MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİK KONVEYÖR TASARIM İNCELEMESİ VE AYRIK ELEMANLAR YÖNTEMİYLE EĞİK KONVEYÖRDE PARÇACIK AKIŞ ANALİZİ

MERYEM SÖNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Oğuz GİRİT

İSTANBUL, 2024

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİK KONVEYÖR TASARIM İNCELEMESİ VE AYRIK ELEMANLAR YÖNTEMİYLE EĞİK KONVEYÖRDE PARÇACIK AKIŞ ANALİZİ

MERYEM SÖNMEZ

523221004

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Oğuz GİRİT

ISTANBUL, 2024

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışma süresi boyunca değerli bilgilerini paylaşan, her konuda desteğini esirgemeyen kıymetli hocam Doç. Dr. Oğuz GİRİT' e teşekkür ederim.

Ailem, sizlerin sonsuz sevgi ve destekleriyle her zaman güçlü hissettim. Beni hiç yalnız bırakmadınız ve her zaman yanımda olduğunuzu hissettim. Sizlerin desteğiyle bu süreci daha kolay atlattım. Sevgili annem Halime SÖNMEZ ve kıymetli babam Henan SÖNMEZ başta olmak üzere aileme teşekkür ederim.

Manevi desteğini her zaman üstümde hissettiğim, süreç boyunca beni teşvik eden sevgili dostum Makbule YİĞİT' e teşekkür ederim.

Tüm tezimi itinayla inceleyen, tıkandığım her noktada bana omuz olan, yorulduğumda, pes ettiğimde, yetişemediğimde desteğini hep hissettiğim sevgili Mustafa İPEK' e teşekkür ederim.

Meryem SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i

İÇİNDEKİLER ii

ÖZET vii

ABSTRACT viii

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xiii

SEMBOLLER ivx

AMAÇ 1

GİRİŞ 2

1.Bantlı Eğik Konveyörler 2

1.1.Bantlı Eğik Konveyör Avantajları 2

1.2.Bantlı Eğik Konveyör Dezavantajları 3

2.Bantlı Eğik Konveyör Temel Elemanları 5

2.1.Eğik Konveyör Avareleri 5

2.1.1. Eğik Konveyör Avareleri Üzerine Etkiyen Kuvvetler 7

2.1.2.Eğik Konveyörlerde Avare Tasarımı 7

2.1.3.Eğik Konveyörlerde Avare Aralık Belirlenmesi 8

2.1.4.Eğik Konveyörlerde Avare Seçimi 9

2.2.Eğik Konveyör Bantları 9

2.2.1Bantların Sınıflandırılması 11

2.2.1.1.Karkasına Göre Bantlar 11

2.2.1.1.1.Tekstil Dokulu Bantlar 12

2.2.1.1.1.1.Pamuk Dokulu 13

2.2.1.1.1.2.Poliamid (Naylon) Dokulu 13

2.2.1.1.1.3.Polyester Dokulu 14

2.2.1.1.1.4.Aramid Dokulu 14
2.2.1.1.2.Çelik Özlü Bantlar 17
2.2.1.1.2.1.Çelik Halat Bantlar 17
2.2.1.1.2.2. Çelik Örgülü Bantlar 18
2.2.1.2.Kaplamasına Göre Bantlar 18
2.2.1.2.1. A tipi (Aşınmaya Dayanıklı) Bantlar 18
2.2.1.2.2. T Tipi (Isıya Dayanıklı Bantlar)..... 19
2.2.1.2.3. F Tipi (Aleve Dayanıklı) Bantlar 20
2.2.1.2.4. O Tipi (Yağa Dayanıklı) Bantlar 20
2.2.1.3.Tırmanma Açılarına Göre Bantlar 21
2.2.1.3.1.Elevatör Bantlar 21
2.2.1.3.1.1. Kepçeli Elevatör 22
2.2.1.3.1.2. Kefeli Elevatör 22
2.2.1.3.1.3 Döner Tablalı Elevatör 23
2.2.1.3.2. Sandviç Tasarımlı Bantlar 24
2.2.1.3.3. Bandobarlı Bantlar 24
2.2.1.3.4. Çavuş Profil Bantlar 24
2.2.1.3.5 İnce Profilli Bantlar 25
2.2.1.3.6 Düz Profilli Bantlar 25
2.2.2.Bant Seçimi için Konveyör Analizi 25
2.3.Bantlı Eğik Konveyör Şasesi 26
2.3.1.Bantlı Eğik Konveyör Şase Bölümleri 27
2.3.2.Bantlı Eğik Konveyör Şasesinin Malzeme Çeşitleri 27
2.4.Bantlı Eğik Konveyör Tamburları 28
2.4.1.Bantlı Eğik Konveyör Tahrik Tamburu 28
2.4.2.Bantlı Eğik Konveyörde Gergi Tamburu 30

2.4.3.Bantlı Eğik Konveyörde Yardımcı Tamburlar 30
2.4.3.1. Motorlu Tambur 30
2.4.3.2. Çubuk Sıyırıcı Tambur 30
2.4.3.3.Kanat Tipi Tambur 31
2.4.3.3.Açılı Kanat Tipi Tambur..... 31
2.4.4.Bantlı Eğik Konveyör Tambur Yapısı..... 32
2.4.4.1.Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Malzeme Bilgisi 32
2.4.4.2.Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Kaplama Bilgisi 33
2.4.4.3.Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Temas Yüzey Yapısı 34
2.4.4.3.1.Yivli Yüzey 34
2.4.4.3.2 Tırtıl Yüzey 34
2.4.4.4. Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Yüzey Profil Yapısı 35
2.4.5.Eğik Bantlı Konveyörde Doğru Tambur Seçimi 35
2.4.5.1.Konveyöre Uygun Tambur Boyu Belirleme 35
2.4.5.2.Konveyörde Kayış Gerginliğinin Belirlenmesi..... 36
2.4.5.3. Konveyör Tamburun Dış Çapının Belirlenmesi 37
2.4.5.4.Konveyör Tambur Göbek Bağlantısın Belirlemesi..... 37
2.4.5.5.Konveyör Tambur Konfigürasyonu Belirleme 38
2.4.5.6. Konveyör Tambur Yüzünün Profilini Belirleme 38
2.4.5.7. Konveyör Tambur Malzemesini Belirleme 38
2.4.5.8. Konveyör Tambur Yüzey Türünü Belirleme 38
2.4.5.9. Konveyör Tambur Performans Artırıcı Gereksinlr..... 38
2.5.Gergi Mekanizması 39
2.5.1.Vidalı veya Özel Gergi Mekanizması 40
2.5.2.Ağırlıklı Gergi Mekanizması 41
2.5.2.1. Bandın Alt Koluna Ağırlıkla Gerdirme 41

2.5.2.2. Tambura Ağırlık Asarak Gerdirme 41

2.5.3.Elektrikli, Hidrolik veya Pnömatik Gergi Mekanizması 42

YÖNTEM 43

2.Ayrık Elemanlar Yöntemi (Discrete Element Method (DEM)) 43

3.Bantlı Eğik Konveyör Tasarımı 45

3.1.Tahrik Tambur Tasarımı 46

3.2.Avare/Makara Tasarımı 47

3.3.Gerdirme Tamburu 48

3.4.Gerdirme Düzeneği Tasarımı 49

3.6.Bant Seçimi 50

3.7.Yardımcı Elemanlar 51

4.Oluşturulan Tasarımı Altair EDEM Programında Analiz Yapma 52

4.1.Dökme Malzeme Özelliklerinin Programa Girilmesi 52

4.1.1.Çap 40 mm Malzeme Girdisi 52

4.1.2.Çap 80 mm Malzeme Girdisi 53

4.1.3.Çap 160 mm Malzeme Girdisi 54

4.2.Seçilen Bandın Özelliklerinin Girilmesi 55

4.3.Tasarımın Programa Aktarılması 55

4.4.Banda Hareket Ataması 56

4.5.Dökme Malzemenin Konveyörü Besleme Konumunu, Miktarını Belirleme 57

4.6. Simülasyon 58

4.7. Birinci Deney: Dökme Malzemenin Farklı Hızlarda Taşımasını İnceleme 59

4.7.1.Oluşan Kinetik Enerjinin İncelenmesi 62

4.7.2.Oluşan Potansiyel Enerjinin İncelenmesi 62

4.7.3.Toplam Enerjinin İncelenmesi 63

4.7.4.Oluşan Toplam Kuvvetin İncelenmesi 64

4.7.5.Oluşan Torkun İncelenmesi 65
4.8.İkinci Deney: Farklı Çaplarda Dökme Malzemenin Taşımasını İnceleme 66
4.8.1.Oluşan Kinetik Enerjinin İncelenmesi 68
4.8.2.Oluşan Potansiyel Enerjinin İncelenmesi 70
4.8.3.Toplam Enerjinin İncelenmesi..... 72
4.8.4.Oluşan Toplam Kuvvetin İncelenmesi 74
4.8.5.Oluşan Torkun İncelenmesi 76
SONUÇLAR VE ÖNERİLER 78
KAYNAKÇA 79
ÖZGEÇMİŞ 82

ÖZET

EĞİK KONVEYÖR TASARIM İNCELEMESİ VE AYRIK ELEMANLAR YÖNTEMİYLE EĞİK KONVEYÖRDE PARÇACIK AKIŞ ANALİZİ

Bantlı eğik konveyör sistemleri; madencilik, inşaat, gıda işleme, lojistik vb. birçok endüstriyel alanda yaygın kullanılır. Farklı seviyelerde yapılan malzeme taşınım işlemlerinde yüksek verim, yüksek taşıma kapasitesi, yüksek güvenlik ve düşük enerji tüketimi sağlaması hasebiyle yaygın kullanılır. Özellikle dökme malzemelerin sürekli ve düzenli bir şekilde taşınımında en çok tercih edilen taşıma sistemidir.

Çalışmada eğik bantlı konveyörler için temel bir araştırma yapılıp bu sistemlerin avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Akabinde bantlı eğik konveyörlerin temel elemanları tek tek ele alınıp detaylı bir araştırma yapılmıştır. Daha sonra Ayrık Elemanlar Yöntemi (Discrete Element Method (DEM)) hakkında bilgilere yer verilmiştir. Elde edilen tüm verilen ışığında tasarımı oluşturulan bantlı eğik konveyöre iki farklı deney ortamında DEM analizi yapılmıştır. Birinci deneyde dökme malzemenin farklı hızlarda taşınması sırasında oluşan malzeme davranışı incelenmiştir. Birinci deney için aynı özelliklere sahip iki dökme malzemeye ilk olarak 0,5 m/s hız uygulanarak analiz yapıldı akabinde hız oranı 2 m/s hız çıkarılarak analiz yapılmıştır. Bu deneyde bantlı eğik konveyörlerde malzeme taşınması sırasında konveyör hızının malzeme üzerinde etkisini incelenmiştir. Söz konusu inceleme sonucu ortaya çıkan analiz sonuçları grafikler eşliğinde incelerek çıkarımlarıyla beraber bu makalede sunulmuştur. İkinci deneyde farklı çaplarda dökme malzemenin bantlı eğik konveyörde taşınması sırasında oluşan malzeme davranışı incelenmiştir. İkinci deneyde aynı dökme malzeme için 0,5 m/s hızla üç farklı çapta DEM analizi yapılmıştır. Bu deneyde amaç bantlı eğik konveyörde dökme malzeme taşınması esnasında dökme malzeme büyüklüğünün taşınmayı nasıl etkileyeceğini incelenmiştir. İkinci deneyin analiz sonuçları da ilk deney gibi grafikler eşliğinde detaylıca izah edilerek incelenmiştir.

Yapılan iki deneyin sonucunda eğik bantlı konveyörün malzeme taşınması esnasında oluşan kinetik enerji, potansiyel enerji ve açığa çıkan toplam kuvvet ile ilgili çıkarımlarda bulunuldu.

Anahtar Kelimeler: Bantlı Eğik Konveyör, Dökme Malzeme, Ayrık Elemanlar Metodu

INCLINE CONVEYOR DESIGN REVİEW AND PARTICLE FLOW ANALYSIS IN INCLINED CONVEYOR USING DISCRETE ELEMENTS METHOD

ABSTRACT

Belt inclined conveyor systems; mining, construction, food processing, logistics etc. It is widely used in many industrial areas. It is widely used in material transportation processes at different levels due to its high efficiency, high carrying capacity, high safety and low energy consumption. It is the most preferred transportation system, especially for the continuous and regular transportation of bulk materials.

In the study, a basic research was conducted for inclined belt conveyors and the advantages and disadvantages of these systems were emphasized. Subsequently, the basic elements of belt inclined conveyors were discussed one by one and a detailed research was conducted. Then, information about the Discrete Element Method (DEM) is given. DEM analysis was performed on the belt inclined conveyor, whose design was created in the light of all the data obtained, in two different experimental environments. In the first experiment, the material behavior during transportation of bulk material at different speeds was examined. For the first experiment, analysis was made by first applying a speed of 0.5 m/s to two bulk materials with the same properties, and then the analysis was made by increasing the speed ratio to 2 m/s. In this experiment, the effect of conveyor speed on the material during material transportation in belt inclined conveyors was examined. The analysis results resulting from the said examination are examined with graphics and presented with their conclusions in this article. In the second experiment, the material behavior that occurred during the transportation of bulk material of different diameters on a belt inclined conveyor was examined. In the second experiment, DEM analysis was performed for the same bulk material at three different diameters at a speed of 0.5 m/s. The aim of this experiment was to examine how the size of the bulk material would affect the transportation during the transportation of bulk material on the belt inclined conveyor. The analysis results of the second experiment, like the first experiment, were explained and examined in detail with graphics. As a result of the two experiments, inferences were made regarding the kinetic energy, potential energy and total force generated during the material transportation of the inclined belt conveyor.

Keywords: Belt Inclined Conveyor, Bulk Material, Discrete Element Method

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Bantlı Eğik Konveyör Elemanları 5
Şekil 2.2. Eğik Konveyör Avaresi 6
Şekil 2.3. As açısı ve Ar açısının gösterimi 8
Şekil 2.4. Sıcaklığın Bant Mukavemetine Etkisi 9
Şekil 2.5. Sıcaklığın Bant Uzamasına Etkisi 10
Şekil 2.6. Bantların Sınıflandırılması 11
Şekil 2.7. Tekstil Örgülü Bantların Uzama Diyagramı 13
Şekil 2.8. Poliamid dokulu bandın iç yapısının röntgeni 13
Şekil 2.9. Çelik Örgülü Bandın Uzama Diyagramı 17
Şekil 2.10. A tipi (Aşınmaya Dayanıklı) Bant 19
Şekil 2.11. T tipi (Isıya Dayanıklı) Bant 19
Şekil 2.12. F Tipi (Aleve Dayanıklı) Bant 20
Şekil 2.13. O tipi (Yağa Dayanıklı) Bant 21
Şekil 2.14. Tırmanma Açısına Göre Bantlar 21
Şekil 2.15. Kepçeli Elevatör 22
Şekil 2.16. Kefeli Elevatör 23
Şekil 2.17. Döner Tablalı Elevatör 23
Şekil 2.18. Bandobarlı Bant 24
Şekil 2.19. Çavuş Profilli Bant 24
Şekil 2.20. Düz Profilli Bant 25
Şekil 2.21. Konveyör Şasesi 26
Şekil 2.22. Şematik Tambur Görseli 28
Şekil 2.23. Motorlu Tambur 30
Şekil 2.24. Çubuk Sıyırıcı Tambur 31
Şekil 2.25. Kanat Tipi Tambur 31
Şekil 2.26. Açılı Kanat Tamburu 32
Şekil 2.27. Yivli Yüzey Görünümleri 34
Şekil 2.28. Tırtıl Yüzey Görünümü 35
Şekil 2.29. TamburGövde-Bant Genişliği 36
Şekil 2.30. Bantta Uzama 36
Şekil 2.31. Şaft Sapması 37
Şekil 2.32.Sembolik Eş Merkezlilik 38
Şekil 2.33. Sembolik Dairesel Salgı 39

Şekil 2.34. Sembolik Gergi Mekanizması 40
Şekil 2.35. Vidalı Gergi Mekanizması 40
Şekil 2.36. Bandın Alt Koluna Ağırlıklı Gergi Mekanizması 41
Şekil 2.37. Tambura Ağırlıklı Gergi Mekanizması 42
Şekil 2.38. Elektrikli,Hidrolik, Pnömatik Gergi Mekanizmaları 42
Şekil 2.39. DEM simülasyonlarının hesaplama döngüsü [26] 44
Şekil 3.1. Tasarımı Oluşturulan Bantlı Eğik Konveyör 45
Şekil 3.2. Tasarımı Oluşturulan Bantlı Eğik Konveyör Detay Resmi 45
Şekil 3.3. Tahrik Tamburu 46
Şekil 3.4. Patlatılmış Tahrik Tamburu 46
Şekil 3.5. Avare/Makara 47
Şekil 3.6. Patlatılmış Avare/Makara 47
Şekil 3.7. Gerdirme Tamburu 48
Şekil 3.8. Patlatılmış Gerdirme Tamburu 48
Şekil 3.9. Yan Saç/Şase 49
Şekil 3.10. Yan Saç Görünümü 49
Şekil 3.11. Yan Sacın Önden Görünümü 50
Şekil 3.12. Konveyör Bandı 50
Şekil 4.1. Malzeme Özellikleri Veri Girişi 52
Şekil 4.2. Çap 40mm malzeme tanecik görünümü 52
Şekil 4.3. Çap 40mm malzeme tanecik koordinatları 52
Şekil 4.4. Çap 40mm malzeme tanecik bilgileri 53
Şekil 4.5. Çap 80mm malzeme tanecik görünümü 53
Şekil 4.6. Çap 80mm malzeme tanecik koordinatları 53
Şekil 4.7. Çap 80mm malzeme tanecik bilgileri 54
Şekil 4.8. Çap 1600mm malzeme tanecik görünümü 54
Şekil 4.9. Çap 160mm malzeme tanecik koordinatları 54
Şekil 4.10. Çap 160mm malzeme tanecik bilgileri 55
Şekil 4.11. Seçilen bant bilgileri 55
Şekil 4.12.Konveyörü programa yükleme 55
Şekil 4.13. Konveyörün programda görünümü 55
Şekil 4.14. Banda hareket atanması 56
Şekil 4.15. Birinci hareket girdileri 57
Şekil 4.16. İkinci hareket girdileri 57

Şekil 4.17. Malzeme besleme alanı oluşturma 57
Şekil 4.18. Malzeme besleme konum girdileri 57
Şekil 4.19. Malzeme besleme kenar ölçüleri 58
Şekil 4.20. Malzeme ağırlık girdisi 58
Şekil 4.21. Simülasyon girdileri 58
Şekil 4.22. 0,5 m/s hızda malzeme taşıyan konveyör görünümü 58
Şekil 4.22. 2 m/s hızda malzeme taşıyan konveyör görünümü 58
Şekil 4.24. Çap 40mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği 59
Şekil 4.25. 0,5 m/s hızda konveyör için Kinetik Enerji-Zaman grafiği 60
Şekil 4.26. 2 m/s hızda konveyör için Kinetik Enerji-Zaman grafiği 60
Şekil 4.27. 0,5 m/s hızda konveyör için Potansiyel Enerji-Zaman grafiği 62
Şekil 4.28. 2 m/s hızda konveyör için Potansiyel Enerji-Zaman grafiği 62
Şekil 4.29. 0,5 m/s hızda konveyör için Toplam Enerji-Zaman grafiği 63
Şekil 4.30. 2 m/s hızda konveyör için Toplam Enerji-Zaman grafiği 63
Şekil 4.31. 0,5 m/s hızda konveyör için Toplam Kuvvet-Zaman grafiği 64
Şekil 4.32. 2 m/s hızda konveyör için Toplam Kuvvet-Zaman grafiği 64
Şekil 4.33. 0,5 m/s hızda konveyör için Tork-Zaman grafiği 65
Şekil 4.34. 2 m/s hızda konveyör için Tork-Zaman grafiği 65
Şekil 4.35. Çap 40mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği 67
Şekil 4.36. Çap 80mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği 67
Şekil 4.37. Çap 160mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği 67
Şekil 4.38. Çap 40mm malzemenin Kinetik Enerji-Zaman Grafiği 68
Şekil 4.39. Çap 80mm malzemenin Kinetik Enerji-Zaman Grafiği 68
Şekil 4.40. Çap 160mm malzemenin Kinetik Enerji-Zaman Grafiği 69
Şekil 4.41. Çap 40mm malzemenin Potansiyel Enerji-Zaman Grafiği 70
Şekil 4.42. Çap 80mm malzemenin Potansiyel Enerji-Zaman Grafiği 70
Şekil 4.43. Çap 160mm malzemenin Potansiyel Enerji-Zaman Grafiği 70
Şekil 4.44. Çap 40mm malzemenin Toplam Enerji-Zaman Grafiği 72
Şekil 4.45. Çap 80mm malzemenin Toplam Enerji-Zaman Grafiği 72
Şekil 4.46. Çap 160mm malzemenin Toplam Enerji-Zaman Grafiği 72
Şekil 4.47. Çap 40mm malzemenin Toplam Kuvvet-Zaman Grafiği 74
Şekil 4.48. Çap 80mm malzemenin Toplam Kuvvet-Zaman Grafiği 74
Şekil 4.49. Çap 160mm malzemenin Toplam Kuvvet-Zaman Grafiği 74
Şekil 4.50. Çap 40mm malzemenin Tork-Zaman Grafiği 76

Şekil 4.51. Çap 80mm malzemenin Tork-Zaman Grafiği 76
Şekil 4.52. Çap 160mm malzemenin Tork-Zaman Grafiği 76

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Pamuk-Polyamid-Polyester-Aramid teknik özellikleri 15
Tablo 2. Örgü tipleri ve özellikleri 15
Tablo 3. A tipi bantların teknik özellikleri 18
Tablo 4. T tipi bantların teknik özellikleri 19
Tablo 5. F tipi bantların teknik özellikleri 20
Tablo 6. O tipi bantların teknik özellikleri 20
Tablo 7. Bantlı eğik konveyör şematik gösterimi 29
Tablo 8. Tambur şekilleri ve özellikleri 35
Tablo 9. Bandın teknik özellikleri 51
Tablo 10. Kullanılan yardımcı elemanlar 51

SEMBOLLER

m: Parçacık kütlesi

t: Zaman

x: Konum

g: Yerçekimine bağlı ivme

f: Parçacık temasları nedeniyle parçacığa etki eden kuvvet

I: Eylemsizlik momenti

ω: Açısal hızı

d: Parçacık çapı

ρ: Parçacık yoğunluğu

G: Kayma modülü

ν: Poisson oranı

AMAÇ

Tezin amacı eğimli konveyör bant sisteminin tasarımı için gerekli olan temel elemanlar hakkında detaylı araştırma yapılıp teknik bilgiler sunulmuştur. Bu araştırmalar çerçevesinde bir eğimli bantlı konveyör tasarımı belirlenerek ve CAD tasarımı oluşturulmuştur.

Tasarımı yapılan eğimli bantlı konveyör sisteminin ayrık elemanlar yöntemi yani DEM analizi kullanılarak ile iki farklı deney yapılmıştır. Birinci deneyde aynı çaptaki aynı tür malzemelerin farklı hızlarda taşınması incelenmiştir. Bu deneyde amaç, hızın taşınma esnasındaki malzemede oluşan enerjileri incelemektir. İkinci deneyde ise aynı hızlarda aynı türde farklı çaplarda üç malzemenin taşınması incelenmiştir. Bu deneydeki amaç ise malzeme büyüklüğünün taşınma esnasında malzeme oluşan enerjileri nasıl etkileyeceğini incelemektir.

GİRİŞ

1.Bantlı Eğik Konveyörler

Bantlı eğik konveyör, malzemenin bir noktadan diğerine eğimli bir hat üzerinden taşınmasını sağlayan mekanik bir sistemdir. Bu sistemler, malzemeleri yataydan dikeye veya tam tersi yönde etkili bir şekilde taşımak için tasarlanmıştır. Bantlı eğik konveyörler uzun mesafeli ve yüksek debili sürekli taşımalarda sıklıkla tercih edilmekte, yığma malzemelerin taşınmasına olanak sağlamaktadır. Bantlı eğik konveyörler ürün için uygun tasarım ve malzeme seçimleri yapıldığında 18°C - 90°C arası geniş aralıkta çalışabilir ancak genellikle 20 dereceyi geçmezler.

Eğik bantlı konveyör sistemleri, yaygın olarak kuru dökme malzemeler olarak adlandırılan kömür, demir cevheri gibi malzemelerin değişen mesafelerde sürekli olarak taşınması olanak sağlaması kullanılmaktadır. Karayolu ve demiryolu gibi diğer toplu taşıma türleriyle karşılaştırıldığında ise bantlı konveyör sistemleri daha yüksek kapasitelerde, daha düşük maliyet, daha yüksek verimlilik, daha az insan müdahalesi ve kanıtlanmış güvenirlik gibi birçok avantaj sağlar [1].

Konveyör sözcüğü Latince kaynaklı olup "conviare" sözcüğünden gelmektedir. Bu ifade kelime anlamı olarak "bir şeyin bir noktadan başka bir noktaya taşınması" olarak belirtilmiştir. Konveyörler ilk kez 8. yüzyılın sonlarına doğru insan gücü yardımıyla ahşap yataklar üzerinde ürün taşıma işlemi için kullanılmıştır. Bantlı eğik konveyör sistemleri ise 19. yüzyılın başlarında madencilik sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Tarih içerisinde motor gücü ve yer çekimi kuvvetinin keşfedilmesiyle bantlı eğik konveyör tasarımları da gelişmiştir.

1.1.Bantlı Eğik Konveyörün Avantajları

Bantlı eğik konveyör sistemleri, özellikle farklı seviyelerdeki alanlara malzeme taşıma ihtiyacı olan işletmeler için ideal çözümler sunar. Bu sistemlerin sunduğu avantajlar, onları birçok sektörde popüler hale getirmiştir. Aşağıda, eğimli bantlı konveyör sistemlerinin sağladığı bazı önemli avantajları belirtilmiştir:

- Alan Tasarrufu

Eğimli bantlı konveyörler, malzemeleri dikey yönlerde taşımak için ideal bir sistemdir. Bu özellik, sınırlı yatay alana sahip tesislerde son derece faydalıdır çünkü kullanılabilir kat alanını optimize eder ve üretim alanınızdan maksimum verim almanızı sağlar [2].

- Güçlü ve Dayanıklı Yapı

Eğimli bantlı konveyörler, genellikle alüminyum çerçeve kullanılarak üretilir ki bu da sistemlerin hem güçlü hem de uzun ömürlü olmasını sağlar. Alüminyumun yüksek iletkenliği, elektrik hassasiyeti olan malzemelerin taşınmasını da kolaylaştırır [3].

- Ürün Koruma

Ürünlerin güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamak adına eğimli bantlı konveyörler, bariyerler ve sürtünme yüzeyleri kullanarak ürünlerin düşmesini önler. Bu, iş yerindeki güvenliği artırırken, üretim hızını da yükseltir.

- Maliyet Etkinliği

Eğimli bantlı konveyörler sayesinde üretim maliyetleri azalır. Bunun nedeni ise bu sistemlerin hızlı çalışmasıdır. Bu hızdan kaynaklı olarak üretim saatlerinde düşüş meydana gelerek üretim hızı artmaktadır. Bu durum, enerji verimliliğini artırarak sanayiler arasında yaklaşık %15 enerji tasarrufu sağlar [4].

- Emniyet

Bantlı eğik konveyörler, objelerin manuel olarak taşınma ihtiyacını da ortadan kaldırır. Bu durum da çalışanların yaralanma riskini azaltır. Bu sebeple eğimli bantlı konveyörlerin kullanımı genel iş sağlığını ve güvenliğini artırır.

- Özelleştirilebilir ve Bakımı Kolay

Bantlı eğik konveyörler genellikle ayarlanabilir ve bakımı kolaydır. Çoğunlukla tercih edilen kaliteli sentetik malzeme veya kauçuktan yapılan güçlü bantlar kolaylıkla değiştirilebilir, bu da uzun süreli çalışma şartlarında tasarrufu sağlar.

Eğimli bantlı konveyör sistemlerinin bu avantajları onları birçok endüstri ve uygulama için vazgeçilmez hale getirmektedir.

1.2.Bantlı Eğik Konveyörün Dezavantajları

Bantlı eğik konveyör sistemleri, çeşitli endüstrilerde malzemeleri bir noktadan diğerine taşımak için yaygın olarak kullanılan esnek ve etkili sistemler olsa da birtakım dezavantajları da

bulunmaktadır ve bu dezavantajların sistemlerin seçilmesinden önce dikkate alınması önemlidir.

- Sınırlı Materyal Türleri

Eğimli bantlı konveyörler, her türden malzemenin taşınması için uygun olmayabilir. Çok sıcak, keskin kenarlı veya banda yapışabilecek malzemelerin taşınması için genellikle uygun değillerdir. Bazı aşındırıcı malzemeler, bandın yüzeyini zamanla aşındırabilir veya keskin materyaller bantta hasara neden olabilir [5].

- Bakım ve Dayanıklılık Endişeleri

Bantlı eğik konveyörlere düzenli bakım yapılması gerekmektedir. Bandın hizalanması, aşınması ve yıpranmasını önlemek için periyodik bakım ve kontroller yapılmalıdır. Bu durum, işletme maliyetlerini artırabilir ve bakım esnasında ürün akışı durdurulması gerekebilir.

- Verimlilik ve Hız Sınırlamaları

Diğer bantlı sistemlere kıyasla, bantlı eğik konveyörlerin hız ve verimlilik açısından sınırlamaları olabilir. Yüksek hacimli veya hızlı işlemler için uygun bir seçim olmayabilir.

- Maliyet

Kurulum, bakım ve işletme maliyetleri, özellikle karmaşık veya uzun mesafe sistemleri için yüksek olabilir.

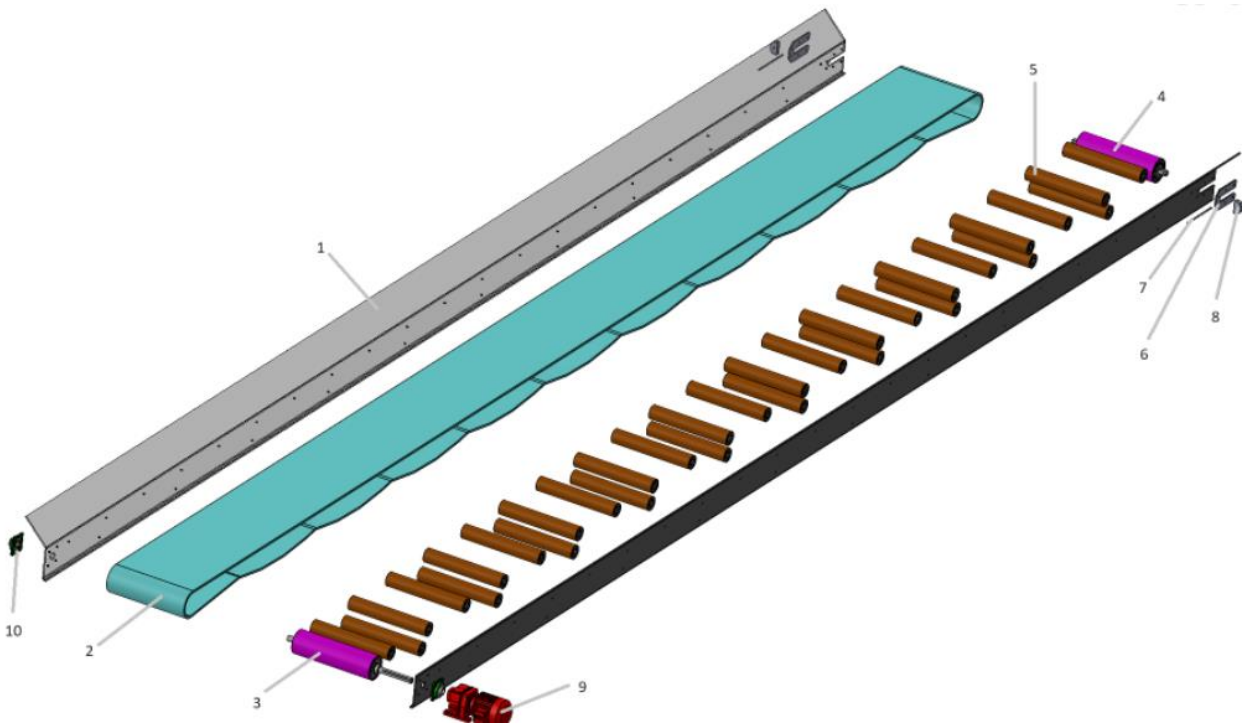
Her ne kadar bantlı eğik konveyör sistemleri, malzemelerin farklı yükseklikler arasında taşınması gerektiğinde önemli avantajlar sunsa da bu sistemlerin potansiyel dezavantajlarını dikkate almak ihtiyaçlarınıza en uygun taşıma çözümünü seçmenizde yardımcı olacaktır.

1.3.Bantlı Eğik Konveyörlerin Kullanım Alanları

Eğimli bantlı konveyörler; tarım, madencilik, gıda işleme ve imalat endüstrisi gibi farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, özellikle yükseklik farkı olan alanlarda malzemelerin taşınması için idealdir. Madencilik sektöründe çıkarılan malzemelerin taşınması; tarım sektöründe ise tahıl gibi ürünlerin depolanması ve işlenmesi sırasında eğimli konveyörler tercih edilir. Gıda işlem sektöründe, paketlenmiş ürünlerin veya ham maddelerin seviyeler arasındaki taşınmasında kullanılır. İmalat sanayisinde ise, yarı işlenmiş ürünlerin

montaj hatları arasında verimli bir şekilde taşınmasını sağlamak için eğimli konveyör sistemlerine başvurulur. Bu geniş kullanım alanı, eğimli konveyörlerin esnekliğini ve farklı ihtiyaçları karşılayacak şekilde tasarlanabileceğini göstermektedir.

2.Bantlı Eğik Konveyör Temel Elemanları



Şekil 2.1. Bantlı Eğik Konveyör Elemanları

1: Konveyör Yan Saç
2: Bant
3: Tahrik Tamburu
4: Germe Tamburu
5: Avare
6,7,8: Germe Mekanizması
9: Redüktör + Motor
10: Konveyör Yardımcı Eleman

2.1.Eğik Konveyör Avareleri

Günümüzde, uzun yollar ve enerji verimliliği ile karakterize edilen bantlı konveyör taşıma sistemleri için yeni, verimli ve ekonomik açıdan mantıklı bir çözüm uygulama ihtiyacı, genellikle bantlı konveyörlerin geleceğine yönelik hedeflerden biri olarak tartışılmaktadır. Bu hedefe ulaşmanın temel koşullarından biri, tüm uygulanabilir yüklerde düşük dönme direncine ve yüksek dayanıklılığa sahip, yalnızca özenle seçilmiş avaraların kullanılmasıdır. Bantlı konveyör taşıma sistemlerinde avarelerin dönüşünü ayarlamak ve muhafaza etmek için önemli

miktarda enerji harcanır. Yapılan analizler, avaraların dönme direncinin, bantlı konveyörün hareketine karşı toplam direncin %30'una kadar ulaşabileceğini belirlemiştir [4].

