

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HELEZON KONVEYÖR İÇERİSİNDEKİ
MALZEME AKIŞININ MODELLENMESİ**

KEREM YÜCESAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE TEORİSİ VE KONTROL PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. MUHARREM E. BOĞOÇLU**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HELEZON KONVEYÖR İÇERİSİNDEKİ
MALZEME AKIŞININ MODELLENMESİ

Kerem YÜCESAN tarafından hazırlanan tez çalışması 22/12/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Berna BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Mühendislik, bilimsel verileri kullanarak teknolojiyi günümüz koşullarına uygun şekilde insanlık yararına uygulamak ve sürekli geliştirmektir. Mühendislik ekipmanları insanlık tarihi boyunca ilk icatlarından beri, tıpkı Arşimet 'in ilk helezon konveyöründe olduğu gibi geliştirilmiş, iyileştirilmiş ve iyileştirilmeye devam edilecektir. Endüstriyel süreçlerin önemli bir parçası olan helezon konveyörlerin optimizasyonunu hedef alan bu yüksek lisans tezi çalışması da aynı mühendislik vizyonu doğrultusunda yapılmıştır. Çalışmanın ileride bu konu hakkında araştırma yapan kişi veya kurumlarca faydalanılabilecek bir kaynak olarak kullanılabileceği bir rehber olmasını dilerim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen sevgili annem, kardeşim ve anneanneme, çalışmama yaptıkları tüm katkılardan dolayı Yüksek Makine Mühendisi Sn. Berk GÜNGÖR ve Makine Mühendisi Sn. Semih SELÇUK 'a, manevi desteklerinden dolayı Malzeme Mühendisi Sn. Ethem Çağrı İNAN 'a, bu günlere gelmemi sağlayan ve Yüksek Mühendis olmamı ilk günden beri teşvik eden babam, Makine Mühendisi Sn. Mehmet YÜCESAN ve büyükbabam, Makine Mühendisi Sn. Süleyman YÜCESAN 'a, tez çalışmam esnasında değerli vaktini bana ayıran, güler yüzü ve hoşgörüsünü hiçbir zaman eksik etmeyerek sabırla beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Sn. Muharrem E. BOĞOÇLU 'ya teşekkürleri bir borç bilirim.

Aralık, 2015

Kerem YÜCESAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
HELEZON KONVEYÖRLER	3
2.1 Helezon Konveyörlerin Tasarımı	7
2.1.1 Helezon Konveyörün Parçaları	7
2.1.2 Helezon Konveyörlerin Sınıflandırılması	8
2.1.3 Eğik Helezon Konveyörler	8
2.1.4 Esnek Helezon Konveyörler	10
2.1.5 Helezonların Sınıflandırılması	11
2.2 Helezon Konveyörler ile İletilen Malzemeler	16
2.2.1 İletilecek Malzemelerin Özellikleri	17
2.2.2 Malzemelerin Sınıflandırılması	17
2.2.3 Parça Boyutlarının Sınıflandırılması	18
2.2.4 Polipropilen Malzemesinin Tanımı	19
2.2.4.1 Polipropilen'in Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	21

2.2.4.2	Polipropilen Üretimi	22
2.3	Helezon Konveyörlerde Hesaplamalar	23
2.3.1	Helezon Konveyörlerde İletim Kapasitesi Hesabı.....	24
2.3.2	Örnek Bir İletim Kapasitesi Hesabının Yapılması.....	26
BÖLÜM 3		
HELEZON KONVEYÖR MODELİNİN TANIMLANMASI		27
3.1	DeneySEL Çalışmalar ile İlgili Bilgi Verilmesi	27
3.2	Tanecikli Malzeme Hareketinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellenmesi.....	29
3.3	Modelin Simülatör İçerisinde Tanımlanması ve Yapılan Çalışmalar	30
BÖLÜM 4		
SONUÇ VE ÖNERİLER		34
4.1	DeneySEL Verilerin Simülasyon Çıktıları ile Karşılaştırılması.....	34
4.2	Diğer Simülasyon Verilerinin Değerlendirilmesi	35
4.2.1	İletim Kapasitesinin Zamana Bağlı Değişim Grafiğinin Yorumlanması .	35
4.2.2	İletim Kapasitelerin Helezon Dönme Hızına Göre Değişimi	36
4.2.3	İletim Kapasitelerin Helezon Eğim Açılarına Göre Değişimi.....	38
4.2.4	Tanecik Boyutu Değişiminin İletim Kapasitesine Etkisi	39
4.2.5	Helezon ile Oluk Arasındaki Aralığın İletim Kapasitesine Etkisi	40
4.2.6	Helezon Konveyörlerin Toplam Malzeme Enerjisine Göre İncelenmesi	41
4.3	Helezon İçerisindeki Malzeme Akışına Yapılan Yaklaşımlar	42
4.4	Yapılan Varsayımlar ve Varsayımların Çıktılara Etkisi.....	43
EK-A		
HELEZON KONVEYÖRÜN SOLIDWORKS® 'DA ÇİZİMİ		46
A-1	Helezonun Çizimi	46
A-2	Yatay Helezon Oluşu ve Besleme Kovanının Çizimi	47
A-3	Helezonun Oluşu ve Besleme Kovanının Birleştirilmesi	49
A-4	Eğim Açılı Helezon Oluşu ve Besleme Kovanının Çizimi	51
EK-B		
SİMÜLATÖRÜN KULLANIMI		55
B-1	Programın Tanıtılması.....	55
B-2	Polipropilen 'in Modellenmesi	56
ÖZGEÇMİŞ.....		58

SİMGE LİSTESİ

γ	Özgöl ağırlık, gr/cm^3
R_m	Çekme dayanımı, kg/cm^2
E	Elastik modül, MPa
ε	Kopma uzaması, %
σ	Darbe dayanımı, kJ/m^2
Q	İletim kapasitesi, kg/s
Q_{ex}	DeneySEL İletim kapasitesi, kg/s
Q_L	Kaçak akımı, kg/s
Q_n	Net İletim kapasitesi, kg/s
μ_d	Dinamik viskozite, Pa.s
S	Helezon sarımının enine iz düşüm alanı, m^2
s	Hatve, m
D	Helezon çapı, m
D_i	Oluk iç çapı, m
d	Helezon milinin çapı, m
L	Helezonun boyu, m
k	Eğim faktörü
n	Helezonun dönme hızı, dev/dak
ρ	Yoğunluk, kg/m^3
Ψ	Doldurma Faktörü
c_s	İletim faktörü
α	Eğim açısı, °
Δ	Helezon ile oluk arasındaki boşluk, m
\emptyset	Çap, m
F_t	Teğetsel kuvvet, N
F_n	Normal kuvvet, N
μ_s	Sürtünme katsayısı
ν	Poisson oranı
G	Kayma modülü, Pa
e	Geri sıçrama katsayısı

KISALTMA LİSTESİ

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
CAD	Computer Aided Design
CFD	Computational Fluid Dynamics
DEM	Discrete Element Method
DIN	Deutsches Institut für Normung
HDPE	High Density Polyethylene
LDPE	Low Density Polyethylene
PP	Polipropilen
TS	Türk Standardı
UV	Ultraviolet

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Helezon konveyörün genel görünümü 3
Şekil 2.2	Arşimet 'in konveyörü..... 4
Şekil 2.3	Helezon konveyörün parçaları 7
Şekil 2.4	Eğik helezon konveyörler 9
Şekil 2.5	Esnek helezon konveyör 11
Şekil 2.6	Sırasıyla sol ve sağ helisin görünümü 11
Şekil 2.7	Standart helezon 12
Şekil 2.8	Şerit helezon 12
Şekil 2.9	Kesik helezon 13
Şekil 2.10	Kesik kıvrımlı helezon..... 13
Şekil 2.11	Kanatlı helezon..... 13
Şekil 2.12	Baltalı helezon..... 14
Şekil 2.13	Düşük hatveli helezon 14
Şekil 2.14	Kesikli helezon 15
Şekil 2.15	Artan hatveli helezon..... 15
Şekil 2.16	Şaftsız helezon 15
Şekil 2.17	Sıkıştırılmalı helezon 16
Şekil 2.18	Tanecikli malzemeler: şeker, pirinç, kahve, müsli 16
Şekil 2.19	Şev açısının belirlenmesi 17
Şekil 2.20	Polipropilen 'in görünümü 21
Şekil 2.21	Polipropilen 'in üretim şeması 23
Şekil 2.22	Helezon konveyörde ölçüler 24
Şekil 3.1	Cundall and Strack (1979) 'in "linear spring-dashpot-slider" modeli..... 30
Şekil 3.2	Yüzeyin üçgensel ağlarla modellendiği helezon konveyör çizimi 31
Şekil 3.3	Hertz-Mindlin temas modelinin şematik gösterimi 32
Şekil 3.4	Ucuna sanal debi ölçer yerleştirilmiş helezon konveyör 33
Şekil 4.1	DeneySEL ve Simülatör kapasitelerinin karşılaştırılması 34
Şekil 4.2	İletim kapasitesinin zamana bağlı değişim grafiği (30° ve 184 dev/dak)..... 36
Şekil 4.3	Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (0°) 36
Şekil 4.4	Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (30°) 37
Şekil 4.5	Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (45°) 37

Şekil 4.6	Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (60°)	37
Şekil 4.7	İletim kapasitelerinin eğim açısına göre değişimi.....	39
Şekil 4.8	Tanecik boyutunun iletim kapasitesine etkisi (250 dev/dak, 30°, Ø4 mm)	40
Şekil 4.9	Tanecik boyutunun iletim kapasitesine etkisi (250 dev/dak, 45°, Ø4 mm)	40
Şekil 4.10	Helezon ile oluk arasındaki boşluğun iletim kapasitesine etkisi.....	41
Şekil 4.11	Toplam yığın enerjisinin eğim ve hıza göre değişimi	42
Şekil 4.12	Malzeme akış şekilleri (sırasıyla yığın tipi ve tabaka tip akış).....	43
Şekil A.1	Helezon	47
Şekil A.2	İçi dolu besleme kovanı	48
Şekil A.3	Helezon oluşu ve besleme kovanı.....	48
Şekil A.4	Helezon ve oluk-kova yüzey seçimi	49
Şekil A.5	Eş merkezli helezon ve oluk-kova	49
Şekil A.6	Helezon ve oluğun birleştirilmesi	50
Şekil A.7	Helezon ve oluk-kova.....	50
Şekil A.8	Yeni yüzey oluşturma.....	51
Şekil A.9	Kovanın alt kısmının çizimi.....	52
Şekil A.10	Kovanın alt kısmının ön çizimi.....	52
Şekil A.11	İçi dolu eğimli kova	53
Şekil A.12	Eğimli oluk ve kova.....	53
Şekil A.13	Eğimli (45°) oluk-kova-vida	54
Şekil B.1	Simülatörün genel görünümü.....	55
Şekil B.2	Polipropilen 'in özellikleri	56
Şekil B.3	Polipropilen simülatör modeli	57

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Helezon konveyörlerde taşınabilecek malzeme büyüklükleri (DIN 15261)..... .. 19
Çizelge 2.2	Polipropilen 'in bazı kullanım alanları 20
Çizelge 2.3	Polipropilen 'in teknik değerleri 22
Çizelge 2.4	İletim faktörü tablosu (DIN 15261) 25
Çizelge 2.5	Helezon eğim açısına bağlı eğim faktörü (TS 10115) 25
Çizelge 2.6	Helezon doldurma faktörü değerleri (TS 10115) 25
Çizelge 2.7	Standart helezonlar için helezon çapı, hatve ve maksimum dönme hızları (DIN 15261) 26
Çizelge 3.1	Deneysel helezon konveyörün özellikleri..... 27
Çizelge 3.2	Eğim açlarına göre helezon konveyörün iletim kapasitesi değerleri..... 28
Çizelge 3.3	Deneysel eğim katsayıları..... 28

HELEZON KONVEYÖR İÇERİSİNDEKİ MALZEME AKIŞININ MODELLENMESİ

Kerem YÜCESAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU

Helezon konveyörler tarım ve diğer endüstriyel süreçlerde dökme yüklerin taşınması veya kaldırılmasında kısa ve orta mesafelerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kullanım kolaylıklarının tersine dökme yükün taşınma hareketinin modellenmesi karmaşık konveyör tasarım ve hesaplarının yapılmasını gerektirir. Standartlarda belirtilen teorik formüllerin yanı sıra her üretici firma zaman içerisinde edindikleri tecrübelerle dayanarak kendi tasarım kriterlerini oluşturmuştur. Taşınacak malzeme cinsinin çeşitliliği ve tanecikli malzeme hareketini modelleme zorluğu göz önüne alındığında her uygulama için özel bir konveyör tasarlanması zorunluluğu doğmuştur. Deneme yanılma yöntemleriyle oluşturulan standartlar ekonomik çözümler sunmadığı için en etkin yöntemin sistemin üretim öncesinde bilgisayar yazılımları ile modellemesinin olduğu anlaşılmıştır. Yapılan bu çalışmada çeşitli eğim açılarındaki helezon konveyörler ile polipropilen malzeme aktarımı bilgisayar ortamında modellenmiş, alınan malzeme iletim kapasitesi değerleri test ölçümleri ve teorik değerler ile kıyaslanarak bilgisayar ortamında yapılan modellemenin sapmaları incelenmiştir. Çalışmanın sonunda helezon hız ve açıları, helezon ve oluk arasındaki boşluk ve tanecik boyutu gibi parametreler değiştirilerek yapılan simülasyonların çıktıları grafik haline getirilmiş, bunların iletim kapasitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Helezon konveyör tasarımında “SolidWorks®” çizim programı ve polipropilen malzemenin tasarımı ve simülasyonunun gerçekleştirilmesi için sonlu elemanlar yöntemi analizi yapan bir bilgisayar programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Helezon konveyör, polipropilen, iletim kapasitesi, eğim faktörü

FLOW MODELLING OF PARTICLE IN SCREW CONVEYORS

Kerem YUCESAN

Department of Mechanical Engineering

M.Sc. Thesis

Adviser: Asst. Prof.Dr. Muharrem E. BOGOCLU

Screw conveyors have a wide range of usage area conveying or elevating of bulk materials in agricultural and other industrial processes along short and medium distances. Despite their simplicity of usage, modelling of the dynamics of granular materials is required to make complicated math calculations and complex screw designs. Beside having knowledge of standart equations, each manufacturer has their individual design criteria referring to past experiences. However, it is necessary to design a specific conveyor for each application because of the variety of materials and the design difficulty of complex material motion. Because the designing rules obtained from trial and error method don't offer a reasonable economical result, modelling of the whole system with a computer software is the most efficient way for companies before manufacturing process. In this study, polypropylene material flow has been simulated with using a computer software for different screw conveyor angles. Mass flow rate results obtained from simulations have compared with experiments and theoretical calculations. Then differences between software and experimental outputs for different conveyor angles have been investigated. At the end of the study, the effects of changing some specific conveyor and material parameters on mass flow rate outputs have been determined. "SolidWorks®" CAD software has been used for designing of screw conveyors and a Discrete Element Method software has been driven for modelling and simulating of polypropylene material.

Keywords: Screw conveyors, polypropylene, mass flow rate, incline factor

1.1 Literatür Özeti

Bolat ve Boğoçlu (2012), kurmuş oldukları deney düzeneği ile yaptıkları çalışmada standart tip helezon konveyörün, farklı eğim açılarında ve sabit bir helezon dönme hızında tanecikli polipropilen malzemesi (PP) için iletim kapasitelerini ölçmüşlerdir [1]. Konveyörün eğim açısına bağlı olarak değişen iletim kapasitesi değerleri (Q_{ex}) ileride sunulacağı gibi çizelge haline getirilmiştir. Buna ek olarak, polipropilen malzemeye yapmış oldukları viskozite ölçüm testi ile malzemeye bir dinamik viskozite değeri (μ_d) tanımlayarak malzemenin akışkanlık değerini belirlemişlerdir. Belirlemiş oldukları dinamik viskozite değerini, farklı iletim açılarında tanecikli malzemenin helezon ile oluk duvarları arasında bulunan boşluktan eğim sebebiyle geri yuvarlanması sonucu oluşan teorik kaçak akımının (Q_L) hesaplanmasında kullanmışlardır. Deneysel iletim kapasiteleri (Q_{ex}) ile teorik kaçak akımları toplanarak iletim açlarına bağlı olarak değişen konveyör net iletim kapasiteleri (Q_n) belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda, bu deneyler için tespit etmiş oldukları konveyör net iletim kapasitesi değerlerini kullanarak, helezon konveyörlerin tasarımı için yapılan teorik hesaplarda kullanılan ve standartlar ile belirlenmiş helezon eğim faktörü (k) değerlerinin kullanmış oldukları helezon tipi ve malzeme için standartlardan sapma yaptığı sonucuna vararak, helezon eğim faktörü değerleri için farklı bir yaklaşım yapılması gerekliliğini belirtmişlerdir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin başlıca amaçları: endüstriyel süreçlerde yaygın bir kullanım alanına sahip olan helezon konveyörlerin işlevinin ve tasarım kriterlerinin tanıtılması, helezon konveyörler ile taşınan malzemelerin sınıflandırılması, deneylerde kullanılan polipropilen malzemesinin özelliklerinin tanıtılması; bunlara ek olarak, Bolat ve Boğoçlu (2012) 'nun yapmış oldukları konveyör deneylerinin bilgisayar ortamında modellenmesi ve yazılım çıktılarının, elde edilmiş olunan konveyör iletim kapasitesi değerlerine nasıl bir yaklaşım sağladığının belirlenmesi; çalışmanın devamında ise helezon hızının, taşınan malzeme boyutunun, helezon konveyörün eğiminin ve helezon ile oluk arasındaki boşluğunun değişiminin helezon iletim kapasitesine yaptığı etkilerin incelenerek yorumlanmasıdır.

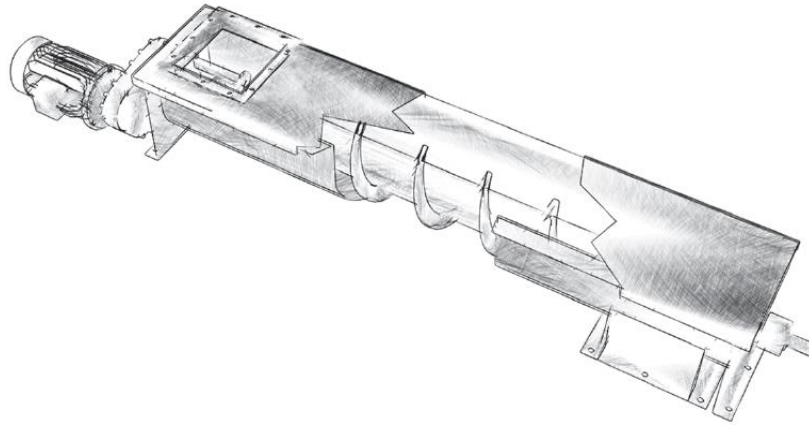
1.3 Hipotez

CFD (Computational Fluid Mechanics, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) metodlarının akışkanlar mekaniğine sağladığı yaklaşımda olduğu gibi, DEM (Discrete Element Method, Sonlu Elemanlar Metodu) metodları da dökme yüklerinin (tanecikli malzemelerin) karmaşık akışlarının modellenmesi ve analizinde kullanılır. Sonlu elemanlar metodu, bilgisayar teknolojisinin gelişimi ile beraber yazılımlar içerisinde kullanılmaya başlanmıştır; tasarlanan modelin CAD çiziminin yapılması ve sonrasında yazılım içerisinde oluşturulan taneciklerin özellik, boyut ve yüzey etkileşimlerinin modellenmesi ile granüllü malzeme akışının gerçeğine oldukça yakın çıktılar vererek simüle edilmesini sağlamıştır. DEM yazılımı aracılığı ile oluşturulan modellerde Bolat ve Boğoçlu (2012) 'nun tespit ettiği deneysel konveyör iletim kapasitelerine oldukça yakın veriler elde edilmiş ve buradan alınan güven ile helezon hızının, tanecik boyutunun ve diğer tasarım kriterlerinin değiştirilmesi ile helezon içerisindeki akışın iyileştirilmesi yöntemlerinin DEM yazılımı kullanılarak tespit edilebileceği gösterilmiştir.

