

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(DOKTORA TEZİ)**

**GÖLLER BÖLGESİNDE ELMA MUHAFAZASINDA  
KULLANILAN SOĞUK HAVA DEPOLARININ  
YAPISAL YÖNDEN ANALİZİ VE EN UYGUN DEPO  
TİPLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Halil İbrahim YILMAZ**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Halil Baki ÜNAL**

**Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Bilim Dalı Kodu : 501.04.01**

**Sunuş Tarihi : 03.11.2010**

**Bornova-İZMİR**

**2010**



Halil İbrahim YILMAZ tarafından doktora tezi olarak sunulan “**Göller Bölgesinde Elma Muhafazasında Kullanılan Soğuk Hava Depolarının Yapısal Yönden Analizi ve En Uygun Depo Tiplerinin Geliştirilmesi**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 03.11.2010 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**Jüri Başkanı** : Prof.Dr. Bülent MİRAN  
**Raportör Üye** : Doç.Dr. Halil Baki ÜNAL  
**Üye** : Prof.Dr. Şerafetin AŞIK  
**Üye** : Doç.Dr. Atılğan ATILGAN  
**Üye** : Yrd.Doç.Dr. Ayhan NUHOĞLU

**İmza**





# GÖLLER BÖLGESİNDE ELMA MUHAFAZASINDA KULLANILAN SOĞUK HAVA DEPOLARININ YAPISAL YÖNDEN ANALİZİ VE EN UYGUN DEPO TİPLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

YILMAZ, Halil İbrahim

Doktora Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Halil Baki ÜNAL

Kasım 2010, 94 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Göller Bölgesinde depocu işletmelerin elma depolamada kullandıkları soğuk hava depolarının yapı ve işletim yönünden mevcut durumlarını belirleyerek, teknik ve ekonomik yönden bölge koşullarına en uygun soğuk hava deposu projelerini geliştirmektir. Bu amaçla ilk olarak, anket çalışmasıyla bölgedeki mevcut 60 adet elma soğuk hava deposunun tamamında yapısal ve işletim sorunları belirlenmiştir. Daha sonra, elmada derim sonrası kalite kayıplarını önleyecek, klasik soğutma sisteminden modern soğutma sistemlerine geçiş için gerekli fiziki altyapıyı sağlayacak, depocu işletmelerin gelecekteki gereksinimlerini karşılayacak alternatif soğuk hava deposu tasarımları geliştirilmiştir. Bu tasarımların oluşturulmasında doğrusal programlama, tamsayı programlama ve 0-1 programlama teknikleri kullanılarak geliştirilen bir optimizasyon modeli kullanılmıştır.

İşletmelerin % 46.67'sinde depo taşıyıcı sistemi olarak konvansiyonel betonarme kullanılmış olup, bu tip taşıyıcı sistemin kullanılması gelecekte kapasite artırımını engellemektedir. İşletmelerin % 80.00'inde depo yalıtım özellikleri yeterli değildir ve soğutma masraflarını olumsuz yönde etkilemektedir. İşletme sahiplerinin % 95.00'i kontrollü atmosfer soğutma sistemini tercih etmelerine karşın, işletmelerin sadece % 8.33'de kontrollü atmosfer sistemi mevcuttur. Tesis ve işletim masraflarının fazla olması ve bu maliyeti karşılayacak bir pazarın oluşmaması işletme sahiplerinin kontrollü atmosfer soğutma sistemine geçişini engellemektedir. Geliştirilen model yardımıyla oluşturulan soğuk hava deposu tasarımlarından bölge koşulları için belirlenen en uygun iki elma soğuk hava deposunun tip projeleri hazırlanmıştır. Bu depolardan ilki, 3000 tonluk ve klasik soğutma sistemine sahiptir. Diğeri ise, 2500 tonluk ve kontrollü atmosferli soğutma sistemine sahiptir. Her iki depoda taşıyıcı ve çatı sistem prefabrik betonarme olup, duvarlar ve asma tavan ise poliüretan dolgulu sandviç paneldir.

**Anahtar Kelimeler:** Elma, soğuk hava deposu, tasarım, optimizasyon modeli, Isparta.



**ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF COLD STORAGE FOR  
APPLES IN THE LAKES REGION OF TURKEY AND  
DEVELOPMENT OF THE MOST SUITABLE TYPES OF  
STORAGES**

YILMAZ, Halil İbrahim

PhD in Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Halil Baki ÜNAL

November 2010, 94 pages

The purpose of this study was to determine the current state of construction and operation of cold storage facilities used for storing apples in the Lakes Region of Turkey, and to develop projects for cold storages which are technically and economically the most suitable for regional conditions. To this purpose, firstly a questionnaire was used to determine structural and operational problems in all of the region's 60 cold stores for apples. Then alternative cold store designs were developed to provide the necessary physical infrastructure to change from a classic cooling system to a modern cooling system without causing a loss of quality in apples after harvest, and to meet the needs of store operators in the future. In developing these designs, an optimisation model was used which was developed using linear programming, integer programming and 0-1 programming techniques.

The storages structural column systems of 46.67% of operators were of conventional concrete, which could prevent future expansion of capacity. The insulation characteristics of 80.00% of storages were inadequate and could increase cooling costs. Controlled atmosphere cooling systems were preferred by 95.00% of operators, but such systems were present in only 8.33% of operations. The high costs of installing and operating a controlled atmosphere cooling system and the lack of a market to meet these costs prevented operators from changing over to this type of system. With the help of the model which was developed, the two type projects which were determined to be the most suitable for local conditions were selected from the cold storage designs developed, and prepared. The first of these was of 3000 tonnes capacity and had an classic cooling system. The second had a capacity of 2500 tonnes and a controlled atmosphere cooling system. The structural column and roofing systems of both stores were of prefabricate concrete, while the walls and suspended ceilings were made of polyurethane sandwich panels.

**Key words:** Apple, cold storage, design, optimization model, Isparta.



## TEŞEKKÜR

Bu doktora tezinin planlanıp yürütülmesini sağlayan ve tezin her aşamasında değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın hocam Doç.Dr. Halil Baki ÜNAL'a, tez çalışmasında kullanılan optimizasyon modelinin geliştirilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi aşamalarında önerileriyle beni destekleyen Prof.Dr. Bülent MİRAN'a, depo yapı projelerinin hazırlanması aşamalarında büyük katkılarını gördüğüm Yrd.Doç.Dr. Ayhan NUHOĞLU'na, soğutma sistemlerinin projelendirilmesi aşamalarında çok büyük desteklerini gördüğüm Özgün Soğutma ve Gıda Sanayi Ltd. Şti'nde çalışan Makine Mühendisi Hakkı ÇAKMAKÇI'ya, tezin yürütülmesinde finansal destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TUBİTAK)'a ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.



**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE METOD.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Araştırma Alanının Konumu.....	21
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri.....	22
3.1.3. Araştırmanın Yürütüldüğü Soğuk Hava Deposu İşletmeleri.....	23
3.2. Metod.....	23
3.2.1. Soğuk Hava Deposu İşletmelerine İlişkin Verilerin Anket Çalışmasıyla Elde Edilmesi ve Analizi.....	23
3.2.2. Elma Muhafazası İçin En Uygun Soğuk Oda Tasarımlarının ve Soğuk Hava Deposu Tip Projelerinin Geliştirilmesi.....	24

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
3.2.2.1. Soğuk Odaların Tasarımı ve İnşaat Maliyetlerinin Belirlenmesi.....	25
3.2.2.2. Alternatif Soğuk Hava Depolarında Soğutma Sistemlerinin Tasarımı ve Tesis Maliyetlerinin Belirlenmesi.....	32
3.2.2.3. En Uygun Soğuk Oda Tasarımlarının Belirlenmesi ve Soğuk Hava Deposu Tip Projelerinin Hazırlanması.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.1. Elmanın Depolanma Durumu.....	43
4.1.1. Soğuk Hava Deposu İşletmelerinin Genel Özellikleri ve İşletmecilerin Depo Sistemlerine İlişkin Tercihleri.....	43
4.1.2. Soğuk Hava Depolarının Yapısal Özellikleri ve Analizi.....	47
4.1.3. Soğuk Hava Depolarında Elma Depolama Uygulamaları.....	61
4.1.4. Soğuk Hava Depolarında Soğutma Sistemleri.....	65
4.2. Bölge Koşullarında Elma Muhafazası İçin Kullanılacak Soğuk Hava Depolarının İnşaat Maliyetleri.....	67
4.3. Bölge Koşullarında Elma Muhafazası İçin Kullanılacak Soğuk Hava Depolarının Soğutma Sistemi Tasarımı ve Tesis Maliyetleri.....	67
4.4. En Uygun Soğuk Hava Deposu Tasarımları.....	68
4.4.1. En Uygun Soğuk Hava Deposu Tip Projeleri.....	77
4.4.1.1. Geliştirilen Optimizasyon Modeliyle Belirlenen Soğuk Oda Alternatifleri .....	77

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
4.4.1.2. Soğuk Hava Deposu Tip Projeleri.....	77
4.5. Bölge Koşullarında Mevcut Elma Depolama Durumunun ve Geliştirilme Olanaklarının Değerlendirilmesi .....	82
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	94

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Araştırmanın yürütüldüğü Isparta ili ve yöresinin konumu .....	21
3.2. Elma istiflemeye esas alınan ahşap ve plastik kasaların boyutları ve taşıma kapasiteleri .....	26
3.3. Elma istiflemeye esas alınan ahşap palet boyutları .....	26
3.4. Palet üzerine ahşap veya plastik elma kasalarının istiflenmesiyle oluşturulan birim palet istif yüksekliği .....	27
3.5. Elma depolamada kullanılan farklı marka ve modellerdeki forkliftlerin teknik özellikleri.....	29
3.6. Psikometrik diyagram kullanılarak $i_d$ , $i_o$ ve $\gamma$ değerlerinin bulunması.....	37
3.7. Geliştirilen optimizasyon modelinin LINDO programına işlenmesi .....	41
3.8. Geliştirilen optimizasyon modelinin WinQSB programına işlenmesi .....	42
4.1. Taşıyıcı sistem olarak konvansiyonel betonarmenin kullanıldığı depodan bir görünüm.....	48
4.2. Taşıyıcı sistem olarak prefabrik betonarmenin kullanıldığı depodan bir görünüm .....	48
4.3. Taşıyıcı sistem olarak çeliğin kullanıldığı depodan bir görünüm .....	49
4.4. Duvar yapı malzemesi olarak briketin kullanıldığı depodan bir görünüm ...	51
4.5. Duvar yapı malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı depodan bir görünüm .....	51

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.6. Duvar yapı malzemesi olarak tuğlanın kullanıldığı depodan bir görünüm ...	52
4.7. Duvar yapı malzemesi olarak briket ve PU panelin birlikte kullanıldığı depodan bir görünüm.....	52
4.8. Duvar yalıtım malzemesi olarak EPS'nin kullanıldığı depodan bir görünüm..	53
4.9. Duvar yalıtım malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı depodan bir görünüm .....	53
4.10. Duvar yalıtım malzemesi olarak PU köpüğün uygulandığı depodan bir görünüm .....	54
4.11. EPS ve PU panelin birlikte kullanıldığı depodan bir görünüm .....	54
4.12. İşletmelerin depolarındaki asma tavan sistemi kesit detayı .....	55
4.13. İşletmelerin depolarındaki konvansiyonel betonarme tavan sistemi kesit detayı.....	56
4.14. İşletmelerin depolarında tavan sistemi yerine çatı örtüsünün kullanıldığı çatı kesit detayı .....	56
4.15. Tavan sistemi bulunmayan ve çatı örtüsü PU köpük malzemeyle kaplanmış depodan bir görünüm .....	56
4.16. İşletmelerin depolarında kullanılan döşeme sistemi kesit detayı.....	58
4.17. Elmaların depolanmasında kullanılan normal ahşap kasa .....	64
4.18. Elmaların depolanmasında kullanılan palsan tipi ahşap kasa .....	64

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.19. Elmaların depolanmasında kullanılan plastik tipte kasa tipleri .....	64
4.20. İşletmelerdeki depolarda elmaların kasayla palet üzerine istiflenme biçimi .....	65
4.21. İşletmelerin depolarında kullanılan amonyak gazlı soğutma sisteminin genel görünümü .....	66
4.22. İşletmelerin depolarında kullanılan kontrollü atmosfer sisteminin genel görünümü .....	66
4.23. İşletmelerin depolarında kullanılan freon gazlı soğutma sisteminin genel görünümü .....	67
4.24. 100 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti .....	70
4.25. 150 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti .....	70
4.26. 200 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti .....	71
4.27. 250 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti .....	71
4.28. 300 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti .....	72
4.29. Duvar yapı malzemesi olarak tuğlanın kullanıldığı soğuk odanın temel, duvar ve tavan kesit detayları .....	73

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.30. Duvar yapı malzemesi olarak briketin kullanıldığı soğuk odanın temel, duvar ve tavan kesit detayları .....	74
4.31. Duvar yapı malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı soğuk odanın temel, duvar ve tavan kesit detayları .....	75
4.32. Soğuk odalar için tasarlanan alternatif taşıyıcı sistem unsurları ve boyutları.....	76
4.33. Geliştirilen optimizasyon modelinin Lindo programındaki sonuç çıktısı ...	79
4.34. Geliştirilen optimizasyon modelinin WinQSB programındaki sonuç çıktısı.....	79

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Türkiye’de yıllara göre üretilen bazı meyve çeşitleri.....	2
1.2 Türkiye ve Isparta ilinin yıllara göre elma üretim miktarları ve Isparta ilinin Türkiye üretimi içerisindeki payı.....	2
1.3 2009 yılı için Türkiye’nin belli başlı illerinde elma üretim miktarları ve toplam üretim miktarındaki payları.....	2
1.4 2009 yılı için Isparta’da ilçelerin elma üretim miktarları ve toplam üretim miktarındaki payı.....	3
1.5 2009 yılı için Isparta’da üretilen başlıca meyve türlerinin üretim miktarları ve Türkiye’deki toplam üretim miktarındaki payı.....	4
2.1 2009 yılına göre dünyadaki belli başlı elma üretici ülkelerdeki elma üretim miktarları, dünya üretimindeki payı, üretim alanları ve verimleri.....	9
2.2 Elma üretiminde belli başlı ülkelerin elma ihracat miktarları.....	9
2.3 Ülkelerin elma ihracatından ton başına elde ettiği gelir.....	10
2.4 Bahçe ürünlerinde hasat ve sonrasında oluşan kayıp oranları.....	10
2.5 2004 Yılı verilerine göre ABD’de elmaların soğuk hava depolarında ve kontrollü atmosfer depolarında depolanma miktarları ve bunların toplam depolanan elma miktarına oranı.....	14
2.6 Karadeniz Bölgesinde soğuk hava tesislerinin depoladıkları ürün grupları, sayı, kapasite ve oranlarına göre dağılımı.....	16
3.1 Isparta ili’ne ait çok yıllık iklim verileri.....	22

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.2 Soğuk hava deposu işletmelerinin araştırma alanındaki dağılımı.....	23
3.3 Kasa ve palet ölçüleri ve sayılarına göre oluşturulan istif düzeni ve maksimum istif yükseklikleri.....	27
3.4 Soğuk odalar için tasarlanan istif düzenleri ve elma depolama yoğunlukları..	28
3.5 Soğuk odaların duvar ve döşeme elemanları için oluşturulan alternatif tasarımlara ilişkin yapı malzemesi kompozisyonları .....	30
3.6 Alternatif soğuk hava depoları ve bu depolardaki soğuk odaların özellikleri.....	32
3.7 Depolama sezonunda Isparta ili iklim verileri.....	34
3.8 Farklı elma türlerinin depolama koşulları ve özgül ısıları.....	34
3.9 Döşemeye komşu toprak sıcaklıkları.....	35
3.10 Farklı yüzeylerde güneş ışınlarının etkisinin sıcaklık farkı eşdeğerleri.....	35
3.11 Farklı ortam sıcaklıklarına göre bir insanın yaydığı ısı yükü.....	36
3.12 Elektrik motorlarından meydana gelen ısı yükü.....	36
3.13 Soğuk oda kapılarının açılmasından meydana gelen hava değişimi.....	37
3.14 Elmanın çeşitli sıcaklıktaki olgunlaşma ısıları.....	39
4.1 Araştırma alanındaki ilçelerin elma depolama kapasitelerine göre dağılımı...	44
4.2 İşletmelerin elma depolama kapasitelerine göre dağılımı.....	44

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.3 İşletmelerin mülkiyet durumlarına göre dağılımı.....	44
4.4 İşletmelerin depo kuruluş yıllarına göre dağılımı.....	44
4.5 İşletmelerin depo kapasitesi kullanım oranlarına göre dağılımı.....	45
4.6 İşletmelerin depolama kapasitesiyle ilgili tercihleri.....	46
4.7 İşletmelerin yeni depo yapımında taşıyıcı sistem tercihleri.....	46
4.8 İşletmelerin yeni depo yapımında duvar yapı malzemesi tercihleri.....	46
4.9 İşletmelerin yeni depo yapımında duvar yalıtım malzemesi tercihleri.....	46
4.10 İşletmelerin yeni depo yapımında soğutma sistemi tercihleri.....	46
4.11 İşletmelerin depolardaki taşıyıcı sistemlere göre dağılımı.....	47
4.12 İşletmelerinin duvar yapı malzemesine göre dağılımı .....	50
4.13 İşletmelerinin duvar yalıtım malzemesi özelliklerine göre dağılımı.....	50
4.14 İşletmelerin depolarındaki tavan sistemlerine göre dağılımı.....	55
4.15 İşletmelerin soğuk oda tavan sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre dağılımı.....	57
4.16 İşletmelerin döşeme sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre dağılımı.....	58
4.17 İşletmelerin soğuk hava depolarında taşıyıcı sistemlerin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı.....	60

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.18 İşletmelerin soğuk hava depolarında duvar yapı malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı.....	60
4.19 İşletmelerin soğuk hava depolarında tavan yapı ve yalıtım malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı.....	60
4.20 İşletmelerin soğuk hava depolarında döşeme yalıtım malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı.....	61
4.21 İşletmelerin depolarda muhafaza edilen elma çeşidine göre dağılımı.....	63
4.22 İşletmelerin depolarının yaz döneminde kullanılma durumuna göre dağılımı.....	63
4.23 İşletmelerin elma depolama kullandıkları kasalara göre dağılımları.....	63
4.24 İşletmelerin elma istifleme şekillerine göre dağılımı .....	63
4.25 İşletmelerin depolardaki soğutma sistemine göre dağılımı.....	65
4.26 Alternatif soğuk hava deposu tasarımlarına ait yapı sistemleri ve soğutma sistemlerinin özelliklerine ilişkin model değişkenleri.....	69
4.27 En uygun soğuk odanın seçimi için geliştirilen optimizasyon modeli ve değişkenleri.....	78
4.28 Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen klasik soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımlarının öncelik sırasına göre sonuç çıktıları.....	80

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.29 Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen kontrollü atmosfer soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımlarının öncelik sırasına göre sonuç çıktıları .....	80
4.30 Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen klasik soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımları ve öncelik sıraları.....	81
4.31 Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen kontrollü atmosfer soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımları ve öncelik sıraları.....	81

## 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde yetiştiriciliği çok geniş alanlara yayılmış olan elma, büyük bir çeşit ve form zenginliği göstermektedir. Bugün dünyada bilinen çeşit sayısı 6500'ün üzerindedir. Ülkemizde elma çeşit sayısının 450'yi aştığı belirtilmekte, ancak bu çeşitlerin büyük çoğunluğunun pazar değerinin düşük olması nedeniyle ticari yetiştiriciliği yapılmamaktadır (Özbek, 1978).

Coğrafi konumdan dolayı meyvecilik yönünden dünyanın en elverişli iklim kuşağı üzerinde bulunan ülkemiz, her biri ayrı güzellikte pek çok bahçenin bir araya gelmesinden oluşan bir koleksiyon bahçesi görünümündedir (Çuhadar ve Kolcuoğlu, 2001). Türkiye'de üretilen en önemli meyve türleri ve bunların yıllara göre üretim miktarları Çizelge 1.1'de verilmiştir. 2009 yılı üretim verilerine göre, elma 2 782 365 ton ile en fazla üretilen meyve olurken, bu meyveyi 1 689 921 ton üretimle portakal ve 1 290 654 ton üretimle zeytin izlemektedir (Çizelge 1.1).

Ilıman bir iklim özelliğine sahip Isparta ili, Antalya ve Burdur illeriyle birlikte "Göller Bölgesinde" yer almaktadır ve Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu iklimi arasında geçit özelliği taşımaktadır (Anonim, 1994). Bu özelliği ile Isparta, ılıman iklim meyve türlerinden büyük çoğunluğunun yetiştirilebileceği bir yöredir. Bu yöre meyveciliğinin başat türleri ise; elma ve kiraz olarak sıralanmaktadır (Çuhadar ve Kolcuoğlu, 2001).

Isparta yöresinde üretilen elma miktarlarının yıllara göre dağılımı ve bu üretimin ülke içerisindeki payları Çizelge 1.2'de verilmiştir. Isparta ili elma üretim miktarı, 2000 yılında 484 616 ton iken, 2009 yılında elma üretimi 610 838 ton olmuştur. Buna bağlı olarak Isparta'da üretilen elmanın toplam ülke üretimindeki payı 2000 yılında % 20.28 iken, 2009 yılında % 21.95 olmuştur ve Türkiye'deki elma üretiminde ilk sırada yer almıştır (Çizelge 1.2).

2009 yılına göre Türkiye'de en fazla elma üretimi yapılan iller, üretim miktarları ve bu üretimlerin toplam üretim içerisindeki payları ise Çizelge 1.3'de verilmiştir. Isparta ilini % 12.23'lük payla Karaman, % 11.82'lik payla Niğde ve % 7.80'lik payla Denizli takip etmektedir. Türkiye içerisinde elmacılığın yoğun olarak yapıldığı 10 ilin toplam üretimi ise Türkiye'nin toplam üretiminin % 76.31'ini oluşturmaktadır (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.1. Türkiye’de yıllara göre üretilen bazı meyve çeşitleri (Türkiye İstatistik Kurumu, 2009)\*

Meyve çeşitleri	2005	2006	2007	2008	2009
Elma	2 570 000	2 002 033	2 457 845	2 504 494	2 782 365
Portakal	1 445 000	1 535 806	1 426 965	1 427 156	1 689 921
Zeytin	1 200 000	1 766 749	1 075 854	1 464 248	1 290 654
Mandalina	715 000	791 255	744 339	756 473	846 390
Kayısı ve Zerdali	894 000	483 459	589 732	750 574	695 364
Fındık	530 000	661 000	530 000	800 791	500 000

\*Tahmin edilen değerlerdir.

Çizelge 1.2. Türkiye ve Isparta ilinin yıllara göre elma üretim miktarları ve Isparta ilinin Türkiye üretimi içerisindeki payı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2009)\*

Yıllar	Türkiye’nin üretim miktarı (ton)	Isparta ilinin üretim miktarı (ton)	Türkiye üretimi içerisindeki payı (%)
2000	2 400 000	484 616	20.28
2001	2 450 000	517 735	21.13
2002	2 200 000	508 802	23.13
2003	2 600 000	484 717	18.64
2004	2 100 000	548 637	26.13
2005	2 570 000	507 096	19.73
2006	2 002 033	496 776	24.81
2007	2 457 845	496 596	20.20
2008	2 504 494	534 464	21.34
2009	2 782 365	610 838	21.95

\*Tahmin edilen değerlerdir.

Çizelge 1.3. 2009 yılı için Türkiye’nin belli başlı illerinde elma üretim miktarları ve toplam üretim miktarındaki payları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2009)\*

İller	Üretim miktarı (ton)	Toplam üretim miktarındaki payı (%)
Isparta	610 838	21.95
Karaman	340 375	12.23
Niğde	328 835	11.82
Denizli	217 031	7.80
Antalya	213 058	7.66
Çanakkale	102 094	3.67
Kayseri	94 406	3.40
İçel	83 524	3.00
Konya	70 188	2.52
Kahramanmaraş	62 840	2.26
10 il toplamı	2 123 189	76.31
Diğer iller toplamı	659 176	23.69
Türkiye toplamı	2 782 365	100.00

\*Tahmin edilen değerlerdir.

2009 yılı verilerine göre Isparta ili ilçelerinin elma üretim miktarları ve Isparta ili toplam üretimi içerisindeki oranları Çizelge 1.4'de verilmiştir. Isparta ilinde en fazla elma üretimi yapılan ilçe % 31.64'lük bir oran ile Eğirdir ilçesidir. Gelendost ilçesi ise % 31.54'lük bir oran ile ikinci sırada yer alırken, Senirkent ilçesi % 8.89'lık bir oran ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bu üç ilçenin toplam elma üretim miktarı Isparta ilinin elma üretiminin % 72.07'nü oluşturmaktadır.

Isparta ili'nde 2009 yılında üretilen başlıca meyve türlerinin üretim miktarları ve Türkiye'deki toplam üretim miktarındaki payı Çizelge 1.5'de verilmiştir. Isparta ilinde üretilen meyveler arasında ilk sırada yer alan meyve elma olup, Türkiye'deki toplam üretimdeki payı % 21.95'dir. İkinci sırada ise kiraz yer alırken toplam üretim içerisindeki oranı % 4.93'dür. Üçüncü sırada yer alan kayısının toplam üretim içerisindeki oranı ise % 2.10'dur.

Türkiye'de yaklaşık 1.5 milyon ton kapasitede bir depo varlığının olduğu tahmin edilmektedir. Bu depoların çoğu belediyeler ile bazı yerel birliklere ait olup, çok amaçlı olarak (peynir, çeşitli gıda, meyve ve sebze depolamada) kullanılmaktadır. Meyve deposu olarak kullanılan depoların oranı düşük olup, bu tip depolarda aynı depolama mevsiminde elma yanında armut, ayva ve turuncgiller gibi çeşitli meyveler birlikte saklanmaktadır. Türkiye'nin mevcut depolama kapasitesinin yaklaşık % 15.5'i (~235 000 ton) Isparta yöresinde bulunmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

Çizelge 1.4. 2009 yılı için Isparta'da ilçelerin elma üretim miktarları ve toplam üretim miktarındaki payı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2009)\*

İlçeler	Üretim miktarı (ton)	Toplam üretim miktarındaki payı (%)
Eğirdir	193 257	31.64
Gelendost	192 630	31.54
Senirkent	54 281	8.89
Yalvaç	47 495	7.78
Uluborlu	27 746	4.54
Merkez	17 374	2.85
Aksu	17 361	2.84
Atabey	16 272	2.66
Gönen	15 709	2.57
Şarkikaraağaç	14 154	2.31
Keçiborlu	8 256	1.35
Sütçüler	3 343	0.55
Yenişarbademli	2 960	0.48
<b>Isparta İli Toplamı</b>	<b>610 838</b>	<b>100.0</b>

\*Tahmin edilen değerlerdir.

Çizelge 1.5. 2009 yılı için Isparta’da üretilen başlıca meyve türlerinin üretim miktarları ve Türkiye’deki toplam üretim miktarındaki payı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2009)\*

Meyve türleri	Üretim miktarı (ton)	Türkiye’deki toplam üretim miktarındaki payı (%)
Elma	610 838	21.95
Kiraz	20 605	4.93
Kayısı	13 905	2.10
Erik	4 897	1.99
Şeftali	8 202	1.50

\*Tahmin edilen değerlerdir.

Bu istatistikler, Isparta’nın ülke içerisinde en fazla elma üretiminin yapıldığı il konumunda olduğunu ve buna bağlı olarak önemli bir potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Isparta yöresinde mevcut elma türlerinin, ülke pazarındaki yerini artırma ve dış pazara açılabilme amacıyla ıslah edilmesi ve yeni elma türlerinin geliştirilmesi konusunda yapılan çalışmalarda büyük bir artış olmasına karşılık, bu üretilen elmaların kalitelerini koruma amacıyla mevcut depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ve yeni teknolojilerinin uygulanması konularına yeteri kadar önem verilmemektedir. Bu durum ise, yöre elmacılığının dış ve iç piyasalardaki pazar değeri bakımından istenilen düzeye gelmesini sınırlamaktadır.

Isparta yöresinde elma üretim potansiyeline karşılık elma muhafazasında kullanılan mevcut soğuk hava depoların kapasiteleri yetersiz kalmaktadır. Elma üreticilerinden özellikle düşük miktarda üretim yapanların yada ürünlerini en kısa zamanda pazarlamak zorunda kalanların, elma muhafazasında soğuk hava deposu yerine “kara depo” olarak tanımlanan bodrum katı gibi konutların serin yerlerini kullanma eğiliminde oldukları bilinmektedir. Bu muhafaza uygulaması ise, uygun bir depolama ortamı oluşturulamaması nedeniyle, elmada önemli kalite ve kantite kayıplarına neden olmaktadır. Bu tür sorunların önlenmesi için üreticilerin elmaları soğuk hava depolarında korumaları yönünde bilinçlendirilmesi ve bunun için de üretim bölgelerine yakın yeni soğuk hava deposu olanaklarının oluşturulması önerilmektedir (Coşar, 1996).

Isparta yöresinde soğuk hava depolarında hızlı bir gelişme olmasına karşın yeterli olmadığı belirtilerek, yörede depolamayla ilgili karşılaşılan başlıca sorunlar aşağıda sıralanmıştır:

*i)* Yöredeki depolama kapasitesinin yetersiz olması nedeniyle, mevcut depolarda kapasitenin üzerinde elma istiflenmektedir. Bu durum, depolama koşullarını olumsuz yönde etkilediğinden, ürünün kısa sürede çürümesine neden olmaktadır.

*ii)* Depolarda aşırı istifleme durumundan dolayı, depo içersindeki geçiş koridorları için gerekli alan bırakılamamaktadır. Özellikle küçük üreticilerin depoladığı elmayı diğer üreticilerden daha erken pazarlaması söz konusu olduğu durumlarda, elmanın depodan çıkarılışı güçleşmekte ve bazen de olanaksız hale gelmektedir.

*iii)* Soğuk hava depolarında istifleme, daha çok insan gücüne dayalı olarak yapılmakta, forklift gibi mekanizasyon olanaklarından yeterince yararlanılmamaktadır. Bu durum, elmanın istiflenirken zedelenmesine ve depolama sürecinde erken çürümesine yol açmaktadır (Oğuztürk, 1997).

Ülkemizde üretilen meyvelerin dış pazara sunulmasında karşılaşılan sorunların çözümü için gerekli önlemlerin alınması zorunlu hale gelmiştir. Bu kapsamda, son yıllarda meyve çeşitlerinde verim ve kalitenin dış pazar standartlarına yükseltilmesi amacıyla meyve bahçelerinin ıslahı çalışmalarına büyük önem verilmektedir. Bu çalışmalar, meyveciliğimizi geliştirmesi bakımından çok önemli olmakla birlikte, tek başına yeterli olmamaktadır. Özellikle elma gibi yaş meyvelerin derim sonrası kalite kayıplarının önlenmesi için mevcut depolama sistemlerinin sorgulanması gerekmektedir. Elma üretiminde önemli potansiyele sahip Isparta yöresinde yürütülen araştırmalarda, elma muhafazasında kullanılan soğuk hava depolarında karşılaşılan yapısal ve işletim sorunlarına ilişkin alternatif çözümlerin geliştirilmesinden çok, bu tür sorunların belirlenmesine yöneliktir. Bu nedenle, elma depolama yapılarının yapısal ve işletim sorunlarının analizini yapacak ve alternatif çözüm önerilerini ortaya koyacak bilimsel çalışmalara gerek duyulmaktadır.

