

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



İSTİFLEME MAKİNASI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER YELKENCİ

BALIKESİR, MAYIS-2015

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



İSTİFLEME MAKİNASI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER YELKENCİ

BALIKESİR, MAYIS-2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ömer YELKENCİ tarafından hazırlanan “**İSTİFLEME MAKİNASI TASARIMI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 08.05.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Nurettin ARSLAN

Üye
Prof. Dr. İrfan AY

Üye
Prof. Reşat ÖZCAN



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

ÖZET

**İSTİFLEME MAKİNASI TASARIMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÖMER YELKENCİ
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. NURETTİN ARSLAN)
BALIKESİR, MAYIS - 2015**

Bu çalışmada günlük yaşantımızda birçok farklı uygulamada kullanılan ağaç ürünlerinin yarı mamûlü olan kerestelerin boylarına göre ayrılmasını ve belirli sayılara göre istiflenmesini sağlayan bir makina standart parçalar kullanılarak çizim programı yardımıyla tasarımı yapılmıştır. Keresteler elde edildiklerinde her biri farklı uzunluklarda olmaktadır. Bu tasarım ile istif gibi düzenli bir yapıda olmayan ve farklı uzunluklardaki keresteler öncelikle reddedilen kerestelerden ayrılarak üç farklı boy uzunluğuna göre kategorize edilip belli bir sayıya ulaştıklarında istif yapmak üzere tasarlanmıştır. Proses gereği tasarımı yapılan hat mekanik, elektronik ve kontrol sistemlerinden oluşmaktadır. Bu tezde her bir prosesin nasıl çalıştığı ve nasıl yapıldığı incelenmiştir. Bu çalışmada başta kereste sektörü olmak üzere işçilik giderlerinin minimize edilmesi gereken benzer iş kollarında tamamen otomasyonlu bir hat yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Kereste istifleme, istifleme makinası, istif makinası tasarımı.

ABSTRACT

DESING OF TIMBER STACKING MACHINE
MSC THESIS
ÖMER YELKENÇİ
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
MECHANICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: PROF. DR. NURETTİN ARSLAN)
BALIKESİR, MAY 2015

This study was conducted with the aid of a machine design using standard drawing program that allows the separation of components according to the size of the timber, which is semi-finished wood products used in many different applications in our daily lives and to be stacked according to a certain number. Each obtained when the timber is of variable length. This is not a regular structure like stack of lumber of different lengths with the design and whether primarily categorized by three different size in the timber are designed to stack separated from the rejected when they reach a certain number. Process design should do the mechanical line consists of electronic and control systems. How to run each process were studied in this thesis and how it is done. This work, including timber industry in particular should be made to minimize the labor costs are fully automated line in similar lines of business.

KEYWORDS: Timber stacking, stacking machine, desing of stacking machine.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kereste İstiflemenin Kurutmaya ve Depolamaya Göre Çeşitleri.....	2
1.1.1 Ağaç Malzemenin Rutubeti ve Ölçümü.....	2
1.1.2 Ağacı Kurutma Metotları.....	3
1.1.2.1 Doğal Kurutma.....	4
1.1.2.1.1 Blok İstif.....	6
1.1.2.1.2 Sandık İstif.....	6
1.1.2.1.3 Çapraz İstif.....	7
1.1.2.1.4 Üçgen İstif.....	7
1.1.2.1.5 Makaslama İstif.....	8
1.1.2.2 Yapay Kurutma.....	8
1.1.2.2.1 Klasik Kurutma.....	9
1.1.2.2.2 Yüksek Hava Hızı İle Kurutma.....	9
1.1.2.2.3 Yüksek Sıcaklıkta Kurutma.....	10
1.1.2.2.4 Kondezasyon Kurutma.....	10
1.1.2.2.5 Vakumlu Kurutma.....	10
1.1.2.2.6 Diğer Kurutma Yöntemleri.....	10
2. DÜNYADA KERESTE SEKTÖRÜ VE ÖNEMİ	11
2.1 Dünya Kereste Üretimi.....	11
2.2 Dünya Kereste Tüketimi.....	12
2.3 Dünya Kereste İhracatı.....	14
2.4 Dünya Kereste İthalatı.....	15
2.5 Türkiye’de Kereste Sektörü.....	16
2.5.1 Türkiye’de Kereste Üretimi ve Tüketimi.....	16
2.5.1.1 Türkiye’de Kereste İhracatı.....	18
2.5.1.2 Türkiye’nin Kereste İthalatı.....	20
2.6 Kereste Sektörünün Swot Analizi.....	22
3. AĞAÇTAN KERESTEYE YOLCULUK	24
3.1 Orman Alanındaki İşlemler.....	24
3.1.1 Ağaç Kesme.....	25
3.1.2 Tomruk Nakli.....	25
3.2 Hızır Alanındaki İşlemler.....	26
3.2.1 Kereste Kesimlerinde Hesaplamaların Yapılması.....	27
3.2.1.1 Konikliğin Hesaplanması.....	27
3.2.1.2 Eğriliğin Ölçümü.....	27
3.2.1.3 Hacmin Hesaplanması.....	27
3.2.1.4 Yanları Alınmamış Kerestenin Hacminin Hesaplanması.....	27

3.2.1.5	Yanları Alınmış Kerestenin Hacim ve Randıman Hesabı.....	28
3.2.2	Kerestelerin Kesim Yönteminin İncelenmesi	28
3.2.2.1	Düz Kesim	29
3.2.2.2	Çeyrek Kesim	30
3.2.2.3	Yarma Kesim.....	32
3.2.2.4	Kereste Kesimlerinin Karşılaştırılması.....	33
3.2.3	Tomruk Kesimindeki İş İstasyonları.....	34
3.2.3.1	Tomruk Yükleme	35
3.2.3.2	İkiz Şerit Bıçıkla Kesim	35
3.2.3.3	Kapak Çıkartma.....	36
3.2.3.4	Tekli Lata ve Kapak Kıyılama	36
3.2.3.5	Boy Kesme	36
3.2.3.6	Yatay Şerit Dilimleme.....	36
3.2.3.7	Yan Alma	37
3.2.3.8	Transfer Konveyörleri	37
3.2.4	Kereste Standardizasyonu İle İlgili Tanımlar	37
3.3	İstifleme.....	41
4.	KERESTE İSTİFLEME MAKİNASI TASARIMI.....	43
4.1	Kartezyen manipülatör	47
4.1.1	Kartezyen Manipülatör Hakkında Bilgi.....	47
4.1.2	Kartezyen Manipülatörlerde Kontrol Sistemleri.....	49
4.1.2.1	Açık Devre Kontrol Sistemleri.....	49
4.1.2.2	Kapalı Devre Kontrol Sistemleri	50
4.1.3	Kartezyen Manipülatör Tasarımı	52
4.1.3.1	Manipülatörün Şasi Sisteminin İncelenmesi	53
4.1.3.1.1	Manipülatör Karkası İle İlgili Analiz.....	54
4.1.3.2	Hidrolik Konumlama Sistemleri	58
4.1.3.2.1	Hidrolik Silindir Elemanları	59
4.1.3.2.2	Hidrolik Silindirlerin Avantaj ve Dezavantajları	59
4.1.3.2.3	Örnek Bir Hidrolik Konumlama Sistemi	60
4.1.3.3	Vantuz Sistemleri	61
4.1.3.3.1	Vantuzlar Hakkında Bilgi	61
4.1.3.3.2	Vantuzların Hesaplanması	62
4.1.3.3.3	Vantuzlarda Vakum Oluşturma	64
4.1.3.3.4	Vakum Devre Şeması	66
4.1.3.3.5	Handling Teknolojisinde Vantuzlar	66
4.2	Kereste Şarjör Kısmı	68
4.3	Sisteme Kereste Alma ve Ayırma Makinesi	70
4.3.1	Keresteleri Zincir Konveyör Üzerine Alma İşlemi.....	71
4.3.2	Zincir Dişli Konveyörü İçin Zincir Tayini	73
4.3.3	Konveyördeki Fazla Kerestenin Şarjöre Gönderilmesi	74
4.3.3.1	Pnömatik Silindirler	75
4.3.3.2	Pnömatik Sistemde Kullanılan Elemanlar.....	76
4.3.3.3	Pnömatik Sistemin Devre Şeması ve Hesaplanması	76
4.4	Tek Yöne Hizalayıcı Merdaneli Konveyör	78
4.4.1	Tek Yöne Hizalayıcı Merdaneli Konveyörün Tasarımı	80
4.4.1.1	Karkas Tasarımı	80
4.4.1.2	Konveyörün İletim Zinciri.....	81
4.4.1.3	Merdaneler.....	82
4.4.1.4	Zincir Gergi Sistemi Tasarımı	82

4.4.1.5	Zincir Seçimi	83
4.4.1.6	Sensörler	87
4.4.1.6.1	Optik Sensörler	87
4.4.1.6.2	Cisimden Yansımali Optik Sensörler.....	88
4.4.1.6.3	Yarık Tip Optik Sensörler.....	88
4.4.1.6.4	Sensörlerin Tepki Zamanlarının Hesaplanması	89
4.5	Separatörler	89
4.5.1	Separatörün Düz Konumda Kalması	90
4.5.2	Separatörün Eğik Konumlanması İçin Üretim Senaryosu.....	90
4.6	Düşey Yönde Çalışan Kereste Konveyörü	91
4.6.1	Redüktör Seçimi	93
4.6.1.1	Motor Seçimi	94
4.6.1.1.1	Yuvarlanma Direnci Hesabı.....	94
4.6.1.1.2	Güç Hesabı.....	94
4.6.1.1.3	Döndürme Momenti Hesabı.....	94
4.6.1.2	Redüktör Gücü Hesabı	95
4.7	Rulolu Konveyör	96
4.7.1	Rulolu Konveyör ve Türleri.....	96
4.7.1.1	Avara Rulolu Konveyörler Konstrüksiyon ve İşlevleri.....	97
4.7.1.1.1	Avara Rulolu Konveyörün Elemanları	99
4.7.1.1.2	Avara Rulolu Konveyörün Hesabı.....	101
4.7.1.2	Güç Alan Rulolu Konveyörler	103
4.8	Kereste Bekletme Konveyörü.....	104
4.9	İstif Paleti Makinası.....	105
4.9.1	İstif Paleti Makinası İle İlgili Hesaplamalar	108
4.9.1.1	Pnömatik Silindir Hesabı.....	108
4.9.1.2	Paletin Çatal Seçimi	109
4.10	İstifleme Lifti.....	110
4.10.1	İstifleme Liftinin İncelenmesi	111
4.10.2	İstifleme Liftinin Bölümleri	111
4.10.2.1	Karkas Sistemi.....	111
4.10.2.2	Platform	112
4.10.3	İstifleme Lifti hesapları	112
4.10.3.1	Kereste İstifinin Ağırlığı	112
4.10.3.2	Liftin Fren Yüğü Hesabı.....	113
4.10.3.3	Hidrolik Silindir Hesabı	114
4.10.3.4	Paletlerin Seçimi.....	114
4.11	İstif Boy Eşitleme Kesicisi	116
5.	İSTİFLERİN DEPOLANMASINDAKİ KUSURLAR	118
5.1	İstif Paketlerindeki Düzensizlik	118
5.2	İstifin Sıkı Bir Şekilde Paketlenememesi	119
5.3	İstifleri Eğimli Zemin Üzerine Stoklanmaması.....	119
5.4	İstifin Stabil Şeklinin Bozulması.....	120
5.5	Stoklama Çalışanından Kaynaklı Sorunlar	121
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	123
7.	KAYNAKLAR	125

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Genel bir istifin görünüşü.....	5
Şekil 1.2: İstifin alt yapısının ve istif meyilinin temsili görünümü.....	5
Şekil 1.3: Blok istifin temsili görüntüsü.....	6
Şekil 1.4: Sandık istifin temsili görünümü.....	6
Şekil 1.5: Çapraz istifin görünümü.....	7
Şekil 1.6: Üçgen istif görünümü.....	7
Şekil 1.7: Makaslama istifin görünümü.....	8
Şekil 1.8: Klasik bir kurutma fırını.....	9
Şekil 1.9: Yüksek hava hızıyla kurutma fırını.....	9
Şekil 1.10: Kondenzasyon kurutma fırını.....	10
Şekil 2.1: Dünyada yıllara göre kereste üretimi karşılaştırması.....	11
Şekil 2.2: Dünya kereste ihracatının yıllara göre karşılaştırılması.....	14
Şekil 2.3: Dünya kereste ithalatının yıllara göre karşılaştırılması.....	15
Şekil 2.4: Değer bazında Türkiye'nin Kereste İhracatı.....	18
Şekil 2.5: Değer bazında Türkiye'nin Kereste İthalatı.....	20
Şekil 3.1: Orman içerisinde yapılan operasyonlar.....	24
Şekil 3.2: Ağaç kesmede kullanılan elektrikli testere ekipmanı.....	25
Şekil 3.3: Tomruk ataşmanı iş makinesi.....	25
Şekil 3.4: Nakliye için yüklenen kereste kamyonu.....	26
Şekil 3.5: Hizar alanındaki temel işlemler.....	26
Şekil 3.6: Düz kesim, yarma kesim ve çeyrek kesimin kesim çizgileri.....	29
Şekil 3.7: Bir kütüğün düz kesilmesi ve kereste yüzeyindeki "Gren" desenleri.....	30
Şekil 3.8: Düz kesilmiş ağaçta büyüme halkaları.....	30
Şekil 3.9: Çeyrek kesim sonucu ortaya çıkan grenler.....	31
Şekil 3.10: Çeyrek kesimli bir ağacın yaş halkalarının paralel görünümü.....	31
Şekil 3.11: Yarma kesim örneği.....	33
Şekil 3.12: Çeyrek kesim ve düz kesimin karşılaştırılması.....	33
Şekil 3.13: Düz ve çeyrek kesimin farklılıkları.....	34
Şekil 3.14: Düz ve çeyrek kesimin grenleri arasındaki farklar.....	34
Şekil 3.15: Otomasyonlu tomruk kesme makinası.....	34
Şekil 3.16: İkiz şerit bıçkı kesimi sonucu çıkan parça.....	35
Şekil 3.17: Tomruktan çıkarılan kapak parçası.....	35
Şekil 3.18: Bir istifleme makinesi.....	41
Şekil 4.1: Eski bir kereste ayırma tesisi.....	43
Şekil 4.2: Kendi boy gruplarında istiflenmeyi bekleyen keresteler.....	43
Şekil 4.3: Günümüzdeki modern kereste istifleme tesisi.....	44
Şekil 4.4: Kereste ayırma ve istifleme akış diyagramı.....	45
Şekil 4.5: Kereste sınıflandırma ve istifleme makinası tasarımı.....	46
Şekil 4.6: Kartezyen robotun x, y ve z eksenlerindeki hareketi.....	47
Şekil 4.7: İstif için kullanılan kartezyen robotu örneği.....	47
Şekil 4.8: Robot tiplerinin uzay hareketlerinin karşılaştırılması.....	48
Şekil 4.9: Açık devre kontrol sistemi.....	49
Şekil 4.10: Elektrik kontrollü açık devre kontrol sistemi.....	49
Şekil 4.11: Kapalı devre kontrol sistemi.....	51

Şekil 4.12: Solidworks ile tasarlanan kartezyen manipülatör.....	52
Şekil 4.13: Manipülatör karkası.....	53
Şekil 4.14: Şasi sisteminin yüksekliği ayarlanabilir ayak tasarımı.....	54
Şekil 4.15: Yatay hidrolik silindirlerin hareket eksenini.....	55
Şekil 4.16: Lineer yataklamalı yatay çalışan hidrolik silindir mekanizması.....	56
Şekil 4.17: Manipülatör şasisinin maksimum gerilme değeri (17 MPa).....	57
Şekil 4.18: Manipülatör şasisinin maksimum yer değiştirmesi (1,56 mm).....	57
Şekil 4.19: Manipülatör gerilmeler altında minimum güvenlik katsayısı (14).....	58
Şekil 4.20: Hidrolik konumlama sisteminin devre şeması.....	60
Şekil 4.21: Bir vantuzun temel ve önemli parçaları.....	61
Şekil 4.22: Dikey hareket ettirilen vantuzların kuvvetler dengesi.....	62
Şekil 4.23: Vakum oluşturma imkanları.....	65
Şekil 4.24: Değişik vakum oluşturuçuların performansları grafiği.....	65
Şekil 4.25: Enjektör prensibiyle çalışan bir vakum devresi örneği.....	66
Şekil 4.26: Vantuz tipleri.....	67
Şekil 4.27: Kereste şarjörü tasarım görüntüsü.....	68
Şekil 4.28: Kereste şarjörünün şasisinin bir görünüşü.....	69
Şekil 4.29: Kereste şarjörünün sistemdeki yeri.....	69
Şekil 4.30: Kereste alma makinasının görünümü.....	70
Şekil 4.31: Kerestelerin zincir konveyörüne alınış işlemi.....	71
Şekil 4.32: Kerestelerin kütle merkezleri ve tırmanışları.....	72
Şekil 4.33: Zincir bileşenleri.....	73
Şekil 4.34: Tasarlanan pnömatik iticiler.....	75
Şekil 4.35: Pnömatik sistem için örnek bir devre şeması.....	77
Şekil 4.36: Merdaneli konveyörün iş hareketinin gösterimi.....	78
Şekil 4.37: Kerestenin boy ölçümünün yapılmasının şekil üzerinde gösterimi.....	79
Şekil 4.38: İmal edilmiş tek yöne hizalayıcı merdaneli konveyör.....	79
Şekil 4.39: Tek yöne hizalayıcı merdaneli konveyörün şasisi.....	80
Şekil 4.40: Merdane tasarımın görünümü.....	82
Şekil 4.41: Zincir gergi sistemi.....	83
Şekil 4.42: Tasarımda kullanılan zincir tahrik şemasının örneği.....	84
Şekil 4.43: Çift sıralı makaralı zincir örneği.....	84
Şekil 4.44: Hesaplanan güç, devir sayısı ile zincir tipi seçim grafiği.....	85
Şekil 4.45: Optik sensörlerin çalışma prensibi.....	87
Şekil 4.46: Farklı renklerde sensörlerin algılama yüzdesinin karşılaştırılması.....	88
Şekil 4.47: Tasarlanan separatörün görünümü.....	89
Şekil 4.48: Kerestelerin düşey konveyörü geçişi görüntüsü.....	90
Şekil 4.49: Separatörün açık konumu ile keresteyi düşey konveyöre iletmesi.....	91
Şekil 4.50: Düşey yönde çalışan konveyörde kerestelerin izlediği yol.....	92
Şekil 4.51: Lamalı zincir tasarımından bir örnek.....	92
Şekil 4.52: Redüktör dişlisi ve sonsuz vidasının güç aktarımı gösterimi.....	93
Şekil 4.53: Tasarımı yapılan rulolu konveyörün kısmi görünümü.....	97
Şekil 4.54: Avara rulolu konveyörlerin genel görünüşü.....	97
Şekil 4.55: Rulolu konveyörün ayak kısmı ve sıkma somunu.....	98
Şekil 4.56: Yüksekte çalışacak konveyör için eklenen kare profil.....	98
Şekil 4.57: Rulolu konveyörler için rulo tipleri.....	99
Şekil 4.58: Rulo konveyörün pim bağlantıları.....	100
Şekil 4.59: Avara rulolu konveyörde dönme hızı diyagramı.....	102
Şekil 4.60: Güç alan rulolu konveyör.....	103
Şekil 4.61: Tasarlanan kereste bekletme konveyörü genel görünümü.....	105

Şekil 4.62: İstif paleti makinasının tasarımının görüntüsü.....	106
Şekil 4.63: Kerestelerin konveyör üzerinde ilerleyişinin görüntüsü.....	106
Şekil 4.64: Kerestelerin konveyörde pnömatik silindire durdurulması.....	107
Şekil 4.65: Yan yana dizilmeye zorlanmış keresteler.....	107
Şekil 4.66: Tasarlanan paletler keresteleri kaldırırken görüntüsü.....	108
Şekil 4.67: Çatal kolu kısmı.....	110
Şekil 4.68: İstifleme asansörünün tasarım görünümü.....	110
Şekil 4.69: Solidworks ile hesaplanan platform ağırlığı.....	112
Şekil 4.70: Farklı fonksiyonlara sahip palet örnekleri.....	115
Şekil 4.71: Kaldırma yerlerine göre palet çeşitleri.....	115
Şekil 4.72: DIN 15141 normuna göre paletler.....	116
Şekil 4.73: F yüzeyinden kesilmesi gereken bir istif görünümü.....	117
Şekil 4.74: Son kesim işlemi yapılan bir istif.....	117
Şekil 5.1: İstif paketlerindeki kusurun temsili görünümü.....	118
Şekil 5.2: Sağlam paketlenemeyen istifin yığılmasının temsili görünümü.....	119
Şekil 5.3: İstifin zemin kusurlarına bir örnek.....	120
Şekil 5.4: İstif paketlerinin stabil şeklini koruyamamasına bir örnek.....	121
Şekil 5.5: Forklift operatöründen kaynaklanan hataya bir örnek.....	121

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Dünyada kereste üretiminde Türkiye'nin sıralaması.....	12
Tablo 2.2: Türkiye'nin kereste ihracatı sıralaması.....	15
Tablo 2.3: Türkiye'nin kereste ithalatındaki sıralaması.....	16
Tablo 2.4: Türkiye'nin kereste ihracatı.....	19
Tablo 2.5: Türkiye'nin yıllara göre kereste ithalatı.....	21
Tablo 2.6: Türkiye'nin ülkelere göre kereste ithalatı.....	22
Tablo 4.1: Yatak sürtünme katsayısı tablosu.....	55
Tablo 4.2: Bazı kerestelerin öz kütle tablosu (kg/dm ³).....	63
Tablo 4.3: Değişik vantuz yapı tiplerinin değerlendirilmesi.....	67
Tablo 4.4: Zincir seçimi işletme faktörü seçimi tablosu.....	85
Tablo 4.5: İş makinalarının gruplandırılması.....	95
Tablo 4.6: Redüktör zaman faktörü.....	95
Tablo 4.7: Redüktör kuvvet makinesi faktörü.....	95
Tablo 4.8: Redüktör ilk kalkış faktörü.....	96
Tablo 4.9: Avara konveyör rulolarının özellikleri.....	100
Tablo 4.10: Paletlerin yapım tarzına göre sınıflandırılması.....	115
Tablo 4.11: DIN 15141 normuna göre dört yönlü paletlerin boyutları.....	116

SEMBOL LİSTESİ

DIN	: Deutches Institut für Normung
EN	: European Norm
TS	: Türk Standartları
MDF	: Medium Density Fiberboard
Mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
°C	: Celsius
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp
sn	: Saniye
D	: Çap
D_{ort}	: Ortalama çap
r	: Yarıçap
kg	: Kilogram
μ	: Sürtünme katsayısı
η	: Verim
n₃	: Şekil değiştirme katsayısı
kP	: Kilopaskal
MPa	: Megapaskal
Po	: Atmosfer Basıncı
Pu	: Vakum Basıncı
z	: Adet
n	: Devir
Kç	: İşletme faktörü
L	: Uzunluk
V	: Volt
S	: Emniyet katsayısı
N	: Newton
g	: Yer çekimi ivmesi
a	: İvme
A	: Alan
v	: Çizgisel hız
F	: Kuvvet
t	: Zaman
m_{kereste}	: Kereste ağırlığı
w	: Konveyör sürtünme direnci

ÖNSÖZ

Bu çalışmama büyük destek veren ve sabırla yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Nurettin ARSLAN 'a ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Araş. Gör. Fatih BALIKOĞLU 'na, son olarak hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Balıkesir, 2015

Ömer YELKENCİ

1. GİRİŞ

İstiflemenin daha iyi anlaşılabilmesi için kerestenin tanımını yapmalıyız. Tomrukların boyuna biçilmesiyle elde edilen marangozluk ve inşaat sektöründe kullanılan ağaçlara “Kereste” denir. Çevremizde gördüğümüz birçok ahşap eşyanın yapımında kullanılmak üzere işlenip hazırlanmış olan odunlardır. Başka bir tanım ise; odunun biçilmesine kesilmesine ya da yontulmasıyla elde edilen birbirine paralel en az iki yüzü bulunan parçalara “Kereste” denir [1].

Kereste ağaçlarının gövdelerini ve dallarını meydana getiren sert bir maddedir. İnşaat malzemesi, kâğıt ve yakıt yapımında hammadde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tahta yalıtkan bir maddedir. Bulunduğu şekliyle kullanılmayan ağaç ögeleri kesilir sonra marangoz atölyelerinde kereste haline getirilir. Keresteler sınıflandırılır, kurutulur, gerekiyorsa son işlem yapıp pazarlanır. Dünyada ortalama olarak kesilen ağaçların yarısı yakacak diğer yarısı da kâğıt imalatında çeşitli işlerde kereste olarak kullanılmaktadır. Kullanılacağı yere göre çeşitli ağaçlardan kereste elde edilir. Sertliklerine bağlı olarak bazı ağaçları şöyle sınıflandırabiliriz [1];

- Çok Sert Ağaçlar (Ceviz, Karaağaç, Karasalkım)
- Sert Ağaçlar (Kayın, Dişbudak, Karasakız, Karaağaç ve Kavaklar)
- Yumuşak Ağaçlar (Kestane, Sarıkavak, Selvi, Sedir)
- Çok Yumuşak Ağaçlar (Beyazçam, Ladin, Ihlamur, Söğüt)

Yapı keresteleri en çok iğne yapraklı ağaçlardan elde edilir. “n_{boyut}” kesit boyutlarına göre Lata, Kadon, Tahta, Azman gibi isimler alır. Yine keresteler 1. 2. ve 3. sınıf olmak üzere sınıflara ayrılır [1].

1. Sınıf kerestelerin taşıyıcı özellikleri yüksek ve görünümleri düzgündür. Özel işlerde kullanılırlar.

2. Sınıf kerestelerin taşıyıcı özellikleri normaldir. Yapıda bu tip keresteler kullanılır.

3. Sınıf kerestelerin taşıyıcı özellikleri çok azdır. Yapının önemsiz kısımlarında kullanılmaktadır.

Kereste endüstrisinde hammaddenin maliyeti etkisi fazla olduğundan hammadde konusu önemli bir faktördür. Ülkemizde Kereste maliyetinde odun hammaddesinin yeri %80 dolaylarında olduğundan, kereste endüstrisi hammaddeye yönelik endüstri grubuna girer [1].

Ülkemizde kereste fabrikalarının akıcı bir çalışma uygulayabilmeleri, orman işletmeleri ürünlerinin üretilme koşulları ile sıkı bir ilişki içindedir. Her şeyden önce hammaddenin standardizasyonu uygun boyut ve kalitede olması gerekmektedir [1].

1.1 Kereste İstiflemenin Kurutmaya ve Depolamaya Göre Çeşitleri

1.1.1 Ağaç Malzemenin Rutubeti ve Ölçümü

Ağacın besin alması, büyümesi, solunum gibi yaşama olaylarının hepsi suyun varlığına bağlıdır. Yaşayan ağacın gövdesinde türüne göre değişen oranda su bulunur. Ayrıca ağacın kök, gövde ve dallarındaki su oranı da farklıdır [2].

Ağacın kabuğa yakın bölümlerindeki su oranı, iç odundan yüksektir. Ağacın nemi yüzde olarak değerlendirilir [2].

Ağacın ağırlığı, çevresindeki havanın taşıdığı neme göre devamlı değişiklikler gösterir. Tek sabit ağırlık mutlak kuru durumdaki özgül ağırlıktır. Bu durumdaki ağacın nemi %0'dır. Ölçmede bu değişmeyen değerlerden faydalanılır [2].

Başlıca nem ölçme çeşitleri:

- Kurutma yöntemi ile nem ölçme.
- Nemölçer ile nemin ölçülmesi.

Ayrıca elektrikle ölçme, higrometrik ölçme, kimyasal ölçme diye de metotlar olmasına karşın bunlar çok fazla kullanılmazlar [2].

1.1.2 Ağacı Kurutma Metotları

Ağaç malzeme içindeki kullanılış amacı için uygun olmayan fazla suyun atılması işlemine kurutma denir. Ahşap, içerisinde bulunduğu havanın nemi ile denge sağlayıncaya kadar nem alışverişi yapar. Sağlanan bu dengeye “Higroskopik denge” denir. Ağaç malzeme kullanılacağı yere uygun nem derecesinde kurutulmalıdır [2].

Kurutma işlemlerinin neredeyse tamamında kereste istiflerine ihtiyaç duyulur ve kereste istifinin gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır [2].

Ayrıca kurutma yapılmaması sonucunda ortaya çıkabilecek kereste kusurlarından bahsetmek gerekirse [2];

- Çekme
- Şişme
- Çatlama
- Baş çatlağı
- Halka çatlağı
- Öz çatlağı
- Kamburlaşma
- Peşlenme

Kurutma, ağaç malzemenin ekonomik değerini arttırdığı gibi bir takım özelliklerini de iyileştirmektedir. Bu özellikleri sıralamak gerekirse [2];

- Çivi ve vida tutma özelliği artar.
- Nemli bir ahşaba göre kuru ahşap daha kolay işlenir.
- Dayanıklılığı (mukavemeti) artar.
- Elektriği izole eder.
- Üst yüzey işlemleri daha iyi sonuç verir.
- Ahşabın korunması için sürülen ya da emdirilen kimyasallar (Emprenye) daha etkili olur.
- Tutkal tutma özelliği artar.
- Bazı ağaç türlerinde renk daha da zenginleşir.
- Kurutulmuş ağaç malzemenin her şeye karşı dayanıklılığı ortaya çıkar.

Ahşap doğal kurutma (tabii kurutma) ve suni kurutma (yapay kurutma) üzere iki yöntemle kurutulur.

1.1.2.1 Doğal Kurutma

Kerestenin açık havada doğal yöntemlerle kurutulmasıdır. Doğal kurutmayla kereste hava kuru haline getirilir. Hava kuru %12 – 20 nem içerir. Bu nedenle doğal kurutma ile kurutulan keresteler mobilya ve dekorasyon işlerinde kullanılmaya uygun değildir. Ancak doğrama üretiminde kullanılabilir. Doğal kurutma daha çok açık havada kullanılacak kerestelerin kurutulmasında ya da suni kurutmadan önce uygulanan bir ön kurutmadır. Kereste üretimi yapan büyük işletmelerin genelde kurutma fırınları bulunur. Bu işletmeler suni kurutma yaparlar. Doğal kurutma daha çok küçük işletmelerin uyguladığı bir yöntemdir. Keresteler istiflere dizilerek kurutulur. Doğal kurutmada istif büyük önem taşıdığı için bu kurutmaya "İstifte kurutma" da denir. Doğal kurutma tabiat ortamında gerçekleştirildiği için hava şartlarının etkisi büyüktür [2].

Doğal kurutma için geniş bir alana ve uzun bir zamana ihtiyaç duyulur. Bu iki durumda kurutma için dezavantajdır. İğne yapraklı ağaçlar için kurutma süresi 6 ay ile 1 yıl arasında değişir. Geniş yapraklılar için birkaç yıl beklemek gerekmektedir [2].

Doğal kurutmada istifin önemi büyüktür. Kerestelerin kurutmak ya da bekletmek için Şekil 1.1'de görüldüğü gibi belli bir düzene göre üst üste yapılan yığılma işlemine istif denir. Kerestenin kaliteli kurutulmasında istif yerinin seçimi çok önemlidir. İstif yerinin yanlış seçilmesi, zamanın uzamasına ve kerestenin hatalı kurutulmasına neden olur. İstif yapılacak yer sağlam, düzgün, temiz ve mümkünse üstü kapalı olmalıdır [2].



Şekil 1.1: Genel bir istifin görünüşü.

İstifin alt yapısını ayaklar oluşturur. İstif ayakları Emprenye edilmiş ahşap kazıklardan ya da betondan yapılır. Beton ayaklar daha çok kullanılmaktadır. İstif ayaklarının aralıkları istifin büyüklüğüne göre 75cm ile 125cm arasında yapılır. İstifin yerden yüksekliği 50cm ile 60cm arasında olmalıdır [2].

İstifin meyilli yapılması, üzerine yağın yağmur ve kar sularının akıp gitmesini sağlar. Meyil 1 metrede 2cm – 3cm arasında olmalıdır [2].

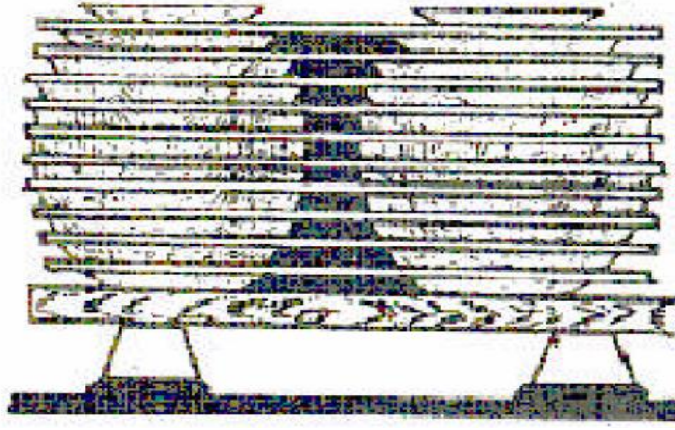


Şekil 1.2: İstifin alt yapısının ve istif meyilinin temsili görünümü.

İstifte çitanın yeri büyüktür. İstif çıtaları, hava akımını kolaylaştırır; çabuk ve düzgün kuruma sağlar. Ayrıca istifi sağlam ve düzgün tutar. İstif çitası için en uygun ağaç Gürgen ve Köknar'dır. İstif çıtaları kuru keresteden aynı kalınlıkta hazırlanır. Kalın çıtalar kare, ince çıtalar ise dikdörtgen kesitli yapılıdır. İstifte kullanılan çita kalınlığı 15mm ile 40mm arasında değişir. Bu kalınlık istif yapılan kereste kalınlığıyla orantılıdır. Kışın kalın, yazın ise ince istif çitası kullanılmalıdır. Kurutmayı hızlandırmak için istif çıtaları Şekil 1.2'de görüldüğü gibi aralıklı olarak hazırlanır ve ikiye bölünür [2]. Kurutulacak kerestenin cinsine, ölçülerine ve özelliğine göre çeşitli istif şekilleri vardır.

1.1.2.1.1 Blok İstif

Şekil 1.3'te görülen istifleme düzeni her türlü ahşabın kurutulmasında kullanılan bir yöntemdir [2].



Şekil 1.3: Blok istifin temsili görüntüsü.

1.1.2.1.2 Sandık İstif

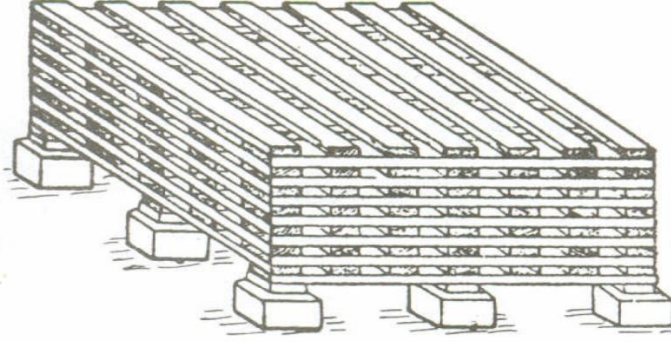
Uzun kalaslar bu yöntemle istiflenir [2]. Şekil 1.4'te görülen sandık istif, istifi oluşturan tüm parçaların oluşturduğu sandık görünümü nedeniyle bu adlandırmayı almıştır.



Şekil 1.4: Sandık istifin temsili görünümü.

1.1.2.1.3 Çapraz İstif

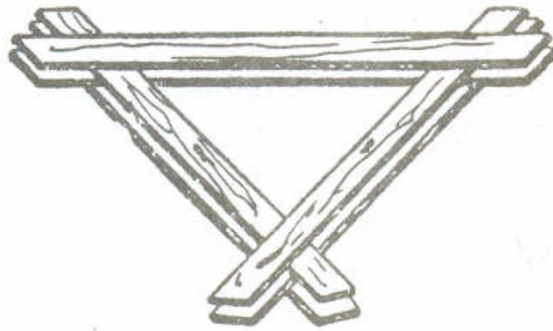
Tahtaların kurutulmasında kullanılan yöntemdir [2]. Şekil 1.5'den de anlaşılacağı gibi keresteler ve kereste sıralarının altında bulunan ıtalara birbirine göre çapraz konumlandırılmıştır.



Şekil 1.5: Çapraz istifin görünümü.

1.1.2.1.4 Üçgen İstif

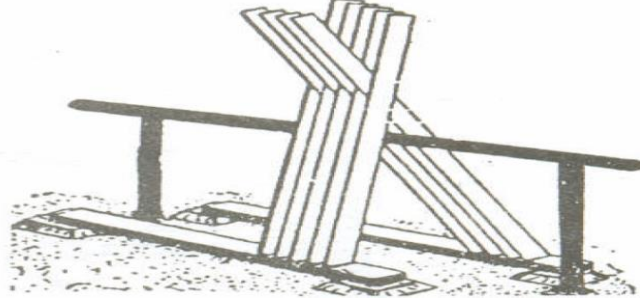
Daha çok am türü tahtalar bu yöntemle istiflenir [2]. Şekil 1.6 üzerinde görülen istifin katlarının üst üste düzelmesiyle istifin tamamı elde edilmiş olunur.



Şekil 1.6: Üçgen istif görünümü.

1.1.2.1.5 Makaslama İstif

Kısa boy kerestelerin kurutulmasında uygulanır [2]. Ayrıca istifte kullanılacak kerestelerin ıslaklığı çok fazla ise Şekil 1.7’ de görüldüğü gibi makaslama istif yapılarak suların yerçekimiyle aşağıya süzülmesi sağlanır.



Şekil 1.7: Makaslama istifin görünümü.

1.1.2.2 Yapay Kurutma

Kerestelerin fırın denilen özel yapılmış odalarda bir takım ısıtıcı ve nem alıcı mekanizmalar kullanılarak nemin kullanım yerine göre uygun dereceye düşürülmesi işlemine yapay kurutma denmektedir. Sanayide kullanılacak keresteyi uygun nem derecesine düşürmek ancak yapay kurutma ile mümkündür. Yapay kurutma kapalı bir ortamda yapıldığı için dış faktörlerden etkilenmez. Fırını istenilen niteliklere uygun ayarlamak mümkündür. Hatta kurutma devam ederken bile müdahale edilebilir. Bu sayede kurutma işlemi en az kusurla kısa sürede gerçekleşir [2].

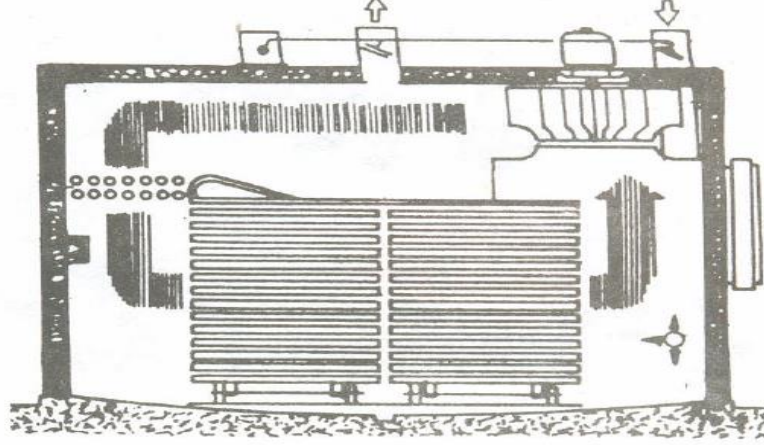
Kurutma yapılan işlem, çeşitli yöntemlerle kerestenin neminin dışarı atılmasıdır. Yapay kurutmada süre doğal kurutmaya kıyaslanamayacak kadar kısadır. Bu süre haftalarla sınırlıdır. Yapay kurutmada bir takım faktörler etkili olmaktadır [2].