BÖLÜM 2

HELEZON KONVEYÖRLER

Helezon konveyörler çeşitli endüstri ve iş kollarında, toz ve sıvı halde veya küçük taneli malzemelerin iletilmesinde kullanılan makinelerdir. İnsanlık tarihinin bilinen en eski iletim araçlarından olan helezon konveyörler günümüzde madenler, tarım ürünleri, tıbbi ürünler, kimyasallar, kuru renklendiriciler, plastik, çimento, kum ve tuzun taşınması gibi geniş bir uygulama alanına sahiptir. [2]

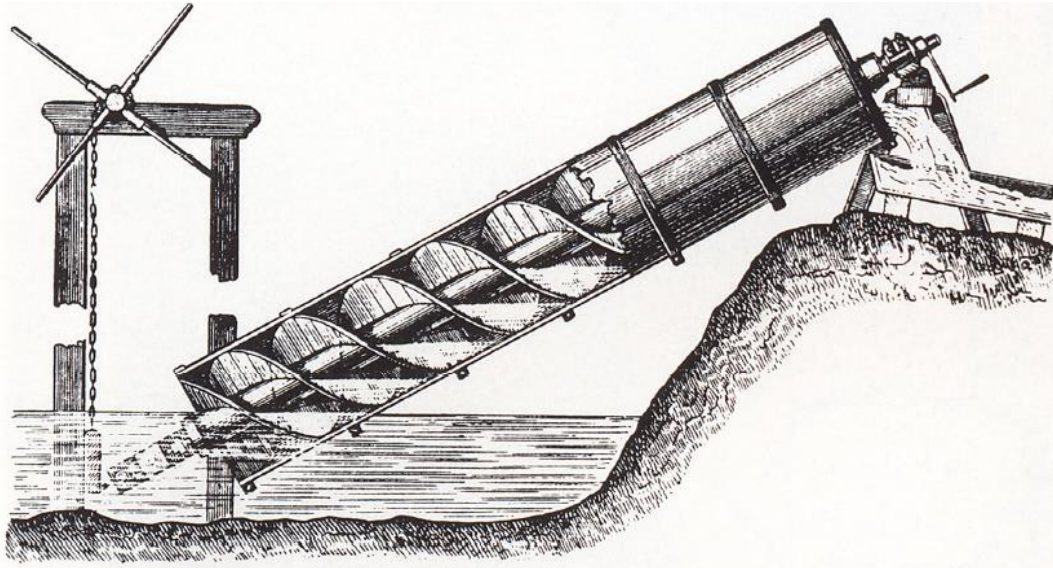


Şekil 2. 1 Helezon konveyörün genel görünümü

Helezon konveyörler, genellikle bir oluk içerisinde dönen mile takılmış helezon ile bu mile hareket veren bir çalışma biriminden oluşur. Helezon, oluğa yataklanmış olan milin çevresinde mil ile birlikte döner. Mil döndükçe malzeme helisin aksenal etkisiyle helezon içerisinde ilerler. Taşınacak olan malzeme sisteme bir ya da daha fazla besleme noktasından doldurulabilir. Malzemenin oluk boyunca ilerleme ilkesi, dönmesine engel olunan bir somun içindeki vidanın döndükçe yaptığı öteleme hareketinin benzeridir. Yük, malzemenin ağırlığı ve oluk duvarları ile arasındaki sürtünme nedeniyle, helezon

ile birlikte dönemez. Böylece öteleme hareketi yapan malzeme, oluğun öbür ucundan ya da oluğun altına açılmış deliklerden boşaltılır. Ara boşaltma delikleri kapaklı olup bu noktalarda boşaltma yapmak istendiğinde açılır. Helezon konveyörler, büyük parçalı, kolay kırılır, aşındırıcı, sıkışabilir ve yapışkan malzemelerin taşınmasında tercih edilmez. Bu tip malzemeler ile helezon ve oluk yüzeyleri arasındaki sürtünme; yüksek güç tüketimine, malzemenin kırılmasına ve taşıyıcı parçaların aşınmasına sebep olur. Aşırı yüklemeler, ara yatakların etrafında dar boğazlar oluşturarak milin dönmesini engeller ve konveyörü durdurur. [3]

Mağara adamları tarafından bir taşı yerinden oynatmak için taşın altına konulan ağaç kütükleri ilk konveyör olarak düşünülebilse de, esas olarak konveyör Arşimet tarafından tasarlanmıştır. Arşimet (M.Ö. 287- M.Ö. 212) ilk konveyörü, Yunan kralı için yapılmış bir geminin ambarındaki suyu boşaltmak için kullanmıştı. Bu fikrin başarılı olmasıyla konveyörler, nehirde tarlalara su taşımak için kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.2 Arşimet 'in konveyörü

Arşimet 'in konveyörü iç helisel vidalı tiptir. Konveyörün alt ucu açılı bir biçimde nehir içinde ve üst ucu da suyu tarlalara boşaltabilecek şekilde ayarlanmıştır. Konveyör, üst ucuna monte edilmiş kranklı çeviren bir köle tarafından çalıştırılıyordu. Bugünkü konveyörün eskisinden tek farkı kas gücü yerine elektrik kullanılarak çalıştırılmasıdır.

Arşimet 'in iki çeşit helezon konveyörün mucidi olduğu düşünülmektedir. Bunlardan biri merkezi bir şaft etrafında helis haline getirilmiş bir tüp, diğeri de günümüzdeki helezon konveyörlerin atası olan sabit bir tüpün içinde dönen helistir.

Arşimet 'ten yaklaşık 1900 yıl sonra hızla büyüyen Amerikan nüfusunun tahıl ihtiyacını karşılayabilmek için tahıl hasatlarının mekanik bir şekilde yürütülmesi gerekmiştir. Helezon konveyörler bu ihtiyacı karşılamak için yel değirmenlerinde kullanılmıştır. Bu iş için dizayn edilen ilk helezon konveyörler ana şaft ve ana şaftta helezon şeklinde monte edilmiş yatay tahta ayaklardan oluşuyordu. Tüm sistem o zamanlar kutu denilen tahta bir oluk etrafında dönüyordu. Gerekli tahılı değirmene iletmek için oluk dibinde açılmış kayan girişler vardı. Bu dizayn helis haline getirilmiş metal parçalar birleştirilerek geliştirildi. İlerleyen zamanlarda tahta helislerin yerini metal helisler ve tahta şaftın yerini de demir borular almış, metal helisi oluşturmak için de zamanla değişik yollar geliştirilmiştir. İlk helezon konveyörlerde kullanılan tahta yataklar da yerini dökme demir yataklara bırakmıştır.

Helezon konveyörlerin tahıl, kömür ve diğeri yığın malzemelerin taşınması için genel kullanıma girmesiyle birlikte konveyör yapımında kullanılan malzemenin seçimi, konveyörün konstrüksiyonu ve üretimi uygulamada önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Kaynak kullanımıyla beraber oluk ve helislerde daha düz iletim yüzeyleri, daha yüksek mukavemet ve rijitlik elde edilmiştir. Askılar için rulmanlı yatak kullanılarak yerden kazanılmış ayrıca itme kapasitesi artmıştır. Geliştirilmiş kapatma yöntemleriyle yabancı maddelerin konveyörün içine girmesi ve yağ kaybı engellenmiş, böylece az sürtünmeli yatakların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Günümüzde helezon konveyörler sadece yatay taşıma için değil, dikey ve eğimli taşıma da yapabilmektedir. Helezon konveyörler bilinen en eski konveyör çeşidi olmasına rağmen hala en kullanışlı mekanik aktarma aletlerindedir.

Helezon konveyörlerin yük aktarımında sahip oldukları bazı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Az yer kaplarlar ve sıkışık alanlara kurulabilirler.
- Akış oranının kontrol edilmesi gerektiği taşıma süreçlerinde kullanılabilirler.

- Eğim açısı istendiği zaman değiştirilebilir.
- Katı veya sıvı farklı tip malzemelerin karıştırılması işleminde kullanılabilirler.
- Koku ya da toz yayan malzemelerin taşınmasında sızdırmazlık sağlarlar.
- Konveyör oluğu su ceketi ile kaplanarak taşınan malzemenin ısıtılması veya soğutulması işlemleri yapılabilir.
- Konveyör oluğu üzerine birden fazla boşaltma ağzı açılarak istendiği yerden boşaltma yapılması sağlanabilir.
- Yapıları çok basittir ve tek hareketli parça helezondur. Helezon haricindeki parçaları sadece oluk, shaft yatakları ve bir elektrik motorudur.

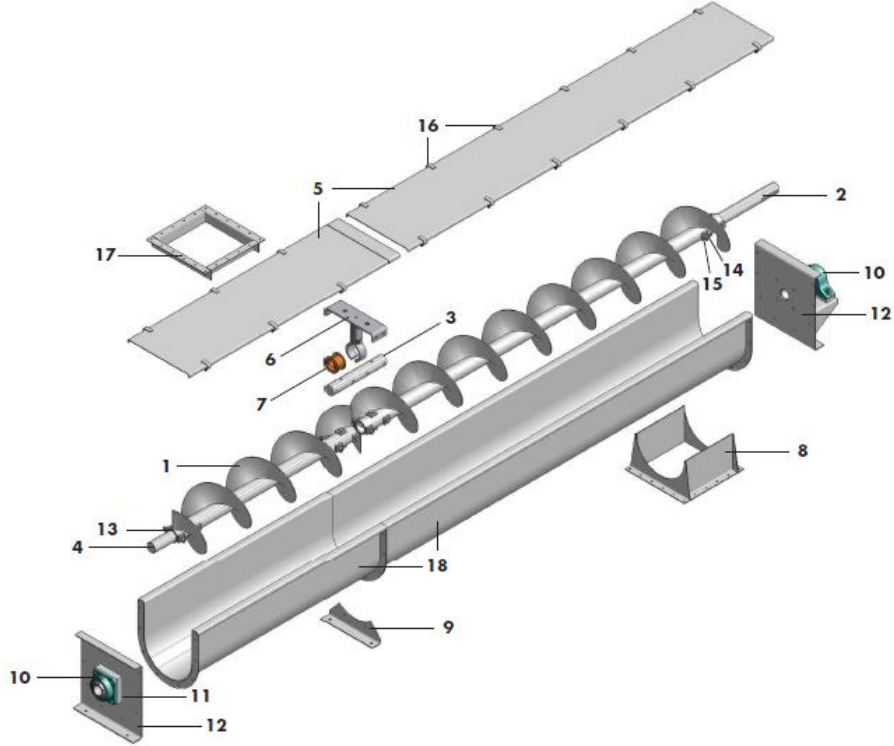
Bahsi geçen avantajlarının yanı sıra, malzeme iletiminde helezon konveyör kullanmanın aşağıda sayıldığı gibi zorlukları da vardır.

- Malzeme taşınması sürtünmeye dayalı gerçekleştiği için taşınma işlemi boyunca malzemelerin bir kısmı zarar görebilir.
- Taşıma hızlarının artırılması ile beraber oluğun ve helezonun aşınması artar ve bu da ekstra bakım veya yenileme maliyetleri doğurur.
- Taşıma prensipleri sürtünmeye dayandığından güç gereksinimleri diğer iletme araçlarından fazladır.
- Taşıma oranları ve güç gereksinimleri taşınacak olan malzemenin cinsine bağlıdır.
- Düzenli besleme oranlarında efektifler.
- Büyük parçalı, kolay kırılır, aşındırıcı, sıkışabilir ve yapışkan malzemelerin taşınması için uygun değildirler.

2.1 Helezon Konveyörlerin Tasarımı

2.1.1 Helezon Konveyörün Parçaları

Helezon konveyörler standart parçalardan oluşabildiği gibi özel konstrüksiyonlarda kullanılmak üzere standart dışı parçalar da helezon konveyör imalatında kullanılmaktadır. Genel olarak bir helezon konveyör Şekil 2.3 'deki parçalardan oluşur.



Şekil 2.3 Helezon konveyörün parçaları

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1. Helezon | 9. Sabitleme ayağı |
| 2. Helezon mili | 10. Helezon yatağı |
| 3. Ara askı yatak | 11. Sızdırmazlık elemanı |
| 4. Yataklama shaftı | 12. Ön ve arka kapaklar |
| 5. Üst kapak | 13. Burçlar (14, 15) |
| 6. Askı | 16. Kapak mandalları |
| 7. Askı yatağı | 17. Malzeme girişi |
| 8. Boşaltma flanşı | 18. Oluk |

2.1.2 Helezon Konveyörlerin Sınıflandırılması

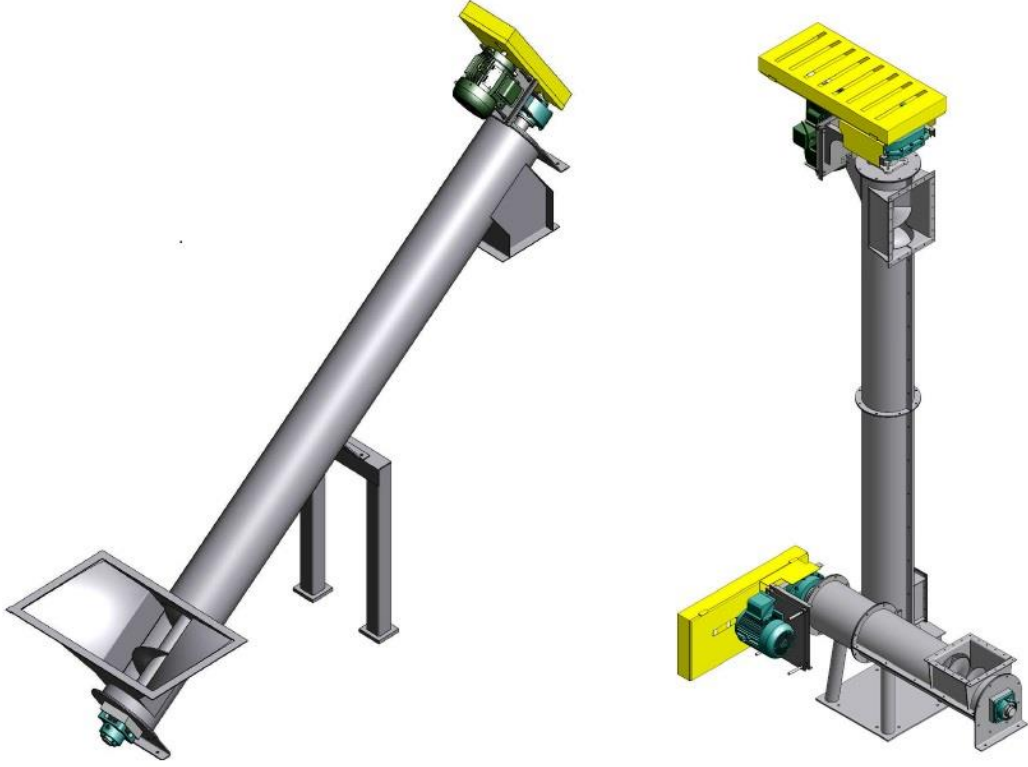
Helezon konveyörler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Helezonun çalışma ekseninin eğimine göre,
 - i. Yatay helezon konveyör
 - ii. Eğik helezon konveyör
 - iii. Esnek helezon konveyör
- Kullanım amaçlarına göre,
 - i. İletici olarak
 - ii. Besleyici olarak
 - iii. Karıştırıcı olarak
 - Soğutma
 - Kurutma veya suyunu giderme
 - Sıkıştırma
 - Isıtma, pişirme

2.1.3 Eğik Helezon Konveyörler

Helezon konveyörler küçük alan kapladıkları ve az bir ekipmanla taşıma işine çözüm bulduklarından eğimli durumlarda da malzeme iletimi için kullanılırlar. Eğik helezon konveyör (Şekil 2.4), yatay ve dikey tip helezon konveyörün birlikte kullanılması gereken yerlerde tek alternatiftir. Fakat bu açık avantajları bir yana eğik helezon konveyörün tasarımında bilinmesi gereken bazı problemler vardır. Helezon konveyörün eğim açısı arttıkça verim kaybı oluşmaktadır. Bunun başlıca iki nedeni şöyledir.

- Malzemenin geri akması sonucu volumetrik verimdeki azalma.
- Malzemeye potansiyel enerji kazandırmak için gereken ilave güç.



Şekil 2.4 Eğik helezon konveyörler

Eğim açısı artarken malzemeyi iletmekle görevli olan helezonların verimi düşer. Belli eğim açılarında (hatveye bağlı olarak) helezon eksenini yatay düzlemde kalır ve malzemeyi ileri süremez. Helezonların malzemeyi ileri itme özelliğindeki bu azalma malzemenin türbülansa girmesine ve malzeme akışında düzensiz hareketlere yol açar. Bütün bunlar doldurma faktörünün artmasına neden olur. Ara kısımlardaki yataklar ise malzeme akışına daha fazla engel olur. Aynı zamanda malzemedeki türbülans ve çalkalanma daha fazla güç gerektirir. Bu güç de ileticide malzeme taşınması yerine engelleri aşmak için kullanıldığından, gereksiz bir güç kullanımı söz konusu olur.

Eğik helezon konveyörde oluşan problemleri gidermek için birçok şey yapılabilir ve işletilmeye değer bir eğik helezon konveyör tertibatı oluşturulabilir. Bunun için uygulanması gereken yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Oluk ile helezon arasındaki boşluğun mümkün olduğunca azaltılması.
- Malzemenin izin vereceği ölçüde dar hatvelerin (hatve/çap = 1/2 veya 2/3) kullanılması.

- Ara yatakların ortadan kaldırılabilmesi için mümkün oldukça uzun helezonların kullanılması

Helezonun dönüş hızını arttırmak malzemenin ara yatakları geçmesinde çabukluk sağlar. Malzemenin çalkalanmasında bir artış olsa bile malzemenin karakteristik özelliklerine bağlı olarak iletim kapasitesi artar. Helezon hatvesinin azalması malzemeyi iletecek olan helezon açısını arttırır. Dar hatveli helezonlar ile çalışmak helezon ileticinin malzeme iletim debisini azaltırken dönmedeki hız artışı malzeme akış hızını arttıracaktır. Helezon konveyörden normalden uzun yapılarak ara yatakların ortadan kaldırılması bir başka yöntemdir. Ancak uzun helezon boyları helezonun aşırı sehim vermesine neden olur. Bu da helezonun oluğa sürtmesine neden olabilir. Ancak bazı malzemeler taşıma sırasında oluk ile helezon arasına girerek helezona ters kuvvet verir ve böylece helezonun uygunsuz bir şekilde oluğa sürtmesine engel olunur. Boru şeklindeki oluklar, “U” şeklindeki oluklarda olan helezonun üstünden geri düşüşü önledikleri ve taşınan malzemeyi koruduklarından birçok helezon konveyörde kullanım avantajları vardır. Boru şeklindeki olukların bu özelliği özellikle normalden yüksek dönme hızlarında ortaya çıkar. Genel olarak eğik helezonlu ileticinin kapasitesi ve gücü, taşınacak malzemenin karakteristiğine bağlıdır denilebilir.

2.1.4 Esnek Helezon Konveyörler

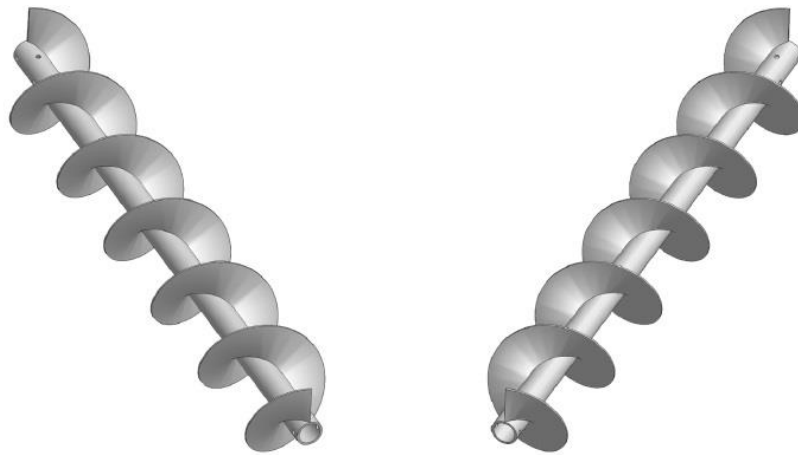
Kısa iletim mesafesi ve düşük kapasiteler için esnek plastik bir tüp içinde çalışan spiral tip helezonlar kullanılır (Şekil 2.5). Çoğunlukla 6 metre 'yi aşmayan yerlerde kullanılırlar. Hareketli aletlerle kullanıldığında çok kullanışlı olurlar. Bu tip helezonlar ile iletilecek malzemenin serbest akıcılık özelliği olmalıdır.



Şekil 2.5 Esnek helezon konveyör

2.1.5 Helezonların Sınıflandırılması

Helezonlar sarım yönüne göre sağ veya sol helisli olarak adlandırılır. (Şekil 2.6)

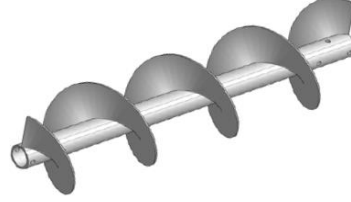


Şekil 2.6 Sırasıyla sol ve sağ helisin görünümü

Kanat tiplerine göre helezonlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Standart Helezon (Standart Sectional Flight)

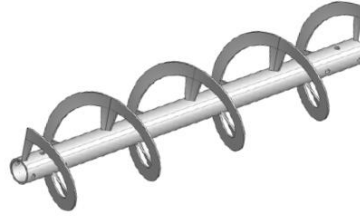
Geleneksel olarak her türden malzemenin iletimi için kullanılabilir. Helezon çapı ve hatvesi birbirine eşittir. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7 Standart helezon

- Şerit Helezon (Ribbon Flight)

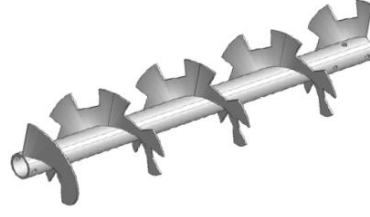
Şerit helezon (Şekil 2.8) çelik bir çubuktan yapılmış ve köşebentlerle mile bağlanmış sürekli helezonlardan yapılmıştır. Bu tarz helezonlar yapışkan, viskozitesi yüksek ve helezonlara yapışma özelliğı gösteren malzemelerin taşınmasında kullanılır.



Şekil 2.8 Şerit helezon

- Kesik Helezon (Cut Flight)

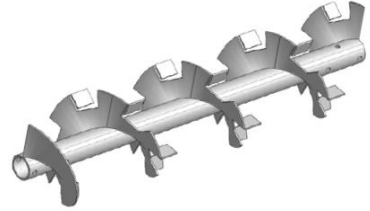
Kesik helezonlarda (Şekil 2.9) hem burgulu hem de parçalı helislerin çevresinde çentikler mevcuttur. Bu çentikler taşıma işleminin yanı sıra uygun bir karıştırma ve malzeme içerisindeki kum ve kirin uzaklaştırılmasını sağlar. Bu tarz helezonlar hafif, ince ve taneli malzemelerin taşınmasında kullanılır.



Şekil 2.9 Kesik helezon

- Kesik Kıvrımlı Helezon (Cut and Folded Flight)

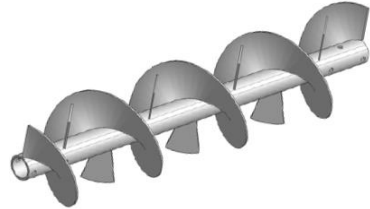
Bu tarz helezonlarda (Şekil 2.10) katlanmış kısım kepçe vazifesi görerek malzemeyi havaya kaldırır ve ileri itme işleminin yanında karıştırma ve havalandırma işlemi de yapar. Bu tip helezonlar hafif veya orta ağırlıkta, ince ve taneli malzemelerin taşınmasında kullanılır.