Bu doktora tezinde, Göller bölgesinde önemli bir elma üretim potansiyeline sahip Isparta yöresi elmacılığında derim sonrası kalite kayıplarının azaltılmasını sağlayacak, lisanslı depoculuk için referans olabilecek ve bununla birlikte işletme sahiplerinin tercihlerini dikkate alan teknik ve ekonomik yönden en uygun tipteki soğuk hava deposu projelerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmalar sırasıyla;

*i)* Elma depolamada halen kullanılmakta olan mevcut soğuk hava depolarının depolama kapasiteleri ve depolanan elma miktarlarının belirlenerek, depoların kapasite kullanımını yönünden değerlendirilmesi;

*ii)* Elma soğuk hava deposu işletmecilerinin taşıyıcı sistem, duvar yapı ve yalıtım malzemesi özellikleri açısından tercihlerinin belirlenmesi,

*iii)* Elma soğuk hava depolarında yaygın olarak kullanılan geleneksel soğutma sisteminden, modern soğutma sistemi olarak kullanılan kontrollü atmosfer sistemine geçiş konusunda, soğuk hava deposu işletmecilerinin tercihlerinin belirlenmesi,

*iv)* Elma soğuk hava depolarında kullanılan taşıyıcı sistem özellikleri, duvar yapı ve yalıtım malzemesi özellikleri saptanarak, Isparta yöresi koşulları yönünden değerlendirilmesi,

*v)* Araştırma alanında elma üretiminde derim sonrasında karşılaşılan kalite ve kantite kayıplarını önleyecek, işletmecilik ve yapısal yönden belirlenecek sorunların çözümünü sağlayacak ve dolayısıyla depolamada etkinliği artıracak alternatif soğuk odaların tasarlanması,

*vi)* Araştırma alanında, geleneksel soğutma sisteminden modern bir soğutma sistemi olan kontrollü atmosferli soğutma sistemine geçiş için yeni yapılacak depolarda altyapı olanağını sağlayacak, bölgenin ve işletmecilerin gereksinimlerini karşılayacak ve lisanslı depoculuk için örnek bir depolama sistemi niteliğinde olacak elma soğuk hava deposu projelerinin geliştirilmesidir.

Bu tez kapsamında, Isparta yöresinde depoculuk yapan işletmeler bizzat yerinde etüd edilmiş ve böylece belirlenen yapısal sorunlar ve işletme sahiplerinin istekleri dikkate alınarak, elma muhafazasında kullanılabilecek alternatif depo yapı tasarımları geliştirilmiştir. Bu yönüyle tez çalışmasının gerek bölgesel ve gerekse ulusal düzeyde elmacılıkta derim sonrası kalite kayıplarının önlenmesi, teknik ve ekonomik bakımdan en uygun depo işletmeciliğinin sağlanması bakımından hem bilimsel ve hem de uygulama yönünden önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kültürü yapılan elmaların (*Malus domestica* Bork) anavatanının, Anadolu'yu da içine alan Kafkaslar ve Güneybatı Sibiryaya olduğu ve birçok *Malus* türünün Orta Asya, Çin, Kore, Japonya ve Kuzey Amerika'da doğal olarak bulunduğu ifade edilmektedir (Westwood, 1995). Günümüzde kültür elması kuzey ve güney yarım kürenin ılıman iklimine sahip bölgelerine dağılmış bulunmakta, ancak son yıllarda Kuzey Amerika, Güney Afrika, Yeni Zelanda ve Avustralya'da, ileri düzeyde elma yetiştiriciliği yapılan alanlar oluşmaktadır. Elma, Doğu ve Batı Hindistan, tropik Amerika'nın dağlık kısımları, Kuzey Afrika'da Fas ve Avrupa'da İskandinavya'nın güneyine kadar yayılmaktadır. Anadolu'nun önemli yetiştiricilik alanları ile aynı enlem derecelerinde bulunan Güney Avrupa'da ise elma yetiştiriciliği ancak yüksek yerlerde önemini koruyabilmektedir (Öz ve Bulagay, 1986). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ekolojik koşulların uygunluğu ve gen merkezlerinden olması nedeniyle elma, yurdumuzun hemen her yerinde çok eski yıllardan beri yetiştirilmektedir (Yıkar, 2003).

Dünyadaki belli başlı elma üretici ülkelerdeki elma üretim miktarları, dünya üretimindeki oranı, alanı ve hektardaki verimleri Çizelge 2.1.'de sunulmuştur. 2009 yılı verilerine göre tüm dünya ülkeleri içerisinde Çin 31 204 163 ton üretim ile toplam dünya üretiminin % 43.50'ni oluşturarak birinci sırada yer alırken, ABD 4 514 880 ton üretim ve % 6.29 payla ikinci sırada, Türkiye 2 782 365 ton üretim ve % 3.88 pay ile üçüncü sırada yer almıştır. (Çizelge 2.1).

Ülkelerin yıllık elma üretim miktarları kadar yıllık ihracat miktarları da o ülkenin meyvecilik açısından gelişmişlik düzeyini gösteren en önemli ölçüt olmaktadır. 2007 yılı verilerine göre ülkemiz ve dünyanın belli başlı elma üreticisi ülkelerinin yıllara göre elma ihracat miktarları ve bu ihracatla elde edilen gelirlerle ilgili veriler Çizelge 2.2. ve 2.3.'de verilmiştir. İhracat miktarları bakımından ülkeleri değerlendirdiğimizde Şili 1 549 269 ton ile birinci sırada yer alırken, Çin 1 020 315 ton ile ikinci sırada ve İtalya 784 886 ton ile üçüncü sırada yer almıştır. Elma üretimi bakımından üçüncü sırada bulunan Türkiye, ihraç edilen elma miktarı bakımından 9 644 ton ile İran'dan sonra yirminci sırada yer almıştır (Çizelge 2.2).

Ülkemiz dünyanın belli başlı elma üreticisi ülkeleri içerisinde üçüncü sırada olmasına karşın, ihraç edilen elma miktarı ve bu ihracat sonucunda elde edilen gelir bakımından gelişmiş ülkelerin çok gerisinde yer almaktadır. Yıllık üretim

bakımından bize yakın olan Polonya, İtalya, Fransa ve Rusya gibi ülkeler elma ihracatı bakımından ülkeler sıralamasında üst sıralarda yer alırken, Türkiye üst sıralarda kendine yer bulamamıştır. Ayrıca, yıllık üretim bakımından Türkiye'nin üretim miktarının çok gerisinden bulunan Almanya, Hollanda ve İspanya gibi ülkeler, ihracat miktarı bakımından Türkiye'nin önünde yer almıştır. Bununla birlikte, elma ihracatından kazanılan gelir konusunda ülkeler arasında karşılaştırma yaptığımızda üretim değerinin bize yakın olduğu Fransa'nın ihraç ettiği elmadan ton başına elde ettiği gelirin Türkiye'nin elde ettiği gelirin yaklaşık üç katı olduğunu görmekteyiz.

Elma ihracatında; Fransa ton başına 994 \$'lık gelire birinci sırada, ABD 982 \$'lık gelire ikinci sırada, Hollanda ise 971 \$'lık gelire üçüncü sırada bulunmaktadır. Türkiye ise 398 \$'lık gelire Polonya'dan sonra onyedinci sırada yer almıştır. Bir başka ifadeyle, yıllık ihracat oranlarında olduğu gibi, ihracattan kazanılan gelir bakımından da gelişmiş ülkelerin çok gerisinde yer almaktadır (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.1, 2.2 ve 2.3 birlikte incelendiğinde, elma üretimi bakımından iyi olan bazı ülkelerin uluslararası piyasalara açılma ve bu ticaretten elde edilen gelir konusunda aynı başarıyı gösteremedikleri anlaşılmaktadır. Bu durum elmacılıkta uluslararası piyasalara açılma konusunda kalitenin ve bu kaliteyi korumanın verim kadar önemli bir ölçüt olduğunu ortaya koymaktadır.

Ülkemizde, meyve ve sebzelerin derim sonrasında genel olarak oluşan ve % 30-40'lara varan kayıplar, "Soğuk Zincir" in çeşitli evrelerindeki (Derim öncesi – Derim – Depolama öncesi işlemler – Depolama – Taşıma – Ambalajlama – Pazara Sunma) kayıpların tümünü kapsamaktadır. Bu kayıplar nedeniyle yaklaşık 2.5 milyon ton dolaylarında olan elma üretimimizin 750 bin tonunun (% 30) sofralarımıza ulaşamadığı düşünülmektedir. Gelişmiş ülkelerde bu oranın % 5'i aşmadığı düşünülürse, yüksek kayıpların sürdüğü ülkemizde tarım ekonomimizin değeri milyarlarca varan büyük kayba uğradığı bir gerçektir (Özelkök vd., 1992).

Kuruç (2002), ülkemizin yıllık 36 milyon tonluk sebze ve meyve üretiminde derim öncesi ve sonrası evrelerde ciddi kayıplar söz konusu olduğunu (Çizelge 2.4), bu kayıpların \$ 0.3 / kg hesabı ile her % 1'lik kaybın 100 milyon \$ gibi büyük bir değere eşdeğer olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 2.1. 2009 yılına göre dünyadaki belli başlı elma üretici ülkelerdeki elma üretim miktarları, dünya üretimindeki payı, üretim alanları ve verimleri (Food and Agriculture Organization, 2009)\*

Ülkeler	Üretim miktarı (ton)	Dünya üretimi içerisindeki payı (%)	Üretim alanı (ha)	Verim (ton ha <sup>-1</sup> )
1. Çin	31 204 163	43.50	2 015 466	15.48
2. ABD	4 514 880	6.29	140 994	32.02
3. Türkiye	2 782 365	3.88	133 200	20.89
4. İran	2 718 775	3.79	173 851	15.64
5. Polonya	2 626 273	3.66	173 607	15.13
6. İtalya	2 176 200	3.03	59 300	36.70
7. Fransa	2 050 000	2.86	53 000	38.68
8. Rusya	2 023 000	2.82	396 000	5.11
9. Hindistan	1 521 600	2.12	201 200	7.24
10. Şili	1 370 000	1.91	35 000	39.14
11. Arjantin	1 300 000	1.81	46 000	28.26
12. Almanya	965 100	1.35	31 800	30.35
13. Güney Afrika	702 284	0.98	21 000	33.44
14. İspanya	552 900	0.77	30 000	18.43
15. Avusturya	485 609	0.68	6 051	80.25
16. Kanada	413 096	0.58	17 147	24.09
17. Hollanda	375 000	0.52	9 300	40.32
18. Yeni Zelanda	355 000	0.49	9 247	38.39
19. Belçika	350 000	0.49	7 229	48.41
20. Moldova	213 000	0.30	62 000	34.35
20 ülke toplamı	58 699 245	81.83	3 621 392	
Diğer ülkeler toplamı	13 037 693	18.17	1 335 800	
Dünya toplamı	71 736 938	100.00	4 957 192	

\*Tahmin edilen değerlerdir.

Çizelge 2.2. Elma üretiminde belli başlı ülkelerin elma ihracat miktarları (ton) (Food and Agriculture Organization, 2009)

Ülkeler	2003	2004	2005	2006	2007
1. Şili	601 248	738 985	639 515	725 002	1 549 269
2. Çin	609 052	774 131	824 050	804 246	1 020 315
3. İtalya	707 712	541 969	723 944	713 179	784 886
4. Fransa	803 778	628 017	654 074	683 351	685 339
5. ABD	546 244	491 676	685 431	638 625	663 465
6. Polonya	348 656	407 393	427 034	384 796	434 506
7. Hollanda	349 414	388 094	444 353	354 958	395 218
8. Belçika	340 094	336 737	352 775	291 300	344 289
9. Güney Afrika	325 809	305 190	262 745	267 863	334 336
10. Yeni Zelanda	322 758	358 327	318 608	265 436	292 413
11. Arjantin	200 431	206 041	273 624	237 290	283 211
12. Almanya	69 609	89 577	93 577	99 896	146 560
13. İspanya	72 679	109 301	102 007	145 752	99 337
14. Avusturya	70 795	50 001	71 200	88 396	86 123
15. Moldova	123 614	135 395	135 699	86 853	78 367
16. Çek Cumhuriyeti	42 135	74 500	40 565	75 099	50 953
17. Lübnan	27 883	55 338	50 357	54 995	53 371
18. Kanada	49 179	44 218	54 200	48 601	38 890
19. İran	108 873	120 507	132 327	226 787	19 217
20. Türkiye	19 442	20 023	29 043	24 868	9 644

Çizelge 2.3. Ülkelerin elma ihracatından ton başına elde ettiği gelir (\$ ton<sup>-1</sup>)  
(Food and Agriculture Organization, 2009)

Ülkeler	2003	2004	2005	2006	2007
1. Fransa	761	915	775	837	994
2. ABD	667	780	729	860	982
3. Hollanda	668	765	617	857	971
4. İtalya	662	799	666	789	952
5. Yeni Zelanda	730	876	862	790	906
6. Avusturya	627	781	591	723	878
7. Kanada	717	705	651	795	864
8. Belçika	764	768	595	767	782
9. Almanya	749	848	711	827	754
10. İspanya	540	653	562	548	716
11. Şili	441	457	475	526	713
12. Güney Afrika	439	593	588	598	635
13. Arjantin	409	440	458	492	559
14. Çin	344	354	372	463	503
15. Çek Cumhuriyeti	146	122	250	227	418
16. Polonya	194	247	278	312	406
17. Türkiye	508	497	412	336	398
18. Moldova	180	181	150	159	286
19. İran	182	246	369	354	276
20. Lübnan	219	192	192	211	231

Çizelge 2.4. Bahçe ürünlerinde hasat ve sonrasında oluşan kayıp oranları  
(Kuruç, 2002)

Dönem	Kayıp oranı (%)
Toplama sırasında	2-4
Pazara hazırlıkta	5-15
Depolamada	3-10
Taşımada	2-8
Tüketici evresinde	1-5

Bu meydana gelen kayıpların önemli bir bölümü mevcut depolama yapılarındaki koşulların yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Her şeyden önce depoların bir kısmı soğuk muhafaza koşullarını sağlama konusunda yetersizdir. Bunun nedenleri arasında yapısal hatalar ve işletme hatalarını sayabiliriz. Özellikle eski depoların çoğunda nemlendirme ve havalandırma sistemleri bulunmamaktadır. Ayrıca, bu depoların bir kısmında daha çok soğutma sisteminden kaynaklanan çeşitli eksiklikler söz konusudur. Mevcut depoların işletilmesinde de pek çok hatalar vardır. Bu hatalardan başlıcaları; bağıl nemin iyi ayarlanamaması, sıcaklığın yeterince kontrol edilmemesi ve istiflemenin hatalı yapılması olarak sıralanmıştır (Çuhadar ve Kolcuoğlu, 2001).

Ağar (2002), Türkiye'nin, sahip olduğu ekolojik koşullarda yoğun emek sarf ederek yetiştirdiği toplam bahçe ürünlerinin % 30'lara ulaşan çok önemli bir kısmını derim hataları, derim zamanının iyi seçilememesi, ön soğutma yapılmaması, ambalaj, taşıma ve muhafaza koşullarının ürünler için uygun olmamasından kaynaklanan hatalar nedeniyle kaybettiğini söylemiştir. Aynı şekilde dünyanın sayılı yaş meyve ve sebze üreticisi olan ülkemizin bu sektörde yaşadığı en önemli sorununun, yeterli miktarlarda kaliteli ürün temin edilememesinin olduğunu belirtirken, derim sonrasında alınacak teknolojik önlemlerin bahçe ürünlerinin sağlıklı olmasını ve mevcut kalitelerini korumasını kolaylaştıracağını ve ürün kayıplarını önemli ölçüde azaltacağını ifade etmiştir.

Ağaçtan koparılan meyveler canlılıklarını muhafaza ederler. Bu, meyvedeki bütün hayatsal olayların devam ettiği anlamına gelir. Dalından koparılan bir meyvede en önemli hayatsal olay solunum, su (ağırlık) kaybı ve bozulmalardır. Solunumun minimuma indirilmesi depo sıcaklığının meyvenin zararlanmadan dayanabileceği en düşük düzeye indirilmesi ve depo atmosferindeki oksijen oranının düşürülüp karbondioksit oranının yükseltilmesiyle mümkün olabilmektedir. Meyvenin su içeriğinin (ağırlığının) muhafazası depo atmosferinde bağıl nem oranının istenilen düzeyde tutulmasıyla başarılabilir. Türkiye'de meyve muhafazası konuları yenidir. Bu nedenle, henüz yumuşak, sert çekirdekli ve turunçgil meyvelerinin muhafazası gereği gibi yapılamadığı ve üreticinin bu yüzden büyük zararlara uğradığı belirtilmektedir. Ayrıca gerekli donanımına sahip meyve deposu sayısının oldukça az olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte, yetiştiricilerin uygun donanımına sahip yeni depolar yapımına başladıkları bildirilmektedir (Kaşka, 2005).

Meyve ve sebzeler derimden sonra tümünden içinde bulunduğu ortam faktörlerinin kontrolüne girmekte ve metabolizmalarını buna uydurmaktadır. Depolama, bu ortam faktörlerinin ürünün dayanma gücünü koruması yönünde değiştirilmesi ile gerçekleşir. Depoda ne kadar fazla faktör, ne kadar özenli bir şekilde kontrol edilir ise; başarı o derecede yüksek olmaktadır. Bu faktörlerin kontrol edilme durumlarına göre birbirinden farklı depolama sistemleri geliştirilmiştir. Böylece en basitinden en modernine kadar değişen, yapımı, donanımı ve işletilmesi giderek güçleşen ve hassaslaşan depolar ortaya çıkmıştır (Karaçalı, 2004a).

Günümüzde elma endüstrisinde tüm yıl boyunca elmanın kalitesini muhafaza edebilmek için genel olarak iki tip depolama sisteminin kullanıldığı belirtilmiştir. Bunlardan birisi depo içerisinde sadece sıcaklık parametresinin

kontrol altında tutulabildiği soğuk hava depoları, diğeri ise depo içerisindeki meyvelerin depolama süresince meyveleri etkileyen parametrelerin tümünün birden kontrol edilebildiği kontrollü atmosfer depolarıdır (Usapple, 2001).

Meyve ve sebzelerin solunum hızını kısıtlamada en etkin yol, depo sıcaklığının düşürülmesidir. Ancak bazı ürünler düşük sıcaklık derecelerinde soğuk hasarına uğradıkları için, bu meyve ve sebzelerde istenen soğutma uygulanmamaktadır. Bu durumda ise depolanan ürünün, depolanma süresi kısa olmaktadır. Bu yüzden, solunumun başka yollarla sınırlandırılması önemli çözüm yolu olarak görülmüştür. Kontrollü atmosferde depolama sistemi bu ihtiyaçtan doğmuştur. Depo atmosferindeki CO<sub>2</sub> oranının yükselmesi ile solunum hızı yavaşlamaktadır. Eğer depo atmosferindeki CO<sub>2</sub> oranı artırılıp O<sub>2</sub> oranı düşürülürse, soğuk hasarının belirmeyeceği sıcaklıklarda meyve ve sebzelerin daha uzun süre ve daha iyi niteliklerde depolanma olanağı doğmaktadır. Kontrollü atmosfer depolama yöntemi başlı başına bir yöntemden çok, soğukun etkisini güçlendirme amacıyla yapılan bir ek uygulamadır. Normal ve kontrollü atmosfer depolama aynı sıcaklık derecesinde uygulanma bile, kontrollü atmosfer depolamada hem depolama süresi uzundur ve hem de kalite daha yüksektir. Kontrollü atmosfer depolamada birçok olumlu sonuç elde edilerek daha yüksek bir kaliteye ulaşabilmektedir. Örneğin, kontrollü atmosferde depolanmış elmalar, daha sert kalmakta, yeşil renkli ürünlerin bu renkleri daha iyi korunabilmekte, mantarların şapkasının açılması gecikmekte, kuşkonmaz gibi bazı ürünlerin istenmeyen gelişimleri engellenmektedir. Depo atmosferinin bu yönde değiştirilmesi bir taraftan etilen üretimini sınırlarken, diğer taraftan da etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Ayrıca kontrollü atmosfer depolarındaki, düşük oksijen konsantrasyonu bitkisel dokuların yumuşamasına neden olan enzimlerin aktivitelerini de düşürmektedir (Cemeroğlu, 2004).

Soğuk hava depoları; ürünün soğutma sistemi tarafından sağlanan soğuk hava tarafından soğutulan ve soğuk tutulan depolar olarak tanımlanmaktadır. Soğutma gereksinimi çevreden bağımsız olarak tasarlanmasına karşın enerji tüketiminin çevrenin sıcaklık derecesine göre değiştiği ifade edilmektedir. Buna bağlı olarak sıcak bölgelerde enerji tüketiminin fazla, soğuk bölgelerde ise az olduğuna işaret edilmektedir. Etkin bir ısı ve nem yalıtımına sahip depolarda soğutma sistemi, içinde soğutkan maddenin (amonyak, freon) dolaştığı kapalı borulardan oluşmaktadır. Bu depolarda ürün sıcaklığı istenilen dereceye düşürülebilmekte ve bu derecede tutulabilmektedir (Karaçalı, 2004b).

Kontrollü atmosferli soğuk hava depoları, 1940 yılında Cornell Üniversitesinde Dr. Robert Smock tarafından geliştirilmiştir. Soğuk hava deposunun ortamında bulunan oksijenin azaltılması ve karbon dioksit miktarının artırılması esasına dayanan bu sistem “kontrollü atmosfer depolama” olarak adlandırılmıştır (Usapple, 2001).

Kupferman (1989), elma ve armut gibi meyvelerin deriminin nispeten kısa sürede gerçekleşmesine rağmen, kontrollü atmosfer depolama sisteminin kullanımı sayesinde bu meyvelerin yılın büyük bir bölümünde tüm dünyada tüketilmesinin olanaklı hale geldiğini ifade etmiştir.

Elma üretimi ve ihracatı konusunda gelişmiş olan özellikle Hollanda, ABD, İtalya, Fransa gibi ülkelerde kontrollü atmosfer depolama sistemlerinin uzun yıllardır çok yoğun bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Blanpied, 1983; Schaik and Verschoor, 2003). ABD’de, 2004 yılı verilerine göre, soğuk hava depolarında ve kontrollü atmosfer depolarında depolanan elma miktarları ve bunların toplam depolama miktarına oranları aylık olarak Çizelge 2.5’de verilmiştir. Kontrollü atmosfer deposunda depolanan elma miktarının toplam depolanan elma miktarına oranı aylara göre %78.53-%98.86 arasında değişmiştir (Çizelge 2.5).

Heves (1996), soğuk hava depoları projelendirilmesinde, yalıtım malzemesi ve soğutucu akışkanın en ekonomik seçiminin sağlanabilmesi için optimizasyon tekniğinin kullanılması gerektiğini ifade etmiştir. Projelendirmede optimizasyonun hem projenin gerçekleştirilmesi aşamasında, hem de deponun kullanıldığı süre içerisinde, mali giderlerin azaltılması faydasını sağladığını belirtmiştir.

Meyveler depolama süresi boyunca sıcaklık, nem, havalandırma ve yoğunlaşma gibi çevre koşullarının etkisi altında olduğu için meyveleri depolama süresince istenilen koşulların sağlanabilmesi depo içerisinde çevre koşullarının ayarlanabilir olması gerektiği belirtilmektedir. Bunun için özellikle elma gibi ticari değeri yüksek meyvelerin depolanmasında kontrollü atmosfer depolama sisteminin kullanılması önerilmektedir (Canada Plan Service, 2007).

Çizelge 2.5. 2004 yılı verilerine göre ABD’de elmaların soğuk hava depolarında ve kontrollü atmosfer depolarında depolanma miktarları ve bunların toplam depolanan elma miktarına oranı (United States Department of Agriculture, 2005)

Aylar	Soğuk hava deposunda depolanan miktar (ton)	Kontrollü atmosfer deposunda depolanan miktar (ton)	Toplam depolanan miktar (ton)	Soğuk hava deposunda depolanan miktarın toplam miktara oranı (%)	Kontrollü atmosfer deposunda depolanan miktarın toplam depolanan miktara oranı (%)
Ocak	181 991	1 371 608	1 553 599	11.71	88.29
Şubat	141 958	1 149 389	1 291 346	11.00	89.00
Mart	84 517	835 746	920 264	9.18	90.82
Nisan	40 756	615 983	656 739	6.20	93.80
Mayıs	9 894	409 171	419 065	2.36	97.64
Haziran	3 642	249 464	253 106	1.44	98.56
Temmuz	1 415	123 002	124 418	1.14	98.86
Ağustos	8 161	29 848	38 009	21.47	78.53
Eylül	477 233	886 223	1 363 456	35.00	65.00
Ekim	770 294	1 721 512	2 491 807	30.91	69.09
Kasım	548 113	2 153 216	2 701 329	20.29	79.71
Aralık	394 223	1 978 608	2 372 831	16.61	83.39

Yahia (2007), yaptığı çalışmasında, kontrollü atmosfer depolama teknolojisinin meyvelerin depolanması, taşınması ve paketlenmesinde yoğun bir şekilde kullanıldığını belirtmiş, bu teknolojinin kullanımının meyvelerde yaşlanmayı ve olgunlaşmayı geciktirdiğini, bazı fiziksel ve patolojik bozuklukları engellediğini ve depo içerisinde zararlıların kontrol altında tutulabilmesini sağladığını söylemiştir.

Amerika elma endüstrisinin elmanın tüm yıl boyunca kalite özelliklerini koruyabilmesi amacıyla iki çeşit depo sistemini kullandığı, bunlardan ilkinin kısa süreli depolama amaçlı kullanılan soğuk hava deposu, diğerinin ise uzun süre depolama amaçlı kullanılan kontrollü atmosfer deposu olduğu ifade edilmiştir (Usapple, 2001).

Ülkemizde, genellikle elma gibi meyvelerin ıslahı konusunda yoğun çalışmalar bulunurken, yaş ve kuru meyvelerin depolama olanaklarını sorgulayan çalışmalar daha azdır. Özellikle de elma gibi yaş meyvelerin mevcut depolama koşullarının geliştirilmesi üzerine çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Uras (1981), Türkiye’deki soğuk hava depolarının varlığını değerlendirdiği çalışmasında, Türkiye’de soğuk muhafaza uygulamasının yüz yıl kadar önce başladığını ifade ederek, ilk soğuk hava deposunun İstanbul’da kurulduğu belirtmiştir.

Timur (1985), Marmara Bölgesinde yaptığı çalışmasında; günümüzde ülkemizdeki soğuk depo işletmelerinin faaliyetlerinin, bozulabilir tarım ürünlerinin belirli noktalarda toplanarak, depolama ömrü sınırları içinde muhafaza eden statik bekleme merkezleri olmaktan öteye geçemediğine işaret etmiştir.

Ünal (1995), Ege Bölgesi'nde kuru incirin depolanmasıyla ilgili yaptığı bir çalışmada, gerek üreticiler ve gerekse aracılar düzeyinde kuru incir depolama yerlerine ait yapısal özelliklerin ve depolama koşullarının uygun olmadığını ifade etmiştir. Ayrıca, bölgede incelediği üretici ve araçların depolama konusunda karşılan sorunların; depolama tekniğinin iyi bilinmemesi, depolamayla ilgili mevcut yasa ve yönetmeliklerdeki depolama esaslarının yetersiz olması ve depolama uygulamalarının etkin bir şekilde denetlenmemesinden kaynaklandığını belirterek, bölge koşullarında kuru incirin depolanabileceği uygun bir soğuk hava deposu projesi önermiştir.

Akbulut (2008), Karadeniz Bölgesinde yaptığı bir çalışmasında; son yıllarda Karadeniz Bölgesi'nde kurulan soğuk hava depolarının sayısı ve kapasitesinde önemli artışların olduğunu ifade etmiştir. 13 yıl içerisinde depo sayısı ve kapasitesinin yaklaşık 5 katı artarak soğuk hava deposu sayısı 84'e ve toplam depolama kapasitesi de 106 637 tona ulaştığını söyleyerek, depolamadaki bu artışa rağmen, bölgede üretilen yaş meyve ve sebzenin önemli bir bölümünün muhafazasının sağlanamadığını belirtmiştir. Bu nedenle özellikle yaş meyve ve sebze üretiminin yaygın olduğu Samsun, Tokat, Amasya, Giresun, Ordu ve Çorum illerinde depo açığının kapatılması gerektiğini vurgulamıştır. Diğer illerde de ürün kapasitesine göre depolama tesislerinin kurulmasına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Özcan ve Ertürk (1994), Karadeniz Bölgesinde yaptıkları çalışmada, 1993 yılı verilerine göre çeşitli ürünlerin muhafaza edildiği depoların sayısının 451 olduğunu ve bunların toplam kapasitesinin 643 039 ton olduğunu ifade etmiştir. Bunlardan yalnızca meyve ve sebze depolayan depoların sayısı 205, meyve ve sebzenin yanında diğer ürünleri de depolayan tesislerin sayısı 123, meyve ve sebzenin dışındaki ürünleri depolayan tesislerin sayısı 123 ve entegre tesislerin sayısı 16'dır (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Karadeniz Bölgesinde soğuk hava tesislerinin depoladıkları ürün grupları, sayı, kapasite ve oranlarına göre dağılımı (Özcan ve Ertürk, 1994)

Tesislerin depolama özellikleri	Tesislerin sayısı (adet)	Tesislerin toplam tesis sayısı içerisindeki oranı (%)	Tesislerin depolama kapasitesi (ton)	Tesislerin depolama kapasitesinin toplam depolama kapasitesine oranı (%)
Entegre tesisler	16	4	8 640	1
Meyve ve sebze dışındaki ürünleri depolayan tesisler	123	27	87 480	14
Meyve, sebze ve diğer ürünleri depolayan tesisler	107	24	213 899	33
Yalnızca meyve ve sebze depolayan tesisler	205	45	333 050	52
Toplam	451	100	643 039	100

Bursa'da soğuk hava depoları üzerinde yapılan bir çalışmada, muhafaza edilen tarımsal ürün miktarlarını gösteren kayıtların daha çok meyve ve özellikle de elma üzerinde yoğunlaştığı ve depolanan ürünlerin tür ve çeşit sayılarının düşük olmasında depolama verimliliğinin oldukça etkili olduğu işaret edilmiştir. Yine aynı çalışmada, Bursa'daki soğuk hava depolarının önemli bir bölümünün yatırım aşamalarında hatalı planlama ve projelendirmeler sonucu uygun olmayan yerlerde tesis edilmiş olmaları, yetersiz yalıtım sonucu önemli ölçülerde enerji kayıplarının ortaya çıkması, soğutma teknolojisi konusunda eğitim olanaklarının yeterli düzeylerde olmayışı ve çalışan personelin muhafaza edilen ürünlere ait standart ve tekniklere yönelik ayrıntılı bilgilere sahip olmamaları şeklinde özetlenebilecek sorunlar, söz konusu tesislerde arzu edilen düzeyde ekonomik bir işletmeciliğin yapılamadığını ifade edilmiştir (Güllenoğlu, 1988).

Göller Bölgesi elmacılığının pazarlama sorunları üzerinde yapılan bir çalışmada, bölgede elmacılığın gelişmesi üzerinde soğuk hava depoculuğunun önemli bir rolü olduğu, depoculuğun geliştirilmesiyle elmanın daha kaliteli ve daha ucuz depolanması olanaklarının sağlanabileceği, bunun için öncelikle soğuk depolamanın tekniğine uygun yapılıp yapılmadığının araştırılması gerektiği vurgulanmıştır (Oğuztürk, 1997).