Bu faktörler şunlardır [2].

- Kerestenin kalınlığı.
- Ağacın cinsi.
- Fırın içinde bulunan havanın nemi, hareketi ve sıcaklığı.

1.1.2.2.1 Klasik Kurutma

Ağaç malzemenin neminin 100°C altında bir sıcaklıkta bulunan hava ve su buharı karışımı yardımıyla yüzeyden buharlaştırılmasıdır. Bunun için fırınlara kereste istifleri yerleştirilir [2]. Şekil 1.8’de görülen bir kurutma fırının kesitinden havanın istifin içerisinde dolaştığı kısımlar görülebilmektedir.



Şekil 1.8: Klasik bir kurutma fırını.

1.1.2.2.2 Yüksek Hava Hızı İle Kurutma

Bu yöntemle havanın hareket hızı klasik yönteme göre birkaç kat arttırılmıştır. Klasik yöntemle hava hızı en fazla 5m/sn iken bu yöntemle hava hızı 15m/sn 'ye çıkartılmıştır. Havanın hızlandırılmasında kullanılan fanlar Şekil 1.9 üzerinde görülebilmektedir. Kurutma sıcaklığı ise 60°C civarındadır. Bu yöntemle daha çok yumuşak ağaçlar kurutulur [2].



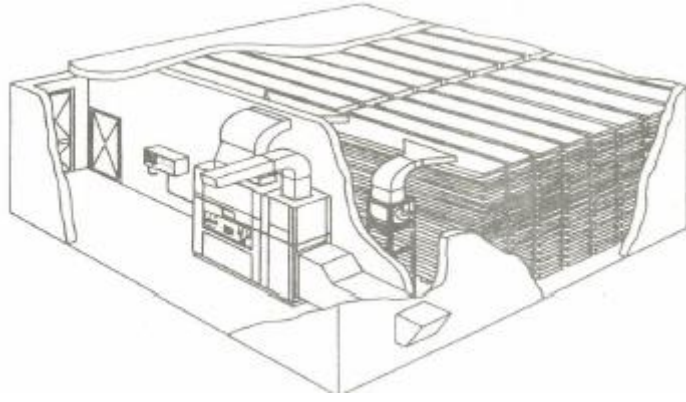
Şekil 1.9: Yüksek hava hızıyla kurutma fırını.

1.1.2.2.3 Yüksek Sıcaklıkta Kurutma

Sistem olarak klasik kurutmaya benzer, ancak daha yüksek sıcaklıkta kızgın buhar kullanılır. Bu yöntemle daha çok yumuşak ağaçlar kurutulur [2].

1.1.2.2.4 Kondenzasyon Kurutma

Kurutma düşük ısıdaki hava ve su buharı karışımından faydalanır [2]. Şekil 1.10 üzerinde havalandırma sistemleri içeriden gelen su buharının dışarı atılıp içeri taze hava gönderilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1.10: Kondenzasyon kurutma fırını.

1.1.2.2.5 Vakumlu Kurutma

Kereste içindeki suyu dışarı atmak için vakum (alçak basınç) uygulanır. Vakum atmosferik basıncı azaltıldığından kereste içerisindeki suyu dışarıya hızlı bir şekilde atılır [2].

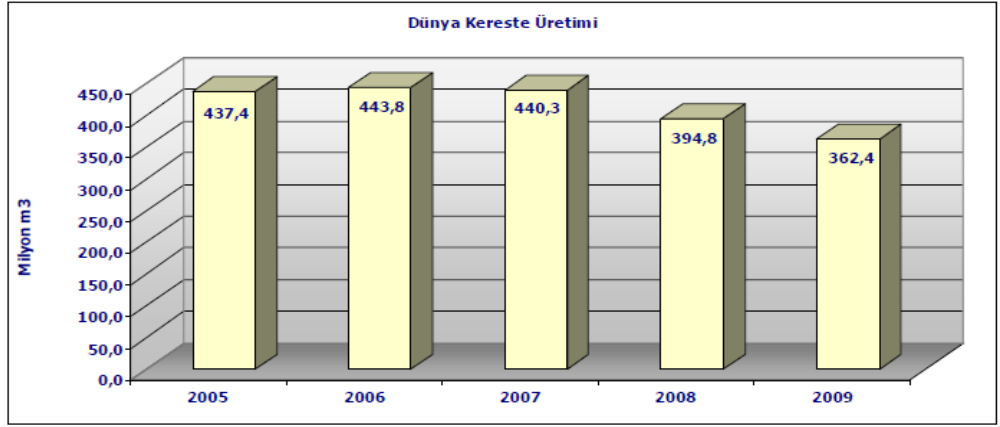
1.1.2.2.6 Diğer Kurutma Yöntemleri

Yukarıda anlatılanlar dışında fazla yaygın olmayan ve özel işlerde kullanılan kurutma şekilleri de vardır. Bu yöntemler nispeten daha pahalı yöntemlerdir. Solvent içerisinde kurutma, kimyasal kurutma, solar kurutma, ısı lambalarıyla kurutma (radyasyonlu), mikrodalga ile kurutma ve preste kurutma bu yöntemlerdendir [1].

2. DÜNYADA KERESTE SEKTÖRÜ VE ÖNEMİ

2.1 Dünya Kereste Üretimi

Dünya kereste üretimi Şekil 2.1’de görüldüğü üzere 2005-2009 yılları arasında azalma göstermiştir. 2005 yılında 437 milyon m³ olan üretim miktarı 2009 yılında 362 milyon m³’e düşmüştür [1].



Şekil 2.1: Dünyada yıllara göre kereste üretimi karşılaştırması.

Dünyanın en büyük kereste üreticisi ABD’dir. 2009 yılında 61,9 milyon m³ kereste üreten ABD’yi sırayla Çin, Brezilya ve Almanya takip etmektedir. Türkiye’de 5,8 milyon m³ ile dünya kereste üretiminde 166 ülke arasından 13. üretici olarak yerini almış ve dünya üretiminde %1,6 oranında pay almıştır [1]. Tüm bu sıralamada Türkiye’nin yeri Tablo 2.1’de görülebilmektedir.

Tablo 2.1: Dünyada kereste üretiminde Türkiye'nin sıralaması.

Dünya Kereste Üretimi (m ³)								
SIRA	ÜLKELER	2005	2006	2007	2008	2009	09/08 Değ. (%)	% Pay
1	ABD	97.019.600	92.903.360	85.376.960	72.869.280	61.998.360	-14,9	17,1
2	Kanada	60.186.632	58.709.208	52.284.433	41.547.622	32.819.530	-21,0	9,1
3	Çin	18.398.000	25.350.000	28.776.000	28.885.000	32.783.000	13,5	9,0
4	Brezilya	23.557.000	23.797.000	24.414.000	24.987.000	24.987.000	0,0	6,9
5	Almanya	21.931.000	24.420.000	25.063.000	19.187.000	20.674.000	7,8	5,7
6	Rusya Fed.	22.033.000	22.127.000	24.258.000	21.618.000	18.974.000	-12,2	5,2
7	İsveç	17.600.000	18.300.000	18.738.000	17.601.000	16.200.000	-8,0	4,5
8	Hindistan	14.789.000	14.789.000	14.789.000	14.789.000	14.789.000	0,0	4,1
9	Japonya	12.825.000	12.554.000	11.632.000	10.884.000	9.291.000	-14,6	2,6
10	Avusturya	11.074.000	10.507.000	11.816.000	10.835.000	8.455.000	-22,0	2,3
11	Finlandiya	12.269.061	12.226.940	12.477.411	9.881.000	8.072.490	-18,3	2,2
12	Fransa	9.715.000	9.992.193	9.965.409	9.343.416	7.886.396	-15,6	2,2
13	Türkiye	6.445.000	6.471.000	6.599.000	6.175.000	5.853.000	-5,2	1,6
14	Şili	8.298.000	8.718.000	8.340.000	7.306.000	5.836.000	-20,1	1,6
15	Vietnam	3.232.000	3.000.000	4.500.000	5.000.000	5.000.000	0,0	1,4
16	Avustralya	4.687.000	4.784.000	5.064.000	5.372.000	4.730.000	-12,0	1,3
17	Çek Cum.	4.003.000	5.080.000	5.454.000	4.636.000	4.636.000	0,0	1,3
18	Güney Kore	4.366.000	4.366.000	4.366.000	4.366.000	4.366.000	0,0	1,2
19	Endonezya	4.330.000	4.330.000	4.330.000	4.330.000	4.330.000	0,0	1,2
20	Malezya	5.193.000	5.149.000	5.084.000	4.486.000	3.875.000	-13,6	1,1
	Diğerleri	75.470.105	76.243.467	76.969.007	70.699.490	66.881.458	-5,4	18,5
	TOPLAM	437.421.398	443.817.168	440.296.220	394.797.808	362.437.234	-8,2	100,0

2.2 Dünya Kereste Tüketimi

Son 30 yılda dünya kereste tüketim artış oranı, diğer ahşap ve ahşap dışı tüketimden etkilenmiştir. Keresteye ikame ürünler arasında, özellikle gelişmiş ülkelerde, ahşap içeren panellerin (Kontrplak, MDF vb.) üretimi daha hızlı artış göstermiştir [1].

Son 20 yılda dünya kereste tüketimi, düşük oranlı da olsa artmaktadır. Asya-Pasifik ülkelerinin tüketiminin 2010 yılında 125 milyon m³'e yükseldiği tahmin edilmektedir. (1992 yılında bu oran 105 milyon m³'tür). Bu artış yıllık ortalama %1,1 gibi düşük bir orana işaret etmektedir ki son 30 yıllık artış oranı olan %3,2'den düşüktür. Sert ağaç kerestelerinin payı 1992'de %48 iken, iğne yapraklı olmayan kereste üretimi ve statik iğne yapraklı kereste üretimindeki artış sonucunda, 2010'da %53'e yükselmiştir. Asya-Pasifik ülkelerinin 1992 yılında %24 olan dünya tüketimi içindeki payının 2010 yılında %26'ya yükseldiği tahmin edilmektedir [1].

Hindistan, Çin ve Endonezya'nın büyük miktarlarda tüketimi olmasına karşın Japonya, bölgelerinin en büyük tüketici ülkesidir. Son 10 yıldaki orana göre düşük bir artış olmasına karşın 2010 yılında da Japonya'nın tüketimi artmıştır [1].

Asya-Pasifik bölgesinin iğne yapraklı ağaçlardan kereste tüketiminin 2010 yılında 59 milyon m³'e yükseldiği tahmin edilmektedir. Bölgenin dünya tüketimindeki payı %20 ile sabit kalmıştır. Aynı yıl Japonya (35 milyon m³) ve Çin (milyon m³) tüketimde ilk sıralarda yer almaktadır. Japonya'nın yumuşak ağaçlardan kereste tüketiminin toplam kereste tüketimi içindeki payının %87 olarak gerçekleştiği düşünülmektedir [1].

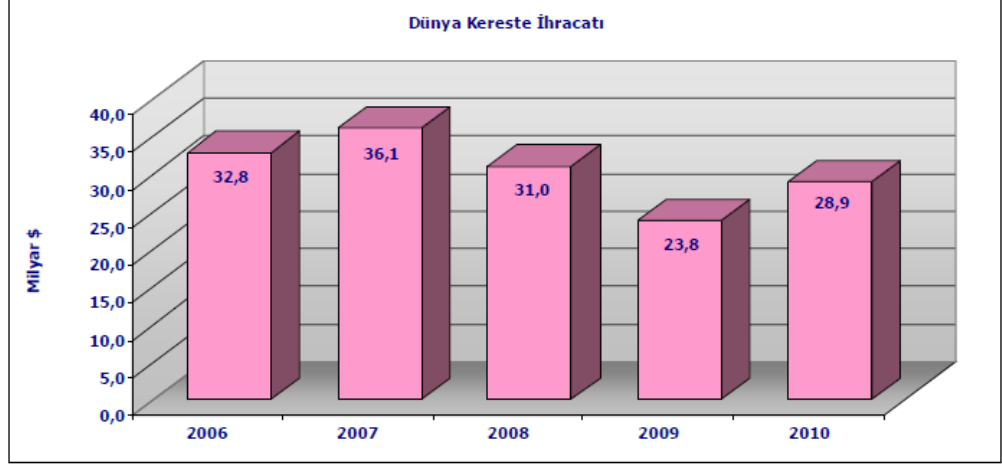
1992 yılında 46 milyon m³ olan Asya-Pasifik bölgesinin iğne yapraklı ağaçlardan kereste üretiminin 2010 yılında 53 milyon m³'e yükseldiği ve dünya ve dünya üretimi içindeki payını ise %15'ten %16'ya çıkardığı tahmin edilmektedir. Japonya bölgenin en önemli üreticisi iken diğer önemli üretici ülke Çin'dir [1].

Asya-Pasifik bölgesinin iğne yapraklı olmayan ağaçlardan kereste tüketiminin 2010 yılında 66 milyon m³'e yükseldiği tahmin edilmektedir (bu oran 1992 yılında 50 milyon m³, 2000 yılında ise 58 milyon m³'tür). Bölgenin dünya tüketimi içerisindeki payı 1992 yılında %39, 2000 yılında %41 iken 2010 yılında %43'e yükselmiştir [1].

1992-2010 yılları arasında hemen hemen tüm bölge ülkelerinin tüketiminde artış yaşanmıştır. 2010 yılında sert ağaç kereste tüketiminde ilk sırada yer alan ülke 19 milyon m³ ile Hindistan olurken, onu 12 milyon m³ ile Çin ve 11 milyon m³ ile Endonezya izlemiştir [1].

2.3 Dünya Kereste İhracatı

Dünya kereste ihracatı Şekil 2.2’de görüldüğü üzere 2006 yılında 32,8 milyar \$ düzeyinde iken 2010’da 28,9 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir [1].



Şekil 2.2: Dünya kereste ihracatının yıllara göre karşılaştırılması.

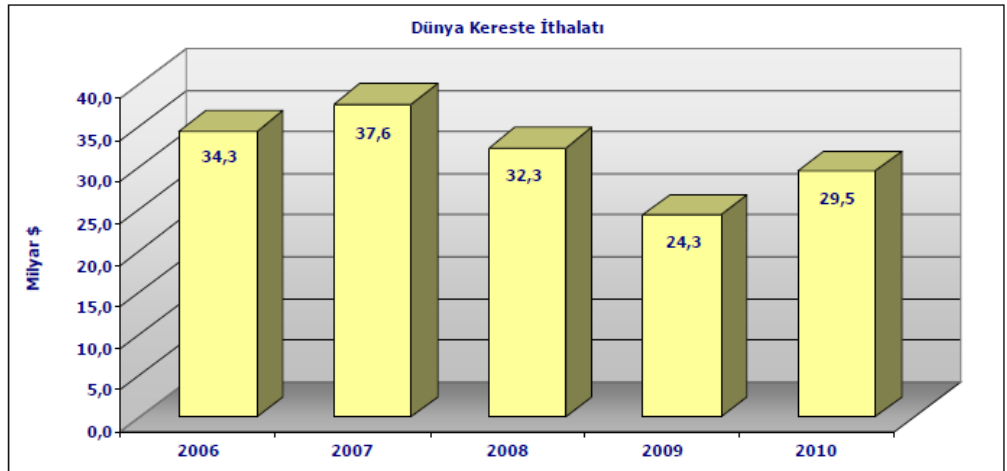
Dünya kereste ihracatının %16,9’u Kanada, %11,4’ü İsveç ve %10,4’ü de Rusya Federasyonu tarafından yapılmaktadır. Bu ülkelerden sonra en yüksek payı sırasıyla ABD (%7,7) ve Almanya (%6,4) almaktadır. Türkiye ise 178 ülke arasından 69. Sırada kereste ihracatçısıdır [1]. Tablo 2.2’den de anlaşılacağı üzere Türkiye dünyada ki kereste ihracatından sadece %0,05’lik bir dilime sahip olabilmıştır.

Tablo 2.2: Türkiye'nin kereste ihracatı sıralaması.

Dünya Kereste İhracatı (Bin \$)								
SIRA	ÜLKE	2006	2007	2008	2009	2010	09/10 Değ. (%)	% Pay
1	Kanada	8.220.784	6.976.866	5.069.571	3.465.589	4.905.982	41,56	16,97
2	İsveç	3.329.477	3.883.753	3.439.697	2.983.421	3.317.118	11,19	11,48
3	Rusya Fed.	2.314.514	3.239.602	2.822.615	2.605.844	3.023.161	16,01	10,46
4	A.B.D.	2.276.690	2.118.904	1.843.479	1.556.494	2.242.419	44,07	7,76
5	Almanya	2.092.260	2.600.231	2.319.579	1.648.945	1.873.666	13,63	6,48
6	Avusturya	1.608.818	2.120.315	1.922.361	1.379.280	1.608.981	16,65	5,57
7	Finlandiya	1.826.919	2.245.563	1.705.454	1.240.741	1.553.446	25,20	5,37
8	Malezya	959.131	926.433	922.414	684.056	781.374	14,23	2,70
9	Romanya	553.431	614.780	568.015	561.231	719.506	28,20	2,49
10	Yeni Zelanda	523.994	544.840	514.500	457.111	599.508	31,15	2,07
11	Şili	752.450	828.634	740.288	428.677	548.604	27,98	1,90
12	Tayland	269.632	273.326	266.345	345.891	539.422	55,95	1,87
13	Letonya	548.969	624.354	417.852	351.842	530.113	50,67	1,83
14	Belçika	505.832	656.790	587.366	410.203	466.743	13,78	1,61
15	Brezilya	846.409	925.192	679.499	398.792	418.121	4,85	1,45
16	Çek Cum.	358.437	467.171	460.386	392.147	409.156	4,34	1,42
17	Kamerun	339.865	542.446	557.666	314.123	346.680	10,36	1,20
18	Çin	352.747	389.932	401.405	345.089	340.434	-1,35	1,18
19	Fransa	424.144	475.283	439.490	323.877	316.305	-2,34	1,09
20	Estonya	236.614	249.145	198.395	169.762	240.808	41,85	0,83
69	Türkiye	14.610	16.366	12.261	12.894	14.897	15,53	0,05
	DİĞERLERİ	4.525.011	5.415.451	5.125.570	3.788.674	4.110.796	8,50	14,22
	TOPLAM	32.880.738	36.135.377	31.014.208	23.864.683	28.907.240	21,13	100,00

2.4 Dünya Kereste İthalatı

Dünya kereste ithalatı 2006 yılında 34,4 milyar \$ iken, 2010 yılında 29,5 milyar \$ olarak kaydedilmiştir [1]. Şekil 2.3 üzerindeki grafiğe bakarak kereste sektörünün ilerleyişi yeniden eski dengesine doğru bir eğilim yönündedir.



Şekil 2.3: Dünya kereste ithalatının yıllara göre karşılaştırılması.

2010 yılı Trademap verilerine göre; dünya kereste ithalatının %13,1'ini 3,8 milyar \$'lık değeriyle Çin Halk Cumhuriyeti yapmaktadır. Onu sırasıyla ABD (%12,2), Japonya (%7,8), İngiltere (%6,2) ve İtalya (%5,8) takip etmektedir. Türkiye ise Tablo 2.3 üzerinde görüleceği gibi 223 kereste ithalatçısı arasından dünyanın 37. kereste ithalatçısı olarak yerini almıştır [1].

Tablo 2.3: Türkiye'nin kereste ithalatındaki sıralaması.

Dünya Kereste İthalatı (Bin \$)								
SIRA	ÜLKE	2006	2007	2008	2009	2010	09/10 Değ. (%)	% Pay
1	Çin	1.688.757	1.768.080	2.023.883	2.319.271	3.868.156	66,78	13,11
2	A.B.D.	8.949.540	6.989.363	4.743.970	2.858.731	3.620.956	26,66	12,27
3	Japonya	2.733.333	2.640.927	2.361.484	1.891.922	2.304.596	21,81	7,81
4	İngiltere	2.242.613	3.052.385	2.047.356	1.511.997	1.846.700	22,14	6,26
5	İtalya	2.251.983	2.559.033	2.211.413	1.551.573	1.731.886	11,62	5,87
6	Almanya	1.456.300	1.473.661	1.340.236	1.104.185	1.287.179	16,57	4,36
7	Fransa	1.226.693	1.673.310	1.553.260	1.143.364	1.265.892	10,72	4,29
8	Hollanda	1.113.778	1.401.697	1.290.253	856.995	939.389	9,61	3,18
9	Mısır	0	0	895.701	807.411	888.633	10,06	3,01
10	Belçika	783.280	984.064	880.276	639.557	706.950	10,54	2,40
11	Avusturya	514.375	575.780	567.336	484.593	586.462	21,02	1,99
12	Kanada	561.366	541.091	477.336	349.308	473.644	35,59	1,61
13	S. Arabistan	183.801	291.450	185.336	194.002	467.507	140,98	1,58
14	Cezayir	350.351	522.290	495.806	444.901	436.860	-1,81	1,48
15	Danimarka	697.235	858.471	611.044	393.201	416.729	5,98	1,41
16	İspanya	1.004.565	1.205.977	788.630	416.667	404.746	-2,86	1,37
17	Meksika	541.510	589.951	552.341	335.419	390.998	16,57	1,33
18	Norveç	345.890	508.306	397.754	298.659	356.848	19,48	1,21
19	Avustralya	268.458	311.459	357.508	246.816	343.654	39,23	1,16
20	Güney Kore	250.462	305.247	288.351	249.793	329.857	32,05	1,12
37	Türkiye	99.675	113.248	159.720	99.440	132.290	33,03	0,45
	DİĞERLERİ	7.051.875	9.279.115	8.129.651	6.182.936	6.705.063	8,44	22,73
	TOPLAM	34.315.840	37.644.905	32.358.645	24.380.741	29.504.995	21,02	100,00

2.5 Türkiye'de Kereste Sektörü

2.5.1 Türkiye'de Kereste Üretimi ve Tüketimi

Türkiye'de kereste üretimi özel sektör işletmelerince yapılmaktadır. Bu işletmelerin bir kısmı modern teknoloji ve yönetim anlayışı ile çalışmaktadır. Önemli bir kısmı ise eski teknoloji ürünü ve düşük kapasiteli makinelerle çalışmakta ve genellikle mevsimlik olarak faaliyet göstermektedir. Bu tür işletmeler genellikle 10 kişiden az çalışanı olan mikro ölçekli işletmelerdir. İlkel üretim tesislerinde ana

işlemler bulunmazken, modern üretim tesislerinde üretimin tüm aşamalarında hidrolik, pnömatik, nümerik veya bilgisayar kontrollü makineler kullanılmaktadır [1].

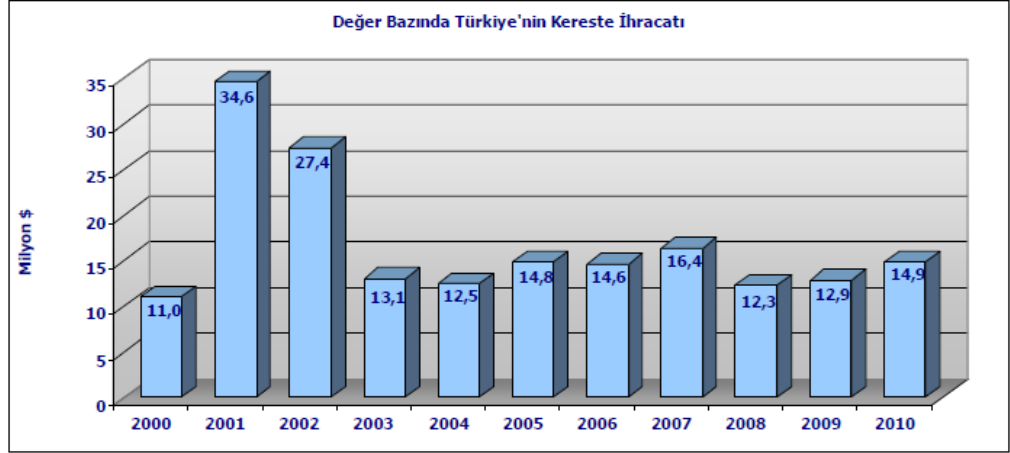
Türkiye’de kereste üretiminin yaklaşık %70’i inşaat, %20’si mobilya, %10’u ise ambalaj ve diğer sektörlerde kullanılmaktadır. Türkiye’de kişi başına kereste tüketimi 0,075-0,085 m³ arasında değişmektedir. Bir kereste fabrikası için gerekli olan makine parkının tahmini değeri 250.000 \$ olup yaklaşık 1100 m² makine yerleşim alanına ihtiyaç duyulan böyle bir tesiste, tek vardiyada 15 kişinin günde 8 saat çalıştığı kabul edilerek, kullanıla testere ve biçilen tomruk türüne göre; ayda 2000-3000 m³ kereste üretilebilmektedir. Türkiye’de kişi başına kereste tüketimi 0,1 m³’ten azdır [1].

Kereste üretimi ile ilgili standartlar TS 52, TS 697, TS3277, TS 801, TS 820, TS 1264, TS 1265, TS 5005 ve TS 5603 olup, diğeri numune alma/hazırlama, tolerans sınırları, kurallar, istifleme, paketleme vb. ile ilgilidir. Kerestenin istiflenmesi ile kurallar ise TS 1350, kerestenin paketlenmesi ile ilgili kurallar ise TS 4710 numaralı standartlarda verilmiştir. Türkiye’de kereste sektöründe faaliyet gösteren ISO 9000 veya ISO 14000 belgeli işletme bulunmamaktadır [1].

Son Global krizin ülkemize yansımaları özellikle küçük keresteci sanayi kuruluşlarına çok zarar vermiştir. Son üç yılın ortalaması alındığında; Türkiye’nin 2010 yılı kereste üretimi 6,1 milyon m³ olarak kaydedilmiştir [1].

2.5.1.1 Türkiye’de Kereste İhracatı

2000-2010 yılları arasında kereste ihracatı Şekil 2.4’t görüldüğü gibi inişli çıkışlı bir eğilim göstermektedir [1].



Şekil 2.4: Değer bazında Türkiye’nin Kereste İhracatı.

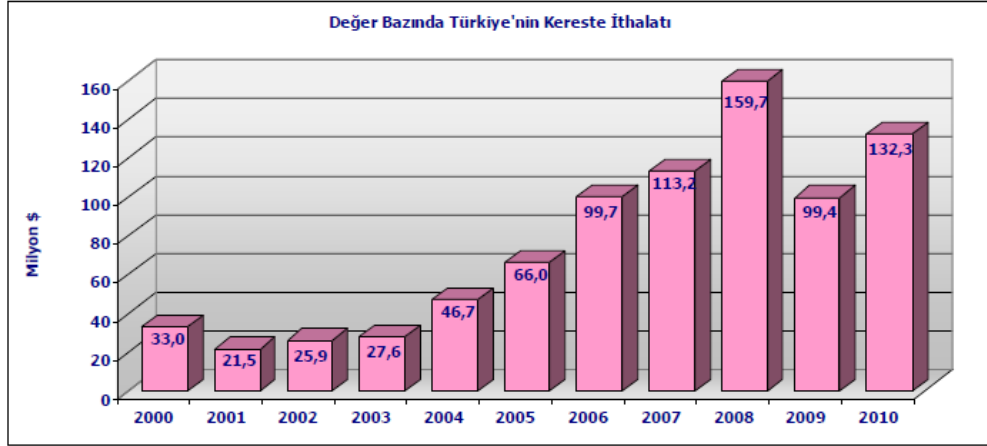
2001 ve 2002 yıllarında Türkiye’nin kereste ihracatı son 10 yıldaki en yüksek değerine ulaşmıştır. Bununla beraber, 200 yılında 11 milyon \$ değerinde kereste ihraç eden Türkiye’nin 2010 yılı ihracatı 14.9 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir [1].

Tablo 2.4: Türkiye'nin kereste ihracatı.

Türkiye'nin Kereste İhracatı			
Yıl	Miktar	Toplam Değer (Bin \$)	Değer Değişim (%)
2000	619.715 Kg 6.182 m ² 2.489.643 m ³	11.012	4,37
2001	2.620.651 Kg 9.479 m ² 1.443.885 m ³	34.647	214,62
2002	2.459.470 Kg 11.405 m ² 157.814 m ³	27.399	-20,92
2003	193.389 Kg 28.713 m ² 392.212 m ³	13.053	-52,36
2004	169.728 Kg 14.889 m ² 60.249 m ³	12.528	-4,02
2005	120.324 Kg 38.486 m ² 55.768 m ³	14.830	18,37
2006	302.6351 Kg 69.085 m ² 48.604 m ³	14.610	-1,48
2007	531.783 Kg 466.033 m ² 47.722 m ³	16.366	12,02
2008	417.009 Kg 89.000 m ² 27.392 m ³	12.303	-24,83
2009	377.780 Kg 79.614 m ² 37.721 m ³	12.896	4,82
2010	368.561 Kg 80.478 m ² 40.991 m ³	14.897	15,51

Tablo 2.4 üzerinde görülen Türkiye'nin kereste ihracatı tablosunda 2010 yılında Türkiye'nin en çok kereste ihracatı yaptığı ülkeler ilk sırayı alan ve toplam ihracatın %27'sinin yapıldığı Irak'tan sonra KKTC, Azerbaycan, Türkmenistan ve Ürdün olmuştur [1].

2.5.1.2 Türkiye'nin Kereste İthalatı



Şekil 2.5: Değer bazında Türkiye'nin kereste ithalatı.

2000-2010 yılları arasında inişli çıkışlı bir trend gösteren kereste ithalatı, 2000 yılında 33 milyon \$ olarak gerçekleşirken 2010'da bu değer %300 artarak 132.3 milyon \$'a kadar çıktığı görülmektedir [1].

Şekil 2.5'ten de anlaşılacağı gibi keresteye olan ihtiyacımız artmış fakat üretim kapasitemiz ve ekonomik şartlar gereği ithalatta ciddi bir artış göstermiştir. Bunun sonucu olarak kereste sektörünün önemi bir kez daha görülmektedir.

Tablo 2.5: Türkiye'nin yıllara göre kereste ithalatı.

Türkiye'nin Kereste İthalatı			
Yıl	Miktar	Toplam Değer (Bin \$)	Değer Değişim (%)
2000	569.761 KG 41.806 M ² 22.385.181 M ³	33.010	-5,85
2001	231.234 KG 52.150 M ² 12.239.149 M ³	21.539	-34,75
2002	1.705.244 KG 63.794 M ² 194.896 M ³	25.875	20,14
2003	1.166.533 KG 75.065 M ² 360.703 M ³	27.641	6,82
2004	1.160.009 KG 61.827 M ² 371.754 M ³	46.722	69,03
2005	1.542.703 KG 25.321 M ² 469.184 M ³	66.032	41,33
2006	2.693.136 KG 26.462 M ² 631.402 M ³	99.675	50,95
2007	2.048.870 KG 57.162 M ² 582.796 M ³	113.248	13,62
2008	1.535.858 KG 25.650 M ² 662.358 M ³	159.720	41,04
2009	1.322.746 KG 11.297 M ² 454.491 M ³	99.440	-37,74
2010	3.398.218 KG 17.186 M ² 641.483 M ³	132.290	33,04

Tablo 2.5'te görülen 2010 yılında Türkiye kereste ithalatının %30,5'ini Rusya Federasyonu'ndan, %25,5'ini ise Ukrayna'dan yapmıştır. Bu iki ülkeyi takiben Türkiye'nin en çok kereste ithal ettiği ülkeler sırasıyla Romanya (%9,9), Kamerun (%8,5) ve Bulgaristan (%4,9) olmuştur [1].

Tablo 2.6: Türkiye'nin ülkelere göre kereste ithalatı.

Ülkeler Göre Kereste İthalatı (\$)					
Sıra	Ülke	2009	2010	2009-2010 Değişim (%)	Pay (%)
		Değer	Değer		
1	Rusya Fed.	31.143.388	40.377.024	29,6	30,5
2	Ukrayna	21.089.604	33.778.905	60,2	25,5
3	Romanya	9.315.739	13.111.501	40,7	9,9
4	Kamerun	9.182.555	11.244.370	22,5	8,5
5	Bulgaristan	1.425.541	6.477.032	354,4	4,9
6	A.B.D.	4.019.330	5.704.596	41,9	4,3
7	Kongo	2.646.292	2.304.192	-12,9	1,7
8	Finlandiya	430.381	1.870.607	334,6	1,4
9	Burma	1.138.971	1.706.028	49,8	1,3
10	İsveç	741.728	1.467.988	97,9	1,1
	DİĞERLERİ	18.306.511	14.248.058	-22,2	10,8
	TOPLAM	99.440.040	132.290.301	33,0	100,0

2.6 Kereste Sektörünün Swot Analizi

Kereste sektörünün zayıf yönlerini sıralamak gerekirse;

- Talep eksikliği.
- Ar-Ge çalışmalarının yetersizliği.
- İşletmenin uluslararası pazarlarda tanıtım eksikliği.
- Ulusal ve uluslararası fuarlarda katılım yetersizliği.
- Markalaşma yetersizliği.
- İşletmelerin kurumsallaşamaması.
- Enerji maliyetlerinin yüksek, kalitesinin düşük olması.
- AB Standartlarının bilinmemesi.

Kereste sektörünün güçlü yönlerinden bahsetmek gerekirse;

- Kalite bilincinin artması.
- İhracat yapma bilincinin artması.
- İşçilik maliyetlerinin AB ülkelerindekine göre düşük olması.
- İşletmenin modern teknolojiyi yakından takip etmesi.

Kereste sektörü için fırsatlardan bahsetmek gerekirse;

- AB'ye üyelik süreci.
- AB ülkelerinde işçilik maliyetlerinin yüksek oluşu.
- Rusya pazarı ile yakınlık.

Kereste sektörü için tehlikelerden bahsetmek gerekirse;

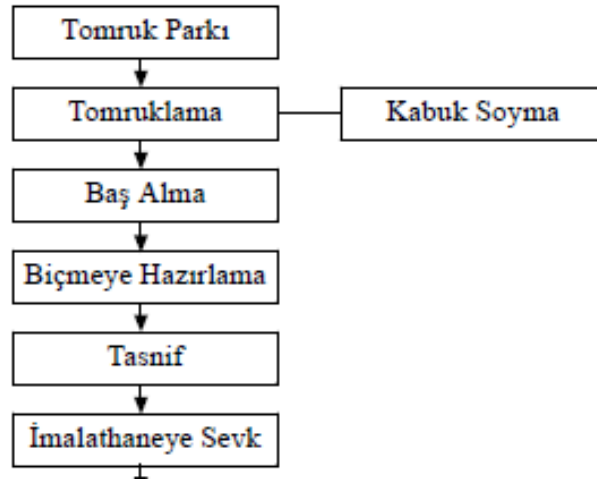
- Ekonomik belirsizlikler.

3. AĞAÇTAN KERESTEYE YOLCULUK

Ağacın, ticari maksatla kullanılabilir halidir. Bulunduğu şekliyle kullanılmayan ağaç, önce kesilir sonra hizar atölyelerinde kereste haline getirilir. Keresteler sınıflandırılır, kurutulur gerekiyorsa son işlem yapıp pazarlanır. Dünyada ortalama olarak, kesilen ağaçların yarısı yakacak, diğer yarısı da kâğıt ve çeşitli işlerde kereste olarak kullanılmaktadır. Kullanılacağı yere göre çeşitli ağaçlardan kereste elde edilir.

3.1 Orman Alanındaki İşlemler

Kereste üretimin ilk aşaması orman içerisinde geçmektedir. Ağaç kesme, devirme, dallarını kesme, kabuk soyma, biçmeye hazır hale getirme, sınıflandırmak ve sevk etmektir [3]. Sayılan işlemlerin burada yapılmasının birçok sebebi bulunmakla birlikte en önemli faktörü yerinde müdahale etme zorunluluğunun olması, ağacın istenmeyen kısımlarının kereste üretimi için gönderilmemesi vb. olarak söyleyebiliriz [4]. Şekil 3.1’de şematik olarak gösterimle kerestenin orman alanı içerisindeki işlemlerini okların yönüyle sıralandığı görülebilmektedir. Yine şekil üzerinde görülen kabuk soyma işlemi opsiyonel olarak orman alanında olabileceği gibi hizar alanında da yapılabilmektedir.



Şekil 3.1: Orman içerisinde yapılan operasyonlar.

3.1.1 Ağaç Kesme

Uygun nitelikteki ağaçların tespit edilmesi ve işaretlenmesi ile kerestenin yolculuğu başlamış olur. Eskiden balta ve testere ile kesilen ağaçlar, bugün motorlu testerelerle kesilmektedir. Gerekirse daha küçük parçalara bölünür. Şekil 3.2’ de ağacı kesmede ve dallarını kesme işlemleri için kullanılan testere görülmektedir.



Şekil 3.2: Ağaç kesmede kullanılan elektrikli testere ekipmanı.

3.1.2 Tomruk Nakli

Tomrukların nakli, şehirlere ve coğrafi bölgelere göre çeşitli yollardan yapılır. Traktör ve kamyonlarla karadan nakil yapılabildiği gibi, akarsularda bu maksatla faydalanılmakta, hatta bazı zorlu durumlar için nakil helikopterleri ve balonlar kullanılmaktadır [3]. Tomrukların yüklenmesi için kullanılan “Tomruk Ataşmanı” Şekil 3.3’te görülebilmektedir.



Şekil 3.3: Tomruk ataşmanı iş makinesi.

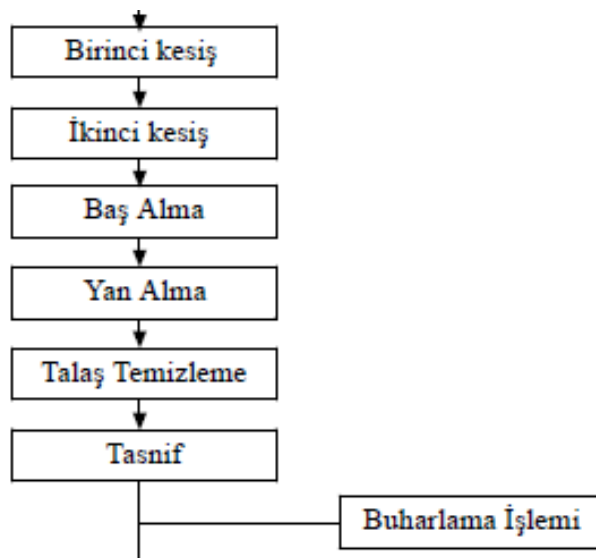


Şekil 3.4: Nakliye için yüklenen kereste kamyonu.

Şekil 3.4’de görülen kereste kamyonu görülmektedir fakat daha büyük nakliyeler için başka alternatif araçlarda kullanılabilir.

3.2 Hizar Alanındaki İşlemler

Burada atölyelerde, tesislerde ve kesim için düzenlenen fabrikalarda ormandan gelen tomrukların kesim işleri yapılmaktadır. Tomrukların iki ucu temizlenmekte bunun için kesim yapılmaktadır ayrıca tomrukların kesimleri için kesim çizgileri belirlenmekte ve gerekli kesimler yapılmaktadır. Şekil 3.5’te kerestelerin hizar alanındaki işlemleri sırasıyla gösterilmektedir.