Şekil 2.10 Kesik kıvrımlı helezon

- Kanatlı Helezon (Sectional Flight with Paddles)

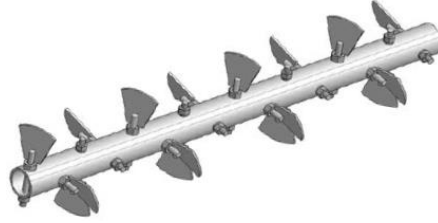
Bu tarz helezonlar (Şekil 2.11) standart sürekli helezonların hatve aralıklarına kanatlar yerleştirilerek oluşturulur. Bu yöntemde amaç, malzeme akışına karşı koyarak taşıma sırasında makul bir karışım oluşturabilmektir. Bu tarz helezonlar hafif veya orta ağırlıktaki, ince ve taneli malzemelerin taşınmasında kullanılır.



Şekil 2.11 Kanatlı helezon

- Baltalı Helezon (Paddle Screw)

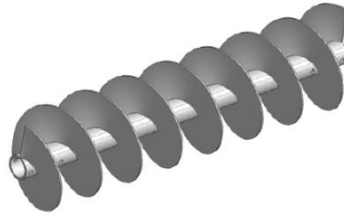
Bu helezon şeklinde (Şekil 2.12) mil gövdesine yerleştirilmiş çelik kanatlar mevcuttur. Taşıma işlemi kanat açılarının ayarlanması ile sağlanır. Bu tarz helezonlar kuru veya sıvı haldeki malzemelerin harman yapılmasında, karıştırılmasında veya çalkalanmasında kullanılır.



Şekil 2.12 Baltalı helezon

- Düşük Hatveli Helezon (Short Pitch Screw)

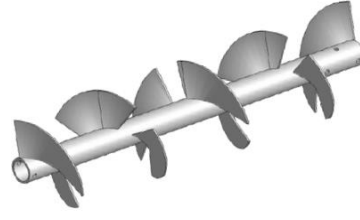
Bu helezonlar (Şekil 2.13) düzenli yapılardır. Bu tarz helezonların 20° 'ye kadar eğimli ileticilerde kullanımı tavsiye edilir. Daha ziyade besleyici olarak kullanılır. Aynı zamanda malzemenin birden akmasını ve taşmasını geciktirir.



Şekil 2.13 Düşük hatveli helezon

- Kesikli Helezon (Interrupted Flight)

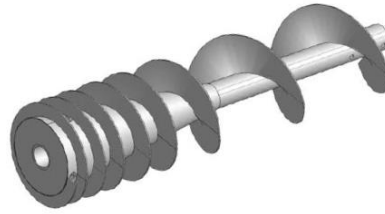
Bu tarz helezonlar (Şekil 2.14) yapışkan, viskozitesi yüksek ve helezonlara yapışma özelliği gösteren malzemelerin taşınmasında kullanılır. Kullanılan malzeme türü şerit helezonlarla aynı olsa da ona nazaran daha iyi bir yayılma ve akış yoğunluğu sağlar.



Şekil 2.14 Kesikli helezon

- Artan Hatveli Helezon (Cone Screw)

Bu tip helezonlarda (Şekil 2.15) malzemeler öncelikle besleme kovası dibinde helezonun dar hatveleri ile buluşur ve bu tasarım avantajı malzemelerin iletiminde daha yüksek kapasitelerin oluşmasını sağlar.



Şekil 2.15 Artan hatveli helezon

- Şaftsız Helezon (Shaftless Screw)

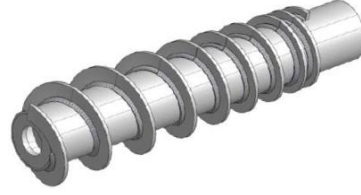
Bu tarz helezonlar (Şekil 2.16), şerit helezonlarda olduğu gibi yapışkan, viskozitesi yüksek ve helezonlara yapışma özelliği gösteren malzemelerin taşınmasında kullanılır. Ek olarak, oluğun duvarlarına dolanan lifli tip malzemelerin iletimini de sağlar.



Şekil 2.16 Şaftsız helezon

- Sıkıştırılmalı götürücü (Press Screw)

Bu tip helezonlar (Şekil 2.17) nemli malzemelerin sıkıştırılarak iletilmesinde kullanılır.



Şekil 2.17 Sıkıştırılmalı helezon

2.2 Helezon Konveyörler ile İletilen Malzemeler

Malzeme bir yerden diğer yere aktarılırken onun yuvarlanabilme ve birbiri üzerinden kayabilme özelliğini bilmek, helezon konveyörlerin çalışma prensibinde çok önemli bir adımdır. Yuvarlanabilen ve birbiri üzerinden kayabilen tanecikli malzemeler (Şekil 2.18) helezon konveyörlerde kolay taşınırlar. Herhangi bir konveyörün tasarımında en önemli olan şeylerden biri malzemenin akış şekli ve akış sırasında göstereceği etkilerdir. Malzemelerin taşınmasında iletim kapasitesi (debi), “ton/zaman” veya “kilogram/saniye” olarak ifade edilir. [4]

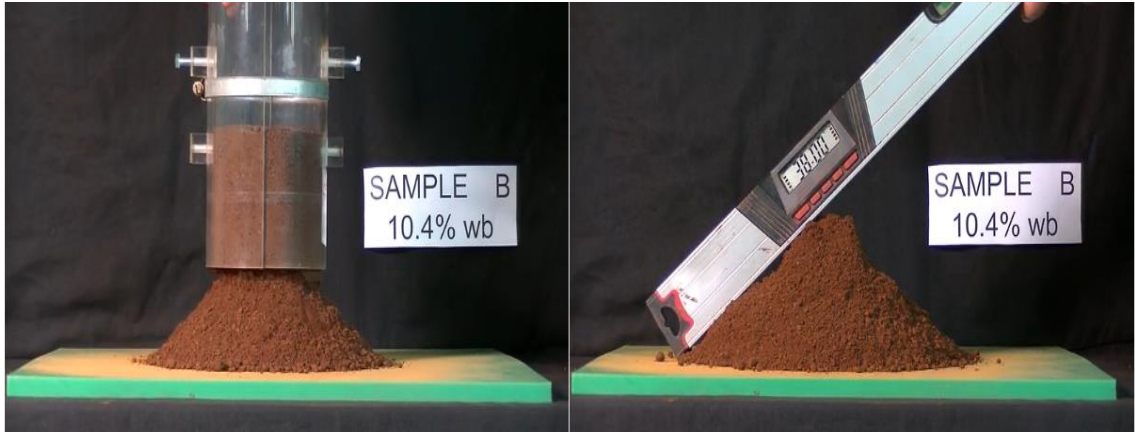


Şekil 2.18 Tanecikli malzemeler: şeker, pirinç, kahve, müsli

2.2.1 İletilecek Malzemelerin Özellikleri

Helezon konveyörler ile yapılan deneyler malzemenin akışkanlığı arttıkça, malzemeyi taşımak için gerekli olan gücün düştüğünü gösterir. Fakat tanecikli malzemeler için akışkanlık kolayca tanımlanamadığından malzemeyi sınıflandırırken tecrübelerden yararlanmak gerekebilir.

Tanecikli malzemelerin davranışını belirleyen özelliklerden biri de şev açısıdır. Bir malzemeyi sadece şev açısına göre değerlendirmek her zaman doğru bir yaklaşım sağlamamaktadır. Çok yüksek şev açısına sahip malzemeler, helezon konveyörler ile taşınması sırasında çok düşük bir kayma açısına sahip olabilir. Buna örnek olarak buğday kepeği verilebilir. Buğday kepeğinin çok farklı şekil ve büyüklükte tanelere sahip olmasına rağmen bir konveyör içerisinde ilerlerken çok düşük bir şev açısı oluşturduğu gözlenir. Tanecikli malzemelerin şev açılarının tespit yöntemi Şekil 2.19 'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.19 Şev açısının belirlenmesi

2.2.2 Malzemelerin Sınıflandırılması

Helezon konveyörün seçiminde ve iletim kapasitesinin belirlenmesinde yardımcı olması için malzemeler özelliklerine göre dört ana grupta sınıflandırılabilir.

- 1. grup: hafif, serbest akabilen, aşındırıcı olmayan malzemeler. Örneğin buğday, çavdar tohumu, mısır tanesi, grafit (kurşun kalemin içine konan siyah kısım), un, vs.

- 2. grup: 1. gruptaki malzemelerden daha az serbest akıcılık özelliği gösteren, aşındırıcı olmayan malzemeler. Örneğin küçük parçalara ayrılmış toprak, maya tozu, halfa otu (yonca karışımından oluşan yem), öğütülmüş kömür (kömür tozu), mısır tozu, vs.
- 3. grup: 2. gruptaki gibi akıcılık özelliği olan, az aşındırıcı, düşük iletme hızlarında tercih edilen ve birbirleri ile aynı boydaki benzeri malzemeler. Örneğin kuru kül, çimento, tuz, mangal kömürü, tebeşir tozu, kum, vs.
- 4. grup: Aşındırıcı ve düşük akıcılık özelliği olan malzemeler. Örneğin kok tozu, cüruf, kor halindeki kömür tozları, alüminyum cevheri, boksit tozu, kuru döküm kumu, vs.

2.2.3 Parça Boyutlarının Sınıflandırılması

Helezon konveyörün iletim kapasitesi yalnızca malzemenin akıcılık ve aşındırıcılık özelliklerine bağlı değildir; aynı zamanda taşınacak malzemedeki yumruların oranına ve büyüklüğüne bağlıdır. Yumruların büyüklüğü parçacıkların maksimum boyutuna bağlıdır. Yumrunun hangi malzemedен olduğu da önemlidir. Bazı malzemeler helezon konveyörde taşınırken ufalanmayacak derecede sert yapıya sahiptir ve bu tarz malzemeleri taşımak için özel önlemler alınmalıdır. Diğer malzemeler helezon konveyörde kolaylıkla parçalanabilen yumrulara sahiptir ve bu malzemelerin yumruları, taşınırken herhangi bir zorlanmaya neden olmaz. Yumru tip malzeme içeren dökme yük karışımları standartlarda üçe ayrılmıştır. Tablo 2.1 'de DIN 15261 'e göre her bir helezon çapı ve üç ayrı parça grubu için tavsiye edilen parça büyüklükleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 Helezon konveyörlerde taşınabilecek malzeme büyüklükleri (DIN 15261)

Helezon Çapı (mm)	%10 Yumrulu	%25 Yumrulu	%95 Yumrulu
	Maksimum Yumru Boyutu (mm)		
100	35	10	5
125	40	15	10
160	45	20	15
200	50	30	20
250	60	40	25
315	75	50	30
400	100	65	40
500	125	80	50
630	150	100	65
800	175	150	85

2.2.4 Polipropilen Malzemesinin Tanımı

19. yy sonlarında J. Hyatt tarafından keşfedilen yarı sentetik bir polimer olan selüloidden itibaren önemini giderek arttıran plastikler günümüzde sadece mutfak donatımı ve oyuncaklarda kullanım alanı bulmamış, birçok alanda metallerle ve seramiklerle rekabet edebilen önemli mühendislik malzemeleri haline gelmiştir. Sağlamlık, hafiflik, kolay şekillendirilebilme ve ucuzluk özelliklerine sahip olan plastikler sanayide tesis kurma, gıda, parça imalatı, ulaşım, sağlık, kablo yalıtımı, şişe ve boru imalatı, tekstil gibi birçok teknolojik alanda kullanılmaktadır. Günümüzde büyük oranda petrol endüstrisine dayalı olan plastik sektöründe hızlı bir gelişme yaşanmakta ve yeni yeni plastik türleri kullanıma sunulmaktadır. Ayrıca; grafit, cam ve karbon elyafları ile karıştırılması neticesi elde edilen yeni ürünler, plastiklerin gelişiminde önemli bir aşama olmuştur. Bu tür malzemelerin mekanik özellikleri metallerinkine yaklaşmıştır. Özellikleri geliştirilen plastik malzeme çeşitleri taşıdıkları avantajlar neticesi diğer mühendislik malzemelerine tercih edilerek gelecekte de insan yaşamına önemli katkılarda bulunacaktır. Bu çalışmada, bir defa üretildikten sonra teorik olarak tekrar tekrar eritilerek yeniden şekillendirilebilen, günlük hayatta ve endüstride önemli

kullanım alanları bulan termoplastiklerden olan polipropilen (PP) malzeme kullanılmıştır. [5]

Polipropilen ilk defa 1950 yıllarında Karl Ziegler ve Giulio Natta tarafından propilenin Ziegler-Natta katalizörleriyle polimerizasyonu ile elde edilmiştir. 1980'li yıllarda metallosen katalizörlerinin geliştirilmesi ve 1991 yılında ticari bir katalizör olarak kullanılmaya başlanmasıyla sindiyotaktik polipropilen üretimine başlanmıştır.

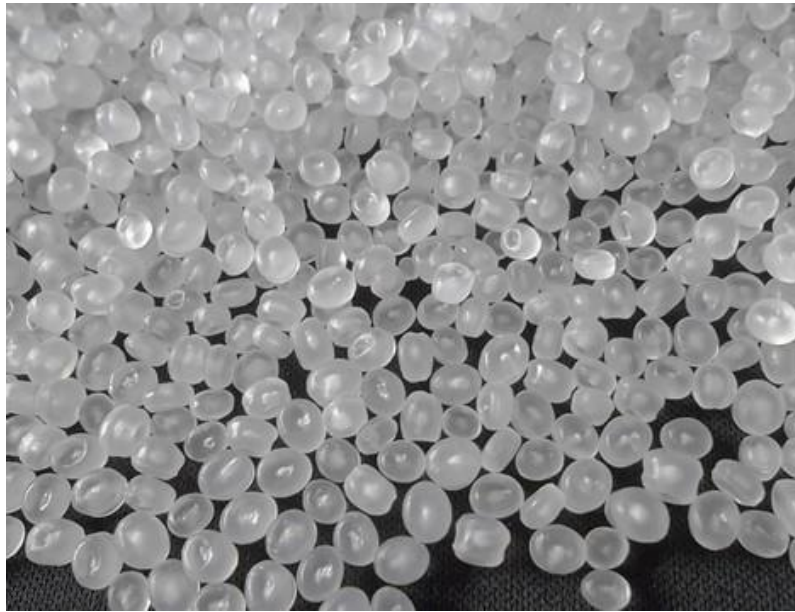
Polipropilen, günümüzde, pazar payı en yüksek olan ikinci plastik konumundadır, çok yönlü bir polimerdir; plastik, fiber ve elastomerik amaçlarla kullanılabilir. Polipropilen, otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve yiyecek paketlemesine kadar çok geniş kullanım alanına sahiptir (Çizelge 2.2). Bu malzemenin küresel pazardaki kullanımı 2013 verilerine göre 55 milyon metrik ton civarındadır. Plastik olarak, 160 °C'nin altında erimediğinden bulaşık makinesinde yıkanabilir yiyecek kapları üretimine uygundur. Fiber amaçlı kullanımda en yaygın alan iç ve dış mekanlarda halı kaplamalardır; örneğin yüzme havuzları kenarlarında ve mini golf sahalarındaki yapay halılar, vs. gibi ürünler sayılabilir. Endüstride kullanılan polipropilenin büyük kısmı izotaktik yapılıdır. Bazı uygulamalarda ataktik polistiren de kullanılmaktadır. Sindiyotaktik polipropilen daha yumuşaktır, fakat daha berrak bir görünümü vardır. İzotaktik polipropilen yerine kullanılamasa da film, tıbbi gereçler, yapıştırıcılar ve ekstruzyon ürünleri yapımında kullanılan diğer polimerlerle rekabet edebilecek özellikler içerir.

Çizelge 2.2 Polipropilen 'in bazı kullanım alanları

Türü	Ürün
Kalıp	Yelkenli tekne ve otomotiv parçaları
Fiber	Halı, giyecek, paketleme ipi
Band	Elyaf, hasır
Film	Folyo, selobant
Köpük	Paketleme malzemeleri

2.2.4.1 Polipropilen'in Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Polipropilen yarı mamül ve mamüller gri renktedir (Şekil 2.20). Polipropilen düşük özgül ağırlıklı olefin sınıfı bir plastiktir. İyi kimyasal ve elektriksel özelliklere sahip ve rijiddir. 0 °C 'nin altında kullanımı, mekanik özellikleri zayıfladığı için tercih edilmez. Normal olarak 0 - 100 °C sıcaklık aralığında kullanılır. Polipropilen, yorulmaya karşı çok iyi direnç gösterir. Düşük maliyetlidir, iyi bir darbe dayanımı vardır. Sürtünme katsayısı düşük olup, çok iyi elektrik yalıtımı sağlar. Kimyasal direnci iyidir. Tüm termoplastik işleme proseslerine uygundur.



Şekil 2.20 Polipropilen 'in görünümü

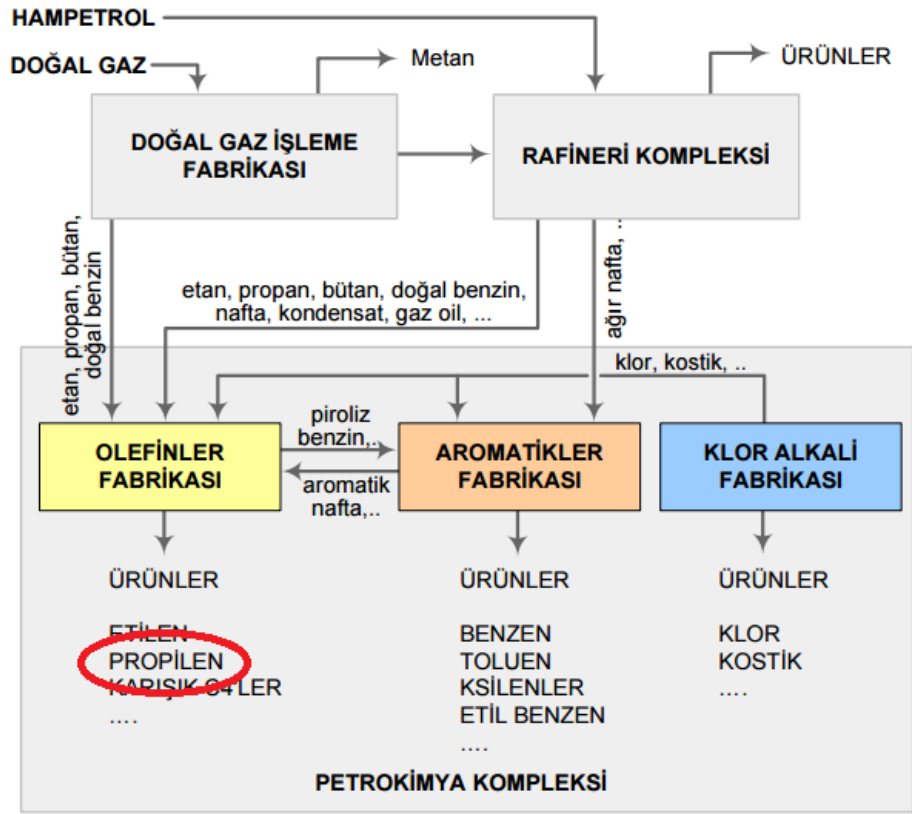
En yaygın ticari polipropilenin yoğunluğu, kristal yapısı düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) arasında bir seviyeye sahiptir. Elastisite modülü de orta seviyededir. Bununla beraber, LDPE 'den daha az sert ve HDPE 'den çok daha az gevrek. Bu durum polipropilenin ABS gibi mühendislik plastiklerinin yerine kullanılmasına izin verir. Polipropilenin, erime sıcaklığı 130 ile 171 °C arasındadır. Buna karşın şu dezavantajlara sahiptir. UV ışını dayanımı azdır, yüksek termal genleşme gösterir. Boya ve kaplaması zordur. Dış hava şartlarına dayanımı azdır, oksitlenmeye açıktır. Yanıcı olup, klor içeren solventler ile etkileşime girer.

Çizelge 2.3 Polipropilen 'in teknik değerleri

Polipropilen 'in Teknik Değerleri		
	Birim	Değer
Yoğunluk	kg/m ³	902
Çekme Dayanımı	kg/cm ²	300
Elastiklik Modülü	MPa	1250
Kopma Uzaması	%	>50
Darbe Dayamını	kJ/m ²	7
Sertlik	Shore D	70

2.2.4.2 Polipropilen Üretimi

Polipropilen petrokimyasal ürünler zincirinde tüketimleri en fazla olan polimerlerden biridir. Her polimer farklı üretim yöntemleriyle elde edilirse de, bu polimerlerin hampetrol ve doğalgazla başlayan üretim serüveni belirli noktalara kadar aynıdır. Aşağıda verilen blok diyagramda görüldüğü gibi ara ürünler, iki fabrikadan (veya kompleks) geçerek petrokimya kompleksindeki üç temel fabrikalara girinceye kadar belirli bir yol izlerler. Elde edilen monomerler, polimer fabrikalarında özel üretim yöntemleriyle polimerlerine dönüştürülürler. [6]



Şekil 2.21 Polipropilen'in üretim şeması

2.3 Helezon Konveyörlerde Hesaplamalar

Bir helezon konveyörün kapasitesi temelde üç faktöre bağlıdır; konveyör çapı, malzeme dolum miktarı ve hız. Bu değişkenlerden birini veya tümünü değiştirmek konveyörün saatte ileteceği malzeme miktarını (debi) oldukça etkiler. Nispeten küçük çaplı bir konveyörün hızını arttırarak veya dolum kovanına daha fazla malzeme yükleyerek daha büyük çaplardaki konveyörlerin ulaşacağı kapasiteler yakalanabilir. Fakat şu da unutulmamalıdır ki yüksek dönme hızlarına çıkmak parçaların hızlı aşınmasına ve yüksek dolum oranlarında çalışmak da malzeme sıkışmaları ve dolayısıyla konveyör veriminin düşmesine sebep olmaktadır.