Coşar (1996), Isparta yöresinde yaptığı çalışmada, bölgede üretilen elmanın değerlendirilmesinde meyve olarak değerlendirme yanında elma suyu, elma marmeladı ve benzeri değerlendirme şekillerinin uygulandığını belirtmiş, elma ve kirazın mevcut değerlendirme yöntemleri yanında “Minimal İşlenmiş Gıda” olarak piyasaya sürülmesi yoluna da gidildiğini söylemiştir. Ayrıca minimal işlenmiş gıda çalışmalarının soğuk hava depolarındaki çalışmaları yılın tüm aylarına yayacak ve böylece işletmenin Haziran – Eylül ayları arasında atıl kalması önlenecek ve ambalaj malzemesi, pazarlama, dağıtım çalışmalarını artırıp bölgede katma değer yaratılacağını ifade etmiştir.

Gündüz (1997) ve Emiroğlu (1997), ülkemizin sahip olduğu üretim potansiyeline karşın ihracat başarısının arzulanan düzeye ulaşmamış olması; çeşit, standart kalitede ürün, muhafaza ve ambalaj gibi üretim ve pazarlama yapısındaki sorunlardan kaynaklandığını ve bu sorunların çözümünün ise fiziki altyapı ve kurumsal altyapı gibi iki temel yapıyla yakından ilgili olduğunu bildirmektedir. Fiziki altyapının en önemli unsurlarından birisi olan muhafazadaki yetersizliklerin ise iç pazardaki derim sonrası kayıplarının üretimde önemli oranlarda azalmaya neden olduğunu vurgulamaktadır. Özellikle dış pazarlarda muhafaza söz konusu olduğunda kurumsal alt yapının ön plana çıktığını belirtmiştir. Firma bazında yurtdışında depoculuk faaliyeti yürütülmesinin zor ve oldukça maliyetli olduğu, yaş meyve ve sebze ihracatını birlikte yönlendirmek suretiyle muhafazayı da kapsayacak organizasyonlara gerek duyulduğunu ifade edilmektedir. Ancak yaş meyve ve sebze sektöründe fiziki ve kurumsal altyapıya ilişkin problemleri çözmeye yönelik birçok çalışma yürütülmüş ve çeşitli organizasyonlar oluşturulmaya çalışılmış olmasına rağmen olumlu sonuç alınmadığına işaret edilmektedir.

Dokuzoğuz (1997), depolama olanaklarının yetersiz oluşu nedeniyle derim mevsiminde pazara ihtiyaçtan fazla ürün sürüldüğünü ve. bu durumun bir yandan ürün israfı, öte yandan fiyatların düşmesi sonucu üreticinin zararına neden olduğunu ifade etmiştir. Bahçe ürünlerinin derim, ambalaj, muhafaza ve taşınmasındaki gelişmelerin, bu ürünlerin planlı bir şekilde ihracatına da yön verme olanağını sağladığını, yaş meyve ve sebzeler gibi kolay bozulan ürünler için yeterli depolama olanakları geliştirilmeden, sağlıklı ve düzenli bir ihracat endüstrisinin yerleştirilmesinin mümkün olmadığını ifade etmiştir.

Gündüz (1997), dünyada altyapı ve Pazar şartları kriterleri itibariyle önemli bir rekabet unsuru olan muhafazanın, ülkemiz yaş meyve ve sebze sektörü açısından; kayıpların en aza indirilmesi yoluyla yaratılan ekonomik değer

devamlılığının sağlanmasının, ürün kalitesinin korunması ve özellikle dış pazarlara mal arzının düzenlenmesi açısından önemini vurgulamıştır. Aynı şekilde soğuk muhafaza tesisinin kuruluşu esnasında yönlendiricinin, işletilmesi sırasında denetleyici kuruluşların olmayışının yanı sıra, inşaat, makine teçhizatı ve ürünle ilgili bilgilerin ayrı ayrı kuruluşlardan temin edilmesi gerekliliğini ve bu kuruluşların yeterince bilinmeyişi veya dağınık bir yapı arz etmelerinin teknik yönden yetersiz depoların oluşmasına neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, gerek depoya mal veren insanların gerekse depo işletmecilerinin bilgisiz ve bilinçsizliği ve yetişmiş teknik personel yetersizliği gibi nedenlerle işletmecilik problemlerinin yaşandığını ifade etmiştir.

Pekmezci (2008), Türkiye’de üretilmekte olan bahçe ürünlerinde görülen yıllık ürün kayıplarının minimuma indirilmesi ve bu ürünlerin iç ve dış satımlarının geliştirilebilmesi için bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanmasında mevcut sorunların en kısa zamanda çözüme kavuşturulması gerektiğini vurgulamaktadır.

Dokuzoğuz (1997), üretilen meyve sebzelerde meydana gelen çürümeler kadar, derim, ambalaj, taşıma ve depolamadaki eksiklikler ve yanlışlar nedeniyle pazarlanan ürünlerdeki kalite kaybının da büyük önem taşıdığını vurgulamaktadır. Söz konusu kayıpların azaltılması, derimden başlayarak, ürün tüketiciye ulaşıncaya kadar geçen süreç içerisindeki tüm uygulamaların tekniğine uygun şekilde yapılmasıyla mümkün olduğunu ifade etmekte ve bu uygulamalara ait esasları şu şekilde sıralamaktadır:

- 1- Depolanacak tür ve çeşitler için en uygun derim döneminin saptanması ve ürünlerin bu dönemde toplanması.
- 2- Derimin her ürünün yapısına uygun şekilde ve itinayla yapılması.
- 3- Ambalaj yerine taşımanın, ambalaj öncesi işlemlerin ve ambalajın düzenli yapılması.
- 4- Her ürünün buna uygun depolarda muhafazası ve depo işlemlerinin kalifiye elemanlarca yürütülmesi.
- 5- Pazara taşıma ve tüketiciye sunma sürecinde gerekli koşulların sağlanması.

Dünya’da gıda üretimi bakımından kendi kendine yetebilen yedi ülkeden biri olarak değerlendirilen ülkemiz, bugün gıda maddeleri, özellikle yaş meyve ve sebze ithal eder duruma gelmiştir. Türkiye, son yıllarda ithalatın ihracattan daha kolay yapılabildiği ülke durumundadır. Bu açıdan ülkemiz yaş meyve ve sebze ihracatında temel sorun, verimliliğin düşük olması olarak ortaya çıkmaktadır. Pazarın istediği, uluslar arası piyasalarda rekabet gücü olan çeşit ve standartlardaki ürünlerin üretimi özel bir önem arz etmektedir. Mevzuatta,

bürokraside, standardizasyon, paketleme, depolama, nakliye, haberleşme, finansman ve eğitim konularında Türkiye önemli mesafeler kaydetmiş olmasına rağmen, özellikle GATT anlaşmaları çerçevesinde verilen yanlış taahhütlerin yanı sıra AB'nin koyduğu tarife dışı engeller, ihracatımızın önündeki diğer önemli sorunlar olarak sıralanmıştır (Kamiloğlu, 1997).

Giriş bölümünde de ifade edildiği gibi, Türkiye'de elma üretimi içerisinde Isparta ili % 22'lik bir payla ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle, Isparta'nın ülkemizin dış piyasalara açılma konusundaki yetersizliğinden en fazla etkilenen il olduğunu söylemek olasıdır. Buna bağlı olarak, araştırma alanında yapılmış çalışmalarda, depoculuk, işletmecilik ve pazarlama konularında pek çok soruna işaret edilmiştir (Coşar, 1996; Oğuztürk, 1997).

Türkiye'nin yaş meyve sebze üretim bakımından bir sıkıntısı olmamasına karşın yıllardır ihracatında çözülemeyen bazı temel sorunları bulunmaktadır. Bu sorunlar genel başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir:

- Kalite, standardizasyon ve işleme sorunları
- Nakliye ve depolama sorunları
- Ambalajlama sorunları
- Ürün tedariki sorunları
- Finansman sorunları
- Teşvik yetersizlikleri
- İhracatı düzenleyen organizasyonların, Pazar araştırmalarının yetersizliği ve dış temsilcilik sorunları

Ülkemiz yukarıda genel başlıklar halinde sayılan sorunları yıllardır çözüme kavuşturamamıştır. Üretimin yeterli düzeyde olmasının ihracat bakımında tek koşul olmadığı açıktır. Türkiye söz konusu sorunları çözmediği ve pazarlama altyapısını iyileştiremediği takdirde değil AB ile dış piyasalarda rekabet şansı yaratmak, mevcut ihracat olanaklarını da yitirme tehlikesiyle karşı karşıya gelecektir. Günümüzde iyi organize olmuş ve yüksek düzeyde korunan pazarlara açılmak yada rekabet etmek ancak en az onlar kadar iyi organize olmuş bir pazarlama ağının kurulması, üretimde kalitenin artırılması ve sorunların en aza indirilmesiyle mümkün olabilecektir (Budak ve Duman, 1997).

Bozulabilir nitelikteki besin maddelerinin soğuk ortamlarda muhafaza edilmesi, bu ürünlerde nicelik ve niteliksel açılardan oluşabilecek kayıpları önemli ölçülerde giderebilmekte, kalkınma hedeflerine ulaşmada ulusal ekonomiye çok yönlü

yaklaşımlarla olumlu katkılarda bulunabilmektedir. Soğuk hava depoculuğunun Türkiye açısından önemini vurgulamak amacıyla gerçekleştirilen incelemeler, Türkiye'nin meyve ve sebze üretimleri yönünden çeşit zenginliğini ortaya koyması yanında, miktar olarak da yüksek bir üretim potansiyeline sahip olduğunu işaret etmektedir. Soğuk hava deposu işletmelerinin kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirebilmeleri, karşı karşıya buldukları sorunların aşılmasını gerektirmektedir (Güllenoğlu, 1988).

Ülkemizde soğuk depo varlığı henüz yeterli düzeye getirilememiş olmakla birlikte var olanlar da ciddi teknoloji eksiklikleri bulunmaktadır. Ülke genelinde yapmış olduğumuz anket, inceleme ve gözlemlerde bu sektörde standartlara ulaşmakta oldukça büyük eksiklikler görülmektedir. Ülke çapında yapmış anket çalışmalarında illerdeki soğuk depolar ait oldukları kurumlar soğutucu akışkan ve diğer teknik yeterlilikleri incelenmiş ve gerçekte Türkiye adına çok çarpıcı sonuçlara varılmıştır. Lisanslı depoculuk yasasının kabul edilmesi bu sektörde çok yakında önemli gelişmeler olacağını göstermektedir. Ayrıca ön soğutmada ki gelişmeler ve fizyolojik nedenli bozuklukların erken tanısı da soğuk depoculuk risklerini azaltan uygulamalar olarak kabul edilmelidir (Türk, 2005).

Üretilen meyvelerin istenilen kalite standartlarına uygun olması kadar, bu meyvelerin piyasaya sunumu süresince saklandıkları depolama sistemlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Ülkemizdeki depolama sisteminin iyileştirilmesi, son yıllarda üzerinde önemle durulan bir konu haline gelmiştir. Bu kapsamda, depoların ve depo işletiminin geliştirilmesine yönelik hazırlanan "Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu" 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yasada belirtilen amaç, kapsam ve tanımlamalar çerçevesinde, lisanslı depoculuğun; her türlü tarım ürünlerinin alım-satımını kolaylaştırmasının yanısıra, depolanacak ürünlerin sınıf ve derecelerinin saptanmasını, ürünün kalitesinin sağlıklı biçimde korunmasını ve ürünün kendisinin teminat altına alınarak güvenli biçimde saklanmasını olanaklı kılacağı ifade edilmiştir. Ayrıca, üreticilerin emeğinin karşılığı ürünü en uygun zamanda en iyi fiyata satma olanağına sahip olacağı belirtilmiştir (Anonim, 2005; Anonim, 2007b; Toprak Mahsulleri Ofisi, 2007).

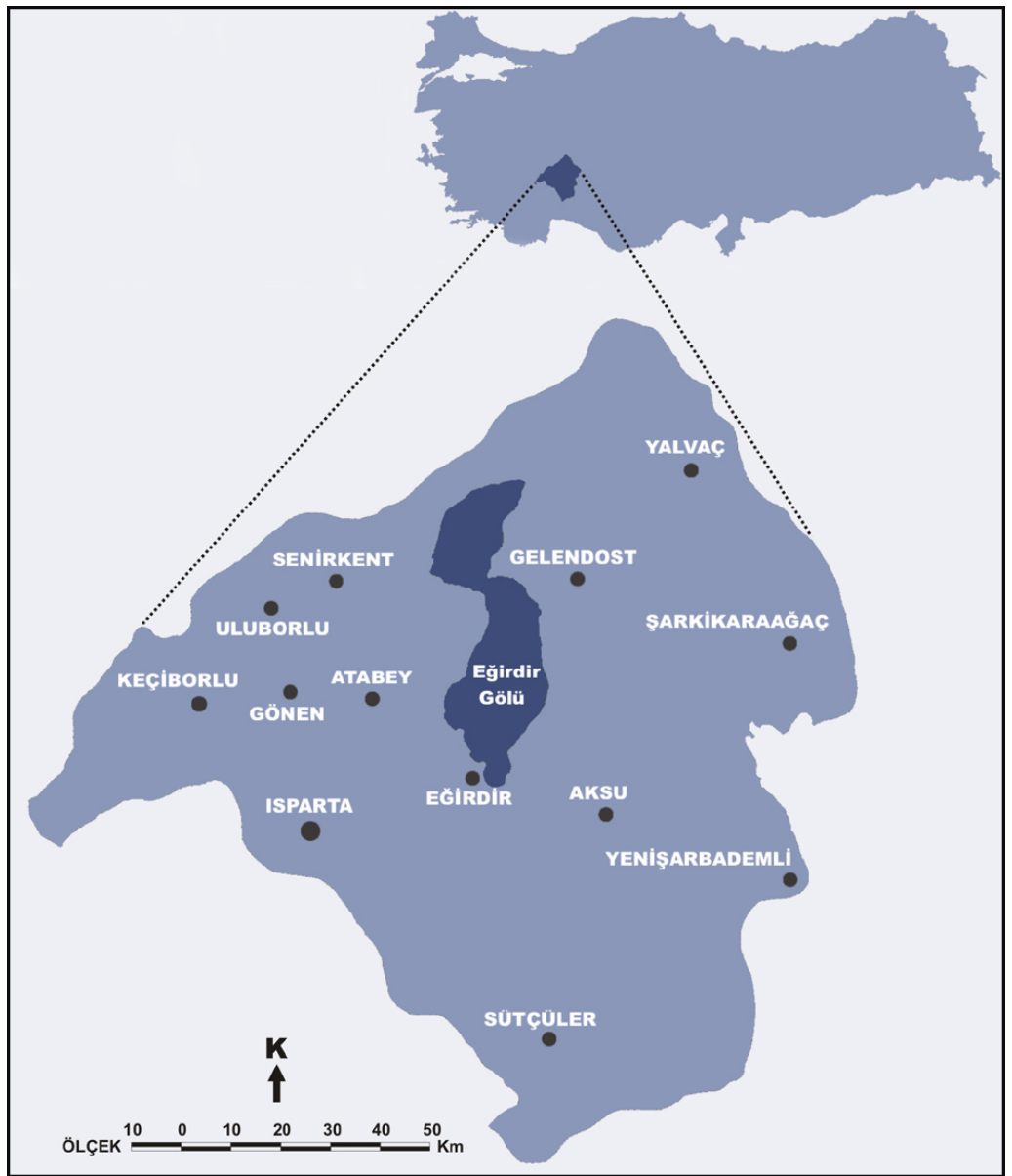
Elma üretiminde önemli bir paya sahip olan Isparta yöresinde elmanın muhafaza edildiği soğuk hava depolarında, yapısal ve işletim sorunlarının çözümüne yönelik bilimsel çalışmalar bulunmamaktadır.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Alanının Konumu

Bu araştırma, Göller Bölgesinde Isparta ili sınırlarındaki merkez ilçe dahil toplam 11 ilçede yürütülmüştür. Isparta ili, 30°20' ve 31°33' doğu boylamları ile 37°18' ve 38°30' kuzey enlemleri arasında olup, yüzölçümü 8933 km<sup>2</sup> ve rakımı 1050 m'dir (Devlet İstatistik Enstitüsü, 1999). Araştırma alanı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü Isparta ili ve yöresinin konumu (Karayolları Harita Genel Müdürlüğü, 2009)

Isparta ili, Antalya, Konya, Isparta, Burdur ve Afyon illeriyle birlikte Göller Bölgesinde yer almaktadır. Göller Bölgesi, Akdeniz Bölgesi'nin iç kesiminde, Batı Toroslar'ın birbirine yaklaşan değişik doğrultudaki sınırlarının kesiştiği, tektonik alanlara yerleşmiş birçok gölün yer aldığı bir alanı kapsamaktadır. (Anonim, 1984).

### 3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Isparta ilinde soğuk-yarı kara iklim tipi hüküm sürmektedir. İlin yaylalık kesimleri, ovalık alanlara oranla daha az yağışlı ve daha soğuk olmakla birlikte, Akdeniz'e yakın olan güney bölgelerinde Akdeniz ikliminin özelliği gözlenir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ilin kuzey bölgelerine göre ılık ve yağışlı geçer. Kuzeydoğuya gidildikçe karasal iklim özellikleri kendini göstermektedir. Kışlar daha soğuk geçer ve kuzey bölgeler daha az yağış alır. Yıllık sıcaklık ortalaması 12 °C ve yıllık yağış ortalaması ise 581 mm'dir. Yağışların büyük bölümü kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir (Devlet İstatistik Enstitüsü, 1999). Isparta ili'ne ait iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalama değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Isparta ili'ne ait çok yıllık iklim verileri (Anonim, 1994)

Aylar	En yüksek sıcaklık (°C)	En düşük sıcaklık (°C)	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama oransal nem (%)	Ortalama yağış (mm)	Hakim rüzgar yönü
Ocak	17.6	-19.5	1.7	76.0	84.8	S
Şubat	19.0	-21.0	2.7	73.0	75.5	S
Mart	26.5	-18.5	5.7	66.0	60.6	SE
Nisan	29.5	-4.2	10.6	61.0	52.3	S
Mayıs	33.0	-1.2	15.4	58.0	55.5	S
Haziran	35.4	4.3	19.6	52.0	35.4	W
Temmuz	37.0	4.9	23.1	45.0	11.9	SE
Ağustos	37.5	7.0	22.8	45.0	10.4	NE
Eylül	34.6	-0.8	18.4	51.0	17.2	WSW
Ekim	32.2	-4.1	12.9	62.0	37.8	SW
Kasım	25.4	-11.5	7.7	70.0	45.4	SSE
Aralık	17.7	-15.4	3.6	76.0	94.3	SE
Yıllık	37.5	-21.0	12.0	61.0	581.0	S
Rasat yılı	67	67	62	61	62	40

### 3.1.3. Araştırmanın Yürütüldüğü Soğuk Hava Deposu İşletmeleri

Araştırmanın yürütüldüğü soğuk hava deposu işletmelerinin araştırma alanındaki dağılımı Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Soğuk hava deposu işletmelerinin araştırma alanındaki dağılımı

İlçe	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Eğirdir	26	43.33
Gelendost	17	28.33
Merkez	4	6.67
Senirkent	4	6.67
Keçiborlu	2	3.33
Uluborlu	2	3.33
Aksu	1	1.67
Atabey	1	1.67
Gönen	1	1.67
Şarkikaraağaç	1	1.67
Yalvaç	1	1.67
Toplam	60	100.00

## 3.2. Metod

Araştırma alanında elma muhafazasında kullanılan soğuk hava deposu varlığına ilişkin bilgiler, 2008 yılında Isparta Tarım İl Müdürlüğü ve Ticaret Odası'nın kayıtları ve araştırma alanındaki Belediye yetkilileriyle bizzat yapılan görüşmeler esas alınarak güncellenmiştir.

Bu güncelleme sonrası, faaliyette olduğu belirlenen 60 soğuk hava deposu işletmesinin tamamı, tamsayı esasına göre araştırma materyali olarak ele alınmıştır.

### 3.2.1. Soğuk Hava Deposu İşletmelerine İlişkin Verilerin Anket Çalışmasıyla Elde Edilmesi ve Analizi

Araştırma alanında yürütülen anket çalışması kapsamında, işletmelere ait bilgiler ve soğuk hava depolarının yapısal özellikleri işletme sahipleriyle yüz yüze görüşmeler, ölçüm, etüd ve fotoğraflama çalışmalarıyla belirlenmiştir.

Araştırma alanında yürütülen anket çalışmalarının kapsamı aşağıdaki gibidir:

- Depoların boyutları (depo yapısının iç ve dış boyutları, yapı elemanlarının ve diğer detayların boyutları) ölçülmüş ve detaylı depo planları çıkarılmıştır.
- Depolarda kullanılan soğutma sistemlerine ilişkin özellikler saptanmıştır.
- Depoların konstrüksiyon özellikleri (duvarlar, taşıyıcı sistemler, tavan ve taban döşeme sistemleri) ile bu konstrüksiyonun inşasında kullanılan yapı malzemesi, depoya ait mevcut proje bilgilerinden ve/veya işletme sahibinin beyanı esas alınarak belirlenmiş ve depo konstrüksiyon detayları fotoğraflanmıştır.
- İşletme sahiplerinin elma depolamada karşılaştıkları sorunları ve beklentileri belirlenmiştir.
- En uygun model soğuk odaların belirlenmesinde kısıt faktörler olarak değerlendirilecek depo taşıyıcı sistem, temel ve döşeme, duvar yapı ve yalıtım malzemesi vb. konstrüksiyon bilgileri kaydedilmiştir.

Depo boyutları ve depo yapı elemanlarına ilişkin ölçümler, Ayyıldız (1981) ile Balcı ve Avcı (2002) tarafından belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Bu ölçümlerde, ölçüm hassasiyeti  $\pm 1.5$  mm olan Leica DISTO A8 marka lazer mesafe ölçer kullanılmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda, elma soğuk hava depolarının belirlenen yapısal ve işletim durumu analiz edilmiştir. Bu analizde, belirlenen depo özellikleri ilgili standartlar dikkate alınarak irdelenmiştir (Türk Standartları Enstitüsü, 1978; 1986; 1989 ve 1995).

### **3.2.2. Elma Muhafazası İçin En Uygun Soğuk Oda Tasarımlarının ve Soğuk Hava Deposu Tip Projelerinin Geliştirilmesi**

Araştırma alanında elma muhafazasında kullanılabilecek en uygun soğuk hava deposu projelerinin geliştirilmesinde, bu depoları oluşturacak soğuk odaların ve soğutma sistemlerinin tasarlanması ve her bir tasarıma ilişkin inşaat/tesis maliyetlerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar aşağıda ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

### 3.2.2.1. Soğuk Odaların Tasarımı ve İnşaat Maliyetlerinin Belirlenmesi

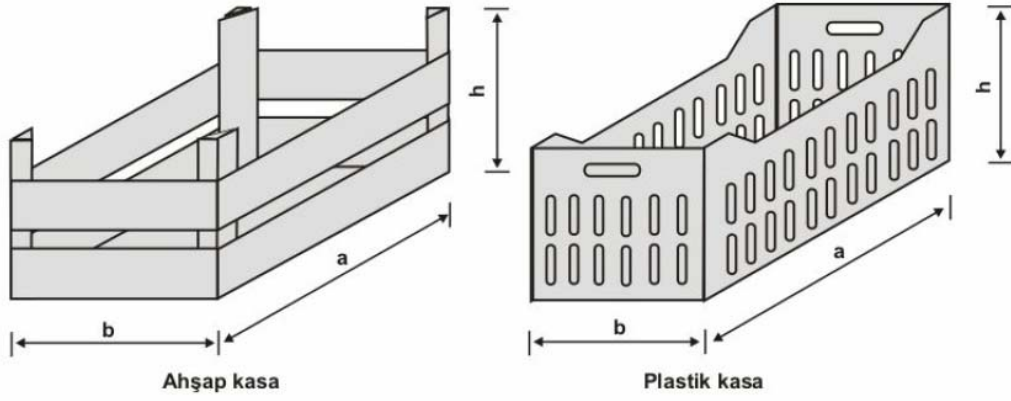
Araştırma alanı için en uygun soğuk hava depolarının geliştirilmesine yönelik soğuk oda tasarım çalışmaları; *i*) alternatif elma istifleme düzenlerinin tasarımı, *ii*) alternatif duvar ve döşeme yapı elemanlarının tasarımı, *iii*) alternatif taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımı ve *iv*) soğuk oda inşaat maliyetlerinin belirlenmesi olmak üzere dört aşamada yürütülmüştür.

#### *i) Alternatif Elma İstifleme Düzenlerinin Tasarımı*

Soğuk hava depolarını oluşturacak soğuk odalar için alternatif oda boyutları, öngörülen istifleme biçimine bağlı olarak, elma depolaması için uygun istif yüksekliği ve depolama yoğunluğu değerleri esas alınarak belirlenmiştir. Alternatif soğutma sistemleri olarak biri geleneksel soğutma sistemi (kompresörlü soğutma sistemi), diğeri gelişmiş ülkelerde elma depolamada yaygın olarak kullanılan modern soğutma sistemi (kontrollü atmosferli soğutma sistemi) olmak üzere iki ayrı sistem öngörülmüştür.

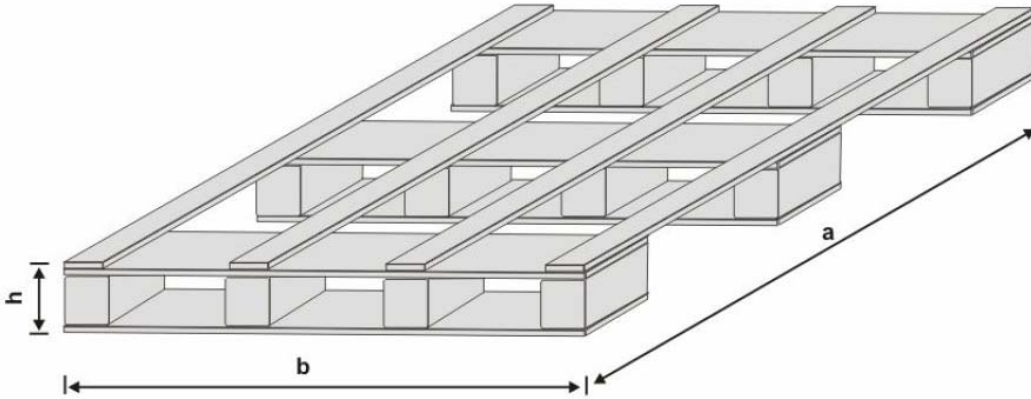
Meyve ve sebzenin depolandığı soğuk hava depolarında istiflemede palet sistemi kullanılmaktadır. Elma gibi yaş meyveler genellikle 20 kg - 25 kg ürün alan (40 cm x 50 cm x 30 cm) boyutlarında ahşap kasalarda veya (37 cm x 52 cm x 32 cm), (36.5 cm x 55 cm x 32.5 cm) ve (40 cm x 60 cm x 33 cm) boyutlarındaki plastik kasalarda depolanmaktadır (Şekil 3.2.). Soğuk odaların tasarımında, boyutları (100 cm x 120 cm), (110 cm x 110 cm) ve (120 cm x 120 cm) olan paletlere (Şekil 3.3.) yerleştirilen söz konusu boyutlara ve öngörülen istif kapasitelerine (her bir plastik kasaya 25 kg  $\pm$  0.25 kg; her bir ahşap kasaya 30 kg  $\pm$  0.25 kg elma konulması) sahip elma kasalarıyla oluşturulacak 165 cm, 175 cm, 177.5 cm, 180 cm, 207 cm, 210 cm ve 213 cm'lik istif yükseklikleri, *birim palet istif yükseklikleri* olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.4. ve Çizelge 3.3.) (Canada Plan Service, 2007; Karaçalı, 2004a ve 2004b). Soğuk odalar için alternatif yükseklik (depo tavan yüksekliği) belirlenmesinde ise birim palet istif yükseklikleri esas alınmıştır.

Soğuk oda tasarımında dikkate alınan bir diğeri ölçüt ise elma depolama yoğunluğudur. Elmanın soğuk hava depolarında istiflenmesinde uygun depolama yoğunluğu olarak öngörülen 200 kg m<sup>-3</sup> - 250 kg m<sup>-3</sup> aralığı esas alınmıştır (Türk Standartları Enstitüsü, 1998).



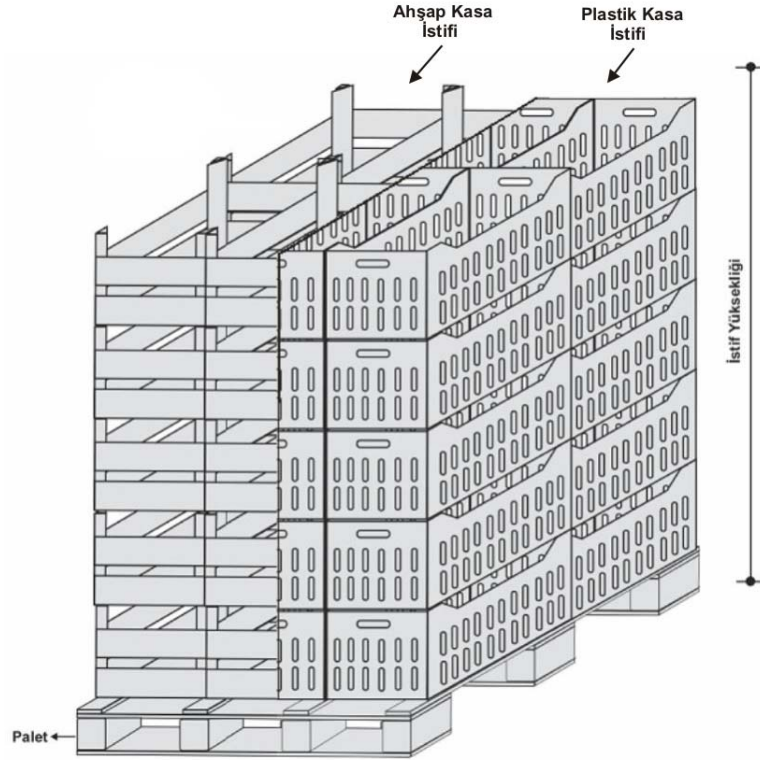
Kasa boyutları				Kasa taşıma kapasitesi		
Kasa çeşidi	Uzunluk (a) (cm)	Genişlik (b) (cm)	Yükseklik (h) (cm)	Ortalama elma istif kapasitesi (kg)	Ortalama kasa ağırlığı (kg)	Ortalama toplam ağırlık (kg)
Ahşap	50	40.0	30.0	25	5	30
Plastik	52	37.0	32.0	22	3	25
Plastik	55	36.5	32.5	22	3	25
Plastik	60	40.0	33.0	22	3	25

Şekil 3.2. Elma istiflemeye esas alınan ahşap ve plastik kasaların boyutları ve taşıma kapasiteleri



Uzunluk (a) (cm)	Genişlik (b) (cm)	Yükseklik (h) (cm)
110	120	15

Şekil 3.3. Elma istiflemeye esas alınan ahşap palet boyutları



Şekil 3.4. Palet üzerine ahşap veya plastik elma kasalarının istiflenmesiyle oluşturulan birim palet istif yüksekliği

Çizelge 3.3. Kasa ve palet ölçüleri ve sayılarına göre oluşturulan istif düzeni ve maksimum istif yükseklikleri

İstif düzeni						Maksimum istif yüksekliği (cm)
Kasa türü	Kasa yüksekliği (cm)	Palet yüksekliği (cm)	Üst üste konulan kasa sayısı (adet)	Birim istif palet yüksekliği (cm)	Üst üste konulan maksimum palet sayısı (adet)	
Ahşap	30.0	15	5	165.0	3	495.0
Plastik	32.0	15	5	175.0	3	525.0
	32.5	15	5	177.5	3	532.5
	33.0	15	5	180.0	3	540.0

Elma gibi yaş meyvelerin depolanmasında, istif yüksekliğini belirleyen önemli bir husus, depodaki istifleme faaliyetlerinin uygun biçimde yürütülebilmesidir. Ülkemizde soğuk hava depolarında, paletli kasa istifi palet üzerine en fazla 5 kasa üst üste konularak oluşturulmaktadır (Karaçalı, 2004b). Soğuk odalarda üst üste istiflenecek palet sayısı, istiflemeye kullanılacak forklift araçlarının güvenli kaldırma yüksekliği ile sınırlıdır. Bu nedenle istif düzenlerinin oluşturulmasında, ülkemiz elma depolarında kullanılan forklift araçlarının 4.75 m'lik

maksimum kaldırma yüksekliği dikkate alınmıştır (Cat, 2009; Clark, 2009; Dalian, 2009; Linde, 2009; Still, 2009; Toyota, 2009). Elma depolamada yaygın olarak kullanılan farklı marka ve modellerdeki forkliftlerin istiflemeyle ilgili teknik özellikleri Şekil 3.5.'de gösterilmiştir.