Avareler konveyörün en çok sayıda kullanılan bileşenlerinden biridir. Avare takımının görevi, bandı konveyör güzergahı boyunca desteklemek ve yönlendirmektir. Avareler genellikle tüm konveyör güzergahı boyunca 0,8 ila 2,5 metrelik sabit aralıklarla yerleştirilir. Konveyör sisteminin uzunluğu boyunca stratejik olarak konumlandırılan avareler, banda gerekli desteği sağlayarak malzemenin düzgün ve verimli bir şekilde taşınmasını sağlar. Bantlı konveyör avareleri çeşitli çaplardaki ruloları içerecek şekilde tasarlanmıştır. Ruloların içindeki miller sürtünme direncine sahip yataklar ve contalara monte edilmiştir. Rulo çapı, rulman seçimi ve conta kullanımı sürtünme direncini etkileyen ana bileşenlerdir.

Bantlı eğik konveyörlerde iki temel makara tipi kullanılır:

Düz Makaralar

Yatay konveyör bantları için kullanılır ve genellikle tek bir silindirden oluşur.

Oluklu Makaralar

Eğimli konveyör sistemlerinde kullanılır ve genellikle bir yatay silindir ile iki eğimli silindirliden oluşur. Bu tasarım, bandın ortalanmasına ve malzeme dökülmesinin önlenmesine yardımcı olur.

Avarenin ömrü genellikle uygulama yükü ve hızıyla birlikte rulman yorulma ömrüne ilişkin istatiksel beklentiyle ilişkilendirilir. Bu yalnızca en iyi durum veya maksimum başlangıç noktası için uygundur. Birçok durumda; arızalı rulolarda zorlu çalışma koşulları, yetersiz sızdırmazlık, zayıf rölenti hizalaması, yetersiz bakım ve benzeri nedenlerle conta ya da rulo borusunda aşınma yaşanır.



Şekil 2.2. Eğik Konveyör Avaresi

2.1.1. Eğik Konveyör Avareleri Üzerine Etkiyen Kuvvetler

Bantlı konveyörlerdeki avarelere radyal ve eksenel yükler yüklenir. Radyal kuvvet banda etkiyen kuvvetlerin yanı sıra bant üzerinde taşınan malzemenin ağırlığından kaynaklanır. Eksenel kuvvet ise avarenin kayışa göre eğimli veya çarpık olması durumda ortaya çıkar [6].

Özel ölçüm düzenekleri sayesinde bantlı konveyör kapasitelerinin tamamında avarelere etkiyen yükler belirlenebilir. “Measurements of loads on belt conveyor idlers operated in real conditions” makalesinde açık döküm linyit madenlerinde çalıştırılan tipik yüksek kapasiteli bantlı konveyörlerde üç silindirden oluşan esnek "çelenk" avare takımlarıyla testler yapılmıştır. Radyal ve eksenel kuvvetler de somut veriler için incelenmelidir.

2.1.2.Eğik Konveyörlerde Avare Tasarımı

Avara rulo tasarımı, dönen bir dış silindirik yüzey ve sabit bir şaft üzerine monte edilmiş bir çift yataktan oluşmaktadır. Çok çeşitli şaftlar, yataklar ve dış silindir malzemeleri kullanılmasına rağmen tasarımda nominal olarak çap, uzunluk ile tanımlanabilir. Doğru rulman seçimi avarenin performansını doğrudan etkiler.

Avare Dönme Direnci: Avarelerde çok büyük kayıplar olmasa da yatak setindeki dönmeye karşı burulma direnci oluşur ve avarelerdeki asıl kayıp budur. Bu tipik olarak;

(1) yüke duyarlı olan yuvarlanma elemanının kayması ve deformasyonu

(2) öncelikle hıza bağlı olan yağlayıcının kesilmesi

(3) tasarıma göre büyük ölçüde değişen conta sürtünmesi nedeniyle birikmiş sürtünme olarak modellenir [7].

Burulma direncini minimuma indirmek için doğru rulman seçimi önemlidir. Dökme malzeme taşıma konveyörlerinde kullanılan rulmanlar neredeyse her zaman hassas bir şekilde işlenmiş, sertleştirilmiş, taşlanmış ve cilalanmış elementlerden oluşan benzer şekilde işlenmiş ve yağlanmış yuvarlanmak üzere tasarlanmış ve monte edilmiş öğelerdir. Radyal ve eksenel yer değiştirmeye direnirken, dönmeye karşı düşük direnç ve uzun ömür için minimum deformasyon ve kayma kuvvetleriyle mümkün olduğunca saf yuvarlanmaya yakın bir gelişme sağlamaktadır. Avara yataklarının sürtünmeyi azaltmak için genellikle dönen elemanların etrafına yerleştirilen ve yağlayıcı olarak tabir edilen gres yağı kullanılır.

2.1.3.Eğik Konveyörlerde Avare Aralık Belirlenmesi

Avare rulolar eşit aralıklarla yerleştirilir. Bu aralık belirlenirken genellikle iki temel ölçüt dikkate alınır; taşınan malzemenin türü ve işletmenin belirlediği sermaye. Birbirine uzak yerleştirilen makaralar banda beklenilen desteği sağlamayacaktır. Avarelerin birbirine çok yakın yerleştirilmesi ise banda destek sağlasa da konveyör yapım maliyeti artıracak ve konveyörün güç tüketiminde artışa yol açacaktır. Enerji tüketimi ile sermaye ve işletme maliyetini azaltmanın en etkili yöntemlerinden biri de avarelerin aralıklarını genişletmektir. Bu durum dikkate alınarak uzun mesafeli konveyörlerde avareler arası mesafe 3 metreden daha fazla olabilmektedir.

Avare aralığının optimal seçimi için kullanılan kriterler şunlardır;

-Spesifik enerji tüketimi; bu rota uzunluğu ve birim kapasite başına enerji ve tahmini yıllık avara takımı değişimi sayısıdır.

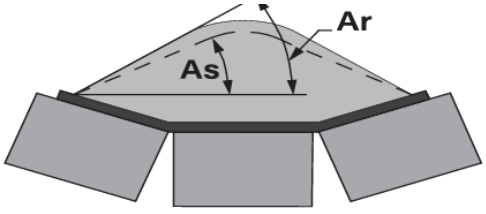
-Avare takımı değişimi sayısı kriteri

-Avare takımının ömrünün hesaplanması; avaradaki minimum silindir ömrü temel alınarak tahmin edilir

2.1.4.Eğik Konveyörlerde Avare Seçimi

Piyasadaki geniş ürün yelpazesi ve özgün tasarımda bileşenleri en iyi avare seçimini zorlaştırmaktadır. Seçim ve satın alma süreçlerinin birbirini paralel yönetebilmek ve olası kombinasyonların değerlendirilmesi çoğu zaman kafa karıştırıcı süreçlerdir. Temel performans özellikleri dikkate alınan belirli bir projenin minimum işletme gereksinimlerini karşılayan en düşük maliyet/fayda oranını elde etmek amaçlanır.

CEMA'nın Dökme Malzemeler için Bantlı Konveyörler kitabında avare seçimine detaylı bir şekilde yer verilmiştir.



Şekil 2.3. As açısı ve Ar açısının gösterimi

The Angle of Surcharge (As) açısı, hareketli bir taşıma bandında olduğu gibi malzeme çarpıldığında veya hareket ettiğinde malzemenin yatayla yaptığı açıdır. the Angle of Repose(Ar) açısı, malzemenin stok yığını veya sabit bant gibi bir yığına boşaltıldığında yatayla yaptığı açıdır.

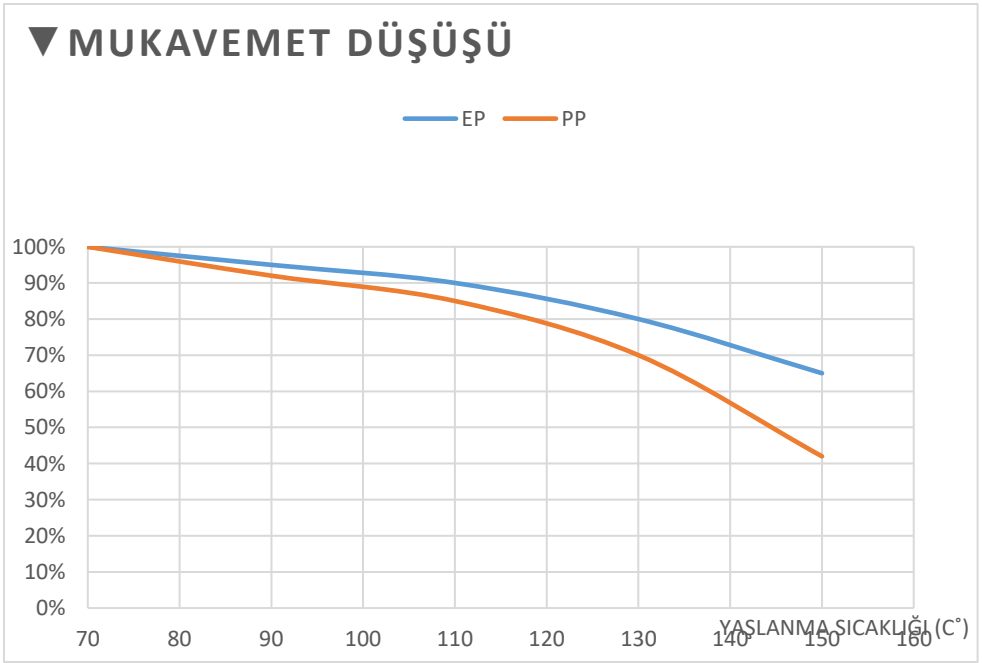
2.2.Eğik Konveyör Bantları

Konveyör bandı, herhangi bir bantlı konveyörün en önemli unsurudur. İlk yatırımda büyük bir paya sahiptir. Bantlar bir yandan taşınan malzemeyi üzerine alan bir kap görevi görürken bir yandan da sürekli çekme ve germe kuvvetleri ile yüklenir.

Konveyör bantları iki temel bölüm olarak inceleyebiliriz. Birinci kısma "karkas", ikinci kısma "kauçuk" kaplamadır. Karkas kısmı ağırlığı taşıyan kısmıdır, lastik kısmı ise bandın dış kısmı oluşturan ve aynı zamanda çevre koşullarına maruz kalan kısmıdır. İki kısmın kalınlıkları birbirinden farklı olabilir. Eleyiciler/temizleyiciler genelde üst kısımda yer alır ve üst kısım daha fazla darbe ve aşınmaya maruz kalır bu nedenle üst kısım genellikle daha kalındır.

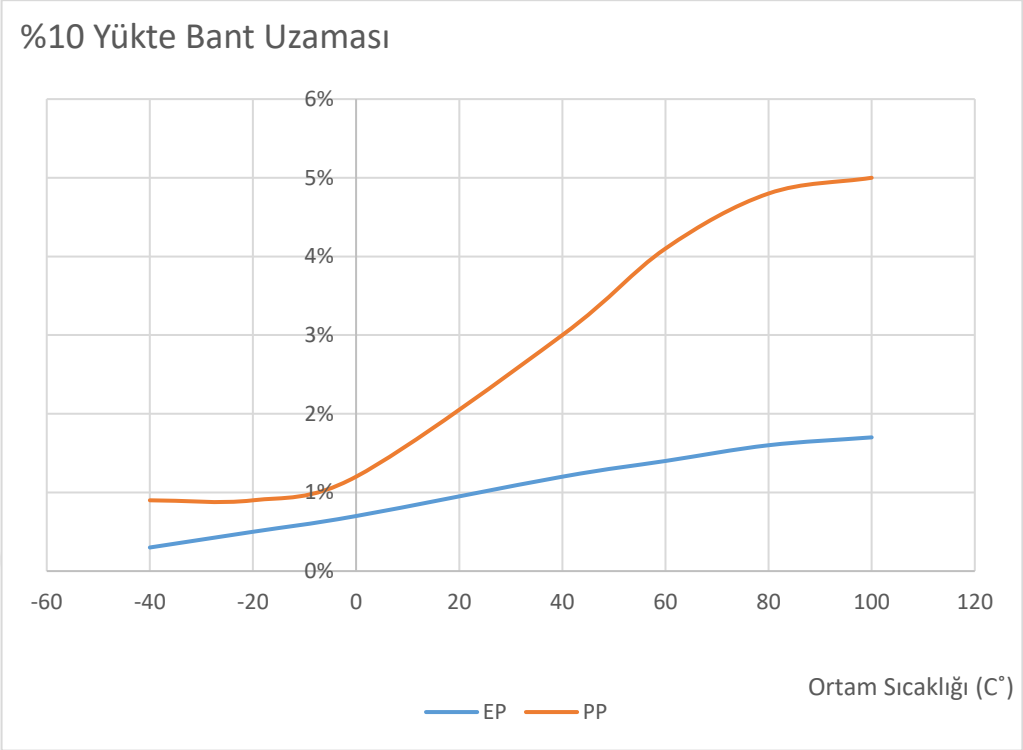
Konveyör bantların seçiminde mukavemet değerleri EP veya PP olarak tanımlanır. EP, çözgüleri polyester ve atkıları poliamidden oluşan bir kumaştır (EP80, EP100, EP125, EP160, EP200, EP250, EP315, EP400). PP, poliamidin hem atkı hem de çözgülerinden üretilir.

Sıcaklığın Bant Mukavemetine Etkisi



Şekil 2.4. Sıcaklığın Bant Mukavemetine Etkisi

Sıcaklığın Bant Uzamasına Etkisi



Şekil 2.5. Sıcaklığın Bant Uzamasına Etkisi

Çalışma esnasında farklı türdeki yüklere (gerilme, bükülme, sürünme, darbe vb.) maruz kalırlar. Bu nedenle bandın çalışmasında optimum verim sağlamak için seçimin çok dikkatli yapılması gerekmektedir. Bant seçiminde dikkat edilmesi gereken temel faktörler vardır.

1-Nem çekme özelliği

2-Mukavemet

3-Özgül ağırlık

4-Uzama

5-Aşınma direnci

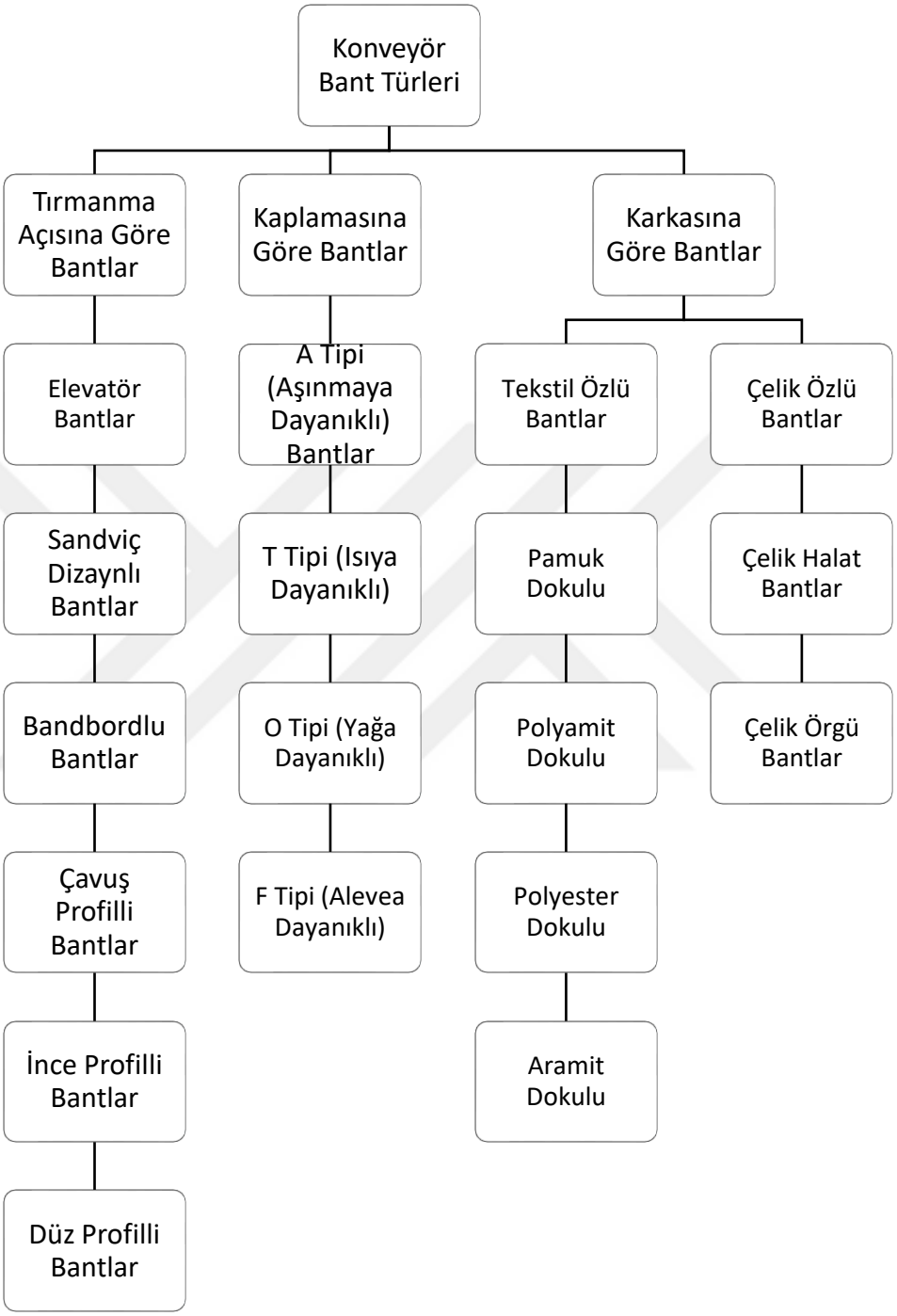
6-Ömür

7-İklimsel koşullara karşı dayanım

8-Yağ, oksitlenme, ozan vb. karşı direnç

2.2.1Bantların Sınıflandırılması

Bantlar karkasına ve kaplama sınıfına göre sınıflandırılırlar.



Şekil 2.6. Bantların Sınıflandırılması

2.2.1.1.Karkasına Göre Bantlar

Banın ortasındaki dokuma tabakalarının hepsine birden "karkas" adı verilir. Karkas banttaki çekme kuvvetini iletir ve bandın yük taşımasını sağlar. Karkas tabakaları arasındaki lastik, bu

tabakaları birbirine bağlar ve aynı zamanda tabakaları su geçirmez hale getirir. Bandın alt yüzeyindeki lastikse bandın makaralar üzerinde yükün oluşturduğu darbe sonucu ezilmesine engel olur, banda pisliklerin işlemesini önler ve tamburdan aldığı tahrik kuvvetini karkasa iletir. Karkasta konveyör banda paralel olan ipliklere çözgü ipliği denilmektedir ve bunlar banttaki kuvveti taşıyan en önemli elemanlardır. Karkasta enine veya çapraz olanlara ise atkı iplikleri denilmektedir. Atkı iplikleri; darbe direnci, yük ve kumaşın emniyeti açısından dizayn edilmektedir [8].

Karkastan beklenen temel özellikler

- Yüksek çekme mukavemeti
- Yorulma dayanımı
- Boyutsal kararlılık
- Kauçuğa iyi yapışma özelliği
- Düşük ısı üretim

Bu çalışmada bantlar, karkas yapısına göre iki ana grupta incelenmiştir. Bunlar tekstil dokulu bantlar ve çelik dokulu bantlardır.

2.2.1.1.1.Tekstil Dokulu Bantlar

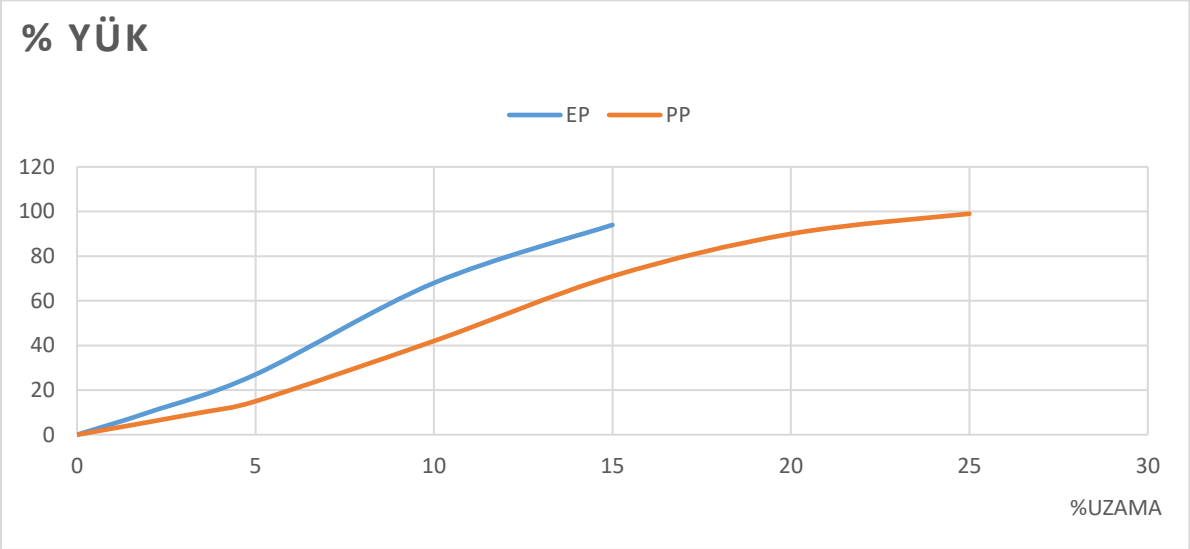
Tekstil dokulu konveyör bantları, doğal / sentetik dokuların lastik veya plastik emprenye edilmesi ve üzerlerinin lastik / plastikle kaplanmasından elde edilir. Dokuma örgülü bantta tabaklar arası üst yüz, alt yüz ve yan yüzler kauçukla kaplıdır. Bant karkası konveyör bandının çekme gücünü ileten kısmı olup bir veya çok katlı dokuların bazen içerisinde tel veya kord konularak elde edilmiş malzemelerdir [9].

Üst kaplama bandın yük taşıyan yüzüdür bu nedenle daha kalın ve daha iyi özelliklere sahip kauçuk tabakasıdır. Bandın alt kaplaması bandın makaralara temas eden yüzüdür bu nedenle de koruyucu ve aşınmayı önleyici özelliğe sahiptir. Tekstil dokulu bantlar yaklaşık olarak 1,5 mm ile 12 mm arasındadır.

Bantlarda yapılan iyileştirme çalışmalarıyla birlikte karkas takviye malzemeleri zamanla değişikliklere uğramış ve günümüzde kort bezleri naylon, polyester, polyamid veya karışımı olarak suni kumaşlarla yapılmaktadır. Bu şekilde üretilen karkaslar mukavemet, yapışabilirlik, esneklik ve ömür gibi özellikler açısından diğer eski geleneksel kumaşlardan üstün

olmaktadırlar. Günümüzde ayrıca bazı konveyör bantlarında aramid lifli bezlerde kullanılmakta olup bu lifler yüksek dayanım ve düşük uzama gibi faydalar sağlamaktadır [10].

Tekstil Örgülü Bantların Uzama Diyagramı



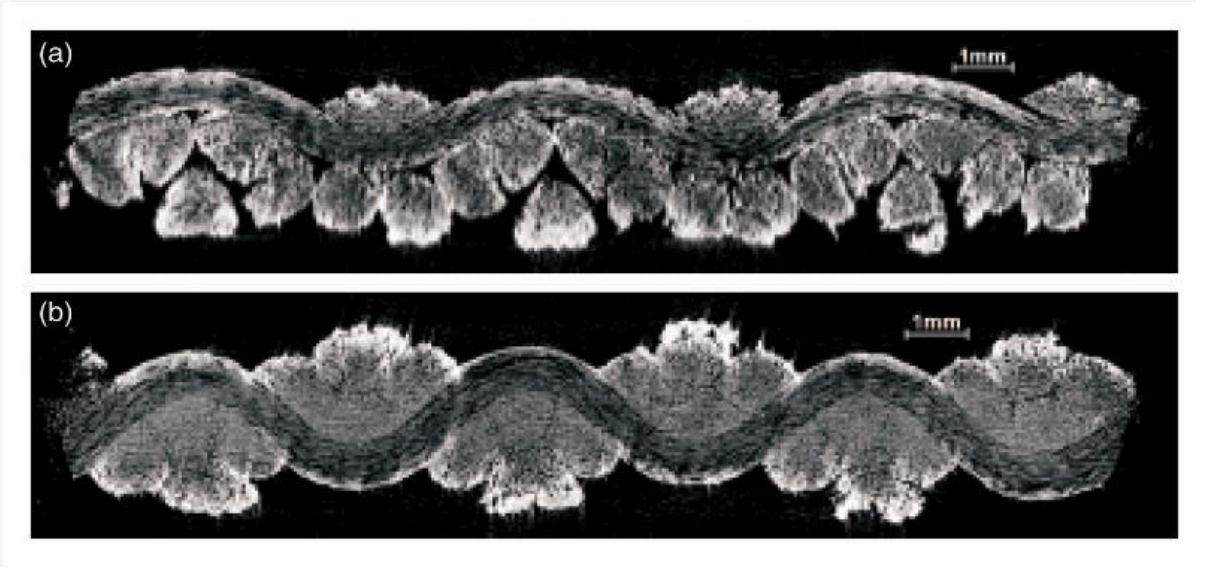
Şekil 2.7.Tekstil Örgülü Bantların Uzama Diyagramı

2.2.1.1.1.1.Pamuk Dokulu

Pamuk uzun zamandır bant üretiminde kullanılmaktadır. Pamuk dokulu bantlar özellikler ıslandıklarında yüksek dayanıklılığa sahip olurlar aynı zamanda yüksek nem çekme özelliğine de sahiptirler. Pamuk dokulu bantların en büyük dezavantajları ise düşük boyutsal stabilitesi ve küsten çabuk etkilenmesidir.

2.2.1.1.1.2.Poliamid (Naylon) Dokulu

Naylonlar selüloz ile karıştırılınca çok daha yüksek mukavemete sahip olurlar ve çok daha yüksek kopma uzaması değerleri verirler. Aynı zamanda naylon kumaşlara geliştirilmiş bir darbe direnci, kopmaya karşı daha fazla iş ve daha zor yırtılma direnci kazandırır. Naylon modülü aynı zamanda bantta oluk özelliklerine de katkıda bulunur. Naylon ısıtıldığında büzülme eğilimi gösterir. Bu nedenle, naylon kumaşları işlerken ya bu çekmeyi kontrol etmek ya da sınırlamak için bir miktar kısıtlama uygulanmalı ya da işlem sırasında boyutlarda sonradan meydana gelebilecek değişikliklere izin verecek şekilde tasarımda ayarlama yapılmalıdır. Uygun işleme koşulları seçilerek büzülme özelliklerini, karşılanacak nihai parametrelere daha kesin olarak uyacak şekilde değiştirmek mümkündür.



Şekil 2.8. Poliamid dokulu bandın iç yapısının röntgeni

2.2.1.1.1.3.Polyester Dokulu

Polyester bant; pamuk, suni ipek ve naylona kıyasla bazı performans avantajları sunar ve bu durum polyester bandın pazardaki hızlı genişlemesine de sebebiyet vemektedir. Birim maliyet başına yüksek mukavemet sunar, yırtılmaya karşı dayanıklılığı yüksektir. Kumaşın esnekliği ve esneme direnci yüksektir, bu da derin oluk açmaya ve bandı tahrik etmek için daha az beygir gücüne olanak tanır. Polyester, nem ve çürüme koşullarına, asitlere ve oksitleyici maddelere karşı düşük hassasiyet gösterir; yani çalışma ömrü diğer bant türlerine nazaran daha yüksektir. Polyester bant dezavantajlarından ilki ise kimyasal olarak nispeten inert olduğundan, polyesterde istenilen yapışma yüzeyi elde etmek suni ipek veya naylona göre biraz daha zordur. İkinci dezavantajı ise yüksek büzülme özelliğidir.

2.2.1.1.1.4.Aramid Dokulu

Aramidin özellikleri diğer tekstil liflerinden ziyade inorganik materyallerin özelliklerine daha yakındır. Çekme mukavemeti, mühendislik yöntemiyle birim kesit başına mukavemet olarak değerlendirilse bile, çelik ve camınkilerle aynı düzeydedir, böylece mukavemet olarak ifade edildiğinde (düşük özgül ağırlığın avantajı dikkate alındığında), gücü olağanüstüdür. Ancak buna kopma uzamasının çok düşük değeri de eşlik eder, bu da belirli uygulamalarda bazı zorluklara neden olur. Bu düşük uzamanın en büyük dezavantajı, aramidin birkaç katman halinde kullanılması durumunda ortaya çıkar. Düz olduğunda, her bir tekstil katmanı kendi mukavemet payına katkıda bulunabilir ancak bükülme sırasında en dıştaki katmanın düşük

uzaması, diğer katmanları sıkıştırmaya sokan eğriye uyum sağlamasını engeller. Bu, iç katların toplam mukavemete olan katkısını doğrudan azaltır ancak daha da önemlisi, aramidin sıkıştırma performansı (özellikle dinamik yorulma direnci) iyi değildir. Bu tür koşullar altında iç katların zamanından önce kırılması muhtemeldir. Bununla birlikte aramidin mükemmel özelliklerinin gerçekleştirilmesini sağlayan pek çok uygulama geliştirilmiş ve bu düşük uzama ile ilişkili sorunların üstesinden gelmenin yollarına çok fazla çaba sarfedilmiştir [11].

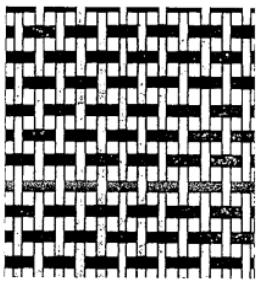
Tablo 1. Pamuk-Polyamid-Polyester-Aramid teknik özellikleri

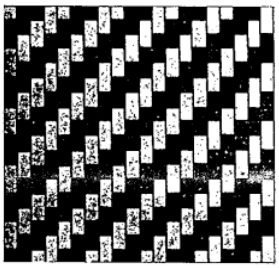
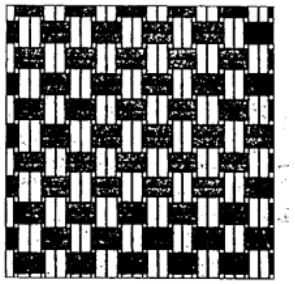
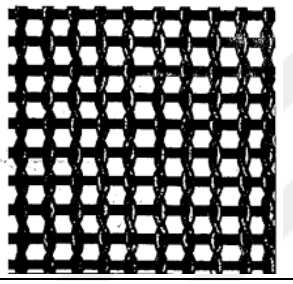
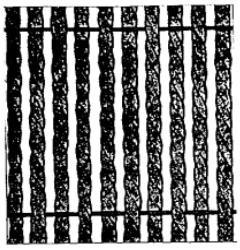
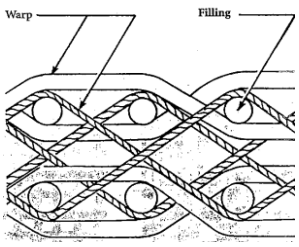
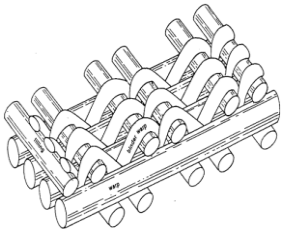
	Pamuk	**Polyamid**	**Polyester**	**Aramid**
Yoğunluk (g/cm^3)	1,54	1,14	1,38	1,44
Erime Noktası©	230	P6:215 P66:255	260	500
Tenasite (Mn/tex)	150	820	820	1950
Kopma Uzaması (%)	7	20	13	3,3
Isıl Büzülme (4 dak.160 ° C)(%)	0	4	5,5	0,1
Isıl Direnç (48 sa,200 ° C)(%)	0	45	55	90
Asitlere Dayanıklılık	Zayıf	Orta	İyi	Orta
Alkalilere Dayanıklılık	İyi	İyi	orta	iyi
Solvetlere Dayanıklılık	iyi	iyi	iyi	Çok iyi

Örgü Tiplerine Göre Dokuma Konveyör Bantlar

Dokuma konveyör bantlar karkaslarına göre çeşitlere ayrılırken dokuma türlerine göre de farklılık gösteriler. Bazı örgü tiplerini inceleyelim:[12]

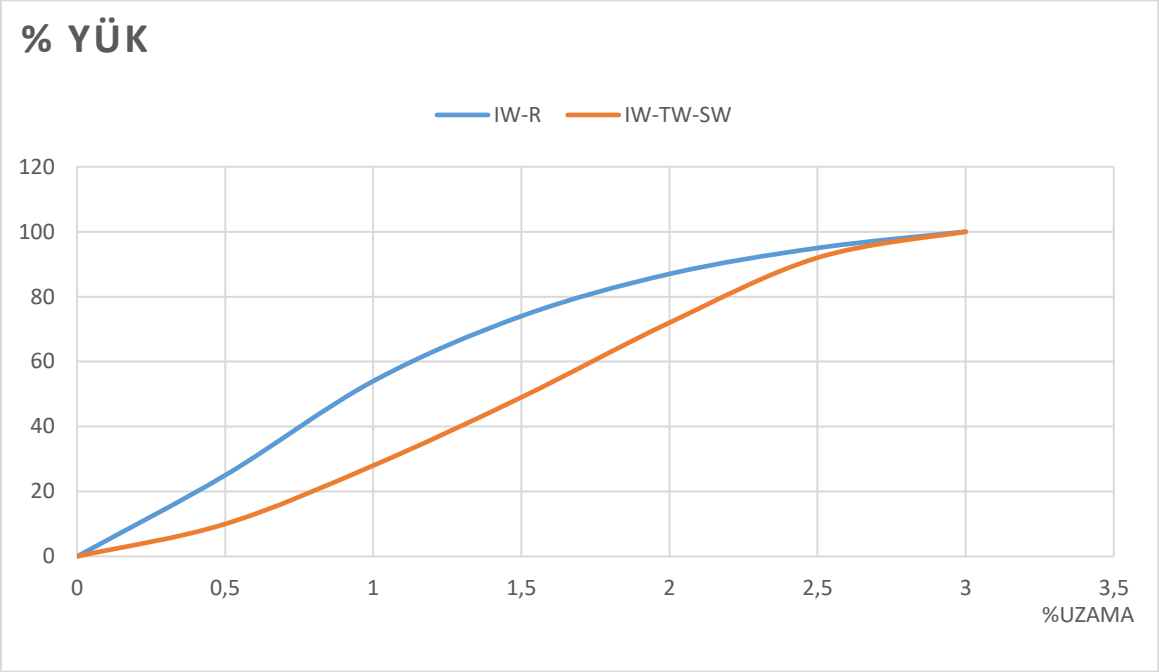
Tablo 2.Örgü tipleri ve özellikleri

ÖRGÜ ADI	ÖRGÜ TİPİ	AÇIKLAMA
Düz Örgü		Düz örgü, düz kayışlar için kullanılan ve en az karmaşık olan kumaş desenidir. Bu yapıda çözgü ve atkı iplikleri dönüşümlü olarak birbirini geçer. Bu kumaş katmanlarından iki veya daha fazlasını içeren bir kayış, çok katlı kayış olarak bilinir.