Yüksek dolum oranlarına çıkabilmek için az aşındırıcı ve akıcılığı yüksek malzemeler seçmek gerekir. Tersine, aşındırıcı ve yapışkan malzemeler ile yüksek verimde çalışmak için nispeten düşük dolum oranları denenmelidir. Bu yüzden aşındırıcı olmayan serbest akışlı malzemeler %45 dolum oranında kullanılırken aşındırıcı ve akışkanlığı düşük malzemeler ancak %15-30 dolum oranında kullanılabilir. Konveyörün besleyici olarak kullanıldığı durumlar bu kuralın haricindedir.

2.3.1 Helezon Konveyörlerde İletim Kapasitesi Hesabı

Bir helezon konveyörün iletim kapasitesi teorik olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir. [7]

$$Q = S \cdot n \cdot s \cdot \rho \cdot \Psi \cdot k \cdot c_s \quad (2.1)$$

Q – konveyör iletim kapasitesi, kg/s

$S = (\pi (D^2 - d^2))/4$ – helezon sarımının enine iz düşüm alanı, m^2

s – helezon hatvesi, m

D – helezon çapı, m

d – helezon milinin çapı, m

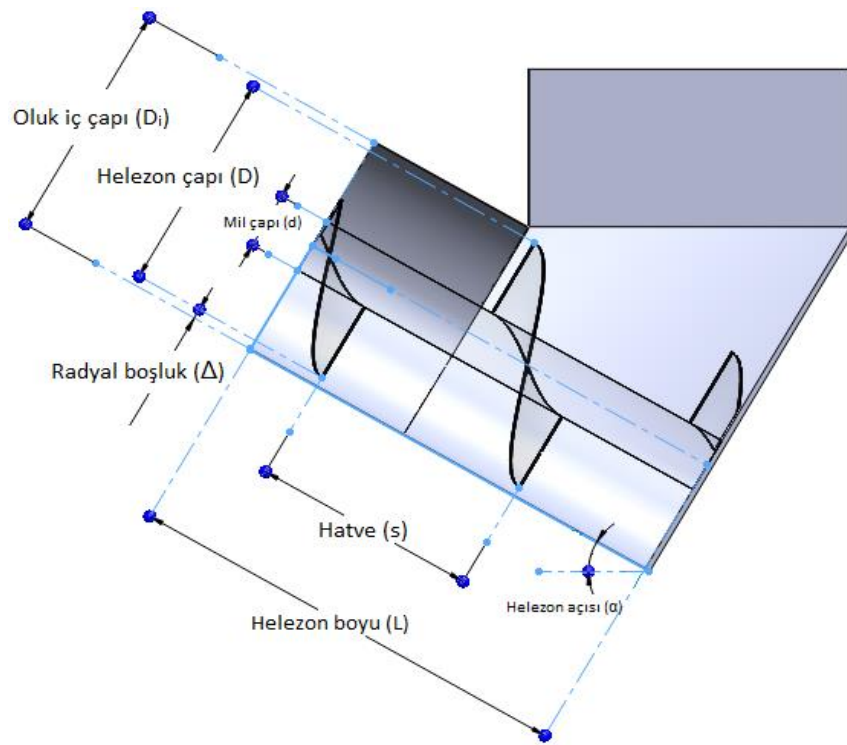
k – eğim faktörü

n – helezonun dönme hızı, dev/dak

ρ – malzeme yoğunluğu, kg/m^3

Ψ – doldurma faktörü

c_s – helezonun yapısına bağlı iletim faktörü



Şekil 2.22 Helezon konveyörde ölçüler

Çizelge 2.4 İletim faktörü tablosu (DIN 15261)

Helezon Tipi	İletim Faktörü (c_s)
Tam Helezon	0.9 - 1
Kesikli Helezon	0.7 - 0.9
Kanatlı Helezon	0.4 - 0.7

Çizelge 2.5 Helezon eğim açısına bağlı eğim faktörü (TS 10115)

Eğim Açısı (α)	0°	5°	10°	15°	20°	25°
Eğim Faktörü (k)	1	0.9	0.8	0.7	0.65	0.5

Çizelge 2.6 Helezon doldurma faktörü değerleri (TS 10115)

ψ	Malzeme Özellikleri
0.45	Hafif ve akıcı malzemeler (un, tahıl, alçı)
0.30	Küçük taneli malzemeler (tuz, kum, çakıl)
0.15	Ağır ve aşındırıcı malzemeler (kil, çimento, gübre)

Çizelge 2.7 Standart helezonlar için helezon çapı, hatve ve maksimum dönme hızları (DIN 15261)

Helezon Çapı (D)	Helezon Hatvesi (s)	Maks. Helezon Hızı (n)
(mm)	(mm)	(dev/dak)
100	100	240
125	125	192
160	160	148
200	200	120
250	250	96
315	315	80
400	400	68
500	400	60
630	450	52
800	500	48
1000	560	40
1250	630	34

2.3.2 Örnek Bir İletim Kapasitesi Hesabının Yapılması

Hatvesi 125 mm ve mil çapı 32 mm olan standart tip bir helezon konveyörün, 184 dev/dak hızla çalıştırılmak suretiyle yoğunluğu 902 kg/m³ olan polipropilen malzemeyi 30° eğim ile belirli bir yüksekliğe aktarması istenmektedir. Bu helezon konveyörün teorik iletim kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q = S \cdot n \cdot s \cdot \rho \cdot \Psi \cdot k \cdot c_s$$

$$Q = (\pi (0.125^2 - 0.032^2))/4) \cdot 184 \cdot 0.125 \cdot 902 \cdot 0.45 \cdot 0.4 \cdot 1$$

$$Q = 42.82 \text{ kg/dak}$$

$$Q = 0.7137 \text{ kg/s}$$

HELEZON KONVEYÖR MODELİNİN TANIMLANMASI**3.1 Deneysel Çalışmalar ile İlgili Bilgi Verilmesi**

Bolat ve Boğoçlu (2012), özellikleri Çizelge 3.1 ile belirtilen helezon konveyörün 30°, 45° ve 60° açılardaki iletim kapasitesinin (Q_{ex}) ve eğim katsayısının (k) belirlenmesi için deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Çizelge 3.1 Deneysel helezon konveyörün özellikleri

Oluk iç çapı (D_i)	135 mm
Helezon çapı (D)	125 mm
Helezon hatvesi (s)	125 mm
Helezon milinin çapı (d)	32 mm
Helezonun dönme hızı (n)	184 dev/dak
Helezonun boyu (L)	3700 mm

Çalışmalarında PP malzeme kullanan Bolat ve Boğoçlu (2012) 'nun elde etmiş olduğu, açılara bağlı helezon konveyör iletim kapasiteleri Çizelge 3.2 'de ve bu konveyörler için belirlenmiş olan iletim katsayısı (k) değerleri Çizelge 3.3 'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Eğim açlarına göre helezon konveyörün iletim kapasitesi değerleri

Konveyör Açısı	Deneysel İletim Kapasitesi (Q_{ex})	Teorik Kaçak Akımı (Q_L)	Net İletim Kapasitesi (Q_n)	Q_L/Q_n
	(kg/s)	(kg/s)	(kg/s)	(%)
30°	1.3677	0.2866	1.636	17.3
45°	1.175	0.4052	1.6543	28.6
60°	0.7938	0.4963	1.5802	38.46

Çizelgede dikkati çeken ilk nokta; helezon konveyörün eğimi pozitif yönde arttığında, iletim kapasitesi azalmaktadır. Kapasitedeki azalma lineer bir grafik izlememektedir. 30° 'den 45° 'ye çıkıldığında %14 'lik bir azalma, 45° 'den 60° 'ye çıkıldığında ise %32 'lik bir azalma söz konusudur.

Benzer çıkarım kaçak akımı ile net iletim kapasitesi arasındaki ilişki için de yapılabilir ve değerler Çizelge 3.2 'nin sağ sütununda görülmektedir.

Teorik kaçak akımı (Q_L), tanecikli malzemelerin helezon ile oluk arasındaki boşluktan helezon eğimi sebebiyle geri yuvarlanmasıyla oluşan iletim kaybını temsil etmektedir ve formüller ile belirlenmiştir.

Çizelge 3.3 Deneysel eğim katsayıları

Konveyör Eğimi	Eğim Katsayısı (k)
30°	0.753
45°	0.719
60°	0.537

Açılara bağlı eğim katsayıları 2.8.1 'de belirtilen teorik formül (2.1) ile hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 2.5 'de belirtilen standart değerlerden farklılık göstermektedir. Çalışmanın başlıca amaçlarından biri olan eğim katsayısı değerinin her

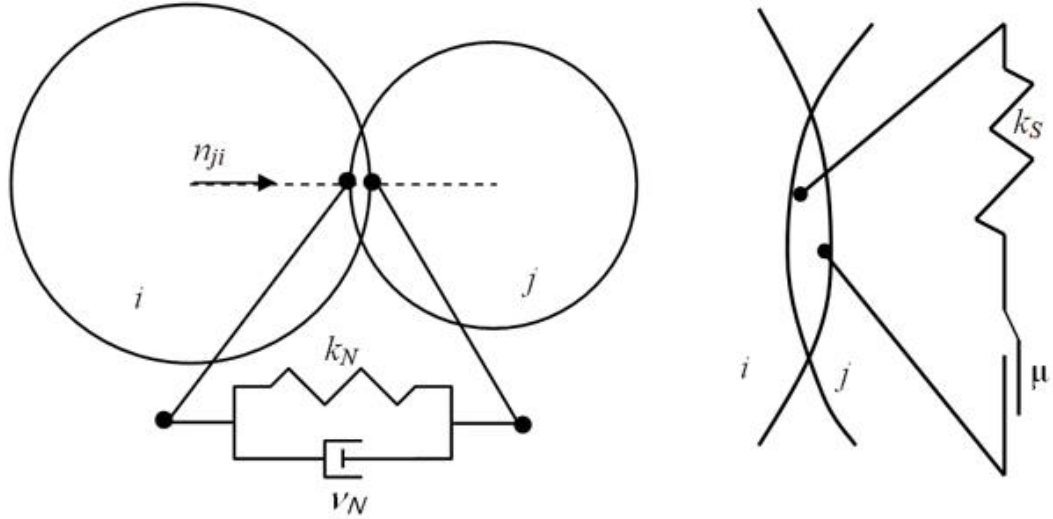
malzeme ve helezon konveyör tipi için sabit kabul edilmemesi gerektiği burada belirlenmiştir.

3.2 Tanecikli Malzeme Hareketinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellenmesi

Tanecikli malzemelerin hareketine sayısal yaklaşımlar yapmaya bir çok sebepten dolayı ihtiyaç vardır. Tanecikli malzemelerin teknik ekipmanlar içerisindeki davranışını modelleyen kapsamlı bir teori olmadığı için sayısal yaklaşımlar, ekipman imal edilmeden ve kurulmadan önce fonksiyonlarının öngörülmesi ve iyileştirilmesi için kullanılabilir. Buna duyulan ihtiyacın sebebi mühendislik ekipmaları ile yapılan deneylerin pahalı, zaman alıcı ve hatta bazen tehlikeli olmasıdır. İmalat öncesinde sayısal yaklaşımlardan çoğu durumlarda faydalanılabilir hatta yaklaşımlar kısmen deneylerin yerini alabilir.

Tanecikli malzemelerin hareketine sayısal bir yaklaşım sunan DEM metodu (sonlu elemanlar yaklaşımı), malzemelerin gözle görülebilir ve mikromekanik davranışlarını, yapılan deneyler sonrasında oluşturulan matematiksel denklemler ile ilişkilendirir.

DEM yaklaşımının yapısı teorik olarak basit ve anlaşılırdır fakat bu metodun yığın malzeme hareketi için yürütülmesi kesinlikle bilgisayar gerektirir. Bu yaklaşımda tanecikli malzemeler bir sonlu elemanlar sistemi olarak modellenir. Her bir model bir taneciği temsil eder ve onun şeklini; kütle, atalet momenti, sertlik, sönüm vs. gibi özelliklerini tanımlar. İki taneciğin birbirleri ile ve bir taneciğin başka bir yüzey ile arasındaki sürtünme katsayısı, yüzeye tutunma (yapışkanlık), tanecik şekli ve boyutunun dağılımı, sınır ve başlangıç koşulları da ayrıca tanımlanır. Süreç şu şekilde ilerler: her parçacığın yörüngesinin takip edilmesi, üzerindeki tüm kuvvetlerin görüntülenmesi, Newton 'ın ikinci hareket yasasının uygulanması ve sonrasında parçacığın yeni hareketinin hesaplanması. Bir parçacık üzerindeki kuvvetler yerçekimsel, elektrostatik, kohezif ve en önemlisi çarpışmalardan dolayı oluşan temas kuvveti şeklinde olabilir. DEM uygulamalarının çoğunluğu en basit yüzey temas kuvveti modeli olan, parçacıkların lineer "spring-dashpot-slider" (Şekil 3.1) (matematiksel olarak yay; malzeme sertliğini, damper; malzeme sönümünü ve kızak; malzeme sürtünme katsayısını sembolize eder) olarak temsil edildiği sistemi (Cundall and Strack, 1979) kullanır. [8]



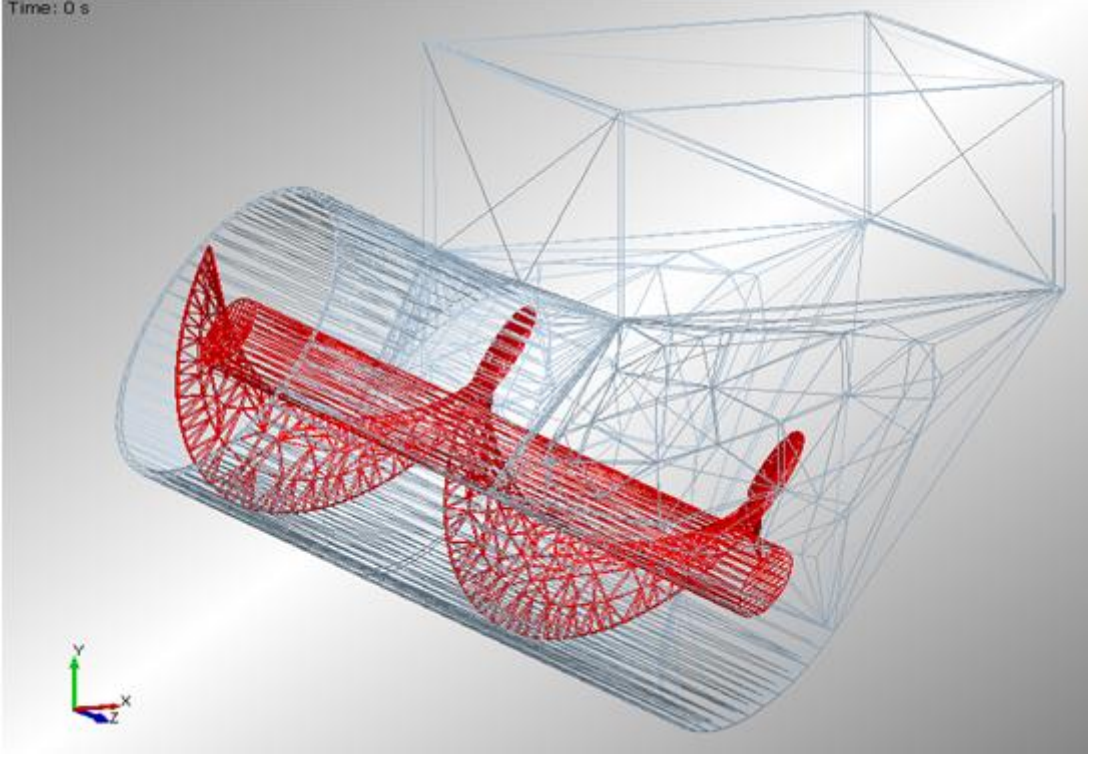
Şekil 3.1 Cundall and Strack (1979) 'in "linear spring-dashpot-slider" modeli

Üstüste binme, birbirlerine bağlantılı; itici bir kuvveti sağlayan yay katsayısı ve taneciklerin çarpışmasında ortaya çıkan normal enerjinin bir kısmını sönmleyen damperin bağlantısı ile ölçeklendirilir. Daha karmaşık ve gerçekçi modeller bulunsa da parçacığa tanımlanan veriler varsayımlara dayanarak ideale yakınlaştırılabilir ve farklı yollarla basitleştirilerek çeşitli modeller elde edilebilir. Uygulamadaki büyük problem parçacıklar arasındaki her bir çarpışma ve temasın, yığının modellenen hareketi boyunca hesaba katılmasıdır. Bu yüzden, ihtiyaç duyulan bilgisayar hesaplama zamanı diğer standart mühendislik hesaplarının yapılmasından çok daha uzundur ve bazen günler almaktadır. (Bu çalışma için tasarlanan her konveyörden alınan bir ölçüm yaklaşık beş saat simülasyon yükleme zamanı gerektirmiştir.) Prensip olarak her bir parçacığın yolu ve hızı sonlu zaman aralıkları boyunca (örneğin 0.01 s) hesaplanır. Bu çalışmadaki DEM simülasyonları, sonlu elemanlar analizi yapan bir bilgisayar programı aracılığı ile yapılmıştır.

3.3 Modelin Simülator İçerisinde Tanımlanması ve Yapılan Çalışmalar

Similatör her bir parçacığın hareketinin takip edilmesi ve her yüzeysel temasın (parçacık-parçacık ve parçacık-metal yüzey; örneğin PP taneciklerin birbirleriyle, helezon yüzeyiyle ve oluğun iç duvarlarıyla yaptığı etkileşim) modellenmesini içerir. SolidWork® kullanılarak yapılan 0°, 30°, 45° ve 60° eğimli helezon konveyör çizimleri

similatör içerisine yüklenmiştir. Helezon konveyörün yüzeyleri program içerisinde üçgensel ağlarla örülü levhalar şeklinde belirmektedir (Şekil 3.2).



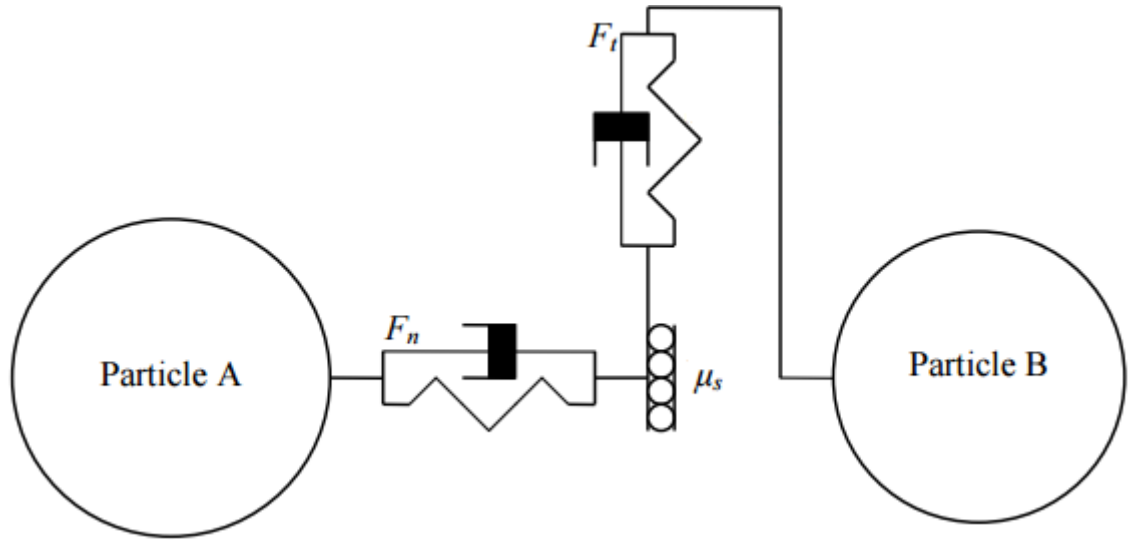
Şekil 3.2 Yüzeyin üçgensel ağlarla modellendiği helezon konveyör çizimi

Bu durum parçacıkların etkileşim içerisinde olduğu üç boyutlu geometrilerin yazılım içerisinde tanımlanmasında sınırsız bir esneklik sağlar.

Bu çalışmada kullanılan helezon konveyörler ve PP tanecikler, Bolat ve Boğoçlu (2012) 'nun deneylerinde kullanmış olduklarıyla benzer ölçülerdedir. Helezonun çapı ve hatvesi 125 mm, helezon milinin çapı 32 mm ve helezon kanatlarının kalınlığı 1 mm olarak ölçülmüştür. Helezonun uzunluğu ise 250 mm (iki hatveli) olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu boyut deneylerde kullanılan helezonların uzunluğundan çok daha kısadır. Helezonun boyunu kısaltmak ya da uzatmak çalışmanın amacını değiştirmemektedir. Bunun sebebi yapılan çalışmanın sadece helezon konveyörlerin iletim kapasiteleri üzerine olmasındandır. Helezonun boyunun değişmesi konveyörün iletim kapasitesini değil, güç gereksinimi değiştirmektedir. (Ek olarak, helezonun boyunun uzaması, program içerisinde yaratılacak olan tanecik sayısını ve dolayısıyla hesap sayısını arttıracığından bu bilgisayar modeli için üstensinden kalkılması güç ve gereksiz simülasyon yükleme zamanı yaratacaktır.)

Deneysel çalışmalar ile bilgisayar modelinin kıyaslandığı çalışmalarda oluk iç çapı, oluk ile helezon arasında 3 mm boşluk kalacak şekilde 131 mm olarak belirlenmiştir. Oluk ile helezon arasındaki boşluğun değişiminin helezon konveyörün iletim kapasitesine yapacağı etkileri incelemek ayrıca 133 mm ve 136 mm iç çaplı oluklarda kullanılmıştır. PP parçacıkların şekilleri küre, boyutları $\varnothing 3$ ve $\varnothing 4$ mm, yoğunluğu ise 902 kg/m^3 değerleri ile tanımlanmıştır.