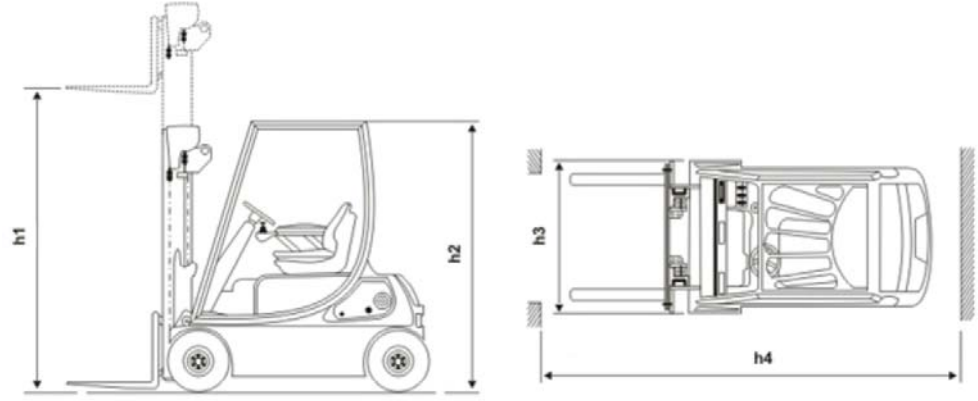
Kompresörlü soğutma sistemi için soğuk odalarda yükseklik amaca göre değişmekle birlikte, en az 3 m olması öngörülmektedir. Ayrıca, soğuk depo yapısı içerisinde soğuk odalara ulaşım, soğuk odaların içinde yükleme ve boşaltma gibi faaliyetler için kullanılacak yolların (koridorların) genişliğinin en az 3 m olması gerektiği belirtilmektedir (Türk Standartları Enstitüsü, 1986 ve 1995).

Kontrollü atmosferli soğutma sistemi için soğuk odaların yaklaşık 50 ton – 300 ton ( $1200 \text{ m}^3 - 1500 \text{ m}^3$ ) elma alacak büyüklükte tasarlanması, yapı elemanlarındaki yalıtımın, atmosfer kaçışını önleyecek biçimde olması ve hermetik kapatılabilen kapılar ile atmosfer bileşimini ayarlayan cihazların kullanılması gerektiği ifade edilmiştir. Bu tip depolarda, iyi bir hava dolaşımını sağlayacak biçimde istifleme yapılabilmesi için, kasayla istiflemeye istif yüksekliğinin 7.5 m yi geçmemesi, soğutma biriminin boyutlarına bağlı olarak istifler üzerinde 0,5 m - 1 m arasında boşluk bırakılması önerilmiştir. Ayrıca, istifler arasında ana hava akışı doğrultusunda yaklaşık 10 cm lik aralar bırakılması gerektiği ifade edilmiştir (Canada Plan Service, 2007; Türk Standartları Enstitüsü, 1989).

Yukarıda açıklanan istifleme öngörülleri ve esasları dikkate alınarak üç katlı paletli kasa istifleriyle, öngörülen depolama yoğunluğu sınırları ( $202.60 \text{ kg m}^{-3} - 213.60 \text{ kg m}^{-3}$ ) içinde kalacak şekilde, elma depolama kapasitesi; yaklaşık olarak 100 ton, 150 ton, 200 ton, 250 ton ve 300 ton olan beş farklı istif düzeni tasarlanmıştır. Tasarlanan alternatif istif düzenlerine ilişkin bilgiler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Soğuk odalar için tasarlanan istif düzenleri ve elma depolama yoğunlukları

Alternatif istif düzeni no	Üst üste konacak paletli kasa istif sayısı (adet)	Elma depolama kapasitesi (ton)	Elma depolama yoğunluğu ( $\text{kg m}^{-3}$ )
1	3	100	213.60
2	3	150	202.60
3	3	200	211.80
4	3	250	209.98
5	3	300	201.24



Forklift Özellikleri	Forklift Marka ve Modelleri		
	LINDE [E 14] [E 20P]	STILL [RX20 – 15] [RX20 – 20P]	CAT [P3000] [P4000]
Güç Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Benzin / LPG
Yükleme Kapasitesi, (kg)	1400 – 2000	1500 – 2000	1500 – 2000
Kaldırma Yüksekliği, h1 (mm)	2850 – 4470	3230 – 4750	3320 – 3320
Forklift Yüksekliği, h2 (mm)	1970 – 2075	2082 – 2240	2100 – 2100
Forklift Genişliği, h3 (mm)	1083 – 1155	1099 – 1138	1070 – 1070
Palet (100 X 120 X15 cm) ile Birlikte Dönüş Mesafesi, h4 (mm)	3236 - 3509	3328 - 3672	3520 – 3520

Şekil 3.5. Elma depolamada kullanılan farklı marka ve modellerdeki forkliftlerin teknik özellikleri (Cat, 2009; Linde, 2009; Still, 2009)

### ii) Alternatif Duvar ve Döşeme Yapı Elemanlarının Tasarımı

Soğuk hava depolarını oluşturacak soğuk odalar için farklı yapı malzemesi kompozisyonları oluşturularak alternatif duvar ve döşeme (tavan ve temel döşemesi) yapı elemanları tasarlanmıştır.

Soğuk oda dış duvarlarında ısı yalıtımını sağlamak için duvar örülürken tuğlalar arasında 5 cm ya da 10 cm'lik durgun hava boşluğunun bırakılması ve iki sıra halinde örülen tuğlalar arasına yalıtım malzemesi (perlit, stropor, heraklit vb.) yerleştirilmesi önerilmektedir (Savaş, 1987). Soğuk hava depoları için poliüretan malzemenin kullanılmasının uygun olacağı bildirilmiştir. Poliüretan malzemenin kullanıldığı soğuk hava depolarında önemli bir enerji tasarrufu sağlandığı ve özellikle nemden etkilenmemesi nedeniyle iç kaplama yalıtımları için kullanılabilirliği ifade edilmiştir. Ayrıca, sert poliüretan köpük malzemenin soğuk hava depolarında yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Altınışık, 2006). Betonarme yada çelik konstrüksiyonlu yapılarda kullanılan sert poliüretan malzemeyle üretilen panel duvarlarda ise, hafiflik ve yangına dayanımın yanısıra, yüksek nem, ısı ve ses yalıtımı sağlandığı ifade edilmiştir (İzogül, 2007).

Duvar ve döşeme elemanları için yapı malzemesi kompozisyonlarının hazırlanmasında, soğuk hava depoları için yukarıdaki yalıtımla ilgili açıklamalar göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca, bu kompozisyonlarına ilişkin farklı yapı malzemesi katmanları, yapı tekniği esasları ve yapı malzemesi özellikleri esas alınarak oluşturulmuştur (Kayan, 1992; Murray, 1993; Şahin ve Ünal, 2007). Söz konusu yapı elemanlarının tasarımında, duvar yapımında kullanılan malzeme esas alınarak üç farklı kompozisyon tasarlanmıştır (Çizelge 3.5). Bu kapsamda, duvar kompozisyonlarında; *i*) ülke genelinde yaygın olarak kullanılan tuğla, *ii*) araştırma alanında yaygın olarak bulunan briket ve *iii*) son yıllarda kullanılmaya başlanan sert poliüretan dolgulu sandviç panel (PU Panel) esas alınmıştır. Döşemelerin malzeme kompozisyonlarının oluşturulmasında her üç alternatif tasarım için zemin yapı elemanında ortak malzeme olarak geliştirilmiş Polistiren (EPS), ön görülmüştür. Tavan yapı elemanının malzeme kompozisyonu için 1 ve 2 nolu alternatif tasarımda EPS, 3 nolu tasarımda ise PU panel esas alınmıştır.

Çizelge 3.5. Soğuk odaların duvar ve döşeme elemanları için oluşturulan alternatif tasarımlara ilişkin yapı malzemesi kompozisyonları

Alternatif tasarım no	Duvar için yapı malzemesi kompozisyonu	Döşemeler için yapı malzemesi kompozisyonu	
		Tavan	Zemin
1	Tuğla + EPS	EPS	EPS
2	Briket + EPS		
3	PU Panel	PU panel	

### *iii) Alternatif Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Tasarımı*

Alternatif soğuk hava depolarının tasarımında dikkate alınan diğer bir ölçüt, soğuk odaları tek bir çatı altında toplayacak yapı konstrüksiyonudur. Soğuk hava deposu konstrüksiyonunun inşasında, *i*) konvansiyonel betonarme, *ii*) prefabrik betonarme ve *iii*) çelik olmak üzere üç farklı taşıyıcı sistem esas alınmıştır. Bu taşıyıcı sistemlerin her birinin, her iki soğutma sistemi için de uygulanması ön görülmüştür. Bu konstrüksiyonların tasarımında Türkiye’de geçerli olan standartlar ve yönetmelikler göz önünde bulundurulmuştur (Anonim, 2007a; Türk Standartları Enstitüsü, 1980; 1987; 1992,1997, 2000 ve 2010).

Soğuk hava deposu yapılarının taşıyıcı sistemlerinin tasarımında ve hesaplanmasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır:

1. Yapılar için I. derecede deprem bölgesi esas alınmıştır.Yapı önem katsayısı 1'dir. Deprem hesabında eşdeğer statik deprem yükü yöntemi kullanılmıştır.
2. Yapıların inşa edileceği arazinin bu tür bölgelerde yaygın olarak karşılaşılan Z4 zemin sınıfında ve zemin emniyet gerilmesinin 10 ton m<sup>-2</sup> olduğu kabul edilmiştir.
3. Taşıyıcı sistem boyutlarının belirlenmesinde kullanım amacı ve fonksiyonellik öncelikle esas alınmıştır.
4. Yapılar, 900 – 1000 rakımda ve II. derece kar yağış bölgesindedir.
5. Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen uygulamada yaygın olarak tercih edilen hazır programlar (SAP2000, PROBİNA) kullanılmıştır.

#### ***iv) Soğuk Hava Deposu Tasarımlarının İnşaat Maliyetlerinin Belirlenmesi***

Öngörülen her bir soğuk hava deposuna ait ilişkin inşaat maliyetlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılacak yapı malzemesi ve gerekli her bir işçilik kalemi belirlenmiş (metrajı çıkarılmış) ve daha sonra maliyeti hesaplanmıştır (keşfi hazırlanmıştır) (Ek 1). Bu hesaplamalar öngörülen her bir soğuk hava deposu için hazırlanan metraj ve keşif cetvelleri üzerinde gösterilmiştir (Anonim, 2008).

Soğuk depoların inşaat maliyetleri; *i)* olağan piyasa koşullarında geçerli olan fiyatlara göre ve *ii)* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyatlarına göre olmak üzere iki farklı yaklaşımla belirlenmiştir. Bu iki ayrı fiyatlandırma uygulaması aşağıda tanımlanmıştır.

*i)* Olağan piyasa koşullarında geçerli olan fiyatlara göre inşaat maliyetinin belirlenmesi: Soğuk hava depolarının inşa edileceği Isparta ilinde geçerli olan inşaat, imalat ve soğutma sistemi tesis maliyetleri yerinde araştırılmıştır. Depo yapısında öngörülen taşıyıcı sistem türüne (konvansiyonel betonarme, prefabrik betonarme, çelik) ve soğutma sistemi özelliklerine göre ilgili firmalardan fiyat teklifi alınarak tasarımlara ait maliyetler belirlenmiştir.

*ii)* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyatları ile inşaat maliyetlerinin belirlenmesi: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından belirlenen 2009 yılı inşaat

birim fiyatları esas alınarak keşfi yapılmıştır. Prefabrik betonarme, çelik taşıyıcı sistemleri ile soğutma sistemlerine ait olan ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı cetvellerinde yer almayan imalat kalemlerinin, maliyetleri piyasada geçerli olan fiyatlara göre belirlenmiştir. Maliyet hesaplarında, yapının kullanımı boyunca oluşabilecek bakım masrafları ayrıca hesaplara dahil edilmiştir. Makine ve elektrik tesisatı ile ilgili imalat kalemlerinin her tipteki yapıda benzer olduğu kabul edilmiştir.

### 3.2.2.2. Alternatif Soğuk Hava Depolarında Soğutma Sistemlerinin Tasarımı ve Tesis Maliyetlerinin Belirlenmesi

Alternatif soğuk hava depolarının soğutma sistemlerinin tasarımının ve tesis maliyetleri birim fiyatlarının belirlenebilmesi için öngörülen 100, 150, 200, 250 ve 300 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odaların *i*) konvansiyonel betonarme, *ii*) prefabrik betonarme ve *iii*) çelik taşıyıcı sistem gibi geleneksel ve modern uygulamaları göz önüne alınarak 15 adet soğuk hava deposu projesi hazırlanmış ve bu projelerin soğutma yükleri hesaplanmıştır (Ek 2). Hesaplanan soğutma yüklerinden yararlanılarak soğutma sistemleri tasarlanmış ve 100, 150, 200, 250 ve 300 tonluk soğuk odaların soğutma sistemi için hesaplanan ortalama birim fiyatları Ek 3’de verilmiştir. Bu hesaplamalarda esas alınan alternatif soğuk hava deposu projelerinde soğuk hava deposu sistemlerinin ve bu depolardaki soğuk odaların yapısal özellikleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Alternatif soğuk hava depoları ve bu depolardaki soğuk odaların özellikleri

Proje no	Soğuk hava depo sistemlerinin yapısal özellikleri		Soğuk odaların yapısal özellikleri		
	Soğuk oda kapasitesi (ton)	Toplam depo kapasitesi (ton)	Depo taşıyıcı sistemi	Duvar malzeme kompozisyonları	Tavan malzeme kompozisyonları
1	100	2000	Konvansiyonel betonarme	Briket + EPS	EPS
2	100	2000	Çelik	Pu panel	Pu panel
3	100	2000	Prefabrik betonarme	Pu panel	Pu panel
4	150	3000	Konvansiyonel betonarme	Briket + EPS	EPS
5	150	3000	Çelik	Pu panel	Pu panel
6	150	3000	Prefabrik betonarme	Pu panel	Pu panel
7	200	4000	Konvansiyonel betonarme	Briket + EPS	EPS
8	200	4000	Çelik	Pu panel	Pu panel
9	200	4000	Prefabrik betonarme	Pu panel	Pu panel
10	250	5000	Konvansiyonel betonarme	Briket + EPS	EPS
11	250	5000	Çelik	Pu panel	Pu panel
12	250	5000	Prefabrik betonarme	Pu panel	Pu panel
13	300	6000	Konvansiyonel betonarme	Briket + EPS	EPS
14	300	6000	Çelik	Pu panel	Pu panel
15	300	6000	Prefabrik betonarme	Pu panel	Pu panel

Alternatif soğuk hava depolarında soğutma sistemlerinin tasarımı için öncelikle depolanacak elmanın özelliklerine, miktarına ve her bir soğuk hava deposunun yapı konstrüksiyonun termik özelliklerine bağlı olarak hesaplanan soğutma yüklerinin elma depolama süresince değişimi Ek 2’de gösterilmiştir. Daha sonra, hesaplanan soğutma yükünü karşılayabilecek soğutma sistemi elemanlarının seçimi yapılmıştır.

Soğuk hava depolarında toplam soğutma yükü ( $Q_{\text{toplam}}$ ); yapı elemanlarından geçen ısının ( $Q_1$ ), depoda faaliyet gösteren personel ve ekipmanların ortama yaydıkları ısının ( $Q_2$ ), ışıklar, motorlar ve forklift gibi ısı üretim cihazlarından kaynaklanan ısının ( $Q_3$ ), dışarıdan sızıntı ile depoya giren ısının ( $Q_4$ ); soğuma süresince elmanın ortama verdiği ısının ( $Q_5$ ) ve olgunlaşma süresince elmanın ortama verdiği ısının ( $Q_6$ ) toplamı olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 1):

$$Q_{\text{toplam}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (1)$$

Eşitlikteki her bir ısı yükünün hesaplanma biçimi aşağıda ayrı başlıklar altında tanımlanmıştır.

Bu hesaplamalarda, soğuk hava depolarının bölge koşullarına uygun olarak elma depolama sezonu (Ekim – Nisan) boyunca çalışması ve sezon başında soğuk hava depolarında her gün 2 odanın doldurulması koşuluyla 10. gün sonunda depoya elma girişinin tamamlanması öngörülmüştür.

#### ***i) Soğuk Hava Depolarında Yapı Elemanlarından Geçen Isının Hesaplanması ( $Q_1$ )***

Soğuk hava depolarında yapı elemanlarından geçen toplam ısının hesaplanabilmesi için öncelikle her bir yapı elemanının toplam ısı iletim katsayılarının bilinmesi gerekmektedir. Yapı elemanlarının toplam ısı iletim katsayısı ( $U$ ) ise, her bir yapı malzemesine ait ısı iletim hesap değerleri ( $\lambda$ ) yardımıyla TS 825’de belirtildiği şekilde Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır. (Türk Standartları Enstitüsü, 1998a; Şahin ve Ünal, 2005).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{i\check{c}}} + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\lambda_{dış}}} \quad (2)$$

Eşitlikte, U; yapı elemanının toplam ısı iletim katsayısını ( $Wm^{-2}K^{-1}$ ),  $\lambda_i$ ; yapı elemanını oluşturan her bir malzemenin ısı iletkenlik katsayısını ( $Wm^{-1}K^{-1}$ ),  $d_i$ ; her bir malzemenin kalınlığını (m),  $\lambda_{i\check{c}}$ ; iç yüzey iletkenlik katsayısını ( $Wm^{-1}K^{-1}$ ) ve  $\lambda_{dış}$ ; dış yüzey iletkenlik katsayısını ( $Wm^{-1}K^{-1}$ ) ifade etmektedir. i ise; yapı elemanında kullanılan malzeme sayısını ( $i= 1 \dots n$ ) göstermektedir.

Soğuk hava depolarında yapı elemanlarından geçen toplam ısının hesaplanmasında ise Eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$Q_1 = (t_d - t_i + t_k + t_g) \sum_1^n (U)(A) \quad (3)$$

Eşitlikte,  $Q_1$ ; yapı elemanlarından geçen ısıyı ( $Wh^{-1}$ ),  $t_d$ ; maksimum aylık ortalama hava sıcaklığını (K) (Çizelge 3.7),  $t_i$ ; depolama sıcaklığını (K) (Çizelge 3.8),  $t_k$ ; döşemeye komşu toprak sıcaklıklarını (K) (Çizelge 3.9),  $t_g$ ; güneş ışınlarının etkisinin sıcaklık farkı eşdeğerlerini (K) (Çizelge 3.10), U; her bir yapı elemanı için hesaplanan toplam ısı iletim katsayısını ( $Wm^{-2}K^{-1}$ ) ve A; her bir yapı elemanının ısı geçiren yüzeylerini ( $m^2$ ) ifade etmektedir.

Çizelge 3.7. Depolama sezonunda Isparta ili iklim verileri (Anonim, 1994)

İklim parametresi	Depolama periyodu							
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
En yüksek sıcaklık ( $^{\circ}C$ )	34.6	32.2	25.4	17.7	17.6	19.0	26.5	29.5
Ortalama oransal nem (%)	51.0	62.0	70.0	76.0	76.0	73.0	66.0	61.0

Çizelge 3.8. Farklı elma türlerinin depolama koşulları ve özgül ısıları (Türk Standartları Enstitüsü, 1998b)

Elma türleri	Depolama koşulları			Özgül ısı ( $Wkg^{-1}K^{-1}$ )	
	Depolama sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )	Bağıl nem (%)	Depolama süresi (gün)	Donmadan önce	Donmadan sonra
Golden delicious	0 / 2	90 – 95	210	1.0234	0.5233
Granny smith	0 / 4	90 – 95	180 – 240	1.0234	0.5233
Starking	0 / 3	90 – 95	180 – 240	1.0234	0.5233

Çizelge 3.9. Döşemeye komşu toprak sıcaklıkları (Özkoç, 1999)

Döşemeye komşu toprak sıcaklıkları	Sıcaklık (°C)
Çok soğuk iklimler	+ 7
Soğuk iklimler	+ 15
Serin iklimler	+ 20
Sıcak iklimler	+ 25

Çizelge 3.10. Farklı yüzeylerde güneş ışınlarının etkisinin sıcaklık farkı eşdeğerleri (Özkoç, 1999)

Yüzey cinsi	Duvar yüzeyi			Düz yüzeyi
	Doğu	Güney	Batı	
Koyu renkli yüzeyler (°C)	5	3	5	11
Orta renkli yüzeyler (°C)	4	3	4	9
Açık renkli yüzeyler (°C)	3	2	3	5

### ii) Soğuk Depo Personelinden Yayılan Isının Hesaplanması ( $Q_2$ )

Soğuk hava depolarında çalışan personelden yayılan ısının hesaplanmasında Eşitlik 4 kullanılmıştır.

$$Q_2 = t_p \sum_1^n q_p \quad (4)$$

Eşitlikte  $Q_2$ ; soğuk depo personelinden yayılan ısı miktarını, ( $Wgün^{-1}$ ),  $t_p$ ; işçilerin çalışma süresini (saat) ve  $q_p$ ; çalışma ortamı sıcaklıklarına göre işçilerin yaydıkları ısı miktarını ( $Wh^{-1}$ ) (Çizelge 3.11) ifade etmektedir.

### iii) Işıklar, Motorlar, Forklift gibi Isı Üretim Cihazlarından Kaynaklanan Isının Hesaplanması ( $Q_3$ )

Soğuk hava depolarında ışıklar, motorlar, forklift gibi ısı üretim cihazlarından kaynaklanan ısının hesaplanmasında Eşitlik 5'den yararlanılmıştır.

$$Q_3 = t_c \sum_1^n q_c \quad (5)$$

Eşitlikte  $Q_3$ ; ısı üretim cihazlarından kaynaklanan ısı miktarını ( $Wgün^{-1}$ ),  $t_c$ ; cihazların çalışma süresini (saat),  $q_c$ ; cihazların türüne göre yaydıkları ısı miktarını ( $Wh^{-1}$ ) (Çizelge 3.12.) ifade etmektedir.

Çizelge 3.11. Farklı ortam sıcaklıklarına göre bir insanın yaydığı ısı yükü (Türk Standartları Enstitüsü, 1986)

Ortam sıcaklığı (°C)	İnsanın yaydığı ısı yükü (W h <sup>-1</sup> )
10	209
5	244
0	273

Çizelge 3.12. Elektrik motorlarından meydana gelen ısı yükü (Özkol, 1999)

Motor gücü (HP)	Motorun yaydığı ısı yükü (W h <sup>-1</sup> )
1/8 – 1/2	1 244
1/2 – 2.0	1 082
3.0 – 20.0	861

**iv) Hava Değişiminden Gelen Isının Hesaplanması ( $Q_4$ )**

Soğuk hava depolarında hava değişiminden kaynaklanan ısının hesaplanmasında Eşitlik 6 kullanılmıştır.

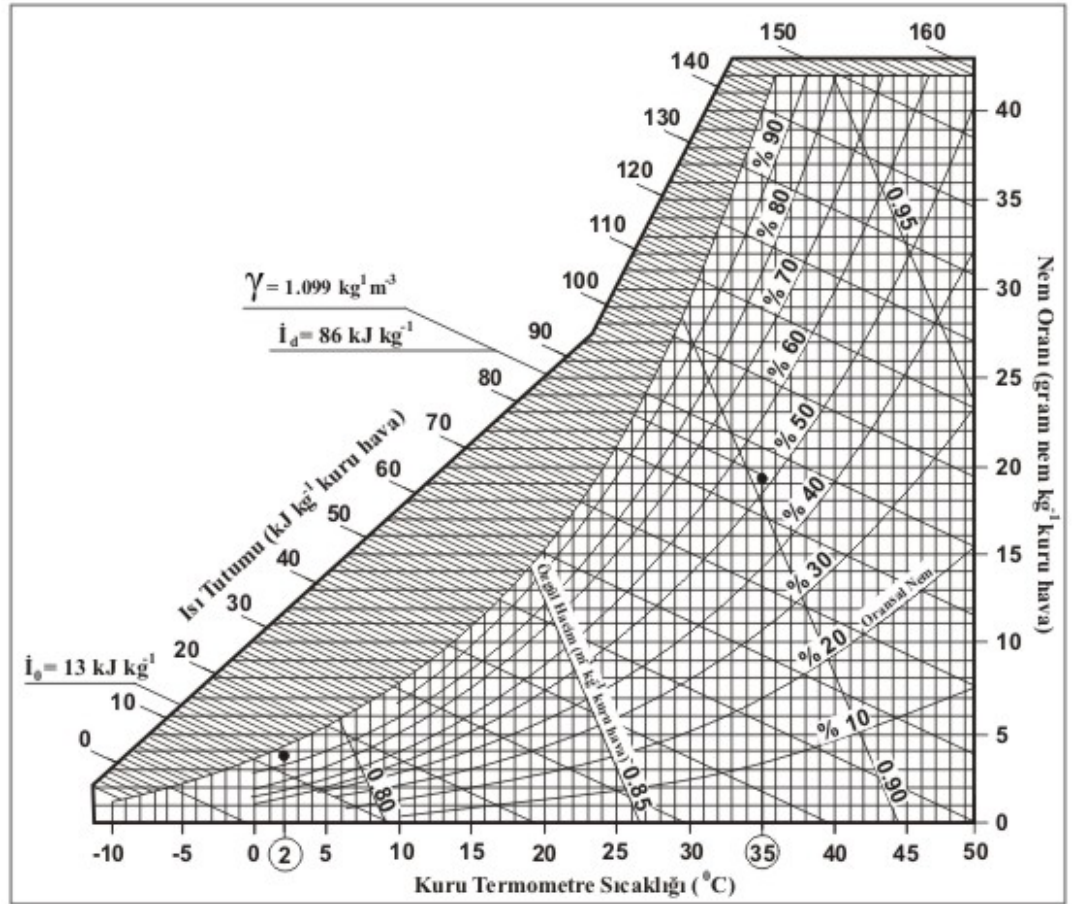
$$Q_4 = HD \times V \times (i_d - i_o) \times \gamma \quad (6)$$

Eşitlikte;  $Q_4$ ; hava değişiminden meydana gelen ısı miktarını (Wgün<sup>-1</sup>), HD; soğuk oda içerisindeki havanın değişim sayısını (adet) (Çizelge 3.13), V; oda hacmini (m<sup>3</sup>),  $i_d$ ; dış hava ısı tutumunu (W),  $i_o$ ; iç hava ısı tutumu (W) ve  $\gamma$ ; havanın özgül ağırlığını (kgm<sup>-3</sup>) ifade etmektedir.

$i_d$ ,  $i_o$  ve  $\gamma$  değerleri Şekil 3.6.'da verilen psikometrik diyagramdan elde edilmiştir.

Çizelge 3.13. Soğuk oda kapılarının açılmasından meydana gelen hava değişimi (Özkoç, 1999)

Oda iç hacmi (m <sup>3</sup> )	24 saatte hava değişimi (adet)	
	Oda sıcaklığı 0°C'nin üstünde	Oda sıcaklığı 0°C'nin altında
500	3.70	2.80
625	3.30	2.50
750	2.90	2.30
1000	2.50	1.90
1250	2.20	1.70
1800	1.66	1.42



Şekil 3.6. Psikometrik diyagram kullanılarak  $i_d$ ,  $i_0$  ve  $\gamma$  değerlerinin bulunması (Özkoç, 1999)

**v) Soğuma Süresince Meyvenin Ortama Verdiği Isının Hesaplanması ( $Q_5$ )**

Soğuk hava depolarında soğuma süresince meyvenin (elmanın) ortama verdiği ısının hesaplanmasında Eşitlik 7'den yararlanılmıştır.

$$Q_5 = \frac{(G)(C_{\text{özg}})(t_d - t_i)}{t_s} \quad (7)$$

Eşitlikte;  $Q_5$ ; soğuma süresince meyvenin ortama verdiği ısı miktarını ( $\text{Wh}^{-1}$ ),  $G$ ; ürünün miktarını (kg),  $C_{\text{özg}}$ ; meyvenin özgül ısısını ( $\text{Wkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) (Çizelge 3.8),  $t_d$ ; maksimum aylık ortalama hava sıcaklığı (K) (Çizelge 3.7),  $t_i$ ; depolama sıcaklığını (K) (Çizelge 3.8) ve  $t_s$ ; meyvenin soğuma süresini (saat) ifade etmektedir.

**vi) Olgunlaşma Süresince Meyvenin Ortama Verdiği Isının Hesaplanması ( $Q_6$ )**

Soğuk hava depolarında olgunlaşma süresince meyvenin ortama verdiği ısının hesaplanmasında Eşitlik 8 kullanılmıştır.

$$Q_6 = \frac{(G)(C_{\text{olg.}})}{1000(t_o)} \quad (8)$$

Eşitlikte;  $Q_6$ ; olgunlaşma süresince meyvenin (elmanın) ortama verdiği ısı miktarını ( $\text{Wh}^{-1}$ ),  $G$ ; ürünün miktarını (kg),  $C_{\text{olg.}}$ ; meyvenin olgunlaşma ısısını ( $\text{Wton}^{-1}\text{gün}^{-1}$ ) (Çizelge 3.14) ve  $t_o$ ; meyvenin olgunlaşma süresini ifade etmektedir.

Öngörülen her bir soğuk odanın yukarıda açıklandığı şekilde hesaplanan soğutma yükünü karşılayacak soğutma sistemi ve ekipmanlarının tasarımı yapılmıştır. Daha sonra tasarlanan soğutma sistemleri tesis maliyetleri; olağan piyasa koşullarında geçerli olan fiyatlara göre depoların inşa edileceği Isparta ilinde araştırılmıştır. Alternatif depolarda öngörülen soğutma sistemi türüne ve özelliklerine göre ilgili firmalardan fiyat teklifi alınarak tasarımlara ait maliyetler belirlenmiştir. İlgili tesis maliyetlerinin belirlenmesinden sonra geliştirilen optimizasyon modelinde kullanılacak 100, 150, 200, 250 ve 300 ton depolama kapasitesine sahip soğuk odaların soğutma sistemi ortalama birim tesis maliyetleri belirlenmiştir (Ek 3).