Kırık Fitilli Örgü		Daha az yaygın olarak kullanılan fitiili örgü ipliğin dikey yönde zigzag desen oluşturulduğu dokumadır. Bu desende sağ el ve sol el twill dokusu birbirinin zıttı olarak yerleştirilir, böylece daha karmaşık ve ilginç bir doku elde edilir.
Sepet ya da Oxford Örgüsü		Çift çözgü ve daha kalın atkı ipliği kullanılan, yumuşak ve dayanıklı bir örgü türüdür. Düz örgü yapısına benzer olsa da daha sağlam ve su geçirmez özelliklere sahiptir. Oxford kumaşı genellikle daha ağır hizmet gerektiren ürünler için kullanılır.
Leno Örgü		Açık bir yapıya sahip olup ipliğinin örgünün atkı ipliklerini kucaklayacak şekilde dolaştığı özel bir dokunma tekniğidir. Bu teknik güçlü ancak hafif bir kumaş elde etmek için kullanılır.
Dokuma Kord		Dokuma Kord, çok ince dolgu ipliklerine sahip güçlü çözgü ipliklerinden oluşur.
Katı Dokuma		Katı dokuma, iç içe geçmiş çok sayıda çözgü ve dolgu ipliklerinden oluşur.
Düz Örgü		Düz çözgü kumaşı (Şekil 7.9), esasen düz olan, yani kıvrımsız, temel gerilim taşıyan çözgü ipliklerini içerir. Ayrıca, mekanik bağlantı elemanı tutma mukavemeti sağlamak için bağlayıcı çözgü iplikleri dolgu iplikleri ile iç içe dokunmaktadır

2.2.1.1.2.Çelik Özlü Bantlar

Çelik Örgülü Bantların Uzama Diyagramı



Şekil 2.9. Çelik Örgülü Bandın Uzama Diyagramı

2.2.1.1.2.1.Çelik Halat Bantlar

Çelik halatlı konveyör bantları, madencilik endüstrisinde en sık kullanılan bant tipidir Bu tip bantlarda yükler, çekirdek kauçuğuna bağlanan çelik halatlardan oluşan bant çekirdeği tarafından taşınır. Çekirdek, gerilme mukavemeti ve uzama gibi bant teknik parametreleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Kauçuk kaplamaların temel işlevi çekirdeği korumaktır. Kapaklarda kullanılan kauçuk bileşimleri kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde değiştirilmektedir [13]. Çelik kordlu konveyör bantların ana avantajları, 10.000 kN/m'ye ulaşabilen yüksek çekme mukavemeti ve sınırlı bağıl uzamadır.

Çelik halatlı konveyör bantları çalışması sırasında çeşitli faktöre maruz kalır. Bu nedenle yeterli dayanıklılık parametrelerinin yanı sıra aşınma ve yıpranmaya karşı da yüksek direnç göstermelidir. Bununla beraber çelik halat konveyör bantları aşınma, delinme ve uzunlamasına kesiklerin yanı sıra atmosferik koşullara da maruz kalır. Kayış üreticileri, kayış parametrelerini iyileştirmek için sürekli çaba göstermektedir. Amaç kayış ömrünü arttırmaktır. Şu anda üreticiler kayışlarına 3 ila 6 yıl arasında garanti vermektedir. Kayış durumunun sık sık izlenmesi ve dikkatli bakım yapılması kusurların oluşmasını önlemek için olanak tanır [14].

2.2.1.1.2.2. Çelik Örgülü Bantlar

Çelik örgülü konveyör bandı dengelidir ve kalın örgülü banttan yapılmıştır. Sağa ve sola bükülmüş spiraller, belli bir uyum içerisinde monte edilir ve üç veya daha fazla çubukla bağlanır.

Bu tel örgülü konveyör bant üzerinde ısı, bandın her bir kısmına eşit olarak dağıtılır, bu nedenle yüksek sıcaklıklarda işlem görmüş malzemenin taşınması için mükemmel bir seçimdir. Boşluklu yapısı nedeniyle yığın malzeme taşınmasında kullanılırken birim malzeme büyüklüğü dikkate alınıp bandın örgü boşluk alanı belirlenmesi kritik bir husustur.

Modern üretimin öncelikli transfer ekipmanlarından biri olan çelik halatlı konveyör bantlar, maden dağları, limanlar, rıhtımlar vb. gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak uygulanmaktadır. Yük kapasitesinin artması, konveyör bandının bariyerler nedeniyle çizilmesi ve yaşlanma sonucunda çelik tel halat kararmaya ve çelik çekirdeği çatlamaya başlar veya bağlantı noktası uzar. Bu durum kopmalara sebep olabilir bu da ciddi şantiye/ciddi kazalara, büyük ekonomik kayıplara ve can kayıplarına yol açabilir, güvenli üretimi kötü bir şekilde sekteye uğratabilir [15].

2.2.1.2.Kaplamasına Göre Bantlar

2.2.1.2.1. A tipi (Aşınmaya Dayanıklı) Bantlar

Taş ocakları, çimento fabrikaları, beton santralleri, demir-çelik fabrikaları, termik santraller vb. yerlerde kullanılır. Daha çok aşındırıcı ve iri taneli malzemelerin zor çalışma şartlarında taşınmasında kullanılır. Yapısı gereği darbelere karşı oldukça dayanıklıdır. Çok yüksek ısılara dayanıklı değildir. Maksimum 70±5°C sıcaklığına kadar dayanabilir. Yağlı ve asit içerikli malzeme taşınmasında tercih edilmez. Tabii ve sentetik kauçuktan üretilir.

Tablo 3. A tipi bantların teknik özellikleri

Özellikler	TS 547 ISO 14890			Deney Metodu
Lastik Sınıfı	H	D	L	
Kopma Dayanımı(kg/cm^3)	24	18	15	ISO 37
Kopma Uzaması(%)	450	400	350	ISO 37
Aşınma Değeri (mm^3)	120	100	200	ISO 4649
Shore Sertliği A	63±5	63±5	63±5	ISO868



Şekil 2.10. A tipi (Aşınmaya Dayanıklı) Bant

2.2.1.2.2. T Tipi (Isıya Dayanıklı Bantlar)

Gübre fabrikaları, dökümhaneler, termik santraller, kireç fabrikaları, demir-çelik fabrikaları, çimento fabrikaları vb. yerlerde kullanılır.Genellikle EPDM esaslı imal edilir. T tipi bantlar genellikler sıcak malzeme taşınmasında kullanılır.Bant yüzey sıcaklığı 200°C sıcaklığa, taşınabilecek malzeme sıcaklığı ise 400°C kadar çıkabilmektedir. Asitlere, suya, ozona ve oksijene dayanıklılık gösterirler.

Tablo 4. T tipi bantların teknik özellikleri

Özellikler	Özerband Değeri	Karşılaştırmalı Normalar	
		TS 547 T	TS. 4464 T
Kopma Dayanımı(kg/cm^3)	≥ 150	≥ 130	≥ 130
Kopma Uzaması(%)	≥ 350	≥ 350	≥ 350
Aşınma Değeri (mm^3)	≤ 250	≤ 250	≤ 250
Shore Sertliği A	63±5	70±5	70±5



Şekil 2.11.T tipi (Isıya Dayanıklı) Bant

2.2.1.2.3. F Tipi (Aleve Dayanıklı) Bantlar

Daha çok yeraltı santralleri ve maden ocaklarında tercih edilir.Chloroprene kauçuk esaslı kaplama olup aleve karşı yüksek dayanım gösterirler. Çalışma sıcaklığı en çok 100°C'dir.

Tablo 5. F tipi bantların teknik özellikleri

Özellikler	Özerband Değeri	Karşılaştırmalı Normalar	
		TS 547 T	TS. 4464 T
Kopma Dayanımı(kg/cm^3)	≥ 175	≥ 175	≥ 175
Kopma Uzaması(%)	≥ 400	≥ 400	≥ 400
Aşınma Değeri (mm^3)	≤ 225	≤ 225	≤ 225
Shore Sertliği A	63±5	63±5	63±5



Şekil 2.12. F Tipi (Aleve Dayanıklı) Bant

2.2.1.2.4. O Tipi (Yağa Dayanıklı) Bantlar

Cam fabrikaları, arıtma tesisleri, geri dönüşüm tesisleri, gübre fabrikaları vb. yerlerde kullanılır.Nitril kauçuk esaslıdır. O tipi bantlar yağ ve gresin yanı sıra, aromatik yağ ve hidrokarbonlara da dayanıklıdırlar. Bant yüzeyi 95°C'ye kadar dayanıklılık gösterebilir.

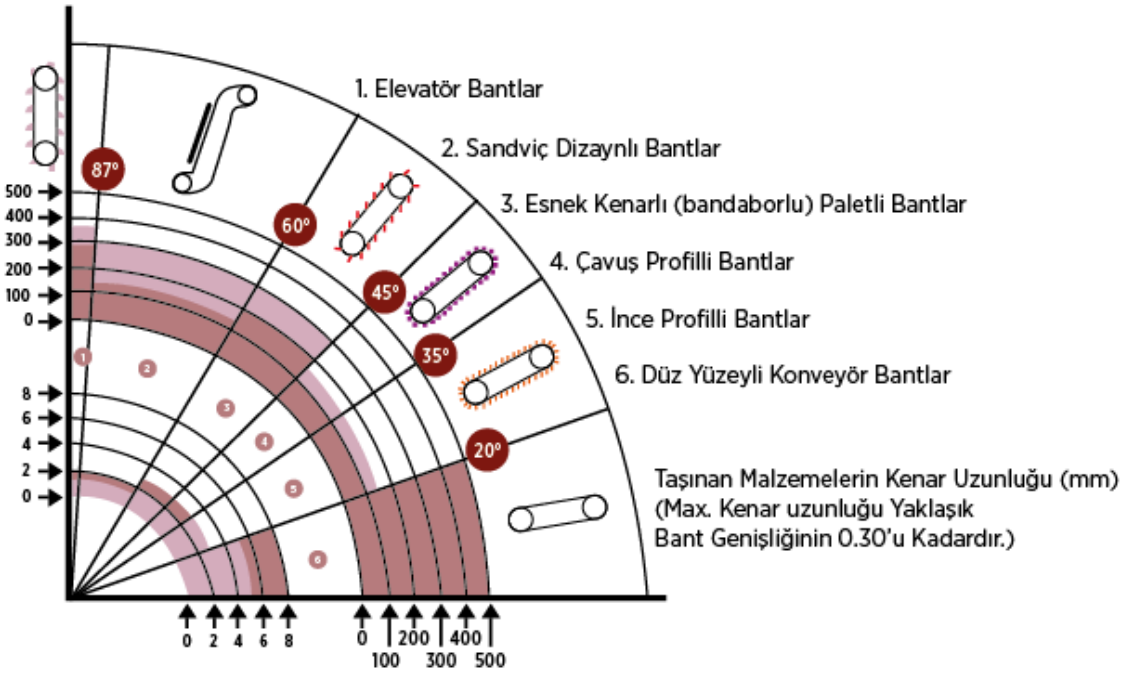
Tablo 6. O tipi bantların teknik özellikleri

Özellikler	Özerband Değeri	Karşılaştırmalı Normalar	
		TS 547 T	TS. 4464 T
Kopma Dayanımı(kg/cm^3)	≥ 130	≥ 100	≥ 100
Kopma Uzaması(%)	≥ 300	≥ 300	≥ 300
Aşınma Değeri (mm^3)	≤ 225	≤ 300	≤ 300
Shore Sertliği A	63±5	70±5	70±5



Şekil 2.13. O tipi (Yağa Dayanıklı) Bant

2.2.1.3.Tırmanma Açılarına Göre Bantlar



Şekil 2.14. Tırmanma Açısına Göre Bantlar

2.2.1.3.1.Elevatör Bantlar

Elevatörler diğer adıyla yükselticiler, dökme malzemelerin taşınması düşeyde veya 70° den fazla dik eğimli yüzeylerde yükseltmek amacıyla kullanılırlar. Elevatörde malzeme taşınması şu şekildedir: Besleme işlemi olarak dökme malzeme elevatörün taşıma kepçesine alınır, üst kısımdaki kasnağın taşıyıcı bandı döndürmesi ve alt kısımdaki kasnağın taşıyıcı bandı gerdirmesi sebebiyle dökme malzeme üç metreden on sekiz metreye kadar ürün taşınır. Taşıma kepçesinde bulunan dökme malzeme yukarı çıktığı zaman yerçekimi ve merkezkaç kuvvetleri sayesinde boşaltım gerçekleştirilir ve işlem tamamlanır.

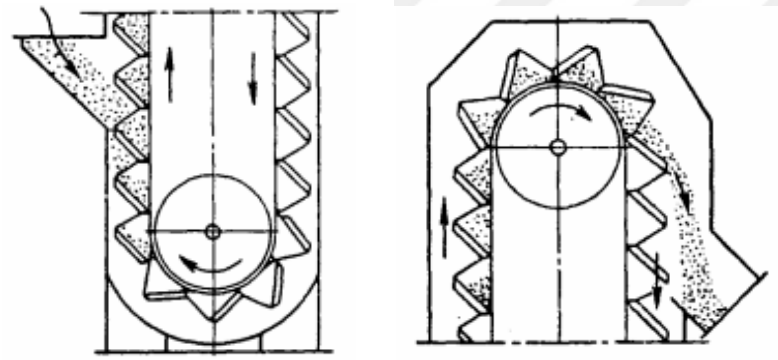
Dökme malzemenin yapısı, elevatörün tasarımında önemli bir rol oynar. Dökme malzeme taşınması için üç farklı elevatör tasarımı mevcuttur.

2.2.1.3.1.1. Kepçeli Elevatör

Kepçeli yükselticiler çeşitli türlerde pudra, taneli ve çimento, kum, toprak, turba, kömür, soda, kimyasal maddeler, tahıl, un gibi parça malların taşınmasına elverişlidirler. Yapı malzemelerinin taşınmasında, kimya endüstrisi fabrikalarında, dökümhanelerde, metalürji fabrikalarında, besin endüstrisinde, un fabrikalarında kullanılırlar.

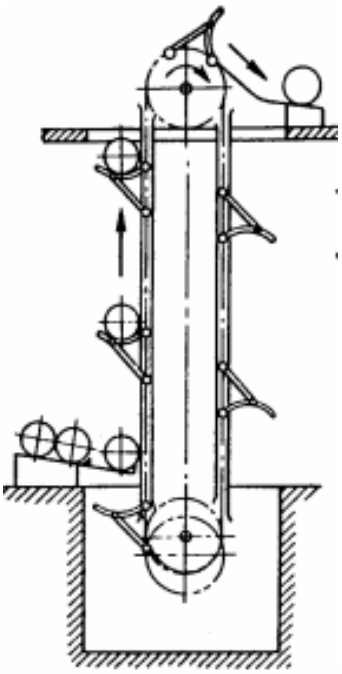
Elevatörler düşey veya eğimli olabildikleri gibi kayış veya tek ya da çift sıra zincir kullanabilirler. Besleme ve boşaltma yöntemlerine bağlı olarak yüksek hızlı santrifüj veya alçak hızlı ağırlıklı boşaltma uygulanır [16].

Şekil 2.15. Kepçeli Elevatör



2.2.1.3.1.2. Kefeli Elevatör

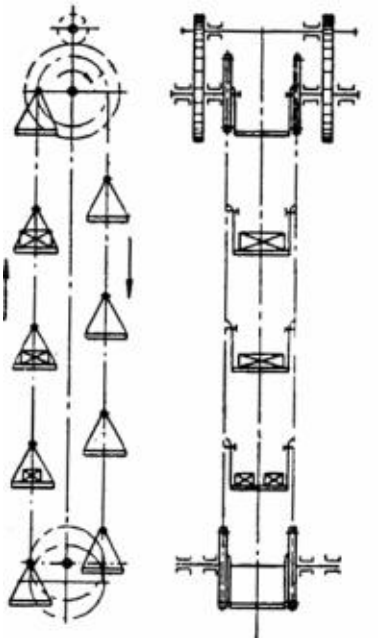
Kefeli elevatörler birim yükleri (variller, kutular, paketler ve makina parçaları) kaldırmakta kullanılırlar. Kefeli elevatörler düşey veya eğimli olabilirler. Bunlarda, üst ve alt zincir dişlileri çevresinde dönen iki sonsuz zincir vardır. Yüke uygun biçim verilmiş olan yük taşıyıcılar (kefeler) belli aralıklarda bu zincirlere cıvatalamıştır [16].



Şekil 2.16. Kefeli Elevatör

2.2.1.3.1.3 Döner Tablalı Elevatör

Döner tablalı elevatörler, çeşitli birim yükleri kaldırmakta ve indirme için kullanılırlar. Kefeli elevatörler ile döner tablalı elevatörler arasındaki temel fark, kefeli elevatörler de yük taşıyıcılara mutlak olarak bağlanmış, döner tablalıların ise serbestçe dönen tablalar olmasıdır. Bu şekilde birim yüklerin herhangi bir noktadan boşaltılabilir.



Şekil 2.17.Döner Tablalı Elevatör

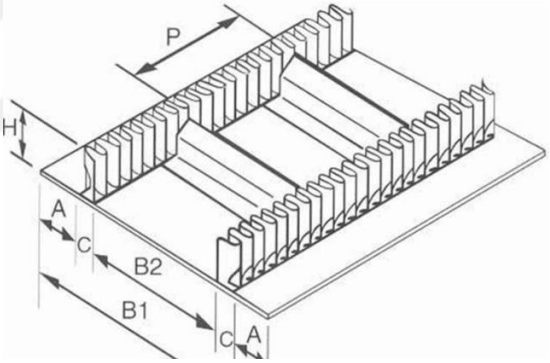
2.2.1.3.2. Sandviç Tasarımlı Bantlar

Sandviç tasarımlı bantlar, madencilik ve malzeme taşıma endüstrilerinin geniş ihtiyaçlarını karşılamak üzere uygun maliyetli, işlevsellik açıdan uygun, yüksek açılı taşıma sistemi için yüksek potansiyel sunmaktadır.

Sandviç bant yaklaşımı, taşınan malzemeyi sandviçleyen iki sıradan lastik bant kullanır. Bant üzerindeki ek dağıtılmış kuvvet, tasarım taşıma açısında geri kaymayı önlemek amacıyla malzeme-bant ve malzeme-malzeme arayüzünde yeterli sürtünmeyi geliştirmek amacıyla taşınan malzemeye sarılma basıncı sağlar [17].

2.2.1.3.3. Bandobarlı Bantlar

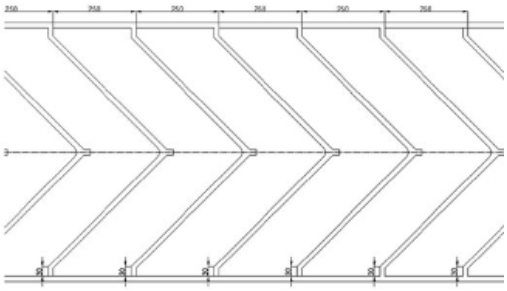
Esnek kenarlı diğer adıyla bandobarlı bantlar taşınan malzemenin dışarıya taşmaması ve hareket halinde iken dökülmemesi için tasarlanmıştır. Kıvrımlı elastik yapısı sayesinde tambur dönüşleri kolayca alır. Yüksek tırmanma açılarında ise hareket yönünde dik yerleştirilen paletler sayesinde mükemmel taşıma hacmi sağlar.



Şekil 2.18. Bandobarlı Bant

2.2.1.3.4. Çavuş Profil Bantlar

Dökme malzemelerin, 25° – 45° arası tırmanma açılarında yukarı yönde taşınmasında kullanılır. Çavuş profil batlar “V” veya “U” şeklindeki desenlerin, bant üzerinde profil olarak bulunduğu konveyör tipidir. Bant yüzeyinde bulunan desen malzemenin aşağıya kaymasını engelleyerek, mümkün olduğunca çok malzemenin taşınmasına yardımcı olur. Eğimi yüksek yerlerde, beton santrallerinde, kömür ocaklarında, taş ve kum ocaklarında ıslak malzemelerin taşınması amacı ile kullanılır.



Şekil 2.19. Çavuş Profilli Bant

2.2.1.3.5 İnce Profilli Bantlar

Dökme malzemelerin, 15° – 25° arası tırmanma açılarında yukarı yönde taşınmasında kullanılır. İnce profilli bantlar yüzeyinde bulunan ince desen malzemenin aşağıya kaymasını engelleyerek, mümkün olduğunca çok malzemenin taşınmasına yardımcı olur.

2.2.1.3.6. Düz Profilli Bantlar

Dökme malzemelerin, 15° ye kadar yukarı yönde taşınmasında kullanılır. Bant yüzeyinde belirgin desenler bulunmadığı için malzemenin kayması olası bir durumdur bu nedenle yüksek açıya ihtiyaç olunduğu durumlarda tercih edilmez.



Şekil 2.20. Düz Profilli Bant

2.2.2.Bant Seçimi için Konveyör Analizi

Konveyörde uygun bant seçimini yapabilmek için konveyör sisteminin eksiksiz analiz edilmeli ve aşağıda maddeler halinde verilmiş tasarım detaylarının dikkate alınmasını gerektir.

1. Taşınan dökme malzeme özellikleri: genel karakteristik özelliği; yoğunluk, maksimum birim boyutu; varsa yağların veya kimyasalların varlığı; sıcaksa maksimum yük sıcaklık

2. Maksimum yükleme hızı veya gerekli maksimum kapasite.

3. Bant genişliği.

4. Bant hızı.

5. Konveyör profili: konveyör yolu boyunca mesafe, herhangi bir eğimin veya inişin üst ve alt kısımlarının yükseltilmesi; tüm eğimlerin veya düşüşlerin eğim açıları, tüm dikey eğrilerin konumları ve yarıçapları.

6. Tahrik: tek kasnak mı iki kasnak mı; çift tahrikli ise, toplam motor beygir gücünün birincil ve ikincil tahrik kasnaklarında dağıtımı; tahrik kasnağı/kasnakları üzerindeki kayış sargısının açısı; sürücünün yeri, kasnak yüzeyi, çıplak veya gecikmeli; gecikme türü; işe başlama türü.

7. Kasnak çapları: Bunlar gerçek bant özelliklerine göre kontrol edilmelidir.

8. Kalkış: seyahatin türü, yeri ve miktarı.

9. Avaralar: tip, rulo çapı, oluk açısı; baş ve kuyruktaki geçiş mesafesini de içeren aralık.

10. Yükleme düzenlemesinin türü: oluk sayısı; topaklardan banda serbest düşüş mesafesi, yükleme teknesi uzunluğu; varsa darbe avaraları veya yatağı; kayışa yükleme açısı.

11. Varsa, beklenen en düşük soğuk hava çalışma sıcaklığı.

12.Kullanılacak bant ekleme tipi: vulkanize veya mekanik

13.Kullanılacak bant temizleyici tipi: vulkanize veya mekanik

2.3.Bantlı Eğik Konveyör Şasesi

Şase iskeleti oluşturan parçaların belirlenen yerlerde sabit kalmasını sağlayan, tüm sistemin ağırlığını taşıyan bantlı konveyör elemanıdır. Kullanım alanlarına, taşıdıkları malzemeye ya da maliyete göre şase konstrüksiyonu farklı şekillerde oluşturulabilir. İyi bir şase tasarımında kritik bölgelerde dayanıma dikkat edilmeli, konveyörün çalışma şartlarına uygun dayanımlı bir konstrüksiyon tercih edilmelidir.



Şekil 2.21. Konveyör Şasesi

2.3.1.Bantlı Eğik Konveyör Şase Bölümleri

2.3.1.1.Orta Şase

Sadece taşıyıcı ve dönüş makaraları taşır. Orta şasi hafif konveyör sistemlerinde köşebent ya da borudan veya U profilden imal edilirler [18].

2.3.1.2.Tahrik Şasesi

Baş tambur ve boşaltma düzeni taşıyan kısımdır. Tamburun ağır olması nedeniyle baş taraftaki şasinin rijit olması gereklidir.

2.3.1.3.Kuyruk Şasesi

Tambur ağırlığına ve germe kuvvetlerine maruzdur. Bu kısımda oluşan kuvvetler baş taraftaki kısma göre oldukça azdır. Gergi düzeni şasisi: Gergi tertibatını taşıyan kısımdır.

2.3.1.4.Gergi Düzeneği Şasesi

Gergi tertibatını taşıyan kısımdır. Eğimli konveyörlerde, daha fazla bant gerilimi gerektiğinden uygun gerdirme sistemleri kullanılır.

2.3.2.Bantlı Eğik Konveyör Şasesinin Malzeme Çeşitleri

2.3.2.1.Çelik Şase

Dayanıklı, güçlü ve ağır yüklere uygun olan çelik, en yaygın kullanılan konveyör şasi malzemesidir. Özellikle ağır sanayi ve maden işletmelerinde tercih edilir.

2.3.2.2.Alüminyum Şase

Hafif ve korozyona karşı dirençli olması nedeniyle alüminyum, gıda ve ilaç endüstrilerinde tercih edilir. Taşınması ve kurulumu da daha kolaydır.

2.3.2.3.Paslanmaz Çelik Şase

Yiyecek ve içecek sektöründe, hijyenik ve kolay temizlenebilir olması nedeniyle tercih edilir.

2.3.2.4.Plastik Şase

Görece daha hafif ve düşük maliyetli olan plastik şasiler, hafif yüklerin taşınmasında ve nemli ortamlarda kullanılabilir.

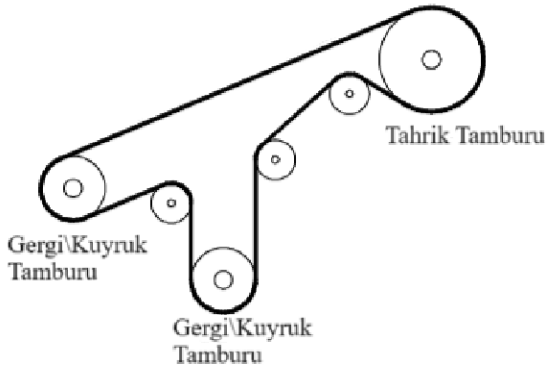
2.3.2.5.Ahşap Şase

En düşük maliyetli şase olup mukavemet ve çevre koşullarına karşı direnci en düşük şase hammaddesidir. Bu neden çok tercih edilmez.

2.4.Bantlı Eğik Konveyör Tamburları

Konveyör bant sistemlerinde motordan aldığı dönme hareketini bandın hareket etmesini sağlayan tambura tahrik tamburu: doğru bir güç iletiminin gerçekleşmesi için gerekli olan germe işlemini bantta zamanla oluşacak sehimin önüne geçmesini sağlayacak tambura germe tamburu denir.

Bantlı eğik konveyörün hareketinde temel olarak bu iki tambur kullanılır fakat bunların dışında yardımcı tamburlar da vardır. Tahrik tamburu, germe tamburu ve yardımcı tamburları inceleyelim.



Şekil 2.22. Şematik Tambur Görseli

2.4.1.Bantlı Eğik Konveyörde Tahrik Tamburu

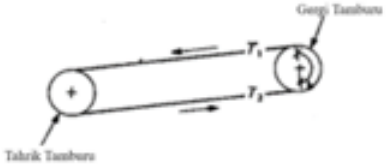
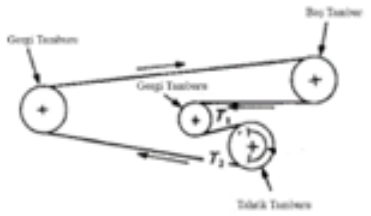
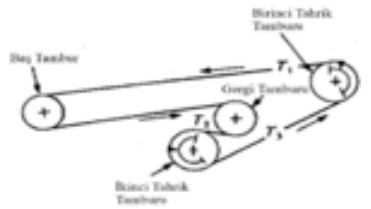
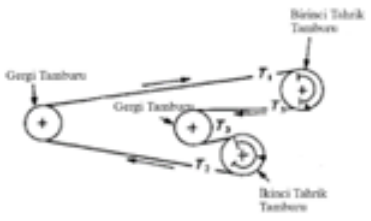
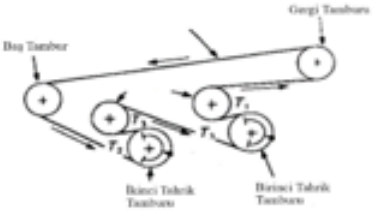
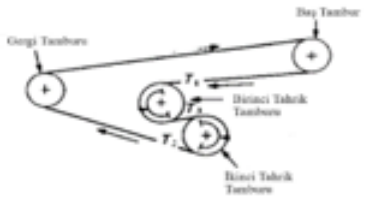
Bir motordan aldığı dönme hareketini sürtünme yoluyla banda uygulayarak bandın hareket etmesini dolayısıyla malzemenin iletilmesini sağlayan tambura "tahrik tamburu" adı verilir. Bir konveyördeki tahrik tamburu sayısı bir veya daha fazla olabilir. Tahrik tamburu ile yapılan geleneksel tahrik sistemi (motor + redüktör + kaplin + kayış-kasnak + mil yataklamaları + muhafaza) şeklindedir. Tahrik tamburlarında gövde ve mil kısımı bir bütün halinde hareket etmektedir.

Hareket tamburu ile bandın temas yüzeyinde ölçülen sarılma açısı ve sürtünme katsayısı konveyörün iletim özelliğini etkileyen en önemli faktördür. Sarım açısı en az 180 derece olabilir. Tahrik tamburunun yanında bir saptırma tamburu kullanarak sarım açısı 260 dereceye kadar arttırılabilir. Sarım açısını daha da çok arttırabilmek için iki tahrik tamburu kullanılır. Böylece sarım açısını 500 dereceye kadar arttırmak mümkün olur. Çelik tamburlarda bant ile tambur arasındaki sürtünme katsayısı 0.05 ila 0.45 arasındadır. Sürtünme katsayısını arttırmak sureti ile aynı gücü daha az çekme kuvveti ile nakledebilmek mümkündür. Tahrik

tamburlarında kullanılan kaplama çeşitleri ve kaplama kalınlıklarındaki değişiklikler ile sürtünme katsayısı 0.20 – 0.60 arasında değer alabilir.

Bir konveyör tahrik düzeninin seçimi ve tasarımı; performans gereksinimleri, tercih edilen fiziksel konum ve bileşenlerin ve kurulumun göreceli maliyetleri dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenir. CEMA üyesi şirketler bantlı eğik konveyör tasarımında tahrik kısmı için düzenleme örneklerine yer vermiştir.

Tablo 7. Bantlı eğik konveyör şematik gösterimi

	Tek Tahrikli Bantlı Eğik Konveyör Düzenlemesi
	Tek Tahrikli Bantlı Eğik Konveyör Düzenlemesi
	Çift Tahrikli Bantlı Eğik Konveyör Düzenlemesi
	Çift Tahrikli Bantlı Eğik Konveyör Düzenlemesi
	Çift Tahrikli Bantlı Eğik Konveyör Düzenlemesi
	Çift Tahrikli Bantlı Eğik Konveyör Düzenlemesi

2.4.2.Bantlı Eğik Konveyörde Gergi Tamburu

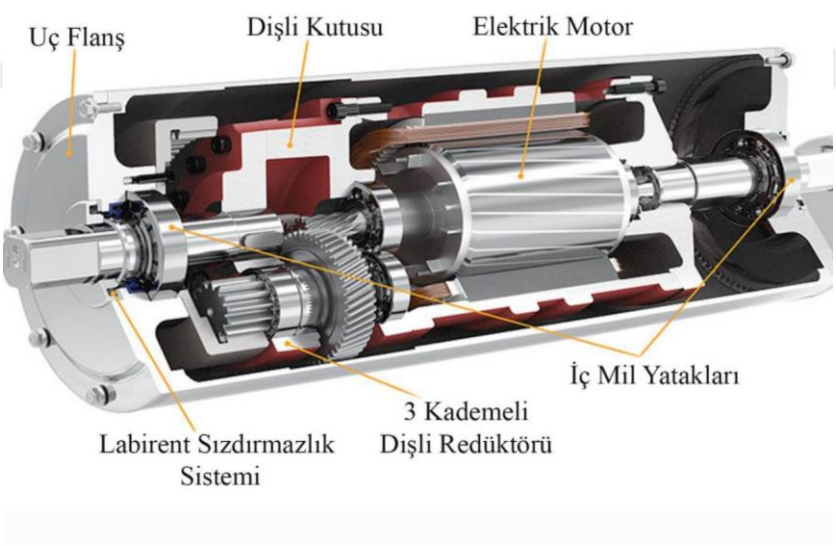
Gergi (kuyruk) tamburu ise doğru bir güç iletiminin gerçekleşmesi için gerekli olan germe işlemini ve dönüşü sağlamaktadır. Aynı zamanda bantta zamanla oluşacak sehimin önüne geçmesini sağlayacak ana bileşen görevi görmektedir.

Bandın gevşek veya aşırı gergin olması, düzgün çalışmasını ve malzeme taşıma kapasitesini olumsuz etkileyebilir. Konveyör bandındaki uzama miktarı zaman içerisinde değişiklik gösterir bu nedenle gergi tamburları hareket edebilen bir yapıya sahiptirler. Bu sayede, bant üzerindeki gerilim düzey zaman içerisinde kontrol edilebilir.

2.4.3.Bantlı Eğik Konveyörde Yardımcı Tamburlar

2.4.3.1. Motorlu Tambur

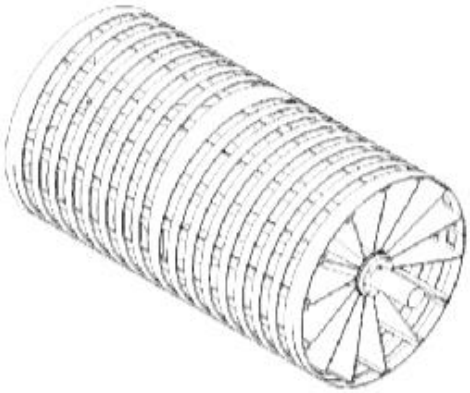
Banda tahrik veren kompakt yapıda hem bir motor hem de tamburdur. Genellikle yığın malzeme taşıma sistemlerinde kullanılır. Motorlu tamburların mili sabittir sadece gövde kısmı dönmektedir. Geleneksel tahrik sistemine göre ciddi enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 2.23. Motorlu Tambur

2.4.3.2.Çubuk Sıyırıcı Tambur

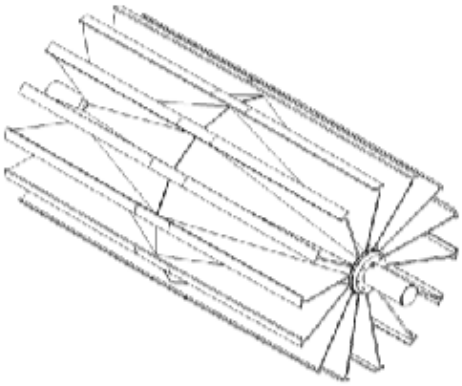
Yan flanşların üzerine yerleştirilmiş olan çubuklar sayesinde konveyör bandın yüzeyine yapışmış olan yabancı maddeleri temizlemede kullanılır. Çubuk sıyırıcılı tamburlar sökülebilir milli olup pens sistemi ile tambur flanşına bağlanır.