Oluşturulan modelin en önemli parametrelerinden biri de parçacık-parçacık ve parçacık-yüzey etkileşimlerinin modellenmesidir. Bu çalışmadaki yüzey etkileşimleri yazılım içerisinde bulunan, lineer olmayan elastik model olarak tanımlanan Hertz-Mindlin temas modeli (Şekil 3.3) seçilerek yapılmıştır.

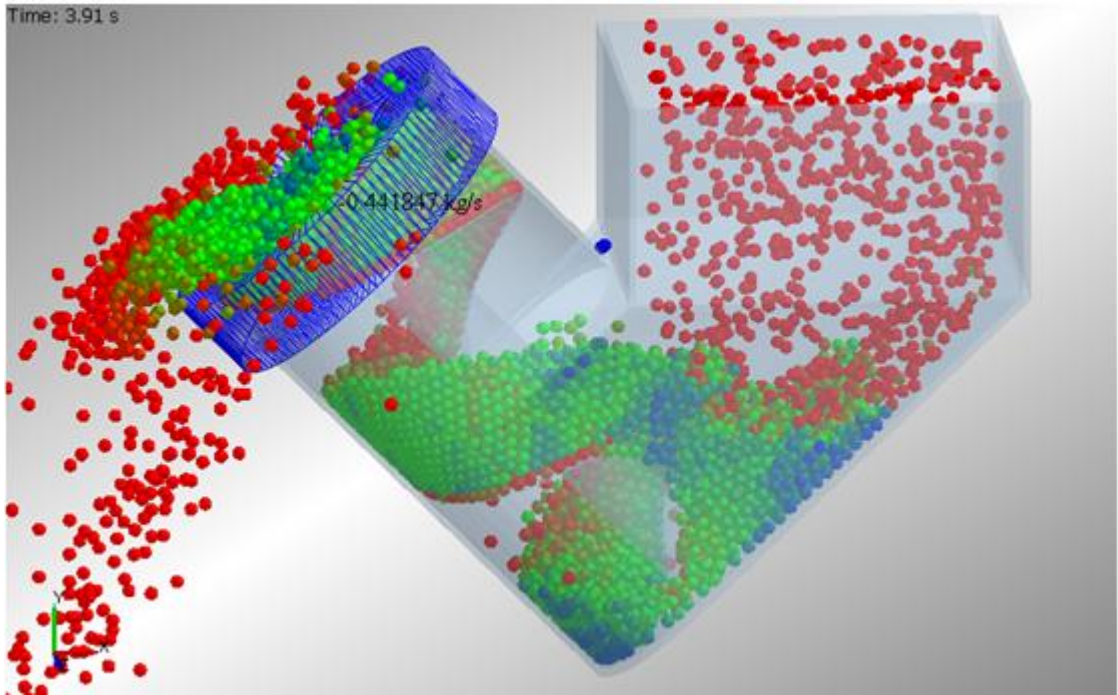


Şekil 3.3 Hertz-Mindlin temas modelinin şematik gösterimi

Yüzele paralel olarak bağlanan yay-damper sistemi teğetsel kuvvetin (F_t) ve seri olarak bağlanan yay-damper sistemi normal kuvvetin (F_n) parametreleridir. Kızakla temsil edilen μ_s ise statik sürtünme katsayısını belirtir. Sistemi oluşturan diğer parametreler poisson oranı (ν), kayma modülü (G), geri sıçrama katsayısı (e), parçacık çapı ve yüzey temas çapıdır. Bu çalışma için parçacık-parçacık ve parçacık-yüzey geri sıçrama katsayıları sırasıyla 0.3 ve 0.2, sürtünme katsayıları 0.4 ve 0.5 olarak seçilmiştir. [9]

Helezon konveyör içerisindeki akış davranışı, helezon boyunca taşınan malzemelerin kütleli debisi ölçülmek suretiyle sayısal olarak incelenebilir. Yazılım içerisinde iletim

kapasitesi (debi), helezonun eksenine dik olarak oluk çıkışına yerleştirilmiş Şekil 3.4 'de görülen mavi renkli silindir şeklindeki sanal debi ölçerler ile her 0.01 saniye periyodunda değer almak kaydıyla ölçülmüştür. PP tanecikler, hızlıdan (kırmızı) yavaşa (mavi) renk geçişi yapacak şekilde görüntülenmiştir. Örnek olarak, Şekil 3.4 'deki sanal debi ölçer 45° eğimli ve 184 dev/dak dönme hızındaki helezon konveyörün oluk çıkışında, çalışmaya başladıktan 3.91 saniye sonra 0.442 kg/s 'lik malzeme iletimi sağladığını göstermektedir.

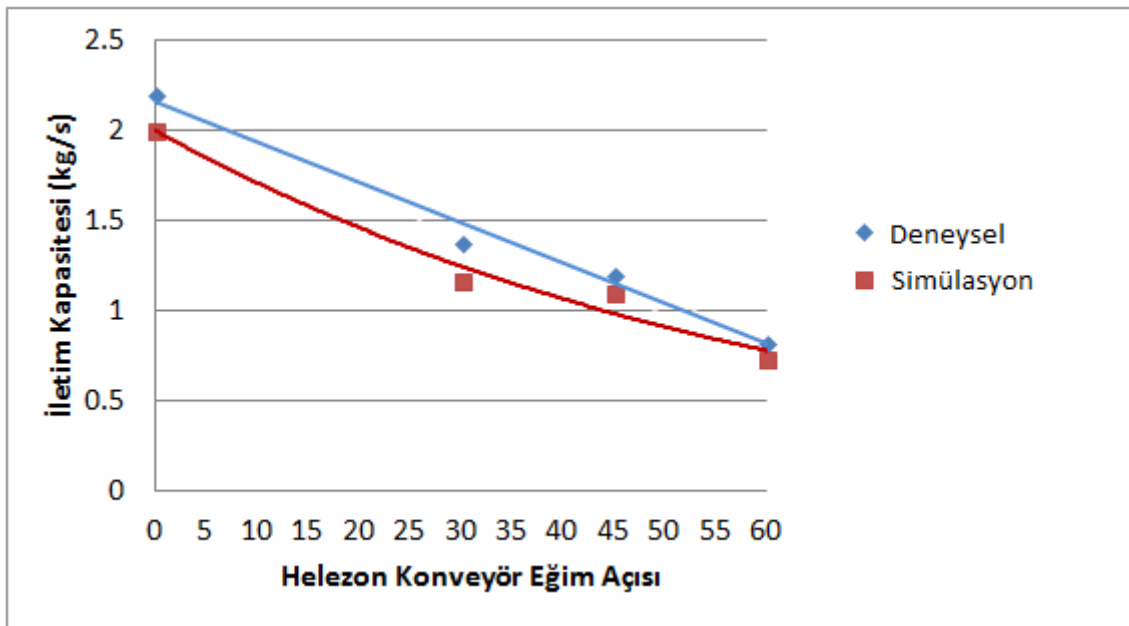


Şekil 3.4 Ucuna sanal debi ölçer yerleştirilmiş helezon konveyör

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1 Deneysel Verilerin Simülasyon Çıktıları ile Karşılaştırılması

Bolat ve Boğoçlu (2012) 'nun helezon konveyörleri ile bu konveyörlerin similatör içerisinde oluşturulan modellerinin, eğim açlarına bağlı olarak sahip oldukları iletim kapasitelerinin karşılaştırılması Şekil 4.1 ile yapılmaktadır.



Şekil 4.1 Deneysel ve Simülasyon kapasitelerinin karşılaştırılması

Yazılım sonuçları deneysel veriler ile benzer bir grafik eğimi izlese de biraz daha düşük sonuçlar vermektedir. Bu duruma rağmen DEM sonuçları ile deneysel veriler arasında bir uyuma olduğu söylenebilir. 0° eğimde %9, 30° eğimde %14, 45° eğimde %4 ve 60°

eğimde %5 'lik bir az tahmin yapılmıştır. Yüksek eğim açılarındaki sonuçların deneysel verilere daha yakın değerler verdiği gözlemlenmektedir.

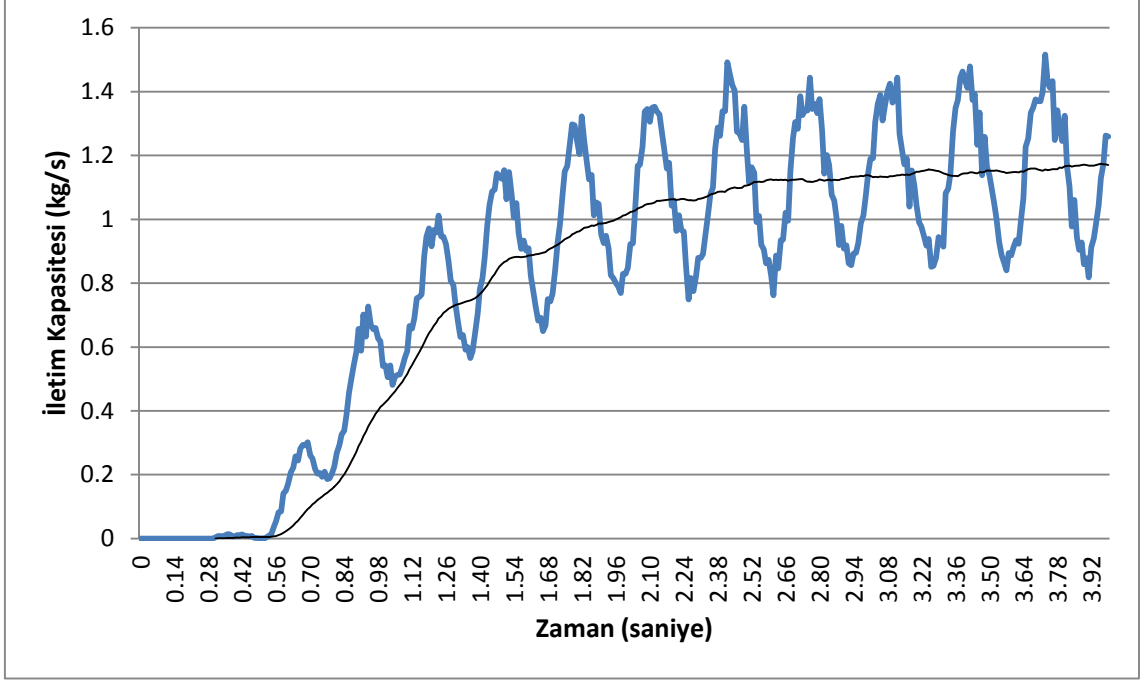
Sonuçlar arasındaki fark, yüzey etkileşimleri için yapılan ve matematiksel katsayılardan oluşan kabuller ile Bölüm 4.3 'de bahsedilecek olan varsayımlardan doğmaktadır.

4.2 Diğer Simülasyon Verilerinin Değerlendirilmesi

4.2.1 İletim Kapasitesinin Zamana Bağlı Değişim Grafiğinin Yorumlanması

Şekil 4.2 'de 30° eğimli helezon konveyörün, 184 dev/dak hız ile 4 saniye çalışması sırasında oluk çıkışında okunan iletim kapasitesi değerlerinin değişimi görülmektedir (Ø4 mm malzeme). Kovanın içerisinden helezon tarafından süpürülen ilk taneciklerin oluğun ağzına ulaşması yarım saniye alıyor gözükse de konveyörün kararlı bir şekilde malzeme iletimine başlaması için yaklaşık 2.5 saniye gerekmektedir.

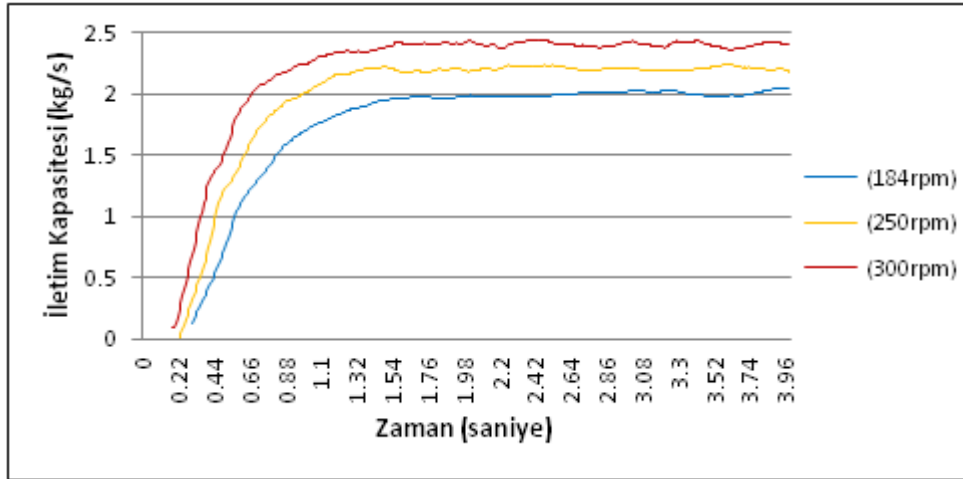
İletim kapasitesinin sürekli artan ve azalan tekrarlı dalgalayan bir hareket izlemesinin sebebi malzemenin helezon içerisindeki malzeme akış hareketi ile ilgilidir. Oluk içerisindeki akış sıvılarda olduğu gibi oluğun çeperlerini tamamen kaplamamakta; helezonun alt yüzeyinden süpürülerek yükselen malzemenin belirli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra tekrar aşağı düşmesi ve bu hareketi oluk içerisinde sürekli ilerlerken yapması şeklindedir. Sanal sensörün aksel uzunluğu ve değer alma sıklığı ile oynandığında grafiğin şekli değişmektedir fakat ortalama iletim kapasitesi trendi her zaman aynı kalmaktadır. Bu helezon konveyörün ortalama iletim kapasitesi Şekil 4.2 'de görüldüğü gibi 1.17 kg/s civarlarında sabitlenmektedir.



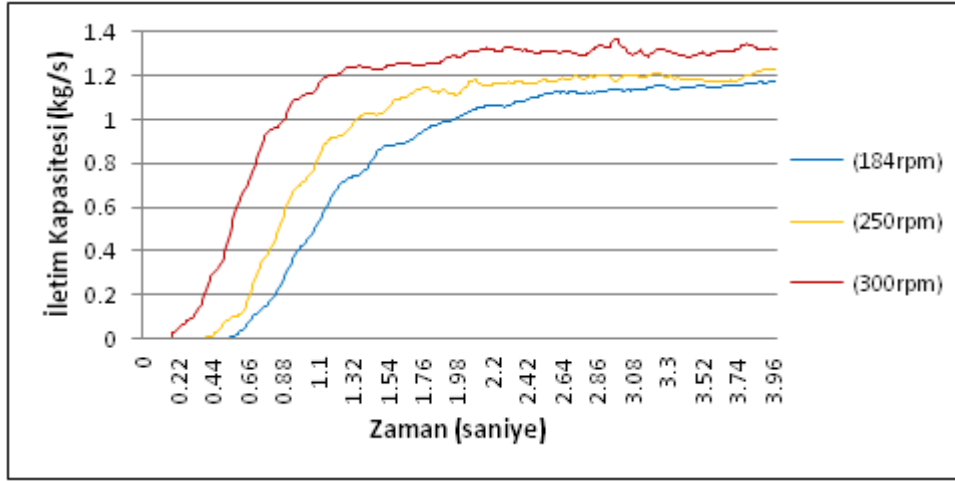
Şekil 4.2 İletim kapasitesinin zamana bağlı değişim grafiği (30° ve 184 dev/dak)

4.2.2 İletim Kapasitelerin Helezon Dönme Hızına Göre Değişimi

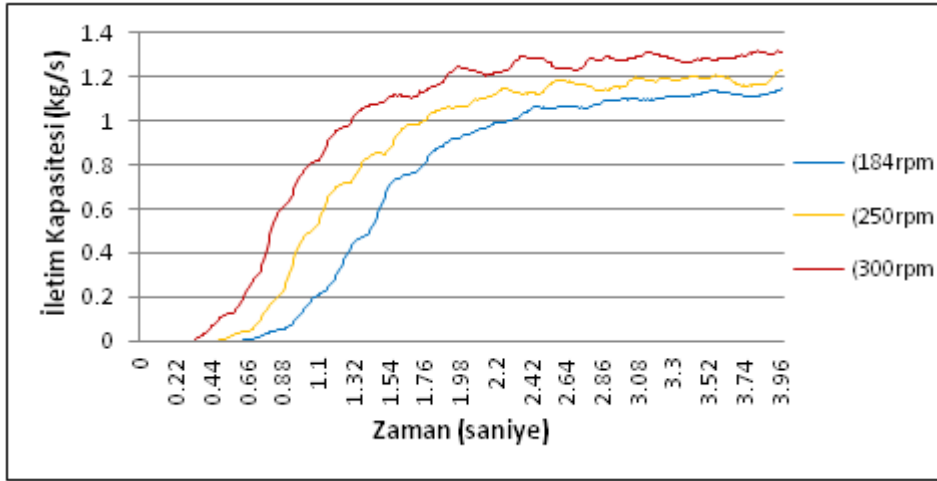
Şekil 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 'da sırasıyla 0°, 30°, 45° ve 60° eğimli helezon konveyörlerin 184, 250 ve 300 dev/dak dönme hızlarındaki iletim kapasitelerinin zamana bağlı değişim grafikleri verilmiştir. (300 dev/dak kırmızı, 250 dev/dak turuncu ve 184 dev/dak mavi ile renklendirilmiştir.)



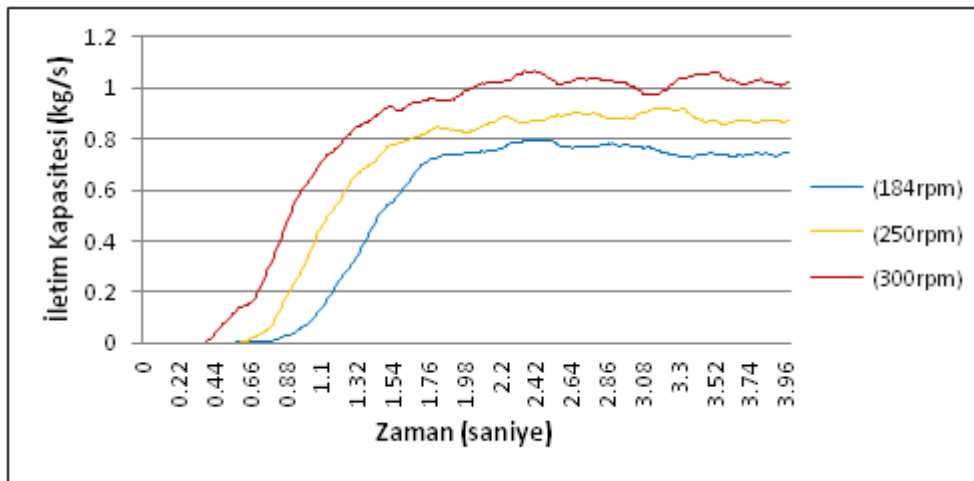
Şekil 4.3 Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (0°)



Şekil 4.4 Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (30°)



Şekil 4.5 Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (45°)



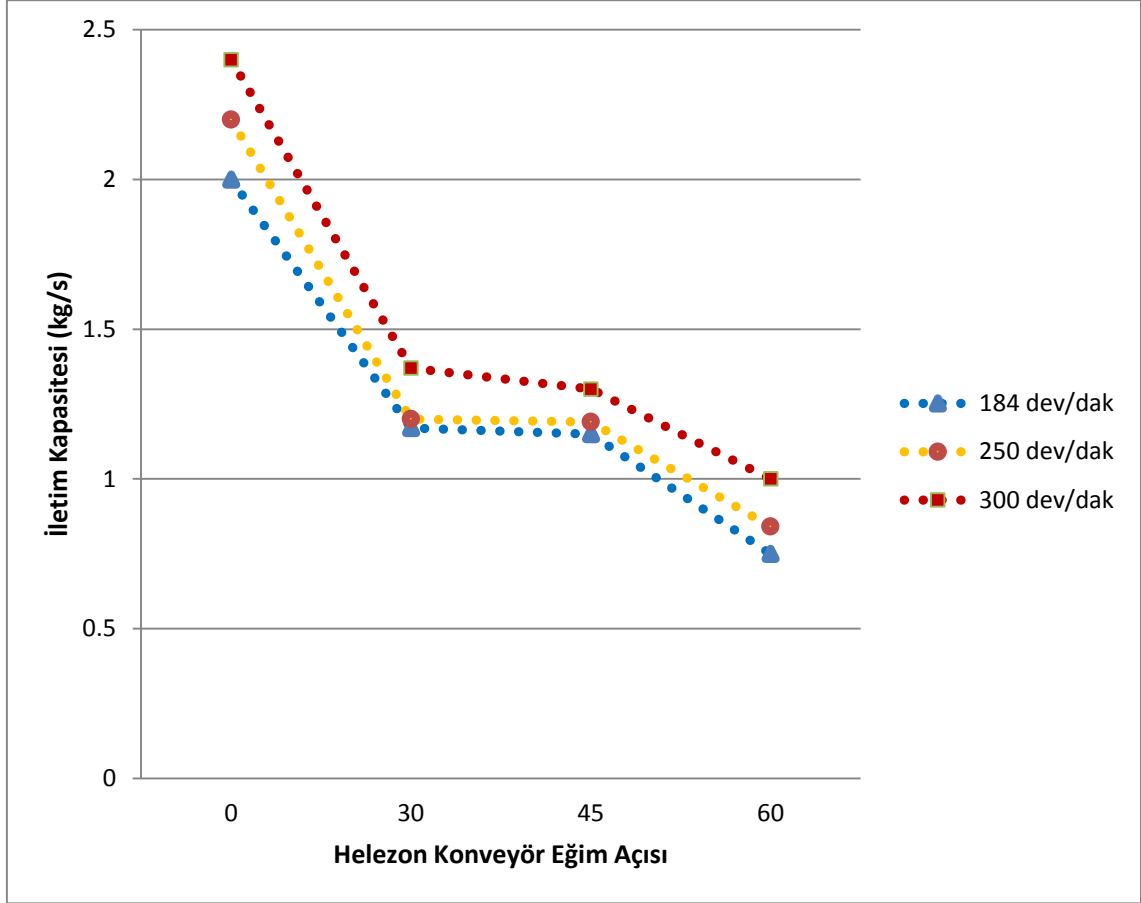
Şekil 4.6 Farklı dönme hızlarının aynı eğim açılarında iletim kapasitesine etkisi (60°)

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi helezon hızlarının artmasıyla beraber helezon konveyörlerin iletme kapasiteleri de artmaktadır. Helezon konveyörün eğim açısı büyüdükçe hız değişimine daha duyarlı hale geldiği görülmektedir. Dikkati çeken bir diğer husus da helezon eğimi arttıkça debinin kararlı hale gelme süresi artmaktadır.