Çizelge 3.14. Elmanın çeşitli sıcaklıktaki olgunlaşma ısıları (Türk Standartları Enstitüsü, 1998b)

Sıcaklık (K)	1000 kg elmanın çeşitli sıcaklıklarda ürettiği olgunlaşma ısı miktarı (W h <sup>-1</sup> )
0	220.97 – 261.68
5	325.64 – 459.39
10	890.86 – 1 325.82
15	889.70 – 2 000.36

### 3.2.2.3. En Uygun Soğuk Oda Tasarımlarının Belirlenmesi ve Soğuk Hava Deposu Tip Projelerinin Hazırlanması

En uygun soğuk oda tasarımlarının belirlenmesi için bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Söz konusu model; doğrusal programlama, tamsayılı programlama, 0-1 programlama yöntemlerinin bir karmasıdır. Modelde; yapı malzemesi, taşıyıcı sistem, soğuk oda depolama kapasitesi, soğutma sistemi gibi seçenekler karar değişkenini; temel, duvar, tavan, taşıyıcı sistem, inşaat maliyetleri ve ilgili depo standartları kısıtları oluşturmuştur. Geliştirilen modelin matematiksel yapısı aşağıda tanımlanmıştır (Miran, 2005):

Optimizasyon modelinin geliştirilmesinde esas alınan doğrusal programlamanın matematiksel formu kapsamında; amaç fonksiyonu, doğrusal kısıtlamalar ve dikkate alınan koşullar aşağıdaki ifade edilmiştir:

#### **Amaç Fonksiyonu ( $Z_{min}$ ):**

Soğuk hava deposu inşaat ve soğutma sistemi tesis birim maliyetini minimize edecek şekilde düzenlenmiştir (Eşitlik 9). Amaç fonksiyonunda yer alan karar değişkenlerinden taşıyıcı sistem, çatı sistemi, döşeme sistemi, duvar sistemi, asma tavan sistemi, çatı kaplaması, klasik soğutma sistemi ve kontrollü atmosfer soğutma sistemi (0-1) değişken olarak ifade edilmiştir.

$$Z_{min} = \sum T_i X_{ij} \quad (9)$$

Eşitlikte  $T_i$ ; inşaat ve soğutma sistemi birim maliyetini ( $i= 23.71, \dots, 291.87$ ),  $X_{ij}$ ; yapı konstrüksiyon ( $i=1, \dots, 8$ ) veya soğutma sistemi tipini ve özelliklerini ( $j=1, \dots, 9$ ) ifade etmektedir.

**Kısıtlar:**

Taşıyıcı sistem, çatı, döşeme sistemi, duvar sistemi, asma tavan sistemi, çatı kaplaması, klasik soğutma sistemi ve kontrollü atmosfer soğutma sistemlerinden bir tanesi seçilecektir (Eşitlik 10).

$$\sum X_i = 1 \quad (10)$$

Eşitlikte  $X_i$ ; yapı konstrüksiyon tipini veya soğutma sistemi tipini ( $i=1, \dots, 8$ ) ifade etmektedir.

Taşıyıcı sistemlerin her biri sadece makas açıklığı ve makaslar arasındaki mesafelerin aynı olduğu çatı sistemi ile birlikte kullanılabilir (Eşitlik 11).

$$\sum X_{1j} + X_{2j} = 1 \quad (11)$$

Eşitlikte  $X_{1j}$ ; taşıyıcı sistem tipini ve özelliğini ( $j=1, \dots, 8$ ),  $X_{2j}$ ; çatı sistemi tipini ve özelliğini ( $j=1, \dots, 8$ ) ifade etmektedir.

Duvar yapı ve yalıtım malzemesi olarak poliüretan panel kullanılan durumlarda asma tavan malzemesi olarak PU panel kullanılmalıdır (Eşitlik 12).

$$\sum X_{4j} + X_{5j} = 1 \quad (12)$$

Eşitlikte  $X_{4j}$ ; duvar sistemini ( $j=3$ ),  $X_{5j}$ ; asma tavan sistemini ( $j=1$ ) ifade etmektedir.


Kontrollü atmosfer soğutma sistemi kullanılırsa duvar ve asma tavan yapı ve yalıtım malzemesi olarak PU panel kullanılmalıdır. (Eşitlik 13).

$$\sum X_{8j} + X_{4j} + X_{5j} = 1 \quad (13)$$

Eşitlikte;  $X_{8j}$ ; kontrollü atmosfer sistemini ( $j=1, \dots, 4$ ),  $X_{4j}$ ; duvar yapı malzemesini ( $j=1, 2$ ),  $X_{5j}$ ; asma tavan sistemini ( $j=2$ ) ifade etmektedir.

Geliştirilen model, Lindo ve WinQSB doğrusal programlama yazılımına aktarılarak, bu ortamda çalıştırılmıştır (Şekil 3.7, Şekil 3.8). Modelin çalıştırılması sonucunda depo maliyetlerini en küçükleyen çözümler üretilmiştir. Bu çözümlerden, araştırma alanında elmaların depolanmasında kalite özelliklerinin

teknik ve ekonomik yönden etkin biçimde korunmasını sağlayacak alternatif soğuk oda tasarımları esas alınmış ve bu soğuk odalardan oluşacak farklı kapasitelerdeki soğuk hava deposu tip projeleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu tip projeler; *i)* Araştırma alanındaki depo kapasitesi dağılımlarını dikkate alarak depolama gereksinimlerini karşılayacak, *ii)* Geleneksel soğutma sisteminden modern soğutma sistemine geçiş için gerekli altyapı olanağını oluşturacak ve *iii)* İnşaat ve işletim yönünden ekonomikliği sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu tip projelerin çiziminde ise AutoCAD programı kullanılmıştır.



```

min 107.50 X11 + 94.27 X12 + 96.36 X13 + 110.66 X14 + 101.1
s. t.
X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1
X21 + X22 + X23 + X24 + X25 + X26 + X27 + X28 = 1
X21 + X11 + X12 + X13 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1
X22 + X11 + X12 + X13 + X14 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1
X23 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X17 + X18 + X19 = 1
X24 + X11 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1
X25 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X18 + X19 = 1
X26 + X11 + X12 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1
X27 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X19 = 1
X28 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 = 1
X31 = 1
X41 + X42 + X43 = 1
X51 + X52 = 1
X51 + X41 + X42 = 1
X61 + X62 + X63 + X64 + X65 = 1
X61 + X63 + X12 + X13 + X15 + X16 + X18 + X19 = 1
X62 + X65 + X11 + X12 + X14 + X15 + X17 + X18 = 1
X64 + X11 + X13 + X14 + X16 + X17 + X19 = 1
X71 + X72 + X73 + X74 = 0

```

Şekil 3.7. Geliştirilen optimizasyon modelinin LINDO programına işlenmesi

Linear and Integer Programming - [depo]					
File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help					
LowerBound : X23 0					
Variable -->	X11	X12	X13	X14	X15
Minimize	107,50	94,27	96,36	110,66	101,95
kısıt 1	1	1	1	1	1
kısıt 2					
kısıt 3	1	1	1		1
kısıt 4	1	1	1	1	
kısıt 5	1	1	1	1	1
kısıt 6	1		1	1	1
kısıt 7		1	1	1	1
kısıt 8	1	1		1	1
kısıt 9	1	1	1	1	1
kısıt 10	1	1	1	1	1
kısıt 11					
kısıt 12					
kısıt 13					
kısıt 14					
kısıt 15					
kısıt 16		1	1		1
kısıt 17	1	1		1	1
kısıt 18	1		1	1	

Şekil 3.8. Geliştirilen optimizasyon modelinin WinQSB programına işlenmesi

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Elmanın Depolanma Durumu

#### 4.1.1. Soğuk Hava Deposu İşletmelerinin Genel Özellikleri ve İşletmecilerin Depo Sistemlerine İlişkin Tercihleri

Araştırma alanındaki ilçelerin elma depolama kapasitelerine göre dağılımı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Eğirdir ilçesi elma depolama kapasitesi bakımından % 42.36’lık bir oranla birinci sırada yer almaktadır. Gelendost ilçesi % 34.81’lik bir oran ile ikinci sırada, Senirkent % 6.56’lık oranla üçüncü sırada yer alırken, Atabey ilçesi % 0.12’lik bir oran ile son sırada yer almıştır.

Araştırma alanında bulunan soğuk hava deposu işletmelerinin elma depolama kapasitelerine göre dağılımları Çizelge 4.2’de verilmiştir. 0 – 5 000 ton arasında elma depolama kapasitesine sahip işletmeler % 68.33’lük bir oran ile birinci sırada yer alırken, 5 001 – 10 000 ton elma depolama kapasitesine sahip işletmeler % 30.00’lük bir oran ile ikinci sırada yer almaktadır. 10 000 tondan büyük elma depolama kapasitesine sahip işletmeler ise % 1.67’lik bir oran ile üçüncü sırada yer almıştır.

Araştırma alanında bulunan soğuk hava deposu işletmeleri mülkiyet durumlarına göre; *i*) özel şirket (Limited Şirket), *ii*) kooperatif (S.S. Tarımsal Kalkınma Kooperatifi), *iii*) belediye ve *iv*) şahıs olmak üzere dört grup altında sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmaya göre işletmelerin dağılımları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Özel şirket şeklindeki işletmeler % 70.00’lik bir oranla birinci sırada yer alırken, kooperatif şeklindeki işletmeler % 13.33’lük bir oranla ikinci sırada yer almıştır. Soğuk hava depo işletmeciliği yapan Belediyeler ise % 10.00’luk bir oranla üçüncü sırada yer almaktadır. Son sırada ise, % 6.67’lik bir oranla şahıslar tarafından (bireysel olarak) işletilen işletmeler gelmektedir. Tüm işletmelerin her birinde birer soğuk hava deposu bulunmaktadır.

Soğuk hava deposu işletmelerinin depoların kuruluş yıllarına göre dağılımı Çizelge 4.4’de verilmiştir. İşletmelere ait depoların büyük bir bölümü (toplam % 60.00’i) son on iki yıl içerisinde ( $\geq 1996$  yıllarında) kurulmuştur. Bundan önceki yıllarda (1975-1995 yılları arasında) kurulan depolar ise % 40.00 kadardır. Araştırma alanında en eski deponun (bir adet 6 000 tonluk) Eğirdir ilçesinde 1976 yılında, en yeni deponun (iki adet 2 000 ve 6 000 tonluk) ise Gelendost ilçesinde 2007 yılında kurulduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırma alanındaki ilçelerin elma depolama kapasitelerine göre dağılımı

İlçe	Elma depolama kapasitesi	
	(ton)	(%)
Eğirdir	119 500	42.36
Gelendost	98 200	34.81
Senirkent	18 500	6.56
Merkez	13 000	4.61
Uluborlu	11 000	3.90
Keçiborlu	7 400	2.62
Şarkikaraağaç	5 150	1.83
Gönen	3 500	1.24
Yalvaç	3 500	1.24
Aksu	2 000	0.71
Atabey	350	0.12
Toplam	282 000	100.00

Çizelge 4.2. İşletmelerin elma depolama kapasitelerine göre dağılımı

Elma depolama kapasitesi (ton)	İşletmeler	
	(adet)	(%)
0 – 5 000	41	68.33
5 001 – 10 000	18	30.00
> 10 000	1	1.70
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.3. İşletmelerin mülkiyet durumlarına göre dağılımı

Mülkiyet durumu	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Özel şirket	42	70.00
Kooperatif	8	13.33
Belediye	6	10.00
Şahıs	4	6.67
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.4. İşletmelerin depo kuruluş yıllarına göre dağılımı

Kuruluş yılı	İşletmeler	
	(adet)	(%)
1975-1980	6	10.00
1981-1985	5	8.33
1986-1990	4	6.67
1991-1995	9	15.00
1996-2000	18	30.00
2001-2005	12	20.00
>2005	6	10.00
Toplam	60	100.00

İncelenen işletmelerin depo kapasitesi kullanım oranlarına göre dağılımı Çizelge 4.5’de verilmiştir. Soğuk hava depolarını % 91 – 100 doluluk oranında işleten işletmelerin oranı % 26.66 iken, % 81 – 90 doluluk oranında işletenlerin oranı % 13.33, % 71 – 80 doluluk oranında işletenlerin oranı %23.33’tür. Depolarını % 70’in üzerindeki doluluk oranında işleten işletmelerin tüm işletmeler içerisindeki oranı ise % 63.32’dir.

İşletmelerin depo kapasitesini artırmayla ilgili tercihleri belirlenmiş ve bu tercihlere göre dağılımları Çizelge 4.6’da verilmiştir. İşletmelerin % 80.00’i depolama kapasitelerini yeterli görerek depo kapasitelerini artırmayı düşünmemektedirler. İşletmelerin % 20.00’si ise depolama kapasitelerini yetersiz gördükleri için gelecekte depo kapasitelerini artırmayı istemektedirler.

Araştırma alanında gerçekleştirilen anket çalışması kapsamında, işletmelerin soğuk hava deposu yapımında taşıyıcı sistem, duvar yapı malzemeleri, yalıtım malzemeleri ve soğutma sistemi tercihleri saptanmıştır. İşletmelerin bu tercihlerine göre dağılımları, sırasıyla Çizelge 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10’da sunulmuştur.

Yeni bir depo yapımında taşıyıcı sistem olarak, işletmeler % 66.67’si prefabrik betonarme, % 30.00’u çelik ve % 3.33’ü konvansiyonel betonarmeyi tercih etmişlerdir (Çizelge 4.7). Duvar yapı malzemesi kullanımında, işletmelerin % 96.67’si PU panel ve % 3.33’ü briketi tercih ederken, tuğla kullanımını ise hiçbir işletme tercih etmemiştir (Çizelge 4.8). Duvar yalıtım malzemesi kullanımında, işletmelerin % 96.67’si PU panel tercih ederken % 3.33’ü EPS’yi tercih etmiştir.

Çizelge 4.5. İşletmelerin depo kapasitesi kullanım oranlarına göre dağılımı

Depo kapasitesi kullanım oranları (%)	İşletmeler	
	(adet)	(%)
0 – 10	1	1.67
11 – 20	1	1.67
21 – 30	3	5.00
31 – 40	3	5.00
41 – 50	3	5.00
51 – 60	4	6.67
61 – 70	7	11.67
71 – 80	14	23.33
81 - 90	8	13.33
91 - 100	16	26.66
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.6. İşletmelerin depolama kapasitesiyle ilgili tercihleri

Depolama kapasitesi tercihleri	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Depolama kapasitesi yeterli ve gelecekte kapasitenin artırılması gerekli değil.	48	80.00
Depolama kapasitesi yetersiz ve gelecekte kapasitenin artırılması gerekli.	12	20.00
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.7. İşletmelerin yeni depo yapımında taşıyıcı sistem tercihleri

Taşıyıcı sistem tercihi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Prefabrik betonarme	40	66.67
Çelik	18	30.00
Konvansiyonel betonarme	2	3.33
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.8. İşletmelerin yeni depo yapımında duvar yapı malzemesi tercihleri

Duvar yapı malzemesi tercihi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
PU panel	58	96.67
Briket	2	3.33
Tuğla	-	-
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.9. İşletmelerin yeni depo yapımında duvar yalıtım malzemesi tercihleri

Duvar yalıtım malzemesi tercihi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
PU panel	58	96.67
EPS	2	3.33
PU köpük	-	-
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.10. İşletmelerin yeni depo yapımında soğutma sistemi tercihleri

Soğutma sistemi tercihi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Kontrollü atmosfer sistemi	57	95.00
Klasik soğutma sistemi	3	5.00
Toplam	60	100.00

Mevcut olan depolarda PU köpük uygulaması bir yalıtım malzemesi olarak kullanılırken, yapılan anket çalışmasında işletmecilerin hiçbirisi PU köpük malzemesini yalıtım malzemesi olarak tercih etmemiştir (Çizelge 4.9).

Soğutma sistemi kullanımında ise; işletmelerin % 95.00'i kontrollü atmosfer soğutma sistemini, % 5.00'i ise klasik soğutma sistemini tercih etmiştir (Çizelge 4.10). Kontrollü atmosfer soğutma sistemini tercih eden 57 işletmenin (% 95.00) halen 5'inde (%8.33) kontrollü atmosfer soğutma sistemi kullanılmaktadır. Geriye kalan 52 işletme (%86.67) ise, kontrollü atmosfer sisteminin kullanımını sınırlandıran başlıca nedenleri, bu sistemin yatırım ve işletim maliyetinin klasik sisteme göre yüksek olması ve bu maliyeti karşılayabilecek bir pazarın olmaması olarak ifade etmişler ve bu maliyeti karşılayacak bir pazarın oluşması durumunda ise kontrollü atmosfer sisteminin kullanımının zorunlu hale geleceğini belirtmişlerdir.

#### 4.1.2. Soğuk Hava Depolarının Yapısal Özellikleri ve Analizi

Araştırma alanındaki mevcut işletmelerin soğuk hava depolarında taşıyıcı sistem olarak konvansiyonel betonarme, prefabrik betonarme ve çeliği kullanıldığı belirlenmiş olup, işletmelerin bu sistemlere göre dağılımı Çizelge 4.11'de verilmiştir. İşletmelerde konvansiyonel betonarme (Şekil 4.1) kullanımı %46.67'lik bir oranla birinci sırada iken, prefabrik betonarme (Şekil 4.2) kullanımı % 36.67'lik bir oranla ikinci sırada yer almaktadır. Çelik taşıyıcı sistemin (Şekil 4.3) kullanımı ise % 16.66'lik bir oranla üçüncü sırada bulunmaktadır.

Çizelge 4.11. İşletmelerin depolardaki taşıyıcı sistemlere göre dağılımı

Taşıyıcı sistem	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Konvansiyonel betonarme	28	46.67
Prefabrik betonarme	22	36.67
Çelik	10	16.66
Toplam	60	100.00



Şekil 4.1. Taşıyıcı sistem olarak konvansiyonel betonarmenin kullanıldığı depodan bir görünüm (Gelendost)



Şekil 4.2. Taşıyıcı sistem olarak prefabrik betonarmenin kullanıldığı depodan bir görünüm (Gelendost)



Şekil 4.3. Taşıyıcı sistem olarak çeliğin kullanıldığı depodan bir görünüm (Eğirdir)

İşletmelerin depolarında kullanılan duvar yapı malzemelerine göre dağılımı Çizelge 4.12’de verilmiştir. Duvar yapı malzemesi olarak briketin (Şekil 4.4) kullanıldığı işletmeler % 56.67’lik bir oranla birinci sırada yer alırken, PU panelin (Şekil 4.5) kullanıldığı işletmeler % 20’lik bir oranla ikinci sırada yer almıştır. Tuğla (Şekil 4.6) kullanılan işletmeler ise % 15.00’lik bir oranla üçüncü sırada yer almaktadır. Duvar yapı malzemesi olarak briket ve PU panelin (Şekil 4.7) birlikte kullanıldığı işletmeler ise % 8.33’lük bir oranla son sırada yer almıştır. Briket ve poliüretan panel malzemenin birlikte kullanıldığı 5 adet işletmenin 3’ünde iki ayrı tipte soğutma sistemi olup, kontrollü atmosfer tipindeki soğutma sisteminin bulunduğu odaların duvarında PU panel malzeme, diğer soğutma sisteminin bulunduğu odalarda ise briket kullanılmıştır. Diğer 2 işletmede ise deponun ilk inşa edilen bölümlerinde briket kullanılmış iken, daha sonra yapılan yeni depoların duvarlarında ise PU panel kullanılmıştır (Çizelge 4.12).

İşletmelerin depolarında kullanılan duvar yalıtım malzemesine göre dağılımı Çizelge 4.13’de verilmiştir. Duvar yalıtım malzemesi olarak EPS’nin (Şekil 4.8) kullanıldığı işletmeler % 55.00’lik bir oran ile birinci sırada iken, PU panelin (Şekil 4.9) kullanıldığı işletmeler % 20.00’lik bir oran ile ikinci sırada yer almıştır. EPS malzeme üzerine PU köpük (Şekil 4.10) uygulamasının yapıldığı işletmeler % 11.67’lik bir oran ile üçüncü sırada yer almıştır. EPS ve PU panelin beraber kullanıldığı işletmeler

% 10.00'luk bir oran ile dördüncü sırada yer almıştır. Son sırayı ise % 3.33'lük bir oranla duvar yapı malzemesi üzerine PU köpük uygulamasının yapıldığı işletmeler almıştır (Çizelge 4.13).

Duvar yalıtım malzemesi olarak EPS ve PU panelin birlikte kullanıldığı 6 adet işletmenin 3'ünde iki ayrı tipte soğutma sistemi olup, kontrollü atmosfer tipindeki soğutma sisteminin bulunduğu odaların duvarında PU panel malzeme, diğer soğutma sisteminin bulunduğu odalarda ise sadece EPS kullanılmıştır. Diğer 2 işletmede ise deponun ilk inşa edilen bölümlerinde briket duvar tercih edilirken, daha sonra yapılan yeni depoların duvarlarında ise PU panel kullanılmıştır. Geriye kalan işletmelerde ise duvar yalıtımında EPS veya briket duvar üzerine PU panel, tavanların yalıtımında ise PU panel kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.12. İşletmelerinin duvar yapı malzemesine göre dağılımı

Duvar yapı malzemesi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Briket	34	56.67
PU panel	12	20.00
Tuğla	9	15.00
Briket ve PU panel	5	8.33
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.13. İşletmelerinin duvar yalıtım malzemesi özelliklerine göre dağılımı

Duvar yalıtım malzemesi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
EPS	33	55.00
PU panel	12	20.00
EPS ve PU köpük	7	11.67
EPS ve PU panel	6	10.00
PU köpük	2	3.33
Toplam	60	100.00



Şekil 4.4. Duvar yapı malzemesi olarak briketin kullanıldığı depodan bir görünüm (Isparta Merkez)



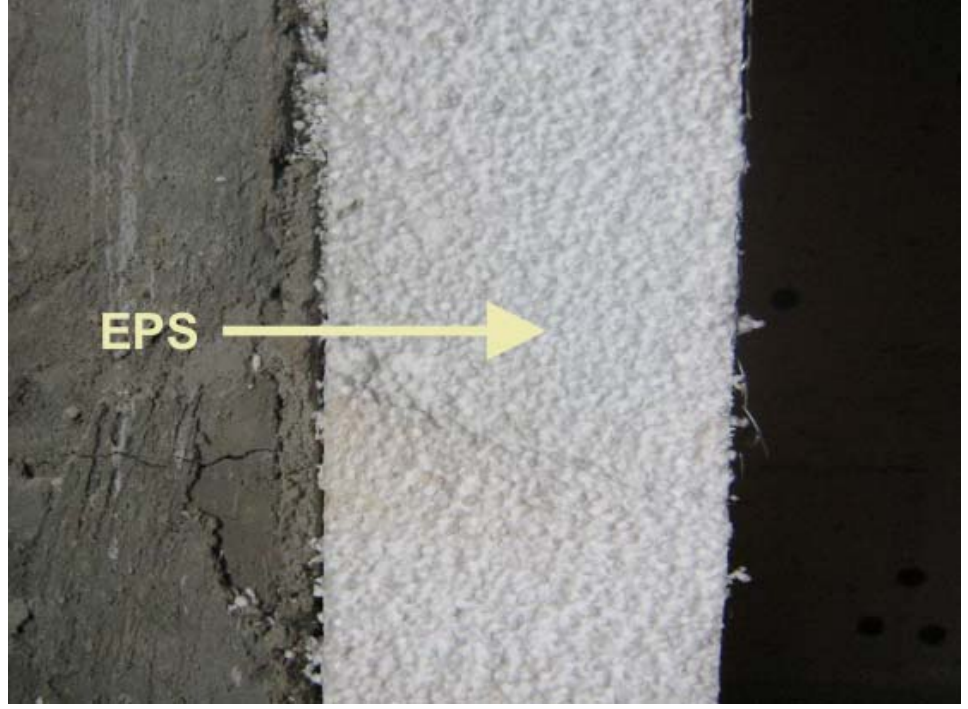
Şekil 4.5. Duvar yapı malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı depodan bir görünüm (Gelendost)



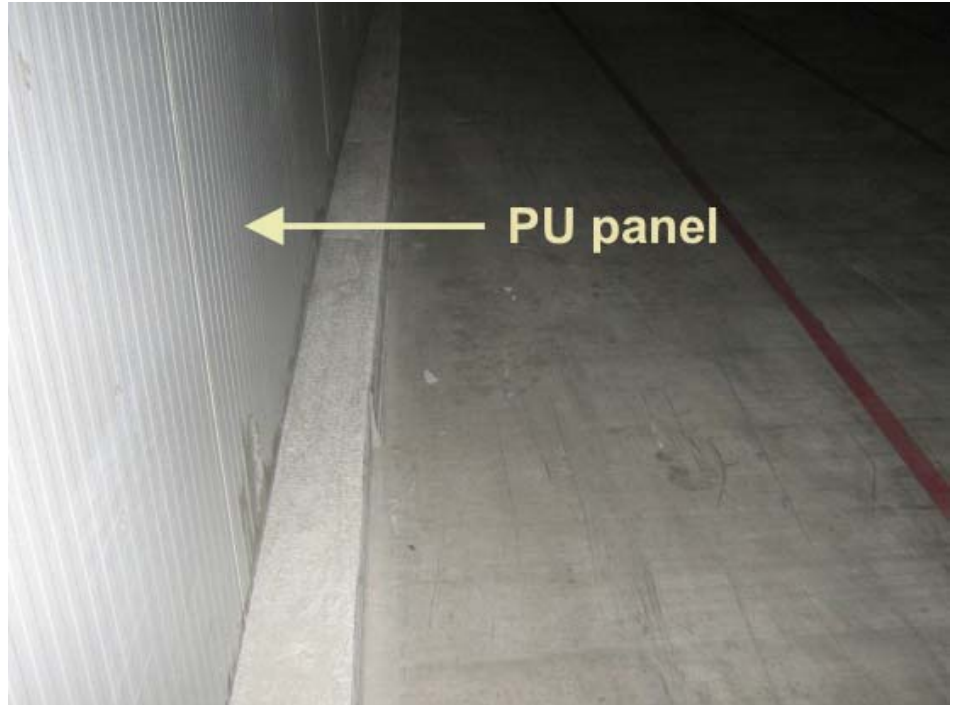
Şekil 4.6. Duvar yapı malzemesi olarak tuğlanın kullanıldığı depodan bir görünüm (Eğirdir)



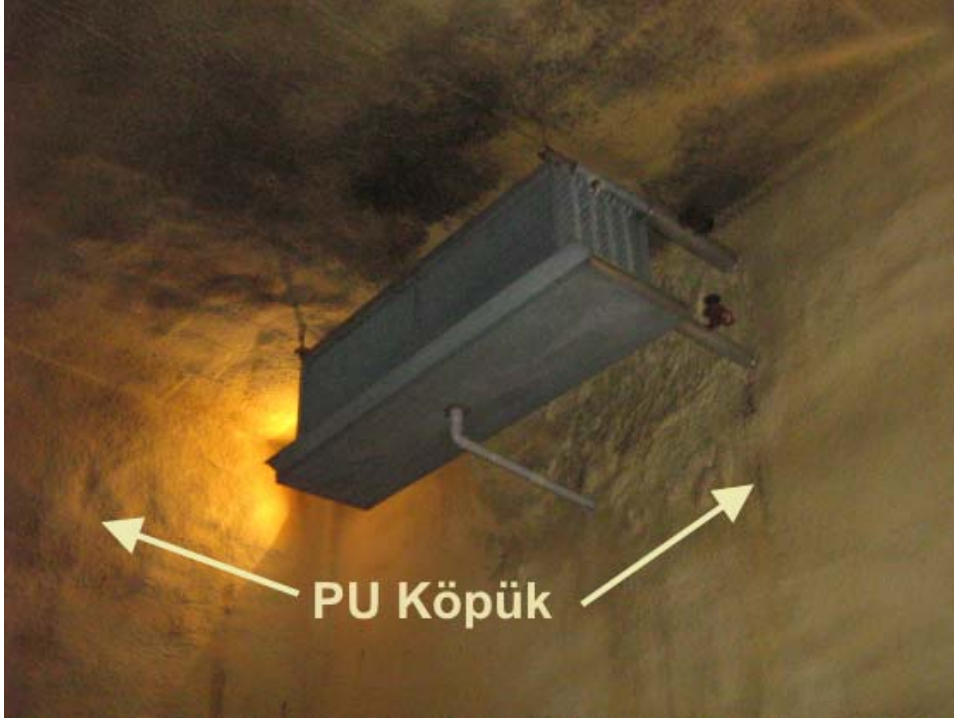
Şekil 4.7. Duvar yapı malzemesi olarak briket ve PU panelin birlikte kullanıldığı depodan bir görünüm (Eğirdir)



Şekil 4.8. Duvar yalıtım malzemesi olarak EPS'nin kullanıldığı depodan bir görünüm (Gelendost)



Şekil 4.9. Duvar yalıtım malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı depodan bir görünüm (Gelendost)



Şekil 4.10. Duvar yalıtım malzemesi olarak PU köpüğün uygulandığı depodan bir görünüm (Gelendost)

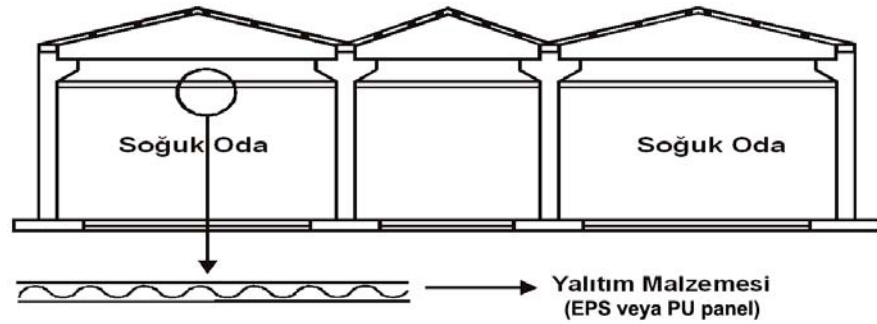


Şekil 4.11. EPS ve PU panelin birlikte kullanıldığı depodan bir görünüm (Gelendost)

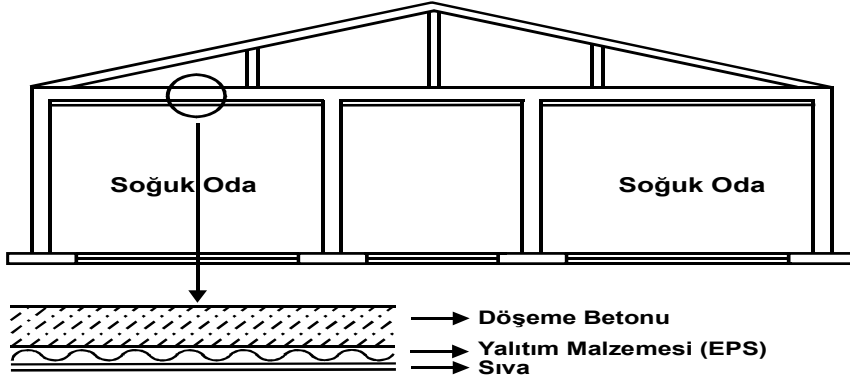
İşletmelerin depolarında kullanılan tavan sistemine göre dağılımı Çizelge 4.14’de verilmiştir. Depolarda tavan sistemi asma tavan (Şekil 4.12) olan işletmeler % 56.67’lik bir oran ile birinci sırada yer alırken, konvansiyonel betonarme (Şekil 4.13) olan işletmeler % 38.33’lük bir oranla ikinci sırada yer almaktadır. Herhangi bir tavan sistemi kullanılmayıp (Şekil 4.14 ve 4.15), doğrudan çatı örtü malzemesinin (galvanize sac yada eternit) iç yüzeylerinin PU köpükle kaplanan işletmelerin oranı ise % 3.33’dür. Tavan sistemi konvansiyonel betonarme olan ve daha sonraki yeni depolarında ise asma tavanı tercih eden 1 adet işletme (% 1.67) bulunmaktadır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. İşletmelerin depolarındaki tavan sistemlerine göre dağılımı

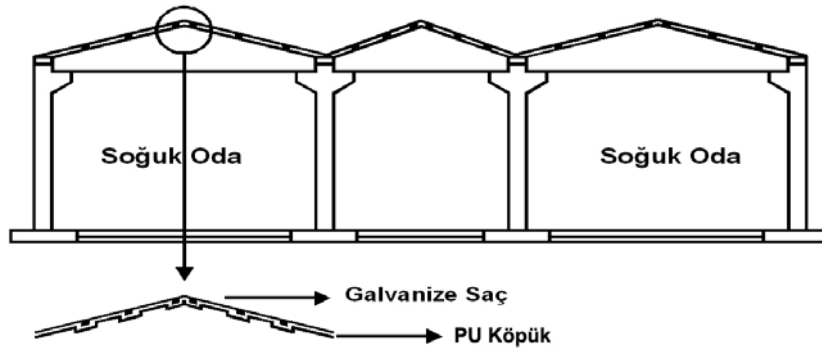
Tavan sistemi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Asma tavan	34	56.67
Konvansiyonel betonarme tavan	23	38.33
Tavan sistemi yok	2	3.33
Konvansiyonel betonarme tavan ve asma tavan	1	1.67
Toplam	60	100.00



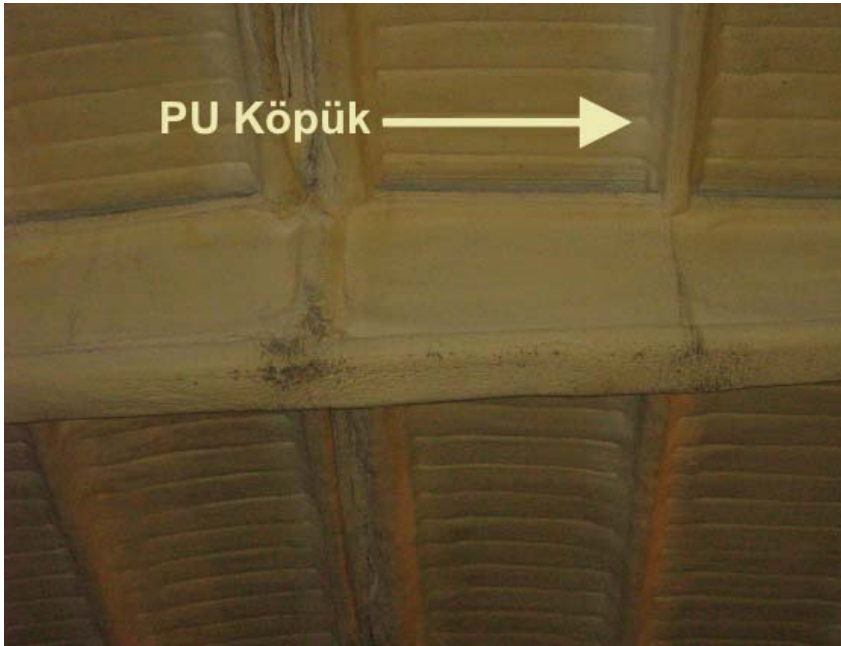
Şekil 4.12. İşletmelerin depolarındaki asma tavan sistemi kesit detayı



Şekil 4.13. İşletmelerin depolarındaki konvansiyonel betonarme tavan sistemi kesit detayı



Şekil 4.14. İşletmelerin depolarında tavan sistemi yerine çatı örtüsünün kullanıldığı çatı kesit detayı



Şekil 4.15. Tavan sistemi bulunmayan ve çatı örtüsü PU köpük malzemeyle kaplanmış depodan bir görünüm (Senirkent).