Şekil 2.24. Çubuk Sıyırıcı Tambur

2.4.3.3.Kanat Tipi Tambur

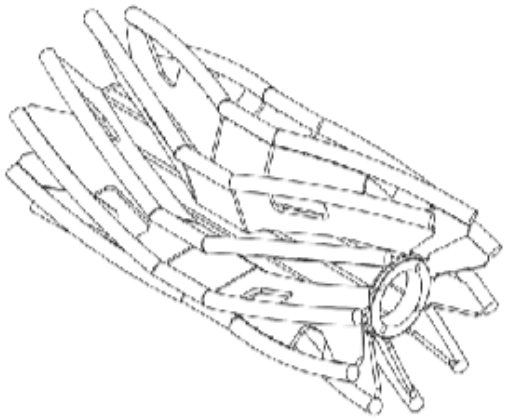
Bu yapı, gevşek malzemenin temas yüzeyinden düşmesine izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Kendi kendini temizleyen kasnaklar olarak da bilinen kanat kasnakları, esas olarak, gevşek malzemelerin kayışın alt tarafında bulunma eğiliminde olduğu ve bileşenlerden birine veya her ikisine de zarar verdiği yığın taşıma sistemlerinin kuyruk ucunda kullanılır. Sağlam kanat yapısı tipik olarak destek köşebentleri ve bazen de her ikisi de daha ağır yükler altında kanat elemanları için destek görevi gören dış destek halkaları içerir.



Şekil 2.25. Kanat Tipi Tambur

2.4.3.4.Açılı Kanat Tipi Tambur

Malzeme kaldırmayı artırırken konveyör bandı ile sürekli temas sağlamak için kasnağın kenarlarına doğru açılıdır. Açılı kanat tasarımları, öncelikle malzeme birikmesi, temizleme ve konveyör bandı ile sürekli temasın operasyonel kaygılar olduğu yığın taşıma sistemlerinde kullanılır. Malzeme kaldırmayı en üst düzeye çıkarmak için, bazı tasarımlarda bu etkiyi artırmak için temizleme portları bulunur [19].



Şekil 2.26. Açılı Kanat Tamburu

2.4.4.Bantlı Eğik Konveyör Tambur Yapısı

Konveyörün aşındırıcı ve kimyasal bir ortamda çalışması nedeniyle bantlı konveyörün tamburları çabuk aşınır. Aşınmayı azaltmak için kaplama gerekir. Uygun malzeme ve kaplama seçiminden sonra tambur aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

- Yüksek mukavemet ve sertlik

- Kimyasal direnç

- Uzun servis ömrü

- Tambur ile konveyör bandı arasındaki sürtünme katsayısının arttırılmak

- Korozyona ve aşınmaya karşı direnç

2.4.4.1.Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Malzeme Bilgisi

Tamburlar çeşitli malzemeler kullanılarak yapılabilir. Maliyet, çevresel koşullar, taşınan malzeme, kullanılan bant vb. etmenler dikkate alınarak tambur malzemesi seçilir. Tambur için çok sık kullanılan bazı malzeme türleri:

Yumuşak Çelik:

Tamburlar çok yaygın olarak yumuşak çelik malzemeler kullanılır. Zorlu ortamlarda korozyona karşı düşük direnç nedeniyle, yüzeylerin korozyonunun sorun olmadığı ortamlar için yumuşak çelik seçilmelidir.

Paslanmaz Çelik:

Paslanmaz çelik malzemelerden yapılan kasnaklar, korozyona duyarlı ortamlarda veya kasnak temizliği veya sanitasyonunun önemli olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılır. Bir ortam temizlik veya sanitasyon kolaylığı gerektiriyorsa, yükseltilmiş bir yüzey kalitesi istenebilir.

Alüminyum:

Tambur üretimi için yumuşak çelik ve paslanmaz çelik olmakla birlikte, alüminyum gibi diğer malzemeler de kullanılmaktadır. Alüminyum, hafif ve korozyona dayanıklı olmasına rağmen düşük mukavemete sahip olması nedeniyle çoğu bantlı konveyör uygulamasında daha az arzu edilen bir malzeme seçimi haline getirir.

Plastik/Metalik Olmayan:

Bu malzemeler tipik olarak yalnızca uygulama gereksinimlerinin tambur yapımında metal kullanımına izin vermediği, belki de elektriksel veya termal iletkenliğin önemli olduğu sistemlerde kullanılır.

2.4.4.2.Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Kaplama Bilgisi

Tahrik tamburunun çekiş özellikleri, kayışın gerginliğinin veya tahrik tamburunu saran kayışın açısının arttırılması ve uzunlamasına veya kendi kendini temizlemeyi destekleyen yüksek sürtünmeli astarların kullanılmasıyla arttırılır [20].

Tambur kaplaması, konveyör tamburu ile konveyör bandı arasındaki sürtünme katsayısını arttırır, bandın aşınmasını azaltır ve korozyona ve aşınmaya karşı koruma sağlar. Kaplamalar, konveyör tamburlarına yüksek tutucu özelliğine sahip özel yapıştırıcılar kullanılarak monte edilir; tambur kaplaması sayesinde, bandın raydan çıkması ya da kayması önemli ölçüde azaltır, bu da konveyörlerin çalışmasını önemli ölçüde iyileştirir.

Tahrik tamburunun oluklu yüzeyi, kayışın tambura yapışma katsayısının ve tahrikin çekiş faktörünün artmasını sağlarken, kayışın gerekli gerginliğini azaltır, kayışın servis ömrünü ve ömrünü uzatır [21].

Tahrik tamburunun kaplaması için kullanılan ana malzeme kauçuktur. Kauçuk; yüksek elastikiyete sahiptir, çekme ve sıkışma altında küçük modül değerlerine sahiptir, yırtılmaya ve aşınmaya karşı direnci yüksektir, kimyasal direnci yüksektir, elektriksel yalıtım özelliğine sahiptir, düşük ısı iletkenliğine sahiptir.

Tahrik tamburunun kaplaması için kullanılan Poliüretanlar pratik kullanıma yönelik en çok yönlü malzemelerdir. Poliüretanlardan yapılan ürünler kauçuklardan, plastiklerden ve bazı uygulamalarda demir dışı ve demirli metallerden 50 kata kadar daha dayanıklıdır. Poliüretan en sert (30-95 birim aralığında Shore sertliği), aşınmaya en dayanıklı elastomerlerden biridir ve yükler altında kırılmaya maruz kalmaz [22]. Çekme mukavemeti yüksek olup kesiklerin yayılmasına, doğrama darbelerine karşı dayanıklıdır. Poliüretanlardan üretilen ürünler, kırılmadan tekrarlanan bükülmelere karşı dayanıklıdır. Poliüretanlar çok düşük sıcaklıklarda esnek kalır ve iyi bir termal şok direncine sahiptir. Poliüretan izin verilen yüksek kesme yüküne, çoğu malzemeye iyi yapışmaya, yağlara, petrole ve organik çözücülere karşı iyi kimyasal dirence sahiptir.

2.4.4.3.Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Temas Yüzey Yapısı

Kaplama yüzeyinde oluşturulan desen bant ile tambur arasında sürtünme katsayısını arttırıp bandın çekişi arttırmaktır. Tambur-bant arası gelişmiş sürtünme, daha düşük kayış gerginliklerine izin vererek ve tambur ile bant arasındaki aşındırıcı koşulları azaltarak kayış ömrünü uzatabilir.

2.4.4.3.1.Yivli Yüzey

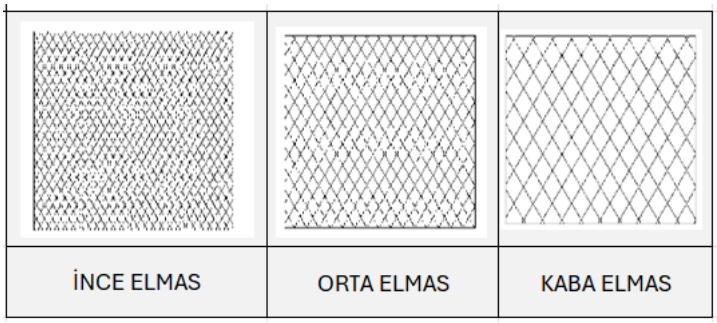
Tambur temas yüzeyi, pürüzlü bir zemin kaplamasından çeşitli oluk desenleri içerebilir. Bu oluk desenleri, tamburun su ve kalıntıları tamburun merkezinden uzağa dağıtmasına veya ortadan kaldırmasına yardımcı olarak daha fazla çekiş ve gelişmiş kayış takibi sağlar.



Şekil 2.27. Yivli Yüzey Görünümleri

2.4.4.3.2 Tırtıl Yüzey

Tırtıl, metal yüzeyine bir desen oluşturularak çeliğin yüzeyinin değiştirildiği bir üretim sürecidir. Bu desen, konveyör tambur yüzeyinde mükemmel çekiş kabiliyetleri veren, elmas şeklinde kaba bir desendir. Bununla birlikte, tırtıllı tamburlar bandın aşınması da çok fazladır.

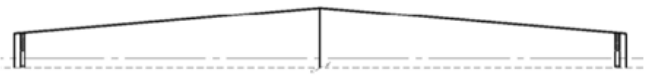


Şekil 2.28. Tırtıl Yüzey Görünümü

2.4.4.4. Bantlı Eğik Konveyör Tamburların Yüzey Profil Yapısı

Tamburun profil yapısı, konveyör bandını etkin bir şekilde izleme yeteneğini etkileyecektir. En yaygın tambur profiller aşağıda detaylandırılmıştır.

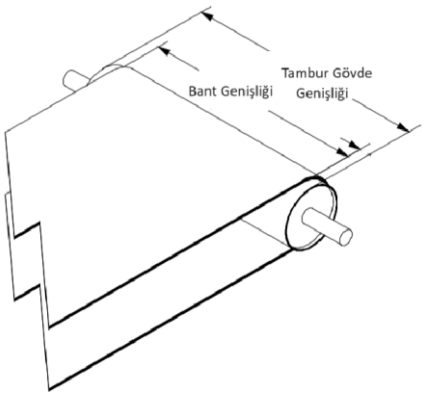
Tablo 8. Tambur şekilleri ve özellikleri

YÜZEYLERİNE GÖRE TAMBURLAR	TAMBUR ŞEKİLLERİ	YÜZEYLERİNE GÖRE TAMBUR ÖZELLİKLERİ
DÜZ TAMBUR		Tamburun yüzeyi düzdür bu nedenle bandın takibi iyi değildir fakat bandın ömrü uzundur
TEK TEPE TAMBUR		Tamburun yüzeyi merkezde bulunan yüksek nokta ile sivrilir.Bu nokta bant izleme yeteneği sağlar fakat tamburda ki sivri nokta bandı aşındırır bu nedenle bu tip tamburların ömrü kısadır
TRAPEZ TEPE TAMBUR		Tamburun yüzeyi merkeze doğru düzdür ve uçlara doğru incelerek yamuk şeklini oluşturur.Tek bir noktadan sivrilmesine kıyasla BANT izleme yeteneği daha iyi olup aşınma yüzeyini eşitleyecek orta düzlük sebebiyle bandın ömrü daha uzun olur.
RADYAL TEPE TAMBUR		Tamburun yüzeyi tüm kasnak boyunca sürekli radiuslüdür.Bant takibi yüksektirEşit aşınma yüzeyi sebebiyle daha uzun ömre sahiptir.
PARABOLİK/HİPERBOLİK TEPE TAMBUR		Tamburun yüzeyi boyunca parabolik ya da hiperbolik bir şekile sahiptir.Radyal tambura kıyaslakayış takibi yüksektir, daha uzun ömre sahiptir.

2.4.5.Eğik Bantlı Konveyörde Doğru Tambur Seçimi

2.4.5.1.Konveyöre Uygun Tambur Boyu Belirleme:

Bir konveyörün tambur gövdesinin uzunluğu, konveyör bant genişliğine göre karar verilir. Tambur gövde boyu, konveyör bandının toplam genişliğinden toplam olarak 2" veya 3" daha büyük veya her iki uçta 1" ila 1.5" daha büyük olan bir uzunlukta olur.



Şekil 2.29. TamburGövde-Bant Genişliği

2.4.5.2.Konveyörde Uygun Tamburun Beklenen Kayış Gerginliğinin Belirlenmesi:

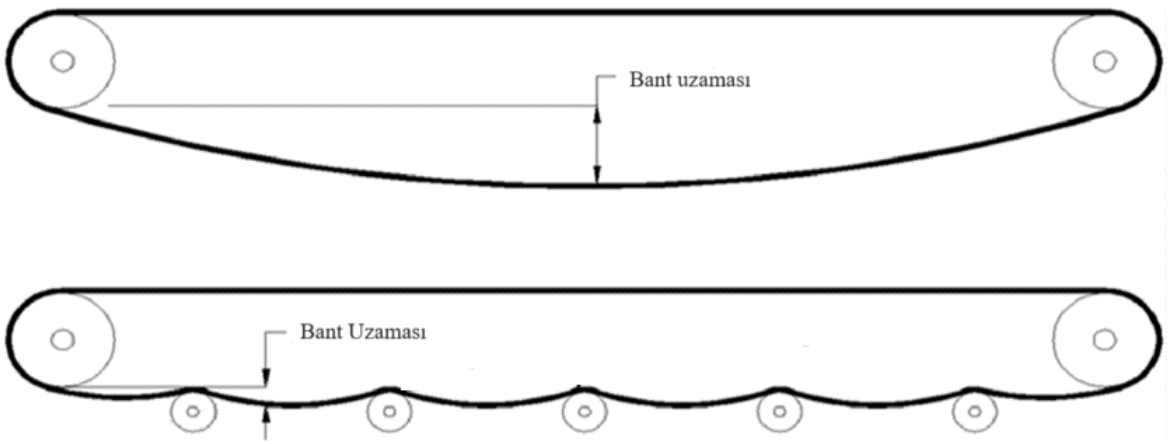
Bant gerginliği, konveyör bandının gerilme veya gergin tutulma derecesini ölçer konveyör sistemine bant gerginliği belirleyen iki temel unsur:

Taşınan Yük:

Taşınan ürünün ağırlığı, konveyör bandının ileri hareketine karşı savaşacak bir direnç kuvveti üretir, bu nedenle konveyör sistemine ek bant gerginliği sağlar.

Bant Yükü:

Bandın sahip olduğu ağırlık ve zamanla uzaması gerilim miktarını etkileyecektir. Konveyör bandı dönüş tarafında yetersiz destekleniyorsa o bölümdeki bandın ağırlığı ve zamanla meydana gelen uzama avareler tarafından desteklenir ve aşırı sarkmayı önlemek için daha fazla bant gerginliğine ihtiyaç duyulur. Avareler, bandın her bir makara arasında aşırı sarkmaması için aralıklı yerleştirilir.



Şekil 2.30. Bantta Uzama

2.4.5.3. Konveyöre Uygun Tamburun Dış Çapının Belirlenmesi:

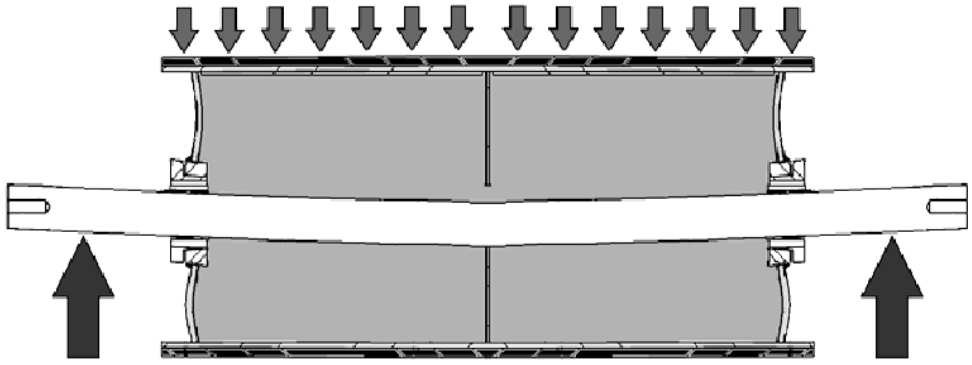
Bir kasnağın hem dış çapını uygun şekilde boyutlandırmak hem de uygun bir şaft çapı seçmek için birçok faktör vardır. Bunlar; rulman merkezleri ve poyra merkezleridir. Her bir rulman desteğinin merkezi ile her bir göbek bağlantısının merkezi arasındaki mesafe, şaftın sapma derecesini etkileyecektir ve bir şaft çapı seçerken dikkate alınmalıdır.

Tambur Ağırlığı: Mil tarafından desteklenecek tambur tertibatının toplam ağırlığı, tambur çapını etkileyecektir.

Kama yuvaları: Şaftın dış çapına işlenen herhangi bir yuva veya oluk, şaft üzerinde gerilim noktaları oluşturacaktır. Bu gerilme daha büyük çaplı bir şaft seçilmesinin dikkate alınmasını gerektirir.

Tambur Konumu: Konveyördeki bir kasnağın amacı ve konumu (tahrik, kuyruk vb.), her bir tamburun çalışırken ne kadar yük yaşayacağını etkiler. Tambura ekti eden yük de dış çapını etkilemektedir.

Şaft Sapması: Konveyör kasnaklarının erken arızalanmasına sebep olan en büyük etken, aşırı şaft sapmasının neden olduğu uç disk yorgunluğudur. Şaft sehimi, tambur üzerindeki yüklerin toplamından kaynaklanan bir şaftın bükülmesi veya esnemesidir. Aşırı şaft sapması, küçük boyutlu bir şaftın bir sonucu olarak meydana gelir.



Şekil 2.31. Şaft Sapması

2.4.5.4.Konveyöre Uygun Tambur Göbeğinin Bağlantı Şeklini Belirleme:

Göbek, konveyör kasnağının mile tutturulduğu mekanizmadır. Çalışma koşulları, tambur konumu, maliyet vb. sebeplerle avantajlar ve dezavantajlar sunan birçok göbek bağlantısı türü vardır. Bir konveyör kasnağı için bir göbek bağlantı tipi seçerken tüm koşullar dikkate alınmalıdır.

2.4.5.5.Konveyöre Uygun Tambur Konfigürasyonu Belirleme:

Kasnak konfigürasyonu uygulama yükü gereksinimlerine, çevresel koşullara, konveyör sistemindeki kasnak konumuna (kafa/tahrik, kuyruk, dirsek vb.) ve taşınan malzemenin türüne, miktarına ve özelliklerine göre seçilmelidir.

2.4.5.6. Konveyöre Uygun Tambur Yüzünün Profilini Belirleme:

Tamburun profili, kayış izleme ihtiyacının yanı sıra kayışın istenen ömrü ve performansına göre seçilmelidir.

2.4.5.7. Konveyöre Uygun Tambur Malzemesini Belirleme:

Konveyör tamburları çeşitli malzemeler kullanılarak yapılabilir. Tambur malzemesinin seçimi, tambur yapısının belirlenmesinde önemli bir rol oynar ve operasyondaki tambur performansını önemli ölçüde etkiler.

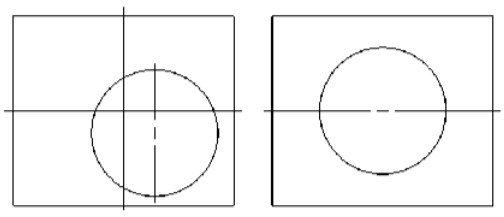
2.4.5.8. Konveyöre Uygun Tambur Yüzey Türünü Belirleme:

Tambur yüzeyi için seçilen temas yüzeyi tipi, konveyör sistemi içindeki bir dizi uygulama değişkenini etkileyecektir. Alternatif bir yüzey istenmedikçe kasnaklar, standart bir boru veya borununkiyle karşılaştırılabilir düz çelik veya değirmen tipi bir kaplama ile döşenecektir. En yaygın temas yüzeyi modifikasyonları, tahrik kasnağı ile konveyör bandının alt tarafı arasındaki çekişi veya kavramayı artırmak için tasarlanacaktır ve aynı zamanda tamburun aşınma direncini, temizleme kolaylığını ve estetiğini etkilemek için alternatif bir temas yüzeyi oluşturacaktır.

2.4.5.9. Konveyöre Uygun Tambur için Performans Artırıcı Gereksinler:

Eş merkezlilik:

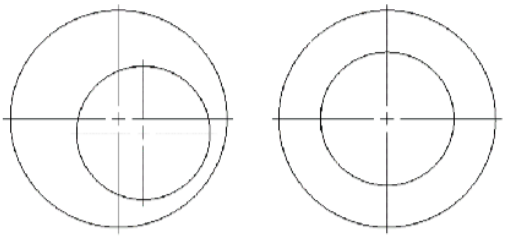
Eş merkezlilik, birbiriyle ilişkili iki nesnenin ortak bir merkez noktasını ne kadar yakından paylaştığını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Cisimlerin dış yüzey geometrisinin, birbirlerine eş merkezlilikleri üzerinde hiçbir etkisi yoktur.



Şekil 2.32. Sembolik Eş Merkezlilik

Dairesel Salgı:

Dairesel salgı veya salgı, sıklıkla atıfta bulunulduğu gibi, yuvarlak bir nesnenin bir konumunda bulunan dairesel düzensizlik derecesini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Salgı, nesne dönerken bir kadran göstergesi ile yuvarlak nesnenin dış çapı üzerinde ölçülür. Bir konveyör kasnağında ölçülen salgı miktarı, etkin kayış gerginliği miktarı ve karşılık gelen kayış gerginliği gibi konveyör sisteminin uygulama değişkenlerini etkileyecektir.



Şekil 2.33. Sembolik Dairesel Salgı

Eşmerkezlilik ve Dairesel Salgı:

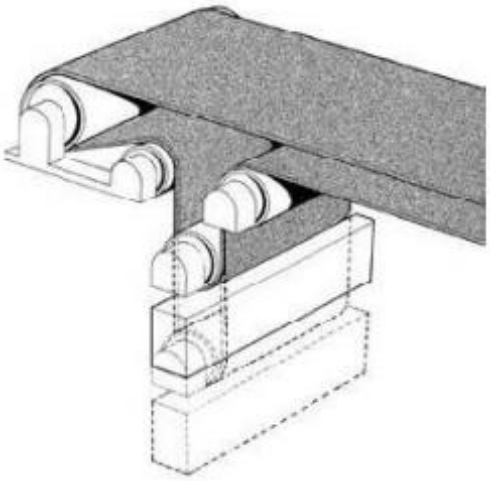
Salgı ve eş merkezlilik ayrı ölçümlerdir. Bir konveyör tamburunda ki tatmin edici bir salgı ölçümünün aynı zamanda eş merkezliliğinin bir derecesini de tanımlarken eş merkezlilik ölçümü istenen dairesel salgıyı tanımlamaz. Yuvarlaklık performansı etkileyebileceğinden, konveyör kasnağı ürünleri için performans gereksinimlerini belirlerken istenen eş merkezliliğin aksine montaj için istenen salgıyı belirtmek gerekir.

Bu tamburun en büyük çapı ile en küçük çapı arasındaki fark tambur eninin % 0.5 'i kadardır. Tambur genişliği, bant genişliğinden 100-200 mm daha fazla olmalıdır. Tambur çapını belirleyen temel olgu ise, tamburu geçerken bantta meydana gelen gerilmelerdir. Bu esnada bandın üst tabakaları çekme gerilmesi altında çalışırken alt tabakaları basınç gerilmesi altında çalışır. Dolayısıyla; bant malzemesinin basınç ve çekme dayanımı ve bandın kalınlığı tambur çapı üzerinde etkili olan faktörlerdir.

2.5.Gergi Mekanizması

Eğik bantlı konveyörlerde gergi mekanizmasının temel görevi güç aktarımının başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için bandın gergin tutulmasıdır. Gergin tutma işleminde bantta meydana gelen uzama ve kısalmaları karşılamalıdır. Ayrıca iki rulo arasındaki bandın sehiminin fazla olması taşınan malzemenin hareketlenmesine ya da taşınan malzemenin dökülmesine sebep olabilir. Sehimi kontrol altında tutmak da gergi mekanizmasının görevidir. Aynı zamanda yükleme bölgesinde bant oluklaşmasının bozulmaması ve bandın makaralar arasında

gerekenden fazla sarkmaması için olan asgari bant kuvvetini temin etmek de gergi mekanizmasının görevidir. Gergi mekanizması çeşitlerini inceleyelim.



Şekil 2.34. Sembolik Gergi Mekanizması

2.5.1.Vidalı veya Özel Gergi Mekanizması

Vidalı Gergi mekanizması küçük kapasiteli ve kısa mesafeli iletimlerde tercih edilmektedir. Vidanın uyguladığı gerdirme kuvveti sonucu meydana gelen bant uzaması vida adımlarındaki doğrusal ötelemeye eşittir. Basit konstrüksiyon nedeni ile gergi istasyonları kuyruk tamburuna yerleştirilirler.

Gerdirilen bant çalışmaya başladığında, ortaya çıkan çekme kuvveti bandın bir miktar daha uzamasına neden olur. Bu ikincil uzamayı alacak başka bir mekanizma olmadığı için bant gevşer yani gerilme kuvveti azalır. Banttaki gevşeme, başka bir ifade ile gerilme kuvvetindeki düşme en büyük değerine ulaşır ki bu dönem, tambur sürtünmesine en fazla ihtiyaç duyulan bir dönemdir. Bu olumsuzluk gerdirme sisteminin doğasında mevcuttur ve giderilmesi mümkün değildir. Gerdirme işini tecrübeli kişiler yapmalıdır. Bilmeyerek bandı aşırı gerdirmekten korumak için germe mekanizmasına bir dinamometreden yararlanılmalıdır [23].



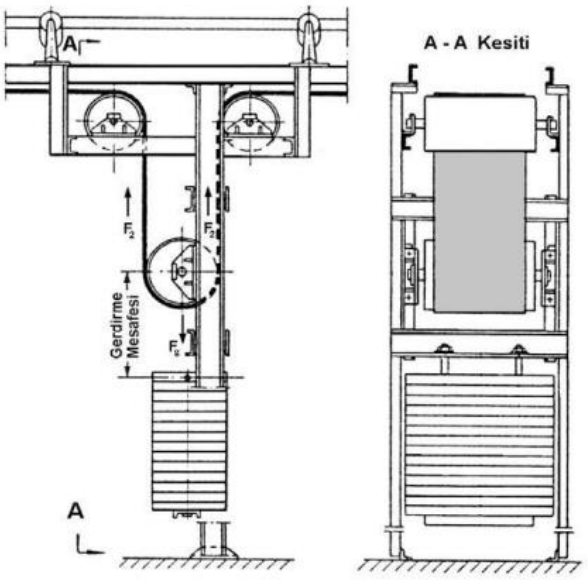
Şekil 2.35. Vidalı Gergi Mekanizması

2.5.2.Ağırlıklı Gergi Mekanizması

Gergi arabaları veya gergi kızakları yardımı ile kendi kendine hareket ederek gerekli gergiyi yaratan sistemler; ağırlıklı gergi tertibatları, yüksek kapasitelerdeki ileticilerde tercih edilmektedir. Ağırlığa bağlanan palanga sistemleri ile büyük gergi mesafelerinde sorunsuzca kullanılabilmektedirler. Uzama değişiklikleri altında çalışan bir sistemde emniyetli bir kuvvet naklini garanti edebilen en basit sistem ise kendi kendine ayarlanan ve özel tahrik olmaksızın, sabit bir ön gergi ortaya koyan, ağırlık yüklenmesidir. Gergi tertibatı tahrik tamburu arkasına yerleştirilir [23].

2.5.2.1. Bandın Alt Koluna Ağırlıkla Gerdirme

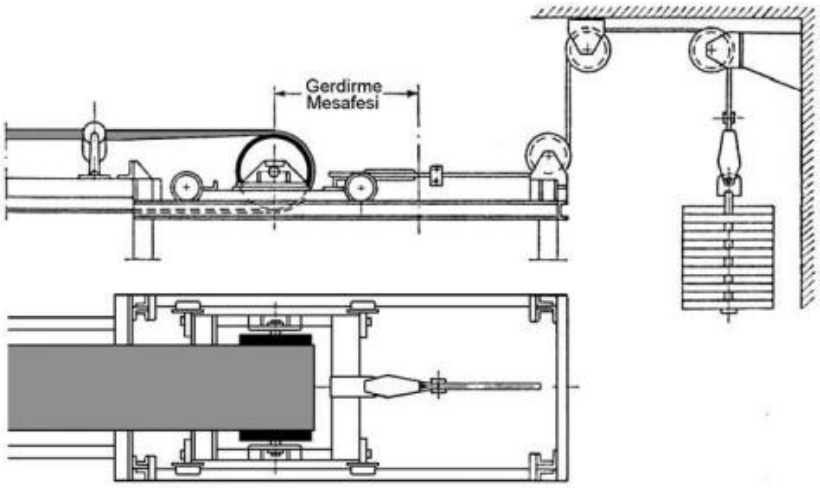
Bant alt koluna ağırlık, konveyör boyunca müsait olan her noktada asılabilir fakat genellikle uygun yer tahrik tamburunun hemen çıkışına ağırlık asmaktır. Bant alt koluna ağırlık asıldığında banttaki ön gerilme kuvveti daima sabit kalır. Bu yöntemle gerdirilen bantlar daha uzun ömürlü olurlar.



Şekil 2.36. Bandın Alt Koluna Ağırlıklı Gergi Mekanizması

2.5.2.2. Tambura Ağırlık Asarak Gerdirme

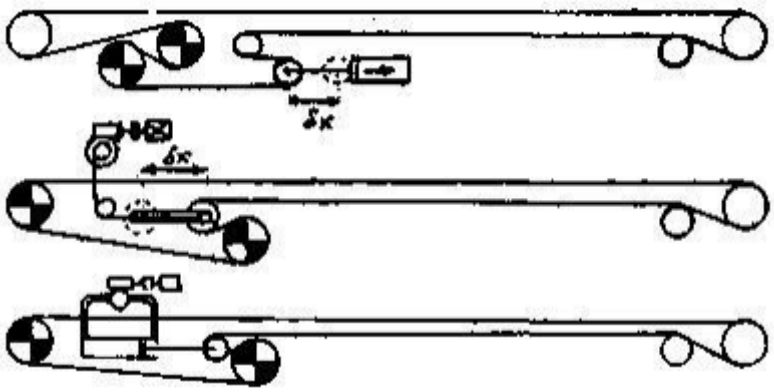
Bu yöntemde ağırlık ya tahrik tamburuna veya kuyruk tamburuna direk asılır. Tahrik tamburuna asmak daha yaygın bir yöntemdir. Tambura ağırlık asılarak gerdirme yöntemi yeraltı madenciliğinde yaygın kullanılan yöntemdir.



Şekil 2.37. Tambura Ağırlıklı Gergi Mekanizması

2.5.3.Elektrikli, Hidrolik veya Pnömatik Gergi Mekanizması

Otomatik olarak ayarlanan bu tip gergi sistemleri; gergi palangaları yardımı ile çeşitli işletme konumlarına uymaya izin veren ve bandın korunmasına hizmet etmektedir [25].



Şekil 2.38: Elektrikli,Hidrolik, Pnömatik Gergi Mekanizmaları

,

YÖNTEM

2.Ayrık Elemanlar Yöntemi (Discrete Element Method (DEM))

DEM, parçacık sistemindeki birim taneleri simüle edebilen sayısal bir yöntemdir. Birim parçacığın çevresi ile etkileşimini Newton'un hareket yasalarını kullanarak simüle eden bir uygulamadır. DEM, küçük zaman adımlarında parçacıkların konumunu belirler ve bir temas modeline dayanarak, temas eden parçacıklar arasındaki kuvvetleri hesaplar. Hesaplanan bu kuvvetleri kullanarak, her bir parçacığın ivmesini güncellemek mümkündür; bu daha sonra parçacığın hızını ve yer değiştirmesini belirlemek için kullanılır. DEM'deki ilk basamak, parçacıklar arası teması korurken parçacıkların üst üste gelebileceği sistemin geometrisini oluşturmaktır. DEM'in temel prensibi iki farklı fiziksel yasaya dayanmaktadır:

-Newton'un ikinci yasası

-Temas noktalarındaki kuvvet-yer değiştirme yasası.

DEM bu temel fiziksel yasaları kullanarak tekrarlanan hesaplamaları gerçekleştirir. İlk olarak parçacıkların temas kuvvetleri, kuvvet-yer değiştirme kanunu kullanılarak yer değiştirmelerinden hesaplanır. Parçacığa etki eden hem temas kuvvetleri hem de gövde kuvvetleri göz önüne alındığında, her bir parçacığa etki eden toplam normal ve kesme kuvvetleri her zaman adımında ayrı ayrı belirlenir. Temas kuvvetlerinin hesaplanmasının ardından Newton'un ikinci hareket yasası her bir parçacığa uygulanır. Birbirini takip eden iki zaman adımı arasında, tüm parçacıkların ivmeleri, parçacık kütlelerine ve etkiyen kuvvetlere dayalı olarak hesaplanır. Parçacıklar - yeni hızlar ve yer değiştirmeler, her zaman adımında ivmenin çift entegrasyonuyla belirlenir [27].