Şekil 3.5: Hizar alanındaki temel işlemler.

3.2.1 Kereste Kesimlerinde Hesaplamaların Yapılması

3.2.1.1 Konikliğin Hesaplanması

Koniklik (Gövde düzgünlüğü) kereste endüstrisinde istenmeyen bir tomruk özelliği olup randımanı düşürmektedir. Koniklik, TS EN 1310 (2001)'e göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir [5].

$$\text{Koniklik(\%)} = ((D_{\text{kalm}} - D_{\text{ince}}) / L_{\text{tomruk}}) \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.1.2 Eğriliğin Ölçümü

Tomruğun büyüme kusurlardan olan eğrilik de randımanı düşürmektedir. Tomruklar biçme hattına paralel olarak olacak şekilde yerleştirilmektedir. Eğrili, TS EN 1310 (2001)'e göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir [5].

$$\text{Eğrilik(\%)} = (\text{Açıklık miktarı} - \text{Boy}) \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.1.3 Hacmin Hesaplanması

Randıman hesabının eksiksiz yapılabilmesi için üretime giren her bir tomruğun hacminin belirlenmesi gerekir. Tomruğun hacmi kabuksuz orta çapı esas alan aşağıdaki şekilde hesaplanır [5].

$$\text{Hacim} = (\pi \times r^2 \times L) / 4 \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.3)$$

3.2.1.4 Yanları Alınmamış Kerestenin Hacminin Hesaplanması

Yanları alınmamış kerestenin genişliği TS 1485 (1974)'e göre ölçülmüştür. Kerestenin yanları alınmadığı için üst ve alt yüzey genişlikleri farklılık göstermektedir. Burada kereste kalınlığı için orta noktadan yapılan ve alt kalınlık değerlerinin ortalamasından hesap edilir. Daha sonra hacim hesabı yapılır [5].

$$\text{Genişlik} = (D_{\text{ort}}) = (D_{\text{üst}} + D_{\text{alt}}) / 2 \quad (3.4)$$

$$\text{Hacim} = D_{\text{ort}} \times \text{Kalınlık} \times \text{Boy} \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.5)$$

Daha sonra bulunan hacim değerleri toplanır ve bir tomruktan çıkan toplam kereste miktarı bulunur ve tomruk hacmine oranlanarak randıman hesaplanır.

$$\text{Randıman} = (\text{Toplam kereste hacmi} / \text{tomruk hacmi}) \times 100 \quad (3.6)$$

3.2.1.5 Yanları Alınmış Kerestenin Hacim ve Randıman Hesabı

Kereste dar yüzünün ince uç genişliği esas alınarak paralel yan alma ile imal edilebilir. Yan alma işlemi şerit bıçklarla gerçekleştirilebilir [5].

$$\text{Kereste Hacmi (m}^3\text{)} = \text{Genişlik} \times \text{Boy} \times \text{Kalınlık} \quad (3.7)$$

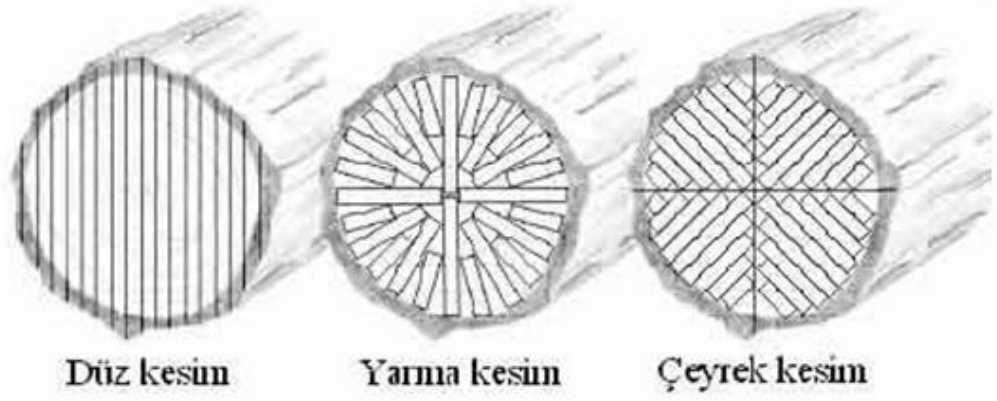
$$\text{Randıman (\%)} = (\text{Hacim}_{\text{yanları alınmış}} / \text{Hacim}_{\text{yanları alınmamış}}) \quad (3.8)$$

3.2.2 Kerestelerin Kesim Yönteminin İncelenmesi

Kereste, yuvarlak bir kütükten kesilerek elde edilen dikdörtgen şeklinde profili olan tahtalardır. Orman depolarından hızar ve biçme atölyelerine gelen tomruklar cinsleri ve kullanılacakları alanlara göre değişik yöntemlerle kesilmektedir. Bu değişik yöntemlerin avantajları ve dezavantajları vardır. Kereste kesiminde uygulanmakta olan üç çeşit kesim vardır [6].

- Düz kesim
- Çeyrek kesim
- Yarma kesim

Bu üç tip kesim şeklini; fabrikalar, işlerinin özelliğine göre gerektiğinde kullanmaktadırlar. Uygulamalarında fazladan harcanan zaman ve beceriyi kalite olarak dolayısıyla fiyat olarak yansıtırlar [6]. Şekil 3.6 üzerinde her bir kesim türünün kesim çizgileri ve aralarındaki farklar görülebilmektedir.



Şekil 3.6: Düz kesim, yarma kesim ve çeyrek kesimin kesim çizgileri.

3.2.2.1 Düz Kesim

Şekil 3.6’da gösterildiği gibi hızarlar, bir kütükte birbirine paralel kesimler serisini yaparak “Düz kesim” kereste elde ederler. Bu teknikte kesim çizgisi, ağacın damarlarına ve yaş halkalarına teğet ve paralel olarak geçer. Düz kesim keresteler 30° ’den daha az açı taşıyan yaş halkalarına sahiptir. Kütüğün uzunlamasına dilim olarak kesildiği basit bir yöntemdir [6].

Bu kesme sistemi, mükemmel verim sağlar çünkü ıskartalar en aza indirilir, zaman tasarrufu yapılır. Düz kesim kolaydır, ucuzdur ve beceri gerektirmeyen basit bir yöntem olduğundan çabuk uygulanır. Piyasada çok yaygındır. Piyasada genel tercih olarak Dünya kerestelerinin %98’i düz kesim olarak üretilmektedir [6].

Ne yazık ki, düz kesimin bazı kritik dezavantajları vardır. Düz kesilmiş kereste çeyrek kesilmiş keresteye göre enlemesine daha fazla çekme yapmaya karşın bükülmeye meyillidir. Düz kesim keresteler, ağacın greni, budakları ve dönüşlerini vurgular. Ancak düz kesim keresteler, genellikle uyuşmaz renkler içeren gren örneklerine sahiptir, bu örnekler “Katedraller” olarak isimlendirilir. Bu Katedraller diğer kesim yöntemleri ile oluşturulamazlar [6]. Şekil 3.7 üzerinde kesim çizgileri ve Şekil 3.8’de bu kesim sonucunda çıkan grenler kolaylıkla görülebilir. Bunların yanında gren desenlerine bakarak nasıl bir kesimin de gerçekleştiğini söyleyebiliriz.



Şekil 3.7: Bir kütüğün düz kesilmesi ve kereste yüzeyindeki “Gren” desenleri.



Şekil 3.8: Düz kesilmiş ağaçta büyüme halkaları.

Düz kesim için ayrıca piyasada çok az yeri olsa da telli saz üreticileri, yapılan araştırmalar sonucunda gitar, basso, keman gibi çalgı aletlerinde, değişmeyen, mümkün olan sesi elde etmeye olanak tanıyan düz kesimi tercih etmektedirler [6].

3.2.2.2 Çeyrek Kesim

Çeyrek kesimli keresteler, büyük ve geniş ağaçlardan elde edilir. İnce ve genç ağaçlarda bu yöntem uygulanmaz. Çeyrek kesim, Şekil 3.9’da görüldüğü gibi ağacın merkezinden 90°’lik açılarla kütüğün dört parçaya bölünmesinde ibarettir. Dörde bölünen bir ağaç kütüğünden elde edilen her parça ağaç özüne (merkezine) köşegen (diyagonal) olacak şekilde kesilir. Bu uygulama, dik olan greni daha fazla oluşturur. Çeyrek kesimli kerestede, kendi yüzeyine takriben 60°’den 90°’ye kadar açıya sahip olan yaş halkaları konumlandırılmıştır. Çeyrek kesim kereste, her hangi bir odada kullanılmakta olan modern anlamdaki yer döşemelerinde bulunan çok kuvvetli ve

düzenli grenlere sahiptir. Sert ağaç yer döşemeleri yüzeyinde görülen gren; ağacın nasıl kesildiğine göre değişiklik göstermektedir. Bu tip ağaç kesiminin faydaları, düz kesimden %50 daha fazla, az dönüşlü, uzunlamasına seyreden halis grenler elde etmektir. Çeyrek kesim, hem yarma ve hem de çeyrek kesimli ürün meydana getirir [6].



Şekil 3.9: Çeyrek kesim sonucu ortaya çıkan grenler.



Şekil 3.10: Çeyrek kesimli bir ağacın yaş halkalarının paralel görünümü.

Bu kesimin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Çeyrek kesim boylamasına düz giden damarları korur. Çeyrek kesim olarak ifade edilen kesimde ağacın birçok görüntüsünde ışınların güzel örnekleri sergilenir. Çeyrek kesim yapılmış kerestenin grenleri, göreceli olarak birbirine uyumludur ve bundan böyle ürün istikrarlı ve tutarlı olup marangoz ve mobilyacılar tarafından tercih edilmektedir. Çeyrek kesim keresteler, Şekil 3.10'da görüldüğü gibi alternatif kesim yöntemi ile ortaya çıkan figürlerde bazılarının tercih ettiği öz ışınlarını ve dalgalı grenleri içerir [6].

Fire oranı düz kesim ile aynıdır. Çeyrek kesim sayesinde elde edilen verim nedeniyle, keresteler diğer düz kesimden büyük ölçüde daha az olarak üretilmekte olup, nispeten maliyeti yüksektir. Çeyrek kesim yapabilen kereste üreticisi çok az bulunmaktadır [6].

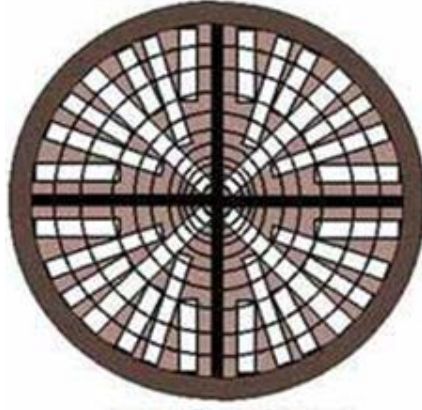
Geniş ağaç kütüklerinden elde edilen çeyrek kesim keresteler, üretimde daha fazla çaba gerektirir. Birçok ağaç türü, çeyrek kesim ile öz ışınlarının güzel örneklerini görüntüler. Çeyrek kesilmiş kerestenin, en belirgin karakteristik özelliği, ortaya çıkan gren örneklerinin çeşitleridir. Çeyrek kesilmiş kerestenin, en belirgin karakteristik özelliği, ortaya çıkan gren örneklerinin çeşitleridir. Bu tip kesimler teknik hüner ve sabır gerektirir. Çeyrek kesim öğrenilmesi yıllarla ölçülen bir sanattır. Bu sebepten dolayı maliyeti diğerlerinden fazladır [6].

Çeyrek kesim kerestenin özellikleri:

- Enlemesine çekme ve bükülmeyi azaltır.
- Bükülme, eğrilme ve oluklaşmayı azaltır.
- Hemen hemen tüm uygulamalarda kullanılır.
- Çatlama veya yarma yüzey yaratmaz.
- Daha iyi bir boyama yüzeyi oluşturur.
- Yüzeyde çatlamalara az eğilimlidir.
- Sıvıların, içinden geçmesine izin vermez.
- Kabarmış grenlere karşı bile düz yüzey oluşturur.

3.2.2.3 Yarma Kesim

Yarma kesim kereste, düz kesim ve çeyrek kesim keresteden daha az kullanılmaktadır. Yarma kesim keresteler, Şekil 3.11'de görüleceği gibi yaş halkalarına 30°/60° açılarda kesilir. Bu uygulama fazla önem arz eden işçiler için dik veya sapmayan düz gren örnekleri elde etmekte kullanılır. Çizimde gösterildiği gibi her bir kereste kütük kesiminde aynı ilişkiye sahiptir ve bundan böyle her bir seferde kereste aynı gren örneğine sahip olacaktır [6].

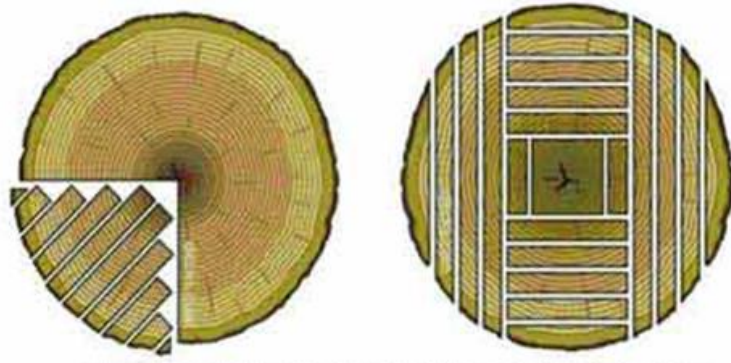


Şekil 3.11: Yarma kesim örneği.

Yarma kesim kerestesinden yapılmış malzeme, muhtelif tahtalar içinde gren örneklerinden benzerlik sebebiyle muntazam görüntüye sahiptir [6].

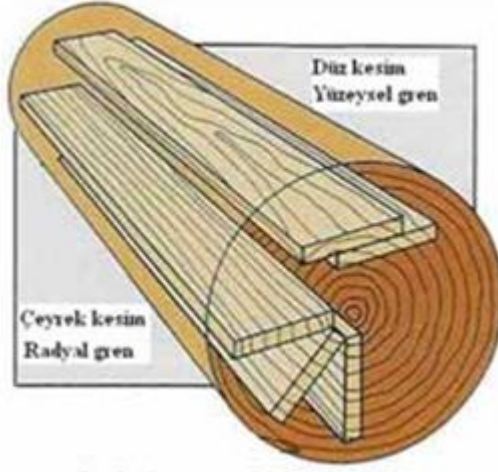
Ne yazık ki, yarma kesim, çok fazla zaman ve özel beceri gerektirdiğinden maliyeti çok yüksektir, çizimde anlaşılacağı gibi otomasyon üretime uygun değildir ve dolayısıyla da istiflemeye de kullanılmazlar. Kenar kesimlerinde ufak parçalar, takozlar ve kırıntıların miktarı çok olacaktır. Düşük verimden dolayı bu tür bir yöntem nadiren kullanılmaktadır. Yarma tahta, dikey grenler üretildiğinden parlak özelliğe sahip değildir. Daha çağdaş uygulamalar için mimarlar tarafından belirlenip kullanılmaktadır [6].

3.2.2.4 Kereste Kesimlerinin Karşılaştırılması

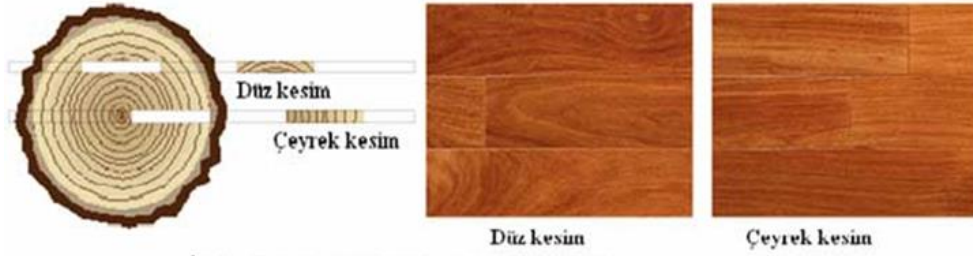


Şekil 3.12: Çeyrek kesim ve düz kesimin karşılaştırılması.

Şekil 3.12'den de gibi keresteleri elde etmek için düz kesim sayısı çeyrek kesim sayısına göre daha az sayıda olacak ve hızlı üretim sağlayacaktır.



Şekil 3.13: Düz ve çeyrek kesimin farklılıkları.

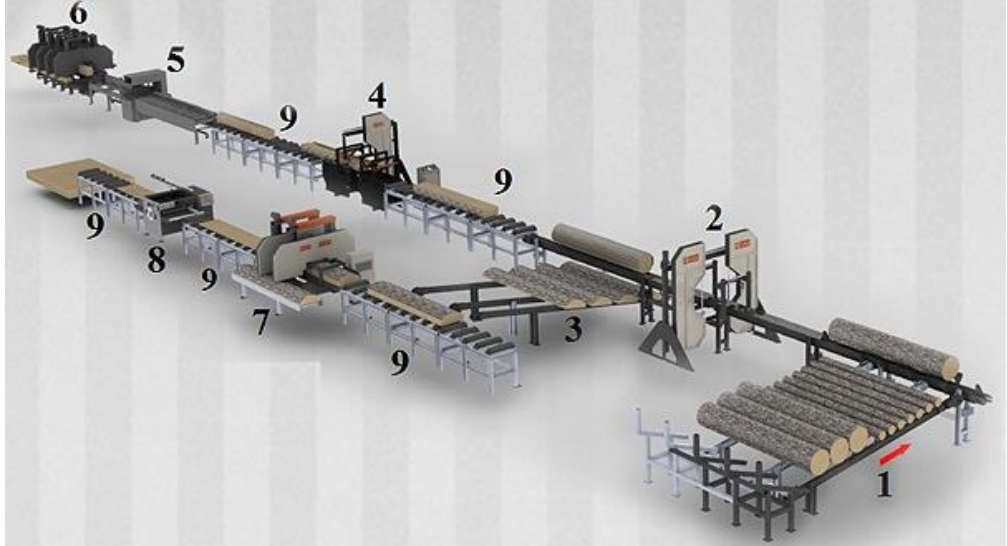


Şekil 3.14: Düz ve çeyrek kesimin grenleri arasındaki farklar.

Düz ve çeyrek kesimin grenlerinin farkları Şekil 3.14 üzerinde rahatlıkla görülmektedir. Estetik kaygısı olan işlemler için çeyrek kesimin grenleri daha çok tercih edilen bir seçim olacaktır.

3.2.3 Tomruk Kesimindeki İş İstasyonları

Tomruk kesimindeki iş istasyonları tomruk halinde bulunan ağacın her bir istasyonda kereste formuna geçişinde kullanılacaktır. Her bir aşamada tomruğun veya tomruktan ayrılan kapak parçalarının kereste ve diğer ağaç ürünlerini elde etmek için ihtiyaç duyulacaktır. Tomruk kesimindeki iş istasyonları Şekil 3.15 üzerinden tomruktan keresteye doğru giden bir sıralamayla görülebilmektedir.



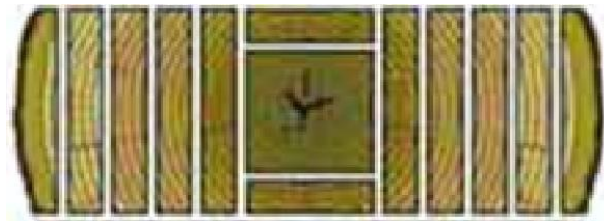
Şekil 3.15: Otomasyonlu tomruk kesme makinası.

3.2.3.1 Tomruk Yükleme

Tomrukları kesim atölyesinde otomasyonlu kesime alınabilmesi için öncelikle bant üzerine alınır.

3.2.3.2 İkiz Şerit Bıçkıyla Kesim

Bant üzerinden iletilen tomruklar en büyük hacminin ikiz şerit bıçkının arasından geçirilmek üzere gönderilir. En büyük hacimdeki kısmın şerit bıçklara ortalanmasının sebebi tomruktan en yüksek verimle faydalanmaktır. Şekil 3.16 üzerinde tomruktan elde edilen en büyük parça görülebilir. Artan kapak parçaları ise yeniden değerlendirmek için kereste haline getirilebilir, kereste haline getirilmesi mümkün değilse kereste istifi katlarını ayırmak için çita olacak şekliyle kesilir.



Şekil 3.16: İkiz şerit bıçkı kesimi sonucu çıkan parça.

3.2.3.3 Kapak Çıkartma

Bir önceki işlem olan ikiz şerit bıçının artığı olan tomruğun karşılıklı iki parçasını bölümüne göndermek için ana parçadan istenmeyen parçaları ayıran prosestir. Şekil 3.17’de ayrılan kapak parçası görülmektedir, bu parça uygunluğuna göre yeniden kereste elde etmek için kesilebilir. Parça uygun değilse diğer küçük ağaç ürünleri elde etmek için kullanılabilir.



Şekil 3.17: Tomruktan çıkarılan kapak parçası.

3.2.3.4 Tekli Lata ve Kapak Kıyılama

Bir önceki prosesten gelen kerestelerin dört yüzü de temizlenmiştir. Öncekilere göre daha küçük hacimde kalan iki yüzeyde bu işlemde kesilir ardından kesilen parça ana parçadan uzaklaştırılarak atık bölümüne gönderilir. Bu artan parçalardan yeniden kereste etmek mümkün değildir. Gerekirse bu artan parçalar değerlendirilip istif katlarını ayırmak için kullanılabilir.

3.2.3.5 Boy Kesme

Tek parça halinde tomruk içerisinde çıkarılan en büyük hacimli dikdörtgenler prizması veya kare prizması şeklindeki parçayı boyuna kesildiği işlemdir. Boy kesme işleminde kerestede istediğimiz boy elde edilmiştir. Boy kesme operasyonundan sonra ise keresteden istenilen hem boy ve kalınlığı ya da hem boy ve en ölçüleri elde edilmiş olur.

3.2.3.6 Yatay Şerit Dilimleme

Kereste elde etmenin son aşamasıdır. Bu aşamadan sonra önceden belirlenen ölçüde kereste elde edilecektir.

3.2.3.7 Yan Alma

Tomruğun artık kapak kısmının yeniden kapak yarma işlemine tabi tutulduktan sonra parçanın yanlarının alınmasıdır. Yan alma işleminden sonra parçanın tüm yüzleri düz olur. Eğer istenilen ölçüde parça çıkmışsa kereste olarak değerlendirilir. Kereste için büyükse yatay şerit dilimleme işlemine tabi tutularak gönderilir.

3.2.3.8 Transfer Konveyörleri

İşlemleri tamamlanan keresteler veya parçaların iş istasyonlarına iletilmek için kullanılan bantlardır. Bu konveyörler bantlı, zincir-dişli, kayış-kasnak, modüler hasır bantlı, modüler bantlı, tel tabanlı, tavalı, kauçuk bantlı, esnek, döner tabaka ya da vibrasyonlu bant şeklinde olabilir [7].

3.2.4 Kereste Standardizasyonu İle İlgili Tanımlar

Kereste endüstrisinde birçok terim kullanılmaktadır. Bu terimleri konu içerisinde daha iyi anlamak ve yanlış kullanmamak adına bazı terimleri açıklamak gereklidir.

Bini: Kapı, pencere gibi ürünlerin kanatları kapanınca kalan aralığı örtmek üzere bu kanatların kenarlarına yapılan çıkıntılı kısım veya taşkın çıtadır [8].

Budak: Dalın gövde içindeki başlangıç yeri olan ve tahtalarda görülen yuvarlak, koyuca renkte sert bölümdür. Ağacın dal olacak kısmıdır [8].

Budak deliği: Tahtalardaki budak yerinin çıkarılmasından sonra ortaya çıkan boşluktur [8].

Budak özü: Taze sürgündür [8].

Çıkar budak: Çevresi ile bağlantısı zayıflayan ve bazı ağaç türlerinde kendiliğinden düşebilen bir budak türüdür [8].

Derz: İki yapı gereci, elemanı veya yapının iki bölümü arasında kalan aralıktır [8].

Kereste: Odunların biçilmesi, kesilmesi veya yarılması ve yontulması suretiyle elde olunan parçadır [9,10].

Çıta: Genişliği 25mm, kalınlığı 10mm ile 20mm arasında değişen kerestedir [9].

Parça: Birbirine paralel karşılıklı en az iki yüzü bulunan kerestelerden bir tanesidir [9,10].

Yüz: Kerestenin uzunluk eksenini doğrultusundaki yüzeylerinden daha geniş ve birbirine paralel olan karşılıklı iki yüzeydir. Enine kesitli kare biçimde olan kerestede yüzeylerin dördü de yüz sayılır [9,10,11].

Dış yüzey: Tomruğun özüne daha uzak olan yüzeydir [11].

İç yüzey: Tomruğun özüne daha yakın olan yüzeydir [11].

Kenar: İki yüzeyine veya bir yüzeyle bir yanın kesiştiği hattır [9,10,11].

Sulama: Yanları alınmış kereste kenarlarında görülen yuvarlak odun yüzeyidir. Kabuklu veya kabuğu alınmış olabilmektedir [10,12,13].

Sulamalı kenar: Bir veya daha fazla yerde sulama bulunan kenardır [11].

Keskin kenar: Sulama bulunmayan kenardır [11].

Yan: Dörtgen kesitli bir kerestenin karşılıklı en dar yüzeyleridir [9,10,11].

Baş: Liflere dik doğrultuda iki en kesit yüzeydir [10,11].

Boy: Parçanın iki başı arasındaki en kısa uzaklıktır [10,11].

Genişlik: Yanlar arasında uzunluk eksenine dik doğrultuda ölçülen uzaklıktır [11].

En dar genişlik: Sulamalı kerestenin en dar yüzeyindeki kısmından ölçülen genişliğidir [11].

Kalınlık: Yüzler arasında yüzlere dik olarak ölçülen uzaklıktır [9,10].

Çap düşüşü (Koniklik, Gövde düşüklüğü): Gövde üzerinde dipten itibaren uca doğru 1 metre gidildiğinde çapın düşüş miktarını göstermektedir. Bu miktar, belirli bir aralıkta ölçülen çap arasındaki farkın bu aralığa oranlanması ile hesaplanmaktadır. Ağaç yaşı, cinsi, büyüme şartları ve tacın büyüklüğü ile ilgilidir [14,15].

Anma boyutu: Parçanın anılan veya biçme duyarlılığına bakmaksızın standardize edilmiş rutubette belirtilen boyutudur [9,10,12,13].

Gerçek boyut: Parçanın ölçme sırasında bulunan boyutudur [9,10,12,13].

Biçme boyutu: Biçme sırasında uygulanması gereken boyuttur. Çekme nedeni ile boyut değişmesi göz önünde tutularak, sonradan anma ölçüsüne eşit olması sağlanacak şekilde düzenlenir [9,10,12,13].

Tahta: Kalınlığı 40 mm ile 100 mm, genişliği 80 mm ile 350 mm arasında değişen kerestedir [16].

Kalas: Kalınlığı 40 mm ile 100 mm, genişliği 80 mm ile 350 mm arasında değişen kerestedir [16].

Kadron: Enine kesiti 30x30 mm, 40x40mm, 50x50mm, 60x60mm ve 70x70mm olan kerestedir [16].

Lata: Genişliği 50mm, kalınlığı 20mm ile 40 mm arasında değişen kerestedir [16].

İğne yapraklı kereste: İğne yapraklı odunlardan elde edilen kerestedir. Bunlar aynı zamanda yumuşak kereste grubundadır [9].

Sert kereste: Yapraklı ağaçlardan elde edilen kerestedir. Bunlara aynı zamanda yapraklı kerestede denir [10].

Yanları alınmış kereste: Yan yüzlere tamamen veya sulama sınırı içerisinde dik olan kerestedir [9,10,12,13].

Yanları paralel alınmamış kereste: Yanları birbirine paralel olmayan(konik) kerestedir [9,10].

Bir yanı alınmış kereste: Bir yanı odundan çıktığı gibi bırakılan diğer yanı alınmış kerestedir [9,10].

Yanları alınmamış kereste: İki yanı yuvarlak odundan çıktığı gibi bırakılmış kerestedir [9,10,12,13].

Radyal kereste (Aynalı kereste): Kereste enine kesitinde yıllık halkalarının kereste yüzeylerine çıkış açısı 45° 'den büyük olan kerestedir [10,12,13].

Teğet kereste: Kerestenin enine kesitinde yıllık halkalarının kereste yıllık halkalarının kereste yüzeylerine çıkış açısı 45° 'den daha küçük olan kerestedir [10,13].

Verev Kereste: Kereste yanlarının liflerin gidişi (uzunluk ekseninin) doğrultusunda alınmayarak liflerin (uzunluk ekseninin) gidişi ile bir açı yapacak şekilde alınması neticesi elde edilen kerestedir [10,13].

Havlı Kereste: Yüzeyleri fazla lifli(pürüzlü) olan ve derin rendelemeyi gerektiren kerestedir [10,13].

Kaba kereste: İleri seviyede makineyle işlenmemiş, belirli toleranslarla biçilmiş kerestedir [11].

Artık: Tomruğun keresteye biçilmesi, kerestenin işlenmesi ve onarılması sırasında oluşan ve standartlarındaki boyut ve özellik dışında kalan ıskarta mal, testere talaşı kapak, kırıntı, kerestecik, takoz parçası veya parçacığdır [17].

İskarta mal: Standartlarında belirtilen boyutlarında olmakla birlikte, onarılsa da taşıdığı görünüş özellikleri bakımından standartlarında belirtilen sınıfların hiç birine girmeyen parçadır [17].

Testere talaşı: Biçme sırasında testere dişleri tarafından çıkarılan parçacıklardır [17].

Kapak: Tomruğun keresteyle biçilmesi sırasında oluşan bir tarafı biçilmiş, diğer tarafı doğal olarak yuvarlak, biçilmiş yüzle yuvarlak yüz arasındaki en büyük yükseklik kalan başta en çok 40mm ince başta en çok 15mm, genişliği en az 80mm, boyu en az 1000mm olan artıktır. Bu artık parçadan yeniden işleme tabi tutularak kereste üretmek mümkündür [17].

Kırıntı: Kereste yanlarının alınması ve işlenmesi sırasında oluşan ve ufak mal, parkelik, çita üretim olanağı bulunmayan parçadır [17].

Kerestecik: Boyu iğne yapraklılarda 1000mm'den kısa ve 210mm'den uzun olan, doğrudan doğruya kereste olarak kullanılması olanağı olmayan parçadır. Bu parça, tomruk keresteyle biçilirken veya kerestelerin sınıflara göre onarılması sırasında oluşur [17].

Takoz: Tomruk ve kereste başlarının kesilmesi sırasında yuvarlak veya köşeli olarak oluşan ve boyu en çok 200mm olan parçadır [17].

3.3 İstifleme

İstifleme sözcüğü sözlük anlamıyla tanımlamak gerekirse; Eşya veya başka nesnelerin düzgün bir biçimde üst üste konulmasıyla oluşan yığındır. Başka bir tanımda ise; Kereste, tahta, vb. ağaç ürünlerini kurutmak veya bekletmek amacı ile belirli düzenlerde üst üste ve yan yana dizilerek yapılan yığındır [18]. Belirli bir geometrik şekli olan birçok nesne istiflenebilir ve uygun paletlere yerleştirilerek istifleme sağlanabilir.

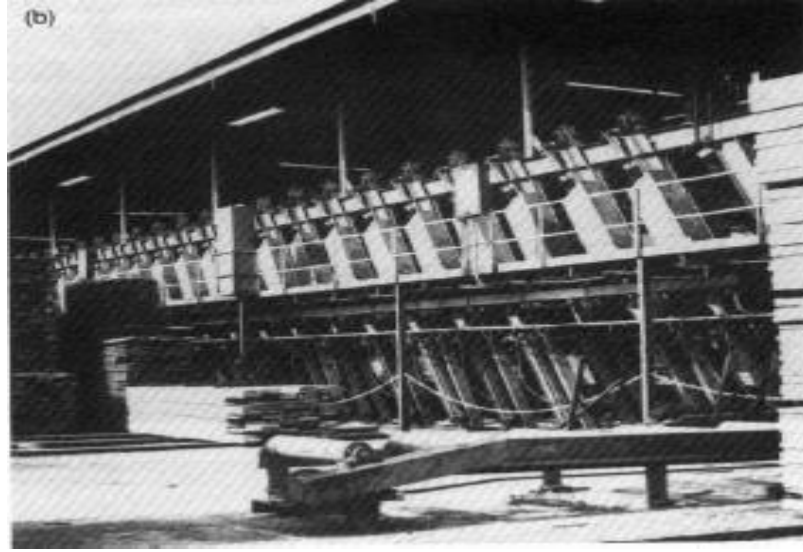


Şekil 3.18: Bir istifleme makinesi.

İstiflemenin tekrarlı bir iş olması sebebiyle istifleme ile ilgili olarak pek çok türde istifleme makinesi bulunabilmektedir. Şekil 3.18'den de görülebileceği gibi tekrarlı olan kerestelerin istiflenmesi için üretilmiş bir kereste istifleme makinası görülmektedir.

4. KERESTE İSTİFLEME MAKİNASI TASARIMI

Kerestelerin istiflenmesi kendi içerisinde mekanik ve elektronik disiplinlerinin birlikte uyum içerisinde çalışmasıyla sağlanır. Kereste istiflenmesinde bu disiplinden yararlanılır. Günümüzden daha eski tasarımlara baktığımızda elektronik yazılımlar ve elektronik araçlar-gereçler bulunmadığından bu sadece mekanik olarak gerçekleşmekteydi [19]. Mekanik prensiplere göre çalışan eski istifleme makinaları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görülebilir.



Şekil 4.1: Eski bir kereste ayırma tesisi.



Şekil 4.2: Kendi boy gruplarında istiflenmeyi bekleyen keresteler.

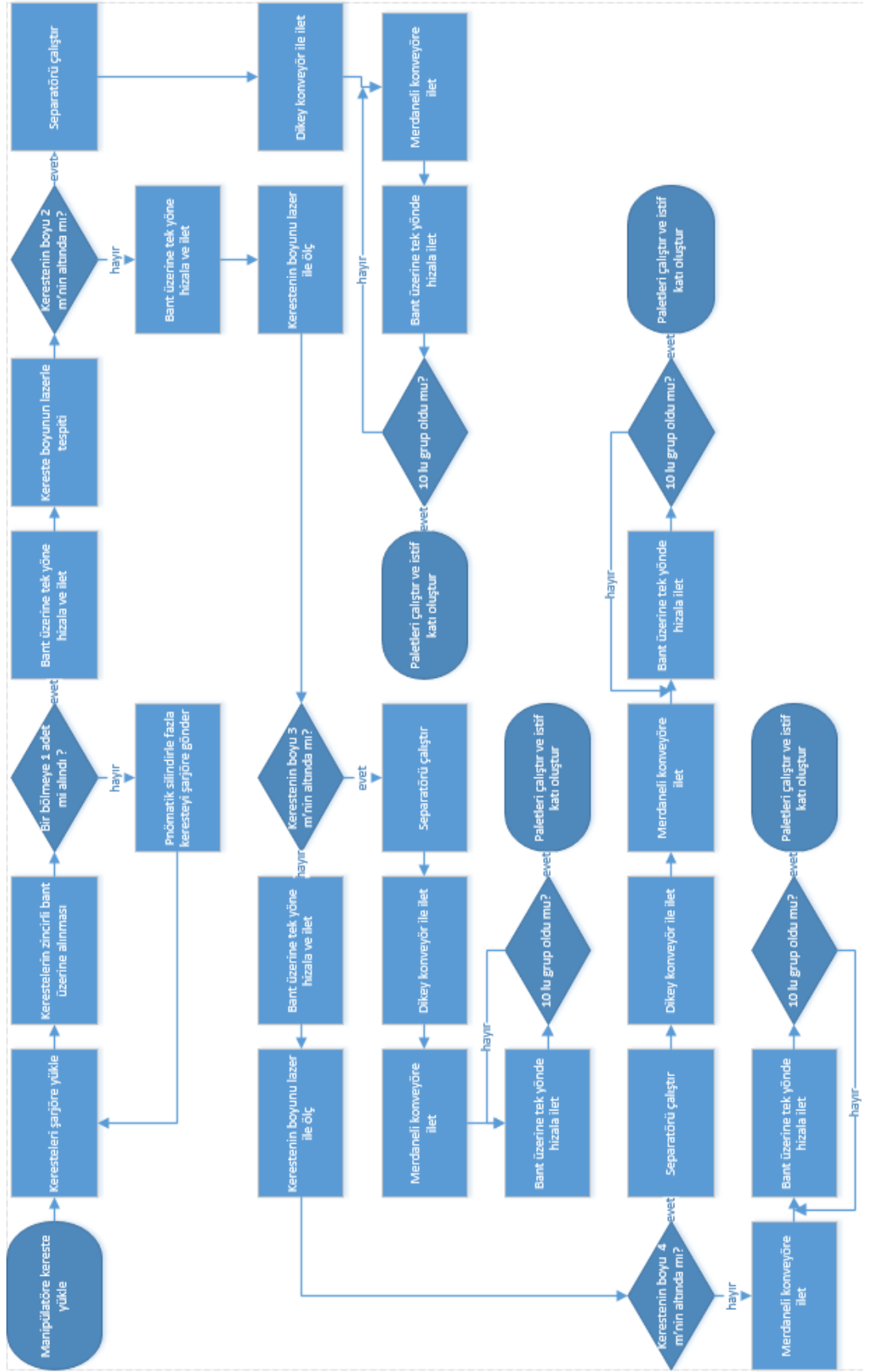
Günümüzde elektronik araç ve gereçlerin gelişmesi, daha uygun fiyatlarda edinilebilmesi ve tasarım yine bilgisayar ortamında olması sektör makinalarında

iyileşmesini sağlamış eski işletmelere göre daha modern tesislerin kurulmasına olanak sağlamıştır. Böylece zaman, iş gücü, çalışan sayısı, hammadde ve enerjiden büyük oranda tasarruf etmek mümkün olmuştur [20].



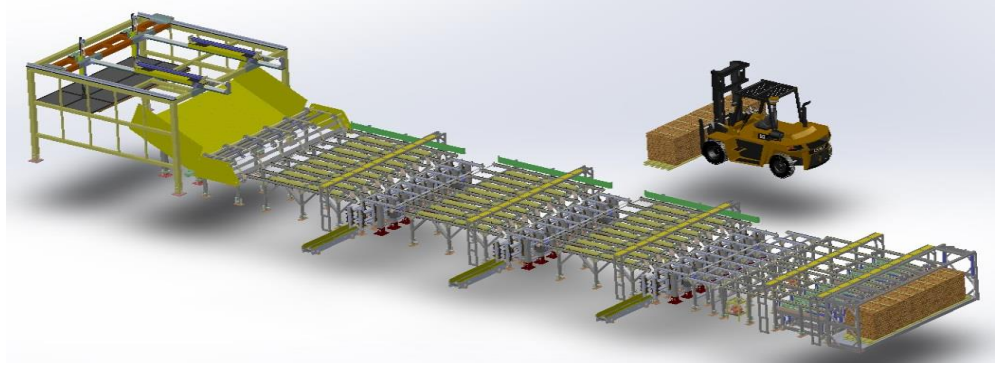
Şekil 4.3: Günümüzdeki modern kereste istifleme tesisi.