İşletmelerin depolardaki soğuk odaların tavan sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre dağılımı Çizelge 4.15’de verilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak EPS’nin kullanıldığı işletmeler % 46.67’lik oran ile birinci sırada iken, PU panel kullanılan işletmeler % 21.67’lik oran ile ikinci sırada yer almıştır. EPS yalıtım malzemesi üzerine PU köpük uygulamasının yapıldığı işletmeler % 20.00’lik oran ile üçüncü sıradadır. EPS ve PU panelin beraber kullanıldığı işletmeler % 8.33’lük oran ile dördüncü sırada yer almaktadır. Son sırayı ise bir tavan sistemi kullanmak yerine çatı iç yüzeylerine PU köpük uygulamasının yapıldığı 2 adet işletme almıştır, oranı ise % 3.33’dür.

Çizelge 4.15. İşletmelerin soğuk oda tavan sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre dağılımı

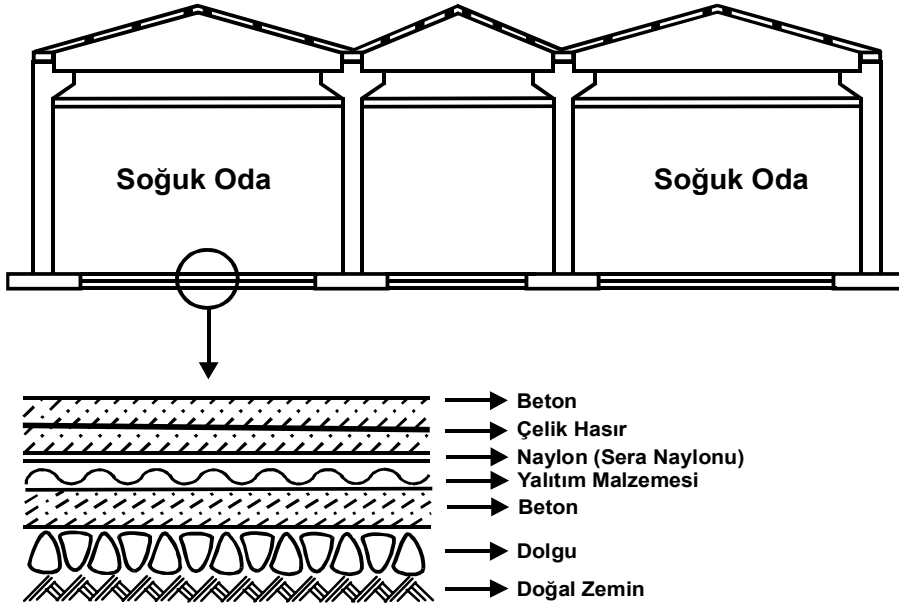
Yalıtım malzemesi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
EPS	28	46.67
PU panel	13	21.67
EPS ve PU köpük	12	20.00
EPS ve PU panel	5	8.33
PU köpük	2	3.33
Toplam	60	100.00

Soğuk oda tavanlarında yalıtım malzemesi olarak EPS ve PU panelin beraber kullanıldığı 5 adet işletmenin 3 tanesinde kontrollü atmosfer soğutma sistemi kullanılmasından dolayı depoda kontrollü atmosfer soğutması yapılan odaların tavanlarında yalıtım malzemesi olarak PU panel kullanılırken, deponun geriye kalan diğer kısımlarında ise tavan yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılmıştır. 2 adet işletmede deponun ilk inşa edilen bölümlerinde soğuk oda tavanlarında yalıtım malzemesi olarak EPS tercih edilirken, daha sonra yapılan ek binaların soğuk odalarının tavanlarında ise PU panel kullanılmıştır.

İşletmelerin depoların döşeme sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre dağılımı Çizelge 4.16’da verilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak EPS’nin kullanıldığı işletmeler % 95.00’lik bir oran ile birinci sırada iken, PU köpük uygulaması yapılan işletmeler % 3.33’lük bir oran ile ikinci sırada yer almıştır. Son sırada ise PU panel kullanan 1 adet işletme (% 1.67) bulunmaktadır. İşletmelerin depolarına ait döşemelerde yalıtım malzeme kullanımı döşeme sistemi kesit detayı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.16).

Çizelge 4.16. İşletmelerin döşeme sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre dağılımı

Döşeme sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
EPS	57	95.00
PU köpük	2	3.33
PU panel	1	1.67
Toplam	60	100.00



Şekil 4.16. İşletmelerin depolarında kullanılan döşeme sistemi kesit detayı.

İşletmelerin soğuk hava depolarında taşıyıcı sistemlerin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı Çizelge 4.17'de verilmiştir. Taşıyıcı sistemin inşasında ağırlıklı olarak kullanılan konvansiyonel betonarmenin yerini son 15 yılda prefabrik betonarme ve çeliğin aldığı anlaşılmaktadır. Soğuk hava depolarındaki taşıyıcı sistem özelliklerinin yıllara göre dağılımı incelendiğinde; konvansiyonel betonarme taşıyıcı sisteme sahip depoların 20 tanesi (% 33.34) 1996 yılı öncesinde, 8 tanesi (% 13.33) son 15 yılda kurulmuştur. Prefabrik taşıyıcı sisteme sahip depoların 2 tanesi (% 3.33) 1996 yılı öncesinde kurulmuş iken son 15 yılda inşa edilen depoların sayısı ise 20'dir (% 33.34). Prefabrik taşıyıcı sistemde olduğu gibi çelik taşıyıcı sisteme sahip depoların büyük bir kısmı son 15 yıl içerisinde inşa edilmiştir. 1996 yılı öncesinde inşa edilen çelik taşıyıcı

sisteme sahip depoların sayısı 2 (% 3.33) iken, son 15 yıl içerisinde kurulan depoların sayısı 8 (% 13.33)'dir.

İşletmelerin soğuk hava depolarında duvar yapı malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı Çizelge 4.18'de verilmiştir. Depoların taşıyıcı sistemlerinde meydana gelen değişimler gibi duvar, tavan ve döşeme elemanlarında kullanılan yapı ve yalıtım malzemesinin de büyük değişim geçirdiği görülmüştür. Duvar yapı malzemesi olarak briket kullanılan işletmeler % 65.00'lik bir oranla birinci sırada yer alırken, PU panel kullanılan işletmeler % 20.00'lik bir oranla ikinci sırada yer almıştır. Tuğlanın kullanıldığı işletmeler ise % 15.00'lik bir oranla üçüncü sırada yer almaktadır. Duvar yapı malzemesi olarak briketin kullanıldığı depoların 19 tanesi (% 31.67) 1996 yılı öncesinde inşa edilmişken, 20 tanesi (% 33.33) ise son 15 yıl içerisinde inşa edilmiştir. Duvar yapı ve yalıtım malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı depoların tamamı olan 12 adet işletme (% 20.00) son 15 yıl içerisinde inşa edilmiştir. Duvarlarında tuğlanın kullanıldığı işletmelerin 7 tanesi (% 11.67) 1996 yılı öncesinde inşa edilmişken, 2 tanesi (% 3.33) ise son 15 yıl içerisinde inşa edilmiştir.

İşletmelerin soğuk hava depolarında tavan yapı ve yalıtım malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı Çizelge 4.19'de verilmiştir. Depoların tavan yapı sistemlerinde kullanılan yapı ve yalıtım malzemelerine göre incelendiğinde yapı ve yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılan işletmeler % 75.00'lik bir oranla birinci sırada yer alırken, PU panelin kullanıldığı işletmeler % 21.67'lik bir oranla ikinci sırada yer almıştır. Yalıtım malzemesi olarak PU köpük uygulamasının yapıldığı kullanılan işletmeler ise % 3.33'lik bir oranla üçüncü sırada yer almaktadır. Tavan yapı ve yalıtım malzemesi olarak EPS'nin kullanıldığı işletmelerin 23 tanesi (% 38.33) 1996 yılı öncesinde inşa edilmişken geriye kalan 22 tanesi (% 36.67) son 15 yılda inşa edilmiştir. Duvar yapı ve yalıtım malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı işletmelerin tamamı olan 13 adet işletme (% 21.67) son 15 yılda inşa edilmiştir. Tavan yalıtım malzemesi olarak PU köpük kullanılan işletmelerin 1 tanesi (% 1.66) 1996 yılı öncesinde, 1 tanesi ise (% 1.66) son 15 yıl içerisinde inşa edilmiştir. Bu iki işletmede de tavan sistemi olarak kullanılan döşeme betonu üzerine PU köpük uygulaması yapılmıştır.

Çizelge 4.17. İşletmelerin soğuk hava depolarında taşıyıcı sistemlerin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı

Taşıyıcı sistem	Depo tesis yılları							İşletmeler	
	1976 – 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	> 2005	(adet)	(%)
Konvansiyonel betonarme	6	5	2	7	7	-	1	28	46.67
Prefabrik betonarme	-	-	1	1	9	8	3	22	36.67
Çelik	-	-	1	1	2	4	2	10	16.66
<b>Toplam</b>								<b>60</b>	<b>100.00</b>

Çizelge 4.18. İşletmelerin soğuk hava depolarında duvar yapı malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı

Duvar yapı malzemesi	Depo tesis yılları							İşletmeler	
	1976 – 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	> 2005	(adet)	(%)
Briket	6	3	3	7	16	3	1	39	65.00
PU panel	-	-	-	-	-	7	5	12	20.00
Tuğla	-	2	1	2	2	2	-	9	15.00
<b>Toplam</b>								<b>60</b>	<b>100.00</b>

Çizelge 4.19. İşletmelerin soğuk hava depolarında tavan yapı ve yalıtım malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı

Tavan yapı ve yalıtım malzemesi	Depo tesis yılları							İşletmeler	
	1976 – 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	> 2005	(adet)	(%)
EPS	6	5	4	8	18	4	-	45	75.00
PU panel	-	-	-	-	-	7	6	13	21.67
PU köpük	-	-	-	1	-	1	-	2	3.33
<b>Toplam</b>								<b>60</b>	<b>100.00</b>

İşletmelerin soğuk hava depolarında zemin (döşeme) yalıtım malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı Çizelge 4.20’de verilmiştir. Soğuk hava depolarının döşeme sistemlerinde yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılan işletmeler % 95,00’lik bir oranla birinci sırada yer alırken, PU panel kullanılan işletmeler % 1,67’lik bir oranla ikinci sırada yer almıştır. PU köpüğün kullanıldığı işletmeler ise % 3.33’lik bir oranla üçüncü sırada yer almaktadır. Soğuk hava depolarının döşeme sistemlerinde EPS kullanılan 57 adet (% 95.00) işletmenin 24 tanesi (% 40.00) 1996 yılı öncesinde inşa edilmişken, 33 tanesi (% 55.00) son 15 yılda inşa edilmiştir. Döşeme sisteminde yalıtım malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı 1 adet (% 1.67) işletme ve PU köpüğün kullanıldığı 2 adet işletme (% 3.33) son 15 yılda inşa edilmiştir.

#### 4.1.3. Soğuk Hava Depolarında Elma Depolama Uygulamaları

İşletmelerin soğuk hava depolarında muhafaza edilen elma cinsine göre dağılımı Çizelge 4.21’de verilmiştir. İşletmelerin tamamında golden delicious ve starking delicious cinsi elmalar depolanırken bazı depolarda bu iki cins elmaya ek olarak granny smith cinsi elma da depolanmaktadır. Sadece golden delicious ve starking delicious cinsi elmaları depolayan işletmelerin oranı % 61.67 iken bu iki cins elmaya ilave olarak granny smith cinsi elma depolayan işletmelerin oranı % 38.33’dür.

Çizelge 4.20. İşletmelerin soğuk hava depolarında döşeme yalıtım malzemesinin depo tesis yıllarında değişen kullanım durumuna göre dağılımı

Yalıtım malzemesi	Depo tesis yılları							İşletmeler	
	1976 – 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	> 2005	(adet)	(%)
EPS	6	5	4	9	17	10	6	57	95.00
PU panel	-	-	-	-	-	1	-	1	1.67
PU köpük	-	-	-	-	1	1	-	2	3.33
<b>Toplam</b>								<b>60</b>	<b>100.00</b>

İşletmelerdeki soğuk hava depolarının tamamı ekim - nisan ayları arasında sadece elma depolama amaçlı kullanılmaktadır. Yaz sezonunda (temmuz – eylül) depoların çoğunluğunun boş kalmasına karşın, bir kısmı ise yazlık meyvelerin depolanması için kullanılmaktadır. İşletmelerin depolarını yaz döneminde kullanma durumlarına göre dağılımı Çizelge 4.22’de verilmiştir. Yaz döneminde işletmelerin % 78.33’ünde depolar boş kalmaktadır. Bu dönemde, sadece kiraz depolayan işletmelerin oranı ise % 8.33’dür. Kiraz ile birlikte kayısı depolayan işletmeler ile sadece erik depolayan işletmelerin oranı ise % 5.00’dir. Yaz döneminde kiraz ve şeftalini birlikte depolayan ile sadece meyve suyu konsantrelerini depolayan işletmelerin oranı % 1.67’dir.

Araştırma alanındaki depolarda elma depolamada ahşap ve plastik malzemeden yapılmış farklı boyutlarda kasalar kullanılmaktadır. Ahşap kasaların bir kısmı yaklaşık 25 kg elma alan boyutlarda olup, yaygın rastlanan normal ahşap kasa biçimindedir (Şekil 4.17). Diğer bir kısmı ise yaklaşık 300 kg elma alabilen boyutlarda sandık tipinde olup, palsan olarak isimlendirilmektedir (Şekil 4.18). Plastik kasalar ise, plastik ambalaj sanayisi tarafından farklı boyutlarda çeşitli tiplerde üretilmektedir. Elma depolamada yaygın olarak kullanılan plastik kasalar genelde üç ayrı ticari tipte (K65, K67 ve K90)’dir (Şekil 4.19).

İşletmelerin elma depolamada kullandıkları kasalara göre dağılımı Çizelge 4.23’de verilmiştir. Ahşap ve plastik kasaları birlikte kullanan işletmeler % 63.33’lük bir oran ile birinci sırada yer alırken, sadece ahşap kasayı kullanan işletmeler ise % 23.33’lük bir oran ile ikinci sırada yer almaktadır. Sadece plastik kasayı kullanan işletmeler % 8.33’lük oran ile son sıradadır.

Araştırma alanındaki depolarda elmaların ahşap yada plastik kasalar içerisinde istiflenmesinde, bazı işletmeler palet kullanırken bazı işletmeler ise kullanmamaktadır. Paletli istiflemeye, kasalar belli sayıda palet üzerine yerleştirilip bağlanmak suretiyle sabitlenirler (Şekil 4.20). Bu şekilde istiflenen paletler, soğuk odalar içerisinde belli bir yerleştirme düzenine uygun biçimde yan yana ve üst üste yerleştirilirler. Paletsiz istifleme ise, elmayla doldurulan kasalar soğuk odalar içerisinde belli sayıda üst üste konularak oluşturulur. Ancak bu tip istifleme biçimi pek yaygın değildir.

İşletmelerin elmaları depolarda istifleme şekline göre dağılımı Çizelge 4.24’de verilmiştir. Elmaların kasalarla istiflenmesinde, işletmelerin % 93.33’ünde palet kullanılırken, % 6.67’inde ise kullanılmamaktadır.

Çizelge 4.21. İşletmelerin depolarda muhafaza edilen elma cinsine göre dağılımı

Elma cinsi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Golden delicious ve starking delicious	37	61.67
Golden delicious, starking delicious ve granny smith	23	38.33
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.22. İşletmelerin depolarının yaz döneminde kullanılma durumuna göre dağılımı

Depoların yaz dönemi kullanılma durumu	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Boş	47	78.33
Sadece kiraz depolama	5	8.33
Kiraz ve kayısı depolama	3	5.00
Sadece erik depolama	3	5.00
Kiraz ve şeftali depolama	1	1.67
Meyve suyu konsantresi depolama	1	1.67
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.23. İşletmelerin elma depolamada kullandıkları kasalara göre dağılımı

Kasa kullanılma durumu	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Sadece plastik kasa	8	13.33
Sadece ahşap kasa kullanan	14	23.33
Ahşap ve plastik kasayı birlikte kullanan	38	63.33
Toplam	60	100.00

Çizelge 4.24. İşletmelerin elma istifleme şekillerine göre dağılımı

Elma istifleme şekli	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Paletli istif	56	93.33
Paletsiz istif	4	6.67
Toplam	60	100.00



Şekil 4.17. Elmaların depolanmasında kullanılan normal ahşap kasa



Şekil 4.18. Elmaların depolanmasında kullanılan palsan tipi ahşap kasa

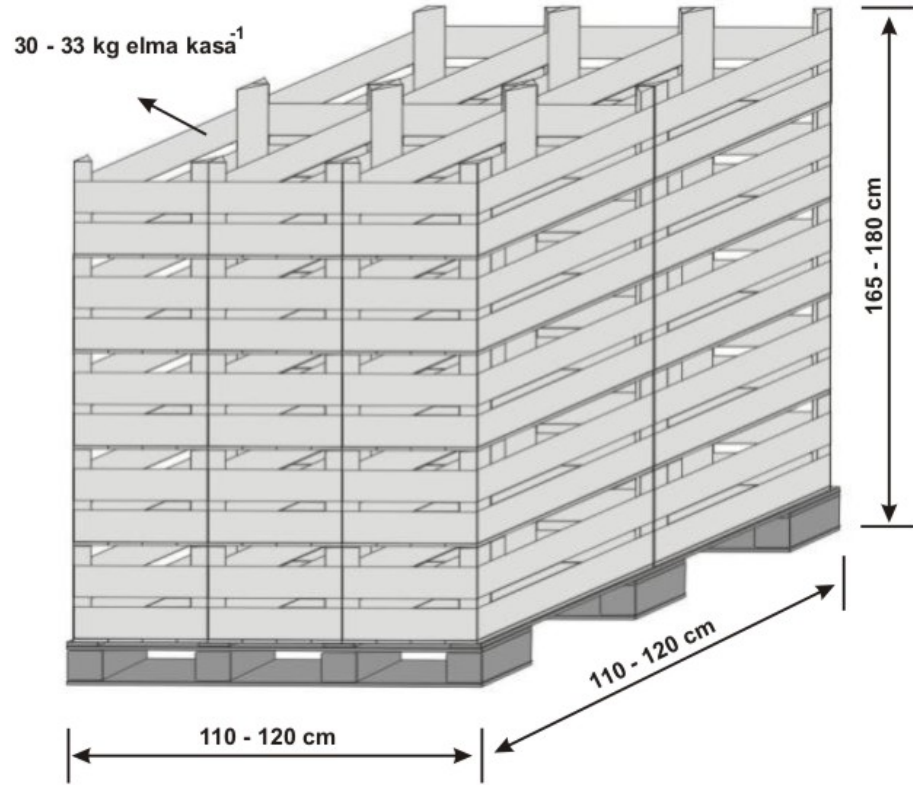


**K65 Tipi Plastik Kasa**

**K67 Tipi Plastik Kasa**

**K90 Tipi Plastik Kasa**

Şekil 4.19. Elmaların depolanmasında kullanılan plastik kasa tipleri



Şekil 4.20. İşletmelerdeki depolarda elmaların kasayla palet üzerine istiflenme biçimi

#### 4.1.4. Soğuk Hava Depolarında Soğutma Sistemleri

Araştırma alanındaki mevcut işletmelerin depolarındaki soğutma sistemlerine göre dağılımı Çizelge 4.25’de verilmiştir. İşletmeler, amonyak gazlı, amonyak gazlı ve kontrollü atmosferli, freon gazlı olmak üzere üç farklı soğutma sistemini tercih etmişlerdir. Amonyak gazlı soğutma sistemini (Şekil 4.21) tercih eden işletmelerin oranı % 86.67 iken, amonyak gazlı ve kontrollü atmosferli soğutma sistemini (Şekil 4.22) tercih edenlerin oranı % 8.33’dür. Freon gazlı soğutma sistemini (Şekil 4.23) tercih eden işletmelerin oranı ise % 5.00’dir.

Çizelge 4.25. İşletmelerin depolardaki soğutma sistemine göre dağılımı

Soğutma sistemi	İşletmeler	
	(adet)	(%)
Amonyak gazlı	52	86.67
Amonyak gazlı ve kontrollü atmosferli	5	8.33
Freon gazlı	3	5.00
Toplam	60	100.00



Şekil 4.21. İşletmelerin depolarında kullanılan amonyak gazlı soğutma sisteminin genel görünümü (Şarkikarağaç)



Şekil 4.22. İşletmelerin depolarında kullanılan kontrollü atmosfer sisteminin genel görünümü (Eğirdir)



Şekil 4.23. İşletmelerin depolarında kullanılan freon gazlı soğutma sisteminin genel görünümü (Gelendost)

#### **4.2. Bölge Koşullarında Elma Muhafazası İçin Kullanılacak Soğuk Hava Depolarının İnşaat Maliyetleri**

Araştırmanın yürütüldüğü yöre koşullarında alternatif soğuk hava depo tasarımlarının oluşturulabilmesi için soğuk hava deposunu oluşturan tasarım unsurlarının her birinin metod bölümünde açıklandığı şekilde birim fiyatları çıkarılmıştır. Geliştirilen optimizasyon modeli yardımıyla bu soğuk hava depo tasarımlarının oluşturulabilmesi amacıyla taşıyıcı sistem, çatı sistemi, döşeme sistemi, duvar sistemi, asma tavan sistemi gibi inşaat sistemlerine ait birim fiyatları tablolar halinde Ek 1’de sunulmuştur.

Farklı biçimlerde tasarlanmış soğuk odalarda taşıyıcı sistem birim inşaat maliyeti 65.71 – 110.66 TL m<sup>-2</sup> arasında değişmektedir. Çatı sistemi inşaat maliyeti 53.72 – 112.72 TL m<sup>-2</sup> arasında değişirken, döşeme sistemi maliyeti ise 81.31 TL m<sup>-2</sup>’dir. Duvar sistemi birim inşaat maliyeti 73.56 – 76.93 TL m<sup>-2</sup> arasında değişirken, asma tavan sistemi birim inşaat maliyeti 73.56 – 76.72 TL m<sup>-2</sup> arasında değişmektedir (Ek 1).

#### **4.3. Bölge Koşullarında Elma Muhafazası İçin Kullanılacak Soğuk Hava Depolarının Soğutma Sistemi Tasarımı ve Tesis Maliyetleri**

Materyal ve Metod bölümünde de açıklandığı gibi bölge koşullarına uygun 100, 150, 200, 250 ve 300 ton elma depolama kapasiteli soğuk odaların geleneksel

ve modern uygulamaları da içine alacak şekilde, soğuk hava deposu projeleri hazırlanmış ve bu projelerin soğutma yükleri hesaplanmıştır (Ek 2). Belirlenen soğutma yüklerinin karşılayacak şekilde, geliştirilen optimizasyon modeli yardımıyla belirlenecek soğuk hava deposu projeleri için klasik soğutma ve kontrollü atmosfer soğutma gibi soğutma sistemleri tasarımı yapılmış ve bu soğutma sistemlerinin metraj ve keşifleri çıkarılarak birim maliyetleri hesaplanmıştır (Ek 3).

Bu hesaplamalar sonucunda 100 ton depolama kapasitesine sahip soğuk odanın soğutma sistemi tesis maliyeti 227.00 TL ton<sup>-1</sup> ve kontrollü atmosfer soğutma sistemi tesis maliyeti 291.87 TL ton<sup>-1</sup> dir. Yine aynı şekilde 150 ton depolama kapasitesine sahip soğuk odanın soğutma sistemi tesis maliyeti 179.17 TL ton<sup>-1</sup> iken kontrollü atmosfer soğutma sistemi tesis maliyeti 217.08 TL ton<sup>-1</sup> dir. 200 ton depolama kapasitesine sahip soğuk odanın soğutma sistemi tesis maliyeti 209.75 TL ton<sup>-1</sup> iken kontrollü atmosfer soğutma sistemi tesis maliyeti 193.16 TL ton<sup>-1</sup> dir. 250 ton ton depolama kapasitesine sahip soğuk odanın soğutma sistemi tesis maliyeti 176.80 TL ton<sup>-1</sup> iken kontrollü atmosfer soğutma sistemi tesis maliyeti 161.87 TL ton<sup>-1</sup> dir. Son olarak 300 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın soğutma sistemi tesis maliyeti 167.33 TL ton<sup>-1</sup> olup aynı soğuk odanın kontrollü atmosfer sistemi ise bulunmamaktadır (Ek 3).

#### **4.4. En Uygun Soğuk Hava Deposu Tasarımları**

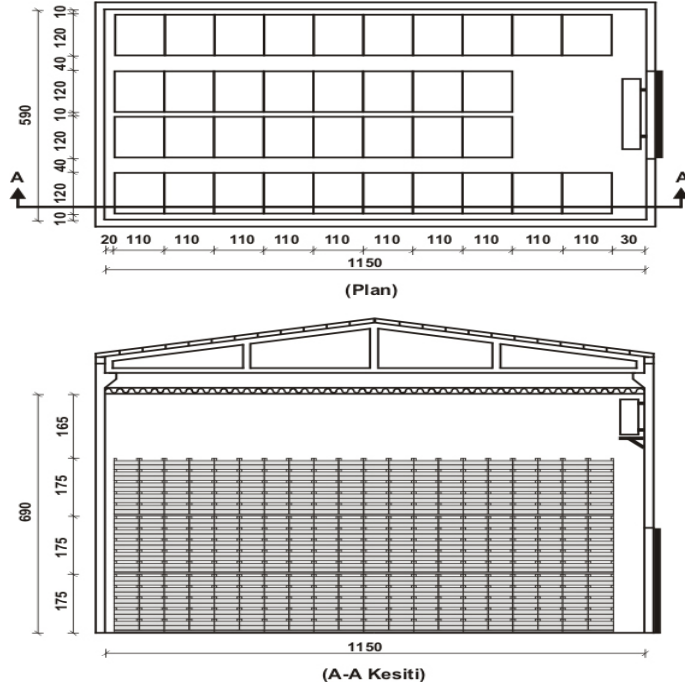
Alternatif soğuk hava deposu tasarımlarına ait yapı sistemleri ve soğutma sistemlerinin özelliklerine ilişkin model değişkenleri Çizelge 4.26'da sunulmuştur.

Soğuk hava depolarının tasarımlarının geliştirilmesinde ön görülen beş farklı istif düzeniyle (Çizelge 3.4) 100 ton, 150 ton, 200 ton, 250 ton ve 300 ton'luk depolama kapasiteleri oluşturulmuştur. Her bir depolama kapasitesine sahip soğuk odalarda tasarlanan istif düzenleri Şekil 4.24 - 4.28'de gösterilmiştir.