Parçacık i için hareket denklemi şu şekilde verilir:

$$m_i\left(\frac{d^2x_i}{dt^2}\right) = f_i + m_i g \ (2.1)$$

burada mi parçacığın kütlesidir, t zamandır, xi konumudur, g yerçekimine bağlı ivmedir ve fi, şu şekilde tanımlandığı gibi parçacık temasları nedeniyle parçacığa etki eden kuvvettir:

$$f_i = \sum f_i^c \ (2.2)$$

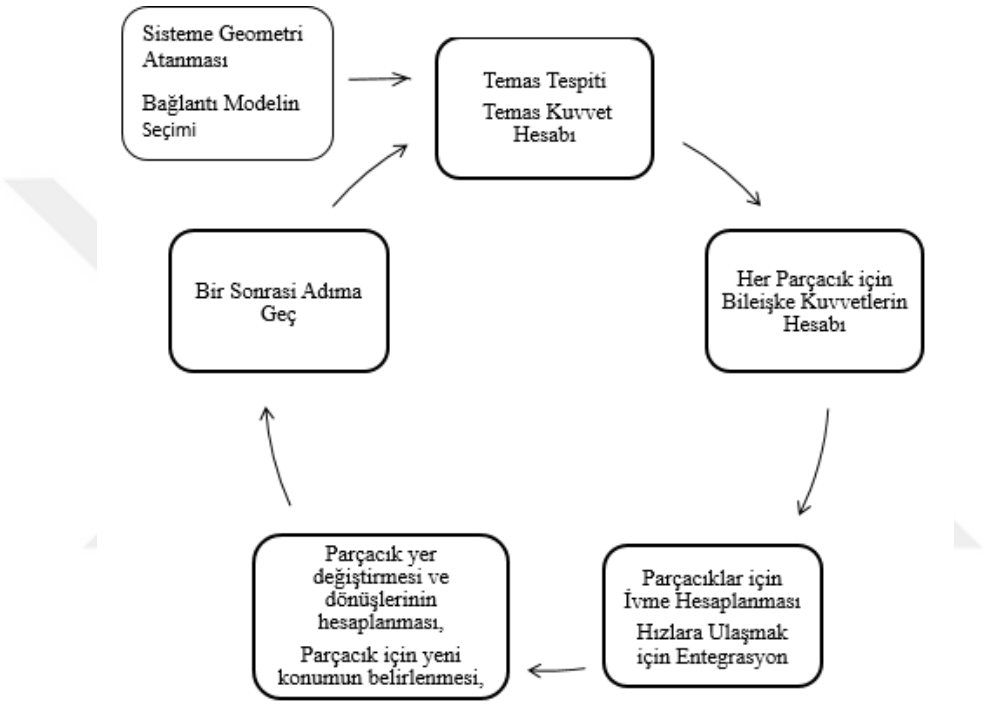
Parçacık i için dönme hareketi denklemi kullanılarak hesaplanır.

$$I_i\left(\frac{d\omega_i}{dt}\right) = T_i (2.3)$$

burada Ii, i parçacığı için eylemsizlik momentidir, ωi onun açısal hızıdır ve Ti, Denklem (2.4) ile tanımlanan etki eden toplam torktur; burada li, Denklem (2.4) ve Denklem ile tanımlanan i parçacığının dal vektörüdür. (2.5) aşağıdaki gibi temsil edilir:

$$T_i = \sum l_i^c * f_i^c (2.4)$$

$$I_i = r_i - r \ (2.5)$$



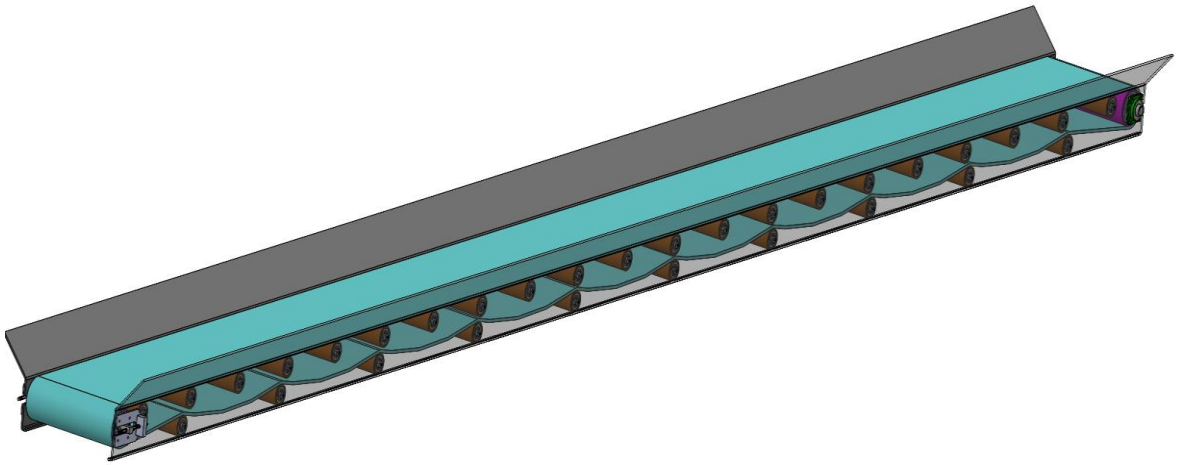
Şekil 3.1. DEM simülasyonlarının hesaplama döngüsü [26]

DEM'de parçacıklar çevredeki temas eden parçacıklardan kuvvet aktarımına maruz kalırken gerçekte parçacıklar daha uzakta bulunan parçacıkların bozucu yayılımından etkilenebilir. DEM 'deki zaman adımı, Rayleigh dalga hızının yüzdesine (bir Rayleigh dalgasının belirli bir yarıçapa ve malzeme özelliklerine sahip bir küreyi geçmesi için geçen süre) dayalı olarak hesaplanır. Bu zaman sınırlaması, enerjinin bir parçacığa yakın komşusunun ötesinden yayılamamasını sağlar. Rayleigh kullanılarak hesaplanır.

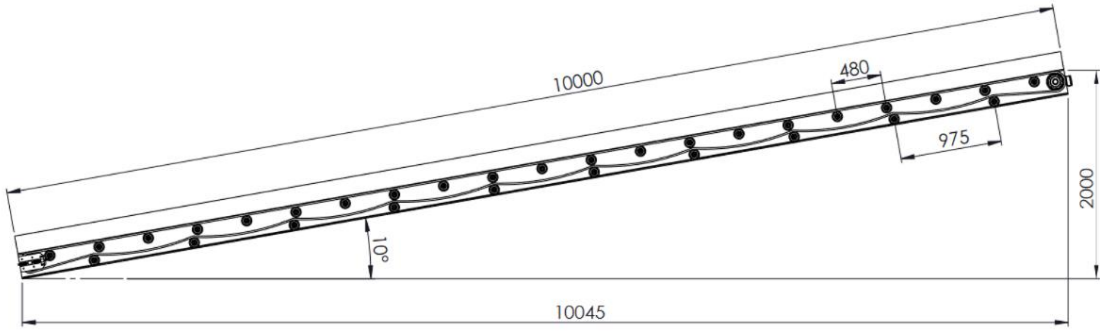
$$T_R = \frac{\pi d_P \sqrt{\rho_{\frac{P}{G_P}}}}{0.3262V_P + 1.7532} (2.6)$$

burada dp, ρp, Gp ve νp sırasıyla parçacığın çapı, yoğunluğu, kayma modülü ve Poisson oranıdır.

3.Bantlı Eğik Konveyör Tasarımı



Şekil 3.2. Tasarımı Oluşturulan Bantlı Eğik Konveyör



Şekil 3.3. Tasarımı Oluşturulan Bantlı Eğik Konveyör Detay Resmi

Konveyör Genel Tasarım Özellikleri

Konveyörün y ekseninde yüksekliği:2000mm

Konveyörün x eksenindeki uzunluğu:10045mm

Konveyör uzunluğu:10000mm

Konveyör Açısı:10

Konveyör bant genişliği:600mm

Kullanılan Motor:

Kullanılan Redüktör:

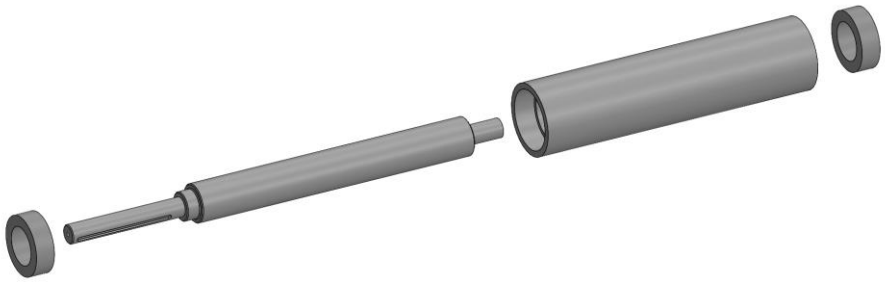
Üst avare mesafesi:480mm

Alt avare mesafesi:975mm

3.1.Tahrik Tambur Tasarımı



Şekil 3.4. Tahrik Tamburu



Şekil 3.5. Patlatılmış Tahrik Tamburu

Tahrik Tambur Adet:1

Tahrik Tambur Mil Ölçüleri: Ø80mm x 958mm

Tahrik Tambur Mil Malzemesi: Ck45

Tahrik Tambur Boru Ölçüleri: Ø150 x 20mm x 600mm

Tahrik Tambur Boru Malzemesi: Karbon Alaşımlı Çelik

Tahrik Tambur Kaplama Kalınlığı:10mm

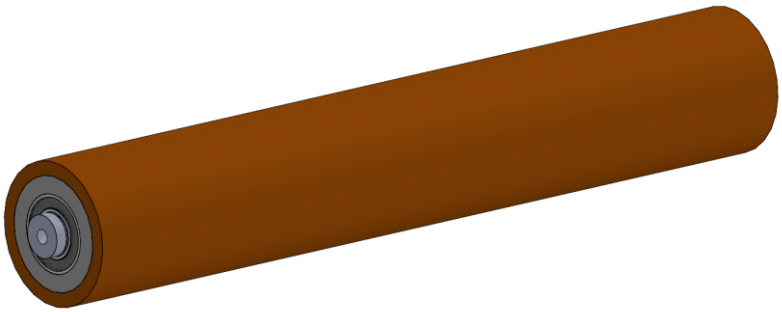
Tahrik Tambur Kaplama Türü: Kauçuk Kaplama

Tahrik Tambur İmalatı:

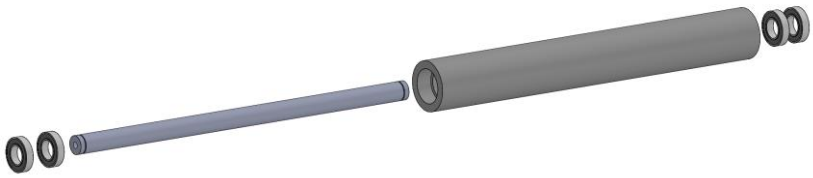
Tambur borusu içerisine geçen tambur miline uygun bir flanş yapı kullanılır ve gaz altı ile kaynak işlemi gerçekleştirilir. Kaynak işleminden sonra kama kanalı ve gerekli tornalama işlemleri yapılır ve sadece mil kısmı için kaplama işlemine geçilir. Kaplama olarak Alkali Çinko Nikel Kaplama kullanılır. Alkali Çinko Nikel Kaplama yüksek sıcaklıkta çalışan parçalar için mükemmel yapışma ve yüksek korozyon direnci sağlar. Özellikle kırmızı pasa

karşı en yüksek korozyon korumasını sağlar. Tambur imalatının son aşaması olarak kauçuk kaplaması yapılır.

3.2.Avare/Makara Tasarımı



Şekil 3.6. Avare/Makara



Şekil 3.7. Patlatılmış Avare/Makara

Makara Adet: 31

Makara Mil Ölçüleri: Ø30mm x 620mm

Makara Mil Malzemesi: Ck45

Makara Boru Ölçüleri: Ø80x 15mm x 600mm

Makara Boru Malzemesi: Paslanmaz-AISI304

Makara İmalatı: Makarayı şaseye sabitlemek iki uç tarafına M12 diş açıldıktan sonra uygun segman kanalı açılacaktır. Makara borusu içerisine bir tarafa 2 adet gelecek şekilde 4 adet 6006 rulman yerleştirmek için uygun tornalama işlemi yapılacaktır.

Konveyörde üst bant taşıyıcı makaralar ile alt taşıyıcı makaralara için tek tip tasarım oluşturuldu. Makara çapı 100 mm olup boyu şasesin iç genişliği kadar, yani 600 mm'dir. Üst bantta taşıyıcı makara aralığı 480 mm olmak üzere 21 makara, alt bantta dönüş makara aralığı 975 mm olmak üzere 10 makara bulunmaktadır. Alt taşıyıcı makaralar yığın malzeme yüküne doğrudan maruz kalmadığı için makara sayısını daha az tutabiliriz.

3.3.Gerdirme Tamburu

Gerdirme Tambur Adet:1

Gerdirme Tamburu Mil Ölçüleri: Ø170mm x 730mm

Gerdirme Tamburu Mil Malzemesi: Ck45

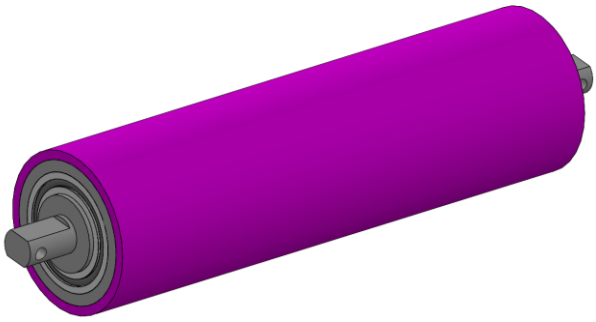
Gerdirme Tamburu Boru Ölçüleri: Ø150 x 20mm x 600mm

Gerdirme Tamburu Boru Malzemesi: Karbon Alaşımlı Çelik

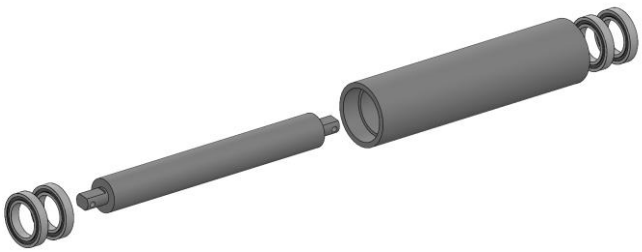
Gerdirme Tamburu Kaplama Kalınlığı:10mm

Gerdirme Tamburu Kaplama Türü: Kauçuk Kaplama

Konveyör de gerdirme işlemi için tahrik tambur kısmı sabit kalır, gerdirme için kullanılacak tambur gövdesi tahrik tamburun gövdesinin ölçüleri ile aynı olup fakat flanş kaynak işlemi yerine 6016 rulman için gerekli tornalama işlemleri yapılır. Germe tambur milinin iki ucuna tornada segman kanalları açılır daha sonra frezede anahtar ağzı ve iki ucuna da M14 diş açılır. Son aşama olarak Gerdirme Tamburu Borusu ve mili ayrı ayrı kaplama işlemi uygulanır. Kaplama olarak Alkali Çinko Nikel Kaplama kullanılır. İmalat aşamalarını tamamlayan boru ve mil; rulman ve segman kullanılarak montaj işlemi gerçekleşir. Milde germe işlemi için germe lamasına karşılık gelecek şekilde delikler açılacak.



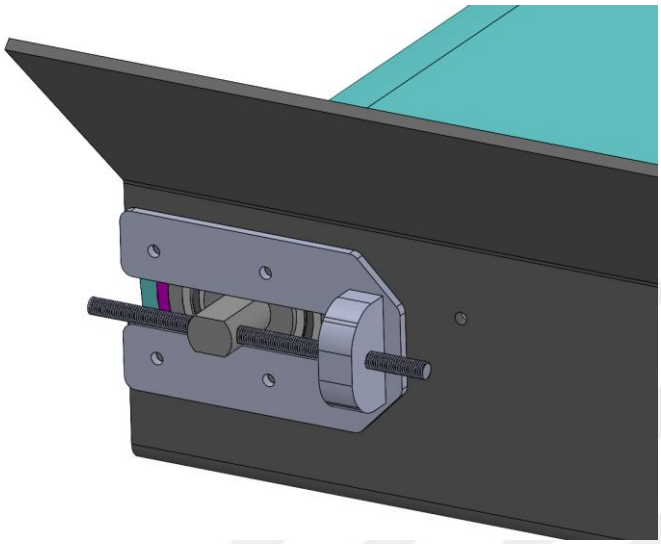
Şekil 3.8. Gerdirme Tamburu



Şekil 3.9. Patlatılmış Gerdirme Tamburu

3.4.Gerdirme Düzeneği Tasarımı

Gerdirme düzeneği iki adet lama bir adet saplama ve karşılıklı sıkılan somonlar ile gerçekleşir. Bandın gerilmesi, konveyörün ucundaki vidayı çevirerek gerçekleştirilir. Böylelikle rulman kısmı konveyörün sonuna doğru itilir ve kayışa gerginlik kazandırılmış olur. Bu işlem iki makara içinde aynı oranda yapılmalıdır.



Şekil 3.10. Yan Saç/Şase

3.5.Yan Saç/Şase Tasarımı



Şekil 3.11. Yan Saç Görünümü

Konveyör yan saçları, destekleyici, birleştirici ve koruyucu olma özelliklerine sahiptir. Şase yan saçlarında bulunan bükümler ürünlerin konveyör bandından düşmesini engeller ve taşınan yükün güvenli bir şekilde taşınmasını sağlar. Aynı zamanda yan saçlar bandın sapmasını engelleyerek taşıma hareketinin daha tutarlı olmasını sağlar. Şase tasarımı iki adet bükümden oluşan 10200 mm uzunluğunda 10 mm kalınlığında sacdan oluşmaktadır. Yan saçların bükümleri dışa doğrudur.

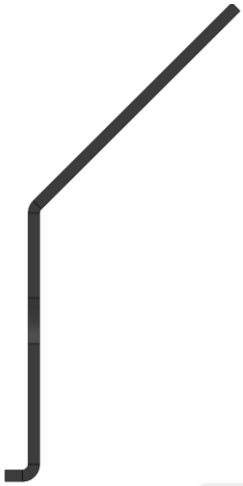
Bükümlü Saç Adet:2

Bükümlü Saç Ölçüleri: 10200 mm x 416 mm

Bükümlü Saç Malzemesi: DKP-10 mm

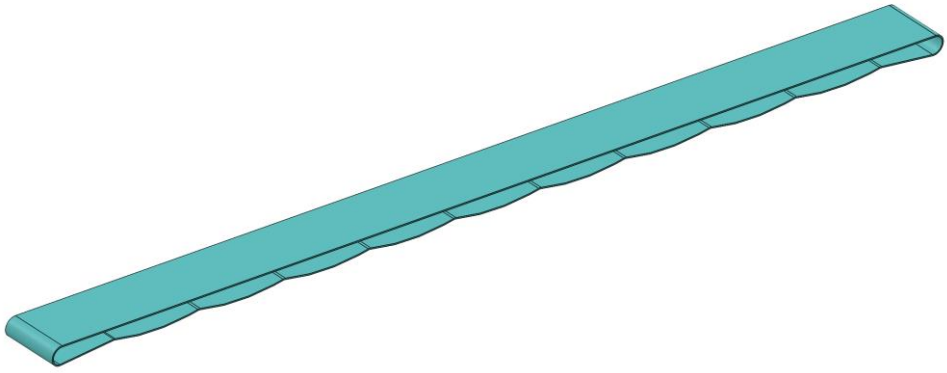
Bükümlü Saç Kalınlığı:10mm

Bükümlü Saç Kaplama: Cr+3 Çinko Alkali



Şekil 3.12. Yan Sacın Önden Görünümü

3.6.Bant Seçimi



Şekil 3.13. Konveyör Bandı

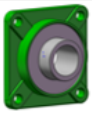
Kullanılan bandın sonsuz boyu 20628 mm olarak, bant genişliği 600mm olup bant kalınlığı 15 mm olarak belirlenmiştir. Bandın yapısı, içi poliamidli üstü kauçuk bant olup hammaddesi polipropilen olarak belirlenmiştir. Bandın özellikleri:

3.7. Yardımcı Elemanlar

Tablo 9: Bandın teknik özellikleri

Özellikler	Değer
Boyuna Elastisite (Mpa)	24,6
Enine Elastisite (Mpa)	19,1
Poisson Oranı	0,49
Rijitlik (Mpa)	6,9
Bant Yoğunluğu(kg/m^3)	1400

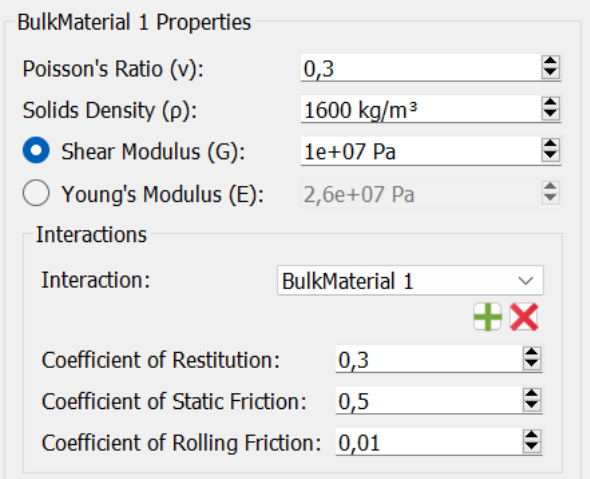
Tablo 3.14. Kullanılan yardımcı elemanlar

	Görsel	Yardımcı Elemanlar	Görev	Adet
1		UCF206	Ağır yük taşıma ve endüstriyel kullanım için tasarlanmış kare flanşlı yataklardır.	2
2		M12 SAPLAMA	Her iki ucunda başı olmayan, tamamı veya ortası boşluklu olan dişli uzun çubuklardır.	2
3		M12 CİVATA	Birbirine bağlanmak istenen parçaların üzerine delik açılarak ucuna somun takılarak sıkıştırılan bir bağlantı elemanıdır.	62
4		M10 CİVATA		20
5		M12 SOMUN	İki bağlantı elemanı, vida dişleri arasındaki sürtünme kuvvetinin etkisiyle birbirlerine tutunurlar.	62
6		M10 SOMUN		20
7		M102 RONDELA	Cıvata başının, bağlandığı yüzey üzerinde tahribat yapmasını, temas yüzeyini genişleterek engelleyen elemandır.	62
8		M10 RONDELA		20
9		6006 RULMAN	Mekanik parçaların kendi ekseni etrafında dönmesini sağlayan ve bu dönme sırasında sürtünmeyi azaltan makine parçasıdır.	124
10		6016 RULMAN		4

4.Oluşturulan Tasarımı Altair EDEM Programında Analiz Yapma

4.1.Dökme Malzeme Özelliklerinin Programa Girilmesi

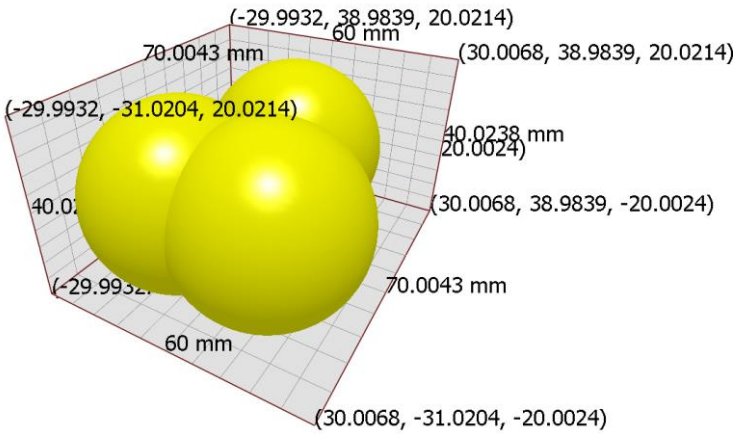
Malzeme olarak kum, çakıl (normal) tercih edilir. Kum, çakıl (normal) yoğunluğu 1600 kg/m3 ‘dir. Kum young modülü E, 20 MPa olarak seçilir [27]. Poisson oranı da 0,3 alınır.



Şekil 4.1. Malzeme Özellikleri Veri Girişi

Kum, çakıl (normal) özellikleri girildikten sonra tanecik çapı girilir ve taneciklerinin her birinin kütlesi otomatik olarak hesaplanır. Farklı çaplardaki malzemelerin taşıma esnasında oluşturabilecek davranışsal farklılıkları incelemek için üç farklı çap oluşturulur.

4.1.1.Çap 40 mm Malzeme Girdisi

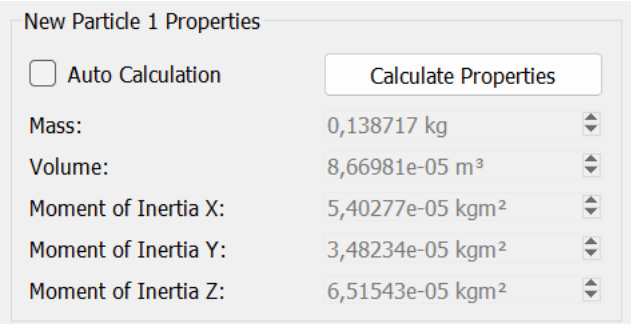


Şekil 4.2. *Çap 40mm malzeme tanecik görünümü*

	Name	Position X (mm)	Position Y (mm)	Position Z (mm)	Physical Radius (mm)
0	sphere 0	-9.99324	-11.0118	-0.00239165	20
1	sphere 1	10.0068	-11.0204	0.00454225	20
2	sphere 2	0.0196097	18.9839	0.0213819	20

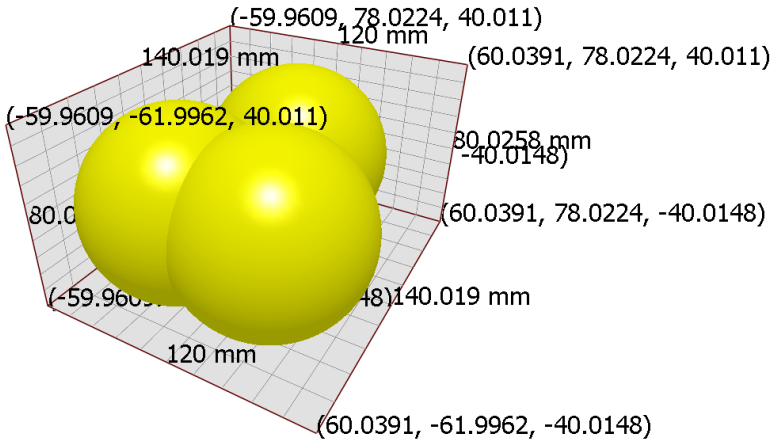
Şekil 4.3. Çap 40mm malzeme tanecik koordinatları

Çap 40 mm olan malzeme için otomatik hesap yapılır. Birim tanecik ağırlığı 0,138717 kg bulunur.



Şekil 4.4. Çap 40mm malzeme tanecik bilgileri

4.1.2.Çap 80 mm Malzeme Girdisi

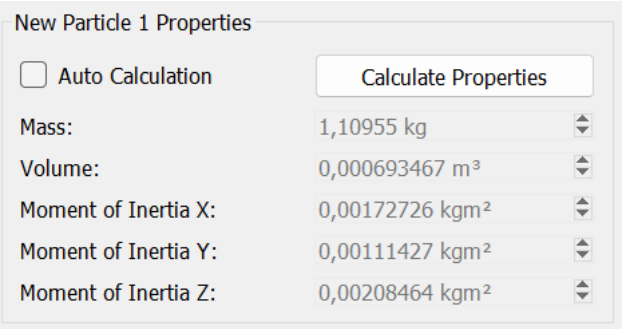


Şekil 4.5. Çap 80mm malzeme tanecik görünümü

	Name	Position X (mm)	Position Y (mm)	Position Z (mm)	Physical Radius (mm)
0	sphere 0	-19.9609	-21.9962	0.0110054	40
1	sphere 1	20.0391	-21.9589	-0.00787877	40
2	sphere 2	-0.0168996	38.0224	-0.0147686	40

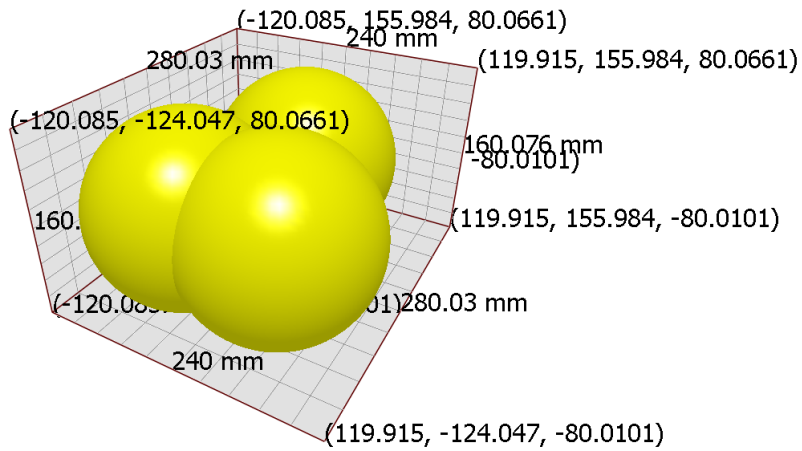
Şekil 4.6. Çap 80mm malzeme tanecik koordinatları

Çap 80 mm olan malzeme için otomatik hesap yapılır. Birim tanecik ağırlığı 1,10955 kg bulunur.



Şekil 4.7.Çap 80mm malzeme tanecik bilgileri

4.1.3.Çap 160 mm Malzeme Girdisi

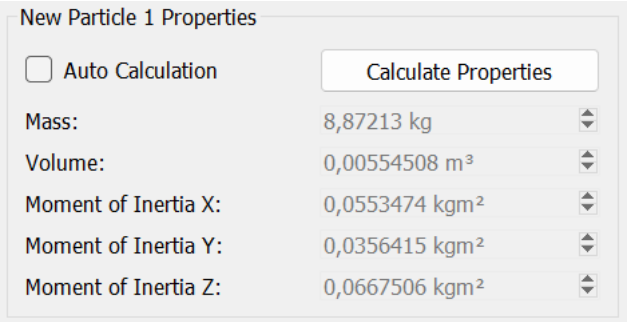


Şekil 4.8. Çap 1600mm malzeme tanecik görünümü

	Name	Position X (mm)	Position Y (mm)	Position Z (mm)	Physical Radius (mm)
0	sphere 0	-40.0848	-43.9856	0.066137	80
1	sphere 1	39.9151	-44.0466	0.0542212	80
2	sphere 2	0.00660913	75.9838	-0.0100763	80

Şekil 4.9. Çap 160mm malzeme tanecik koordinatları

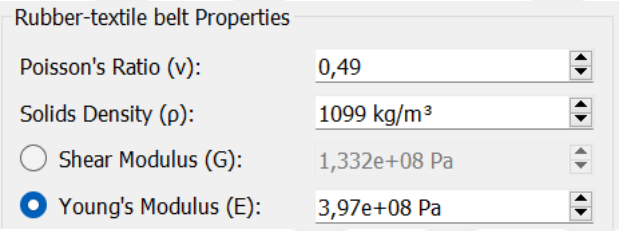
Çap 160 mm olan malzeme için otomatik hesap yapılır. Birim tanecik ağırlığı 8,87213 kg bulunur.



Şekil 4.10. Çap 160mm malzeme tanecik bilgileri

4.2.Seçilen Bandın Özelliklerinin Girilmesi

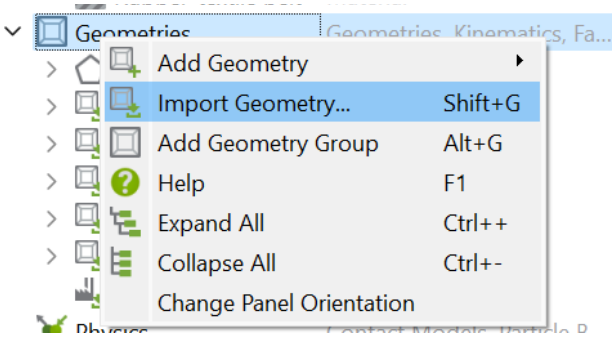
Seçilmiş olan kauçuk tekstil bantların yoğunluğu 1099 kg/m3, Poisson oranı 0,499 ve elastisite kayma modülü 2,9 MPa alınacaktır. Young modülü 397MPa ‘dır [28].



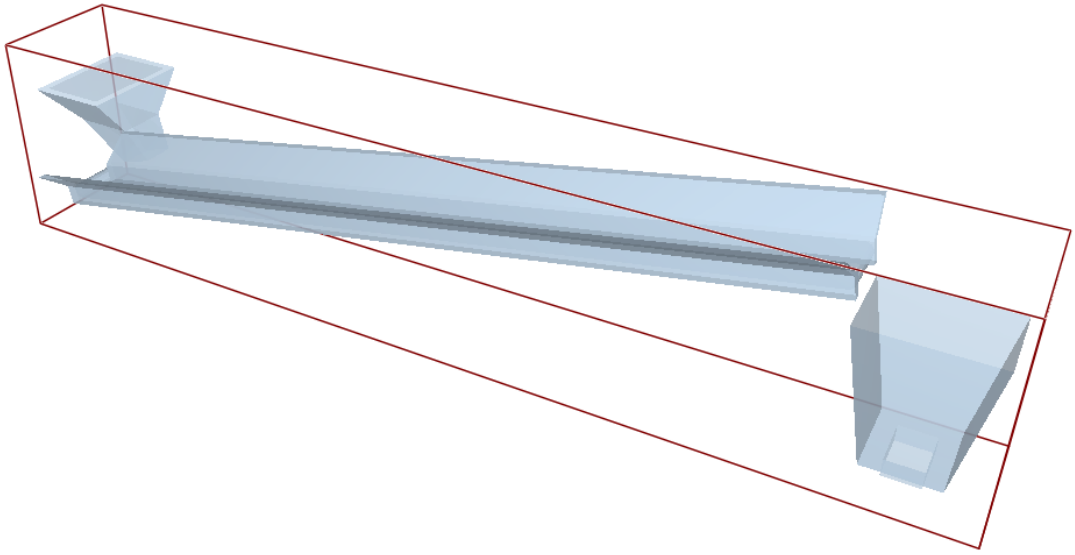
Şekil 4.11. Seçilen bant bilgileri

4.3.Tasarımın Programa Aktarılması

Tasarımı oluşturulan konveyör (stl) formatına dönüştürülür. Ürün ağacında Geometry’ e sağ tıklayarak Import Geomery den dosya seçilir.Konveyörü oluşturan bileşenler aktarılmış olur.