Her bir istifleme makinasının iş akış şeması işin kendisine göre değişmektedir. Fakat genel olarak boyutları sabit olmayan şeyleri istifleme için öncelikle gruplandırma yapılarak her bir nesnenin kendi grubu içerisinde yer alması sağlanmalıdır. Daha sonra ki aşamalarda ise bu gruplar kendi içerilerinde düzenli olarak istiflenmelidir. Bu bağlamda kereste istifleme işinin kendi içindeki istasyonlarını ve proseslerini incelemek için iş akış diyagramı üzerinden kerestenin göreceği işlemler belirlenmelidir. Bu tez çalışmasında kereste istifleme makinasının iş akış diyagramı Şekil 4.4'te ki gibi olmaktadır [21].



Şekil 4.4: Kereste ayırma ve istifleme akış diyagramı.

İstiflenecek kerestenin cinsine, boyutlarına, hassasiyetine, istifte bulunan parça sayısına göre birçok tasarım yapılmıştır. Bu tez çalışmasında üç farklı boyutta giriş yapılan 200mm x 50mm x 2000mm, 200mm x 50mm x 3000mm ve 200mm x 50mm x 4000mm boyutlarındaki kerestelerin kendi boy guruplarına ayrılması, kullanılamaz olan (2000mm'den küçük) kerestelerin ayrılması ve her grubun kendi içerisinde istenilen sıra ve sütun sayısında istiflenmesi sağlanacaktır. Çalışılan kerestenin boyutlarında sonraki iş çalışmalarında kullanılabilmesi için ayarlamalara izin verilecek şekilde tasarlanmıştır.



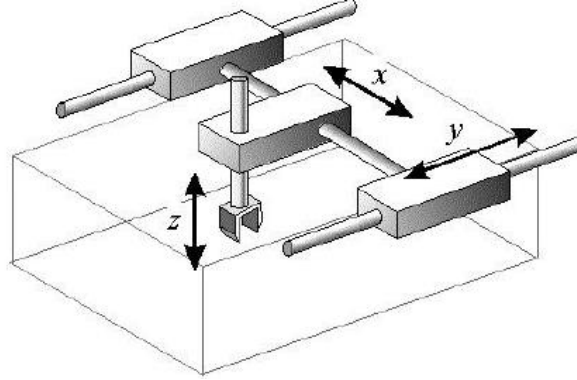
Şekil 4.5: Kereste sınıflandırma ve istifleme makinası tasarımı.

Şekil 4.5'te tasarımı yapılan kereste istifleme makinası tasarımında birçok istasyon bulunmakta mekanik ve elektronik uyum içinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarımda ki iş istasyonlarında bahsetmek gerekirse şu şekilde sıralayabiliriz.

- Kartezyen manipülör (Vakum aparatı montajlı)
- Kereste şarjörü
- Kereste alıcı ve ayırıcı
- Tek yöne hizalayıcı merdaneli konveyör.
- Lazer boyut ölçüm için kafes sistem.
- Separatör.
- Dikey yönde çalışan kereste konveyörü.
- Rulolu konveyör.
- Kereste bekletme konveyörü
- İstif paleti.
- Hidrolik kereste asansörü.

4.1 Kartezyen Manipülâtör

4.1.1 Kartezyen Manipülâtör Hakkında Bilgi



Şekil 4.6: Kartezyen robotun x, y ve z eksenlerindeki hareketi.


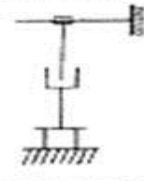
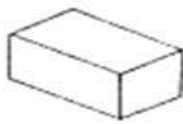
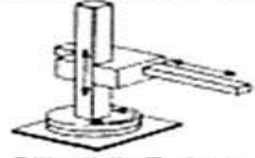
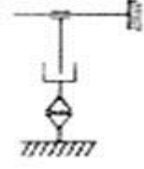
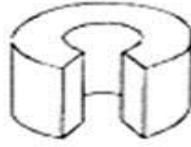



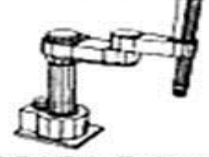
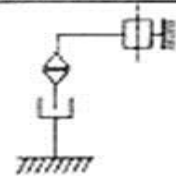
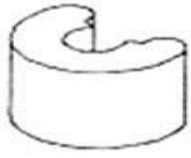

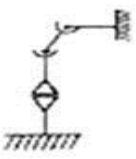
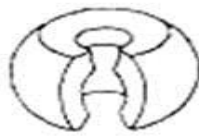
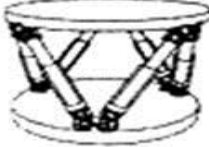
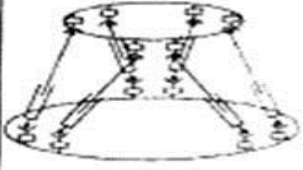

Bu tip çalışmalarda robotun birbirine dik olarak kayan eklemleri mevcuttur. Yani Şekil 4.6'da gösterilen x, y ve z koordinatlarında birbirine dik hareketler gerçekleştirilir. Mekanik yönden çok sağlam olmasına rağmen çalışma alanındaki hareket yeteneği bakımından zayıf olması bir dezavantajdır. Basit yapı tasarımından dolayı kolların hareketi kolaydır. Bir yere ulaşması için hesaplanacak yol çok basit olarak bulunabilir. Bu robot tipi kereste çok büyük boyutlarda ve ağırlıklarda nesnelere taşımak için uygun bir seçim olacaktır [20].



Şekil 4.7: İstif için kullanılan kartezyen robotu örneği.

Tasarlanan Kartezyen manipülâtörün Şekil 4.7'de ki gibi y ve z eksenlerinde hareket kabiliyeti olmasına karşın x ekseninde hareketi mümkün değildir. Çünkü

taşınacak olan kerestelerin üst yüzeyinin tamamını kapsayacak şekilde vakum aparatı manipülâtörün iş kolu ucuna eklenmiştir [22].

Robot	Eksenler	
Prensip	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı
 Kartezyen Robot		
 Silindirik Robot		
 Küresel Robot		
 SCARA Robot		
 Mafsallı Robot		
 Paralel Robot		

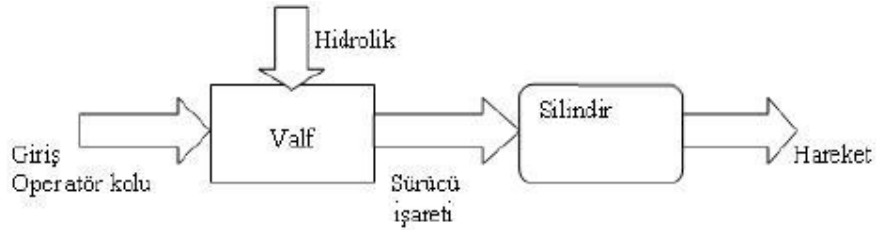
Şekil 4.8: Robot tiplerinin uzay hareketlerinin karşılaştırılması.

Yukarıdaki Şekil 4.8’den de anlaşılacağı üzere Kartezyen manipülâtör hareket yeteneği ve uzayda taradığı iş alanı dikdörtgenler prizması şeklindedir [22]. Aynı şekil üzerinde diğer robotlarında iş kollarının uzay geometrisinde yaptığı hareketlerle çalışma alanı görülmektedir.

4.1.2 Kartezyen Manipulatörlerde Kontrol Sistemleri

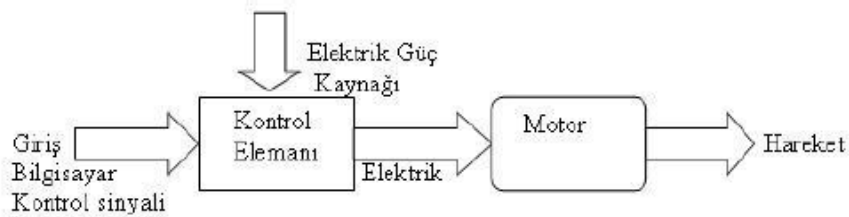
4.1.2.1 Açık Devre Kontrol Sistemleri

Açık devre kontrol sistemlerinde, çıktı hareketinin miktarını algılayacak kontrol birimi yoktur. Endüstride yapılan işlerin çoğu, genellikle insanlar tarafından açık devre kontrolle yapılmaktadır. Operatör, kumanda kolunu kontrol ederek istediği büyüklükteki deliği açabilir. Manuel kontrollü bütün mekanizmalar, insan kontrolünde kapalı devre kontrol sistemi gibi çalışsa da, gerçekte açık devre kontrol sistemleridir [20]. Bu sistem şematik olarak Şekil 4.9 üzerinde görülebilmektedir.



Şekil 4.9: Açık devre kontrol sistemi.

Açık devre kontrol sistemleri, Kartezyen tip robot kollarının fazla hassasiyet gerektirmeyen eksenlerindeki hareketlerinin kontrolünde kullanılabilir. Kartezyen robot kolları öteleme hareketleriyle ilgili olduğundan, matematiksel olarak pozisyon hesaplamaları en yalın sistemdir. Yüğü, bir yerden bir yere götürmek için gerek duyulan eklem hareketini hesaplamak kolaydır ve kol hareketi, yük yönlendirilmesine etki etmez. Elemanları baskılı devre tahtasına takmak gibi, dik açının egemen olduğu yerlerde bu üstün bir özellik olarak karşımıza çıkar [20].



Şekil 4.10: Elektrik kontrollü açık devre kontrol sistemi.

Şekil 4.10'da görülen açık devre sistemiyle pozisyon kontrolünde hassasiyet elde edilmesi beklenmez. Açık devre kontrol sistemleri, yapılması istenen işlerin

hassasiyetinin düşük olduğu durumlarda kullanılır. Kullanım sırasında sistemde, insan faktörü ya da kumanda kolları yerine bilgisayarda kullanılabilir [20].

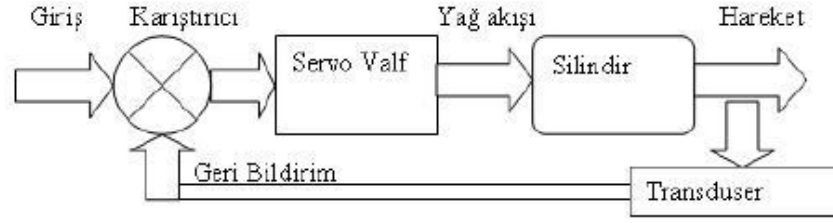
Açık devre kontrol sisteminin özelliklerini sıralamak gerekirse;

- Açık devre kontrol sistemlerinde, sürücülerde ve mafsallarda oluşan hareket miktarlarını ölçemez [20].
- Robot mafsallarının doğru konumda geldiğini ölçebilecek bir eleman yoktur [20].
- Açık devre kontrol sistemlerinde, step motorlar kullanıldığında istenilen miktarlarda hareketi elde etmek mümkün olabilmektedir [20].
- Açık devre kontrol sistemlerinin kurulum maliyetleri, kapalı devre kontrol sistemlerinin maliyetine göre daha düşüktür [20].
- Açık devre kontrol sistemlerinin kullanım alanı sınırlıdır [20].

4.1.2.2 Kapalı Devre Kontrol Sistemleri

Kapalı devre kontrol sistemleri, açık kontrol sistemlerine göre konum ölçü devresi eklenerek sürücülerin yaptığı hareket miktarını sistem içerisinde algılayarak, sürücülere kumanda edilmesi esasına göre çalışır. Şekil 4.11’de kapalı devre kontrol sisteminin geri bildirimler yapması görülmektedir. Bir hidrolik silindire konum ölçü devresi eklenerek robot kol sistem mafsalının hareketleri kontrol edilebilir [20]. Kapalı devre kontrol sisteminin genel çalışma özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Sürücüyü kontrol eden devre elemanları sisteme hareket noktasında ilişkilendirilmektedir [20].
- Silindir veya mafsalın gerçek pozisyonu “Transduser” kullanılarak ölçülmelidir [20].
- Hareket uzaklığı ölçülüp, silindir ile karşılaştırılarak, silindir istenilen miktar kadar hareket iletir [20].



Şekil 4.11: Kapalı devre kontrol sistemi.

Sisteme transduser eklenmesi sırasında montaj için en uygun yer sürücü üzeri değil hareket eden mafsalin üzeridir. Böylelikle sürücülerde ve bağlantılardaki aşınmadan dolayı oluşacak hatalar önlenmiş olacaktır [20].

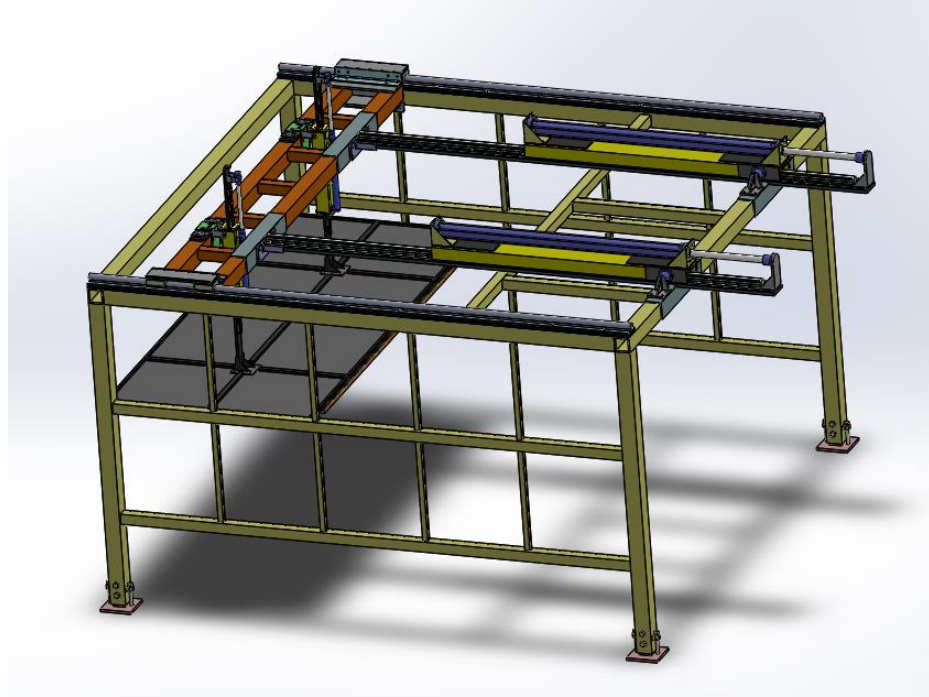
Kapalı devre sistemlerde, sürücülerin pozisyonu sürekli olarak sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Sinyaller genellikle gerilim miktarlarının değiştirilmesiyle oluşur. Kolay bir hesaplama için her bir milimetrik hareketin yerine getirilmesi için kontrol devresinden 0,1 Volt sinyal şarj olacak şekilde ayarlanabilir. Voltaj düşmesi sinyali alındığı bir durumda, silindir ilerleme pozisyonu geri getirilir. Kontrol teorisinde sinyaller, sembolü ile tasarlanır. Denetleyici(kontrolör)'den ilk sinyalin sisteme girişi ile gösterilir. Denetleyiciden şayet robot kolunun 40 mm ilerlemesi istenirse, denetleyici $40 \times 0,1 = 4$ Volt sinyal gönderir. Silindir pozisyon kontrolü Transduser (Dönüştürücü) ile yapılmaktadır. Pozisyon Transduseri, sürücü hareketiyle orantılı olarak analog ve dijital sinyal sağlar. Dijital sinyal, bilgisayarın anlayabileceği sayıları kodlayıp gönderen bilgileri aktarırlar [20].

Transduserler, hareketli mafsalları konum açısını ölçebilir ve bir silindir kontrolünde kullanılabilir. Yukarıda verilen örnek için silindir boyunun 30mm pozisyonuna gelmesi istenirse, denetleyici transistor sinyali olarak $30 \times 0,1 = 3V$ hesaplar. Silindir o anda konum olarak 40mm pozisyonunda bulunmaktadır. İstenilen konuma ulaşmak için 10mm geri hareket etmesi gerekir. Burada konum hatası 10mm'dir ve sinyal hata miktarı ile gösterilir. Hesaplanan bilgilerin sistemde kullanılabilmesi için denetleyiciye geri bildirilmesi, dijital sinyal sağlayan transduserlerle olur. Bilgisayar programı basit bir hesaplama ile sistem sinyallerini karşılaştırıp gerekli voltajı hesaplayarak güç sistemine doğru pozisyon için gerekli analog voltaj üretmesi için sinyal verir. Sistem bu şekilde hata sinyalini üretmek için, 4V ve 3V'luk analog sinyalleri algılayan bu elemanını diferansiyel Amplifier denir.

Bu metotla hata sinyali ile görülen 10mm'lik konum hatası düzeltilebilir. Hidrolik sistemlerde pozisyon hatasını düzeltmek için, hatalı miktarı kadar hareket üreten elektro-hidrolik servo valfler vardır. Pnömatik sürücüler kullanılan robotlarda, hidrolik silindirlerin kontrolünde anlatıldığı gibi benzer servo valflerle kontrol edilebilirler. Fakat tam pozisyon kontrolü elde etmek zordur. Çok parmaklı robot tutucuların pnömatik sürücülerinin kontrolünde kapalı devre kontrol sistemi kullanılabilir. Bu tip tutucuların parmak uçları kuvvet sensörleri yerleştirilir [20].

4.1.3 Kartezyen Manipülâtör Tasarımı

Solidworks Premium 2014 programı kartezyen manipülâtör kereste istifleme işine uygun olarak tasarlanmış ve hemen hemen birçok parçası standart olarak seçilmeye özen gösterilmiştir. Bu bağlamda en iyi performansı göstermesi hedeflenmiştir.



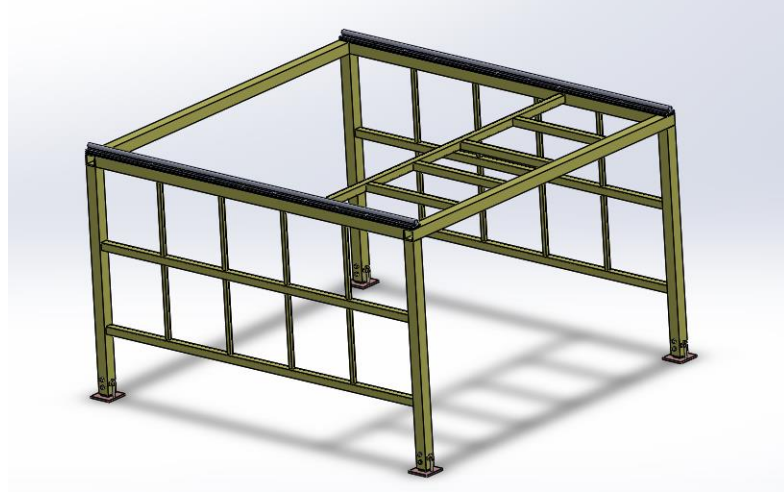
Şekil 4.12: Solidworks ile tasarlanan kartezyen manipülâtör.

Şekil 4.12'de görülen tasarımdaki kartezyen manipülâtör y ve z eksenleri doğrultusunda hareket edebilmektedir.

4.1.3.1 Manipülâtörün Şasi Sisteminin İncelenmesi

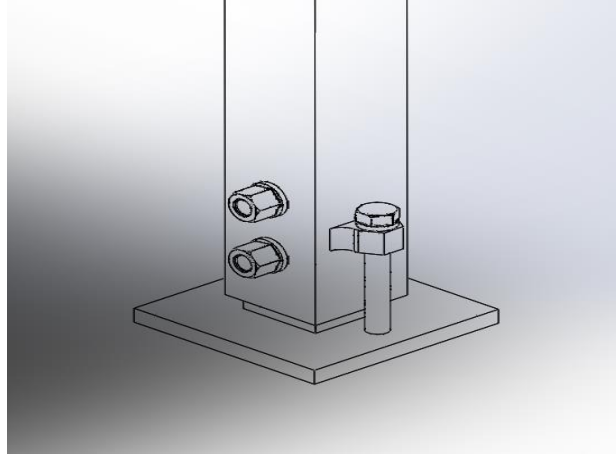
Manipülâtör şasi sistemi kare profilden oluşan dört ayakla yere montajı yapılması için kullanılmıştır. Şekil 4.13'te görülen karkasın kare profillerin ölçüleri 150mmx150mm ve et kalınlığı olarak 15mm olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde manipülâtör şasisinin kenarlarında aynı ölçüde profiller kullanılmış. Şasinin sağ ve sol kısımları kafes yapıyla güçlendirilmiştir. Bu sayede şasideki eğilme, burulma ve şekil değışikliğinin en seviyede tutulması sağlanmıştır.

Tasarım göz önüne alındığında vakum aparatının dolu ağırlığı, gezer kolun ağırlığı ve hidrolik kolların toplam ağırlığı yaklaşık olarak 900kg olarak Solidworks üzerinden tayin edilmiştir.



Şekil 4.13: Manipülâtör karkası.

Ayakların fabrikanın değışen zemine uyum içinde yerleştirebilmesi için ayakların alt kısmına ayarlanabilir kozalar açılmış ve buradan M30 civata ve karşılığı olan somun kullanılmıştır. Şekil 4.14 görülen yükseklik ayarlama tasarımı tüm makinaların ayaklarında kullanılmıştır.

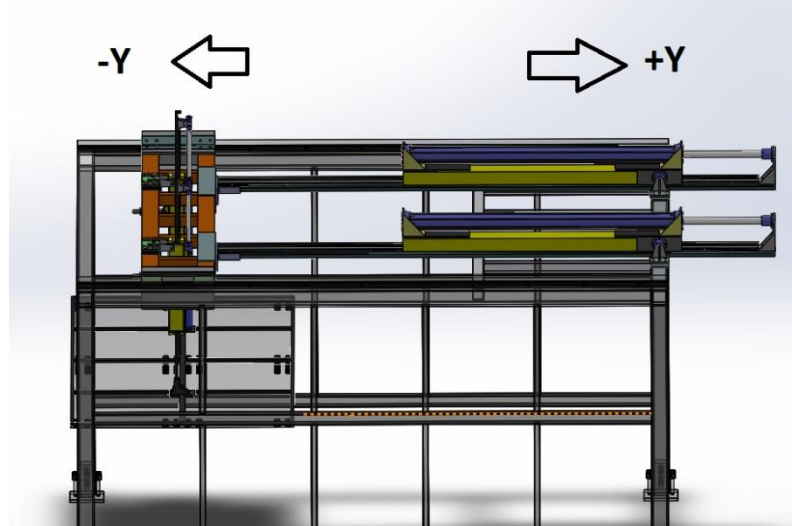


Şekil 4.14: Şasi sisteminin yüksekliği ayarlanabilir ayak tasarımı.

Ayrıca şasi sisteminde yatay yönde çalışan hidrolik silindirlerin montajı üst kol üzerine yapılmıştır. Kolun eğilmeye ve şekil değiştirmesi istenmediği için yine kafes yapısıyla ve 100mm x 100mm k=5mm et kalınlığına sahip kare profil kullanılarak mukavemetin artırılması sağlanmıştır.

4.1.3.1.1 Manipülâtör Karkası İle İlgili Analiz

Manipülâtörde gezici halde bulunan ve lineer yataklar üzerine montajı yapılan iş kolunun yatay yönde hareketi hidrolik silindir ile sağlanmaktadır. Y ekseninde boyunca yapılan bu hareket sistemin en önemli üç hareketinden ilkinin oluşturmaktadır. İkinci hareket olarak dikey yönde çalışan hidrolik silindirler vantuz sayesinde keresteleri alırlar ve son olarak manipülâtör kolu yüklü durumda iken şarjöre doğru ilerler. Şasideki en büyük gerilmelerde bu sırada gerçekleşir.



Şekil 4.15: Yatay hidrolik silindirlerin hareket eksenini.

Tasarımda hidrolik silindirlerin Şekil 4.15'te görülen yatay hareket eğilmelerinden zarar görmemeleri ve yağ keçelerinin uzun ömürlü olmaları adına şasi üzerine mafsallı bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yine pistonun eğilme, burulma vb. istenmeyen kuvvetlere maruz kalmaması için Şekil 4.16'da tasarlanan lineer yataklama sisteminden yararlanılmıştır [23].

Yatay hidrolik sistem lineer rulmanlı yatak üzerinden manipülatör kolunu çektiğinde yatak sürtünmesi kuvvetini, hareket halindeki ivmesinden ve hidrolik silindirlerin kendi ağırlıklarından dolayı düşey kuvvet meydana gelecektir.

$$F_{S_{yatak}} = m_{gezer} \times g \times \mu_L \quad (4.1)$$

Tablo 4.1: Yatak sürtünme katsayısı tablosu.

Bilyalı/Masuralı Rulman	0.005
Kayar Yatak	0.08-0.1

$$F_{S_{yatak}} = 900 \times 9,81 \times 0,1 = 882,9 \text{ N} \quad (4.2)$$

$$F_{ivme} = m \times a = 900 \text{ kg} \times 0,25 \text{ m/sn}^2 \quad (4.3)$$

$F_{ivme} = 225 \text{ N}$ aksenal yük olarak bulunur.

$$F_m = m \times g = 900 \times 9,81 \quad (4.4)$$

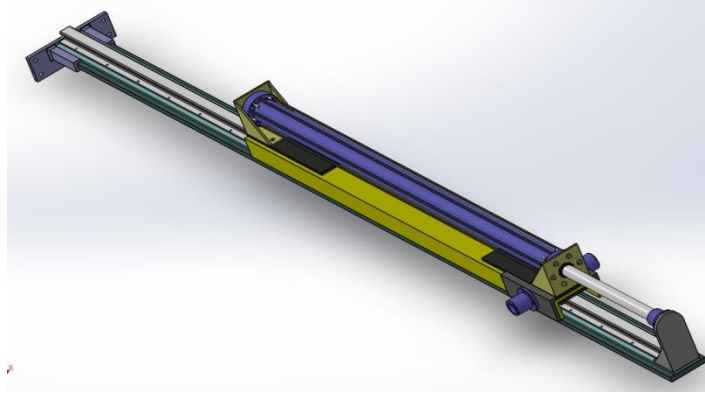
$F_{\text{radyal}} = 8829 \text{ N}$ olarak hesaplanır.

Hidrolik silindirin tespit edildiği yerde oluşan yük

$$F_{\text{eksenel}} = F_{\text{yatak}} + F_{\text{ivme}} = 882.9 + 225 \quad (4.4)$$

$$F_{\text{eksenel}} = 1107,9\text{N} \quad (4.5)$$

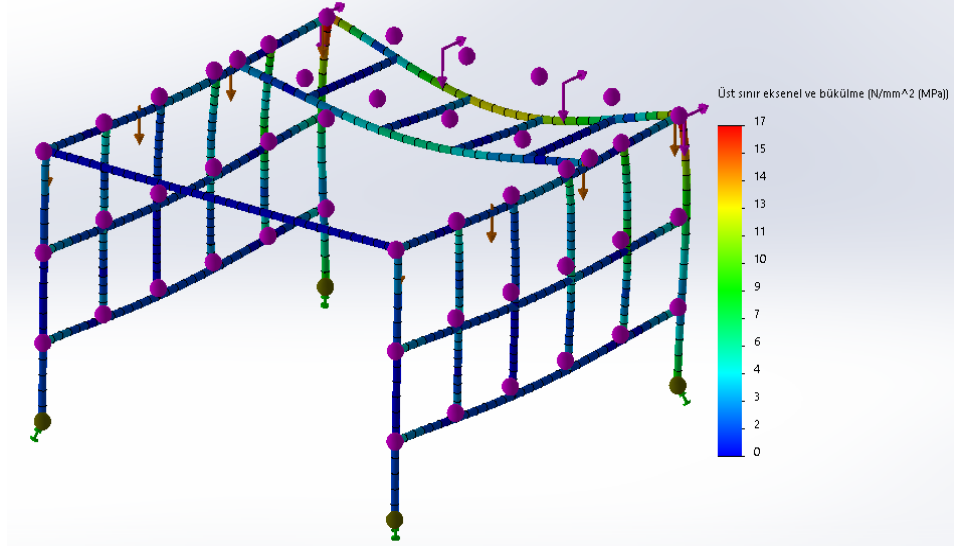
$$F_{\text{radyal}} = F_m = 8829\text{N} \quad (4.6)$$



Şekil 4.16: Lineer yataklamalı yatay çalışan hidrolik silindir mekanizması.

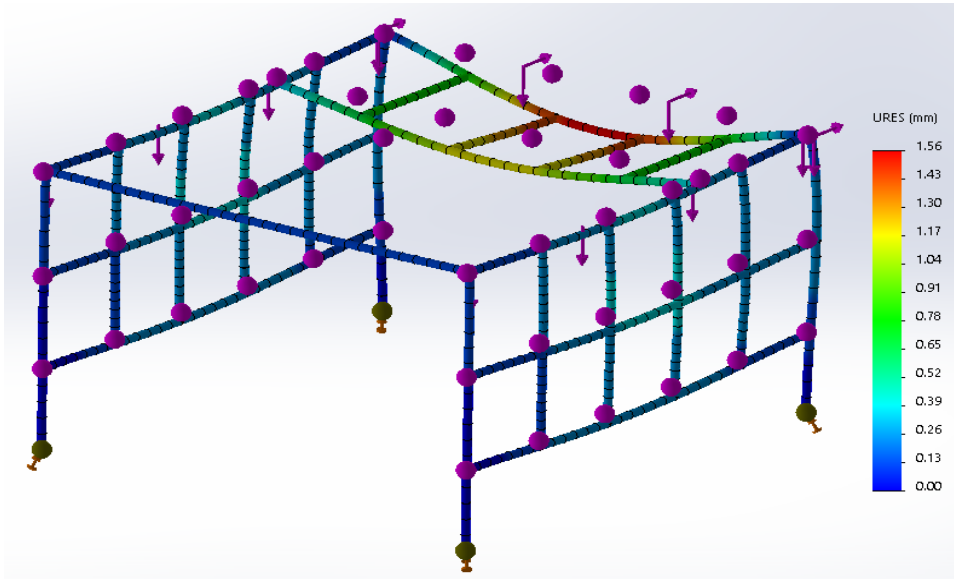
Analiz kısmına Şekil 4.16’da bulunan yatay hidrolik silindir grubunun ağırlığı da Solidworks üzerinden tayin edilerek 755kg olarak tespit edilmiştir ve yatakladığı profil üzerine tespit edilmiştir.

Bu veriler karşısında Solidworks statik analiz yapılarak maksimum gerilme, yer değiştirmesi bulunmuştur.



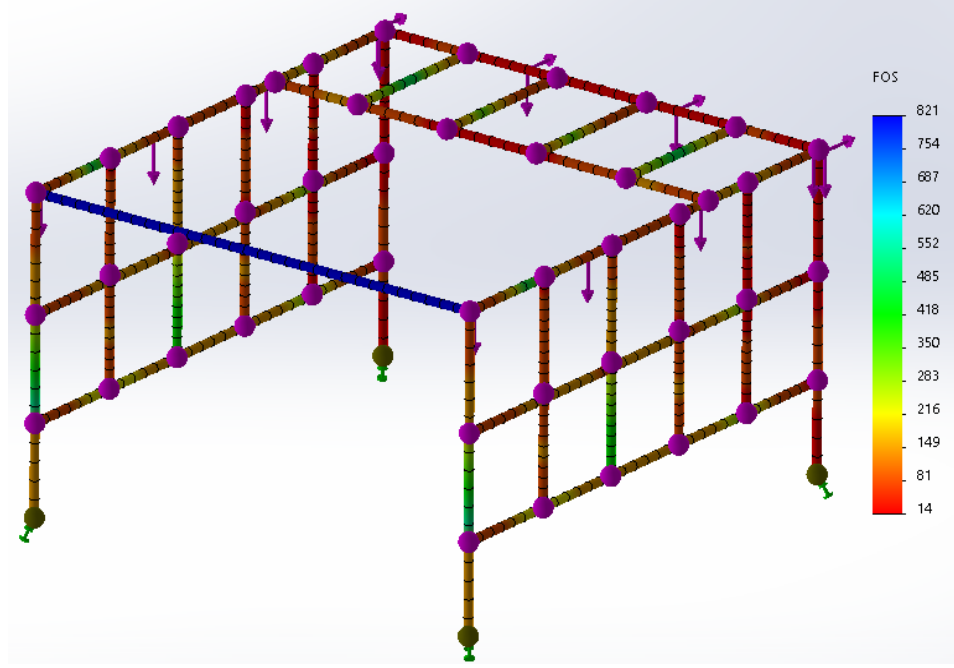
Şekil 4.17: Manipülâtör şâsisinin maksimum gerilme değeri (17 MPa).

Şekil 4.17’de yapılan analizde malzeme türü olarak St37 seçilmiş ve seçilen malzemenin akma dayanımının çok altında bulunduğu için sonuç olumlu olarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.18: Manipülâtör şâsisinin maksimum yer değıştirmesi (1,56 mm).

Şekil 4.18 görülen manipülâtörün karkas sisteminde arabanın ağırlığı hidrolik silindirin kuvvetleri ve yükün altında maksimum 1,56mm yer değıştirme göstermiş, yapılan işin hassasiyeti göz önünde bulundurulduğunda sonuç olumlu olarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.19: Manipülator gerilmeler altında minimum güvenlik katsayısı (14).

Şekil 4.19’da sisteme yapılan güvenlik katsayısı analizinde minimum güvenlik katsayısının 14 olduğu tespit edilmiştir. Aynı karkas yapısının çok daha fazla yüke dayanabileceğinden analiz sonucu olumlu olarak kabul edilmiştir.

4.1.3.2 Hidrolik Konumlama Sistemleri

Hidrolik sistemler günlük yaşamda çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. En çok bilinen örnekleri arasında otomobillerin fren ve hidrolik direksiyon sistemleri, hidrolik asansörler ve servis istasyonlarındaki araçları hidrolik kaldırma platformları yer almaktadır. Hidrolik sistemler aynı zamanda damperli kamyonlarda, greyderlerde ve harfiyat makinelerinde kullanılmaktadır [23].

Hidrolik sistemler kendilerine bir çok endüstriyel alanda yer bulmaktadırlar. Hidrolik güç özellikle krikolar, asansörler, vinçler, presler, perçin makineleri, tork dönüştürücüler, kesici takım ilerleme mekanizmaları ve test sistemleri için uygundur. Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere kullanım alanına göre hidrolik silindirler çok çeşitlidir. Bununla beraber tüm tipleri hep aynı ilke ile çalışırlar [23].

Hidrolik sistemlerin en önemli özelliklerini sıralamak gerekirse [23];

- Küçük hacimlerde yüksek kuvvetlerin (momentlerin) iletilebilmesi.
- Harekete tam yük altında başlayabilmeleri.
- Sistemler için hız, moment ve kuvvetin ayarlanabilmesi (açık devre veya kapalı devre kontrol)
- Akışı yükten korumak basittir.
- Gerek hızlı gerekse çok yavaş hareketlerin sıralı kontrolü için uygundur.
- Basit merkezi tahrik sistemi mümkündür.
- Hidrolik enerjiyi uzak noktalara ileterek buralarda tekrar mekanik enerjiye çevirmek mümkündür.

4.1.3.2.1 Hidrolik Silindir Elemanları

Bir hidrolik silindir sisteminde bulunması gereken elemanlarından bahsetmek gerekirse [23];

- Basınçlı akışkanı sağlayan pompa.
- Hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren iş elemanı.
- Akışkanı yönlendiren valfler.
- Bağlantıyı sağlayan hortumlar.
- Filtreler, akümülatörler.
- Devre elemanlarına hidrolik enerjiyi transfer eden akışkan.
- Sensörler.
- Gösterge, ölçme ve kontrol araçları.

4.1.3.2.2 Hidrolik Silindirlerin Avantaj ve Dezavantajları

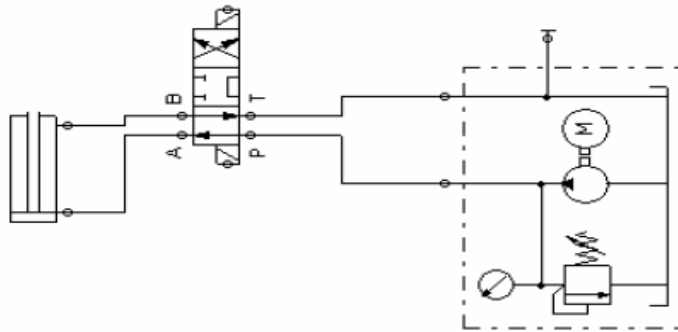
Enerjinin, elde edildiği yerden kullanılacağı yere iletilmesi endüstride karşılaşılan önemli hususlardan biridir. Bunun için düşünülen ilk çözüm zincir-dişli, kayış-kasnak, dişli-çark düzenleri gibi mekanik esasa dayalı çözümlerdi. Daha sonra uygulamalarda elektrik enerjisinin sağladığı avantajlardan, bu enerjiyi elektrik motoru ile mekanik enerjiye çevirme kolaylığından yararlanıldı. İtici akışkan olarak su buharı ve havanın kullanıldığı sistemler üzerinde duruldu. Fakat bunların hepsi de

bir takım dezavantajları olan sistemlerdi. Hidrolik alandaki gelişmelere paralel olarak bu sistemin diğerlerine nazaran sağladığı avantajlar belirginleşmeye başlayınca kullanım alanı da günden güne genişlemiştir. Bu bağlamda hidrolik sistemin avantajlarını sıralamak gerekirse [23];

- Yüksek güç yoğunluğu.
- Emniyetli çalışma.
- Verim.
- Yağlama.
- Enerji biriktirme.
- Kısa süre için yüksek hız gerektiren devrelerde, pompa gücünden tasarruf edilmesi.
- Elektrik kesilmesi durumunda başlanan işin bitirilebilmesi.
- Sızıntıların telafi edilmesi.
- Yağın genleşmesinden dolayı ve valflerin açılıp kapanması sonucunda basınç yükselmesinin önlenmesi.
- Titreşimlerin önlenmesi sağlanmış olur.
- Denetim.

4.1.3.2.3 Örnek Bir Hidrolik Konumlama Sistemi

Kullanıcıya göre yükseklik ayarı yapacak bir mekatronik sistemde hidrolik konumlama sistemi kullanılabilir. Kullanılacak hidrolik sisteme çeşitli çözüm yolları üretmek mümkündür. Şekil 4.20’de böyle bir sistemde kullanılacak örnek bir hidrolik devre şeması verilmiştir [23].



Şekil 4.20: Hidrolik konumlama sisteminin devre şeması.

4.1.3.3 Vantuz Sistemleri

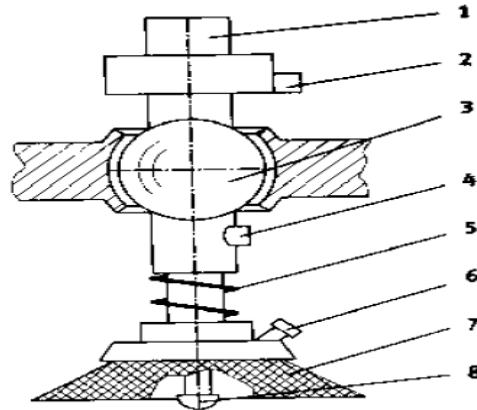
4.1.3.3.1 Vantuzlar Hakkında Bilgi

Vakum teknolojisi orta çağdan beri bilinmektedir. Otto Von Guericke Magdeburg' da yaptığı meşhur yarı küre denemesiyle ilk defa vakumdan duyulan endişeyi azaltmayı başarmıştır. Bundan öncede balinalar üzerinde deniz dibinde yaşayan dev ahtapotlardan gelen 45cm çapa ulaşan vantuzlar bulunmuştur [24].