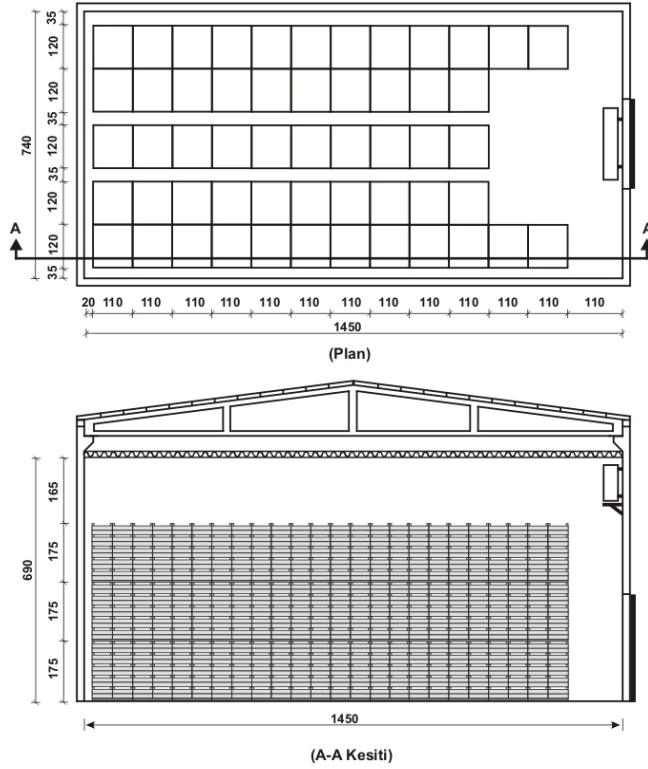
Soğuk hava depolarının tasarımlarının geliştirilmesinde ön görülen üç ayrı yapı malzemesi kompozisyonu esas alınarak (Çizelge 3.5), tek tip tavan ve döşeme yapı elemanına karşın ve üç farklı tip duvar yapı elemanı olacak şekilde tasarlanan soğuk odaların kesit detayları Şekil 4.29 - 4.31'de ve taşıyıcı sistem unsurları ve boyutları Şekil 4.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Alternatif soğuk hava deposu tasarımlarına ait yapı sistemleri ve soğutma sistemlerinin özelliklerine ilişkin model değişkenleri

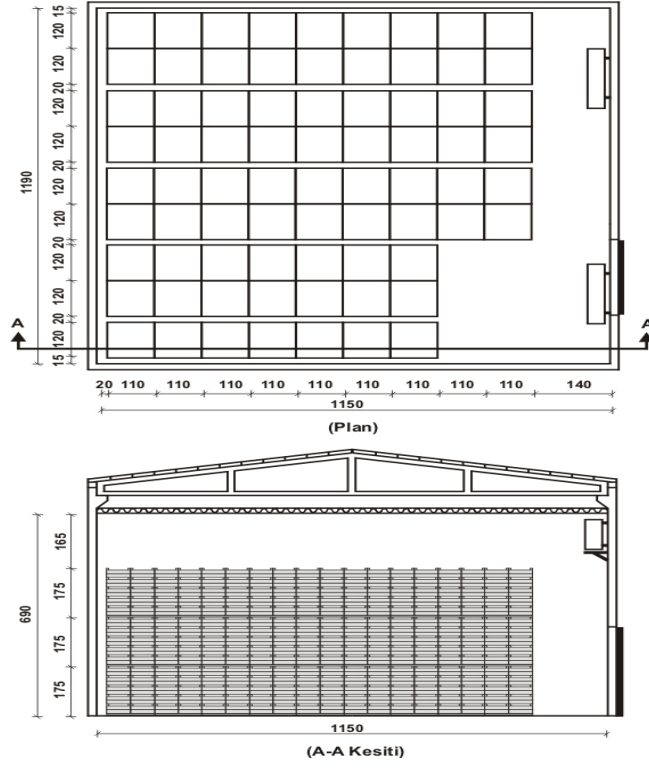
Depo yapısı ve soğutma sistemi özellikleri		Model değişken ismi		
Depo yapı birimleri	Taşıyıcı sistem	Konvansiyonel betonarme (6 m x 12 m)	X11	
		Konvansiyonel betonarme (5 m x 12 m)	X12	
		Konvansiyonel betonarme (5 m x 15 m)	X13	
		Prefabrik betonarme (6 m x 12 m)	X14	
		Prefabrik betonarme (7.5 m x 12 m)	X15	
		Prefabrik betonarme (7.5 m x 15 m)	X16	
		Çelik (6 m x 12 m)	X17	
		Çelik (7.5 m x 12 m)	X18	
		Çelik (7.5 m x 15 m)	X19	
	Çatı sistemi	Prefabrik betonarme (6 m x 12 m)	X21	
		Prefabrik betonarme (7.5 m x 12 m)	X22	
		Prefabrik betonarme (7.5 m x 15 m)	X23	
		Çelik (5 m x 12 m)	X24	
		Çelik (6 m x 12 m)	X25	
		Çelik (5 m x 15 m)	X26	
		Çelik (7.5 m x 12 m)	X27	
		Çelik (7.5 m x 15 m)	X28	
	Döşeme sistemi	Döşeme	X31	
	Duvar sistemi	Tuğla	X41	
		Briket	X42	
		PU panel	X43	
	Asma tavan sistemi	PU panel	X51	
		EPS	X52	
	Soğutma sistemleri	Klasik soğutma sistemi	100 ton elma soğuk oda kapasiteli	X61
			150 ton elma soğuk oda kapasiteli	X62
			200 ton elma soğuk oda kapasiteli	X63
			250 ton elma soğuk oda kapasiteli	X64
			300 ton elma soğuk oda kapasiteli	X65
Kontrollü atmosfer soğutma sistemi		100 ton elma soğuk oda kapasiteli	X71	
		150 ton elma soğuk oda kapasiteli	X72	
		200 ton elma soğuk oda kapasiteli	X73	
		250 ton elma soğuk oda kapasiteli	X74	



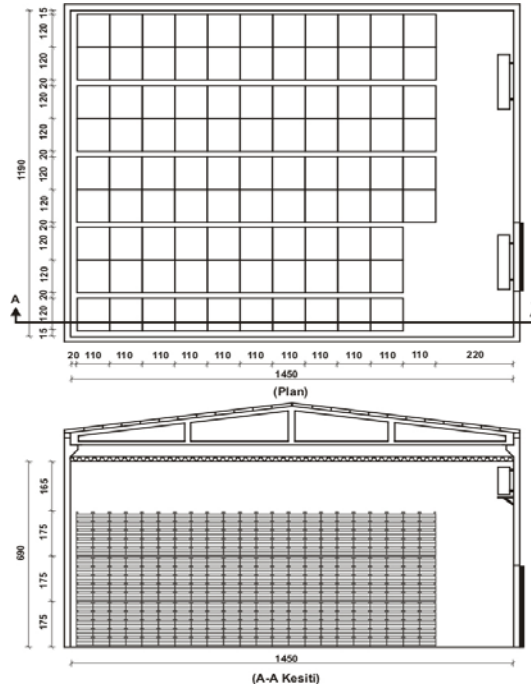
Şekil 4.24. 100 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti



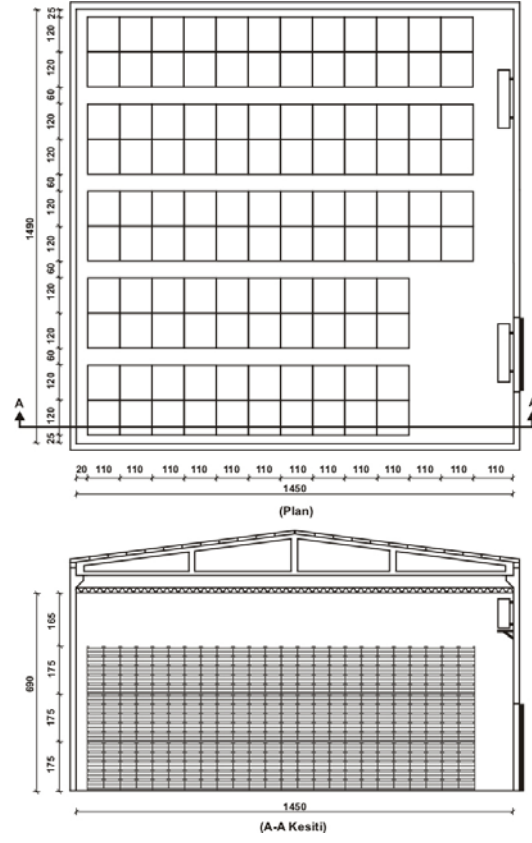
Şekil 4.25. 150 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti



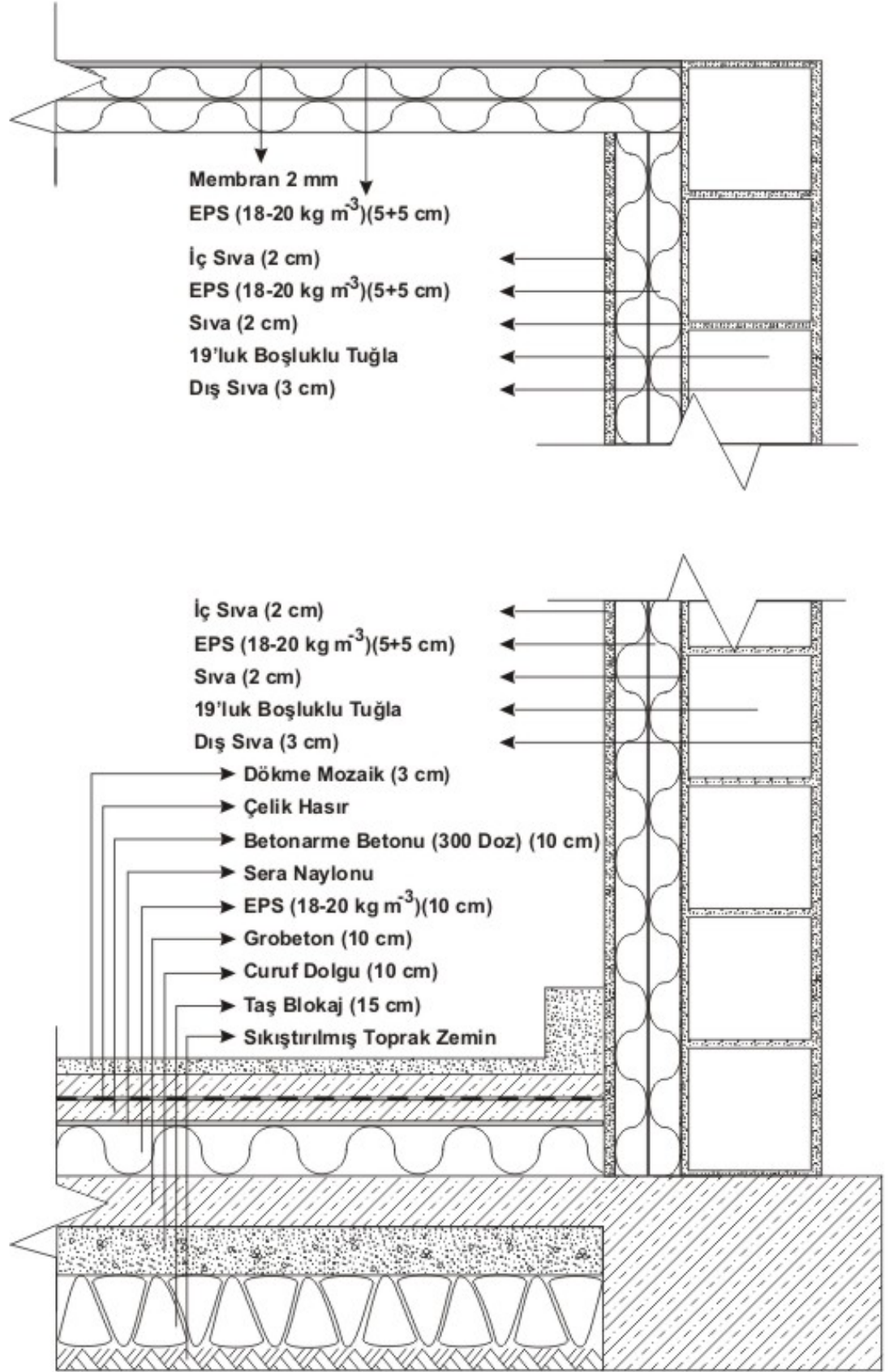
Şekil 4.26. 200 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti



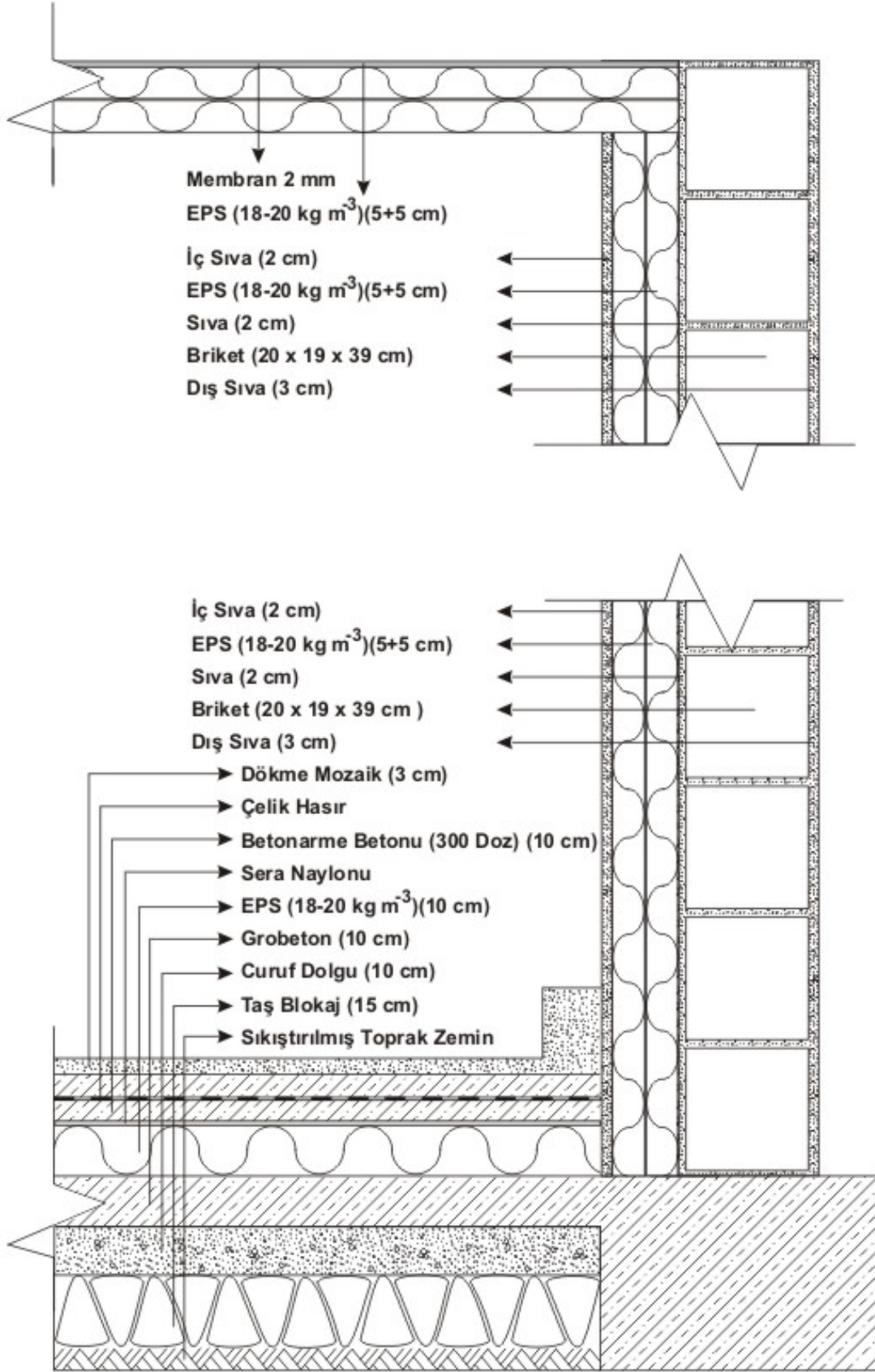
Şekil 4.27. 250 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti



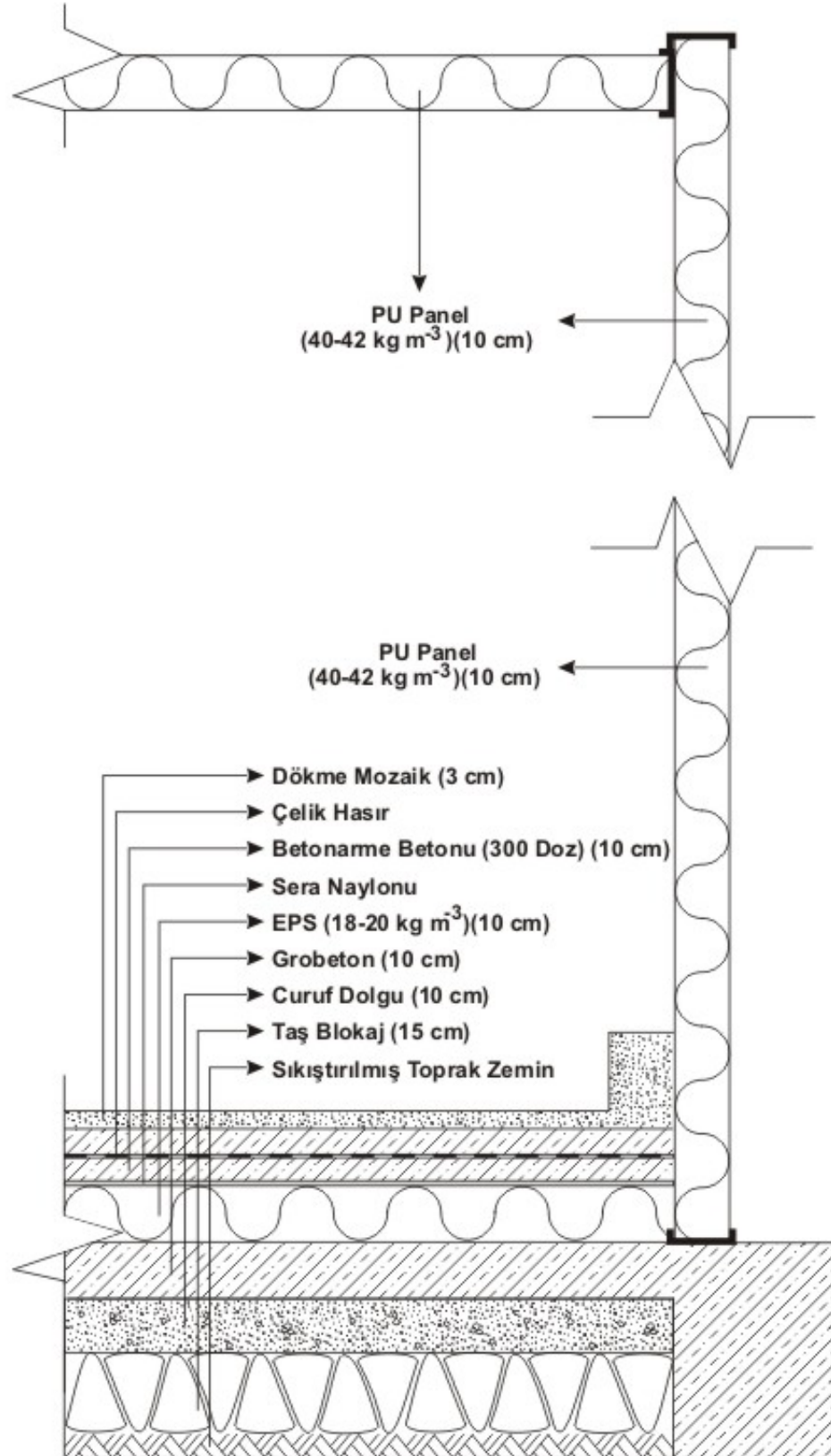
Şekil 4.28. 300 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk odanın istif düzenini gösteren plan ve kesiti



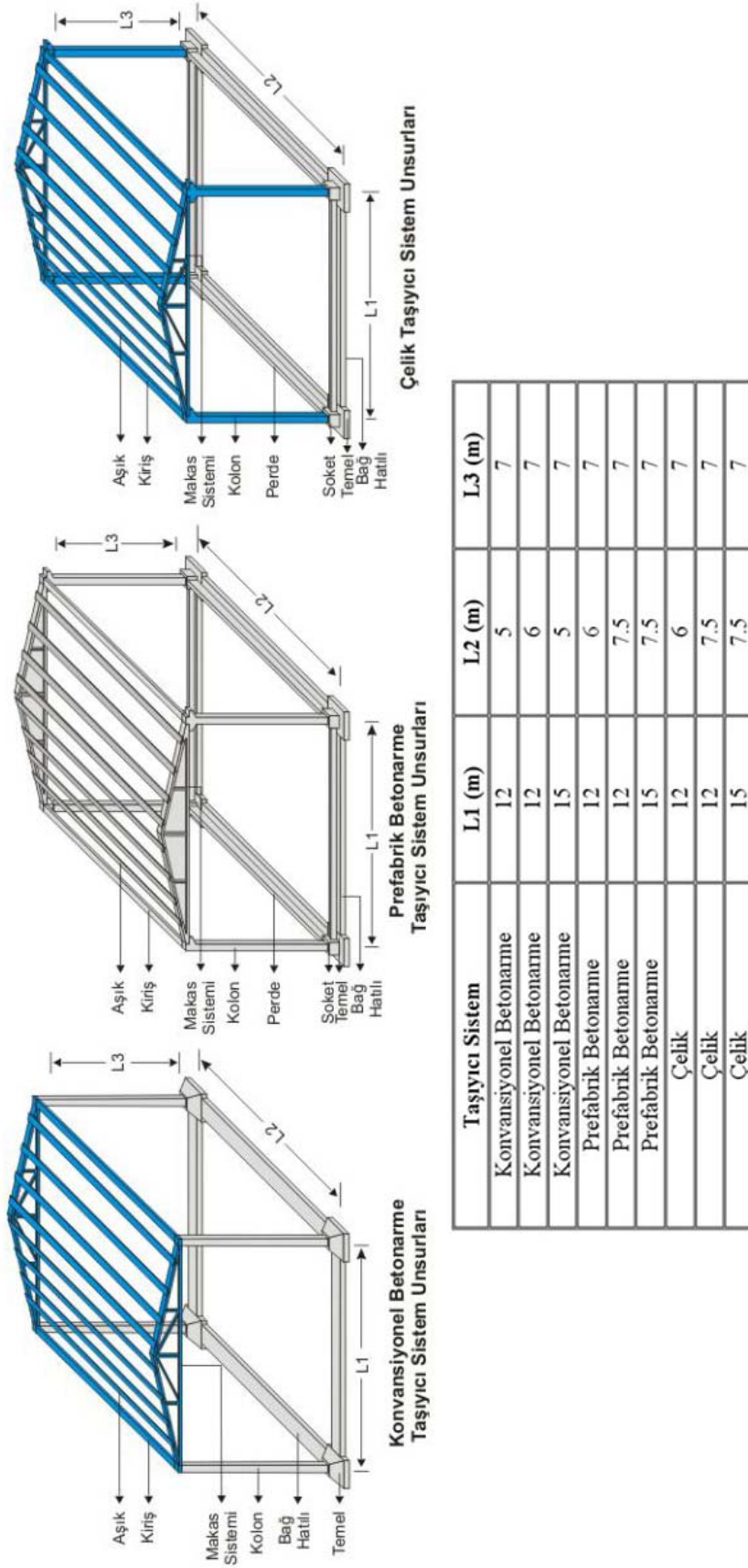
Şekil 4.29. Duvar yapı malzemesi olarak tuğlanın kullanıldığı soğuk odanın temel, duvar ve tavan kesit detayları (Alternatif 1)



Şekil 4.30. Duvar yapı malzemesi olarak briketin kullanıldığı soğuk odanın temel, duvar ve tavan kesit detayları (Alternatif 2)



Şekil 4.31. Duvar yapı malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı soğuk odanın temel, duvar ve tavan kesit detayları (Alternatif 3)



Şekil 4.32. Soğuk odalar için tasarlanan alternatif taşıyıcı sistem unsurları ve boyutları

#### **4.4.1. En Uygun Soğuk Hava Deposu Tip Projeleri**

##### **4.4.1.1. Geliştirilen Optimizasyon Modeliyle Belirlenen Soğuk Oda Alternatifleri**

Isparta koşulları için en uygun soğuk hava deposu projelerinin oluşturulmasında esas alınacak en uygun soğuk oda tasarımlarının belirlenmesi için geliştirilen optimizasyon modeli, kısıtlar ve değişkenler Çizelge 4.27’de, modelin sonuç çıktıları Çizelge 4.28 ve 4.29’da verilmiştir. Geliştirilen modelin çalıştırılması sonucunda (Şekil 4.33 ve Şekil 4.34), alternatif soğuk hava deposu tasarımları arasında belirlenen öncelik sıraları Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31’de gösterilmiştir. Bu sonuçlar, tasarlanan alternatif soğuk hava deposu maliyetlerini en küçükleyecek şekilde türetilmiş çözümleri oluşturmaktadır. Türetilen bu çözümler, araştırma alanında elmaların depolanmasında kalite özelliklerini, ekonomik olduğu kadar teknik yönden de etkin biçimde korunmasını sağlayacak alternatif soğuk hava depo tasarımlarını ortaya koymuştur.

##### **4.4.1.2. Soğuk Hava Deposu Tip Projeleri**

Bu çalışmada, geliştirilen optimizasyon modelinin türettiği çözümlerden klasik soğutma sistemine sahip soğuk hava depo tasarımlarından birinci öncelik sırasına sahip soğuk hava deposu tasarımı esas alınarak 3000 ton elma depolama kapasitesine sahip soğuk hava deposu projesi hazırlanmış olup, proje metraj ve keşif özeti Ek-4 ve mimari projesi Ek-6’da sunulmuştur. Kontrollü atmosfer soğutma sistemine sahip depo tasarımlarından birinci öncelik sırasına sahip soğuk hava deposu tasarımı esas alınarak 2500 ton elma depolama kapasitesine sahip kontrollü atmosferli soğuk hava deposu projesi hazırlanmış, metraj ve keşif özeti Ek-5 ve mimari projesi ise Ek-7’de sunulmuştur.

Çizelge 4.27. En uygun soğuk odanın seçimi için geliştirilen optimizasyon modeli ve değişkenleri

<b>AMAÇ FONKSİYONU (<math>Z_{\min}</math>)</b>										
107.50 X11 + 94.27 X12 + 96.36 X13 + 110.66 X14 + 101.95 X15 + 90.02 X16 + 77.16 X17 + 79.07 X18 + 65.71 X19 + 53.72 X21 + 53.09 X22 + 47.74 X23 + 108.53 X24 + 97.30 X25 + 93.90 X26 + 112.72 X27 + 97.17 X28 + 81.31 X31 + 76.93 X41 + 74.11 X42 + 73.56 X43 + 73.56 X51 + 76.72 X52 + 227.00 X61 + 179.17 X62 + 209.75 X63 + 176.80 X64 + 167.33 X65 + 291.87 X71 + 217.08 X72 + 193.16 X73 + 161.87 X74										
<b>KISITLAR</b>										
X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1										
X21 + X22 + X23 + X24 + X25 + X26 + X27 + X28 = 1										
X21 + X11 + X12 + X13 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1										
X22 + X11 + X12 + X13 + X14 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1										
X23 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X17 + X18 + X19 = 1										
X24 + X11 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1										
X25 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X18 + X19 = 1										
X26 + X11 + X12 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 = 1										
X27 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X19 = 1										
X28 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 = 1										
X31 = 1										
X41 + X42 + X43 = 1										
X51 + X52 = 1										
X51 + X41 + X42 = 1										
X61 + X62 + X63 + X64 + X65 = 1										
X61 + X63 + X12 + X13 + X15 + X16 + X18 + X19 = 1										
X62 + X65 + X11 + X12 + X14 + X15 + X17 + X18 = 1										
X64 + X11 + X13 + X14 + X16 + X17 + X19 = 1										
X71 + X72 + X73 + X74 = 0										
X71 + X62 + X63 + X64 + X65 ≤ 1										
X72 + X61 + X63 + X64 + X65 ≤ 1										
X73 + X61 + X62 + X64 + X65 ≤ 1										
X74 + X61 + X62 + X63 + X65 ≤ 1										
X71 + X72 + X73 + X74 + X41 + X42 ≤ 1										
X71 + X72 + X73 + X74 + X52 ≤ 1										
<b>0-1 DEĞİŞKENLERİ</b>										
X11	X14	X17	X21	X24	X27	X41	X51	X62	X65	X73
X12	X15	X18	X22	X25	X28	X42	X52	X63	X71	X74
X13	X16	X19	X23	X26	X31	X43	X61	X64	X72	

**LINDO**

File Edit Solve Reports Window Help

**Reports Window**

**OBJECTIVE FUNCTION VALUE**

1) 533.5200

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	0.000000	107.500000
X12	0.000000	94.269997
X13	0.000000	96.360001
X14	0.000000	110.660004
X15	0.000000	101.949997
X16	1.000000	90.019997
X17	0.000000	77.160004
X18	0.000000	79.070000
X19	0.000000	65.709999
X21	0.000000	53.720001
X22	0.000000	53.090000
X23	1.000000	47.740002
X24	0.000000	40.500000

Şekil 4.33. Geliştirilen optimizasyon modelinin Lindo programındaki sonuç çıktısı

**Linear and Integer Programming**

File Format Results Utilities Window Help

**Combined Report for depo**

	05:30:53	Saturday	May	08	1999		
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1 X11	0	10.750,0000	0	0	basic	6.708,0000	M
2 X12	0	9.427,0000	0	0	basic	1.976,0000	M
3 X13	0	9.636,0000	0	0	basic	4.386,0000	M
4 X14	0	11.066,0000	0	0	basic	7.457,0000	15.108,0000
5 X15	0	10.195,0000	0	0	basic	7.520,0000	M
6 X16	1,0000	9.002,0000	9.002,0000	0	basic	-M	11.514,0000
7 X17	0	7.716,0000	0	0	basic	-M	M
8 X18	0	7.907,0000	0	0	basic	1.557,0000	M
9 X19	0	6.571,0000	0	0	basic	4.059,0000	M
10 X21	0	5.372,0000	0	0	basic	1.763,0000	9.414,0000
11 X22	0	5.309,0000	0	2.675,0000	at bound	2.634,0000	M
12 X23	1,0000	4.774,0000	4.774,0000	0	basic	-M	7.286,0000
13 X24	0	10.853,0000	0	7.451,0000	at bound	3.402,0000	M
14 X25	0	9.730,0000	0	4.042,0000	at bound	5.688,0000	M
15 X26	0	9.390,0000	0	5.250,0000	at bound	4.140,0000	M
16 X27	0	11.272,0000	0	6.350,0000	at bound	4.922,0000	M
17 X28	0	9.717,0000	0	2.512,0000	at bound	7.205,0000	M
18 X31	1,0000	8.131,0000	8.131,0000	0	basic	-M	M
19 X41	0	7.693,0000	0	653,0000	at bound	7.040,0000	M
20 X42	0	7.411,0000	0	371,0000	at bound	7.040,0000	M
21 X43	1,0000	7.356,0000	7.356,0000	0	basic	-M	7.727,0000
22 X51	1,0000	7.356,0000	7.356,0000	0	basic	-M	7.727,0000
23 X52	0	7.672,0000	0	0	basic	7.301,0000	M
24 X61	0	22.700,0000	0	8.629,0000	at bound	14.071,0000	M
25 X62	0	17.917,0000	0	1.184,0000	at bound	16.733,0000	M
26 X63	0	20.975,0000	0	6.904,0000	at bound	14.071,0000	M
27 X64	0	17.680,0000	0	0	basic	16.733,0000	M
28 X65	1,0000	16.733,0000	16.733,0000	0	basic	-M	17.680,0000
29 X71	0	29.187,0000	0	13.000,0000	at bound	16.187,0000	M
30 X72	0	21.708,0000	0	5.521,0000	at bound	16.187,0000	M