4.2.3 İletim Kapasitelerin Helezon Eğim Açılarına Göre Değişimi

Şekil 4.7 'de $\varnothing 4$ mm boyundaki PP malzemeler ile yapılan simülasyonlarda farklı helezon dönme hızları ve açılarında elde edilen iletim çıktıları görülmektedir. Alınan iletim kapasitesi değerleri grafik üzerinde lineer çizgilerle temsilen birleştirilmiş olsa da helezon hız ve açısı ile iletim kapasitesi arasındaki ilişkinin lineer olmadığı söylenmelidir. Eğer helezonun dik pozisyonuna kadar ölçüm alınmış olsaydı 60° 'nin üstündeki açılarda iletim kapasitesinin azalma trendinin yavaşlayarak sabit bir minimum değere yaklaşacağı görülecekti. Bunun başlıca sebebi Bölüm 4.3 açıklanan yağın tipi akıştan tabaka tipi akışa geçiştir. Eğim dik açılara yaklaştığında malzemelerin ortalama hızı, aksenal hızın bir fonksiyonu olmaktan çok merkezkaç kuvvetinin etkisindeki dönme hızının etkisi altına girmektedir. Böylece yüksek helezon eğimlerinde malzeme akışı homojen - değişmeyen derinlikli bir tabaka formunu alır. İletim kapasitesinin değişim trendi aksenal hızın değişimine bağlı olduğu için helezon eğiminin artması ile beraber artan malzeme dönme hızı iletim kapasitesini arttırmaz.

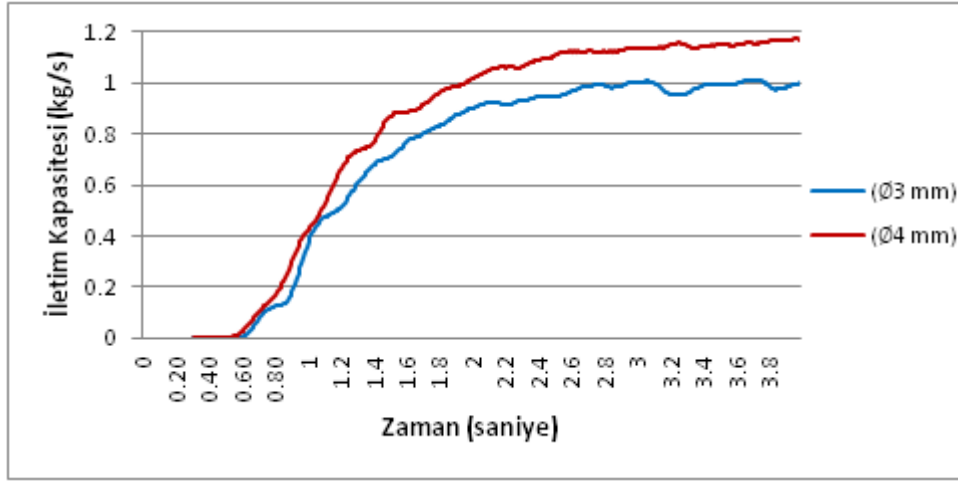
Varılan sonuçlar, helezon eğiminin artmasının iletim kapasitesini azalttığını, dönme hızının artmasının konveyörler aynı açılarda kıyaslandığında iletim kapasitesini arttırdığını, iletim kapasitesinin açı ve hızlara bağlı değişiminin doğrusal bir eşitlik ile belirlenemeyeceğini, iletim kapasitesinin azalma trendinin 30° - 45° aralığında diğer açılara nazaran yavaşladığını göstermektedir.



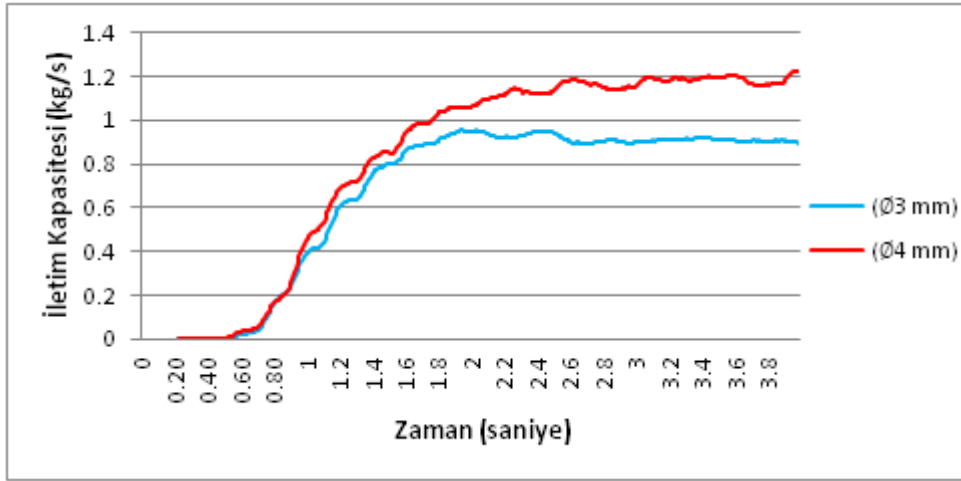
Şekil 4.7 İletim kapasitelerinin eğim açısına göre değişimi

4.2.4 Tanecik Boyutu Değişiminin İletim Kapasitesine Etkisi

Aşağıdaki şekillerde sırasıyla 30° ve 45° eğimli helezonların 250 dev/dak dönme hızlarında $\emptyset 3$ ve $\emptyset 4$ mm boyutlarındaki malzemelerle yapılan simülasyonlardan alınan iletim kapasitesi çıktıları görülmektedir. Gözlemlenen ilk sonuç tanecik boyutunu küçültmenin iletim kapasitesini düşürdüğüdür. Bir diğer sonuç ise iletim çıktısı, nispeten daha yüksek eğim açısında malzeme boyutuna daha duyarlıdır. Sayısal olarak kıyas yapmak gerekirse, 30° eğimli helezonda malzeme boyutunu küçültmek %1.6 'lık, 45° eğimli helezonda ise %2.5 'luk bir iletim kapasitesi azalmasına sebep olmaktadır. Küçük boyutlu malzemelerle yapılan deneylerdeki dolum oranlarını arttırmak, iletim kapasiteleri arasındaki farkı azaltmakta kullanılabilir olsa da örnekteki helezon açısı ve hızlarında nispeten büyük çaplı malzemelerin daha etkin bir akış formu oluşturarak daha fazla iletim çıktısı verdiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.8 Tanecik boyutunun iletim kapasitesine etkisi (250 dev/dak, 30°, Ø4 mm)

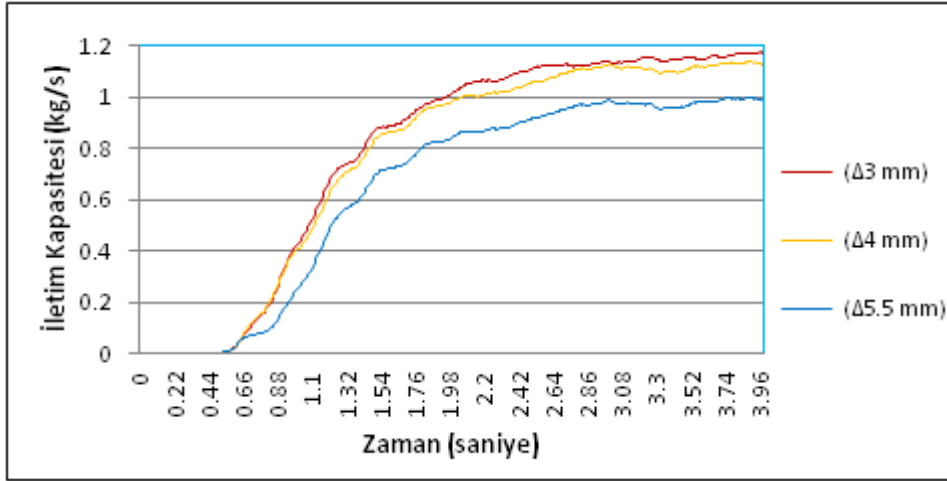


Şekil 4.9 Tanecik boyutunun iletim kapasitesine etkisi (250 dev/dak, 45°, Ø4 mm)

4.2.5 Helezon ile Oluk Arasındaki Aralığın İletim Kapasitesine Etkisi

Helezon ile oluk arasındaki boşluğun iletim kapasitesine etkisi Şekil 4.10 ile incelenmiştir. Simülasyonda kullanılan helezon konveyörler 184 dev/dak dönme hızında, 30° eğimle ve Ø4 mm malzeme kullanılarak test edilmişlerdir. Çizelgedeki zamana bağlı iletim kapasitesi kırmızı ile gösterilen konveyör Δ3 mm, turuncu ile gösterilen Δ4 mm ve mavi ile gösterilen Δ5.5 mm helezon-oluk boşluğuna sahiptir. Görüldüğü gibi helezon ile oluk arasındaki boşluğu arttırmak beklendiği üzere iletim kapasitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Boşluğu 1 mm artırmak iletim kapasitesini %0.8 azaltırken, 2.5 mm artırmak %15 'lik bir azalmaya sebep olmaktadır. Boşluğun iletim kapasitesine olan etkisinin büyümesi tanecik boyutunun Ø4 mm olmasındandır.

Helezon ile oluk arasındaki boşluğun tanecik boyutundan büyük olmaya başlaması ile taneciklerin bir kısmı helezonun eğimli olmasından dolayı akış esnasında boşluklardan geri yuvarlanarak helezonun iletim kapasitesini düşürmektedir.

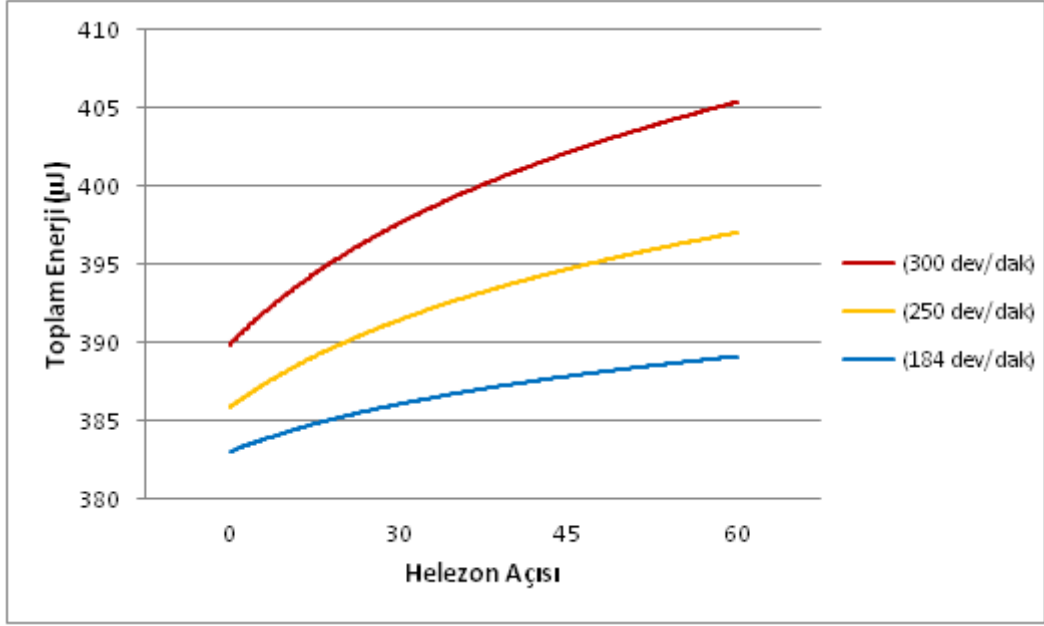


Şekil 4.10 Helezon ile oluk arasındaki boşluğun iletim kapasitesine etkisi

4.2.6 Helezon Konveyörlerin Toplam Malzeme Enerjisine Göre İncelenmesi

Parçacıkların toplam enerjisi dönen helezon içerisindeki parçacıkların her çarpışmasında oluşan enerji yayılımının toplamıyla elde edilir ve helezon konveyörün, çalışması esnasında ne kadar güç harcayacağına dair fikir verir.

Şekil 4.11 'de Ø4 mm boyutunda PP malzemeler ile farklı helezon açısı ve dönme hızlarında ortaya çıkan enerji toplamlarının grafiği görülmektedir. Şekil açıkça göstermektedir ki artan helezon açısı ile beraber parçacıkların toplam enerjisi de artmaktadır. Helezon konveyör, yüksek açılarda oluşan tabaka tipi akış sebebiyle parçacıklar arasında artan kayma kuvvetlerini ve merkezkaç kuvvetinin artması ile beraber oluk çeperlerine daha fazlaca temas etmeye başlayan parçacıkların oluşturduğu sürtünme kuvvetlerini yenmek için daha çok güç sarfetmektedir. Ek olarak, şekilde görüldüğü gibi helezon hızını artırmak toplam malzeme enerjisini arttırmaktadır. Yine de şekildeki üç eğri arasında kalıcı bir enerji kanunu oluşturulamamaktadır.

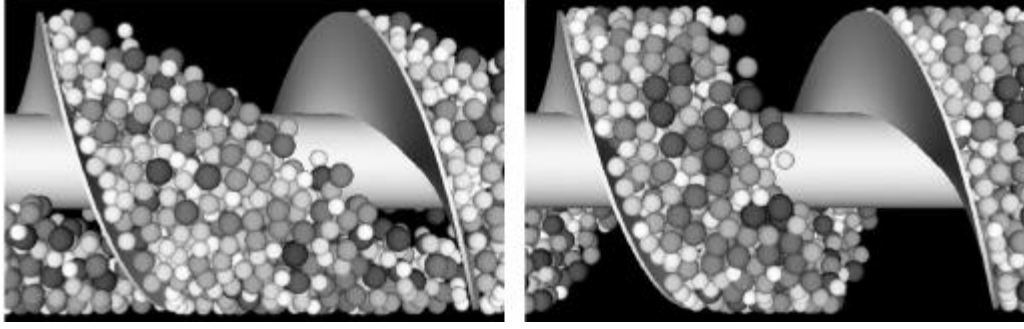


Şekil 4.11 Toplam yığın enerjisinin eğim ve hıza göre değişimi

4.3 Helezon İçerisindeki Malzeme Akışına Yapılan Yaklaşımlar

DEM simülasyonları göstermektedir ki, eğimli bir helezon konveyör içerisindeki tanecikli malzeme hareketinin yapısı şaşırtıcı bir şekilde karmaşık ve işletme koşullarına karşı oldukça duyarlıdır. Tanecikli malzemelerin helezon içerisindeki akış şekli iki temel ilkeye sahiptir. [10]

- Yığın halindeki parçacıkların helezon aracılığı ile ileri itilmesi ve helezon yüzeyi boyunca dikey olarak yukarı taşınan yığının serbest yüzeyi üzerinden aşağı yuvarlanması ile devirdaim eden bir akış. (Bir tepe üzerindeki çığın kar topuna dönüşmeksizin aşağı düşerken yaptığı akış veya buldozer kepçesi önündeki toprak yığınının ileri taşınırken kepçe içerisinde yaptığı hareket gibi düşünülebilir.) (Circulating heap flow)
- Yerçekimi tarafından oluşturulan kuvvet ile malzemelerin helezon yüzeyi boyunca eşit olarak yayılması ve merkezkaç kuvvetinin bir etkisi olarak malzemelerin oluğun çeperlerine doğru-helezon milinden uzağa itilmesi ile oluşan homojen-değişmeyen derinlikli bir tabaka formundaki kayma akışı. (Bed type flow)



Şekil 4.12 Malzeme akış şekilleri (sırasıyla yığın tipi ve tabaka tip akış)

Birinci tip akış düşük açı ve dolumlarda, ikinci tip akış yüksek açı ve dolumlarda gerçekleşir. Yığın tipi akıştan tabaka tipi akışa geçiş bir eksen etrafında dönerek ve birbirleri üzerinden yuvarlanarak ilerleyen parçacıkların dönme hızlarının kritik değerin üstünde artması ile yaptığı hareket değişikliği tarafından etkilenir. İşletme performansındaki değişimler bu akış şekillerinin değişmesi ile ilişkilendirilebilir.

4.4 Yapılan Varsayımlar ve Varsayımların Çıktılara Etkisi

Gerçek deneylerin bilgisayar ortamında matematiksel verilere dayalı olarak modellenmesi her zaman bazı kabullerin yapılmasına dayalı olarak gerçekleştirilir. Oluşturulan modeller her ne kadar deneylere yakınsa da yapılan kabüller dolayısıyla gerçek verilerden az ya da çok tahmin yapılmasına sebep olur. Bu çalışmadaki konveyör modellerinin sahip olduğu kabüller aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Tüm PP parçacıkların şekli küre olarak modellenmiştir. PP parçacıkların orijinal şekli küreye benzese de küre şeklinde değildir.
- Yığın içerisindeki PP parçacıklarının tümünün boyu eşit kabul edilmiştir.
- Helezon mili, yazılım içerisinde belirlenen dönme ekseninde yataklar olmaksızın dönmektedir. Gerçek bir uygulamada hesaba katılması muhtemel, yatakların malzeme akışına etkileri ihmal edilmiştir.
- Helezonun oluk boyuncaki hareketi tamamen düzlemseldir. Helezon ve milin gerçekte yapmış olduğu sehim ve titreşim hareketleri hesaba katılmamıştır.

- Helezon ve oluk arasındaki boşluk deneysel çalışmalardaki boşluğa nazaran 2 mm daha küçüktür. Malzemenin, eğim dolayısıyla boşluklardan yapacağı geri yuvarlanma ihmal edilmiştir denilebilir.
- Malzeme dolum oranları deneysel çalışmalardakine tam olarak uyumlu değildir. Dolum oranları yazılım içerisindeki ortalama veriler seçilerek belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Bolat, B. ve Boğoçlu, M.E., (2012). "Increasing of Screw Conveyor Capacity", *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 16:207-210.
- [2] Sağırlı, A. ve Boğoçlu, M.E., (2009). *Transport Tekniği 2*, Yıldız Üniversitesi Yayınları, 1, İstanbul.
- [3] Gerdemeli, İ., İmrak, C.E ve Kesikçi, M.K., (2005). *Sürekli Transport Sistemleri*, Birsan Yayınevi, 1, İstanbul.
- [4] Göncü, F., (2012). *Mechanics of Granular Materials: Constitutive Behaviour and Pattern Transformation*, PhD Thesis, Delft University of Technology, Department of Applied Mathematics, Delft.
- [5] Çetinel, H., (2000). "Polietilen ve Polipropilenin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(3):79-87.
- [6] Beşergil, B., (2007). *Hampetrolden Petrokimyasallara El Kitabı*, Gazi Kitabevi, 1, Ankara.
- [7] Kazimierz, A.D., Tadeusz, P. ve Pawel, Z., (2007). "The Process of Grain Relocation with Screw Conveyors", *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. - OL PAN*, 7:86-96
- [8] Michele, M., (2012). *Discrete Element Modelling of Complex Granular Motion in Mixing Vessels: Evaluation and Validation*, PhD Thesis, The University of Birmingham, the School of Chemical Engineering, Birmingham.
- [9] Owen, P.J. ve Cleary, P.W., (2009). "Screw Conveyor Performance: Comparison of Discrete Element Modelling with Laboratory Experiments", *Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries*.
- [10] Owen, P.J. ve Cleary, P.W., (2009). "Prediction of Screw Conveyor Performance Using the Discrete Element Method", *Powder Technology*, 193:274-288.

HELEZON KONVEYÖRÜN SOLIDWORKS® 'DA ÇİZİMİ

A-1 Helezonun Çizimi

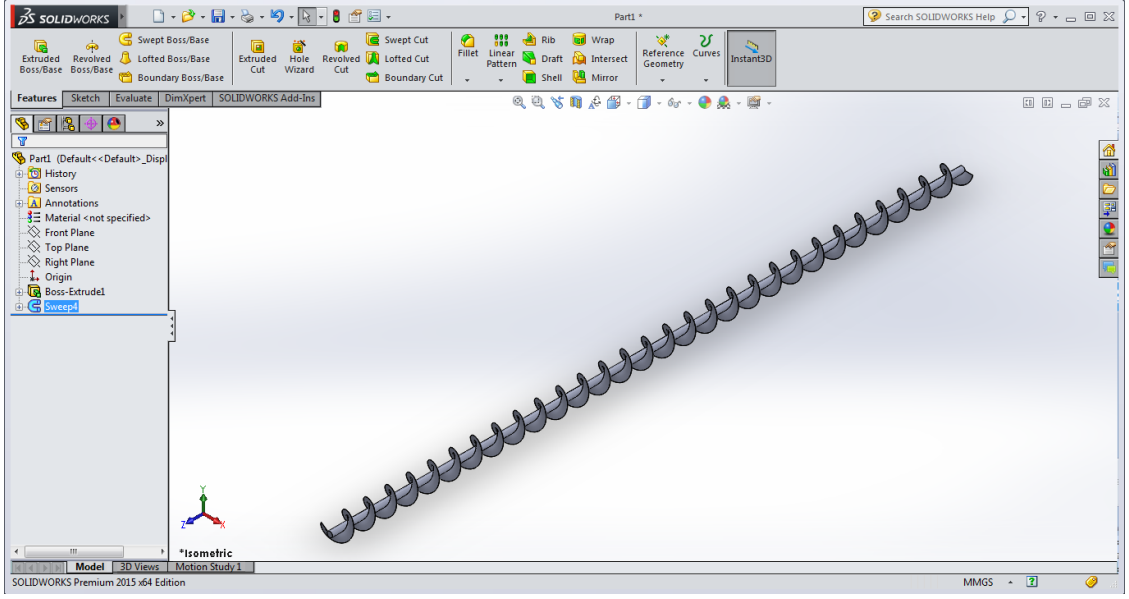
“Front Plane → Sketch” komutu kullanılarak oluşturulan yüzeyde 32 mm çapında bir daire çizilir ve sonrasında daire ölçeklendirilerek çizim onaylanır.