Vakum teknolojisi akışkan ve sıkıştırılabilen havayla çalışmaktadır. Vakum gaz miktarı azaltılmış bir hacimdir, bunun ana göstergesi çevre basıncının (atmosfer basıncı) epeyce altında bulunan çalışma basıncıdır. Vantuz için çevre basıncını dışarıda tutan bir kap gibi görülebilir. Hava basıncı değişken olduğundan tutma kuvveti de değişkendir [24].

Uygulamalarda vantuzları prensip olarak iki çeşide ayırmak mümkündür [24].

- Büyük emme alanı, düşük basınç oranı: Bunun avantajı tutma kuvvetinin hızlı oluşmasıdır ve böylece bilhassa yumuşak ve esnek nesnelere tutulması uygun olmaktadır. Belli miktarda gözenekli olan malzemelerde uygulanması mümkündür.
- Küçük emme alanı, yüksek basınç düşme oranı: Böylece küçük vantuz ebatlarında daha yüksek tutma kuvvetleri oluşturabilmektedir. Bu sayede dar çalışma alanlarında bir avantaj teşkil etmektedir.



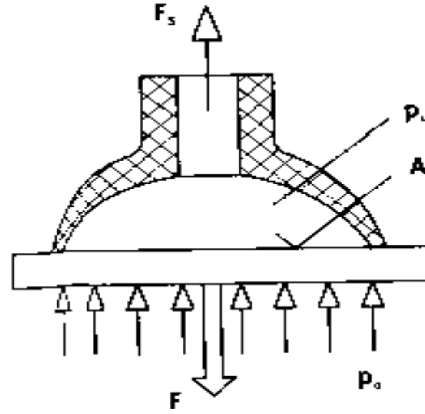
Şekil 4.21: Bir vantuzun temel ve önemli parçaları.

Şekil 4.21'den de anlaşılacağı üzere bir vantuzun temel parçaları görülmektedir. Bu parçaları sıralamak gerekirse;

1. Vakum girişi.
2. Basınç şalteri.
3. Açısal hareket kabiliyeti.
4. Hızlı hava tahliyesi.
5. Strok ayarlanması için yay.
6. Hız değiştirme ayar vidası.
7. Tutma kuvvetinin oluştuğu bölüm.
8. Çalışmaya başlaması için sinyal vericisi.

4.1.3.3.2 Vantuzların Hesaplanması

Hedef vantuz içindeki basıncın oluşturulduğu tutma kuvvetinin işlem esnasında oluşabilecek her türlü kuvveti emniyetli bir şekilde dengeleyebilmesidir. Kuvvet durumu hakkında aşağıdaki Şekil 4.22 bilgi vermektedir [24].



Şekil 4.22: Dikey hareket ettirilen vantuzların kuvvetler dengesi.

$$F = (P_o - P_u) \cdot A \cdot n_3 \cdot \eta \cdot z \cdot (1/S) \quad (4.7)$$

A: Vantuzun teorik yüzey alanı (m²).

F: Faydalı yük, tutulan nesnenin ağırlığı, vantuzla etki eden toplam yük (N).

n_3 : Şekil değiştirme katsayısı. Bilhassa yumuşak vantuz kenarları (çan şeklindeki vantuzlar) basınç düşüşü esnasında fazla şekli değiştirmektedirler, bu esnada da emme alanı küçültülebilmektedir. $n_3 = 0,6$ ile $0,9$ arası.

P_0 : Atmosferik basınç, deniz seviyesinden yüksekliğe bağlıdır (kPa).

P_u : Sızdırmaz emme hacmindeki basınç (kPa).

S : Kopmaya karşı emniyet katsayısı. Sırf kuvvet dengesi yetersiz olmaktadır. Bu değer 2 ile 3 arasında seçilebilir.

z : Vantuz adedidir.

η : Sistem verimi.

Tablo 4.2: Bazı kerestelerin öz kütle tablosu (kg/dm^3).

Kereste (Ortalama)	0,675
Kereste (Sert Ağaç)	0,800
Kereste (Kavak)	0,5-0,8
Kereste (Çam)	0,840
Kereste (Kayın)	0,6-0,9
Kereste (Meşe)	0,7-1,0
Kereste (Karaçam)	0,5-0,8
Kereste (Çınar)	0,4-0,7
Kereste (Ladin)	0,6-0,9

Boyutlar a , b ve c mm olan kerestenin hacminin tayin edilip ardından Tablo 4.2'den yararlanarak özgül ağırlığının çarpımıyla kerestenin ağırlığı tayin edilecektir [25].

$$V_{\text{kereste}} = a.b.c = 200\text{mm} \times 50\text{mm} \times 4000\text{mm} \quad (4.8)$$

$$V_{\text{kereste}} = 4.10^7 \text{mm}^3 = 4,10^1 \text{dm}^3 \quad (4.9)$$

Yukarıdaki Tablo 4.2'den yararlanarak kereste için ortalama değer olan $0,9\text{kg}/\text{dm}^3$ değeri kabul edilebilir çünkü farklı çalışmalar farklı kereste tiplerinin istiflenmesi gerektirebilir büyük bir değer seçmek daha genel kullanım için avantaj sağlayacaktır.

Hacmi ve özgül ağırlığı bilinen kerestenin bu iki değeri birbiriyle çarpılarak ağırlığı elde edilir [25].

$$m_{\text{kereste}} = V_{\text{kereste}} \times d_{\text{kereste}} \quad (4.10)$$

$$m_{\text{kereste}} = 4,10^4 \text{ dm}^3 \times 0,675 \text{ kg/dm}^3 = 36 \text{ kg} = 360\text{N} \quad (4.11)$$

Denklem 4.12 formülünde değerleri yerlerine koyarsak vakum basıncını hesaplayabiliriz. Atmosfer basıncı 101,325 kPa, kullanılacak vantuz çapını 25 mm, şekil değiştirme katsayısı 0,7, verim 0,8 ve güvenlik katsayısı olan S ise 2 olarak alındığında ve kereste yüzeyini yakalayabilen vakum aparatı sayısı 160 olarak belirlendiğinde;

$$360\text{N} = (101,325\text{kPa} - P_u) \times (0,025\text{m}^2/4 \times \pi) \times 0,7 \times 0,8 \times 160 \times (1/2) \quad (4.12)$$

$P_u = -308 \text{ kPa}$ olarak hesaplanır.

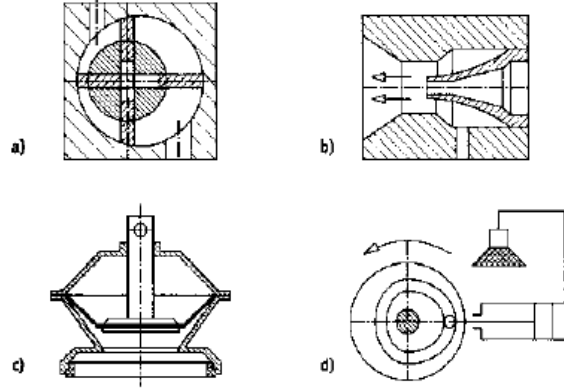
Gerekli basınç değerinin (-308kPa) başında eksi işaretinin olması bize basınç değil vakum değeri olduğunu belirtmektedir.

4.1.3.3.3 Vantuzlarda Vakum Oluşturma

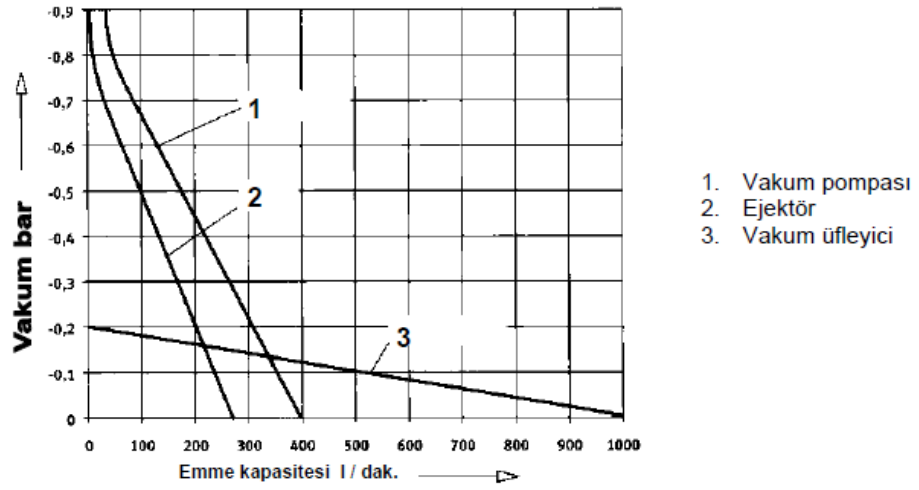
Handling teknolojisinde kullanılan vantuzların çalışması için kaba vakum gereklidir. Bunun için 105 - 102 Pascal basınç aralığı tespit edilmiştir. Bunun dışındaki alanlar hassas, yüksek ve çok yüksek vakumdur [24].

Aşağıda 4 çeşit vakum oluşturma yöntemi tanıtılmıştır.

- Vakum pompaları.
- Venturi prensibine göre çalışan vakum emme memesi.
- Yapışkan vantuzlar.
- Pnömatik silindir.



Şekil 4.23: Vakum oluşturma imkânları a) Döner kanatlı pompa veya başka pompalar, b) Emme memesi, c) Yapışkan vantuz, d) Piston emme sistemi



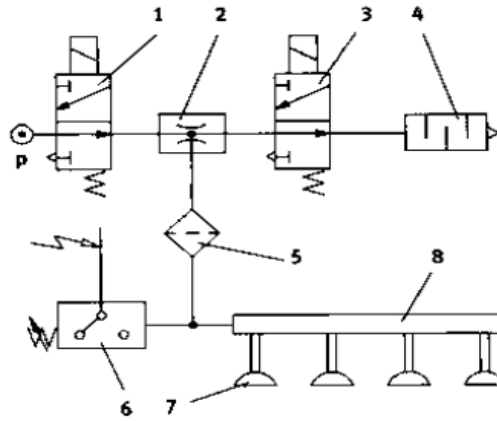
Şekil 4.24: Değişik vakum oluşturuçuların performansları grafiği.

Şekil 4.24'de vakum performansı grafiğine ek olarak vakum jeneratörlerinin avantajlarından bahsetmek gerekirse [24];

- Çok basit bir yapıdır. Hareketli parça yok ve bundan dolayı fiyatları ekonomiktir.
- Aksesuar gerekmemektedir.
- Hızlı aç-kapat özelliği bulunmaktadır.
- Arızasız işlem yapmaktadırlar.

4.1.3.3.4 Vakum Devre Şeması

Çalışır bir vakum vantuzu elde edebilmek için birkaç eleman daha devreye dahil edilmelidir. Aşağıdaki Şekil 4.25'te tipik bir vakum devresini göstermektedir. Vakumun kontrolü için bir vakum şalteri dahil edilmiştir. Bu şalter emme süreci başladıktan sonra gerekli vakumun mevcut olup olmadığını kontrol etmektedir. Şayet gerçek vakum oluştuğunda handling süreci başlamaktadır [24].



1. Basınçlı havanın açıp-kapanması için valf
2. Ejektör
3. Tahliye havasının kontrolü için valf (Üflemeye değiştirme)
4. Susturucu
5. Filtre
6. Vakum basınç şalteri
7. Vantuz
8. Dağıtıcı

Şekil 4.25: Enjektör prensibiyle çalışan bir vakum devresi örneği.

4.1.3.3.5 Handling Teknolojisinde Vantuzlar

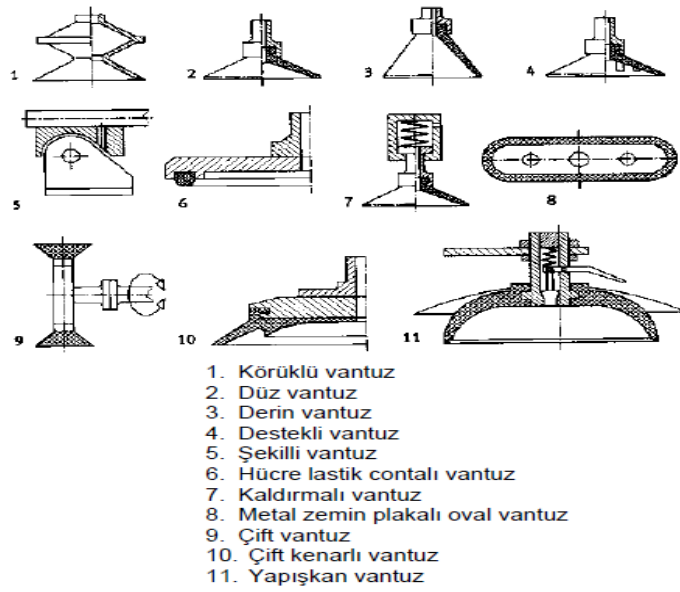
Vantuzlar handling ünitesi ve nesnesi arasında teması sağlayan aktif bir elemandır. Handling ne kadar çeşitli olabiliyorsa vantuz çeşitleri de o kadar fazladır. Ebat, malzeme, vantuz geometrisi, sertlik ve yapı şeklinde değişiklikler mevcuttur [24].

Kullanımdaki vantuz malzemeleri Perbunan, Silikon, Poliüretan ve Neopren isimleri altında tanınmaktadır. Bunun dışında doğal kauçukta kullanılmaktadır [24].

Bu malzemeler -50°C ile 250°C arası sıcaklıklara dayanıklıdır. 70°C üzeri sıcaklıklar özel olarak kabul edilmektedir. Aşırı düşük ısılarda vantuz malzemesi

sertleştiğinden yüzeye nüfus etme özelliği azalarak tutma özelliği azalarak tutma kapasitesi düşebilmektedir [24].

Vantuzların esnekliği handling uygulamalarında genelde $\pm 1,0\text{mm}$ altında hassasiyete izin vermemektedir. Bu nedenle bu durumlarda farklı teknik tedbirleri alınması kaçınılmazdır. Vantuzların çapları ise genelde 1mm ile 630mm arasında değişmektedir [24]. Bunlara ek olarak da vantuzların verdiği çap aralıkları Şekil 4.26'ya göre de farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 4.26: Vantuz tipleri.

Tablo 4.3: Değişik vantuz yapı tiplerinin değerlendirilmesi.

Yapı tipi	Şart	Şart			
		Aktanlabilen vaif kuvveti	Aktanlabilen dikey kuvvet	Elastik dikey strok	Kalan hava debisi
A		●	●	●	●
B		●	●	●	●
C		●	●	●	●
D		●	—	●	—

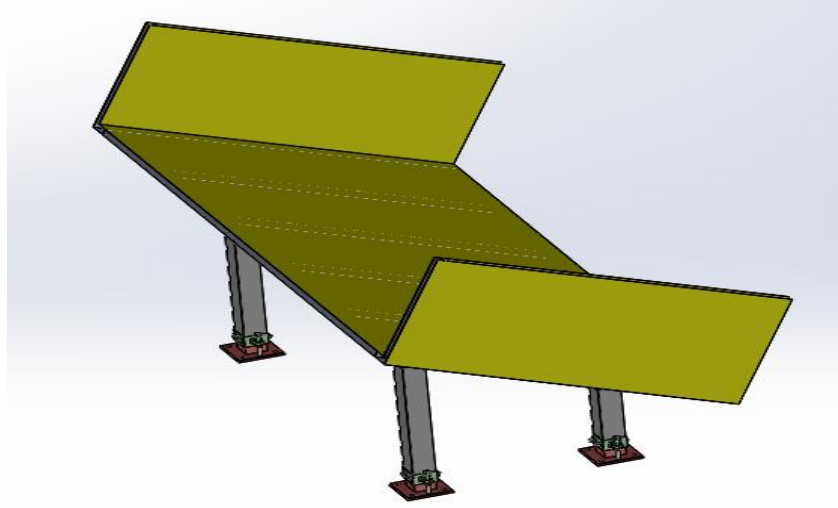
● çok iyi
 ○ iyi
 ● orta
 ○ şartlı olarak
 — uygun değil

Bu bağlamda Tablo 4.3'ten yararlanarak kerestelerin vantuz yüzeyine tutunma sağlanması için vantuz modellerinden tip A veya tip B kullanılabilir.

4.2 Kereste Şarjör Kısım

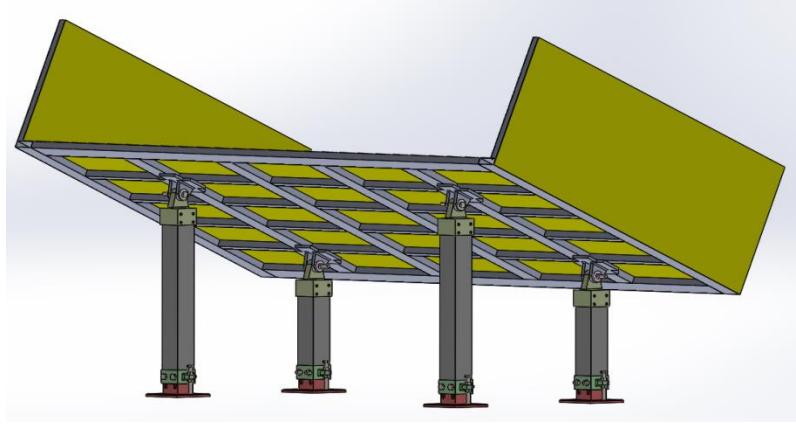
İşletmeye istiflenmesi istenilen kerestelerin sistemine alışımlı manipülâtör ile sağlamıştık. Şimdi bu kerestelerin eğimli bir şarjör sistemi havuzuna bıraktırması sağlanacaktır. Böylece manipülâtör yeniden kereste getirmek için gittiğinde istifleme makinesi boş kalmayacak sistem içerisinde bir miktar keresteyi muhafaza edecektir. Bunun yanında sistemin durmasına karşın önlem almak için fotoselli alıcılar ve bu sisteme bağılı bir alarm bağlanabilir [26].

Diğer yandan bu şarjör sistemi sisteme kereste beslemenin devamlılığın sağlayacaktır. Her bir zincir bölmesine birer adet kereste almayı sağlayan makine iki kerestenin aynı anda alınması durumunda keresteyi yenide şarjör sistemine gönderecektir. Gönderilen kereste bir sonraki kereste alma işleminde sırasını beklemiş olacaktır [26].



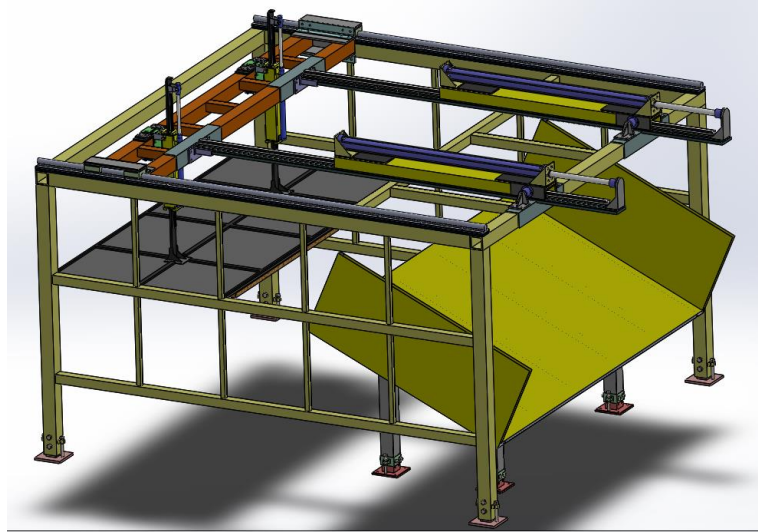
Şekil 4.27: Kereste şarjörü tasarım görüntüsü.

Şekil 4.27’te görülen bekleme sistemi dört ayağının üzerine 150mm x 150mm kare profil ile konumlandırılmıştır. Şarjörün açısı değiştirilmek istendiğinde ayaklarda bulunan koza cıvata bağlantıları gevşetilerek daha yukarıya kaldırılıp yada alçaltılıp yeni konumunu sabitleme için yeniden kozalardaki cıvata bağlantısının sıkılması gerekmektedir.



Şekil 4.28: Kereste şarjörünün şasisinin bir görünüşü.

Tasarımda maksimum 4,5m boyundaki keresteleri bekletebilecek düzeyde dizayn edilmiştir. Şekil 4.28’de görülen karkas tasarımında saçların alt kısımlar 100mm x 50mm dikdörtgen ve 50mm x 50mm kare profil ile desteklenmiştir. Böylece meydana gelen deformasyon miktarı ve eğilme miktarı miktarları minimum düzeyde tutulmuş olunur.

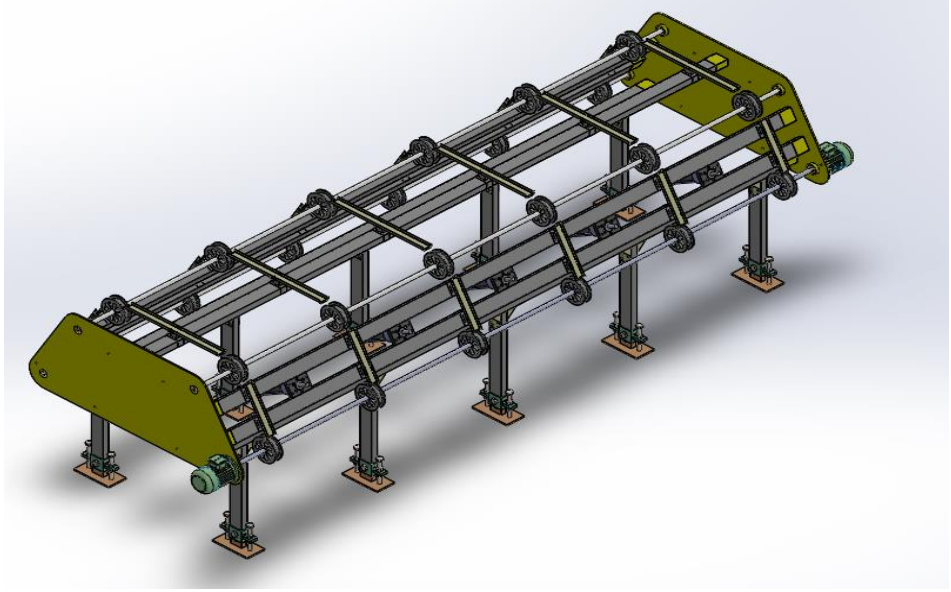


Şekil 4.29: Kereste şarjörünün sistemdeki yeri.

Şekil 4.29’da kereste şarjörünün yeri görülmektedir. Kendisinden önceki kartezyen manipülâtörün maksimum yer değıştirmesi yaklaşık 1,6mm olarak analiz edilmişti ve kendinden sonraki konveyörde az bir değıştirmeye sahip olacak şekilde tasarlandı. Buradaki yerinin önemi nedeniyle kereste şarjörü de fazla yer değıştirmeye müsaade etmeyecek sağlamlıkta tasarlanmıştır.

4.3 Sisteme Kereste Alma ve Ayırma Makinesi

Kereste istifleme makinesinde prosesin sırasına göre bu makine yer almaktadır. Sisteme keresteler manipölatör yardımıyla şarjör(bekleme) ünitesine alınmıştır. Boylarına göre ayrılmayı ve istiflenmeyi bekleyen kerestelerin artık zincir konveyör üzerine alınması gerekmektedir. Şekil 4.30'da görülen makine ile zincirli konveyörün her bir bölmesine bir adet kereste alınması sağlayacaktır [26].



Şekil 4.30: Kereste alma makinasının görünümü.

Tasarlanan makine bu üretim prosesinde yaptığı iki iş yönüyle inceleyebiliriz.

- Şarjörden keresteleri zincir konveyörü üzerine almak.
- Zincir konveyör bir bölmesine bir adet kereste alınmasını sağlamak, birden fazla alınması halinde fazla keresteyi yeniden kereste şarjörüne göndermek.

4.3.1 Keresteleri Zincir Konveyör Üzerine Alma İşlemi

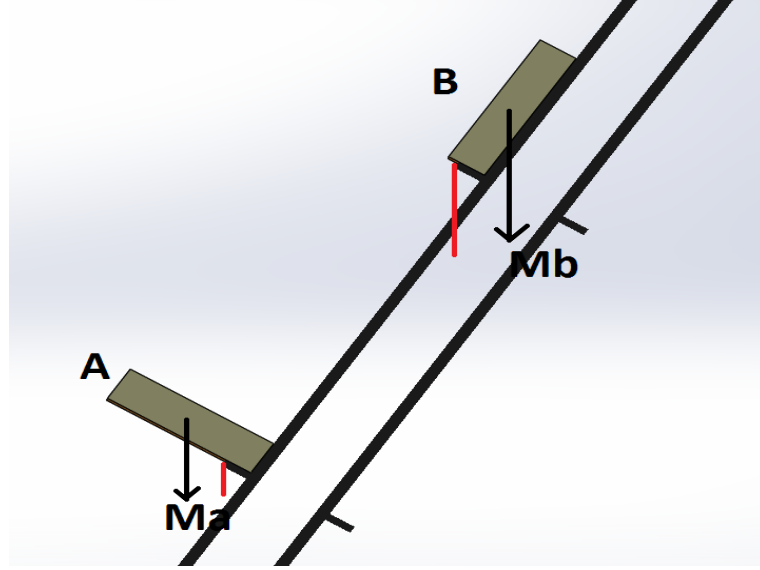
Eğimli halde bulunan kereste şarjöründen kerestelerin bu sefer zıt yönde bir eğimle zincir üzerine alınabilir. Kerestelerin alınmasında en önemli faktör Şekil 4.31'deki gibi kerestelerin geniş yüzünün zincir ile temas halinde olması istenir. Aksi halde kereste tüm konveyör boyunca uygunsuz taşınacak ve stabil duramayacaktır.



Şekil 4.31: Kerestelerin zincir konveyörüne alınış işlemi.

Kerestelerin büyük yüzeyinin zincir ile temas halinde olması gerektiğinden bahsetmiştik. Geniş yüzeyinin zincir üzerine temas etmeyen kerestenin yeniden kereste şarjörüne düşmesine beklenir. Bunun içinde yer çekiminden yararlanılır.

Bunun örneklemek için Şekil 4.32'de görülen A ve B kerestelerini ele alalım. Kerestelerin zincir ile birlikte tırmanma işlemini tamamlayabilmesi için kütle merkezlerinin zincirin üzerindeki bölmeden daha ileride olması beklenir. Kütle merkezi geride kalan keresteler devrilip yeniden şarjör içerisine düşeceklerdir.



Şekil 4.32: Kerestelerin kütle merkezleri ve tırmanışları.

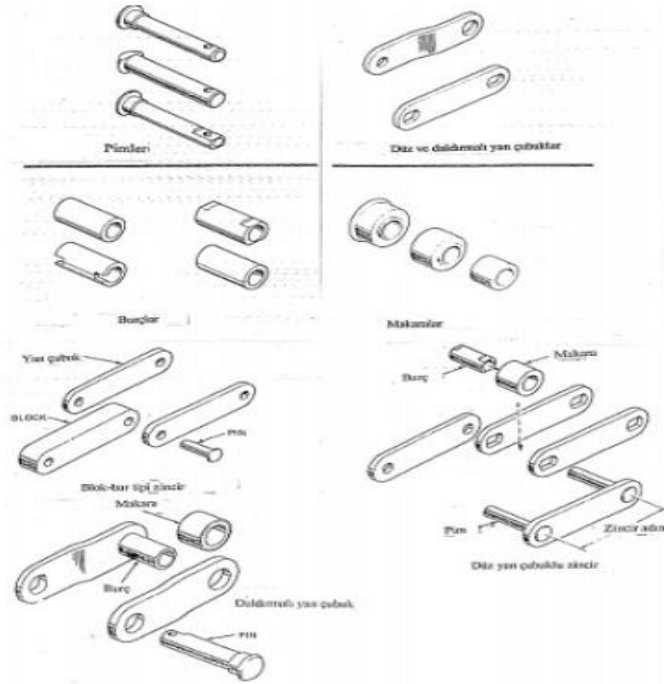
Keresteler bu aşamadan başlayıp istif paleti ile istiflenmeye kadar zincir konveyörü üzerinden ilerleyecektir ve istifleme ile ilgili işlemlere tabi tutulacaktır. Bu sebepten ötürü konveyör sisteminde zincir kullanılacaktır.

Zincirli konveyörlerin avantajlarından bahsetmek gerekirse [27];

- İletimin sürekli sağlanabilmesi sağlanır.
- Küçük çaplı kasnak ve zincir dişlerine kolayca sarılabilirler.
- Yük altında çok az bir uzaman gösterirler.
- Zincir-dişli sisteminin basit elemanlar içermesi ve bakımlarının kolay yapılabilmesi.
- Zincir dişlileriyle iyi bir kavrama sağlar.
- Taşıma işlemi devam ederken kerestelere bazı işlemlerin uygulanabilir.
- Zincir baklalarının üzerlerine keresteler için bölümlere ayırmak için aparatlar bağlanabilmesi.

4.3.2 Zincir Dişli Konveyörü İçin Zincir Tayini

Konveyörde kullanılan çekme zincirleri, yapılan ve imal yöntemleri bakımından büyük değişiklik gösterirler. Çekme zincirlerinin ana parametreleri şunlardır; adım, boyuna kopma gerilmesi ve zincirin birim ağırlığı. Zincir tasarımlarının üstünlüklerinin karşılaştırılmasındaki en önemli ölçüt, kopma gerilmesinin zincir birim ağırlığına oranıdır. Bu oran, zincir uzunluğunun metresi başına kilogram olarak kopma gerilmesini, aynı zamanda emniyet gerilmesini gösterir [27].



Şekil 4.33: Zincir bileşenleri.

Zincirli konveyörlerde iletimi sağlamak çok çeşitli şekillerde sağlanabilir. Zincir esnek form yapısı sayesinde zincir hareketinden faydalanarak çeşitli aksam ve aparatlar yardımıyla iletimde farklı yöntemler geliştirilebilir. Bu çalışmada dört kasnak arasında hareket eden zincir üzerine Şekil 4.51'deki gibi zincirle birlikte hareket eden parçalar bağlanarak sürekli düzende ilerletici modüler oluşturulabilir. Gereken ek bir yataklama ünitesi olacaktır. Buda zincirin ürün ile temasını önleyecek, zincire bağlanan hareketini zincirle birlikte sağlayan modüllerin ürünlere hareket vermesini sağlayacaktır [27].

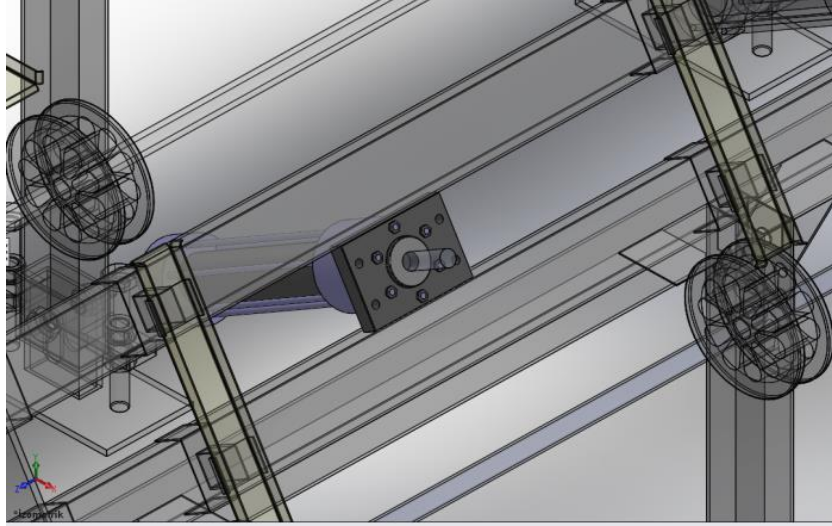
Burada önemli olan iki husus bulunmaktadır. Birincisi yapılacak modüllerdir. Bu modüller zincirin direkt hareketiyle iletimi gerçekleştireceğinden öncelikle zincirle arasındaki bağ çok düzgün bir şekilde sağlanmalıdır. Bu bağlantı zincir milinden bir bağlantı tasarımı veya zincir baklalar arasında kendini sıkıştırma yoluyla yapılabilecek tasarımla uygulanabilir. Modülleri için yapılacak tasarım ürüne zarar vermeyecek yapıda olmalıdır. Aynı zamanda iletimi gerçekleştirirken ürünlerin belirli bir düzen içinde durmalarını da sağlama kapasitesine sahip olmaları sistem için yararlı olacaktır. Bu tarz bir tasarım için ürünlerle temas edecek yüzey formunda değişiklikler yapılarak kereste formlarına uygun hale getirilebilir. Bu sayede kerestelerle temas ettikten sonra kereste formuna benzer bir yapıda olmaları avantajı ile iletimde kararlı bir tavır sergileyebilirler [27].

Modüllerin seçiminde dikkat edilmesi gereken ikinci bir husus ise kerestelerle zincirler birbirinde ayrılırken sadece zincir bağlantı modüllerinin ürünle temas edeceği yatak tasarımıdır. Bu yatakla bölümünden öncelikle zincir ile modüllerin birlikte hareketlerini kısıtlayıcı bir unsur olmamalıdır. Eğer zincir hareketli modüllere verilemez ise istenen sonuç alınamayacağından bu konuya dikkatlice yaklaşmak gerekmektedir. Yataklama bölümünde basit olarak modüllerin aralarından geçebileceği bir kanal bırakılarak harekette bir sorun oluşmaması sağlanabilir. Ayrıca bu yataklama bölümü kereste hareketlerini de sınırlandırmamalıdır. Aşırı eğimli veya kıvrımlı olmamasına dikkat edilmelidir ki ürünler ilerlerken sıkışma yaratıp konveyörler iletimin devamlılığını durdurmasın [27].

4.3.3 Konveyördeki Fazla Kerestenin Şarjöre Gönderilmesi

Keresteler zincir üzerindeki bölmelerine her seferinde bir adet alınması istenmektedir. Bir bölme içerisinde birden fazla kerestenin olması halinde keresteler birbiri ile temas halinde olacaktır. Bunun sonucunda da lazer ile hatalı boy ölçümler, sonraki proseste tek yöne hizalanamama ve düşey konveyöre alınamama gibi sorunlar çıkarabilir sistemin çalışmasını durdurabilir.

Her bir aşamada yapılan işlem gibi buda sistemin çalışması için hayati önem arz etmektedir. Sorunun çözümüne ilişkin olarak zincir konveyör ile senkronize çalışan Şekil 4.34'de tasarımı görülen bir pnömatik piston kolu ile fazla kerestenin şarjöre geri gönderilmesi planlanmaktadır.



Şekil 4.34: Tasarlanan pnömatik iticiler.

4.3.3.1 Pnömatik Silindirler

Basıncı, kontrol edebilen, durumu değiştirilebile hava ve gazlar ile çalışan sisteme pnömatik sistemler denir. Bu sistemler sayesinde otomasyon üretimi; kesintisiz, hızlı ve kontrol edilebilir sistemler olarak kullanımı ilerleyen teknoloji içerisinde önem kazanmıştır. Önceleri sadece havanın basıncından yararlanılarak çalışan birçok makine, araç ve gereç vardı. Diğer enerji çeşitlerine göre dar ve kısa alanda daha hızlı, kolay elde edilen, ucuz olan hava enerjisi son zamanlarda durumu değiştirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle otomasyon ile üretimde durum değişikliğinden fazlaca yararlanılmaktadır. Hava uygun yöntemlerle alınıp, depolanabilir, basınç kazandırılabilir. Her durumda değişim gösterir. Bu değişimler ne olursa olsun tekrar atmosfere kazandırılabilir. Özel gazlarda böyle bir durum söz konusu değildir. Havanın depolanması da mümkündür. Depolanması sırasında basınçlı, basınçsız her türlü kaptaki depolanabilir. Kullanıma her an hazırdır ve kullanım hızı da çok yüksektir [23].

Pnömatiğin uygulama alanlarını seçerken, pnömatik sistemlerin avantajları göz önünde bulundurulur. Hızlı fakat küçük kuvvetlerin uygulanması istenen yerlerde kullanılabilen pnömatik sistemler, temizlik ve emniyet istenen tasarımlarda kullanılır. Pnömatik sistemler genel olarak aşağıdaki alanlarda yaygın olarak kullanılır [23].

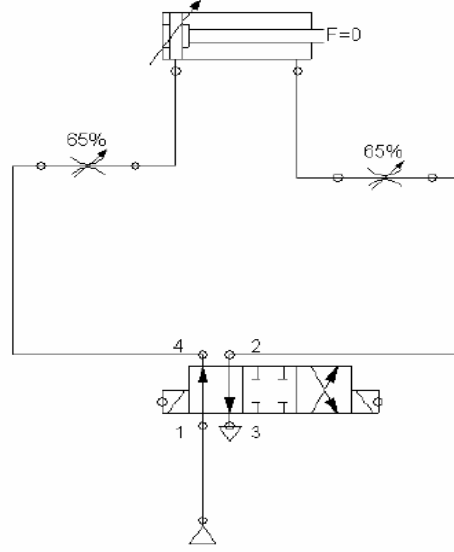
- Otomasyon işlemleri.
- Robot teknolojileri.
- Tarım ve hayvancılık.
- Elektronik ve madencilik sanayi.
- Gıda, kimya ve ilaç sanayi.
- Otomatik dolum üniteleri.
- Taşımacılık işlemleri.

4.3.3.2 Pnömatik Sistemde Kullanılan Elemanlar

- Kompresör: Basınçlı hava üretim sistemi olarak kısaca tanımlanabilir [23].
- Filtreler: Atmosfer havasında bulunan toz ve diğer istenmeyen parteküllerini emiş sisteminin başında yakalayıp sistemin içeriğinin temiz kalmasını sağlar [23].
- Valfler: Havanın akışını durduran veya başlatan, akışın yönünü değiştiren debi ve basınç değerini ayarlamaya yarayan devre elemanlarına denir. Kendi içerisinde yön kontrol valfleri, akış kontrol valfleri ve basınç kontrol valfleri olarak sınıflandırılır [23].
- İş elemanı: Pnömatik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren elemanlar olarak tanımlanabilir. Genellikle pnömatik silindirler ve pnömatik motorlar kullanılmaktadır [23].
- Borular [23].
- Sensörler [23].
- Ölçme, kontrol cihazları ve göstergeler [23].

4.3.3.3 Pnömatik Sistemin Devre Şeması ve Hesaplanması

Sistemin akışı durmaksızın fazla keresteleri şarjöre geri göndermek için pnömatik sistem hızından dolayı uygun bulunmuştur. Bu pnömatik sistemin devre şeması Şekil 4.35'teki gibi olup otomasyonla şartlandırılacaktır [23].



Şekil 4.35: Pnömatik sistem için örnek bir devre şeması.

Kullanılan pnömatik iticiler eğilme ve burkulma kuvvetlerinin etkisi altında bulunmamakla birlikte itme işini de 3 adet bulunan pnömatik silindir yapacaktır. Bu sebeple sadece teorik olarak kuvvet hesabı yapmak yeterlidir.