Şekil 4.34. Geliştirilen optimizasyon modelinin WinQSB programındaki sonuç çıktısı

Çizelge 4.28. Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen klasik soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımlarının öncelik sırasına göre sonuç çıktıları

Öncelik sırası	Taşıyıcı sistem	Çatı sistemi	Döşeme sistemi	Duvar sistemi	Asma tavan sistemi	Klasik soğutma sistemi	Kontrollü atmosfer soğutma sistemi
1.	X16	X23	X31	X43	X51	X65	-
2.	X16	X23	X31	X42	X52	X65	-
3.	X16	X23	X31	X41	X52	X65	-
4.	X16	X23	X31	X43	X51	X62	-
5.	X16	X23	X31	X42	X52	X62	-
6.	X16	X23	X31	X41	X52	X62	-
7.	X19	X28	X31	X43	X51	X65	-
8.	X15	X22	X31	X43	X51	X64	-
9.	X19	X28	X31	X42	X52	X65	-
10.	X15	X22	X31	X42	X52	X64	-
11.	X19	X28	X31	X41	X52	X65	-
12.	X15	X22	X31	X41	X52	X64	-
13.	X19	X28	X31	X43	X51	X62	-
14.	X19	X28	X31	X42	X52	X62	-
15.	X19	X28	X31	X41	X52	X62	-
16.	X13	X26	X31	X43	X51	X65	-
17.	X13	X26	X31	X42	X52	X65	-
18.	X13	X26	X31	X41	X52	X65	-
19.	X18	X27	X31	X43	X51	X64	-
20.	X13	X26	X31	X43	X51	X62	-
21.	X18	X27	X31	X42	X52	X64	-
22.	X13	X26	X31	X42	X52	X62	-
23.	X14	X21	X31	X43	X51	X63	-
24.	X18	X27	X31	X41	X52	X64	-
25.	X13	X26	X31	X41	X52	X62	-
26.	X14	X21	X31	X42	X52	X63	-
27.	X12	X24	X31	X43	X51	X64	-
28.	X14	X21	X31	X41	X52	X63	-
29.	X12	X24	X31	X42	X52	X64	-
30.	X12	X24	X31	X41	X52	X64	-

Çizelge 4.29. Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen kontrollü atmosfer soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımlarının öncelik sırasına göre sonuç çıktıları

Öncelik sırası	Taşıyıcı sistem	Çatı sistemi	Döşeme sistemi	Duvar sistemi	Asma tavan sistemi	Klasik soğutma sistemi	Kontrollü atmosfer soğutma sistemi
1.	X15	X22	X31	X43	X51	X64	X74
2.	X18	X27	X31	X43	X51	X64	X74
3.	X16	X23	X31	X43	X51	X62	X72
4.	X12	X24	X31	X43	X51	X64	X74
5.	X19	X28	X31	X43	X51	X62	X72
6.	X14	X21	X31	X43	X51	X63	X73
7.	X17	X25	X31	X43	X51	X63	X73
8.	X13	X26	X31	X43	X51	X62	X72
9.	X11	X25	X31	X43	X51	X63	X73
10.	X14	X21	X31	X43	X51	X61	X71

Çizelge 4.30. Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen klasik soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımları ve öncelik sıraları

Öncelik sırası	Taşıyıcı sistem	Duvar sistemi	Tavan sistemi	Soğuk oda kapasitesi (ton)
1.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	300
2.	Prefabrik betonarme	Briket	EPS	300
3.	Prefabrik betonarme	Tuğla	EPS	300
4.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	150
5.	Prefabrik betonarme	Briket	PU panel	150
6.	Prefabrik betonarme	Tuğla	PU panel	150
7.	Çelik	PU panel	PU panel	300
8.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	250
9.	Çelik	Briket	EPS	300
10.	Prefabrik betonarme	Briket	EPS	250
11.	Çelik	Tuğla	EPS	300
12.	Prefabrik betonarme	Tuğla	EPS	250
13.	Çelik	PU panel	PU panel	150
14.	Çelik	Briket	EPS	150
15.	Çelik	Tuğla	EPS	150
16.	Konvansiyonel betonarme	PU panel	PU panel	300
17.	Konvansiyonel betonarme	Briket	EPS	300
18.	Konvansiyonel betonarme	Tuğla	EPS	300
19.	Çelik	PU panel	PU panel	250
20.	Konvansiyonel betonarme	PU panel	PU panel	150
21.	Çelik	Briket	EPS	250
22.	Konvansiyonel betonarme	Briket	EPS	150
23.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	200
24.	Çelik	Tuğla	EPS	250
25.	Konvansiyonel betonarme	Tuğla	EPS	150
26.	Prefabrik betonarme	Briket	EPS	200
27.	Konvansiyonel betonarme	PU panel	PU panel	250
28.	Prefabrik betonarme	Tuğla	EPS	200
29.	Konvansiyonel betonarme	Briket	EPS	250
30.	Konvansiyonel betonarme	Tuğla	EPS	250

Çizelge 4.31. Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen kontrollü atmosfer soğutma sistemine sahip soğuk hava deposu tasarımları ve öncelik sıraları

Öncelik sırası	Taşıyıcı sistem	Duvar sistemi	Tavan sistemi	Soğuk oda kapasitesi (ton)
1.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	250
2.	Çelik	PU panel	PU panel	250
3.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	150
4.	Konvansiyonel betonarme	PU panel	PU panel	250
5.	Çelik	PU panel	PU panel	150
6.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	200
7.	Çelik	PU panel	PU panel	200
8.	Konvansiyonel betonarme	PU panel	PU panel	150
9.	Konvansiyonel betonarme	PU panel	PU panel	200
10.	Prefabrik betonarme	PU panel	PU panel	100

#### 4.5. Bölge Koşullarında Mevcut Elma Depolama Durumunun ve Geliştirilme Olanaklarının Değerlendirilmesi

Bölgedeki işletmelerde soğuk hava depolarının büyük bir bölümünde taşıyıcı sistem olarak konvansiyonel betonarme sistemi kullanılmakta, buna bağlı olarak duvar yapı malzemesi briket ile birlikte yalıtım malzemesi EPS'nin kullanımı özellikle yalıtım ve işletim maliyetleriyle ilgili sorunlara yol açmaktadır. Son yıllarda inşa edilen soğuk hava depolarında modern inşaat teknolojisi ürünü prefabrik ve çelik sistemlerin kullanılmasına karşın yeterli değildir. Bu tür yapısal sorunlar, Çuhadar ve Kolcuoğlu (2001), Güllenoğlu (1988) ve Karaçalı (2004b)'nin de ifade ettikleri gibi, ülkemiz koşullarında meyve ve sebze depolamada kullanılan soğuk hava depolarında karşılaşılan yaygın sorunlar arasında yer almaktadır.

Bölgedeki soğuk hava depolarında klasik soğutma sistemi kullanılmakta olup, depocu işletmelerin kontrollü atmosfer soğutma sistemini kullanma yönünde eğilim olmasına karşın, tesis ve işletim masraflarının fazla olması ve bu masrafları karşılayacak bir pazarın oluşmaması işletme sahiplerinin kontrollü atmosfer soğutma sistemine geçişini engellemektedir. Bu nedenle, klasik soğuk hava depoları, Timur (1985)'un da işaret ettiği gibi, ürünlerin depolama ömrü sınırları içinde muhafaza edildiği birer statik bekleme merkezi olarak işletilmektedir. Çuhadar ve Kolcuoğlu (2001)'nin ifade ettiği gibi, bu tip soğuk hava depolarındaki yapısal ve işletim hataları depolanın ürünlerde önemli kayıplara yol açmaktadır. Daha uzun süre ve daha iyi niteliklerde depolanma olanağının sağlanmasında, yaş meyvelerde yaşlanma ve olgunlaşmayı geciktiren, bazı fiziksel ve patolojik bozuklukları engelleyen ve depo zararlılarının daha etkin kontrolünü sağlayan, özellikle elmalarda sertliğin ve yeşil rengin daha iyi korunmasında etkili olan kontrollü atmosfer depolama sistemi ön plana çıkmaktadır (Canada Plan Service, 2007; Cemeroğlu, 2004; Blanpied, 1983; Kupferman, 1989; Schaik and Verschoor, 2003; Usapple, 2001; Yahia, 2007).

Bölgedeki elma depolama olanaklarının iyileştirilmesi amacıyla, geliştirilen optimizasyon modeli yardımıyla inşaat ve işletim giderlerini azaltacak şekilde uygun bir depolamayı olanaklı kılacak klasik ve kontrollü atmosfer soğutma sistemli soğuk hava deposu tip projeleri tasarlanmıştır. Bu depo projeleri, Türk (2005)'ün işaret ettiği gibi yöre koşullarında soğuk depoculuk risklerinin azaltılmasında ve özellikle 2005 yılında yürürlüğe giren Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu (Anonim, 2005; Anonim, 2007b)'nda öngörülen depoculuk altyapısının geliştirilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ilk olarak, Göller Bölgesinde Isparta ili dahilindeki soğuk hava deposu işletmelerinin tamamının elma depolamada kullandıkları toplam 60 adet soğuk hava deposu yapısal yönden analiz edilmiş, işletim durumları ayrıntılı bir biçimde incelenmiş ve sorunlar belirlenmiştir. İşletmelerin % 46.67'sinde depo taşıyıcı sistemi olarak konvansiyonel betonarme kullanılmış olup, bu tip taşıyıcı sistemin kullanılması gelecekte kapasite artırımını engellemektedir. İşletmelerin % 80.00'inde depo yalıtım özellikleri yeterli değildir ve soğutma masraflarını olumsuz yönde etkilemektedir. İşletme sahiplerinin % 95.00'i kontrollü atmosfer soğutma sistemini tercih etmektedir. Ancak, tesis ve işletim masrafları diğer soğutma sistemine göre yüksek olduğu için bu sistem işletmelerin sadece % 8.33'de mevcuttur. Tüm işletmelerdeki depolar, kiraz, kayısı, erik ve şeftali gibi diğer meyve türlerini depolayabilecek yeterli alt yapıya sahip olmasına karşın, sadece bölge meyveciliğinde başat bir tür olan elmanın depolanması için kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri, elmanın üretim potansiyelinin fazla olması ve depolama sezonunun 8 ay kadar sürmesinin yanısıra, daha uzun süreli depolanabilen diğer meyvelerin üretiminin fazla olmaması olarak sıralanabilir.

Çalışmada daha sonra, bölge koşullarına uygun, depocu işletmelerin tercihlerini dikkate alan, teknik ve ekonomik yönden en uygun tasarımların oluşturulmasında bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Bu model yardımıyla depo sistemi tasarımlarının geliştirilmesinde; değişik yapısal özellikte taşıyıcı sistemler (konvansiyonel betonarme, prefabrik betonarme ve çelik) ile çatı sistemleri (prefabrik betonarme ve çelik) ve farklı tipte soğutma sistemleri (klasik soğutma sistemi ve kontrollü atmosfer soğutma sistemi) esas alınmıştır. Ayrıca, bu depo sistemlerini oluşturan yapı elemanlarının (döşeme, duvar ve asma tavan) çeşitli yapı malzemeleriyle inşası öngörülmüştür. Farklı depo tasarımlarına ilişkin inşaat maliyetlerinin hesaplanmasında ise 2009 yılı birim fiyatları esas alınmıştır.

Geliştirilen optimizasyon modeliyle belirlenen soğuk hava deposu tasarımlarının sonuç çıktıları; taşıyıcı sistemler, çatı sistemleri ve soğutma sistemleri ile döşeme, duvar ve asma tavan gibi yapı elemanlarında kullanılacak yapı malzemeleri ve inşaat maliyetleri yönünden aşağıda değerlendirilmiştir.

Geliştirilen depo tasarımları taşıyıcı sistemler yönünden ele alındığında, prefabrik taşıyıcı sisteme sahip depoların daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Konvansiyonel betonarmeyle oluşturulacak taşıyıcı sistemlerin inşasında

kullanılacak kalıp ve iskele maliyetlerinin fazla olması, bu tür depo sistemlerinin inşaat maliyetini önemli oranda artırmıştır. Benzer şekilde, 2009 yılı için çelik taşıyıcı sistemlerin inşasında kullanılan çelik malzeme maliyetinin yüksek olması, bu tip sistemlerin maliyetlerini prefabrik betonarme sistemler karşısında dezavantajlı hale getirmiştir. Çelik veya prefabrik betonarme taşıyıcı sistemler, açıklıklarına göre birbirleriyle karşılaştırıldığında, 15 m'lik çatı makası açıklığına sahip soğuk odaların 12 m'lik çatı makası açıklığına sahip olanlara göre daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır. Çatı makasları arasındaki mesafeler dikkate alındığında, çatı makasları mesafeleri 7.5 m olan soğuk odaların çatı makası arası mesafeleri 6 m ve 5 m olanlara göre daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Çatı makas açıklığı ve çatı makasları arasındaki mesafeleri 15 m x 7.5 m olan soğuk odalar, daha az kolon, kiriş ve çatı makası gibi inşaat sistemlerini kullanarak daha büyük depolama alanlarını oluşturulmasına olanak verdiği için depo inşaatı maliyetlerini önemli oranda düşürmüştür. Konvansiyonel betonarme taşıyıcı sisteme sahip soğuk odalar kendi aralarında karşılaştırıldığında, çatı makas açıklığı ve çatı makasları arasındaki mesafeleri 15 m x 5 m olan sistemler, 12 m x 6 m olan sistemlere göre avantajlı olmasına karşın, kalıp ve iskele maliyetleri nedeniyle prefabrik betonarme ve çelik sistemlere göre oldukça fazla maliyetli olduğu anlaşılmıştır. Soğuk hava deposu tasarımları birbirleriyle karşılaştırıldığında ise, prefabrik betonarme taşıyıcı sistemlerin 15 m x 7.5 m'lik açıklığa sahip olan soğuk hava deposu tasarımlarının en uygun tercih olarak çözüme girdiği görülmüştür.

Depo tasarımlarında taşıyıcı sistemler ile çatı sistemleri birlikte değerlendirildiğinde, prefabrik taşıyıcı sistemlerle beraber kullanılan prefabrik betonarme çatı sistemlerinin, çelik ve konvansiyonel betonarme taşıyıcı sistemlerle beraber kullanılan çelik çatı sistemine göre daha ekonomik olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, taşıyıcı sistem tasarımlarında olduğu gibi çatı sistemlerinde de yapı sisteminin boyutlarının büyümesi daha fazla depolama alanının oluşturulmasına olanak verdiği için depo inşaatı maliyetini düşürmektedir. Buna göre, 15 m çatı makası genişliğine sahip prefabrik betonarme çatı sistemleri, 12 m'lik çatı makası genişliğine sahip çatı sistemlerine göre daha ekonomik olduğu anlaşılmıştır.

Depo tasarımlarında döşeme, duvar ve asma tavan gibi yapı elemanları yapı malzemeleri yönünden ele alındığında, öncelikle döşeme sistemi; dökme mozaik, çelik hasır, betonarme betonu, sera naylonu, EPS, grobeton, curuf dolgu ve taş blokajdan oluşan tek tipte bir sistemdir. Duvarlarda, PU panelin kullanıldığı

tasarımın, briket ve tuğla kullanılarak yapılanlara oranla daha ekonomik olduğu saptanmıştır. Asma tavan sisteminde ise poliüretan panelin kullanıldığı sistemlerin EPS kullanılarak oluşturulan sistemlere göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, depolarda sağlanacak iyi bir yalıtım, özellikle duvar ve tavan yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarını azaltılması ve buna bağlı olarak işletim masraflarının düşürülmesi bakımından oldukça önemlidir. Depoların tasarımında esas alınan yalıtım malzemeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, hem inşaat maliyeti hem de yalıtım yönünden PU paneller EPS'ye oranla daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır.

Depo tasarımları soğutma sistemleri yönünden değerlendirildiğinde, depoların soğuk oda kapasitelerindeki artışın, soğutma sistemi birim tesis maliyetini düşürdüğü belirlenmiştir. Soğuk odalarda istiflenen elma miktarı arttıkça soğuk hava deposu için gerekli soğutma sistemi kapasitesi düşmekte ve bununla birlikte soğutma sistemi tesis maliyeti de azalmaktadır. Soğutma sistemi tesis maliyeti yönünden 300 ton'luk soğuk odaların bulunduğu depo tasarım modelleri en uygun çözüm olmuş, bu çözümü aynı çatı makas açıklığı ve çatı makasları arasındaki mesafeye sahip 150 ton'luk soğuk odaların bulunduğu depo tasarımları izlemiştir. Bu tercihlerden sonra 250 ton soğuk oda kapasiteli soğuk hava deposu tasarımları en uygun çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğutma sisteminde olduğu gibi kontrollü atmosfer sisteminde de, soğuk odada istiflenen elma miktarındaki artış sistemin birim tesis maliyetini düşürmüştür. Buna göre, 250 ton'luk soğuk odalara ve prefabrik taşıyıcı sisteme sahip kontrollü atmosfer sistemli soğuk hava deposu tasarımı en uygun çözüm olarak belirlenmiştir.

Depo tasarımlarında kontrollü atmosfer sistemi, klasik soğutma sistemine göre tesis maliyetini artırmaktadır. Bu maliyet artışı, kontrollü atmosfer sisteminin kullanımını sınırlamaktadır. Elma ihracatındaki artışın, bu maliyetin karşılanmasına ve dolayısıyla sistemin yaygınlaşmasına önemli bir katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Geliştirilen optimizasyon modelinin ortaya koyduğu çözüm seçeneklerine göre, bölge koşulları için teknik ve ekonomik bakımdan en uygun soğuk hava deposunun klasik soğutma sistemli 300 ton elma depolama kapasiteli, prefabrik betonarme taşıyıcı ve çatı sistemli, duvar ve asma tavan yapı malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı soğuk odalardan oluşması gerektiği ortaya konmuştur. Kontrollü atmosfer sistemine sahip en uygun soğuk hava depoların ise; 250 ton elma depolama kapasiteli, prefabrik betonarme taşıyıcı ve çatı sistemli, duvar ve

tavan yapı malzemesi olarak PU panelin kullanıldığı soğuk odaların olması gerektiği belirlenmiştir.

Çalışmada sonuç olarak, bölge koşullarında elma depolama için en uygun soğuk odalarla oluşturulan 3000 ton'luk soğuk hava deposu ile 2500 ton'luk kontrollü atmosferli soğuk hava deposuna ait tip projeler hazırlanmıştır. Her iki projede, depo taşıyıcı sistemi ile çatı sistemi prefabrik betonarme olup, duvarlar ve asma tavan ise PU paneldir. Yıllar içerisinde birim fiyatlarda meydana gelecek değişikliklere bağlı olarak bölge için en uygun depo tasarımları da değişecektir. Ancak, geliştirilen model yardımıyla bu fiyat değişikliklerine uygun yeni tasarımlar oluşturulabilecektir. Ayrıca, geliştirilen modeller dinamik bir yapıya sahip olduğundan sadece araştırma alanı ve elma meyvesi için değil, farklı yöre ve piyasa koşullarında değişik ürünler için teknik ve ekonomik yönden en uygun depo tasarımları için de kullanılabilir.

Bölge koşullarında elma depolama için en uygun olacak şekilde tasarlanmış olan bu tip projeler; *i)* Bölgedeki işletme sahiplerinin gereksinimlerini karşılayacak, *ii)* Geleneksel soğutma sisteminden modern soğutma sistemine geçiş için gerekli altyapı olanağını oluşturacak ve *iii)* İnşaat ve işletim yönünden ekonomikliği sağlayacaktır. Bu yönüyle hazırlanan projelerin; lisanslı depoculuk yasası gereği, lisanslı depo işletmesi sertifikası alacak işletmeler için örnek oluşturacağı, aynı zamanda ulusal düzeyde yaş meyve muhafazasında soğuk hava depoculuğunun geliştirilmesine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ağar, İ., T.,** 2002, Bahçe Ürünlerini AB Standartlarına Ulaştırmak İçin Derim Sonrasında Alınması Gereken Önlemler, II. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, sf: 1-13.
- Akbulut, M.,** 2008, Karadeniz Bölgesi'nin Meyve ve Sebze Muhafaza Potansiyeli, Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, sf: 108-116.
- Altınışik, K.,** 2006, Isı Yalıtımı. Nobel Yayıncılık. Nobel Yayın no: 954, Ankara.
- Anonim,** 1984, Görsel Büyük Genel Kültür Ansiklopedisi, Görsel Yayınları, cilt: 6, Ankara. 3622s.
- Anonim,** 1994, Isparta İli Çevre Durum Raporu. T.C. Isparta Valiliği Çevre İl Müdürlüğü, Isparta.
- Anonim,** 2005, Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu. 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim,** 2007a, Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Anonim,** 2007b, TSKB'lerin Yeniden Yapılandırılması Lisanslı Depoculuk Sistemi. Tarım Reformu Uygulama (ARİP) Birimleri [http://www.arip.org.tr/tskb\\_lisans.htm](http://www.arip.org.tr/tskb_lisans.htm).
- Anonim,** 2008, İnşaat Birim Fiyatları, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Ayyıldız, M.,** 1981, Ölçme Bilgisi, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No:182, Ankara.
- Balcı, A., Avcı, M.,** 2002, Ölçme Bilgisi I, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No:532, İzmir.
- Blanpied, G, D.,** 1983, The Many Faces of CA Storage, Post Harvest Pomology Newsletter, Washington, pp: 1(4):3-5.

## KAYNAKLAR (devam)

- Budak, Ş., Duman, S.,** 1997, Bahçe Ürünleri Dış Ticaretimiz ve AB ile Rekabet Şansımız, Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, sf: 23-30.
- Canada Plan Service,** 2007, Fruit and Vegetables Storage, Canada Plan Service, Canada, <http://www.cps.gov.on.ca>
- Cat,** 2009, Caterpillar Production Catalog, <http://www.cat.com>.
- Cemeroğlu, B.,** 2004, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, sf: 258.
- Clark,** 2009, Clark Production Catalog. Clark Material Handling Company, Kentucky. <http://www.clarkmhc.com>.
- Coşar, F.,** 1996, Isparta Yöresinde Elmacılık ve Depolama Maliyetlerinin Tek Düzen Hesap Planına Göre Hesaplanması (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Isparta.
- Çuhadar, M. T., Kolcuoğlu, M. S.,** 2001, Isparta Elmacılık Raporu. Isparta Valiliği Meyvecilik Danışma ve Tavsiye Kurulu, Isparta.
- Dalian,** 2009, Dalian Ürün Kataloğu. Arlift Makina Sanayi Ticaret Limited Şirketi, İstanbul, <http://www.dalian.com.tr>
- Devlet İstatistik Enstitüsü,** 1999, Türkiye İstatistik Yıllığı.T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Devlet Planlama Teşkilatı,** 2001, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Meyvecilik Alt Komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Dokuzoğuz, M.,** 1997, Türkiye’de Bahçe Ürünleri Muhafazasındaki Gelişmeler, Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, sf: 1-7.
- Emiroğlu, M.,** 1997, Türkiye Yaş Meyve – Sebze Sektörünün Devletten Beklentileri, Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, sf: 15-16.
- Food and Agriculture Organization,** 2009, FAO Statistical Databases Results, Food Agriculture Organization.

### KAYNAKLAR (devam)

- Güllenoğlu, S. S.**, 1988, Bursa İlinde Soğuk Hava Depolarının Ekonomik Yapı ve Sorunları (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Bursa.
- Gündüz, M.**, 1997, Bahçe Ürünlerinde Pazar Yapısı, Muhafaza, Pazarlam Sistemleri ve Dış Ticaret İlişkisi, Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, sf: 9-13.
- Heves, F.**, 1996, Soğuk Depoların Projelendirme Esasları ve Optimizasyonu (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.
- İzogül**, 2007, Ürün Kataloğu. İzogül (EPS) Sytropor İzolasyon San. Tic. A.Ş. Isparta.
- Kamiloğlu, Ö.**, 1997, Yaş Meyve ve Sebze İhracatında Karşılaşılan Sorunlar, Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, sf: 31.
- Karaçalı, İ.**, 2004a, Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, İzmir.
- Karaçalı, İ.**, 2004b, Tarımsal Ürünlerin Muhafazası. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 555, İzmir.
- Karayolları Harita Genel Müdürlüğü**, 2009, Isparta Haritası, Karayolları Harita Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kaşka, N.**, 2005, Meyve Muhafaza Prensipleri ve Ülkemiz İçin Alınması Gereken Önlemler, III. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay. sf: 12.
- Kayan, İ.**, 1992, Cisimlerin Mukavemeti. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Kupferman, E.**, 1989, The Early Beginnings of Controlled Atmosphere Storage, Post Harvest Pomology Newsletter, Washington, pp: 7 (2):3-4.
- Kuruç, K.**, 2002, Ambalajın Ürünlerimize Katkıları ve Ambalaj Sahasındaki Son Gelişmeler, II. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, sf: 36-38.

### KAYNAKLAR (devam)

- Linde**, 2009, Linde Production Catalog. Linde Material Handling Company, Germany. <http://www.linde-mh.com>.
- Miran, B.**, 2005, Uygulamalı İşletme Planlaması, Bornova, İzmir, (2005).
- Murray, G.T.**, 1993, Introduction to Engineering Materials. Marcel Dekker, Inc., New York, (1993).
- Oğuztürk, B. S.**, 1997, Göller Bölgesi Elmacılığının Pazarlama Sorunları (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Isparta.
- Özbek, S.**, 1978, Özel Meyvecilik, Ankara Üniversitesi Ders Kitabı no:11, Ankara.
- Özcan, M., Ertürk, E.**, 1994. Türkiye'nin Soğuk Hava Depo Potansiyeli, Samsun İle Karadeniz Bölgesinin Soğuk Hava Depoculuğundaki Yeri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1, Samsun.
- Özelkök, S, Ertan, Ü., Büyükyılmaz, M.**, 1992, Marmara Bölgesinin Muhtelif Yörelerinde Yetiştirilen Bazı Önemli Armut Çeşitlerinin Hasat Sonrası Fizyolojisi Üzerinde Çalışmalar. V. Beurre Bosc (Kaiser Alexander). Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Yalova, s.35.
- Öz, F., Bulagay, A. N.**, 1986, Elma ve Elma Yetiştiriciliği, Tav Yaya No:13 Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yalova.
- Özkol, N.**, 1999, Uygulamalı Soğutma Tekniği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No: 115, Ankara.
- Pekmezci, M.**, 2008, Önsöz, Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, sf: 1-2.
- Savaş, 1987**, Soğuk Depoculuk ve Soğutma Sistemlerine Giriş, Uludağ Üniversitesi Yayını, Bursa.
- Schaik, A.C.R., Verschoor, J.A.**, 2003, CA-Storage: Technology, Application and Research, State of The Art in Netherlands, VIII International Controlled Atmosphere Research Conference, Rotterdam.
- Still**, 2009, Still Forklift Production Catalog, <http://www.still.com>

## KAYNAKLAR (devam)

- Şahin, A., Ünal, H.B.**, 2007, Yapı Malzeme Bilgisi. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:568. Bornova, İzmir.
- Timur, N.**, 1985, Tarımsal Ürünlerin Pazarlanmasında Soğuk Depo İşletmelerinin Rolü ve Marmara Bölgesindeki Uygulama (Doktora Tezi), Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Toprak Mahsülleri Ofisi**, 2007, Özel Sektör Buluşuyor Silolar Yükseliyor. Türkiye Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO). <http://www.tmo.gov.tr>
- Toyota**, 2009, Toyota Ürün Kataloğu, Toyota İstif Makinaları Anonim Şirketi, İstanbul, <http://www.toyotaistif.com>.
- Türkiye İstatistik Kurumu**, 2009, Bitkisel Üretim Veri Bankası, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Türk, R.**, 2005, Türkiye’de Soğuk Muhafaza Tesislerinin Nitelik ve Nicelikleri ile Sektördeki Yeni Uygulamalar, III. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay. sf: 23.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1978, Meyve ve Sebzeler-Soğuk Hava Depolarındaki Fiziksel Koşullar Tarifler Ve Ölçme, TS 2995, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1980, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TS 648, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1986, Soğuk Depoculukta Soğutma Tesisatı Proje Esasları, TS 4855, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1987, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS 498, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1989, Elma-Kontrollü Atmosferde Depolama Kuralları, TS 7278, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1992, Prefabrik Betonarme ve Öngerilmeli Betondan Yapılan Taşıyıcı Sistemlerin Hesap Esasları ve Yapım Kuralları, TS 9967, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1995, Soğuk Hava Depoları - Genel Kurallar, TS 9048, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS 498, Ankara.

**KAYNAKLAR (devam)**

- Türk Standartları Enstitüsü**, 1998a, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TS 825, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 1998b, Elma-Soğuk Depolama, TS 1221 ISO1212, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS 500, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü**, 2010, Ön dökümlü beton mamuller - Genel kurallar, TS 13369, Ankara.
- United States Department of Agriculture**, 2005, Cold Storage, United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistic Service, Agricultural Statistic Board, Washington.
- Uras, N.**, 1981, Türkiye Soğuk Depo Envanter Etüdü, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. Yayın No: 37, Ankara.
- Usapple**, 2001, Apple Storage Technologies. United States Apple Association (Usapple), Virginia.
- Ünal, H. B.**, 1995, Ege Bölgesinde Kuru İncir Depolama Olanaklarının Belirlenmesi ve Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bornova, İzmir.
- Westwood, M. N.**, 1995, Temperate-Zone Pomology Physioloji and Culture, Third edition. Timber Pres. Portland, Oregon.
- Yahia, E. M.**, 2007, Modified and Controlled Atmospheres, Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruit and Vegetables, Transworld Research Network; Trivandrum, India.
- Yıkar, E.**, 2003, Elma, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Sayı : 4 Nüsha:7, Ankara.

**EKLER**

Ek 1. Farklı Tipteki Soğuk Odaların İnşaat Sistemi Tesis Maliyetleri

Ek 2. Farklı Yapı Özelliklerine Sahip Farklı Kapasitelerdeki Soğuk Hava Depolarının Depolama Süresi ve Soğutma Yüğü Grafikleri

Ek 3. Farklı Tipteki Soğuk Odaların Soğutma Sistemi Tesis Maliyetleri

Ek 4. 3000 Ton Elma Depolama Kapasitesine Sahip Soğuk Hava Depo Projesi Metraj ve Keşif Özeti

Ek 5. 2500 Ton Elma Depolama Kapasitesine Sahip Kontrollü Atmosferli Soğuk Hava Depo Projesi Metraj ve Keşif Özeti

Ek.6. 3000 Ton Elma Depolama Kapasitesine Sahip Soğuk Hava Deposu Mimari Projesi

Ek 7. 2500 Ton Elma Depolama Kapasitesine Sahip Kontrollü Atmosferli Soğuk Hava Deposu Mimari Projesi

## ÖZGEÇMİŞ

26.05.1974 yılında Kastamonu'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Kastamonu'da tamamladıktan sonra Lisans eğitimi için 1994 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümüne girdi. 1998 yılında mezun oldu. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar Bölümünde araştırma görevlisi olarak işe başladı. Yüksek Lisans Eğitimi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı'nda yaptı ve 2002 yılında mezun oldu. 2004 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı, halen bu bölümde hem doktora eğitimine hem de araştırma görevlisi görevine devam etmektedir.