Oluşturulan “Sketch” seçilerek “Features → Extruded Boss/Base” komutu kullanarak çizim “z eksenini” boyunca 3700 mm uzatılır ve komut onaylanarak helezon mili oluşturulmuş olur.

Helezon burgusunu oluşturmak için “Front Plane → Sketch” komutu kullanılarak açılan yüzeyde 125 mm çapında bir daire çizilir ve sonrasında daire ölçeklendirilerek çizim onaylanır. Oluşturulan daire “Insert → Curve → Helix/Spiral” komutu kullanılarak mil boyunca uzatılır.

Helezon kanadını oluşturmak için “Top Plane → Sketch” komutu kullanılarak kenar boyutları 46,5 mm ve 1 mm olan bir dikdörtgen, mil kenarına çizilir. (Ölçüler 1mm kanat kalınlığını ve 125 mm olan helezon çapını oluşturmak için böyle boyutlandırılmıştır.)

Helezon kanadını mil boyunca uzatmak ve çizimi tamamlamak için “Features → Swept Boss/Base” komutu kullanılır. Helezon kanadını tanımlayan “Sketch” ve burguyu tanımlayan “Helix”, “Swept Boss/Base” komutu içinde birleştirilerek helezon kanadı mil boyunca uzatılmış ve helezon çizimi tamamlanmış olur. (Şekil A.1)



Şekil A.1 Helezon

A-2 Yatay Helezon Oluşu ve Besleme Kovanının Çizimi

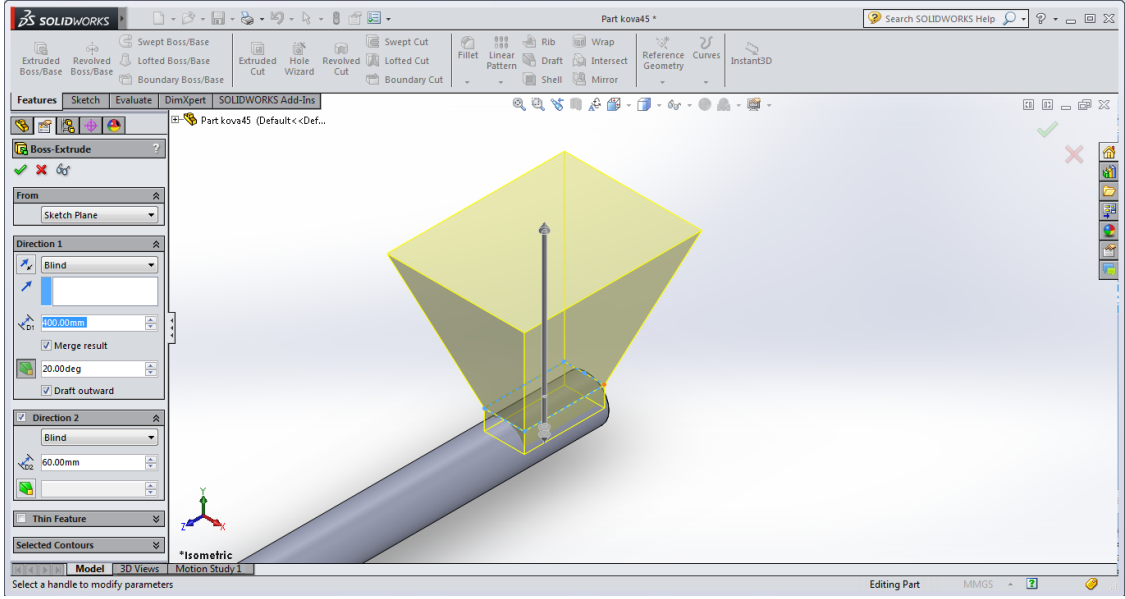
Helezonun çapı 125 mm, helezon ile oluk arasındaki radial boşluk 3 mm, oluk ve besleme kovanının et kalınlığı 3 mm olarak belirlenmiştir. Helezon ve oluk-besleme kovası daha sonra başka bir dosya içerisinde birleştirilecektir. Buna göre yeni bir SolidWorks® dosyası açılarak öncelikle oluğun çizimine başlanır.

“Front Plane → Sketch” komutu kullanılarak oluşturulan yüzeyde 133 mm çapında bir daire çizilir ve sonrasında daire ölçeklendirilerek çizim onaylanır.

Et kalınlıkları da hesaba katılarak çizilen daire eksen boyunca “Features → Extruded Boss/Base” komutu kullanılarak 3704 mm uzatılır. Komut onaylanarak helezon oluğu içi dolu bir şekilde oluşturulmuş olur.

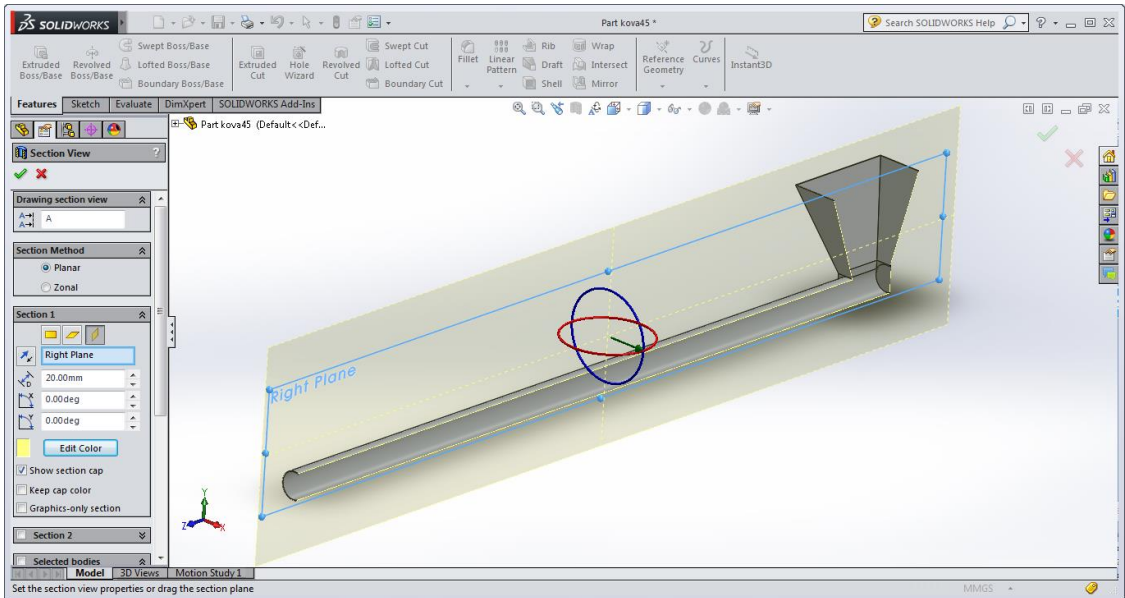
Besleme kovanının ağzını oluşturmak için “Top Plane → Sketch” komutu kullanılarak verilecek olan ağız açıklığının formu Şekil A.2 ‘deki dikdörtgen ile çizilir.

Besleme kovanını içi dolu bir şekilde oluşturmak için yukarıda oluşturulan dikdörtgen “Features → Extruded Boss/Base” komutu kullanılarak “y eksenini” boyunca açılı bir şekilde yükseltilir. (Şekil A.2)



Şekil A.2 İçi dolu besleme kovası

Şekile son halini vermek için “Features → Shell” komutu kullanılır. Bu komut içi dolu olarak çizilen modele belirli bir et kalınlığı verilerek içinin boşaltılmasını sağlar. Bu komutla ilgili detay bilgi, komut kullanılırken ağız açık bırakılacak yüzeylerin tanımlanmasıdır. Bu model için seçilmesi gereken yüzeyler oluğun malzeme çıkış ağız ve besleme kovasının üst yüzeyidir. Modelin son hali (kesit görünüm) Şekil A.3 ‘deki gibidir.

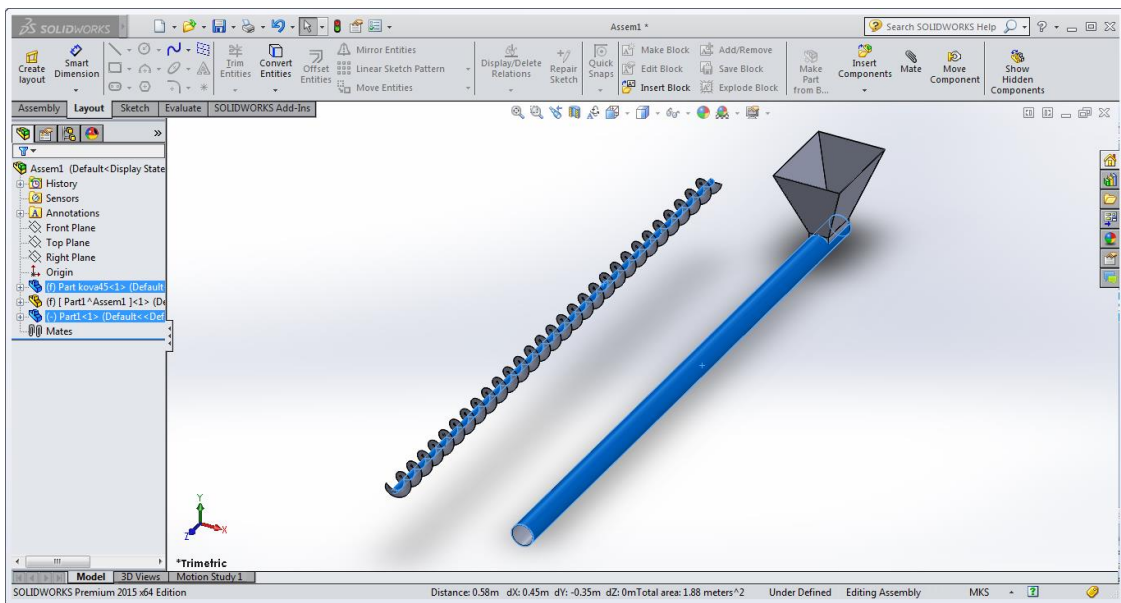


Şekil A.3 Helezon oluğu ve besleme kovası

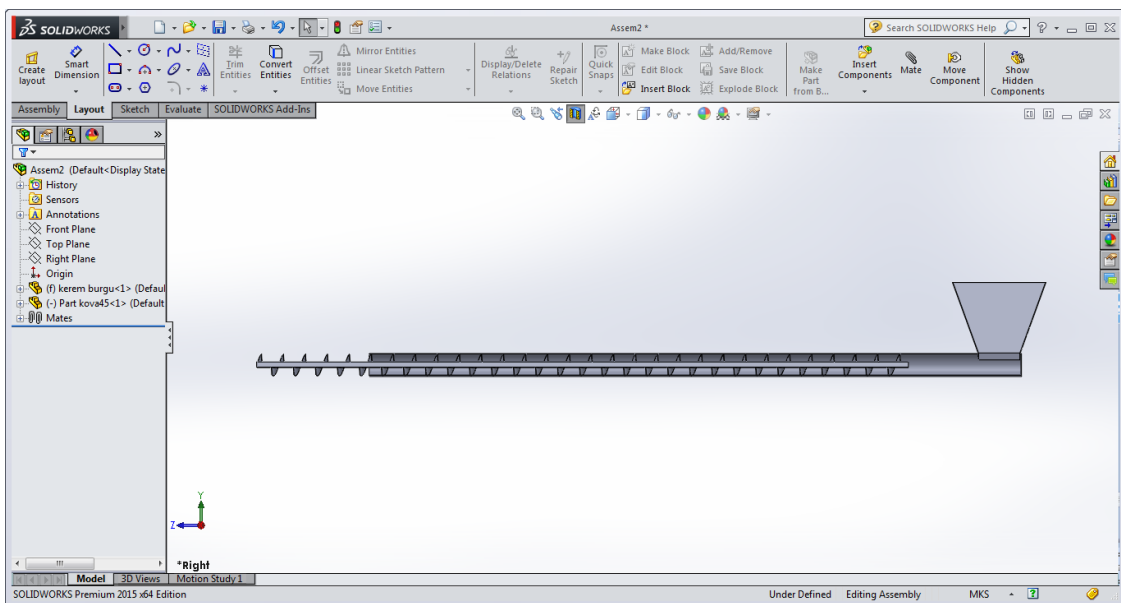
A-3 Helezonun Oluğu ve Besleme Kovasının Birleştirilmesi

Bunun için program içerisinde yeni bir “Assembly” sayfası açılır. “Layout → Insert Components” yoluyla ekrana çağırılan yukarıda çizilen parçalar Şekil A.4 ‘de görüldüğü gibi çizim ekranında ayrı ayrı herhangi bir yere yerleştirilir.

Parçaların birleştirilme işlemindeki ilk adım oluk ve helezon milinin eş merkezli hale getirilmesidir. Bunun için Şekil A.4 ‘de görülen yüzeyler beraber seçildiğinde beliren birleştirme seçenekleri arasından “Concentric” işaretlenir. Artık helezon ve oluk kesit Şekil A.5 ‘de görüldüğü gibi eş merkezli hale gelmiştir.

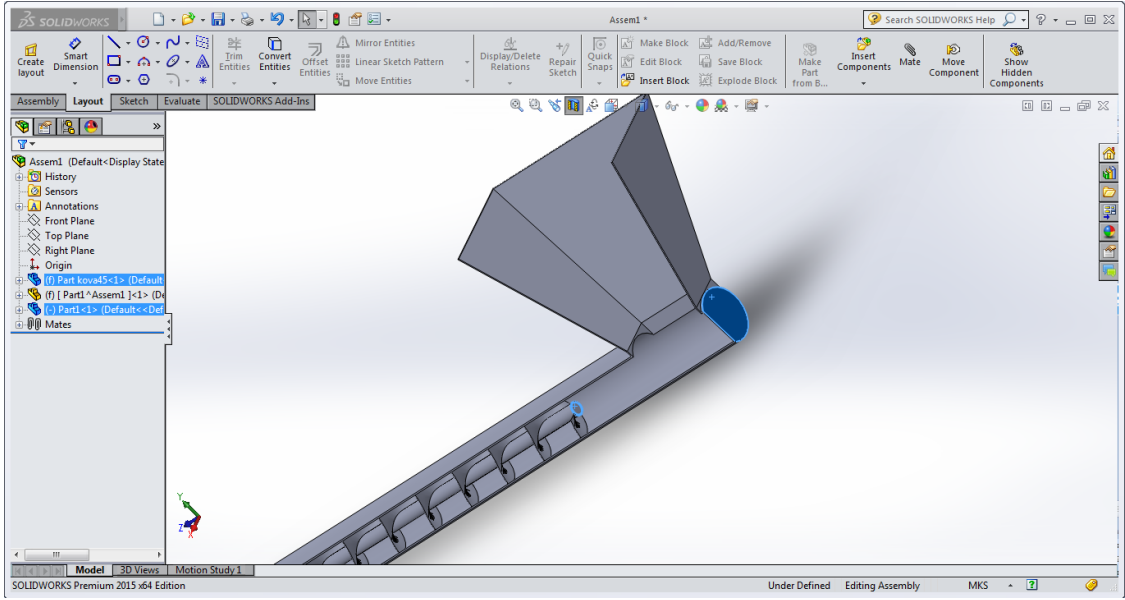


Şekil A.4 Helezon ve oluk-kova yüzey seçimi

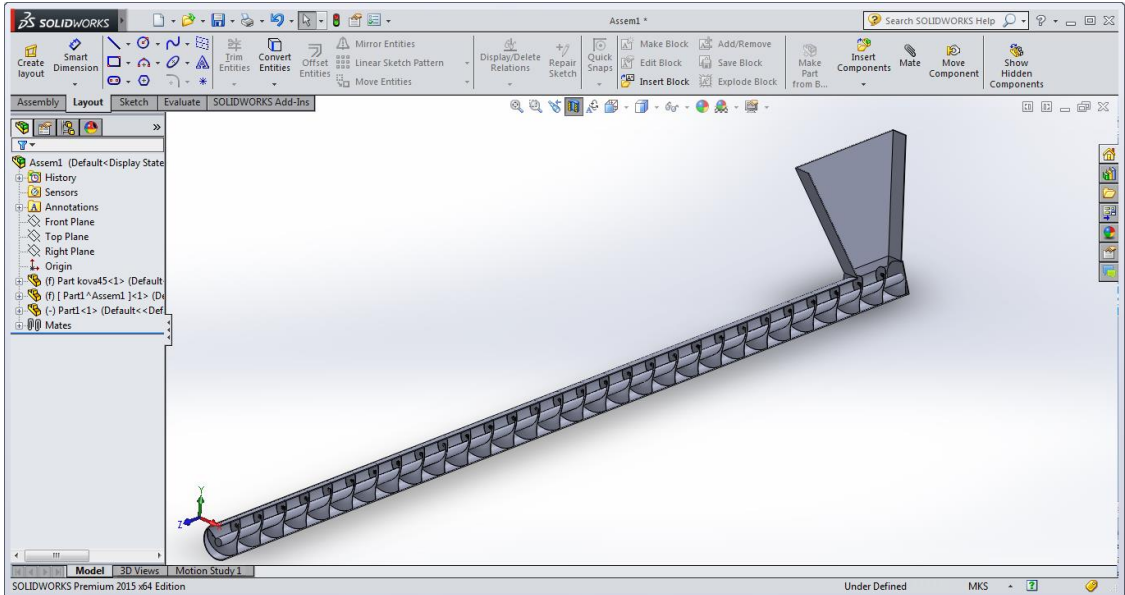


Şekil A.5 Eş merkezli helezon ve oluk-kova

Helezonun yerleştirilmesindeki son adım mil ve oluk yüzeyinin birbiri üzerine oturtulmasıdır. Bunun için Şekil A.6 'da görülen yüzeyler beraber seçildiğinde beliren birleştirme seçenekleri arasında "Coincident" işaretlenir. Şekil A.7 'de görüldüğü gibi helezonun oluk içerisindeki montajı tamamlanmıştır.



Şekil A.6 Helezon ve oluğun birleştirilmesi

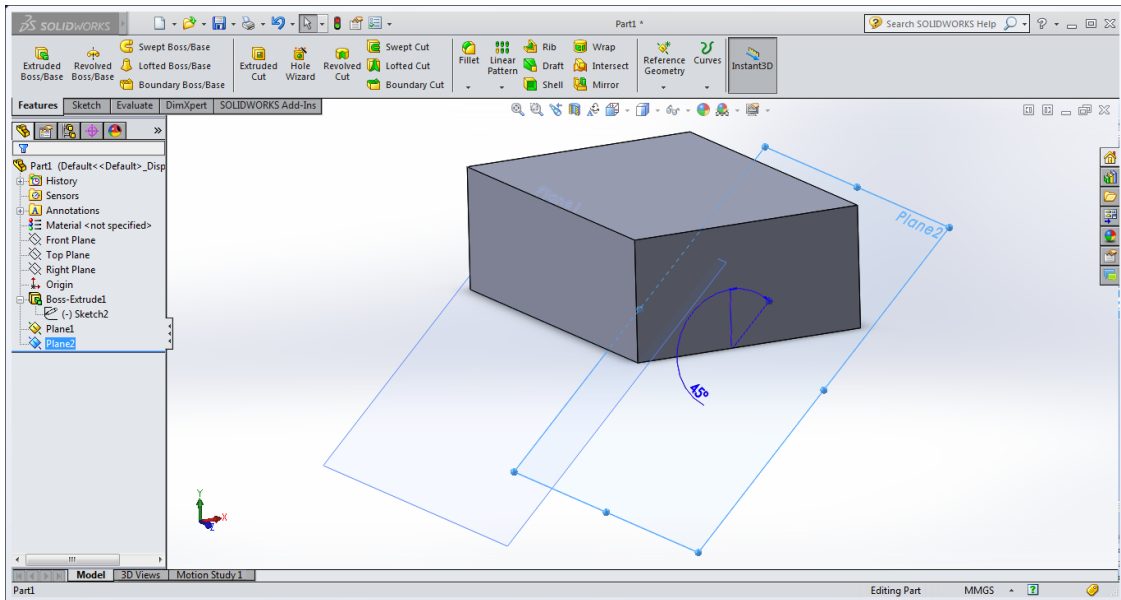


Şekil A.7 Helezon ve oluk-kova

A-4 Eğim Açılı Helezon Oluğu ve Besleme Kovasının Çizimi

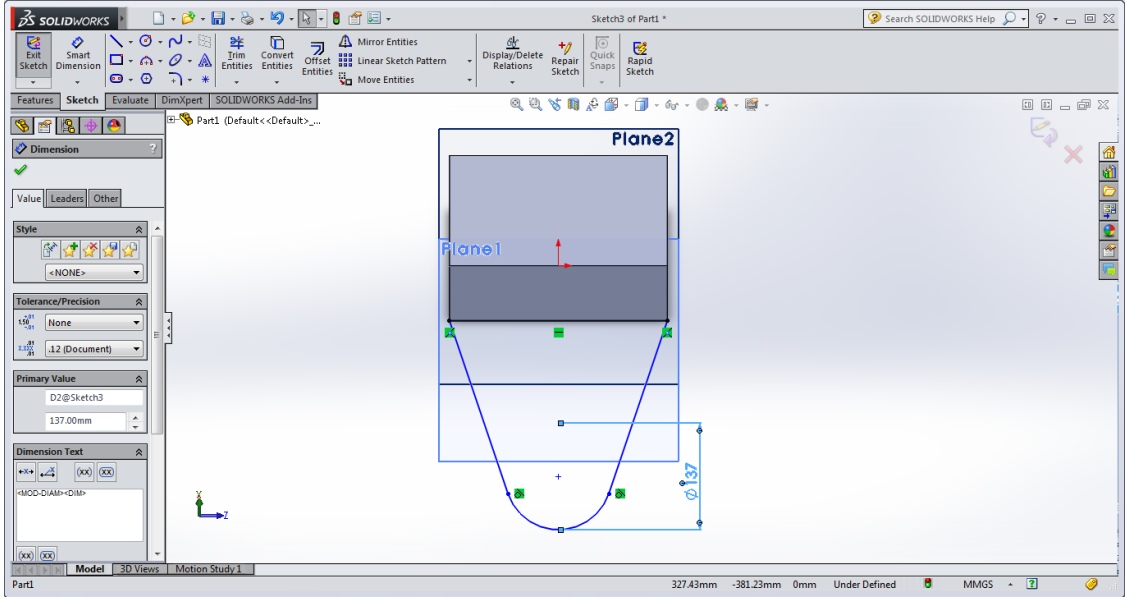
“Top Plane → Sketch” kullanılarak oluşturulan düzlemde bir dikdörtgen çizilerek dikdörtgen “Features → Extruded Boss/Base” komutu kullanılarak “y düzlemi” üzerinde yükseltilir.