Öncelikli olarak 60 derecelik bir eğimli yüzeyde bulunan keresteyi devirmek için gerekli olan kuvveti bulmak gereklidir. Kerestenin maksimum ağırlığını denklem 4.11'den çıkan sonuca göre 360N olarak hesaplayabiliriz.

$$F_{net} = 360 \times \cos(60) = 180N \quad (4.14)$$

Olarak hesaplanır. F_{net} olan kerestenin yükü pnömatik silindirden elde edilmesi gereken kuvvete minimum eşit olmalıdır. Pnömatik silindirler için basınç değeri 3 bar olarak kabul edersek bu değer 300000Pa olacaktır. Ayrıca güvenlik katsayısı 4 olarak seçilmiştir.

$$F_{itme} = P \times A \times n \times (1/S) \quad (4.15)$$

$$180N = 300000N/m^2 \times A \times 3 \times (1/4) \quad (4.16)$$

$$A = 8.10^{-4}m^2 = (D_{min}^2/4) \times \pi \quad (4.17)$$

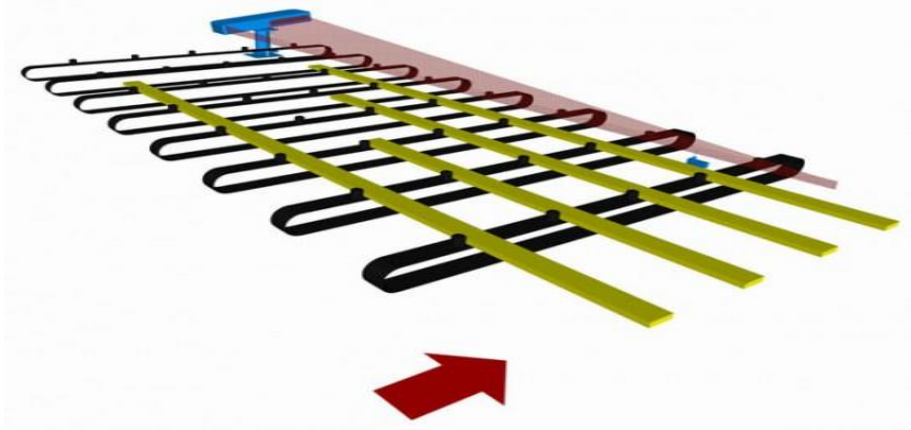
$$D_{min} = 0,032m = 32mm \quad (4.18)$$

4.4 Tek Yöne Hizalayıcı Merdaneli Konveyör

Kereste istifleme sisteminde her makinanın görevi olduğu gibi bu makinenin de görevi bulunmaktadır. Sıralama olarak bu makinenin yeri tam olarak kereste alıcıdan sonra gelmektedir. Sistem içerisine gönderilen 3 farklı uzunlukta kereste tipi olduğundan tek yöne hizalayıcı merdaneli konveyörden de üç adet kullanılmıştır.

Her bir ayırıştırma işlemi için bu makineden kullanılmasının sebebi ise kerestelerin boylarının ölçümü sırasında tek yöne hizalayıp ölçmekten geçmekten kaynaklanıyor.

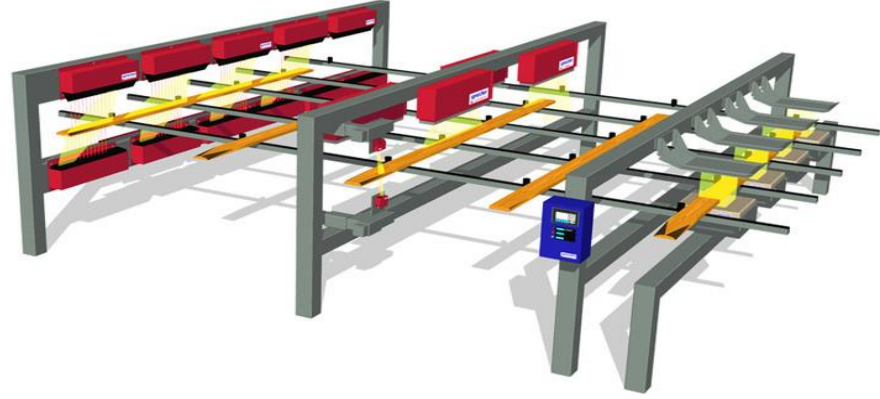
Ölçme işleminin yapılmasından önce ise kerestelerin Şekil 4.36'da görüldüğü gibi tek yöne hizalanması gerekmektedir. Bunun için keresteler zincir üzerinde ilerlerken yavaş bir şekilde hizalama Şekil 4.38'de görülen hizalama dayaması yönünde dönen merdanelerin üzerine çıkarılmaktadır. Bu çıkarma işlemi kerestenin yüzeyini zincir yüzeyinden 5mm olacak kadar yapmaktadır. Keresteler böylece zincirin seti tarafından ileri yönde ittirilirken diğer yandan ise merdanelerin dönüşüyle hizalanmaktadır. Hizalanan keresteler artık lazer ölçüm ile boylarının tespit edilmesine hazırdırlar.



Şekil 4.36: Merdaneli konveyörün iş hareketinin gösterimi.

Ölçme işlemleri ise lazer ile sağlanabilmektedir. Şekil 4.37'de ki gibi konveyörün bantlarının yukarisından belirli aralıklar ile sıralanmış lazer okuyucu ve bandın altına yerleştirilmiş lazer okuyucu karşılıklı olarak bulunmaktadır. Kereste bu lazer ışıklarının arasından geçerken belirli sayıda lazerin okunmasını engelleyecek ve

mesafeleri bilinen lazerlerden mesafesini okuyacaktır. Sonrada program ile bu bilgileri bir sonraki iş istasyonuna gönderecektir.



Şekil 4.37: Kerestenin boy ölçümünün yapılmasının şekil üzerinde gösterimi.

Zincirli konveyörle bir sonraki makineye taşınmasının sebebi ise boyları tespit edilen kerestelerin gruplandırması için iletme. Bir sonraki istasyonda bekleyen separatör kerestenin geçişine izin vermesine ya da düşey konveyöre iletilip kendi gruplarının arasına gönderimini sağlayacaktır.

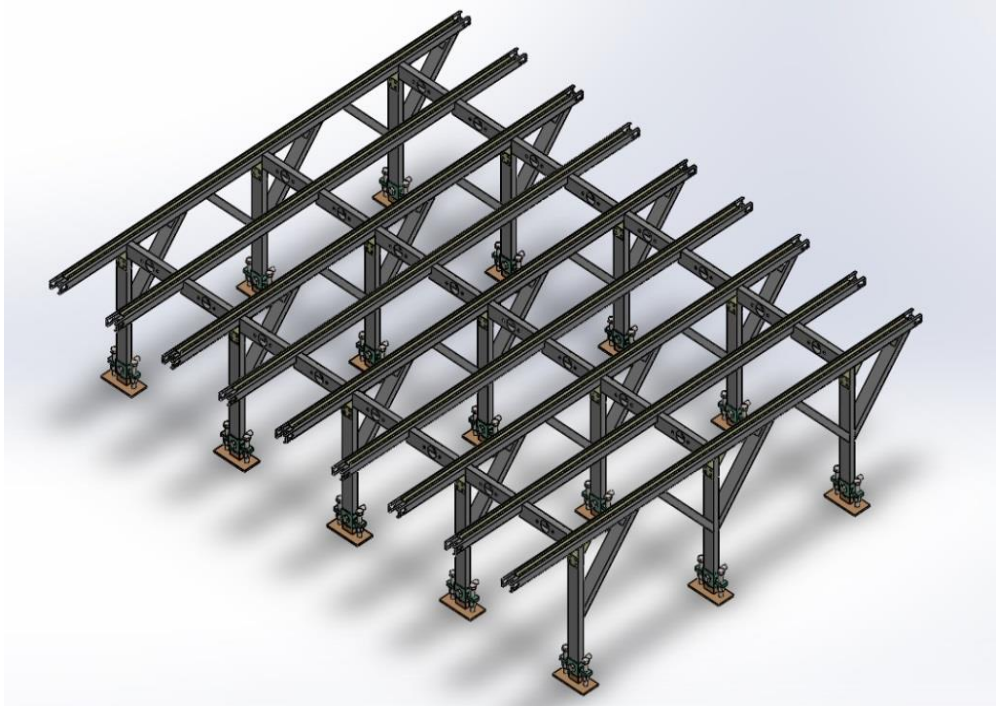


Şekil 4.38: İmal edilmiş tek yöne hizalayıcı merdaneli konveyör.

4.4.1 Tek Yöne Hizalayıcı Merdaneli Konveyörün Tasarımı

4.4.1.1 Karkas Tasarımı

Karkas tasarımı için dört bacak üzerine oturtmak yerine on beş ayak üzerine oturtulmuştur. Bunun sebebi sistemde çok fazla hareketli parçanın oluşu ve büyük yer işgal etmesidir, yine her ayağın altına kozalı yüksekliği ayarlanabilir parçalar montajlanmıştır bu sayede bozuk zeminlere de tam şekilde oturması sağlanacaktır. Şekil 4.39'da görülen karkas ayakları 100mm x 50mm dikdörtgen profilden oluşmaktadır. Konveyör zincirinin hareket ettiği profil yine 100mm x 50mm dikdörtgen profilden oluşmaktadır. Uzun parçaların eğilmelerini engellemek için makine ayaklarından uzun profillere 45° eğimle profiller yerleştirilmiştir.



Şekil 4.39: Tek yöne hizalayıcı merdaneli konveyörün şasisi.

4.4.1.2 Konveyörün İletim Zinciri

Konveyör şasisi üzerinde kerestelerin ilerlemesi sağlanması bu zincir ile sağlanacaktır. Her bir kereste kendi bölmesinde zincirin üzerinde duracaktır. Zincir tipi ise lamalı tip seçilmiştir. Böylece zincir üzerine keresteleri kaymasını engelleyecek aparatlar monte edebilmektedir. Bu aparatlar keresteleri ileri yönde gitmesini zorlarken tek yöne hizalanabilmesine olanak vermektedir. Bu tip aparatlar (lamalı zincir için) Şekil 4.51'de açıkça görülmektedir.

Konveyör zincirinin incelenmesi gereken bir diğer husus ise zincirin hızıdır. Zincirin hızı redüktör, dişli çaplarının oranları ve motorun devir sayısı ile orantılıdır. Zincirin çizgisel hızını bütün bu faktörleri hesaba katarak incelemek gereklidir.

$$n_{\text{çıkış}} = (n_2/n_1) \times (z_3/z_4) \times n_{\text{motor}} \quad (4.19)$$

(n_2/n_1) = Redüktör oranı olarak da bilinir. Çıkış devir sayısının, giriş devir sayısına bölünmesiyle elde edilir.

$(z_3/z_4) = (d_3/d_4) = (n_4/n_3) =$ Dişli çarkların çaplarından, diş sayılarının oranından meydana gelen bir devir oranıdır. d_3 redüktörün çıkış miline tespit edilen dişliyi d_4 ise iş miline tespit edilen dişli olarak düşünülmelidir.

n_{motor} : Her elektrik motorunda üreticisi tarafından önceden belirlenmiş ve motor seçiminde etkili olan bir değerdir. Genellikle devir/dakika biriminde kullanırlar.

Bu bağlamda konveyör dişlisinin çevresi ile $[m]$ iş milinin ($n_{\text{çıkış}}$ [devir/saniye] değerleri çarpıldığında konveyörün zincir hızı m/sn cinsinden hesaplanır.

Örnek olarak; $n_{\text{motor}}=1500\text{d/dk}$, $i_{\text{redüktör}}(n_2/n_1)= 1/15$, $i_{\text{dişli}}(d_3/d_4)= 1/2$, $d_{\text{dişli}}=100\text{mm}$ olarak alınıp konveyör zincirinin hızı hesaplanması aşağıdaki gibi olur.

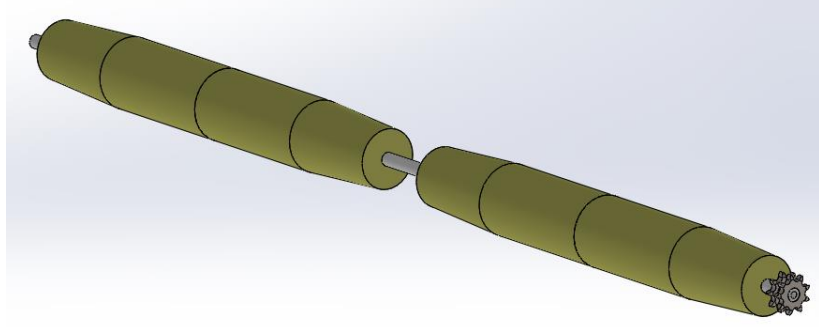
$$V_{\text{zincir}} = n_{\text{motor}} \times i_{\text{redüktör}} \times i_{\text{dişli}} \times (2 \cdot \pi \cdot d_{\text{dişli}}) \quad (4.20)$$

$$V_{\text{zincir}} = (1500\text{devir}/60\text{saniye}) \times (1/15) \times (1/2) \times (2\pi \times 0,1\text{m}) \quad (4.21)$$

$V_{\text{zincir}} = 0,5235\text{m/sn}$ olarak hesaplanır.

4.4.1.3 Merdaneler

Birçok tasarımda olduğu gibi bu tez çalışmasında da merdaneler sert plastik olarak malzeme seçimi yapılmıştır. Bu şekilde dönüşü ve kerestelerin üzerinden kayışı sırasında kerestelere zarar vermeyecektir.



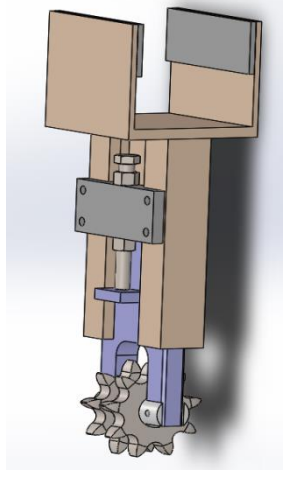
Şekil 4.40: Merdane tasarımının görünümü.

Ayrıca tasarlanan merdaneler Şekil 4.40'da görülen merdane milinin tahriki için ikili dişli seçilmiş bu sayede zincire düşen gerilim azaltılmıştır ve uzun ömürlü olması sağlanmıştır.

4.4.1.4 Zincir Gergi Sistemi Tasarımı

Tasarımda sekiz adet merdane bulunmakta ve her birinin dişlileri etrafında tahrik zinciri dolaşmakta tahrik etmektedir. Bu kadar uzun zincirin zaman içinde bollanması sebebiyle gergi sistemi yapılmak zorundadır.

Merdanelerde kullanılan aynı dişli boyutu seçilerek avare dişli oluşturulmuş ve cıvata kullanılarak trapez vida gibi çalışması sağlanmıştır. Yeterli gerginlik ayarlandığında Şekil 4.41'de görülebilen cıvatanın altında bulunan somun sıkılarak kilitlemesi sağlanacaktır.



Şekil 4.41: Zincir gergi sistemi.

Eğer daha fazla miktarda zincirin gerilmesi gerekse elektrik motorunun sabitlendiği platformun slotları daha aşağı yönde sıkılarak gerginlik bu yöntemle de sağlanabilir.

4.4.1.5 Zincir Seçimi

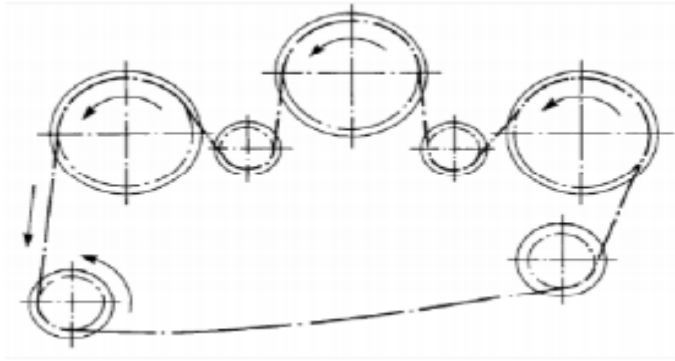
Merdanelerin döndürülmesi için güç iletim mekanizması olarak zincir tercih edilmiştir. Şekil 4.42’de zincirin takip ettiği yola benzer bir yolu izleyerek zincirin dişliye tutunmasını maksimum düzeye çıkarması hedeflenmiştir.

Zincir hakkında genel olarak; transmisyon zincirlerinin kullanıldığı hız-moment dönüşüm mekanizmalarıdır. Şekil bağlı yapılardır. Çeşitli türleri standartları mevcuttur. Zincir seçimleri iletilecek güç devir sayısına göre seçilirler. Transmisyon zincirleri belirli standart uzunlukta satılmaktadır, istenilen uzunluk sağlandığında zincir uçları uygun bir yöntemle birleştirilirler.

Tahrik mekanizmasında zincir-dişli elemanın kullanılmasının sağladığı avantajları sıralamak gerekirse;

- Çok uzun eksenler arası mesafeler için uygun çözüm oluşturmaktadırlar.
- Küçük eksen uzun mesafe aralarında bile şekil bağlı olduğu için kayma yapmaz.
- Yüksek verimlilik elde edilmektedir. (%96 - %98 arasında)

- Ön gerilmeli montaj gerektirmediğinden milde düşük radyal kuvvet oluştururlar.
- Aynı zincir ile birden fazla tahrik elemanının döndürülmesi mümkündür.
- Kayışlara göre güç iletim kapasitesi daha yüksektir.
- Zincirleri kötü ortam şartlarında kullanmak mümkündür. Sıcağa, rutubete, kirli vb. ortam şartlarına dayanıklıdır.
- Kilit baklası sayesinde montajı çok kolaydır.



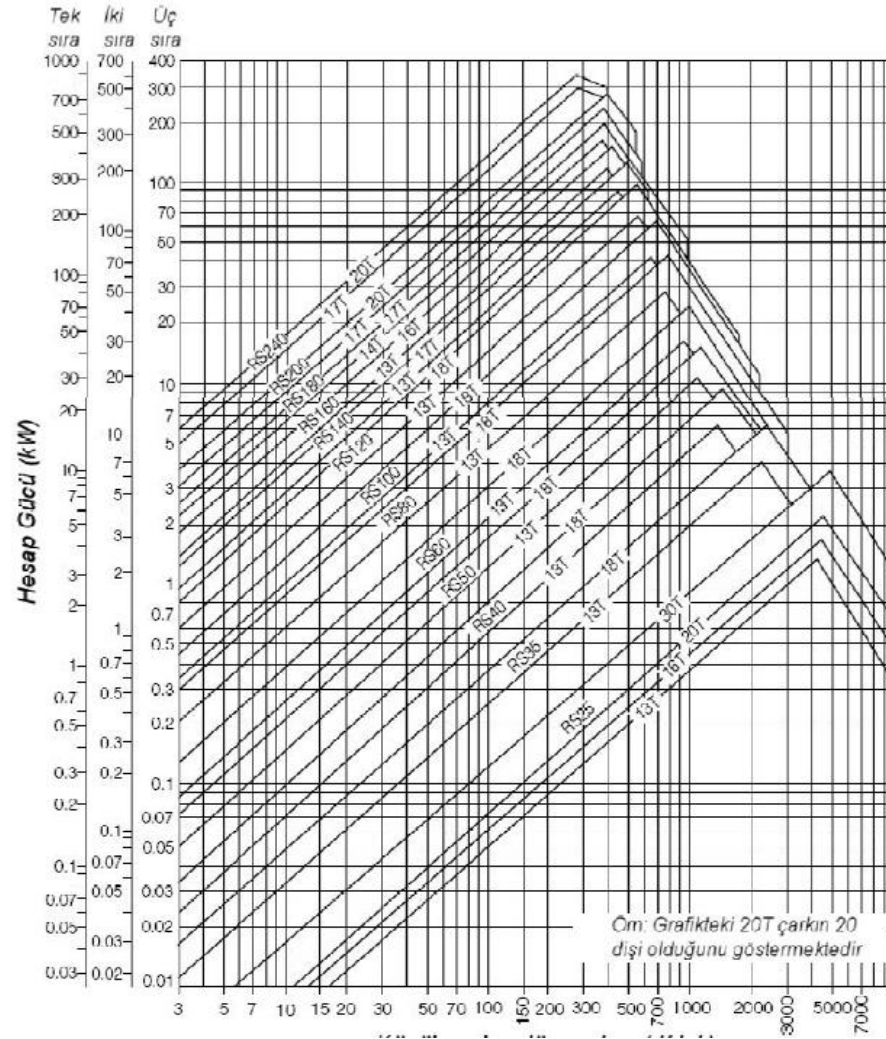
Şekil 4.42: Tasarımda kullanılan zincir tahrik şemasının örneği.

Zincir tipi ise Transport ve tahrik zincirleri grubundan makaralı zincir seçilmiştir. Makaralı zincir gurubu ise kendi içerisindeki gruptan Şekil 4.43’de görülen çift sıralı olanı tercih edilmiştir.



Şekil 4.43: Çift sıralı makaralı zincir örneği.

Zincir seçiminde ayrıca aktarılan güç ve döndürülen çarkın hızına göre tablodan seçilmelidir.



Şekil 4.44: Hesaplanan güç, devir sayısı ile zincir tipi seçim grafiği.

Tablo 4.4: Zincir seçimi işletme faktörü seçimi tablosu.

Çalışma türü	Makinalar	Tahrik elemanı		
		Elektrik motoru veya türbin	Hidrolik sürüclü	Hidrolik sürücüsüz
Darbesiz	Hız değişimi az konveyör bantları, zincirli konveyörler, santrifüj fanlar, tekstil makinaları, hız değişimi az olan genel amaçlı makinalar	1	1	1,2
Hafif darbe	Santrifüj kompresörler, gemi makinaları, hız değişimi olan bantlı konveyörler, otomatik fırınlar, kurutucular, pulverizatörler, takım tezgahları, kompresörler, kağıt makinaları	1,3	,2	1,4
Darbeleri	Presler, inşaat ve maden makinaları, titreşimli elekler, kauçuk hamur karıştırıcıları, haddeler, büyük darbeye maruz diğer genel amaçlı makinalar	1,5	1,4	1,7

Tablodan çalışma türüne göre hafif darbeleri ve elektrik motorlu konveyörün faktörü seçilir işletme faktörü dolayısıyla Tablo 4.4'e göre 1,3 alınabilir.

$$P_{\text{hesap}} = K_{\text{ç}} \times F \quad (4.22)$$

P_{hesap} : İletilecek güç

$K_{\text{ç}}$: İşletme fakörü

İletilecek güç için öncelikle kereste ve plastik merdaneler arasındaki sürtünme kuvveti ve zincir mekanizmasının iç sürtünmeleri hesaba katılmalıdır.

$$P_k = P_{ks} + P_{kd} + P_{ky} + P_{ko} \quad (4.23)$$

P_{ks} : Sürtünme kayıplarıdır. Mafsal sürtünmesi, zincirle çark arasındaki sürtünme, zincir elemanları arasındaki diğer sürtünmelerdir.

P_{kd} : Darbe kayıplarıdır. Baklaların çarka sarılması sırasında çarpması ve ayrılma sırasında baklanın ateleti nedeni ile ters yönde bir hareket meydana gelmesi kayıp yaratır.

P_{ky} : Yataklama kayıpları

P_{ko} : Boşta çalışma kayıplarıdır. Dönen zincirin ve yağın çalkalanması ve ventilasyon kayıplarıdır.

Tüm bunlar zincir sisteminin kayıplarıdır ve verim katsayısı olarak başta da belirtildiği gibi 0,96 ile 0,98 arasında kabul edilir.

$$\eta = (P - P_k) / P = 0,96 \quad (4.24)$$

$$F_{\text{sürtünme}} = M_{\text{kereste}} \times G \times \mu \times n \quad (4.25)$$

μ : Plastik ile kereste arası sürtünme katsayısı.

n : Bant üzerindeki kereste adeti.

$$F_{\text{sürtünme}} = 40 \times 10 \times 0,45 \times 10 = 1800N \quad (4.26)$$

$$P_{\text{hesap}} = 1,3 \times 1800 N = 2340 N \quad (4.27)$$

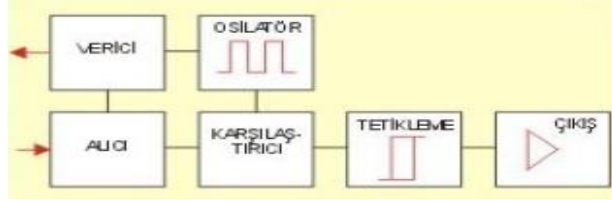
4.4.1.6 Sensörler

Sürekli üretim döngüsünün beraberinde getirdiği karmaşalardan biriside çıkan keresteleri ölçümü ve sayımı problemidir. Kereste istifleme makinası da bu sistemden yararlanmaktadır.

4.4.1.6.1 Optik Sensörler

Günümüzde hayatın her alanında elektronik sistemler kullanılmakta. Elektronik sistemlerinde yardımcı donanımlarla desteklendiği endüstriyel sistemler bulunmaktadır. Bunlara bir örnek olarak optik donanımları gösterebiliriz [19].

Bu sistem esas olarak temel bir görüntü üzerine sayma işlemini karşılaştırarak yapabilir. Belirlenmiş ürünlerin temel görüntüsünü kamera karşılaştırması için kullanılacak halde sisteme girerek, ürün çıkışı sırasında kameradan bu görüntüyü analiz edip belirlenen ölçütlere göre kıyaslama ve ürünün işlemini yapar [19].

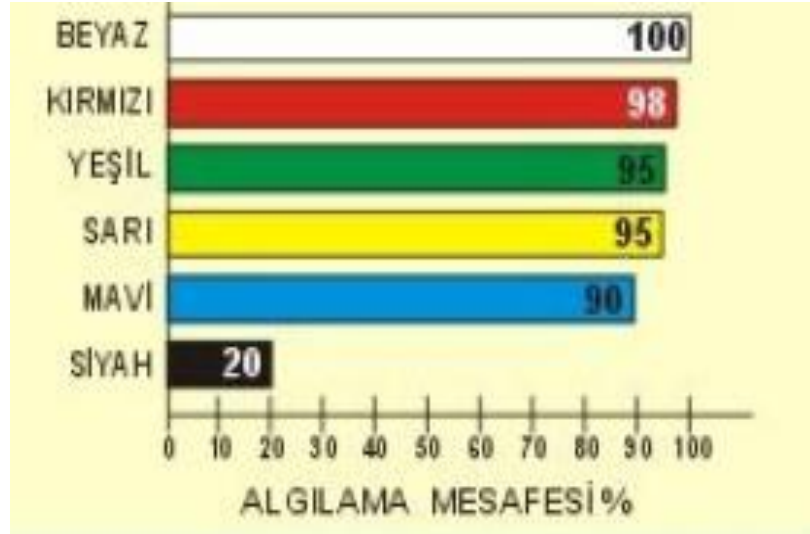


Şekil 4.45: Optik sensörlerin çalışma prensibi.

Optik sensörler veya fotoseller, ışık emisyon prensibiyle çalışan elektronik malzemelerdir. Bir verici ya da ışık kaynağı bunların ışınlarını almak için bir alıcıdan oluştururlar. Vericide bulunan ışık kaynağı belirli bir frekansta ışık yayar. Alıcı ise bu kaynaktan belirlenen frekanstaki ışığın alınmasında kullanılır. Kullanılan ışık kızılötesidir. Sensör vericiden gönderilen ışık frekansı ile alıcıdan alınan ışık frekansını karşılaştırma yapar. Eğer aynı frekansta ışık alırsa çıkışı aktif hale getirir [19].

4.4.1.6.2 Cisimden Yansımali Optik Sensörler

Cisimden yansımali optik sensörler vericiden gönderilen ışın bir cisme çarpıp geriye yansıyarak alıcı tarafından alınması vasıtasıyla çalışır. Bu tip sensörler cismin rengi ve parlaklığından etkilenmektedir. Opak yüzeylerde algılama uzaklığı cismin renginden etkilenir. Parlak renkler maksimum algılama imkânı verir. Şekil 4.46'da farklı renklere göre sensörlerin algılama farklılıkları görülebilir [19].



Şekil 4.46: Farklı renklere göre sensörlerin algılama yüzdesinin karşılaştırılması.

4.4.1.6.3 Yarıklı Tip Optik Sensörler

Yarıklı tip optik sensörler, vericiden gönderilen ışık alıcı tarafından algılanır. Eğer araya ışığı kesecek bir cisim girerse sensör çıkış verir. Eğer cisim şeffaf ise bu ışığı kesmez ve sensör bu cismi algılayamayabilir. Bu durumda hassasiyet ayarlı yarıklı tip optik sensörlerin kullanılması gerekir [19].

Kullanım açısından kereste istifleme makinası tasarımı için bu tip sensör uygun olmaktadır. Örneğin 2m, 3m, ve 4m uzunluğa sahip keresteler konveyör üzerinde ilerlerken 2m'lik kereste sadece 2m'den biraz daha kısa mesafeye konumlandırılmış yarıklı tip optik sensörün ışığı keser ve program buradan kerestenin uzunluğunu kolaylıkla tayin edebilir.

4.4.1.6.4 Sensörlerin Tepki Zamanlarının Hesaplanması

Lazer okuyucular geçen bir kerestenin boyunu okuduktan sonra ne kadar süre sonra kerestenin separatöre geleceğini ve separatörün ne zaman çalışacağını hesaplanması gerekmektedir.

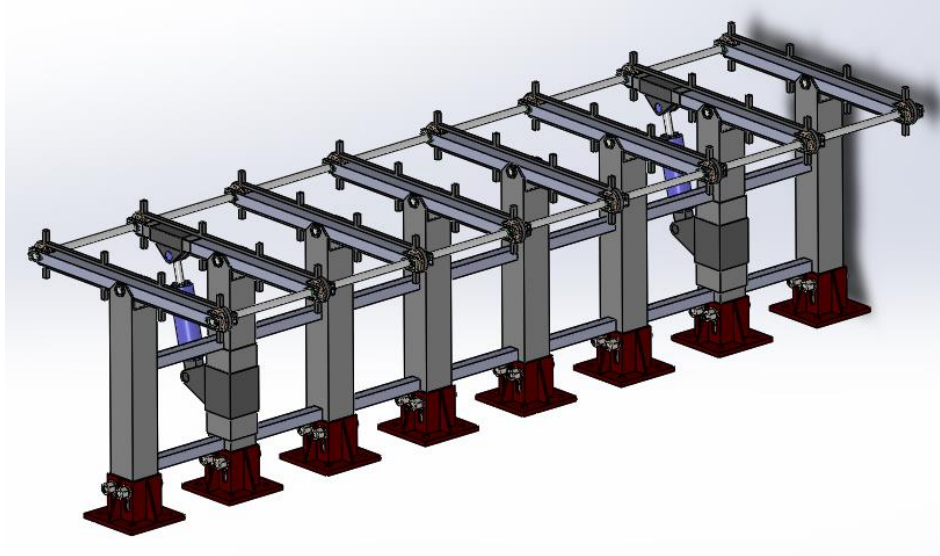
Bu senkron uyumu lazer okuyucunun datalarını separatöre iletmesi ile gerçekleşir. Gecikmeli olacak ayırma işinin sürenin hesaplanmasında belirli olan parametreler kerestenin alacağı yol ve konveyörün hızı belirlidir. Bu değerleri kullanarak geçen süre yolun hıza bölünmesi ile elde edilir.

$$T = (\text{Yol} / \text{Zaman}) = ((\text{metre}) / (\text{metre/saniye})) \quad (4.28)$$

$$T = \text{Saniye} \quad (4.29)$$

4.5 Separatörler

Separatör kelime anlamı olarak İngilizcede “Ayırıcı” anlamına gelmektedir. Bu sistemdeki makine adlandırılırken de yaptığı işlemden dolayı bu adı almaktadır.



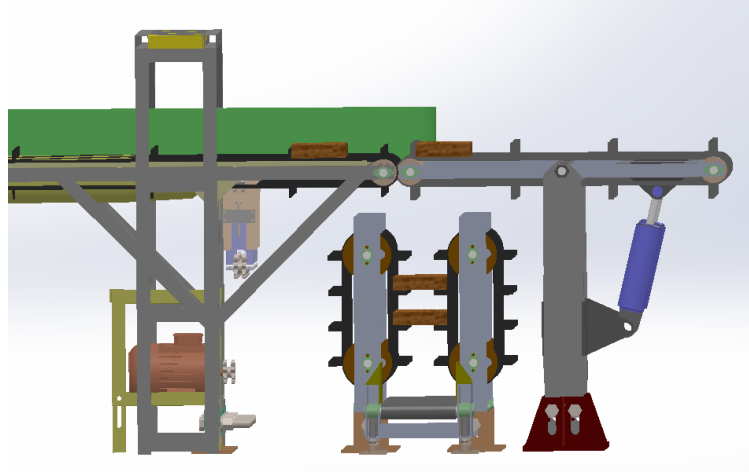
Şekil 4.47: Tasarlanan separatörün görünümü.

Görev bakımından separatörü inceleyecek olursak onunda ayırma işlemi yaptığını söylemek yanlış olmaz. Çünkü hizalayıcı bant üzerinden kerestelerin iletiminde iki seçeneğe göre ayırma yapar.

- a) Kerestelerin sonraki istasyona ilerlemesine izin vermek.
- b) Lazer okuyucuların kerestelerin boyunu uygun bulması durumunda separatörü kaldırarak kerestelerin dikey konveyör üzerine düşmesini sağlamak böylece keresteyi kendi grubuna ayırmak.

4.5.1 Separatörün Düz Konumda Kalması

Keresteler lazer ile boy ölçüm aşamasının sonucunda kerestelerin konveyörden ayrılıp ayrılmayacağına karar verebilmek için kereste boyu ile ilgili dataları bir “PLC” sistemine iletir. Gönderilen datalardan yoluna çıkarak PLC sistemi bu datayı kendi içerisindeki fonksiyonda yerine koyarak separatörün çalışması için pnömatik kolun çalışıp çalışmayacağına karar verir.



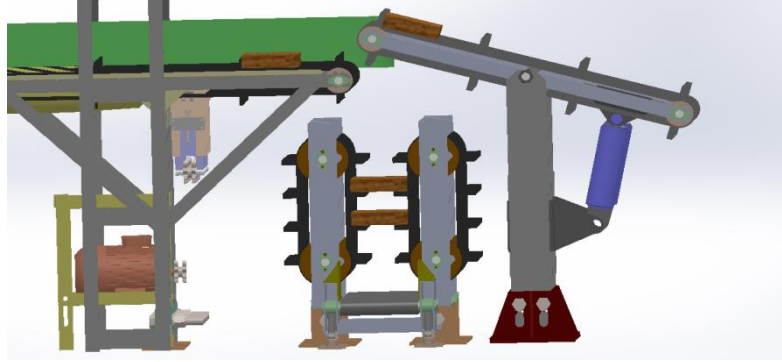
Şekil 4.48: Kerestelerin düşey konveyörü geçişi görüntüsü.

Yapılan ölçümde kurgulanan bu senaryo için kereste konveyör yolundan devam edip kendi gurubuna gidene kadar separatörlerin tümü aynı şekilde çalışacaktır. Bunu sağlamak için separatörün konumunu Şekil 4.48’de ki gibi bulundurması yeterlidir. Dolayısı ile pnömatik silindir çalıştırılmayacağı için bir hesap yapılması gerekmez.

4.5.2 Separatörün Eğik Konumlanması İçin Üretim Senaryosu

Bu kurguda ise başta belirtilen durumların tersi söz konusudur. Dolayısıyla kerestenin kendi boy grubuna ayrılacağı separatöre gelmiştir. Bu durumda kerestenin yürüyen bant üzerinde alınması gerekmektedir. Fakat zincir konveyör sürekli hareket

halinde olacağı için separatörün kolu açılarak eğimli bir hal alır. Separatörün açılmış görünümü Şekil 4.49'da görülmektedir. Separatörden önceki konveyör üzerinde gelen kereste separatörün zincir konveyörüne geçemeyeceği için bir miktar serbest düşme yapar ve dikey çalışan konveyöre iletilir.



Şekil 4.49: Separatörün açık konumu ile keresteyi düşey konveyöre iletmesi.

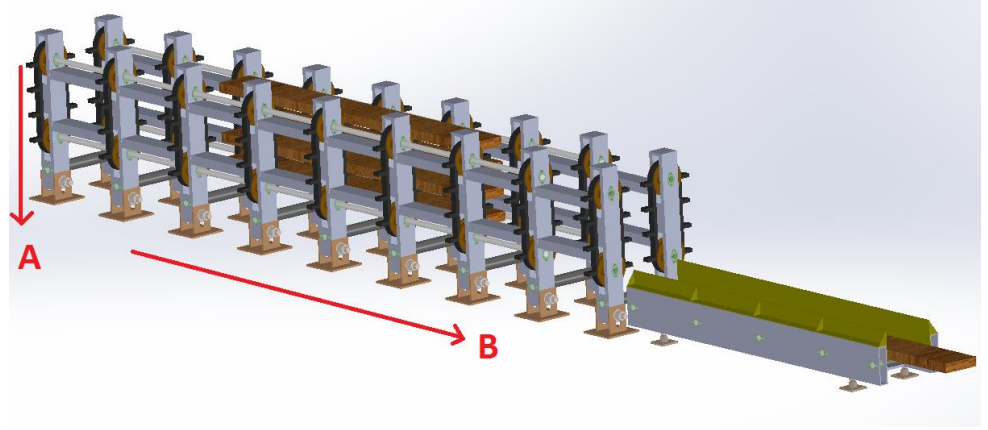
İlk durumun aksine burada separatörün pnömomatik kolu çalışmaktadır. Bunun için bilinmesi gereken iki değer vardır. Öncelikle ölçümü yapılan kerestenin ne kadar süre sonra separatöre geleceğini hesaplamak gerekir. Bu değer 4.30 ve 4.31 denkleminde elde edilmiştir.

$$T_{pnömomatik} = (L_{mesafe} / V_{konveyör}) \quad (4.30)$$

$$T_{pnömomatik} = (L_{lama} - L_{en}) / V_{konveyör} \quad (4.31)$$

4.6 Düşey Yönde Çalışan Kereste Konveyörü

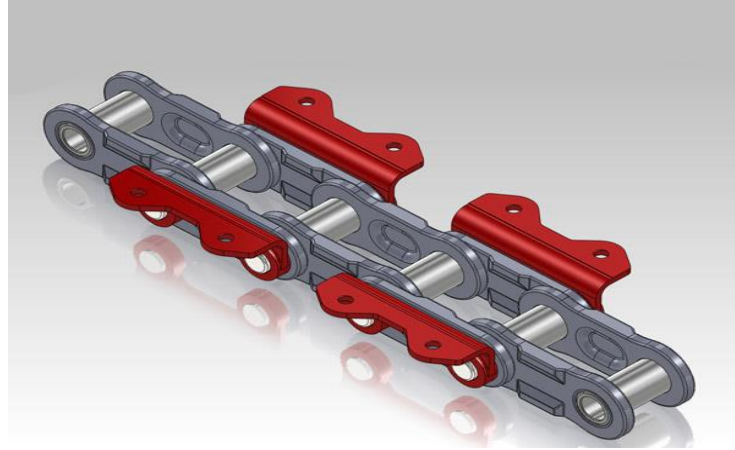
Konveyörler genellikle düz veya açılı iletim yapmaktadır fakat taşınan ürün kereste olduğu için yüksekten taşımak tehlikeli bir hal alabilmektedir bunun için makinaların düşey konumdaki boşluklarından istifade edilerek separatörden ayrılan kerestelerin zemine doğru kontrollü bir şekilde iletimi düşünülmüştür. Şekil 4.50'de kerestelerin izleyecekleri yol tasarım üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.50: Düşey yönde çalışan konveyörde kerestelerin izlediği yol.

Düşey yönde çalışan konveyörün öncelikle görevi keresteyi en alt katta bulunan rulo tipi konveyöre kadar iletimini sağlamaktır.