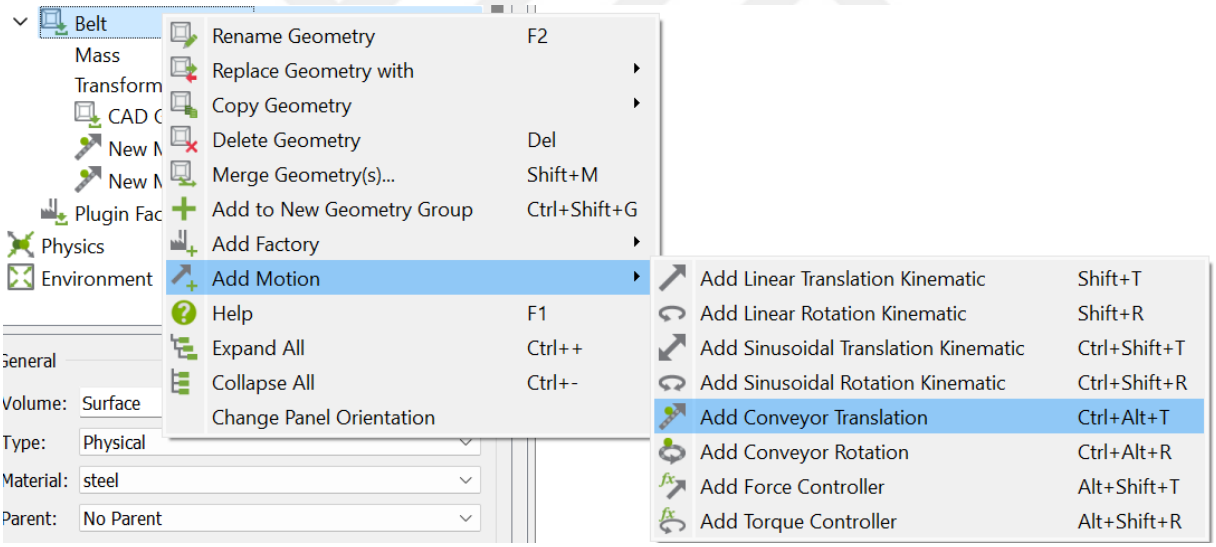
Şekil 4.12. Konveyörü programa yükleme



Şekil 4.13. Konveyörün programda görünümü

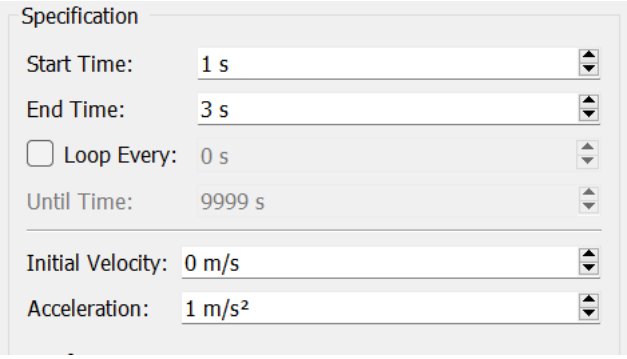
4.4.Banda Hareket Ataması

Ürün ağacından bant seçilir. Malzemenin taşınması için iki adet hareket tanımlanır.



Şekil 4.14. Banda hareket atanması

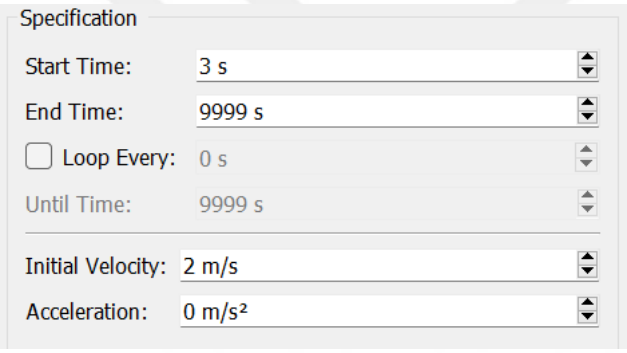
Birinci hareket malzemenin düşmeye başlayıp konveyöre değdiği ana kadardır. Bu hareket birinci saniyede başlayıp üçüncü saniyeye kadar devam eder. İlk hız sıfır kabul edilir, ivmesi 1 m/s2 girilir.



Şekil 4.15. Birinci hareket girdileri

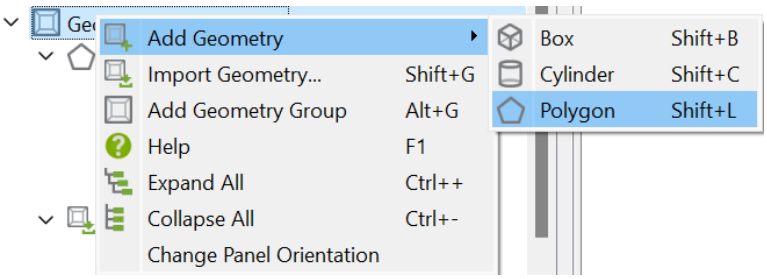
İkici hareket ise üçüncü saniye başlayıp sonsuza kadar gidecek konveyör üzerindeki malzeme taşıma hareketidir. Konveyör hızı 2 m/s2 girilir ve ivme 0 kabul edilir.

Şekil 4.16. İkinci hareket girdileri



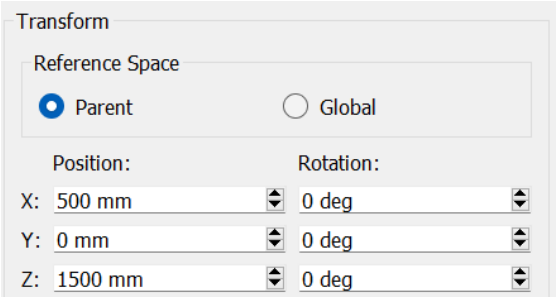
4.5.Dökme Malzemenin Konveyörü Besleme Konumunu ve Miktarını Belirleme

Konveyöre malzeme dökülecek konumu eklemek için Geometry'e sağ tıklayıp Add Geometry daha sonrada Polygon a tıklanır.



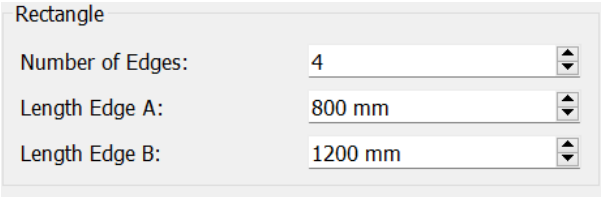
Şekil 4.17. Malzeme besleme alanı oluşturma

Polygon eklendikten sonra ürün ağacından Transform kısmına tıklanır x, y ve z ekseninde yeri belirlenir.



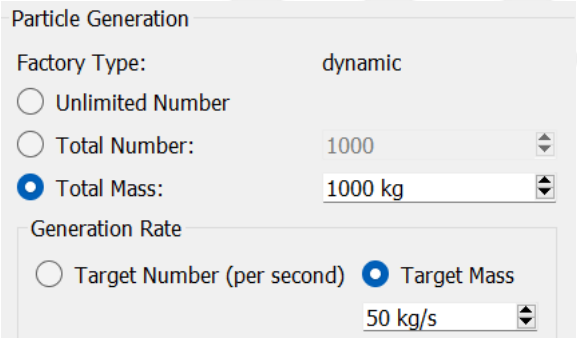
Şekil 4.18. Malzeme besleme konum girdileri

Konumu belirledikten sonra malzeme beslenecek yerin kenar uzunlukları belirlenir.



Şekil 4.19. Malzeme besleme kenar ölçüleri

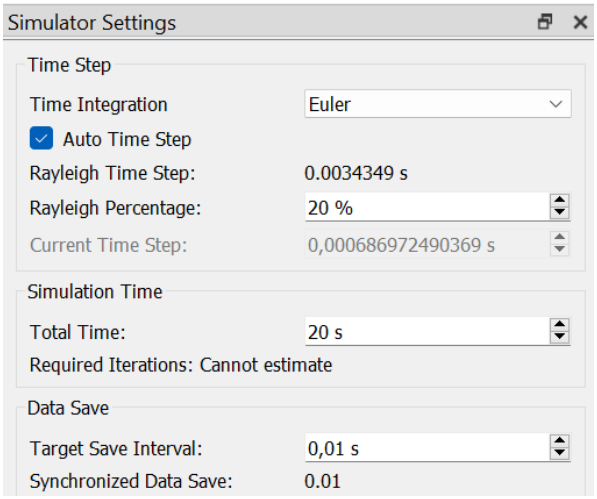
Yapılacak üç farklı çapta kum, çakıl (normal) için aynı miktarda ürün kullanılır. Bant hareketi girildikten sonra saniyede taşınacak kum, çakıl miktarı ve toplamdaki kum, çakıl ağırlık girilir. Toplam ağırlık 1000kg debi ise 50 kg/s olarak girilir.



Şekil 4.20. Malzeme ağırlık girdisi

4.6. Simülasyon

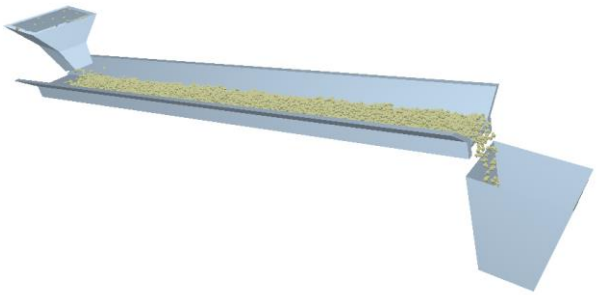
Konveyör ve malzeme ile ilgili tüm veriler girilir ve simülasyon aşamasına geçirilir. Simülasyon süresi 20 saniye olarak belirlenir. Rayleigh yüzdesi %20 olarak alınır.



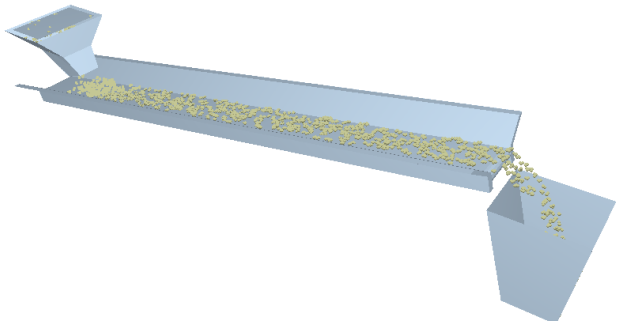
Şekil 4.21. Simülasyon girdileri

4.7. Birinci Deney: Dökme Malzemenin Farklı Hızlarda Taşımasını İnceleme

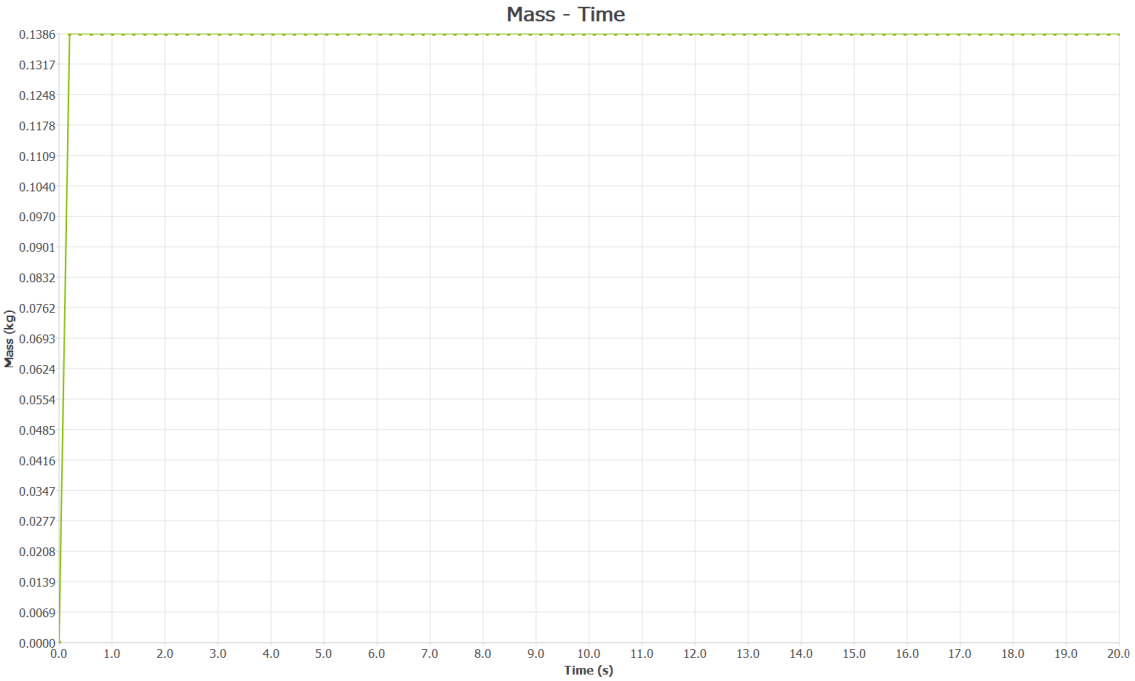
Tasarlamış olduğumuz bantlı eğik konveyör üzerinde çapı 40 mm kum, çakıl (normal) malzeme ile iki ayrı DEM analiz gerçekleştirilir. Debisi 20 kg/s olarak belirlenir. Taşıma esnasında meydana gelecek farklılıkları net görebilmek için ilk hızı 0,5 m/s alınırken ikinci hız bunun 4 katı hız olan 2 m/s alınır. İki konveyör arasındaki yüksek hız farklı ile taşımada meydana gelecek değişimleri daha net inceleyebiliriz. Aynı malzeme üzerinde iki farklı hızda yapılan bu analiz sonuçlarını inceleyelim.



Şekil 4.22. 0,5 m/s hızda malzeme taşıyan konveyör görünümü



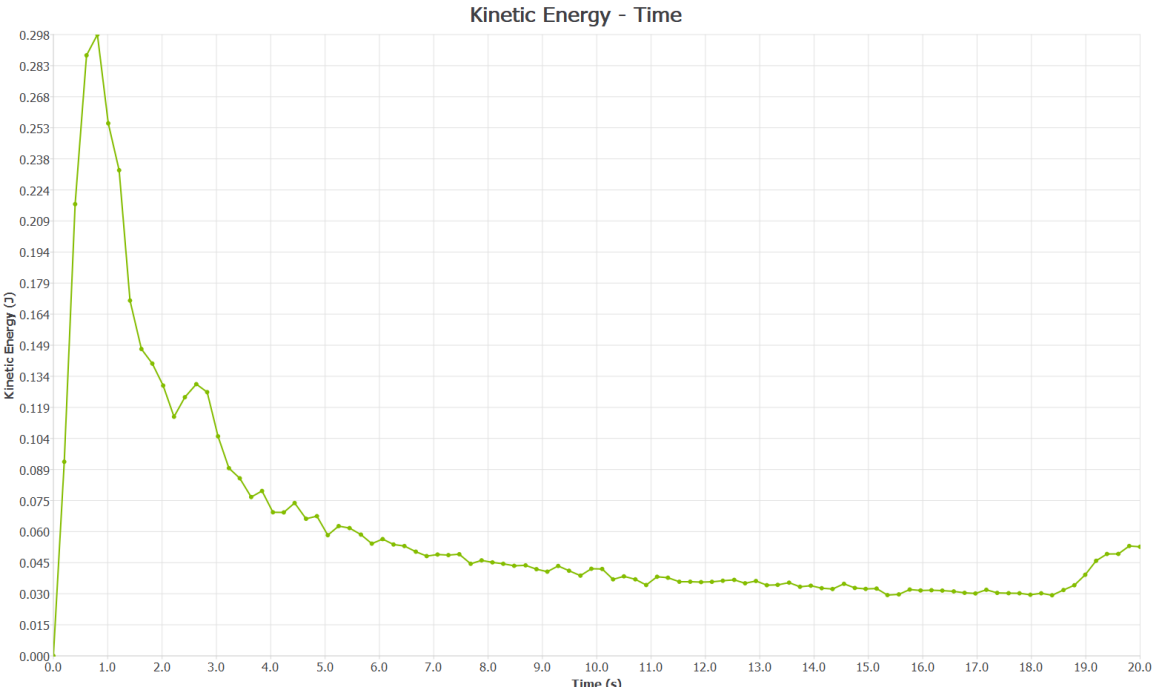
Şekil 4.23. 2 m/s hızda malzeme taşıyan konveyör görünümü



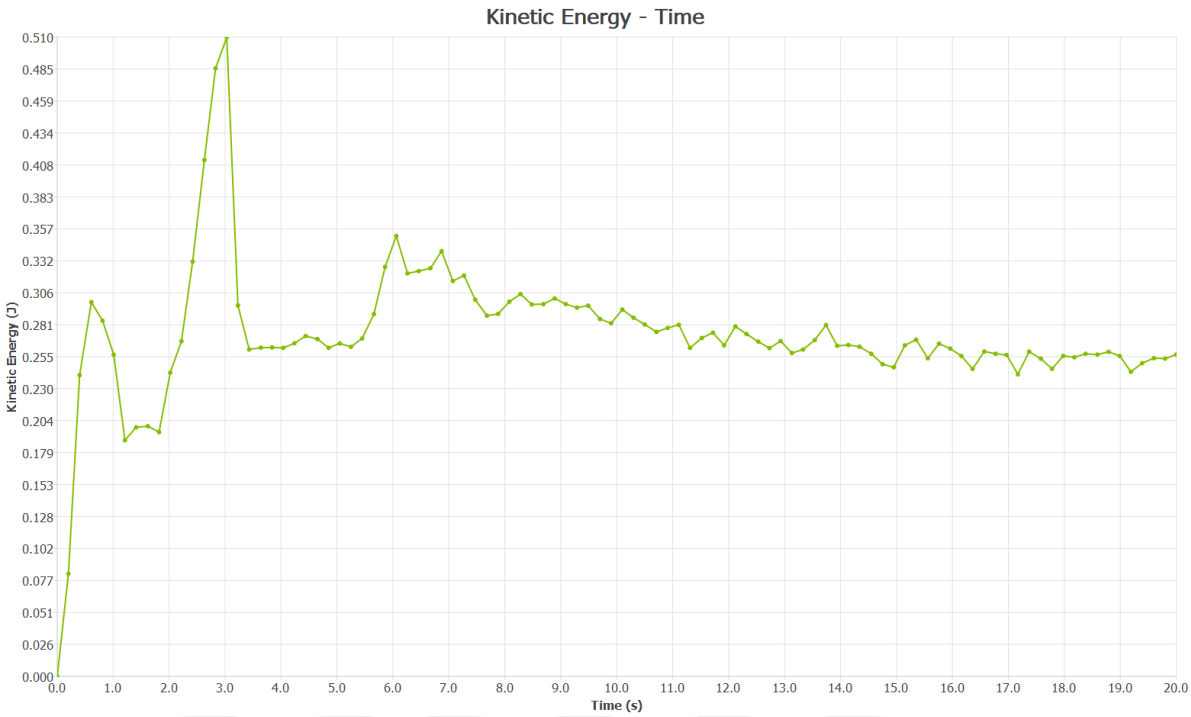
Şekil 4.24. Çap 40mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği

Ağırlık-zaman grafiği incelendiğinde ile birim tanecik kilogram değerini 0,1386‘ dır.

4.7.1.Oluşan Kinetik Enerjinin İncelenmesi



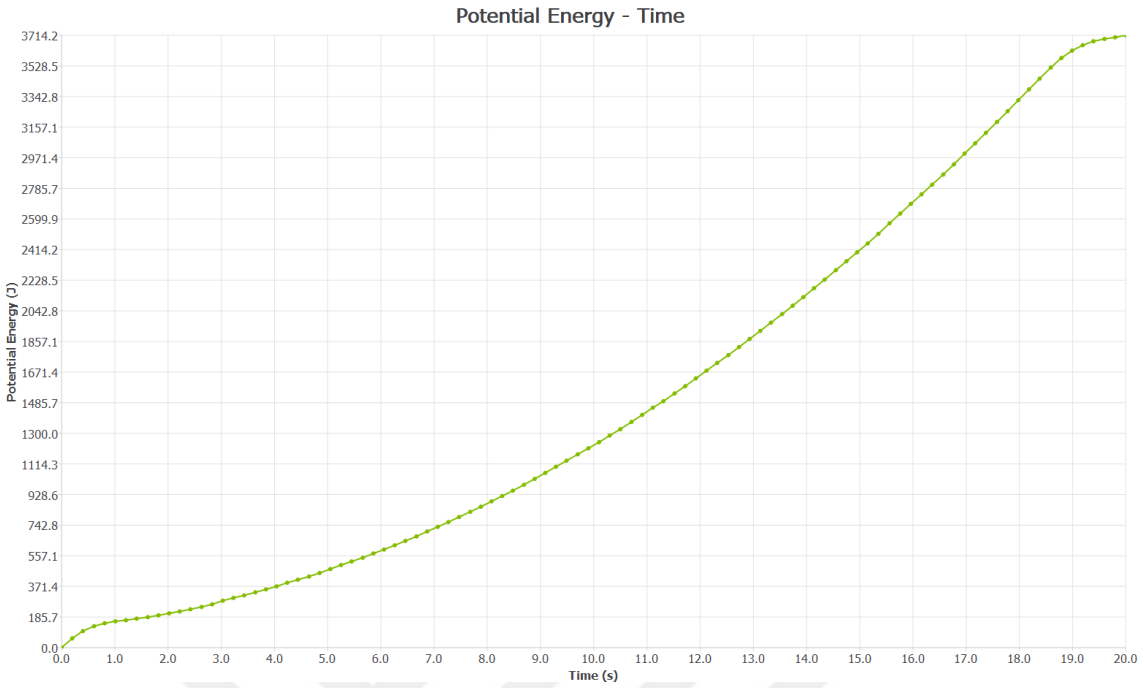
Şekil 4.25. 0,5 m/s hızda konveyör için Kinetik Enerji-Zaman grafiği



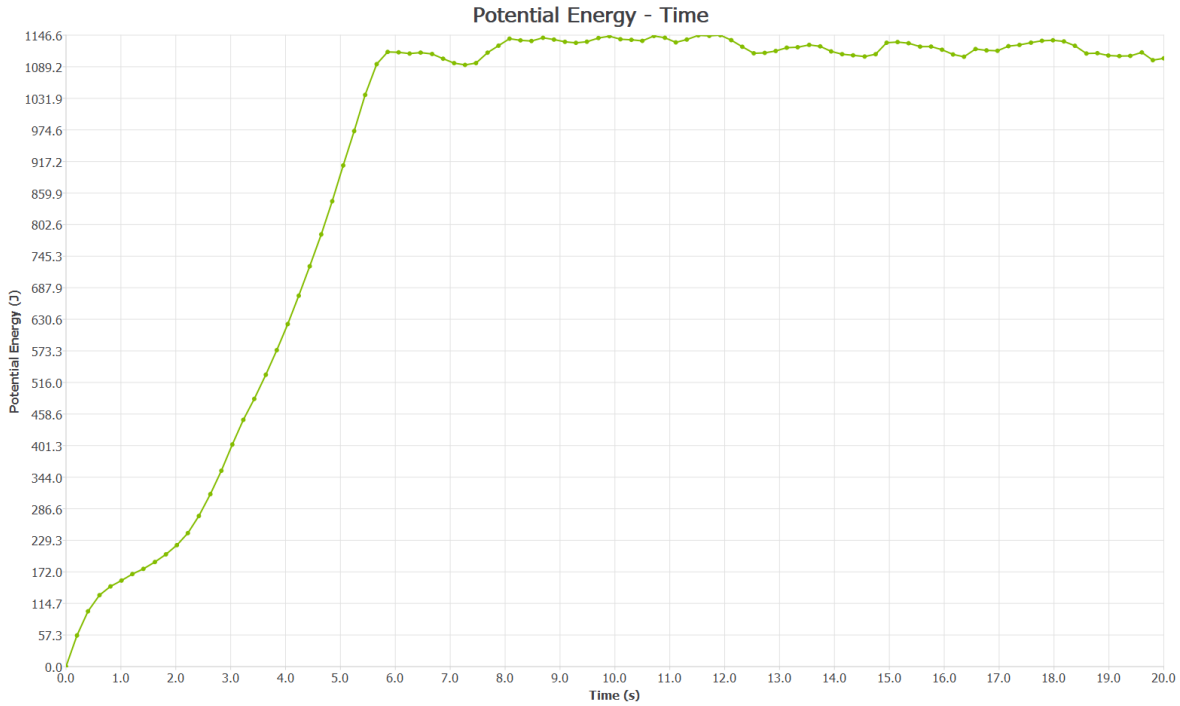
Şekil4.26. 2 m/s hızda konveyör için Kinetik Enerji-Zaman grafiği

Kinetik enerji, taşınan ürünün kütle ve hızı ile doğru orantılı bir şekilde artar. Bantlı eğik konveyörlerde oluşan kinetik enerjiyi; yer çekimi, konveyör hızı, sürtünme kuvvetleri, malzeme özellikleri ve eğim açısı gibi faktörler etkilemektedir. Farklı iki hızda konveyörün kinetik enerji grafiklerini incelediğimizde kinetik enerjinin pik noktası dökülme esnasında ilk 3 saniyedir. İlk üç saniyeden sonra sabit kütlede hız değişimleri daha stabildir. Düşük hızda kinetik enerji değeri zamanla çok az değişikliğe uğrarken, yüksek hızda değişim gözle görülebilir şekilde değişikliğe uğrar. Bu durumun sebebi ise yüksek hızlarda parçacıklara etkiyen sürtünme, kayma vb. kuvvetlerinin daha fazla olmasıdır. Bununla birlikte hız, kinetik enerji hızının karesi ile orantılıdır. İki grafik incelendiğinde hızlı olan konveyör için kinetik enerji değerleri ortalama iki katı daha fazladır. Tüm etkiler ihmal edildiğinde dört kat daha hızlı bir konveyörde kinetik enerjinin diğer konveyöre nazaran çok daha fazla olması gerekmektedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında sürtünme, kayma vb. kuvvetlerin etkileri hızlı olan konveyörde daha olur çıkarımı yapılabilir.

4.7.2.Oluşan Potansiyel Enerjinin İncelenmesi



Şekil 4.27. 0,5 m/s hızda konveyör için Potansiyel Enerji-Zaman grafiği

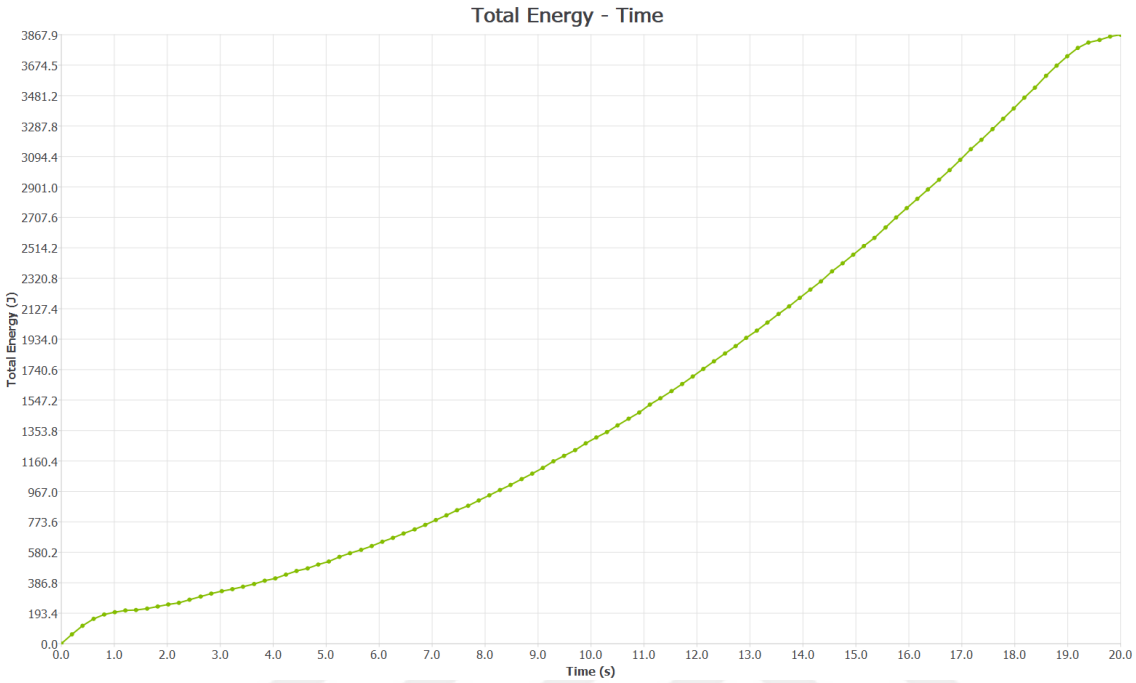


Şekil 4.28. 2 m/s hızda konveyör için Potansiyel Enerji-Zaman grafiği

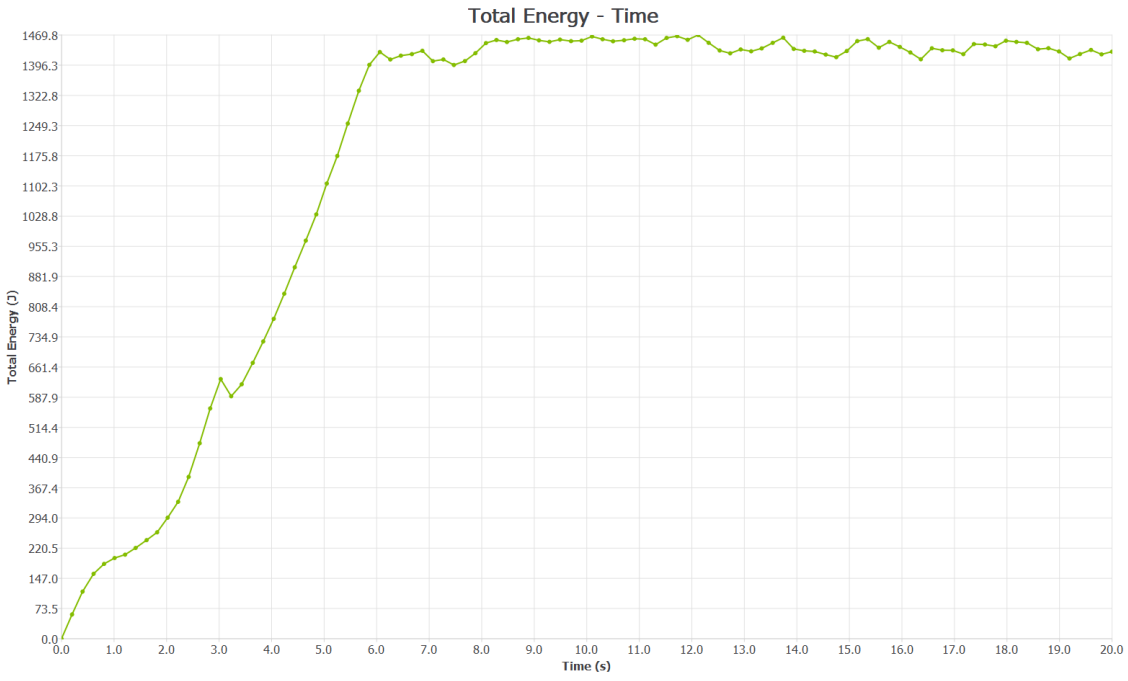
Potansiyel enerji kütlenin sabit olduğu durumda konumundan kaynaklı sahip olduğu enerjidir. 0,5 m/s hızla taşınma sırasında konveyörün en yüksek noktasına ulaşana kadar potansiyel enerjisi artmaktadır. 2 m/s hıza sahip konveyörde ise 6. saniyede konveyörün uç noktasına ulaşır ve oradan potansiyel enerjisi daha sabit davranış sergiler. Bununla birlikte potansiyel

enerjilerinin pik değerlerini incelediğimizde iki katından daha fazla fark gözlemleriz. Bu da hızlı olan konveyörde ürün akışı da hızlıdır bu nedenle kütlesel birikme daha düşüktür.

4.7.3.Toplam Enerjinin İncelenmesi



Şekil 4.29.0,5 m/s hızda konveyör için Toplam Enerji-Zaman grafiği

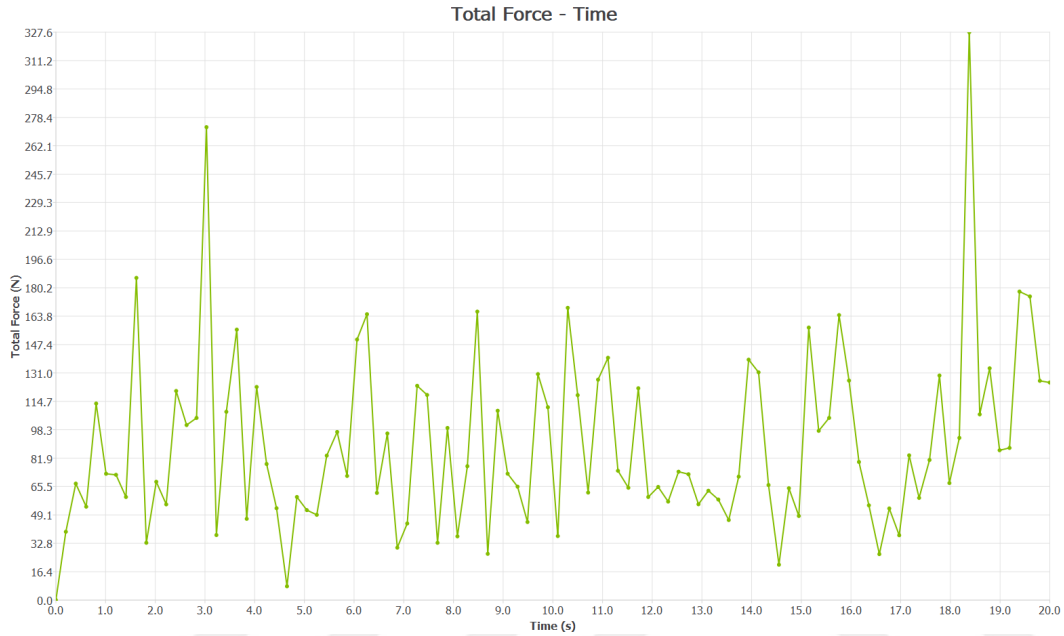


Şekil 4.30. 2 m/s hızda konveyör için Toplam Enerji-Zaman grafiği

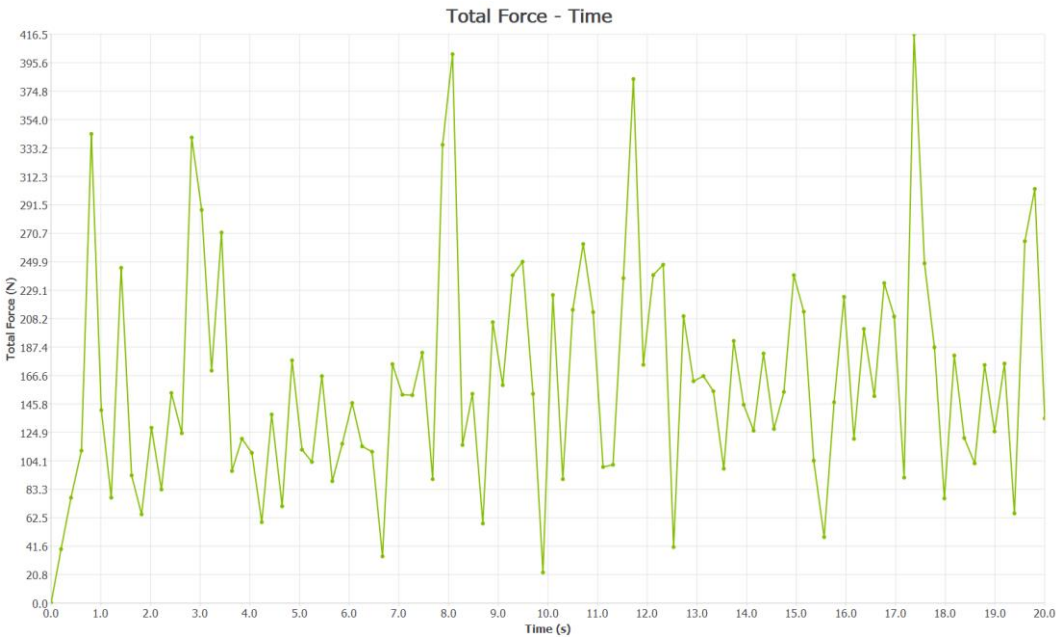
Toplam enerji, büyük bir kısmının kinetik ve potansiyel enerjinin oluşturduğu, etki eden tüm kuvvetlerin toplamıdır. 0,5 m/s hızda elde ettiğimiz toplam enerji grafiği ile potansiyel enerji

grafiği benzemektedir çünkü düşük hızda kinetik enerji düşüktür bu nedenle potansiyel enerji nerdeyse toplam enerjiyi oluşturur. Toplam enerji grafikleri potansiyel enerji grafikleri ile paraleldir. Yüksek hızda potansiyel enerji grafiği ile toplam enerji grafiği farklılık göstermektedir.