Besleme kovasının alt kısmını eğimli bir şekilde oluşturmak için yukarıda çizilmiş olan dikdörtgenin uzun kenarları boyunca eğimli yüzeyler yaratıp bu eksenler üzerinde çizim yapılmalıdır. Eğimli yüzeyleri oluşturmak için “Features → Reference Geometry → Plane” komutu kullanılır ve eksenle 45° açılı yüzeyler (“Plane 1” ve “Plane 2”) Şekil A.8 ‘deki gibi tanımlanır.

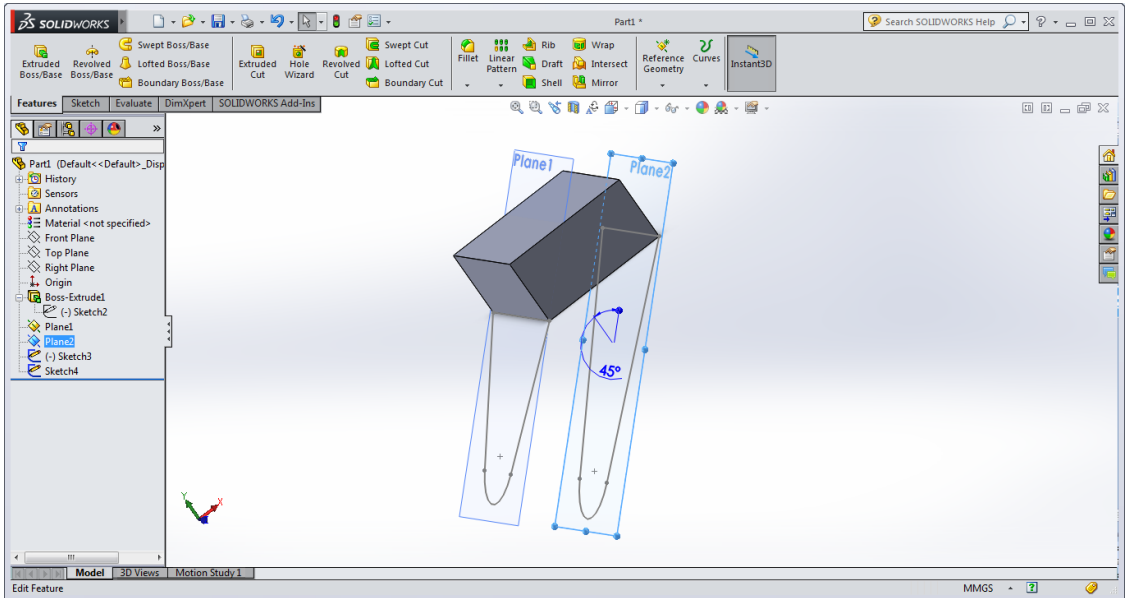


Şekil A.8 Yeni yüzey oluşturma

“Plane 1” ve “Plane 2” yüzeyleri üzerinde ayrı ayrı “Sketch” oluşturularak Şekil A.9 ve Şekil A.10 ‘da görülen çizimler yapılır. Bu çizimler kovanın 45° eğimle uzatılacak olan alt kısmının oluşturulmasında kullanılacaktır. Çizimlerin alt kısmını oluşturan yay parçasının çapı daha sonra oluşturulacak olan oluğun çapına uyumlu şekilde ölçek ile belirlenir. Yay parçaları burada çapı 137 mm olacak şekilde çizilmiştir.

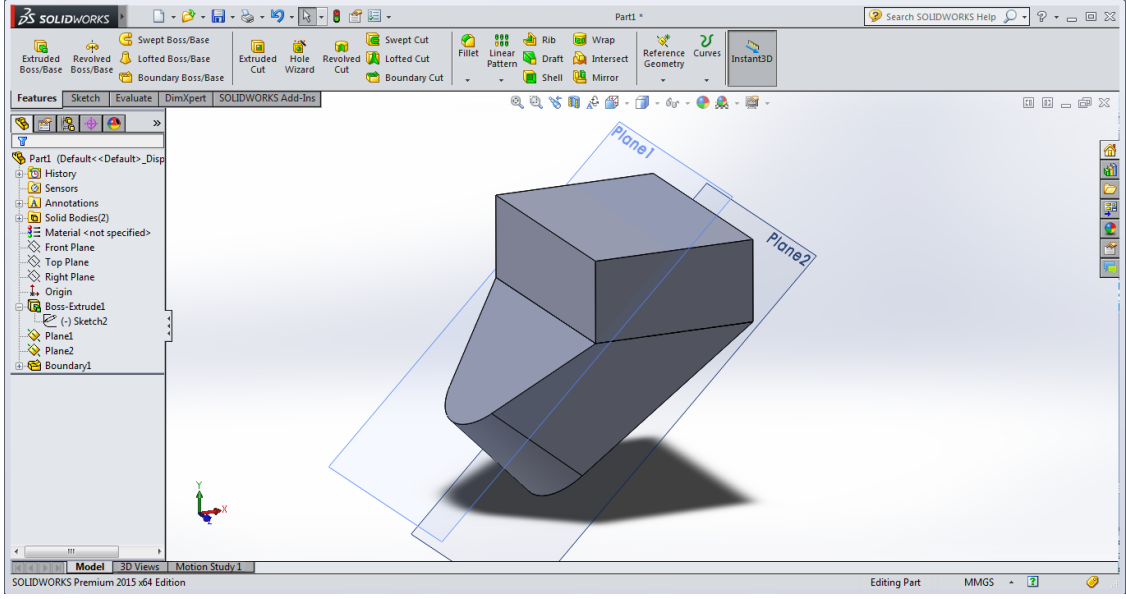


Şekil A.9 Kovanın alt kısmının çizimi



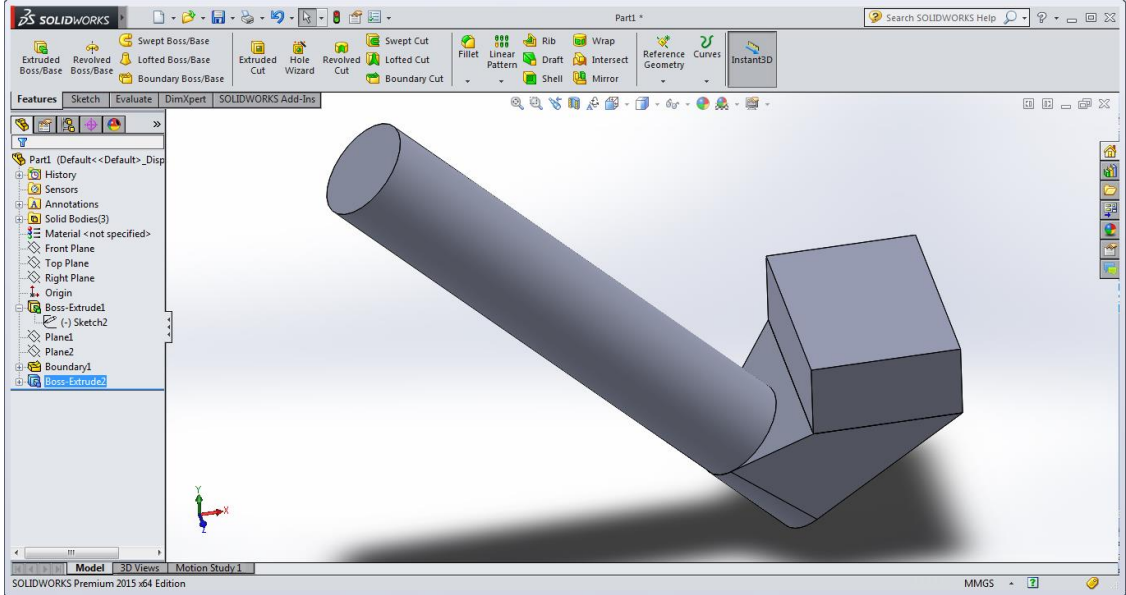
Şekil A.10 Kovanın alt kısmının ön çizimi

“Features → Boundary Boss/Base” komutu kullanılarak üzerlerinde hacim tanımlanarak birleştirilmek istenen “Sketch” ler (yukarıda çizimleri yapılmış olan) seçilir. Komut tamamlandığında Şekil A.11 ‘de görülen katı model oluşturulmuş olur.



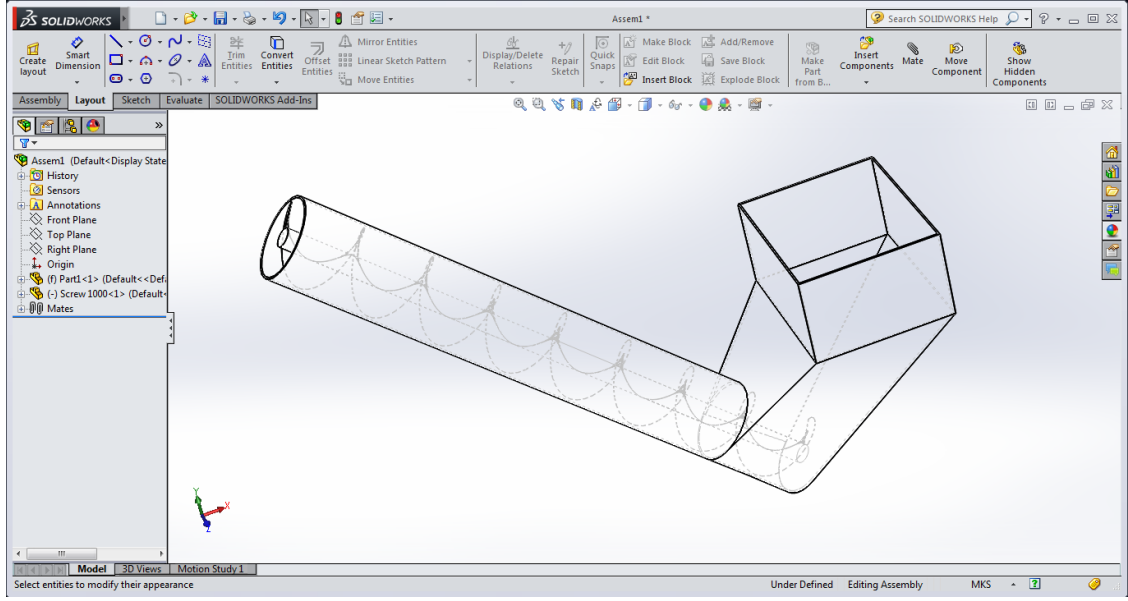
Şekil A.11 İçi dolu eğimli kova

“Plane 1” üzerinde yeni “Sketch” açılarak eğimli ön yüzey üzerine 137 mm çaplı daire çizilir ve sonrasında daire “Features → Extrude Boss/Base” komutu kullanılarak eksen boyunca uzatılır. Vida oluğu içi dolu bir şekilde model üzerine tanımlanmış olur. (Şekil A.12)



Şekil A.12 Eğimli oluk ve kova

“Features → Shell” komutu kullanılarak kova-oluk sistemine 3 mm et kalınlığı verilir ve model, EK A-3 ‘de anlatıldığı gibi vida ile birleştirilir. (Şekil A.13)

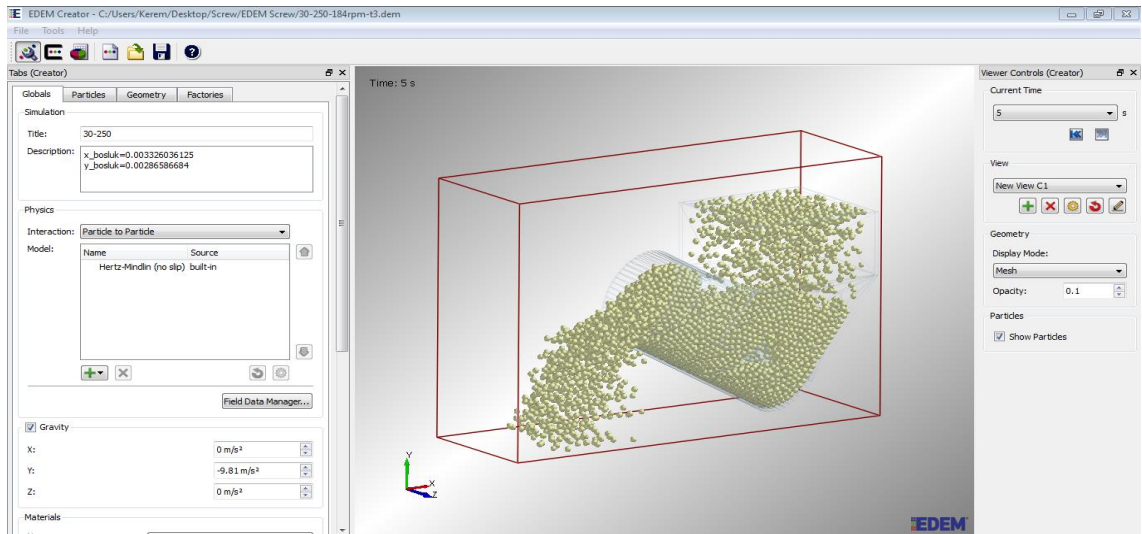


Şekil A.13 Eğimli (45°) oluk-kova-vida

SİMÜLATÖRÜN KULLANIMI

B-1 Programın Tanıtılması

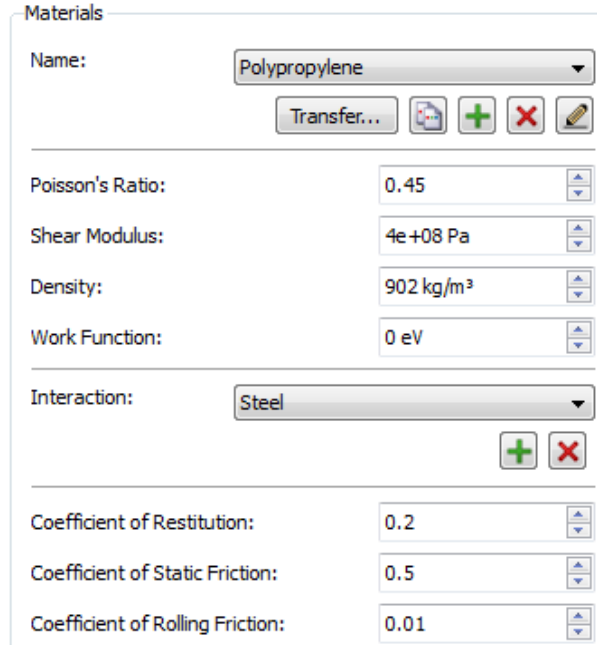
Yazılım temel olarak üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla “Creator”, “Simulator” ve “Analyst” dir. “Creator” bölümü ilk açılan sayfadır ve bu bölüm simülasyonla ilgili temel parametrelerin girildiği kısımdır. Parçacıkların yüzey etkileşimleri, tanecik boyutu ve özelliklerinin girildiği, önceden modellenmiş CAD çiziminin yazılıma yüklendiği, hareketli parçaların eksenlerinin, hız ve hareketlerinin tanımlandığı ve parçacık fabrikasının yaratıldığı bölümdür. Bu bölümdeki işlemler tamamlandıktan sonra “Simulator” kısmına geçilir. “Simulator” bölümündeki gerekli parametreler girildikten hesaplamaların yapılması için programın yüklenmesi beklenir. Program yüklendikten sonra ise parçacık analizi yapılan kısım olan “Analyst” e geçiş yapılır. Programın genel görünümü Şekil B.1 ‘deki gibidir.



Şekil B.1 Simülatörün genel görünümü

B-2 Polipropilen 'in Modellenmesi

Program içerisinde malzemenin modellenmesi bir kaç adımdan oluşur. Öncelikle malzemenin yer çekimi ivmesi “Creator → Globals → Gravity” içerisinde z koordinatında -9.81 m/s^2 olarak belirlenir. Sonrasında “Creator → Globals → Materials” a gidilerek malzeme ismi ve özellikleri, oluşturulan dosya içerisine tanımlanır. Sonrasında polipropilen malzemelerin kendi aralarında ve konveyör malzemesi ile yapmış olduğu yüzey etkileşimlerini tanımlayan katsayıların girildiği “Creator → Globals → Interactions” bölümü doldurulur. Buradaki parametreler Şekil B.2 'de görüldüğü gibi belirlenmiştir.

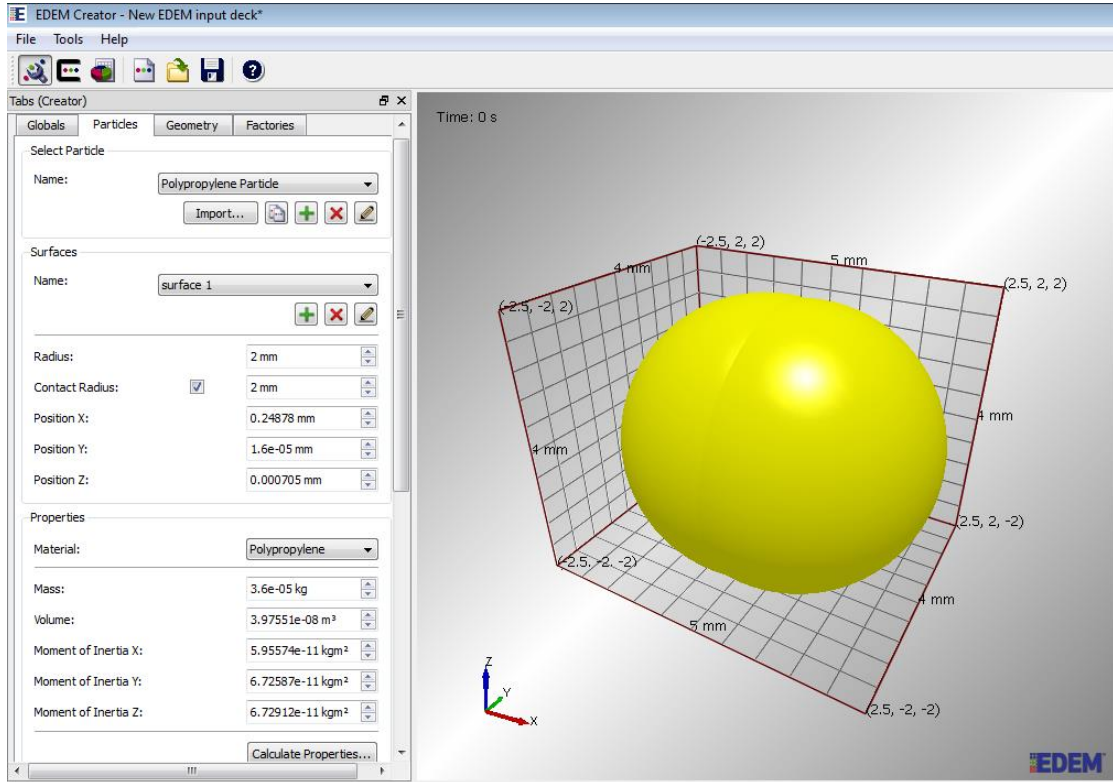


Property	Value
Name	Polypropylene
Poisson's Ratio	0.45
Shear Modulus	4e+08 Pa
Density	902 kg/m ³
Work Function	0 eV
Interaction	Steel
Coefficient of Restitution	0.2
Coefficient of Static Friction	0.5
Coefficient of Rolling Friction	0.01

Şekil B.2 Polipropilen 'in özellikleri

Son aşama malzeme yüzey şeklini ve boyutlarını tanımlamaktır. Bunu oluşturmak için “Creator → Particles” bölümü kullanılır. Malzeme şekli, harici bir CAD dosyası oluşturularak dışarıda çizilmiş bir şeklin program içerisine yüklenmesi ile elde edilebildiği gibi program içerisinde bulunan küre şeklindeki taneciklerin farklı koordinatlarda ve çaplarda birbirleriyle birleştirilmesiyle de oluşturulabilir. Model malzeme oluşturulduktan ve büyüklükler girildikten sonra “Creator → Particles → Calculate Particles” butonu kullanılarak programın; oluşturulan malzemenin ağırlığını, hacmini ve x-y-z koordinatlarındaki atalet momentlerini otomatik olarak hesaplaması

sağlanmalıdır. Bu çalışma için oluşturulan modelin şekli ve boyutları Şekil B.3 'de görülebilir.



Şekil B.3 Polipropilen simülasyon modeli

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kerem YÜCESAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 29.04.1987, FATİH
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : kyucesan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	-	Cağaloğlu Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011-2013	ARPAŞ Ambarlı Römorkaj Pilotaj A.Ş.	Teknik Müdür