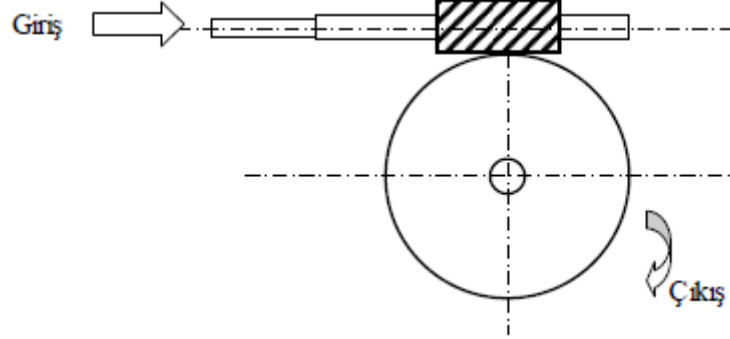
Zincir tipi olarak lamalı zincir tercih edilmelidir. Böylelikle keresteleri alt yüzeylerinden tutmak için tutmayı sağlayan parçalar eklenebilecektir. Tutucu parçaların her lama parçasına montajı yapılma zorunluluğu yoktur. Keresteye ayırdığımız bölme mesafesi kadar lamalardan bazıları boş bırakılarak istenilen bölme mesafesi elde edilmiş olunacaktır.



Şekil 4.51: Lamalı zincir tasarımından bir örnek.

Düşey yönde çalışan tahrik elemanlarından olan redüktör kullanım zorunluluğu bulunmaktadır. Yavaş ve yüksek ağırlıklar altında çalışan bu sistemler için moment ve hız değişimi ancak redüktör ile mümkündür [27].

Redüktör tipi olarak ise sonsuz vidalı redüktör seçilmiştir. Bu redüktörün seçiminde kerestelerin konveyör üzerine düşmesinden dolayı ve düşme sonucunda sistemin stabil çalışmasının bozulmamasından dolayı seçilmiştir [27].



Şekil 4.52: Redüktör dişlisi ve sonsuz vidasının güç aktarımı gösterimi.

Sonsuz vidalı redüktörün kısaca bahsetmek gerekirse [27];

- Dişliler sürtünme esasına göre çalışmaktadırlar.
- Kovan şafttır, mile direkt akuple edilebilir, yada kaplin, şasi vs. gerektirmeden de kullanıma uygundur.
- Az yer kaplar, bakımları kolaydır, ekonomiktir.
- Zarif bir sistem olup kalitelidir verimleri yüksektir.
- Giriş ve çıkış milleri birbirine diktir. (90°)
- Daha fazla yük taşır, çok sessiz ve düzgün çalışırlar.
- Darbe ve şoka mukavimdir.
- Montaj ve demontajı kolaydır.
- Oto blokajlıdır. (Kendi kendine frenleme özelliğidir)

4.6.1 Redüktör Seçimi

Redüktör seçimi için redüktörün maruz kalacağı bütün etkilerin dikkatle irdelenmesi ve hesaba katılması gerekir [27].

4.6.1.1 Motor Seçimi

4.6.1.1.1 Yuvarlanma Direnci Hesabı

$$F_{\text{yuvarlanma}} = m \cdot g \cdot (2/D (\mu \cdot (D/2) + f) + c) \quad (\text{Newton}) \quad (4.32)$$

g: Yerçekimi ivmesi ($9,81 \text{m/s}^2$)

μ : Sürtünme katsayısı

M: Taşınan ağırlık (kg)

D: Aks çapı (mm)

C: 0,003

4.6.1.1.2 Güç Hesabı

$$P = F_{\text{yuvarlanma}} \cdot v / 1000 \cdot \eta \quad (\text{KW}) \quad (4.33)$$

v: Hız (m/s)

$F_{\text{yuvarlanma}}$: Yuvarlanma direnci

η : Verim (%)

4.6.1.1.3 Döndürme Momenti Hesabı

$$M_d = 9550 \cdot P / n \quad (\text{Nm}) \quad (4.34)$$

P: Motor gücü (KW)

n_{motor} : Motor devri (1/dk)

4.6.1.2 Redüktör Gücü Hesabı

Redüktörlerin çalışma gücünden ziyade çalışma şartlarını da dikkate alınarak hesaplanmalıdır ve hesaplanan bu redüktör gücü motor gücünden eşit veya daha fazla güçte olabilecek kapasite seçilmelidir.

$$P_{\text{redüktör}} = k.P \text{ (kw)} \quad (4.35)$$

$$k = k_1 \times k_2 \times k_3 \quad (4.36)$$

Tablo 4.5: İş makinalarının gruplandırılması.

MAKİNE CİNSİ / İMALAT GRUBU	GRUP NO
MAKİNE İMALAT	
Asansör, Pres Kırıcı, Plastik Makineleri, Kağıt Makineleri	III
Köprülü Kren	II-III
Pompa, Elek, Textil Mak.	II
Konveyör, Zincirli Taşıyıcı	I-II
KALDIRMA MAKİNELERİ VE KREN	
Keççe, Keççeli Kaldırıcı	III
Kovah Kaldırıcı, Kovah Kaldırıcı	II-III
Döner vinçler, Köprü ve Krenler, Kollu vinç, Hatalı iletici	II
Gezer vinç, Kancalı Kaldırıcı, Hazneli vagon, Daire taşıyıcı	I-II

k_1 : Redüktörün çalışma zamanı faktörü (Tablo 4.6'dan seçilir.)

Tablo 4.6: Redüktör zaman faktörü.

Günlük Çalıştırma Süresi	0.5	2	4	8	12	16	24
k_1	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.5

k_2 : Kuvvet makinesi faktörü (Tablo 4.7'den seçilir.)

Tablo 4.7: Redüktör kuvvet makinesi faktörü.

GRUP	Tahrik Makinesi, k_2 faktörü		
	Elektrik Motoru	4-6 silindirli Motor	3-1 Silindirli Motor
Grup I	1.00	1.12	1.25
Grup I-II	1.12	1.25	1.40
Grup II	1.25	1.40	1.60
Grup II-III	1.40	1.60	1.80
Grup III	1.60	1.80	2.00

k_3 : İlk kalkış faktörü (Tablo 4.8'den seçilir.)

Tablo 4.8: Redüktör ilk kalkış faktörü.

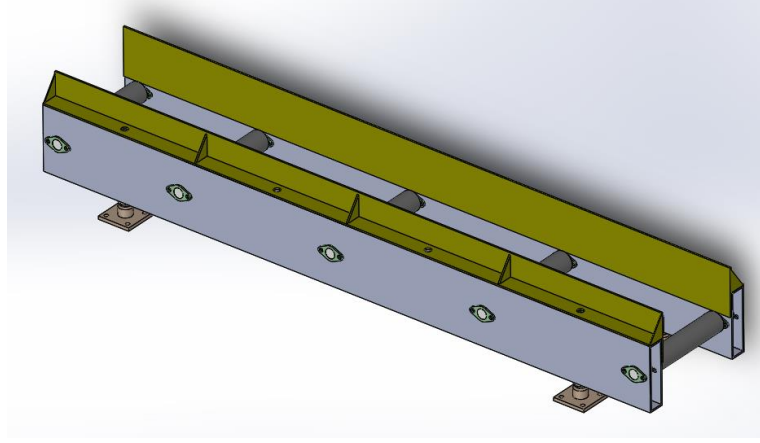
Bir Saatlik Çalıştırma miktarı (kere)	1..3	3..10	10..40	40..60	100.160	> 180	
Makine Grupları	I	1	1.06	1.12	1.4	1.6	1.8
	II	1	1	1.06	1.12	1.4	1.6
	III	1	1	1	1.06	1.12	1.4

4.7 Rulolu Konveyör

4.7.1 Rulolu Konveyör ve Türleri

Rulolu konveyörler; ingotlar, levhalar, döküm-potları, rulo halindeki mallar, borular, kütükler ve sandıklar gibi parça malları yatay ve aşağı veya doğru hafif eğimli rulolu yollar üzerinde taşımaya yararlar. Mallar, konveyör şasisi üzerine düzgün aralıklarla yerleştirilmiş rulolar üzerinde iletilirler. Taşınacak malların düzgün bir tabana, boyuna ve düz bir kaburgaya sahip olmaları gerekmektedir. Bu tip konveyörlerde köşeli veya silindirik mallarda taşınabilir. Yumuşak kaplardaki, düzgün olmayan şekilli ve küçük boyutlu mallar, ancak tablalar veya sandıklar içerisine konarak taşınabilirler. Bu durumlarda, boş kap yükleme noktasına getirilir [28].

Çalışma biçimine göre rulolu konveyörler, güç alan rulolu konveyörler veya avara rulolu konveyörler diye ikiye ayrılırlar. Güç alan konveyörlerin ruloları bir motor tarafından kendi eksenleri çevresinde döndürülürler. Hareket, iletilen mala sürtünme aracılığıyla iletilirler. Avara rulolu konveyörlerde ise, kuvvet doğrudan doğruya yüke uygulanır ve rulolar, konveyör yatağı boyunca öteleme hareketi yapan yükün sürtünmesiyle dönerler. Hareket ettirici kuvvet yüke belli aralıklarla yerleştirilmiş kenet, çubuk veya itme parçalı sonsuz zincir ve halat gibi elemanlar aracılığıyla aktarılır. Avara rulolu konveyörler genellikle ağırlığın düşük değerdeki sürtünme kuvvetini yenmesine yeterli hafif bir eğime sahip bulunurlar. Bunlara ağırlık konveyörleri de denir [28].

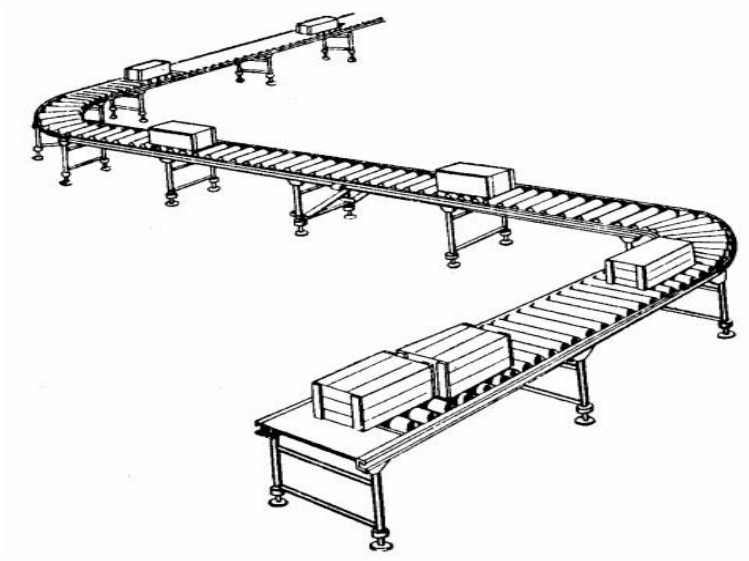


Şekil 4.53: Tasarımı yapılan rulolu konveyörün kısmi görünümü.

4.7.1.1 Avara Rulolu Konveyörler Konstrüksiyon ve İşlevleri

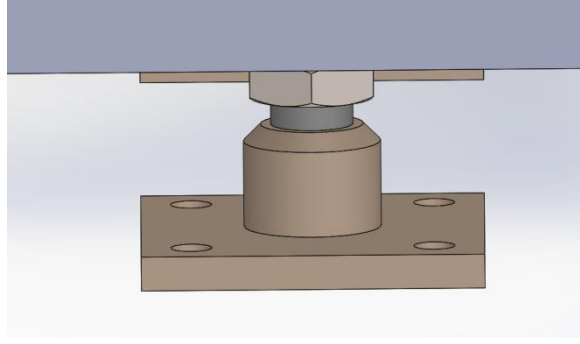
Bir avara rulolu konveyör; rulolar, şasi veya sehpadan oluşmaktadır. Basit tasarımı, hafif ve kolay imalatı bu konveyörü; mekanik atölyelerde, özellikle parçaları işlem noktasından diğerine ve sonunda ambara ve yükleme yerine ileten ve hat üretimi yapan dökümhanelerde geniş ölçüde kullanılan bir taşıma aracıdır [28].

Yükün hareketini kolaylaştırmak için bu tip konveyörler %1 – 1,5 eğimle yerleştirilirler. Bu eğim miktarı 1m uzunlukta 1,5–3cm'lik düşüş yükün, rulolar üzerinde kendi ağırlığı ile iletilmesini sağlar [28].

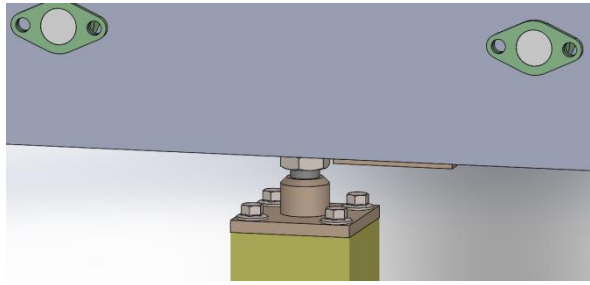


Şekil 4.54: Avara rulolu konveyörlerin genel görünüşü.

Tasarlanan sistemin rulolu konveyörde bu eğimi kazandırmak için şasi ayaklarının yüksekliği ayarlanabilir olarak tasarlanmıştır. Bunun için 100mm x 100mm x 10mm ölçülerinde kare sacın üzerine M24 boyutunda saplama tespit edilmiştir. Konveyörün şasisinin altına ve üzerine açılan 24mm'lik bir delik içerisinden geçirilmiştir. İstenilen yüksekliğe getirmek için saplama üzerindeki M24 somun gevşetilir yüksek ayarı yapılır, son olarak bu yüksekliği muhafaza etmek için iki somun birbirine zıt yönde sıkılır ve kilitlenmiş olur. Ayrıca tasarlanan bu rulolu konveyörün daha geniş alanda kullanılması için konveyörün ayaklarına 100x100 kare profil bağlanması sağlanarak çalışılan yere göre yükseklik ayarı yapılmasına fırsat verilmiştir. Bu ayarlamalar Şekil 4.55 ve Şekil 4.56 üzerinde görülmektedir.



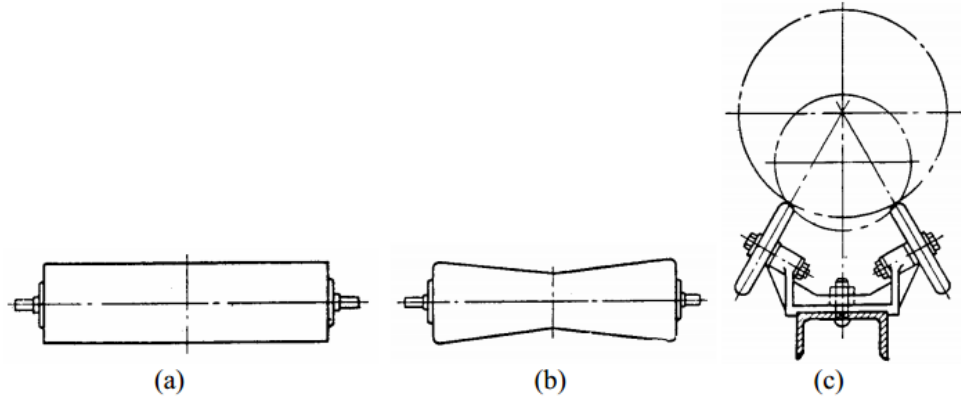
Şekil 4.55: Rulolu konveyörün ayak kısmı ve sıkma somunu.



Şekil 4.56: Yüksekte çalışacak konveyör için eklenen kare profil.

4.7.1.1.1 Avara Rulolu Konveyörün Elemanları

Avara konveyörlerin silindirik ruloları genellikle çelik borulardan yapılır ve döküm veya preste basılmış flaşlarla donatılır. Rulolarda genel olarak bir mil ve bu milin iki başına geçirilmiş sızdırmaz bilyeli yataklar bulunur. Şekil 4.57’de görülebilen özel V-tipi rulolar; eğimli boru veya tekerlek rulolar, borular ve yuvarlak çelikler gibi silindirik malları kılavuzlamaya yarar [28].



Şekil 4.57: Rulolu konveyörler için rulo tipleri.

Boru ruloların yüzeyleri kaba veya işlenmiş olabilmektedir. Yüzeyleri işlenmiş rulolar yükü düzgün bir şekilde taşırlar. Bu bakımdan döküm kalıpları gibi sarsıntıya karşı duyarlı malların taşınmasın zarar görmeleri engellenir. Bu bağlamda kereste taşınmasında hassasiyet aranmayacağı için ruloların yüzeylerinin işlenmesine gerek yoktur [28].

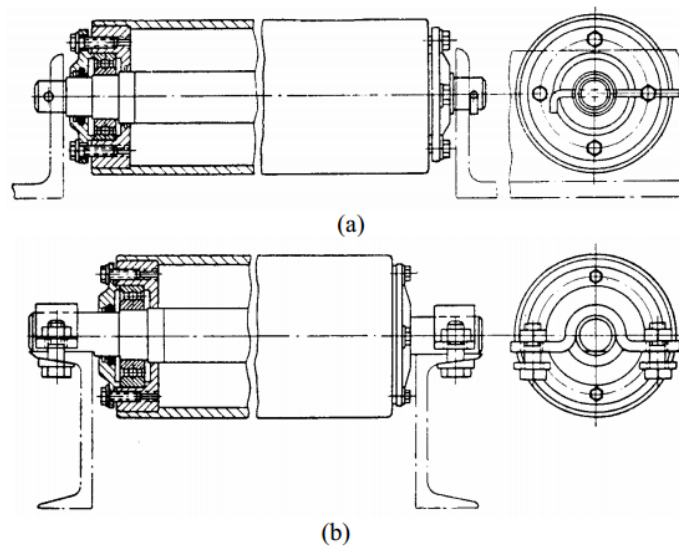
İşlenmemiş rulolar 65, 76, 108 ve 159 mm çaplarında yapılırlar. Taşınacak yük ağırlaştıkça rulo çapları da büyütülür. Böylece ruloların dayanımı yükseltilmiş ve harekete karşı dirençleri düşürülmüş olur [28].

Tablo 4.9: Avara konveyör rulolarının özellikleri.

Rulo Parametreleri	Rulo Tipi		
	Orta	Ağır	Çok Ağır
Rulo başına max. yük [kg]	600	1200	2500
Tavsiye edilen max. yük [kg]	300	600	1200
Rulo çapı [mm]	73	105	155
Yataklarda mil çapı [mm]	20	30	45
Rulo Uzunluğu [mm]	Dönen Parçaların Ağırlığı [kg]		
300	3.4	6.4	15.8
400	4.2	7.8	19.8
500	5	9.2	21.5
600	5.7	10.6	24.4
700	6.5	12	27.3
800	7.3	13.4	30.2
1000	8.8	16.3	35.9
1200	-	-	41.7

Ruloları boyları, taşınan malların genişliğine bağlı olup aynı genişlikte veya 50 - 100mm fazla imal edilirler [28].

Rulolu konveyörlerin şasileri uygun çelik ya da U profilden yapılır. Rulo milleri köşebent flanşında açılan yarıktan tutulur ve bir kilitleme pimi ile dönmeleri engellenir. Bu kilitleme pimleri yuvarlak tellerden yapılır ve üç komşu rulo milinin deliğine sokularak şaseye kilitlenir [28]. Kilitleme mekanizmaları ve montajı Şekil 4.58'de temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.58: Rulo konveyörün pim bağlantıları.

Rulo adımı, iki komşu rulo eksenleri arasındaki uzaklık olarak tanımlanır ve taşınan yükün boyuna ve ağırlığına bağlıdır. Konveyör boyunca hareket eden yük, her an en az iki rulo üzerine binmesi gerekir. Pratikte rulo adımı, yük uzunluğunun 1/3'ü olarak alınır. Sarsıntıya dayanıklı olmayan yüklerde bu değer, yük uzunluğunun 1/4 - 1/5'i kadardır. Rulo başına maksimum tasarım yükü yükün 0,7'si olarak alınır [28].

4.7.1.1.2 Avara Rulolu Konveyörün Hesabı

Bir yükün, sabit eksenler çevresinde dönen masurlar üzerindeki hareketi, bir yuvarlanma hareketidir. Harekete karşı direnç, yükler rulolar arası sürtünme ve bilyalı yataklardaki kayma ve yuvarlanma sürtünmesinden meydana gelir. Rulolar üzerindeki direnç katsayısını ifade etmek gerekirse [28];

$$\dot{w} = (\mu d + 2k) / D \quad (4.37)$$

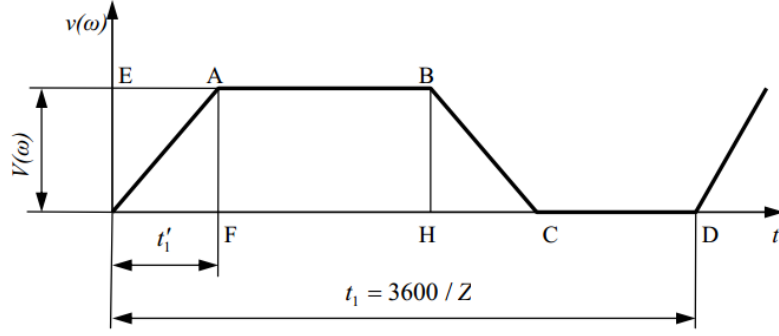
μ : Rulonun D (mm) çapındaki muylusuna indirgenmiş sürtünme katsayısı.

k: Rulolar üzerindeki yükün yuvarlanma sürtünme katsayısı (mm)

D: Rulo çapı (mm)

Daha sonra, yatay bir konveyörde yükü rulo yatağı (kızak) boyunca götürecek W kuvveti ile bir ağırlık konveyöründe gerekli λ eğim açısı hesaplanır. Konveyör ruloları, üzerinden geçen yük tarafından döndürülürler. Yük ruloyu geçer geçmez eğer bir ikinci yük hemen arkasından onu izlemiyorsa yataklardaki sürtünme dönmeyi yavaşlatacaktır ve ikinci yük gelene kadar durduracaktır [28].

Rulonun bu durum için çevresel ve dolayısıyla açısal hızını gösteren diyagram şekilde verilmiştir. t_1 başlangıç anında, yani çevresel hızın henüz yükün öteleme hızına varmamış bulunduğu zaman içinde yük, rulo üzerinde hem kayar hem de yuvarlanır [28].



Şekil 4.59: Avara rulolu konveyörde dönme hızı diyagramı.

Üzerinde yürüyen yükün yarattığı düzgün kayma sürtünme kuvvetinin etkisi altında rulunun ivmesi Şekil 4.59’da görülen OA doğrusu ile gösterilebilir. Bundan sonra yük masurayı sabit v çevresel hızıyla çevirmeye başlar (AB çizgisi). Bundan sonraki evrede, yani yükün rulo üzerinden geçmesinden sonra, rulo yavaşlar (BC) ve en sonunda hareketsiz kalır. Bu hareketsizlik izleyen yükün aynı hareketi tekrarlaması kadar sürer (CD) ve sonra çevrim yeniden başlar. Bir saatte taşınan yük sayısı Z ise çevrimin süresi $t_1 = 3600/Z$ (sn)’dir [28].

Dönen parçalarının ağırlığı P olan bir rulo için;

$$A = (K.P.V^2) / 2g \text{ [kgm]} \quad (4.38)$$

$$g = 9,81 \text{ [m/sn}^2\text{]} \quad (4.39)$$

K : Rulunun hareketli parçalarının tümünde çevrede olmaması dikkate alan katsayı < 1 . Pratikte ise $K = 0,8 - 0,9$ arasında alınır [28].

G ağırlığındaki bir yükün rulolu konveyör üzerindeki hareketine karşı direncin tümü şu bölümlerden oluşmaktadır [28].

- i. Yükün rulolar üzerindeki yuvarlanmasına karşı direnç;

$$W1 = (G.2k) / D \quad (4.40)$$

- ii. Rulo muyluları sürtünme direnci. Yük z adet rulo tarafından taşınıyorsa sürtünme kuvveti;

$$W2 = ((G + pz) . \mu d) / D \quad (4.41)$$

- iii. Yükün rulolar üzerinde kaymasından doğan direnç ve rulolardaki kinetik enerjinin aktarılması. Bir rulo için yapılan iş 2A (kgm) olduğundan z rulolu bir konveyörde sürtünme kuvveti;

$$W_3 = (2Az / L) = (K.p.z.v^2) / g.L \quad (4.42)$$

Yükün hareketine karşı olan toplam direnç veya avara rulolu bir yatay konveyörde yükün taşınabilmesi için gerekli kuvvet:

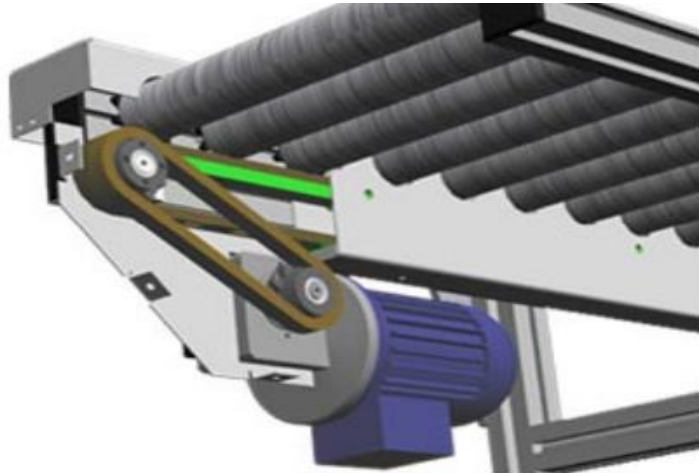
$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad (4.43)$$

Yukarıdaki (x.x) eşitliğinden , yükün hareketine karşı w direnç katsayısını (ağırlık konveyrlerinde gerekli λ eğim açısının tanjantı) elde edilir.

$$W = \tan\lambda = W/G = (2k/d) + (((G+p.z) \times \mu d)/D) + ((K.p.z.v^2)/(g \times L)) \quad (4.44)$$

4.7.1.2 G Alan Rulolu Konveyörler

G alan rulolu konveyörlerin, avara rulolu konveyrlerden başlıca farkları; ruloların motor ve aktarma organları aracalığıyla döndürülmesidir [28].



şekil 4.60: G alan rulolu konveyör.

G alan rulolu konveyörler en çok haddehanelerde kullanılırlar. Bitmemiş malı beslemek ya da haddelenen makaslara, testerelere, soğutma ve düzeltme makinalarına ve bitmiş malları ambarlara iletmek gibi işler yapılır. şekil 4.60'da

görülen güç alan konveyörler doğrudan doğruya hadde tezgâhının önüne yerleştirilmişlerdir. İş parçasını, haddeler arasında taşıma işlemlerini yaparlar. Taşıma işlemleri için kullanılanlar konveyörler ise malı atölye içinde taşırlar [28].

Süreç konveyörleri, hareket yönü değişen geri dönüşlü haddelerde çok sık kullanılırlar. Taşıma konveyörlerinde ise masuraların hareketi uzun bir süre için tek yönlüdür [28].

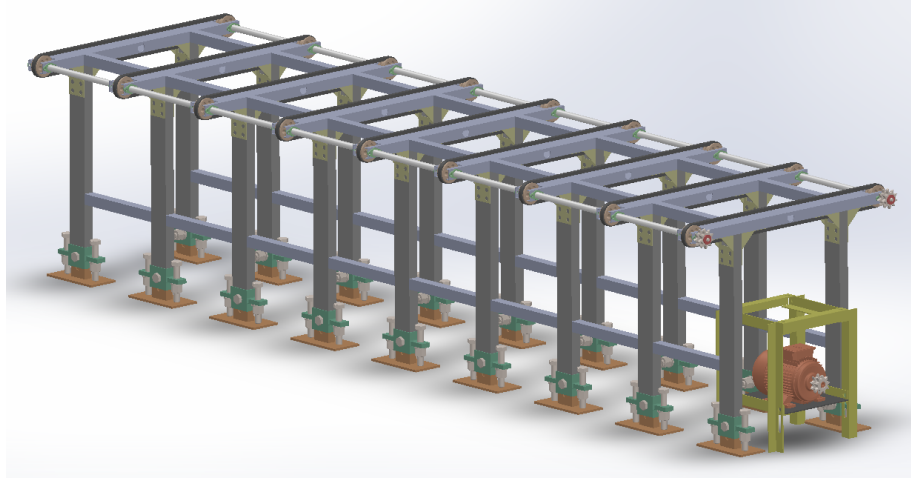
Bu sebeplerden dolayı kullanım alanı olarak kereste konveyörü olarak kullanmak uygun değildir [28].

4.8 Kereste Bekletme Konveyörü

Keresteler istif paleti makinasına belirtilen sayıda gelmeli ve ardından istif sırasını ve katını oluşturmak için konveyörünü durdurarak işlemini yapmaktadır. Fakat daha geride bulunan istasyonlarda istifleme işlemi sürekli olarak devam etmektedir. Kereste bekleme bandı da tam bu sorunun olduğu yerde çalışmaktadır.

Kereste bekletme konveyörü kendinden önceki işlemi tamamlanmış keresteleri bir bölmesine alıp bekler. Yeniden bir kereste geliyorsa ikinci bölmesini hazırlar ve ilerler. Bu ilerleme her seferinde bir kereste bölmesi boyu kadar olmaktadır.

Kereste bekletme konveyörü üzerindeki keresteleri iletme devam etmesi için istif paleti makinası işlemini tamamladıktan sonra (programına önceden girilen sayı kadar keresteyi yan yana dizmiş, paletini kaldırıp, istiflerin üst üstü dizildiği forklift paletinin üzerine keresteleri bırakmalı ve eski konumunu almalı) kerestelerin konveyör üzerine ilerlemesine izin verilir.



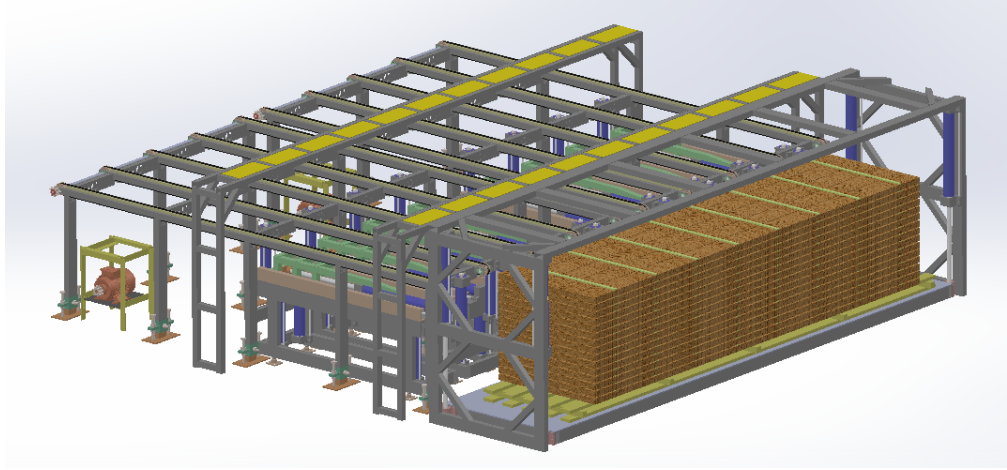
Şekil 4.61: Tasarlanan kereste bekletme konveyörü genel görünümü.

Şekil 4.61’de tasarlanan bekleme konveyörünün ne zaman ilerleyeceği istif paleti makinası ve kendinden önceki konveyör belirlemektedir. İstif paleti makinası sinyal gönderdiği zaman üzerindeki tüm keresteleri istif paletinin konveyörüne iletmek için bandı tam tur çevirecek kadar dönmektedir. Eğer konveyörüne sinyal kendinden önceki konveyörden gelirse bir kereste bölmesi kadar ilerlemeyi tamamlayıp yeniden duracaktır. Bu tekrarlama istif paleti makinasın yeni bir istif için hazır oluncaya kadar devam edecektir.

Bu makinanın bölümleri sırasıyla şasi, mil, mil yatakları, dişli, elektrik motoru, redüktör, dişli ve zincirdir.

4.9 İstif Paleti Makinası

Kereste istifleme makinesi çalışma prensibi farklılıklar gösterse de genellikle son istasyon olarak bu yöntem tercih edilir. Bazı üreticiler istif katlarını ayırmak için istif katları arasına yerleştirilecek olan çıta parçalarını bile bu istasyonda yerleştirmektedirler. Eğer istiflenen keresteler kurutmaya tabi olacaksa bu çıta önem arz etmektedir.

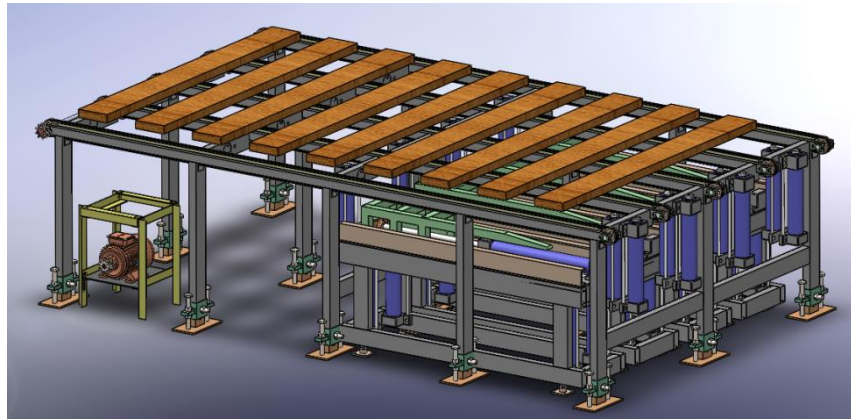


Şekil 4.62: İstif paleti makinasının tasarımının görüntüsü.

Tüm proses boyunca keresteleri boylarına göre ayırma ve hizalama işleminin sonucunda bu istasyonda istif oluşturulmaya başlanacaktır. Bu iş istasyonunda keresteler yan yana aralarında mesafe kalmayacak şekilde önceden belirtilen sayıda sıralanır sonrasında istif katları palet yardımı ile oluşturulmaya başlanır.

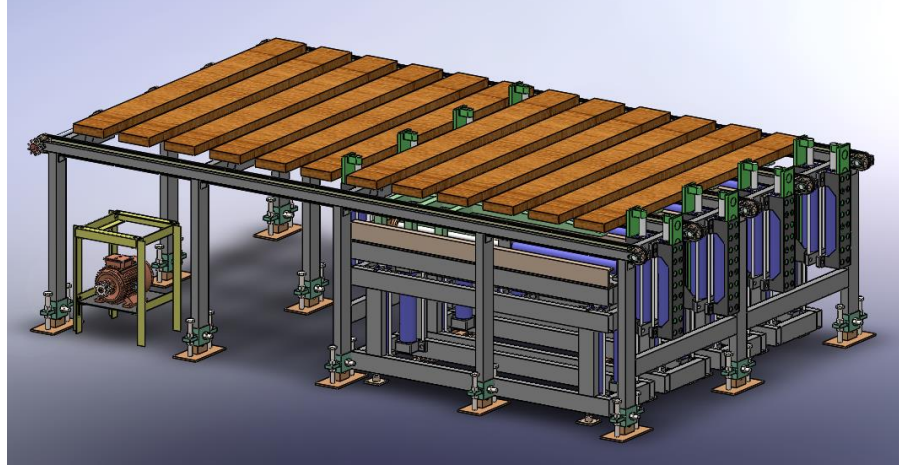
Makinanın yaptığı işlemleri daha detaylı anlatmak gerekirse;

- Makinanın programına bir istif sırasında kaç adet kereste olacağı datası önceden girilir.
- Kereste bekletme konveyörüne sinyal gönderilir ve kerestelerin bu makinanın konveyörü üzerine alınır. Şekil 4.63'de kerestelerin konveyör üzerindeki ilerleyişi gösterilmektedir.



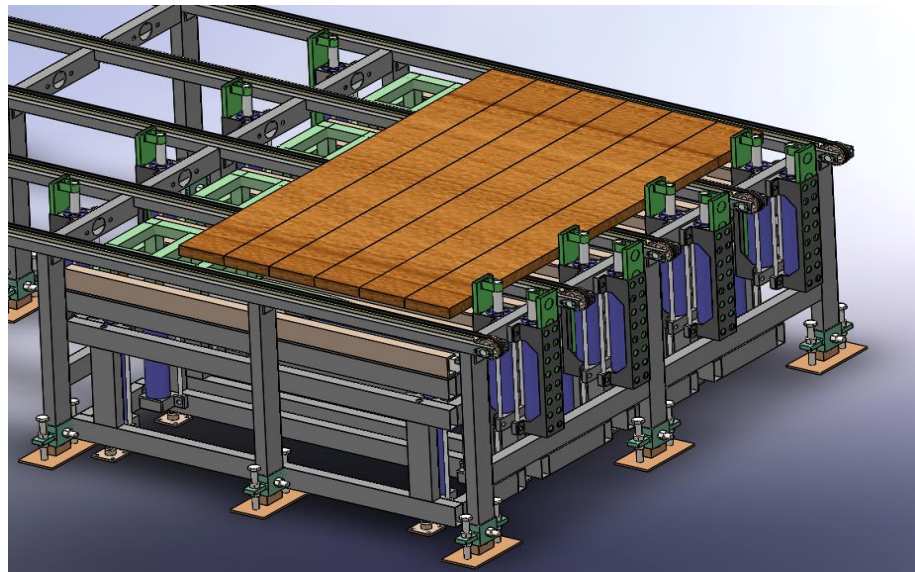
Şekil 4.63: Kerestelerin konveyör üzerinde ilerleyişinin görüntüsü.

- c) Lazer okuyucular yeteri kadar kerestenin geçtiğini bir sayaç alt programıyla tespit ettikten sonra ilk ve ikinci sıradaki hidrolik veya pnömatik silindirleri açık konuma getirerek daha fazla kerestenin gelmesi konveyör yolundayken engellenir. Şekil 4.64’de görünen keresteler ilerlemeye devam edeceklerdir fakat önlerinde set vardır.



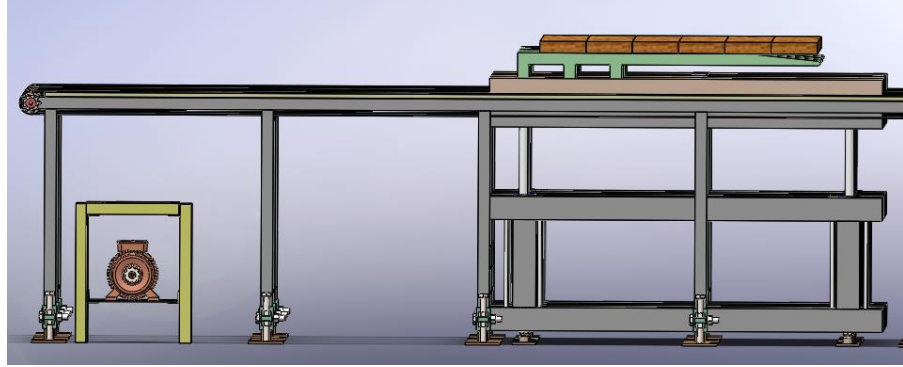
Şekil 4.64: Kerestelerin konveyörde pnömatik silindirle durdurulması.

- d) İkinci hidrolik veya pnömatik silindirin engeli hizasına gelen kerestelerin altından konveyör ilerletilmeye zorlanır. Bu sayede keresteler yan yana gelerek aralarında mesafe sıfırlanmış olur ardından konveyör bandının hareketi durdurulur.



Şekil 4.65: Yan yana dizilmeye zorlanmış keresteler.

- e) Makinenin palet kısmı bir hidrolik silindir sistemi ile yukarı yönde kaldırılır, kerestelerde beraberinde dikey yönde kaldırılmış olur. Sonrasında palet yatay yönde ilerletilerek keresteler istifin üzerine alınır. Şekil 4.66'da görülen keresteler istif katını oluşturmak için istifin üzerine eklenecektir.