4.7.4.Oluşan Toplam Kuvvetin İncelenmesi



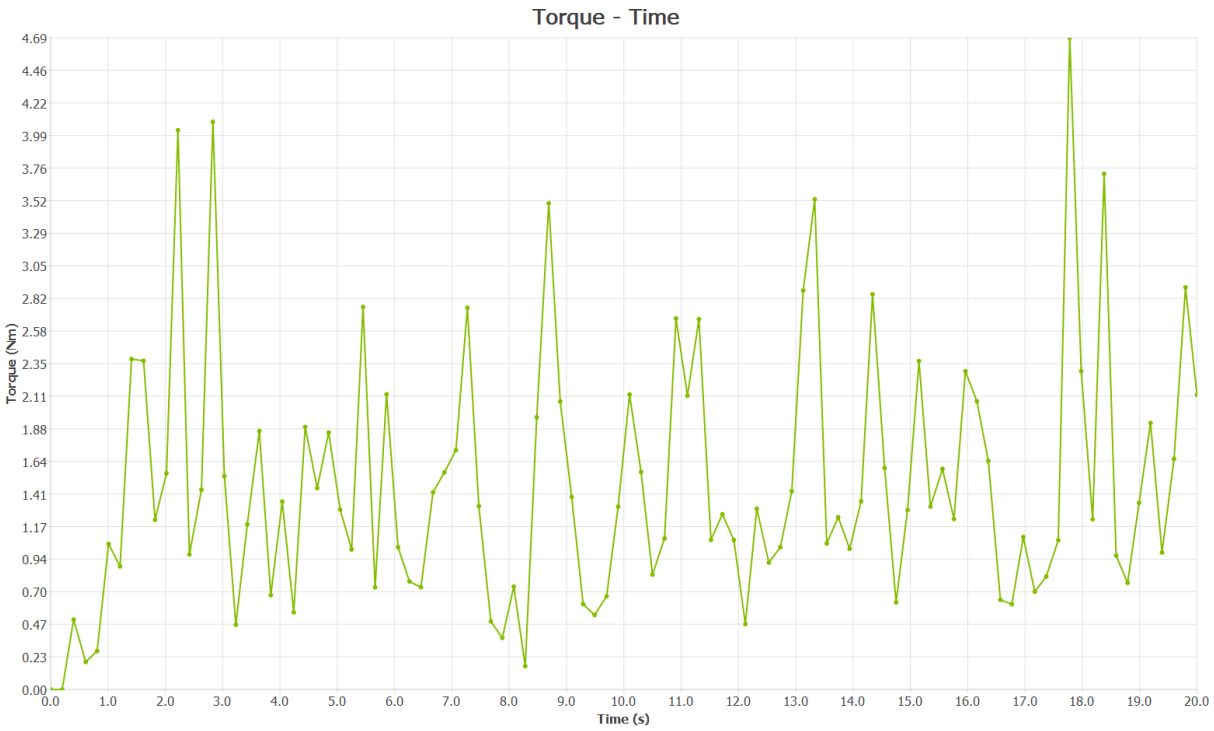
Şekil 4.31.0,5 m/s hızda konveyör için Toplam Kuvvet-Zaman grafiği



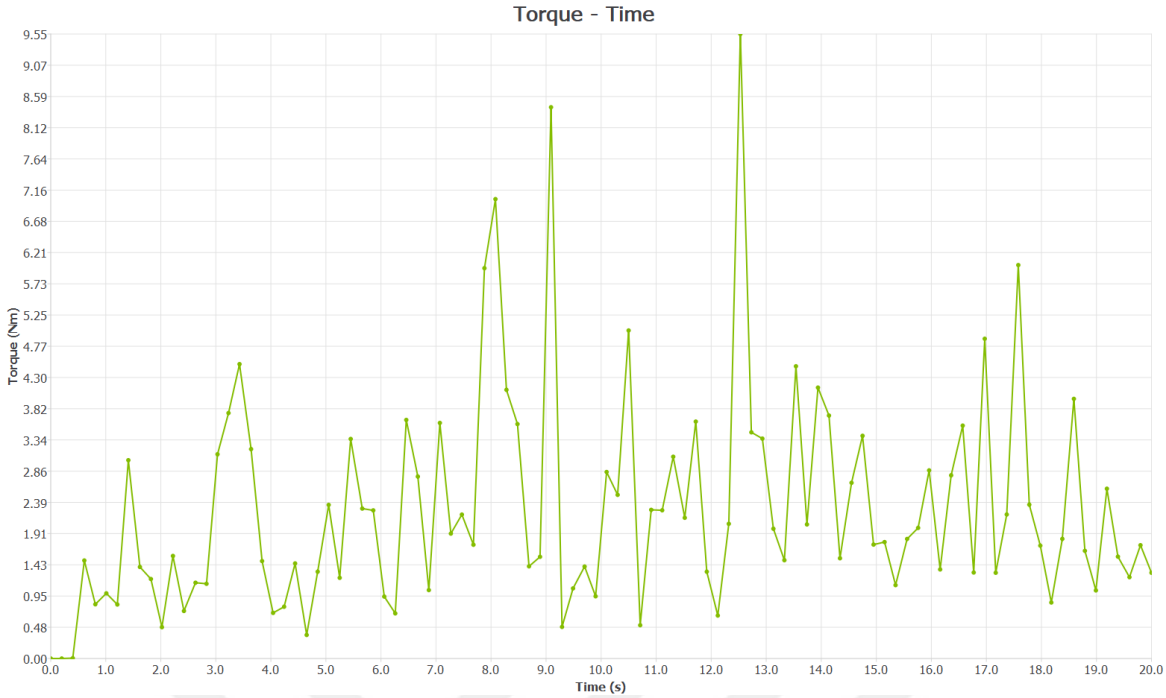
Şekil 4.32. 2 m/s hızda konveyör için Toplam Kuvvet-Zaman grafiği

Toplam kuvvet grafiği, yığın malzemenin hareketini etkileyen tüm kuvvetleri içerir. Bu kuvvetler; sürtünme kuvveti, yerçekimi kuvveti, itme kuvveti, yuvarlanma kuvveti vb. kuvvetlerdir. 2 m/s hız ile taşıma yapan konveyörde açığa çıkan sürtünme kuvveti çok daha fazladır. Sürtünme kuvveti, hava direnci ve yol/yüzey sürtünmesinden kaynaklanır ve hız arttıkça sürtünme kuvvetine sebep olan bu kuvvetler daha fazla etkili olur. Toplam kuvvet diyagramlarında hızlı olan konveyörde daha keskin yükselişler ve daha yüksek kuvvet değerleri gözlemleriz.

4.7.5.Oluşan Torkun İncelenmesi



Şekil 4.33. 0,5 m/s hızda konveyör için Tork-Zaman grafiği



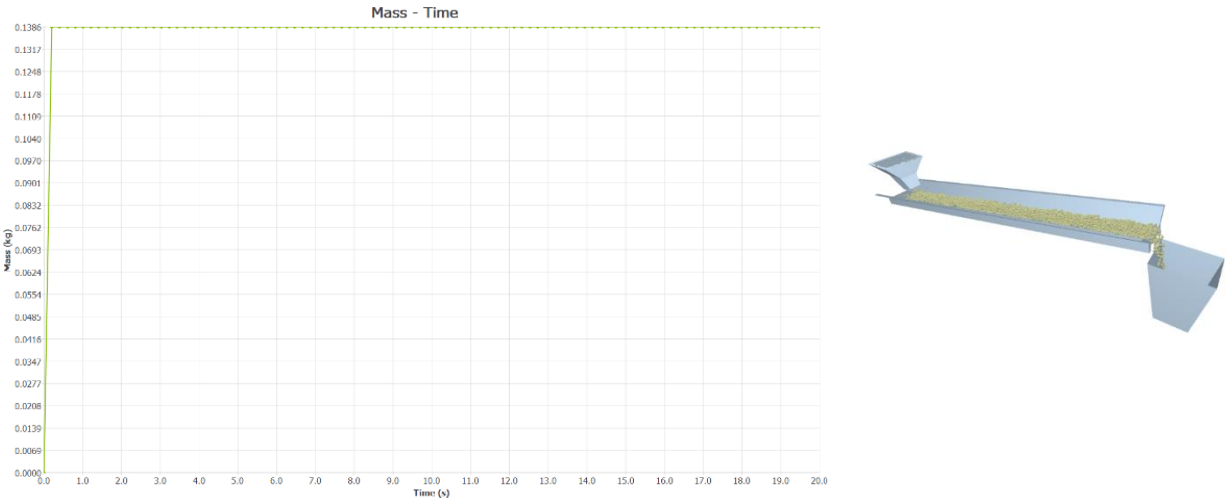
Şekil 4.34. 2 m/s hızda konveyör için Tork-Zaman grafiği

Konveyörde sabit taşıma hızını korumak için konveyör hareket ve taşınan malzemeler direncin üstesinden gelmelidir. Konveyörün stabil çalışmasında motor tarafında üretilen tork, hareket direnci ile doğru orantılıdır. Hareket direnci de taşıma işlemini zorlaştıran, daha çok enerji tüketimine sebep olan bir etmendir.

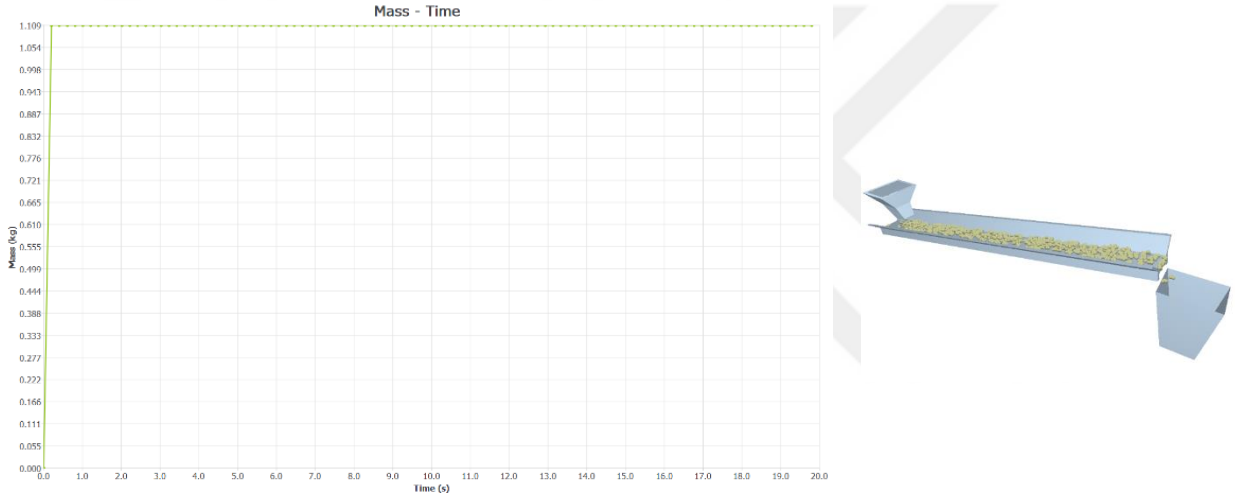
Eğimli konveyörlerde, hareket hızı arttıkça hareket direnci de artacaktır. Bu, bant üzerindeki malzemelerin aşağı kaymasını önlemek için daha fazla güç gerektireceği anlamına da gelir. Ayrıca, yüksek hızlar bant üzerindeki malzemelerin dağılmasına ve daha fazla titreşime neden olabilir.[29]

4.8.İkinci Deney: Farklı Çaplarda Dökme Malzemenin Taşıma Davranışını İnceleme

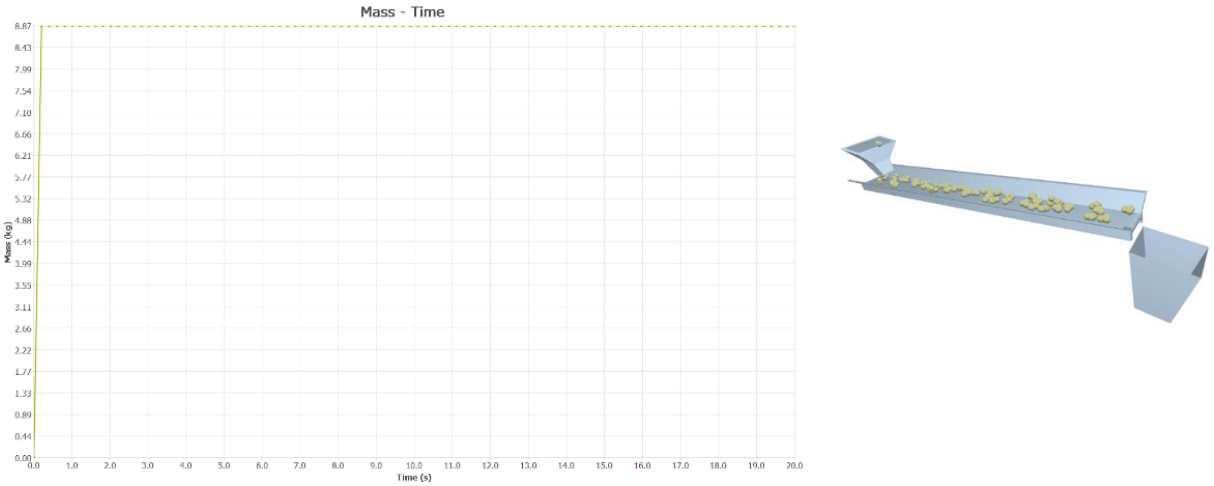
Tasarlamış olduğumuz bantlı eğik konveyör üzerinde 40 mm çapında, 80 mm çapında ve 160 mm çapında üç farklı boyutta kum, çakıl (normal) malzeme ile üç farklı DEM analiz gerçekleştirilir. Debisi 20 kg/s, hızı 0,5 m/s olarak belirlenir. Taşıma esnasında meydana gelecek farklılıkları net görebilmek üç farklı çapta malzeme kullanıldı. Aynı malzeme, farklı çaplar üzerinde yapılan analiz sonuçlarını inceleyelim.



Şekil 4.35. Çap 40mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği



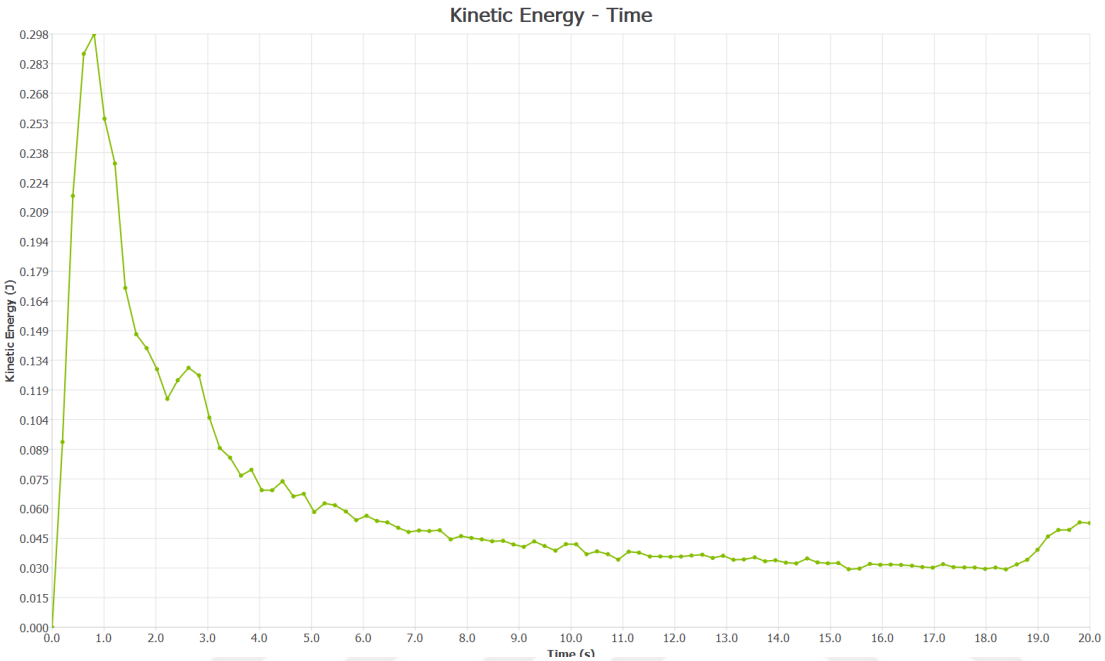
Şekil 4.36. Çap 80mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği



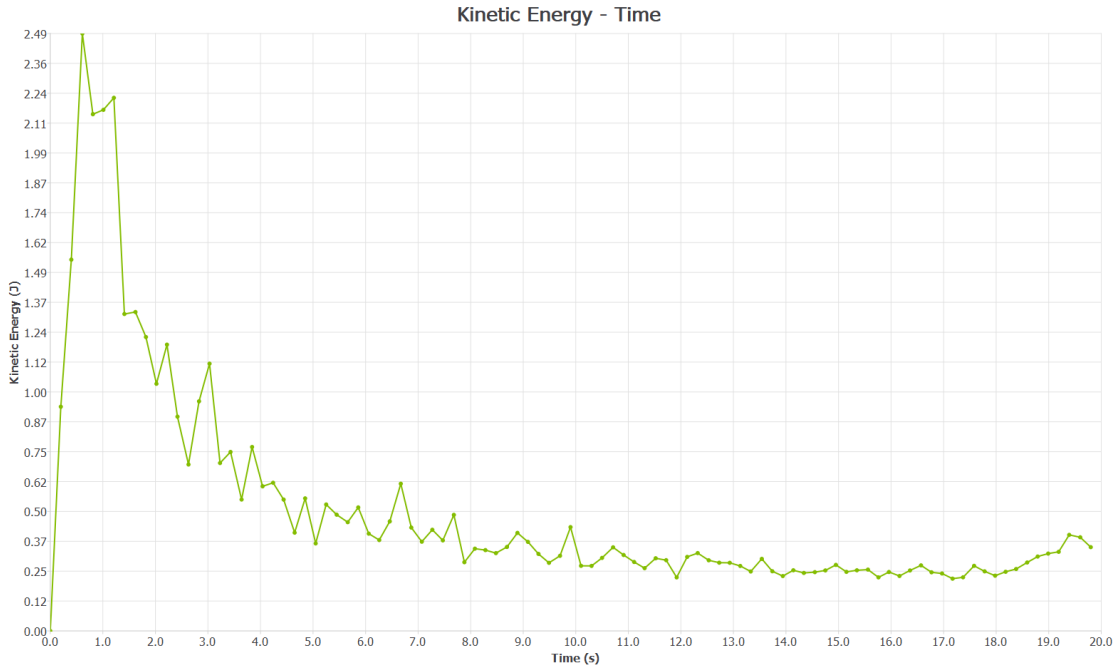
Şekil 4.37. Çap 160mm malzemenin Ağırlık-Zaman Grafiği

Ağırlık-zaman grafiği incelendiğinde ile 40 çapında malzeme için birim tane kilogram değerini 0,1386‘dır, 80 çapında malzeme için birim tane kilogram değerini 1,109‘dır, 160 çapında malzeme için birim tane kilogram değerini 8,87‘dir.

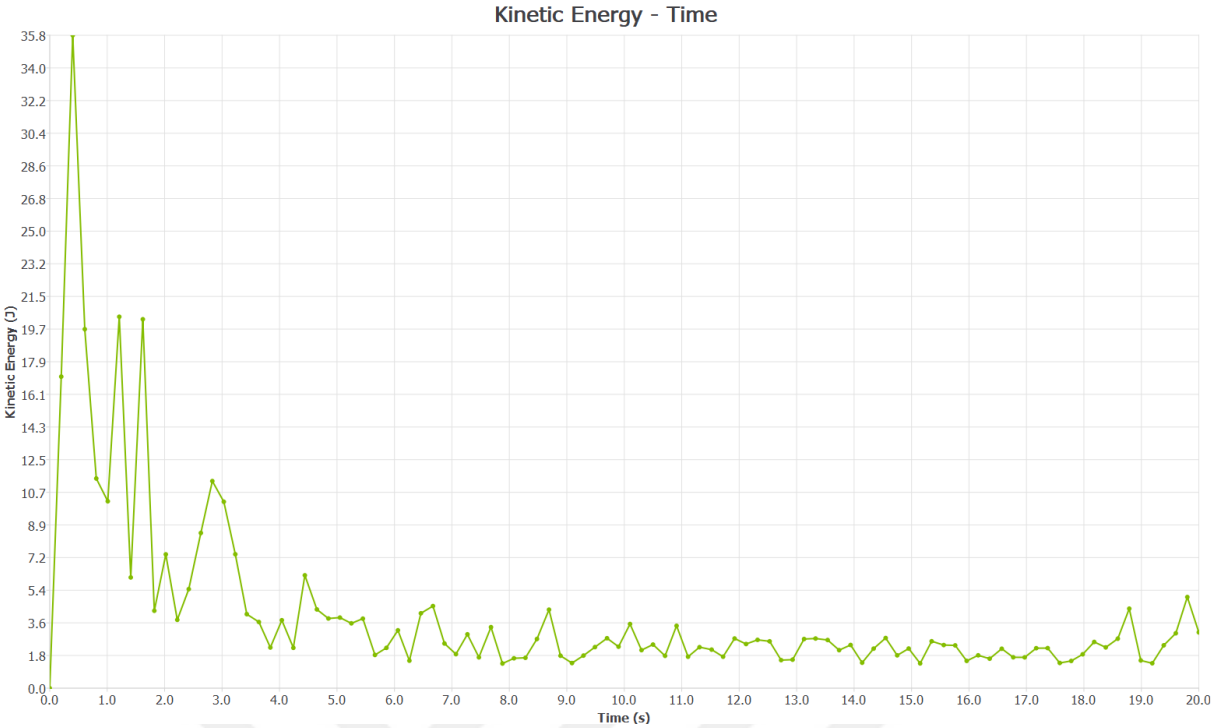
4.8.1Oluşan Kinetik Enerjinin İncelenmesi



Şekil 4.38. Çap 40mm malzemenin Kinetik Enerji-Zaman Grafiği



Şekil 4.39. Çap 80mm malzemenin Kinetik Enerji-Zaman Grafiği

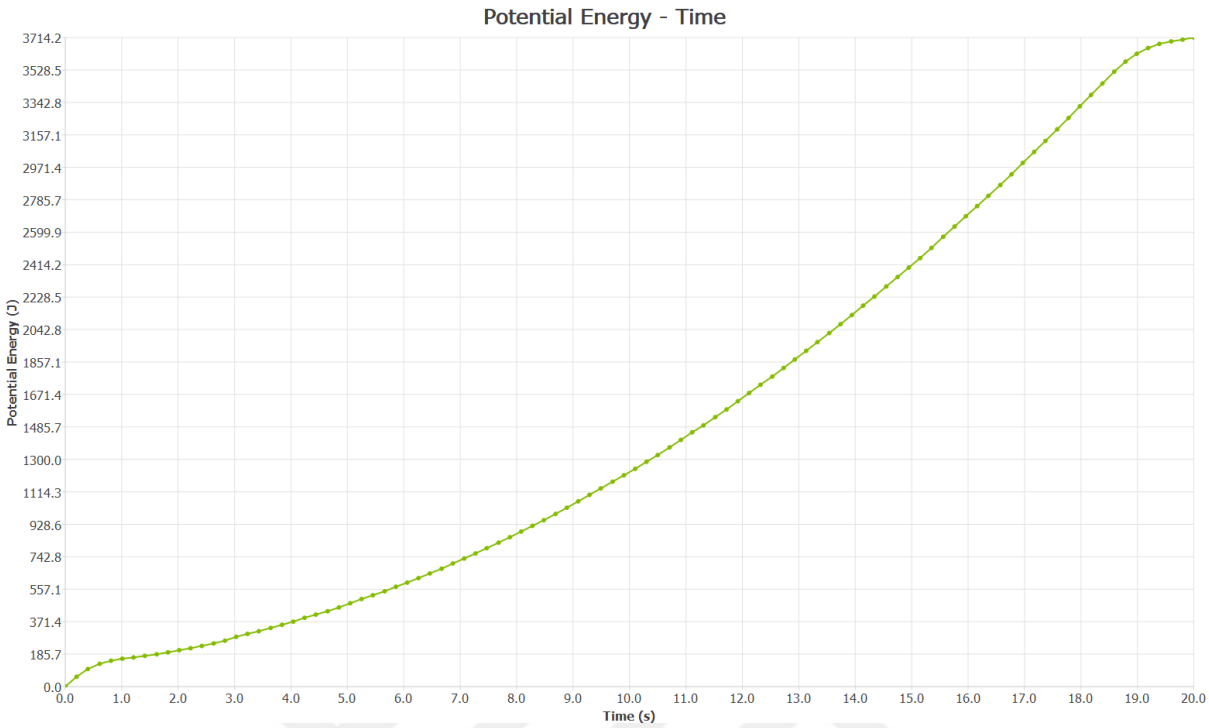


Şekil 4.40. Çap 160mm malzemenin Kinetik Enerji-Zaman Grafiği

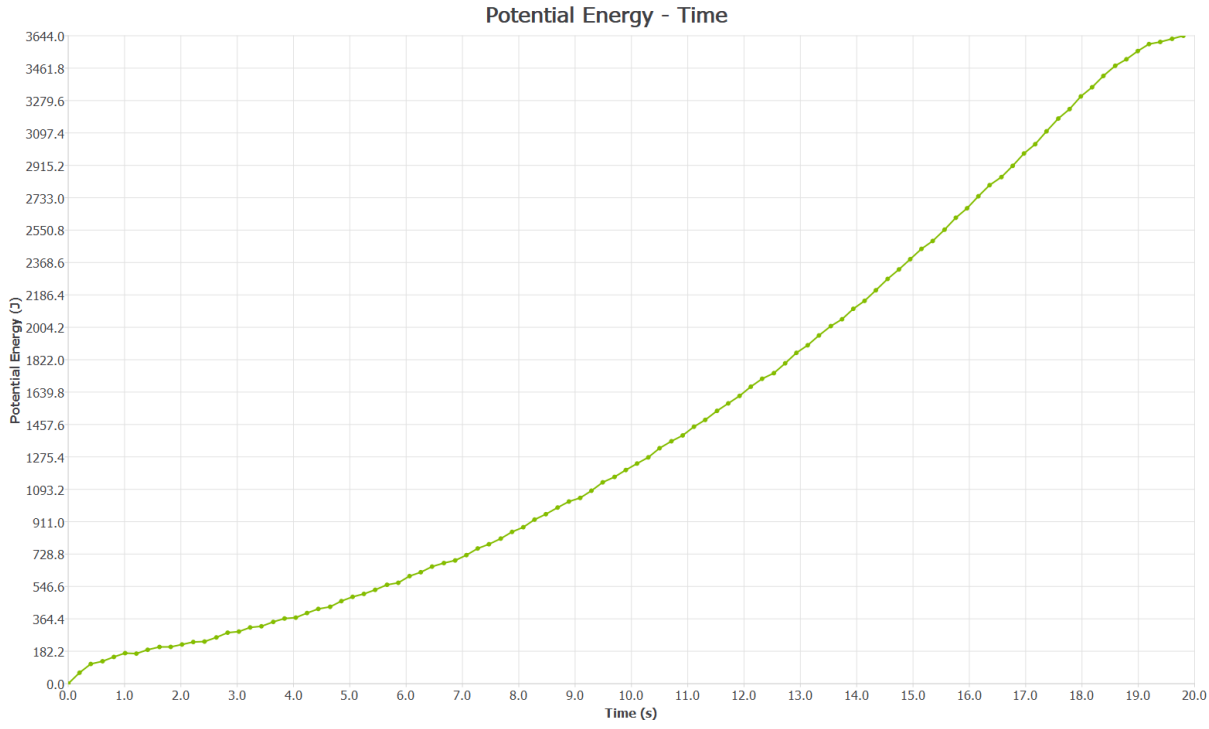
Kinetik enerji, hızın sabit olduğu bir koşulda kütleye bağlıdır. 40, 80 ve 160 mm çaplarındaki yığın malzemeler kütleleri sırasıyla 0,1386 kg, 1,109 kg, 8,87 kg'dır. Kinetik enerji grafiklerini incelendiğinde ortalama kinetik enerjileri kütleleri ile paraleldir. Grafiklerin pik noktaları yığın malzemelerin konveyöre döküldüğü ilk üç saniyenin içerisindedir. Çapı büyük olan malzemenin konveyöre boşaltılırken kinetik enerji değişimleri keskin olup konveyörün tüm ürün taşıma sürecinde de kinetik enerji değişimleri küçük çaplı ürünlere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Sabit hızda kütle değerli m, 8m, 64m iken kinetik enerjilerinde de bu oranlar beklenmektedir fakat kinetik enerji değerlerini ortalama olarak sırasıyla 1k, 8k, 120k şeklindedir. Kinetik enerjiyi etkileyen dış kuvvetler sürtünme, kayma vb.'dir. Grafikler incelendiğinde sabit debi ve sabit hızda kütlesi büyük olan malzemenin taşınması esnasında beklenenden daha fazla kinetik enerji açığa çıkabilir.

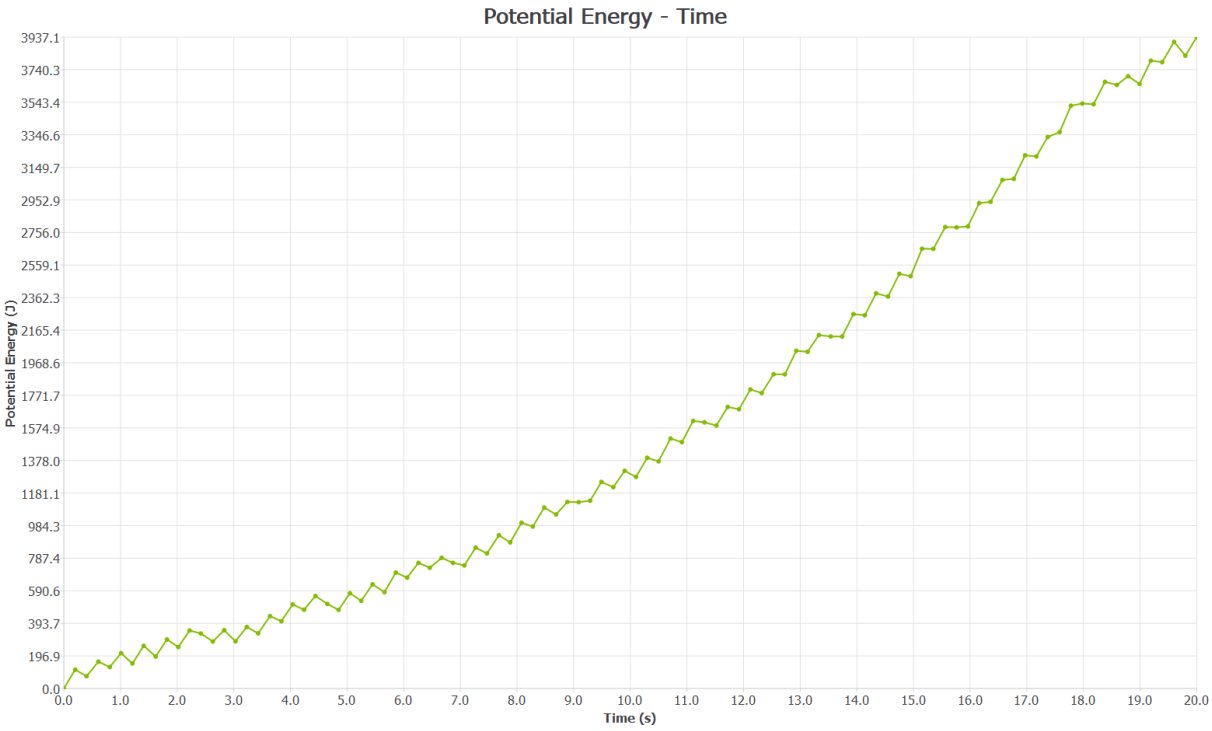
4.8.2.Oluşan Potansiyel Enerjinin İncelenmesi



Şekil 4.41. Çap 40mm malzemenin Potansiyel Enerji-Zaman Grafiği



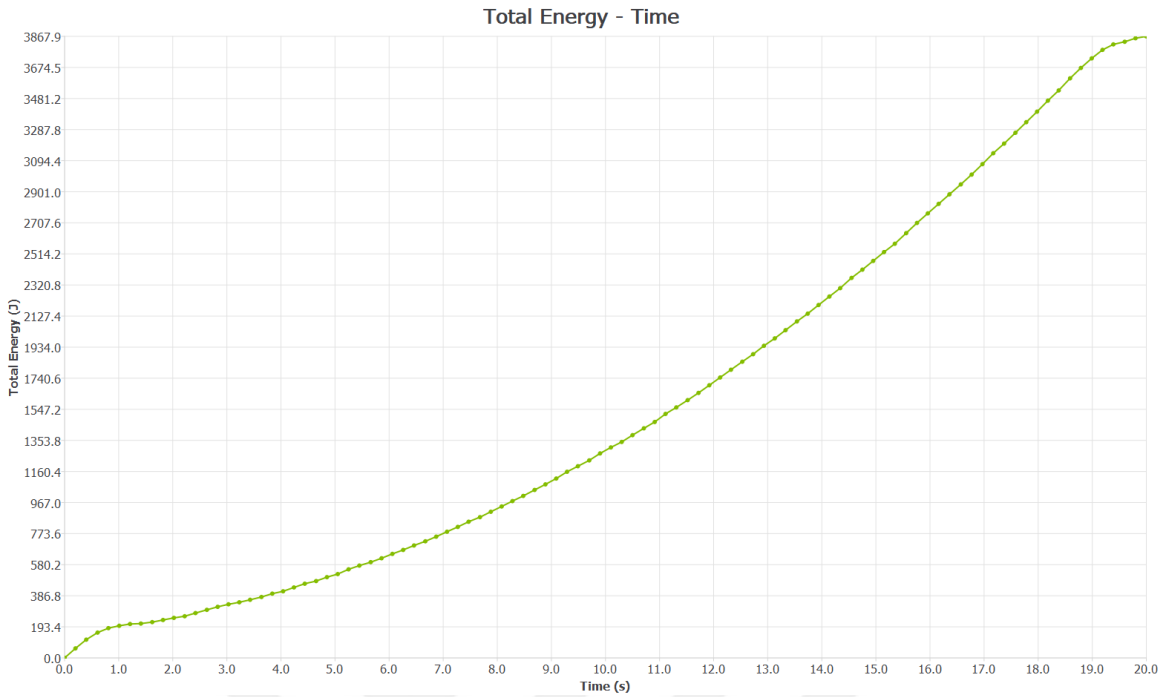
Şekil 4.42. Çap 80mm malzemenin Potansiyel Enerji-Zaman Grafiği



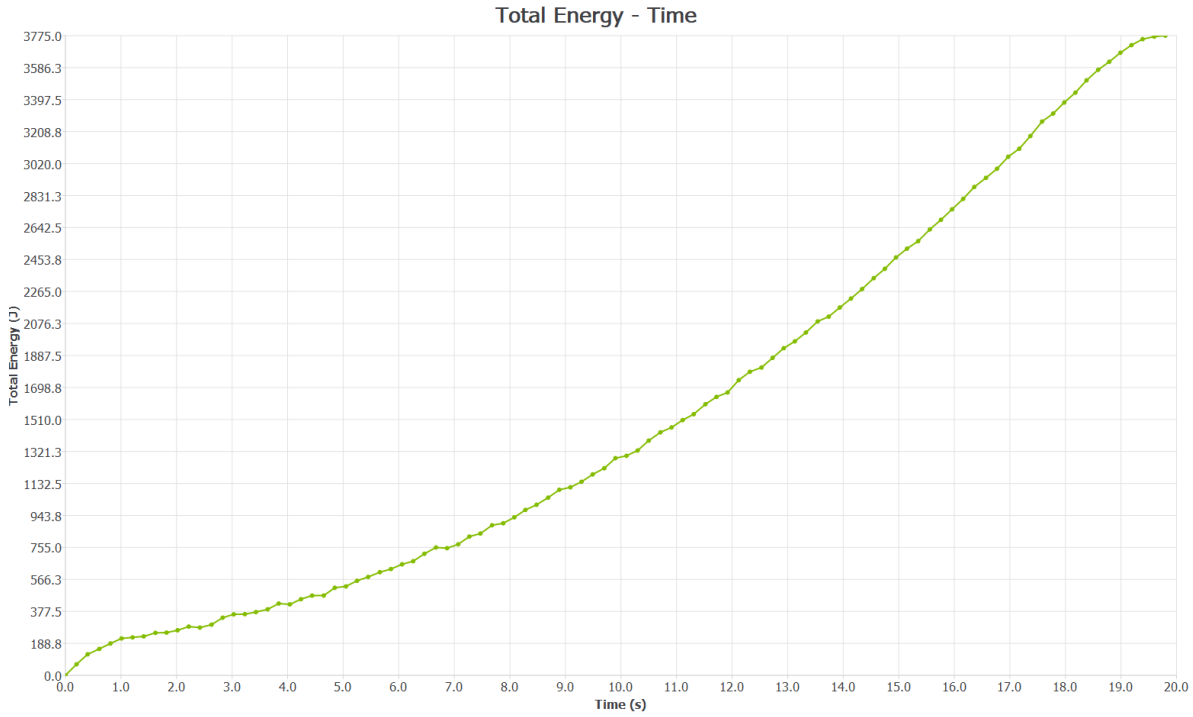
Şekil 4.43. Çap 160mm malzemenin Potansiyel Enerji-Zaman Grafiği

Potansiyel enerji kütlenin sabit olduğu durumda konumundan kaynaklı sahip olduğu enerjidir. Potansiyel enerji grafiklerini incelediğimizde üç farklı büyüklükteki malzemenin potansiyel enerji değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Debilerin ve hızların aynı olması sebebiyle birim alanda oluşan kütlesel birikmeler aynı olacaktır. Bununla birlikte aynı konveyör kullanıldığı içinde aynı yüksekliklere sahip olacaklardır. Potansiyel enerji de kütle ve yükseklik ile doğru orantılı olduğu için grafik sonuçları neredeyse aynıdır.