Şekil 4.66: Tasarlanan paletler keresteleri kaldırırken görüntüsü.

- f) Sistemdeki üçüncü ve son olan pnömatik silindirler kullanılarak paletin eski konumu alması sırasında kerestelerinde beraberinde gitmesi engellenmiş olunur.
- g) Tüm sistem ilk haline döner ve makinenin konveyörü yeniden çalıştırılarak ikinci istif katı için çalışmaya başlar ve bu şekilde tekrarlı olarak devam eder.

4.9.1 İstif Paleti Makinası İle İlgili Hesaplamalar

4.9.1.1 Pnömatik Silindir Hesabı

Pnömatik silindirlerin maruz kaldığı kuvvet şu şekilde söylenebilir. Konveyör zinciri ilerlemeye devam ederken kerestelerin önüne pnömatik silindirler bir set oluştururlar ve ilerlemelerini engellerler. Tasarımda bu bölmeye 6 adet 200mm x 50mm x 4000mm kereste, 200mm x 4000mm'lik yüzey üzerinde yan yana gelebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Tasarımdan dolayı keresteler ilerlemeye zorlanırken, diğer yandan engel olmak için iki adet dikdörtgen profilin iç içe monte edilmesiyle oluşan set karşı koyacaktır.

Burada öncelikle kerestelerin ilerlemeye karşı koyacakları kuvveti hesaplayalım.

$$F_{\text{direnç}} = m_{\text{kereste}} \times g \times Z \times \mu_{\text{zincir-kereste}} \quad (4.45)$$

$$F_{\text{direnç}} = 36 \times 9,81 \times 6 \times 0,6 = 1272 \text{ N} \quad (4.46)$$

Bulunan bu ilerleme direnci kuvveti iki metalin sürtünmesine yardımcı olacaktır. Fakat bu değerden daha büyük bir kuvvete sahip pnömatik silindir seçilerek setin sürtünme karşısında da çalışması sağlanacaktır.

$$F_{\text{sürtünme}} = F_{\text{direnç}} \times \mu_{\text{demir-demir}} = 1272 \times 0,4 \quad (4.47)$$

$F_{\text{sürtünme}} = 510 \text{ N}$ olarak bulunur.

Bulunan 510 N'luk sürtünme kuvveti 8 adet pnömatik silindir grubu tarafından paylaşılmaktadır. Dolayısı ile her birine 65 N'luk bir kuvvet gelmektedir, buna göre de silindir çapı bulunur. İşletme basıncı değiştikçe çapta değişecektir fakat bir çap değeri bulmak için işletme basıncını 3 bar olarak alabilir.

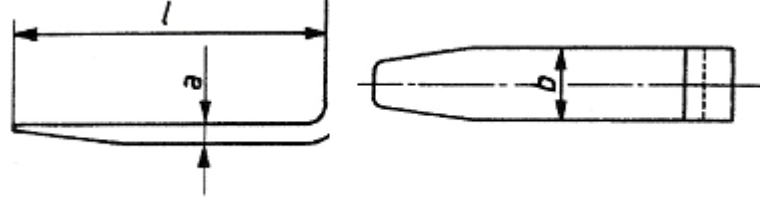
$$F_{\text{pnömatik}} = P_{\text{işletme}} \times (\pi r^2) \quad (4.48)$$

$$65 \text{ N} = 300000 \text{ N/m}^2 \times (\pi r^2) \quad (4.49)$$

$r = 8,5 \text{ mm}$ olarak hesaplanır. Bu sonuçtan en az yarıçapı 8.5mm olan pnömatik silindirler kullanmak gereklidir.

4.9.1.2 Paletin Çatal Seçimi

Çatal kollar yükü alıp kaldıran parçalardır. Çatal kollar, dolu kesitli malzemedен yapılmaktadır. Uç kısmı ise yükü kolayca kavrayabilmesi ve istifleyebilmesi için ince yapılmıştır. TS 10823'e göre bir çatal kolunun her iki yüzünde çatal kolunun kg cinsinden kapasitesinin, belirlenmiş yük merkez mesafesinin (mm) cinsinden, imalatçının adı ve hafta ya da ay-yıl olarak imalat veya seri numarasının bulunması zorunludur.



Şekil 4.67: Çatal kolu kısmı.

Çatal imal edilirken a, b ve l ölçüsünün bir oranda yapılması gerekir. TS 10124’te bu standartlar belirtilmiştir.

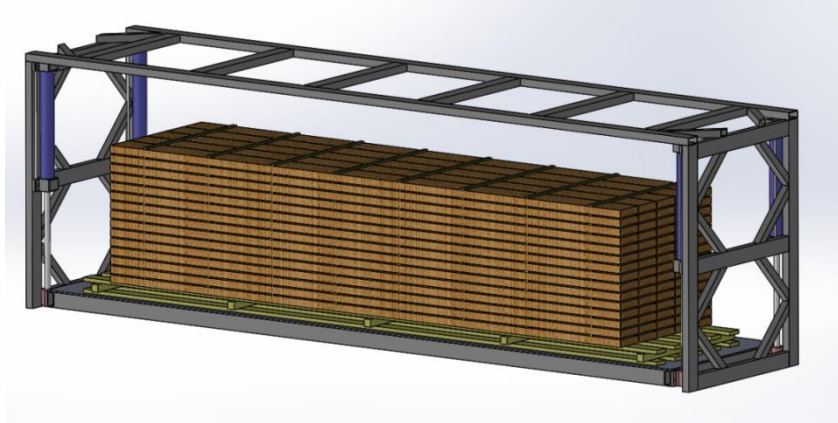
Temel kalınlık (a)= 20, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80 ve 90 mm.

Temel genişlik (b)= 80, 100, 120, 130, 140, 150, 160, 180 ve 200 mm.

Temel uzunluk (l)= 750, 800, 900, 950, 1000, 1050, 1150, 1200, 1500, 1600, 1650, 2000 ve 2400 mm.

4.10 İstifleme Lifti

İstif paletinden çıkan istif sıraları, istifleme asansörüne iletilir. Bu bağlamda bakılacak olursa istif paleti makinası istif sıralarının hazırlanmasını sağlarken, istifleme asansörü istif katlarının oluşmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.68: İstifleme asansörünün tasarım görünümü.

4.10.1 İstifleme Liftinin İncelenmesi

Bu makine kendinden önce gelen istif katı makinesi ile iletişim halinde çalışmaktadır ve çalışma sırasının geldiğini aralarında kurulan bir program ile sağlar. İstif paleti makinası istif sırasını hazırladığından bu makinaya sinyal göndererek hidrolik silindirlerin bir kereste sırası ve çitası kalınlığında aşağı yönde hareket etmesini sağlar. İstif paleti makinası, paletleri üzerinde bulunan kereste sırasını istifin üzerine bırakır. Şekil 4.68’de görülen istif katları her bir kat için lift aşağı yönde ilerlemiş ve oluşturulmuştur.

Bu işlemler her istif katı için tekrarlanır. Bu şekilde çalışmasını devam ettiren istifleme asansörü çalışmasını hidrolik pistonunu tamamen açtığı ana yani zemine ulaşınca kadar devam ettirir. Zemine ulaştığında platformunun üzerinde bir istif hazır halde bulunmuş olacaktır.

Burada istifin içerisinde buluna keresteler geometrik özellikler yönünden birbirinin aynı şekilde, her sırada istenilen sayıda kereste ve istenilen kat sayısı kadar istif elde edilmiş olacaktır.

4.10.2 İstifleme Liftinin Bölümleri

4.10.2.1 Karkas Sistemi

Şasi sistemi üzerinde tüm istifin ve makinanın hareketli parçalarını üzerinde tutacak ve onların bağlantısı için imkân tanıyacaktır.

Şasinin maruz kaldığı yüklerden bahsetmek gerekirse; kendi platform ağırlığı, kereste istifinin olabilecek en büyük işletme ağırlığı ve hidrolik silindirlerin hareket halinden durma noktasına geleceği sıradaki ağırlığı olarak bahsedebiliriz.

4.10.2.2 Platform

Platformun tamamı beş adet dikdörtgen profilden ve saçtan oluşmaktadır. Bu profillerin özelliklerinden bahsetmek gerekirse;

- 3 adet, 100x50 mm, L=4800mm, DIN yapı çeliği S235JR
- 2 adet, 100x50mm, L=1165mm, DIN yapı çeliği S235JR
- 1 adet, 4892x1164mm, K=10mm sac, DIN St37

Bunların toplam ağırlıkları Solidworks kütle hesaplama aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun sonucunda $m_{\text{platform}} = 626,5$ kg olarak hesaplanmıştır.

```
Kütle = 626.56 kilogram
Hacim = 80328480.00 milimetre küp
Yüzey alanı = 20877936.00 milimetrekare
```

Şekil 4.69: Solidworks ile hesaplanan platform ağırlığı

4.10.3 İstifleme Lifti hesapları

4.10.3.1 Kereste İstifinin Ağırlığı

Tasarımda kereste istifinin bir sırasında 5 adet kereste ve her bir sütunda ise 15 adet kerestenin bulunacağı var sayılmıştır. Ayrıca her bir kereste katının arasında çita parçaları bulunmaktadır. Bir sırada 5 adet çita bulunmaktadır. Tüm bunları üzerinde taşımak ve forklift ile taşımayı kolaylaştırmak için forklift paleti bulunmaktadır.

Ağırlığının hesaplanması için;

$$m_{\text{istif}} = (m_{\text{kereste}} \times n) + (m_{\text{çita}} \times n) + m_{\text{palet}} \quad (4.50)$$

$$m_{\text{kereste}} = m_{\text{çita}} = (V_{\text{kerestehacim}} \times d_{\text{keresteözkütle}}) \quad (4.51)$$

Kerestenin öz kütlesi için Tablo 4.1'den kullanılacak en ağır öz kütleli ağaç olan Kayın ve Ladinin öz kütle değeri olan $0,9\text{kg/dm}^3$ seçilmiştir.

$$m_{\text{kereste}} = (40\text{dm} \times 2\text{dm} \times 0,5\text{dm}) \times (0,9\text{kg/dm}^3) = 36\text{kg} = 360\text{N} \quad (4.52)$$

$$m_{\text{kereste}} = m_{\text{çita}} = (V_{\text{kerestehacim}} \times d_{\text{keresteözküt}}) \quad (4.53)$$

$$m_{\text{çita}} = (10\text{dm} \times 0,25\text{dm} \times 0,1\text{dm}) \times (0,9\text{kg/dm}^3) = 0,225\text{kg} = 2,25\text{N} \quad (4.54)$$

$$m_{\text{palet}} = 50\text{kg} = 500\text{N} \quad (4.55)$$

$$m_{\text{istif}} = (360\text{N} \times 75) + (2,25\text{N} \times 75) + (500\text{N}) = 27700\text{N} \quad (4.56)$$

4.10.3.2 Liftin Fren Yüğü Hesabı

Platform aşağı yönde yeni istif katı için ilerlerken gerekli konuma geldiğinde frenleme yapıp durması istenir. Platformun aşağı yönde izleyeceği yol miktarı kerestenin kalınlığı ve çita kalınlığının toplamı kadar mesafe inecektir.

Frenleme ivmesi ne kadar küçük olursa buna bağılı o ölçüde frenleme kuvveti hidrolik silindirlere etkileyecektir.

Çita boyunca sabit ivme altında hızlanacağı düşünöldüğünde ve bu süre (t_1) 5sn olarak alınıp ivmeyi hesaplamak gerekirse;

$$L_{\text{çita}} = V_0 + (a_1 \times t_1^2) \quad (4.57)$$

$$0,01\text{m} = 0 + (a_1 \times 5\text{sn}^2) \quad (4.58)$$

$$a_1 = 4.10^{-4}\text{m/sn}^2 \quad (4.59)$$

Olarak hesaplanır. Bu 5sn'nin sonunda hızı V_1 olur ve hesaplamak gerekirse;

$$V_1 = a_1 \times t_1 = 4.10^{-4}\text{m/sn}^2 \times 5\text{sn} = 2 \times 10^{-3}\text{m/sn} \quad (4.60)$$

Olarak bulunur. Frenleme süresi (t_2) ise 25sn olarak seçebiliriz. Bu değerin seçilmesinin nedeni frenleme esnasında hidrolik silindirlere minimum kuvvetin etki etmesini sağlamaktır.

$$a_2 = V_1 / t_2 = (2 \times 10^{-3}\text{m/sn}) / (25\text{sn}) = 8.10^{-5}\text{m/sn}^2 \quad (4.61)$$

4.10.3.3 Hidrolik Silindir Hesabı

Bu aşamadan sonra frenleme sırasında eklenecek kuvveti hesaplayabilir ardından gerekli olan hidrolik silindir çapı seçilebilir. Hidrolik silindirdeki basınç 150kpa ve güvenlik kat sayısı da 2 olarak seçilmiştir.

$$F_{\text{frenleme}} = m_{\text{toplam}} \times a_2 = (3400\text{kg}) \times (8.10^{-5}\text{m/sn}^2) = 0,272\text{N} \quad (4.62)$$

$$F_{\text{toplam}} = (P_{\text{hidrolik}} \times A_{\text{piston}}) \times n_{\text{adet}} \times (1/S) \quad (4.63)$$

$$34000\text{N} = (150000\text{N/m}^2 \times A_{\text{piston}}) \times 6 \times 0,5 \quad (4.64)$$

$$A_{\text{piston}} = 0,0756\text{m}^2 = \pi \times d^2 \quad (4.65)$$

$$d = \sqrt{0,0756/\pi} = 155\text{mm} \quad (4.66)$$

Bulunan değerdeki yarıçapa sahip hidrolik silindir seçilmesi uygun bulunmuştur.

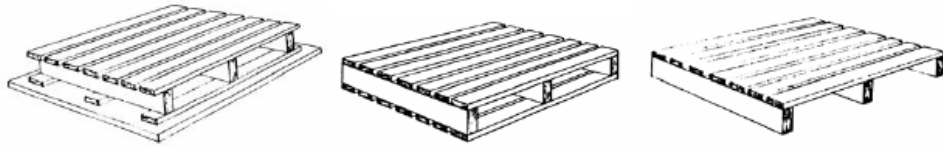
4.10.3.4 Paletlerin Seçimi

Paletler, birçok kutuyu, balyayı aynı anda taşımak için dizayn edilmiştir. Bir palet üzerindeki istifli yükü ile birleştirilmiş yük olarak adlandırılır. Paletler genel olarak ağaçtan, çelikten veya plastikten yapılır. Ağaç paletler birkaç kiriş üzerinde düz bir yüzey meydana getirecek şekilde imal edilir. Paletlerin toplam yüksekliği, 10cm – 15cm kadardır. Bir palet iki yüz arasında bulunan destek takozlar, forklift çatallarının araya girmesini sağlar. Yükler, palet üzerine malzemenin şekline ve cinsine göre belirli bir düzende yerleştirilir. Yüklü paletler 5m – 8m yüksekliğe kadar üst üste konulabileceğinden malzemenin ezilmesine ve devrilmeye engel olacak biçimde konumlandırma yapılır.

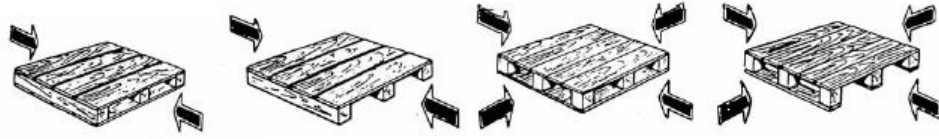
Transport masraflarının önemli oranda azalmasına neden olan bu sistemin sağladığı avantajlar şunlardır;

- Yükleme - boşaltma işinde daha az insan gücünün kullanımı.
- Transport noktaları arasındaki ara yükleme ve boşaltmalarda yani transferlerde daha az zaman kaybı.
- Depolama kapasitesinin arttırılması
- Ara terminallerdeki işlemlerin azalması

Paletler, yassı paletler ve kutu paletler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Yassı paletler, istif işleri oldukça uygun elemandır bu yüzden kereste istifleme işleminde de kullanımı doğru olacaktır. Forkliftler gibi istif makinaları ve raf sistemleri gibi taşıyıcıların kullanılması halinde yassı paletlerin tek tercihidir. Şekil 4.70’de görülen bu paletlere örnektir. İki yönlü veya dört yönlü paletler kolay kavranabilmeleri ve ulaşılabilimleri mümkündür. Ayrıca paletler tek yüzlü veya ikiyüzlü olarak bulunmaktadır. Tek yüzlü olanlar tek sıra halinde taşınacak ve depolanacak yükler için uygundur. İkiyüzlü paletler ise, üst üste dizilerek paletli yüklerin taşınması ve yüklerin dizi halinde depolanmasına olanak veren paletlerdir.



Şekil 4.70: Farklı fonksiyonlara sahip palet örnekleri.



Şekil 4.71: Kaldırma yerlerine göre palet çeşitleri.

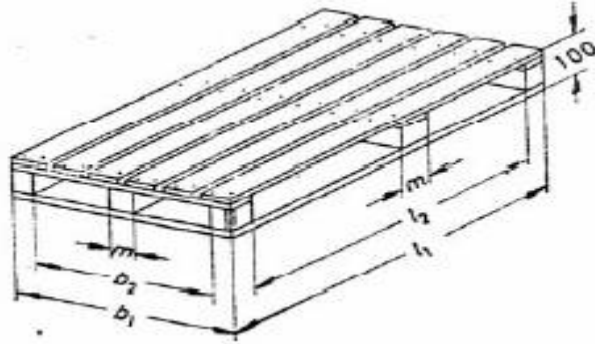
Palet çeşitleri, yapım tarzına ve istif makinaları ile taşınabilirliğine göre paletlerin sınıflandırılmasını aşağıdaki gibi bir tablo ile gösterebiliriz.

Tablo 4.10: Paletlerin yapım tarzına göre sınıflandırılması.

Yükleme	Boyuna	Enine	Boyuna ve Enine
İki yüzlü	A formu	B formu	C formu
İki yüzlü ve dört yönlü	AmF formu	BmF formu	CmF formu
Tek yönlü boyuna çıtalı	D formu	--	E formu
Tek yönlü enine çıtalı	--	F formu	G formu

Paletler ahşaptan, kartondan, pres malzemelerinden, çelik saçtan veya alüminyum saçtan yapılması mümkündür. Son zaman zamanlarda kimya ve gıda sektörlerinde plastik esaslı hijyenik paletlerin kullanımı artmıştır. Paletlerin ana

boyutları Şekil 4.72’da gösterilmiş ve DIN 15141 normu esas alınarak Tablo 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.72: DIN 15141 normuna göre paletler.

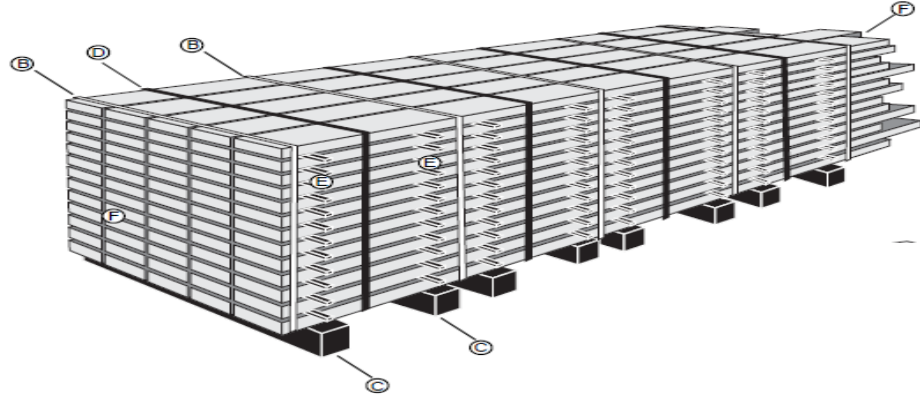
Tablo 4.11: DIN 15141 normuna göre dört yönlü paletlerin boyutları.

Nominal ölçüler [mm]	Boyutlar [mm]			Ağırlık [kg]	Taşıma kapasitesi [kg]
	b_2	l_2	M		
$b_1 \times l_1$					
600 x 800	-	> 590	-	-	Çatal üzerinde 1000
800 x 1000	> 590	> 590	< 150	27	
800 x 1200	> 590	> 710	< 150	32	
1000 x 1200	> 710	> 800	< 150	42	Römorkta 4000
1200 x 1600	> 800	> 800	< 175	-	
1200 x 1800	> 800	> 800	< 175	-	

4.11 İstif Boy Eşitleme Kesicisi

Bu aşamaya kadar istifin nasıl yapıldığı, kurallarını ve gerekli hesaplamalarıyla birlikte bir istif oluşturma prosesi anlatılmıştır. Fakat bazı üreticiler istiftteki her bir kerestenin neredeyse tamamen aynı boyda olmalarını istemekte ve daha net uzunluklara sahip keresteleri piyasa sürmek istemektedirler.

Tasarlanan istif makinasında ayırdığımız gruplar arasında boy farkı 1 metreye kadar fark etmekteydi. Bu farkı azaltmak için daha fazla gruplandırma ünitesi eklenmeli, lazer okuyucuların daha hassas okuma yapacakları şekilde konumlandırılmaları ve daha fazla yatırım yaptırmak gerekmektedir. Bunu yaparsak avantaj olarak minimum artık malzeme ile istif yapılacaktır fakat zaman ve maliyet çok artacaktır. Bu soruna çözüm olarak ise istif kesiciler geliştirilmiştir.



Şekil 4.73: F yüzeyinden kesilmesi gereken bir istif görünümü.

Tamamlanan istifler istif makinasından alındıktan sonra istif kesiciler kullanılarak istifin çıkıntılı olan kısımdan boyu en kısa olan keresteye göre ayarlanıp kesim yapılacaktır. İstifin tek bir yanından kesim yapılmasının sebebi ise tasarlanan istif makinasının bir yanındaki tüm keresteleri zaten hizalı bir şekilde hazırlamasındandır.



Şekil 4.74: Son kesim işlemi yapılan bir istif.

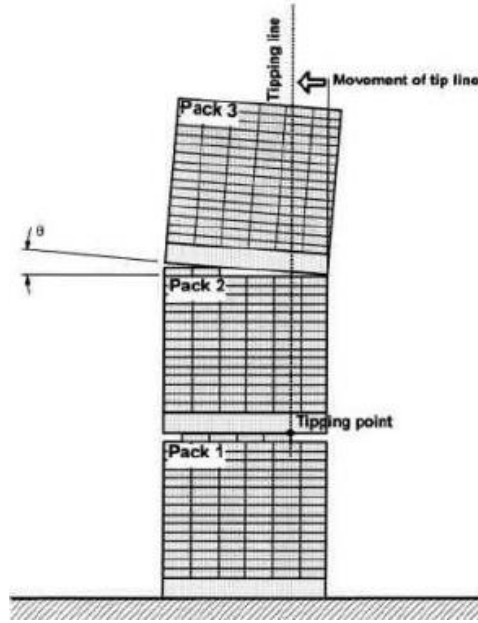
Şekil 4.73 gösterilen istifin bir yönden hizalıdır fakat Şekil 4.74’de görülen istifin kesimi ile iki yüzü de hizalanmış olacaktır.

5. İSTİFLERİN DEPOLANMASINDAKİ KUSURLAR

İstifleme makinasından çıkan her istif boyutu ve göreceği işlem ne olursa olsun depolamanın yapılacağı alanda bekletilecek veya stok olarak saklanacaktır. Fakat zaman içerisinde kerestenin boyutları, şekilleri ve dayanımı değişeceğinden ya da istifleme makinasının istifi oluşturması sırasında istif kusurları oluşacağından stok alanında bazı sorunlar ve tehlikeli durumlarla karşılaşılacaktır. Depolamadaki sorunlar genellikle kerestenin yapısından, istif makinasından, zeminden veya çalışanın dikkatsizliği sonucu kaynaklanabilmektedir [29].

5.1 İstif Paketlerindeki Düzensizlik

İstifleme makinasından çıkan her bir istif paketinin eş sayıda kereste bulundurması gerekmektedir. Şekil 5.1’de görüldüğü gibi özellikle istif katının en üst sırasında eksik kerestenin bulunması, stok alanında istif paketlerinin yığılması sırasında dengesiz bir yapı oluşturacak ve düşme tehlikesi meydana getirecektir [29].

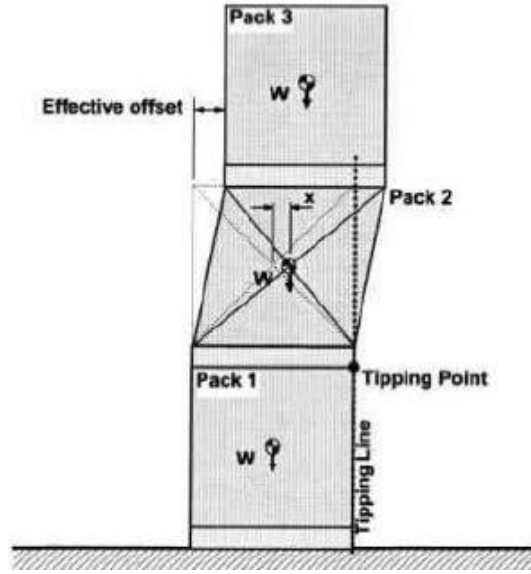


Şekil 5.1: İstif paketlerindeki kusurun temsili görünümü.

5.2 İstifin Sıkı Bir Şekilde Paketlenememesi

İstif paketleri oluşturulduklarında yine satıcısına bağlı olarak son işlem olarak istifin etrafı sıkıca sarılarak istifin şeklini koruması sağlanmaktadır. Fakat bazı paketlemeler Şekil 5.2’de ki gibi sağlam ve sıkı olamadıkları için bir yöne doğru yığılma yapmaktadır [29].

Bu kusur istif paketleri üst üste gelecek şekilde stoklanmaya çalışıldıkları zaman hatalı paketin üstündeki istif bir yöne doğru yatmakta ve tehlikeli sonuç doğurmaktadır [29].

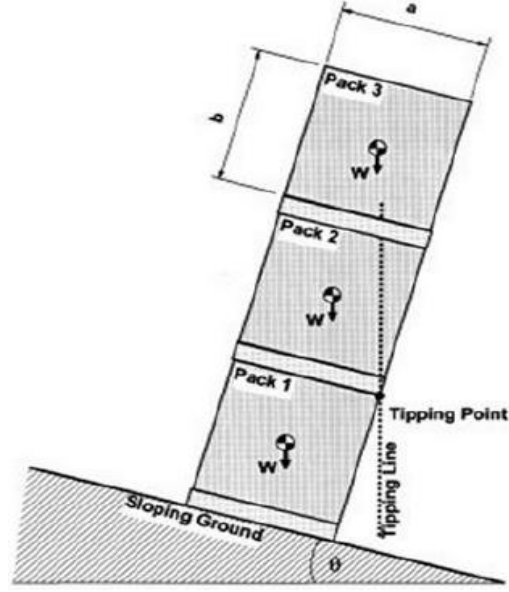


Şekil 5.2: Sağlam paketlenemeyen istifin yığılmasının temsili görünümü.

5.3 İstifleri Eğimli Zemin Üzerine Stoklanmaması

İstiflenen keresteler stok alanına zemin üzerine yerleştirilmektedir. Zemin eğimsiz ve sağlam yapıda olmalıdır. Aksi halde üst üste dizilmiş istifler bu kusuru daha tehlikeli boyutlara taşırlar ve devrilmelerine sebep olabilirler [29].

Bunun için stok alanının eğimsiz ve sert bir zemin üzerinde olmasına dikkat edilmelidir. Bu koşulu sağlamayan şartlar Şekil 5.3’de görülmektedir.

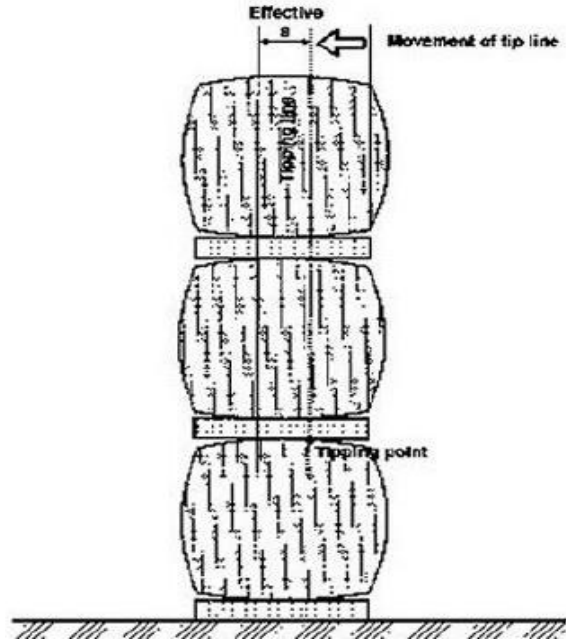


Şekil 5.3: İstifin zemin kusurlarına bir örnek.

5.4 İstifin Stabil Şeklinin Bozulması

İstif paketleri istifleme makinasından ne kadar düzgün çıkarsa çıksın veya ne kadar düzgün paketlenirse paketlenirse kerestenin malzemesi hava olaylarından etkileneceğinden keresteler her zaman aynı şeklini muhafaza etmeyebilir [29].

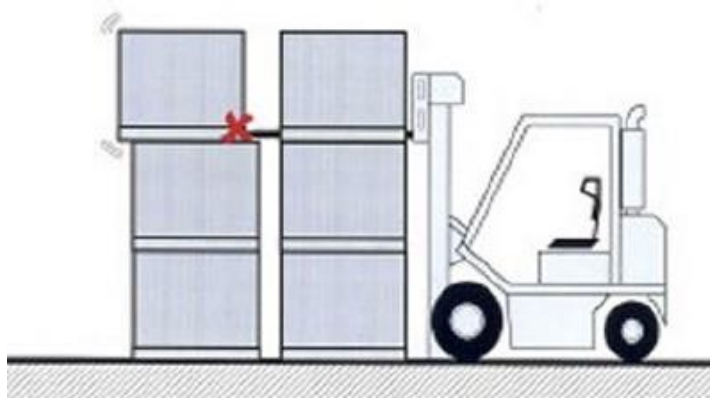
Özellikle yağmur ve kar sularının etkisiyle keresteler satabil duracak yapısını ve geometrisini koruyamazlar, su alarak şişme yaparlar. Şekil 5.4'te görüldüğü gibi üst üste dizilmiş olan kereste paketleri bozuk paket yapısıyla tehlikeli durumlar doğurabilirler [29].



Şekil 5.4: İstif paketlerinin stabil şeklini koruyamamasına bir örnek.

5.5 Stoklama Çalışanından Kaynaklı Sorunlar

İstif paketlerinin her biri çok ağır yapıdadır. Bu paketler stok alanına götürülmekte ve stok alanından kazanmak için istif paketleri üst üste stoklanmaktadır. Bu kadar ağır olan paketler genellikle forklift yardımıyla stoklanmaktadır. Bir birine çok yakın olan istif yığınları forklift operatörünün paletleri iyi ayarlayamaması sonucu her hangi bir istif yığınının zarar verebilmekte, dengesini bozabilmektedir [29].



Şekil 5.5: Forklift operatöründen kaynaklanan hataya bir örnek.

Bu sorunun çözümlü için forklift operatörü için uygun kişiler seçilmeli, tehlikeler hakkında eğitimler verilmeli ve istif yığınları arasında yeteri kadar boşluk bırakılmalıdır [29].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Türkiye'nin önemli bir sanayi kolu olan kereste sektörüne hizmet edebilecek kereste istifleme makinası tasarımı yapılmıştır. Parçaların seçimlerinde standart parçaların kullanımı için özen gösterilmiş olup uygulanabilirliği arttırılmıştır.
2. Yer değiştirmenin ve eğilmenin fazla istenmediği kartezyen manipülatörde Solidworks analizleri yapılmış yer değiştirmenin 1.56mm mertebelerinde olduğu tespit edilip olumlu sonuçlar alınmıştır. Bunun yanında seçilen malzemede $\sigma < \sigma_{akma}$ şartını da sağlamaktadır. Bahsedilen diğer parçalar kritik önem arz etmediği için analize gerek duyulmamıştır.
3. İstifleme hattı mekanik, elektronik ve kontrol sistemlerinden oluşmaktadır. Bu çalışma ile ilgili hattın tüm mekanik tasarımları benzer şekilde elde edilmiştir.
4. Tüm üretimi ilgilendiren kinematik analizler parametrik ölçek şeklinde tasarımın yapıldığı gözlemlenmiştir.
5. Kereste istifleme makinesi iş istasyonlarında zaman ölçümleri ve verimli yazılımların kullanımıyla iyileştirmeler yapılabilir ve kereste proseslerinde en çok zaman harcanan işlemlerden biri olan istifleme işleminden kayıp zamanlar kazanılabilir.
6. İstifleme makinasında kullanılan prosesler, otomasyonlu seri üretim yapan endüstriyel kuruluşlara doğrudan uygun nitelikte olduğu görülmüştür.
7. Kartezyen manipülatör üzerinde yatay hareketi sağlayan hidrolik silindirler yerine alternatif olarak zincir tahrik sistemi, dikey yönde çalışan hidrolik silindir yerine de alternatif olarak vidalı mil ile hareket ettirilebileceği tespit edilmiştir. Her iki sistemde de endüstriyel uygulanabilirliği görülmüştür.
8. Bu çalışma ile hem kereste hem de benzer iş kollarında hizmet veren sanayi kuruluşlarının üretim maliyetlerini aşağı çekebileceği görülmüştür. Sanayi kuruluşları ile yapılan görüşmelerde bu tezin çıktısı olan tasarımın uygulanması ile en az 9 adet işçilikten tasarruf edileceği hesaplanmıştır.
9. Çalışmanın yaygın boy guruplarını ölçebileceği görülmüştür. Boy ayarı yerine lokal ayarlamalar yapılarak farklı en boyutuna sahip malzemenin de ayrıştırılabileceği görülmüştür.
10. Tüm hat yerine bazı ünitelerin özellikle konveyörle boşaltma ve yükleme yapılan tesislerde rahatlıkla uygulanabileceği görülmüştür. Bunlardan başta manipülatör ünitesi olmak üzere uygulamalarda yaygın etkiye sahip olduğu görülmüştür.

11. Tasarımda bakım kolaylığı ve her bir ünitenin gerektiğinde bağımsız çalışabilecek nitelikte tasarım unsurları içermesi, işletme ortamına yeterlilik ve ani duruşların minimize edebileceği görülmüştür.
12. Hattın her bir ünitesi hem ayrı ayrı hem de bir bütün halinde PLC kontrol ünitesi ile sürdürebilecek şekilde tasarlanmıştır.

7. KAYNAKLAR

- [1] Sakarya, S. , “*Kereste Raporu*”, Ankara, (2011).
- [2] Müzik Aletler Yapımı Ağacı Kurutma ve Koruma, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/A%C4%9Fac%C4%B1%20Kurutma%20Ve%20Koruma.pdf , (2007).
- [3] Karaman, B. (1991). Orman Alanlarında Liebher 902 ile Tomruk Yükleme ve İstiflemenin Zaman Verim ve Masraf Yönünden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- [4] Çolakoğlu, M. H., “Türkiye’de Kereste ve Parke Endüstrisinin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara. (2004).
- [5] Yıldız, O., Şen D., Korkut S. K., ve Uzun O. (2008). *Ormancılık Dergisi*. Düzce Üniversitesi.
- [6] Karalar, N., (2015). “Ağacın Yapısı [online]”. (20 Aralık 2009), http://www.gemimodeli.com/faydali/agaci_tanimak.htm.
- [7] Çoban. D. ve Özkan Ö., (2012). “Konveyörlü Seramik Fırın. Bitirme Projesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmir.
- [8] (2013). Kereste Standardizasyonu İle İlgili Tanımlar [online]. (2015), <http://www.kayalakereste.com/kereste-tomruk-terimleri.htm>.
- [9] İğne Yapraklı (Yumuşak) Keresteler (Terimler, Tarifler ve Ölçme Metotları), TS 1485, Ankara, (Şubat 1974).
- [10] Yapraklı (Sert) Keresteler (Terimler, Tarifler ve Ölçme Metotları), TS 697, Ankara, (Kasım 1974).
- [11] Yuvarlak ve Biçilmiş Yapacak Odun (Kereste)- Terimler- Bölüm 3: Biçilmiş Yapacak Odun (Kereste) İle İlgili Genel Terimle, TS EN 844-3, Ankara, (Nisan 2000).
- [12] Çolakoğlu, G. “Kereste Endüstrisi (Basılmamış Ders Notları)”, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon, (1996).
- [13] Kantray, R. “Kereste Endüstrisi (Basılmamış Ders Notları)”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, (1988).
- [14] Kalıpsız, A. “Dendrometri”, İstanbul ,(1999), Yayın No:3194, O.F. Yayın No:354.

- [15] Bozkurt, A.Y. and Erdin, N., “Ağaç Teknolojisi”, İstanbul Ünibersitesi, (1997), Yayın No: 445, ISBN 975-404-449-X.
- [16] Kereste-Ladin ve Köknar Keresteleri-Genel Amaçlar İçin, TS 51, Ankara, (Ocak 1987).
- [17] Kerestelik Tomrukların Biçilmesi Sırasında Oluşan Artıklar, Kayıp ve Randıman (Terimler, Tarifler, Ölçme Metotları ve Kayıp Oranları Ve Hesaplama Kuralları), TS 654, Ankara, (Mart 1975).
- [18] Müftüoğlu, A. H. (Ed). 2006. *Genel Türkçe Sözlük*. Ankara.
- [19] Gündoğdu, M. (2009). Parçalı Üretimler İçin Sayma ve İstifleme Makinası Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [20] Geliş, K. “Endüstriyel Robotlar Ders Notlar”, İbrahim Çeçen Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Ağrı, (2014).
- [21] William, T. S., “ Supervisory Research Forest Products Technologist Chapter 5: Stacking and Loading Lumber For Kiln Drying”, vol 41, Rome, 103–116, (1987).
- [22] Doğan, S. (2004). Manipülâtör Kol Tasarımı[online]. (2015), http://www.sunaydogan.com/kariyer_bitirmetezi_manipulatorekoltasarimi.htm
- [23] Algaç, K. (2010). Kullanıcıya Göre Yükseklik Ayarı Yapabilen Mekatronik Tasarımlar ve Bir Uygulama Örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- [24] Töreci, A. M. (1999). Tutucular ve Sanayideki Uygulamaları. Birinci Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, İzmir, 67-85.
- [25] Ceylan, İ. (2007). Programlanabilir (PLC) Isı Pompalı Kurutucunun Tasarımı, İmalatı ve Kereste Kurutma İşleminde Deneysel İncelenmesi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- [26] Plastik Teknolojisi Şişirme Makinelerinde Üretim 2, (2015), http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/plastik/moduller/sisirme_makinelerinde_uretim2.pdf, Ankara, (2006).
- [27] Bıçakçı, M. (1999). Redüktörlü Motorlar Varyatörler ve Konveyör Hesapları [online]. (2015), <http://www.neleryokkifm.net/egitim/reduktor.pdf>
- [28] Gerdmeli, İ., Rulolu Konveyörler Ders Notları, (2015), <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak546/MAK546-13.pdf>, İstanbul Teknik Üniversitesi.

[29] White, G. P. and Swift P. K., (2000). Safety of Timber Stacks – Stability of Sawn Timber. Health and Safety Laboratory Report, ME/99/25, Sheffield.