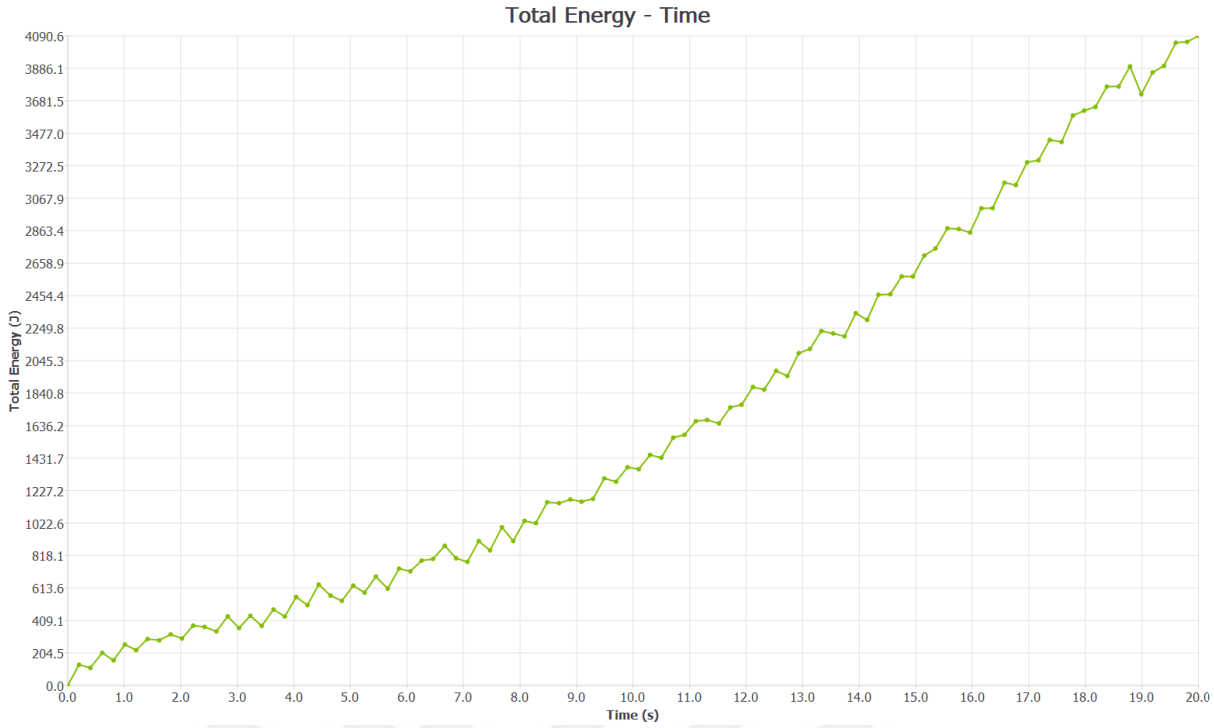
4.8.3.Toplam Enerjinin İncelenmesi



Şekil 4.44. Çap 40mm malzemenin Toplam Enerji-Zaman Grafiği



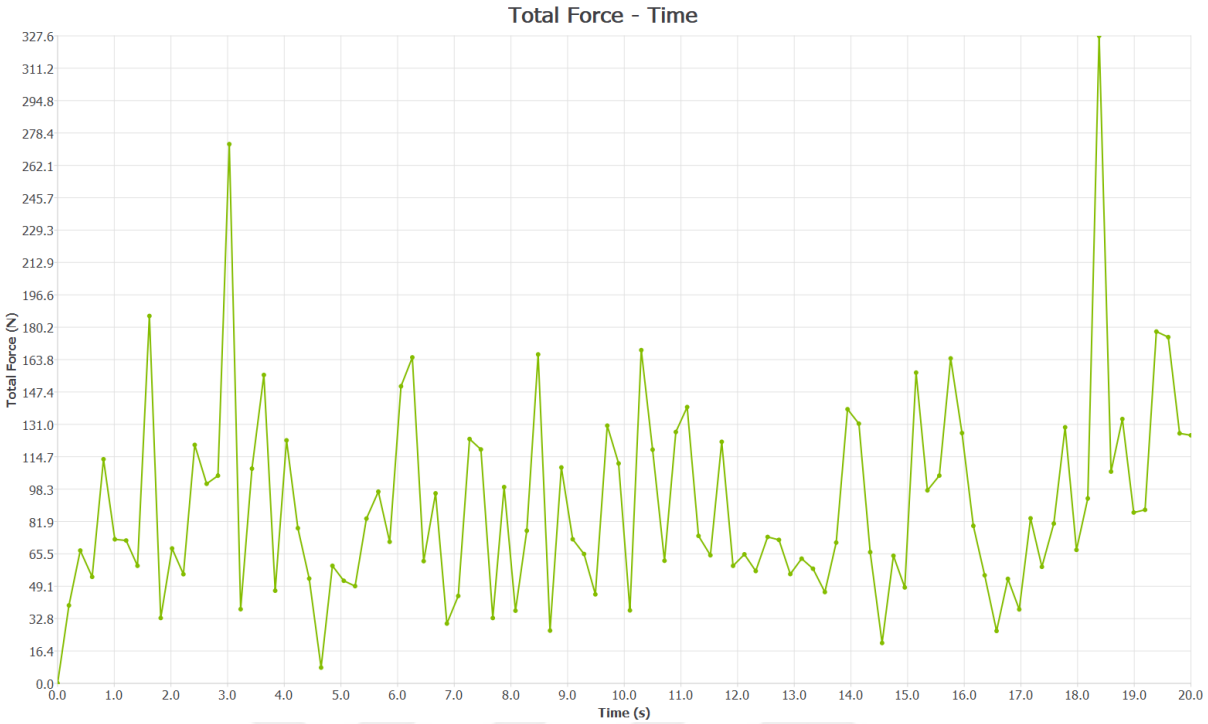
Şekil 4.45. *Çap 80mm malzemenin Toplam Enerji-Zaman Grafiği*



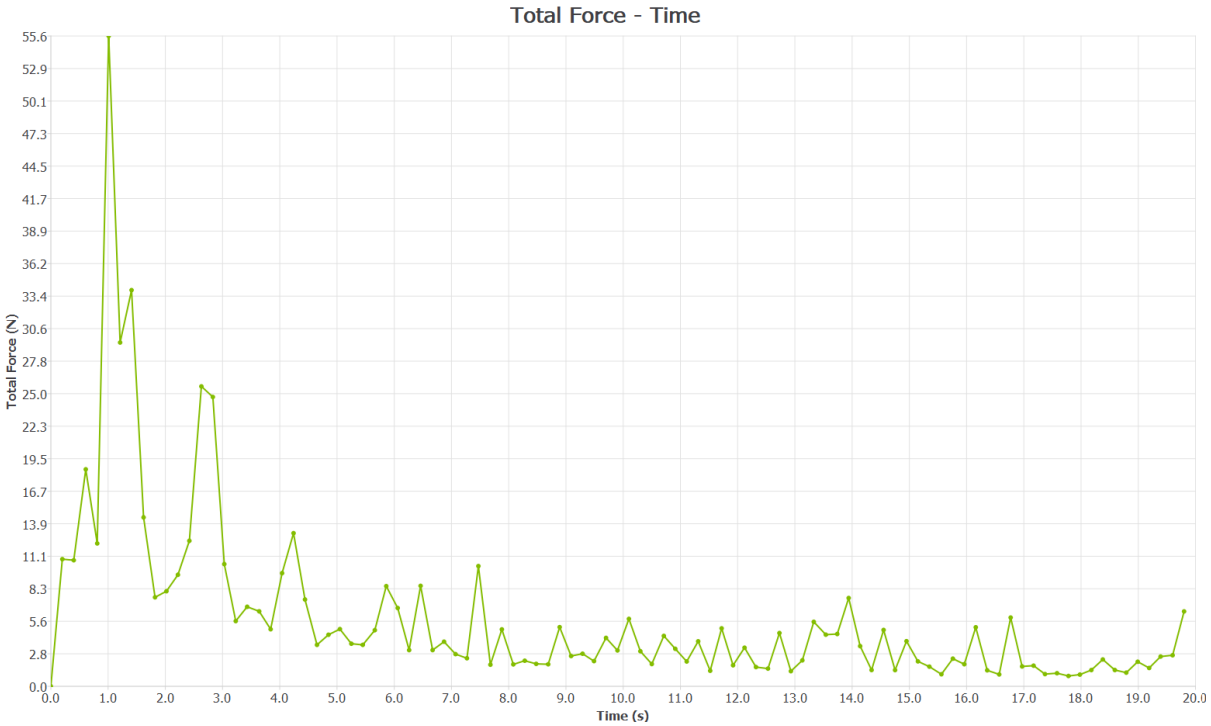
Şekil 4.46. Çap 160mm malzemenin Toplam Enerji-Zaman Grafiği

Toplam enerji, büyük bir kısmının kinetik ve potansiyel enerjinin oluşturduğu, etki eden tüm kuvvetlerin toplamıdır. Üç farklı malzeme içinde toplam enerji grafikleri potansiyel enerji grafiklerine benzemektedir çünkü düşük hızda kinetik enerji düşüktür bu nedenle potansiyel enerji nerdeyse toplam enerjiyi oluşturur. En büyük çaptaki üründe diğerlerine nazaran potansiyel enerji grafiğinden biraz daha farklıdır çünkü kinetik enerjisi diğer iki ürüne göre çok daha yüksektir bu da toplam enerji değerini yükseltmektedir.

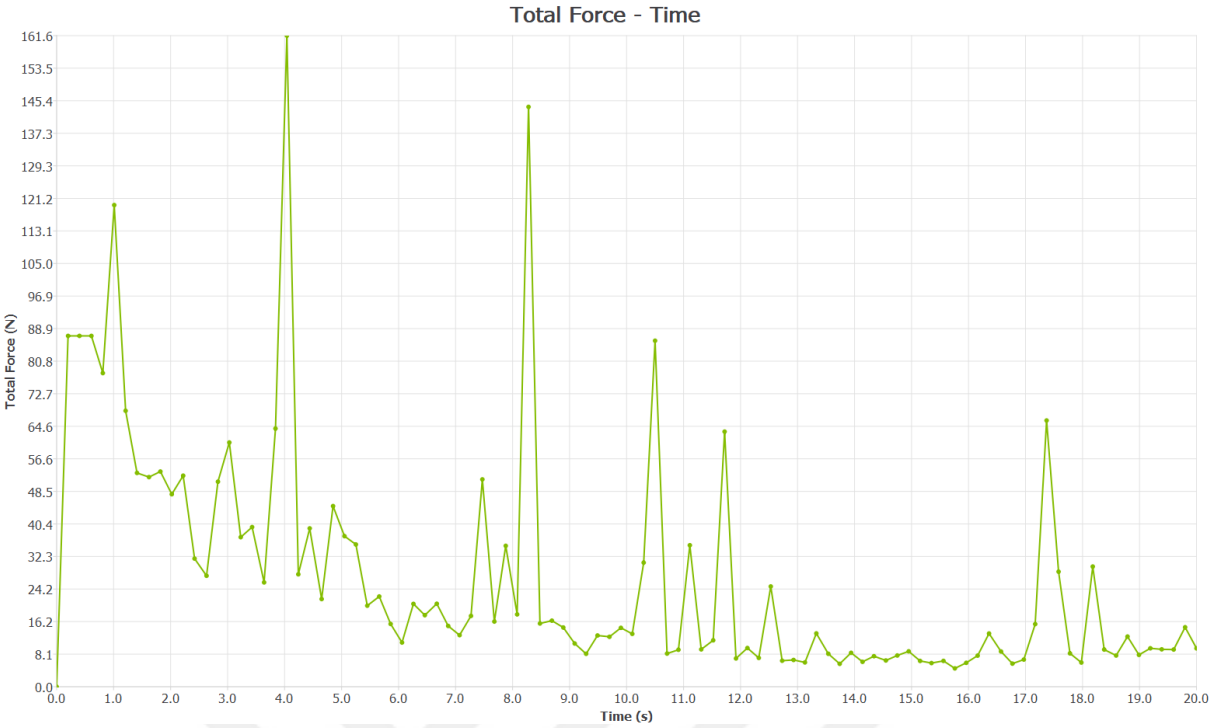
4-Oluşan Toplam Kuvvetin İncelenmesi



Şekil 4.47. Çap 40mm malzemenin Toplam Kuvvet-Zaman Grafiği



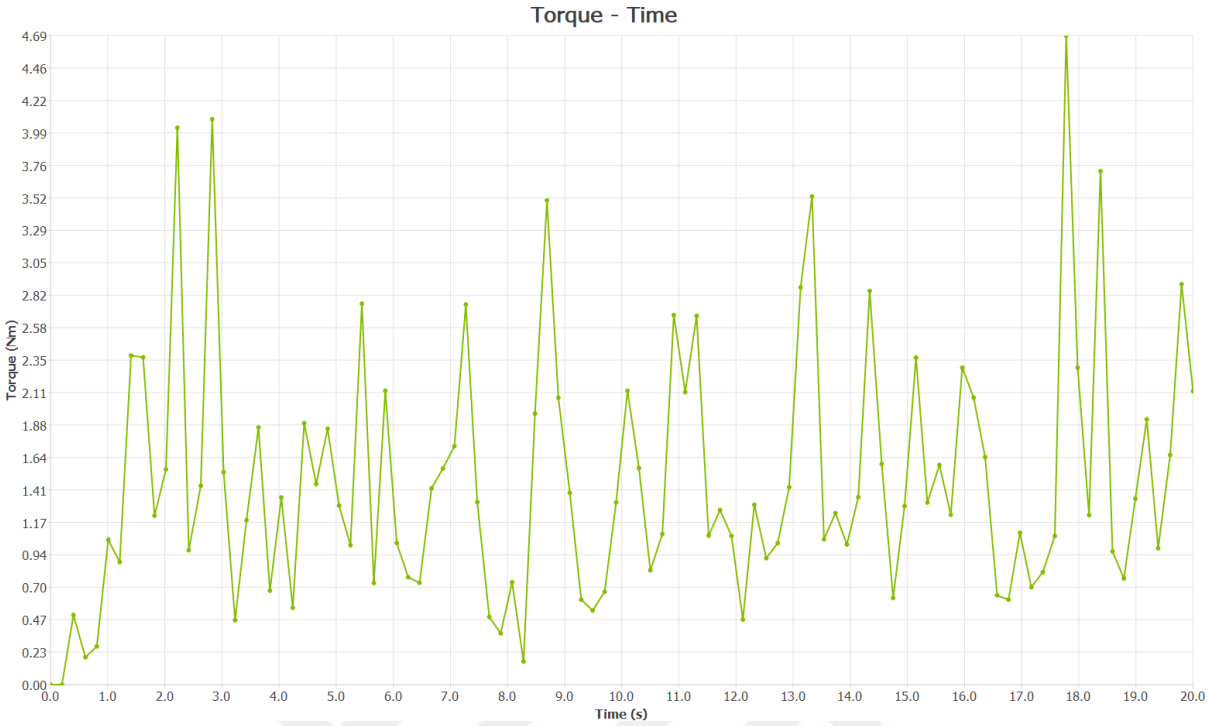
Şekil 4.48. Çap 80mm malzemenin Toplam Kuvvet-Zaman Grafiği



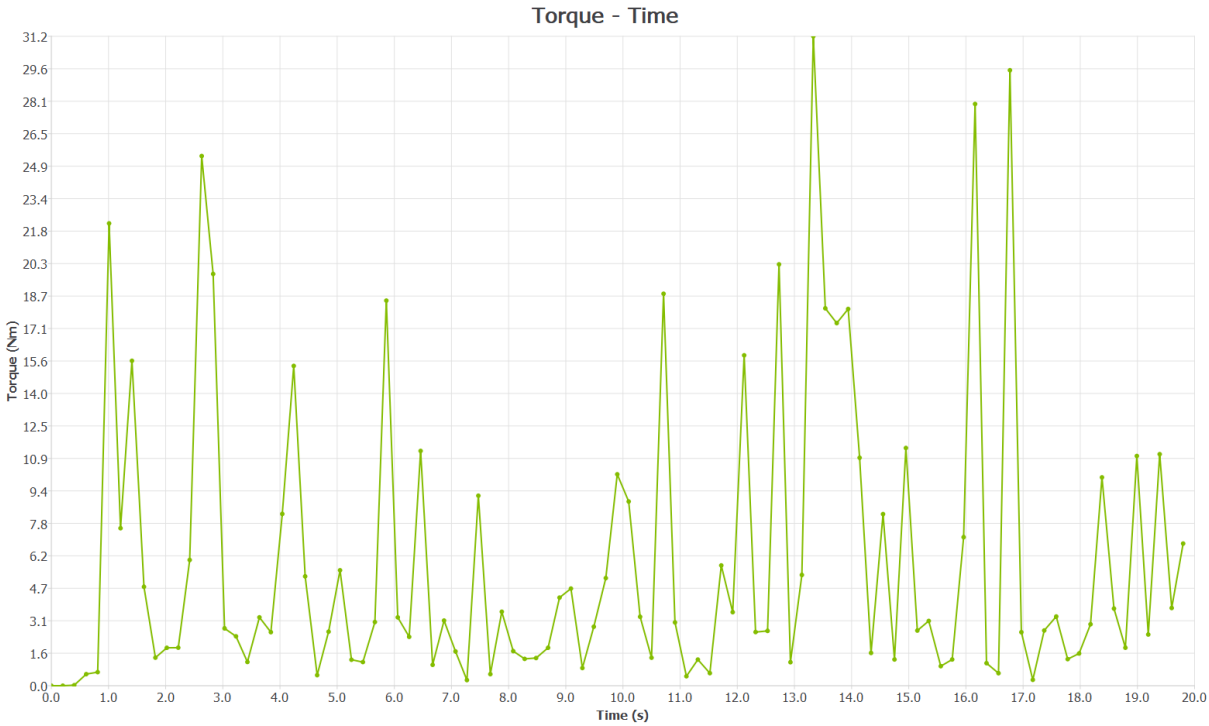
Şekil 4.49. Çap 160mm malzemenin Toplam Kuvvet-Zaman Grafiği

Toplam kuvvet kuvvetler; sürtünme kuvveti, yerçekimi kuvveti, itme kuvveti, yuvarlanma kuvveti vb. kuvvetlerin hepsini kapsamaktadır. Büyük çaplı ürün taşıyan konveyörde açığa çıkan sürtünme kuvveti çok daha fazladır. Sürtünme kuvveti, hava direnci ve yol/yüzey sürtünmesinden kaynaklanır ve ağırlık arttıkça sürtünme kuvvetine sebep olan bu kuvvetler daha fazla etkili olur.

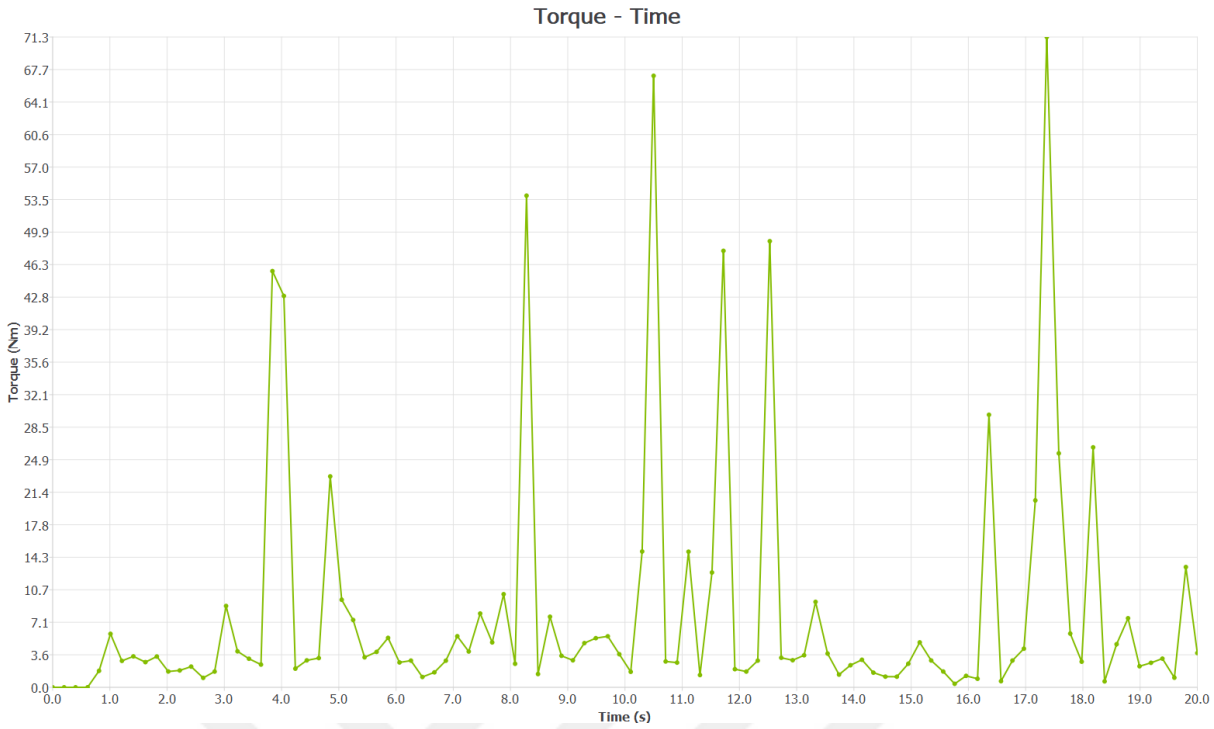
4.8.5.Oluşan Torkun İncelenmesi



Şekil 4.50. Çap 40mm malzemenin Tork-Zaman Grafiği



Şekil 4.51. Çap 80mm malzemenin Tork-Zaman Grafiği



Şekil 4.52. Çap 160mm malzemenin Tork-Zaman Grafiği

Bantlı eğik konveyörlerde tork hesabı; konveyörün eğim açısı, taşınan yükün ağırlığı, bant hızı ve bant genişliği gibi faktörlere bağlıdır. Deneyde sabit eğim açısı, sabit bant hızı, sabit bant genişliği olduğu için tork değeri yükün ağırlığı ile doğru orantılı olarak artar. Grafik sonuçlarında da bu gözlemlenmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı eğik bantlı konveyörde malzeme büyüklüğünün ve konveyör hızının taşımayı nasıl etkilediğini incelemektir. "Farklı Eğimlerdeki Bantlı Konveyörlerde Kapasitenin Ayrık Elemanlar Metoduyla (DEM) İncelenmesi" makalesinde DEM'de elde edilen kütle grafiklerinden; konveyör eğimi arttıkça, malzemenin geri kaymasının arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda konveyör eğimi arttıkça kapasitenin azaldığını da DEM analizlerinde gözlemlenmiş [30]. Bu araştırmaya paralel nitelikteki makale de yapılan deneyler tek bir eğim açısında malzemenin nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir. İlk olarak eğik bantlı konveyörle alakalı geniş bir araştırmaya yer verilip akabinde üzerinde DEM analizi yapılabilecek uygun eğik konveyör tasarımı oluşturuldu. Daha sonra iki farklı deney ortamında DEM (Discrete Element Method) analizleri yapıldı ve veriler ışığında bazı çıkarımlarda bulunuldu.

- Aynı malzemeler farklı hızlarda davranışları incelendiğinde kinetik enerjileri hızları ile paralel bir artış gösteremediği görülmüştür. Düşük hızda kinetik enerji değeri zamanla çok az değişikliğe uğrarken, yüksek hızda değişim gözle görülebilir olmuştur. Kinetik enerji hızın karesi ile orantılıdır. İki grafik incelendiğinde hızlı olan konveyör için kinetik enerji değerleri ortalama iki katı daha fazladır. Tüm etkiler ihmal edildiğinde dört kat daha hızlı bir konveyörde kinetik enerjinin diğer konveyöre nazaran çok daha fazla olması gerekmektedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında sürtünme, kayma vb. kuvvetlerin etkileri hızlı olan konveyörde daha çok olur çıkarımı yapılabilir.
- Aynı malzemeler farklı hızlarda toplam kuvvet grafiği incelendiğinde sürtünme kuvveti, hava direnci ve yol/yüzey sürtünmesinden kaynaklanır ve hız arttıkça sürtünme kuvvetine sebep olan bu kuvvetler hızlı olan konveyörlerde daha fazla etkili olduğu gözlemlenmiştir. Toplam kuvvet diyagramlarında hızlı olan konveyörde daha keskin yükselişler ve daha yüksek kuvvet değerleri gözlemlenir.
- Toplam enerji üç farklı malzeme içinde potansiyel enerjiye benzemektedir çünkü düşük hızda kinetik enerji düşüktür bu nedenle potansiyel enerji nerdeyse tüm enerjisini oluşturur. En büyük çaptaki üründe diğerlerine nazaran potansiyel enerji daha farklıdır çünkü kinetik enerjisi diğer iki ürüne göre daha yüksektir bu da toplam enerji değerini yükseltmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Roberts, A.W. Economic analysis in the optimization of belt conveyor system.In Proceedings of the International Materials Handlings Conference (Beltvon) 1, Johannesburg, South African, 1981

Smith, W.A.C and Spriggs, G.H. Long overlandconveyors, In Proceedings of the International Materials Handlings Conference (Beltvon) 1, Johannesburg, South African, 1981

[2] https://www.redlinesystems.com/the-benefits-of-an-incline-conveyor/ [Erişim tarihi:2024]

[3] https://usawire.com/the-benefits-of-inclined-belt-conveyors/, [Erişim tarihi: 12 Temmuz 2023].

[4] L. Gładysiewicz, W Kawalec, R. Król, Selection of carry idlers spacing of belt conveyor taking into account random stream of transported bulk material., Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability. 1 (2016), pp. 32-37.

[5] https://www.gramconveyor.com/disadvantages-of-belt-conveyor/[Erişim tarihi: 02.2024/ Derleyen Jordan Smith].

[6] Lech Gładysiewicz, "Measurements of Loads on Belt Conveyor Idlers Operated in Real Conditions", DOI:10.1016/j.measurement.2018.10.068,October 2018.

[7] Allen Reicks," Belt Conveyor Idlers Roll Behavior", January 2008.

[8] Fedorko G, Molnár V, Dovica M, et al. Analysis of defects in carcass of rubber–textile conveyor belts using metrotomography. Journal of Industrial Textiles. 2018;47(7):1812-1829.

[9] Tatar, Ç., "Yeni nesil bantlı konveyörlerin özellikleri", Maden Öcak Teknolojileri, APA yayın grubu, Yıl:5, Sayı:26, Öcak-Şubat 2015, İSSN: 2146- 0531.

[10] Savaş KİRENLİ,"Farklı Yöntemlerle Birleştirilmiş Endüstriyel Tesis Konveyör Bantların Dayanım Mukayesesi", Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi,2021.

[11] A. Kabziński, "Rubber Textile Composites. Application of Fabrics in Conveyor Belts ", Institute of Security Technologies "MORATEX", Techniczne Wyroby Włókiennicze 2010.

[12]Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), Belk Conveyor for Bulk Material Book,1979.

[13] D. K. Sadhan and J. R. White “Rubber Technologist’s Handbook”, Rapra Technology Limited, 2001.

[14] R. Blazej, L. Jurdziak, A. Kirjanów and T. Kozlowski “A device for measuring conveyor belt thickness and for evaluating the changes in belt transverse and longitudinal profile”, Diagnostyka, vol. 18, no 4, pp. 97-102, 2017.

[15] Cheng, Hong, Gao, yulin & Zhao, Shujing, A X-ray Non-destructive Test System for Mine Conveyer Belt. High Technology Letters. Vol.3, No.1, June 1997, 26~29.

[16] İ.Gerdemeli, C.E.İmrak, M.K.Kesikçi, Birsen Yay,Sürekli Transport Sistemleri, İstanbul, 2005.

[17] Joseph A. Dos Santos, “Sandwich Belt High Angle Conveyors Coal Mine to Prep Plant and Beyond”, October 2016, XVIII International Coal Preparation Congress (pp.111-117)

[18] H. Zorlu, “Bantlı Götürücülerin Öptimizasyonu,” Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 2009.

[19] PCI,”Conveyor Pulley Selection Guide”, 2021.

[20] Катрюк И. С. Машины непрерывного транспорта. Конструкции, проектирование и эксплуатация: учеб. пособие / И. С. Катрюк, Е. В. Мусияченко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. 266 с.

[21] Czuprynski M. Elastomery poliuretanowe napelniane granulatem gumowy / M. Czuprynski // Polimery, 2004, vol. 49, no. 92, pp. 110-113.

[22] D. V. Hrydziushka, A. V. Bryzhevich, E. V. Piskun ,” Selection of Material for Facing Drive Drum of Belt Conveyor “,DOI: 10.17073/2500-0632-2019-2-132-143, 2019.

[23] Berk Gencay Genççakır,” Sabir Bantlı Konveyörler ve Bunların Gergi Tertibatlarının İncelenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2013.

[24] Swinderman, R., Marti, A., Goldbeck, L., Marshall, D. And Strebel, M., Foundations, Martin Engineering, Neponset, ABD, 2009-2012.

[25] Orianne Jenck , Richard Kastner , Daniel Dias ,"Discrete element modelling of a granular platform supported by piles in soft soil--Validation on a small scale model test and comparison to a numerical analysis in a continuum",July 2009, Computers and Geotechnics 36(6):917-927.

[26] Gezgin A.T., B. Soltanbeigi, A. Altunbas, and O. Cinicioglu, "Multi-scale Investigation of Active Failure for Various Modes of Wall Movement", Frontiers of Structural and Civil Engineering, 2021 Vol. 15, pp. 961-979.

[27] J. E. Bowles, "Foundation Analysis and Design," 5., The McGraw-Hill Companies, Inc., 1996, p. 125.

[28] G. Fedorko and V. Ivančo, "Analysis of force ratios in conveyor belt of classic belt conveyor," Procedia Eng., 2012, vol. 48, pp. 123–128.

[29] https://web.itu.edu.tr/~ismail/band.pdf. [Erişim tarihi:2024]

[30] Enes SEZER, Berna BÖLAT, Birgül AŞÇİÖĞLU TEMİZTAŞ; "Farklı Eğimlerdeki Bantlı Konveyörlerde Kapasitenin Ayrık Elemanlar Metoduyla (DEM) İncelenmesi"; DUJE (Dicle University Journal of Engineering) 13:4 (2022) Sayfa 709-714.

ÖZGEÇMİŞ

Meryem SÖNMEZ

Doğum tarihi/yeri:

Telefon:

Mail:

Eğitim Bilgileri

	GANO:3.1
Lisans	Marmara Üniversitesi
2016-2020	Makine Mühendisliği
	GANO:3.7
Yüksek Lisans	Marmara Üniversitesi
2021-2024	Makine Mühendisliği Ana Bili Dalı

Deneyim

	09.2022-06.2024
Mekanik Tasarım Sorumlusu	Mimpack Ambalaj
	08.2020-08.2022
AR-GE Mühendisi	Tornado Gas Springs and End Fittings
	08.2020-08.2022
Stajyer	ASELSAN
	09.2019-02.2020
Stajyer	EPA Otomasyon
	06.2018-09.2018
Stajyer	OMS Collection