

VİBRASYONLU DİKEY HELEZON KONVEYÖR ROCKY DEM ANALİZİ

Yusuf Ozan SÖĞÜT¹, Süleyman Murat BAĞDATLI²

Accepted: 2023-12-26

DOI: 10.47118/somatbd.1401354

ÖZET

Bu çalışmada maden ürünleri, tıbbi ürünler, gıda ürünleri, kimyasal ve plastik sektöründe kullanılan özellikle taşımanın gerekli olduğu ve çeşitli alanlarda kullanılan vibrasyonlu dikey helezon konveyör makinası için araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada ülkemizde kullanılan konveyörde malzemelerin taşıma sırasında oluştukları ayrı ayrı ya da birlikte sistem üzerinde hem mekanik hem titreşim açısından önemli problemler oluşturmaktadır. Mevcut tasarım konveyörün malzeme taşıma süresi ve kullanılan malzemenin soğuma süresi ile çıkan ürün kalite düşmesinin analiz edilmesi tasarım açısından önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında titreşimle taşıma sektöründe kullanılan vibrasyonlu dikey helezon konveyörün tasarımı yapılmıştır. Tasarım için fabrikada bulunan konveyör üzerinden deneysel çalışma yapılmıştır. Aynı zamanda konveyörün helezon çapı, helis açısı ve titreşim frekansı değiştirilerek yapılan tasarımlara göre bilgisayar ortamında yapılan modellemenin titreşim analizi simülasyonu kıyaslanarak sapmaları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda tasarımların çıktıklarına göre iletim kapasitesi ve termal analiz üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: dikey helezon konveyör, vibrasyonlu dikey helezon konveyör tasarımı, yapısal analiz mekanik titreşimler

ROCKY DEM ANALYSIS OF VIBRATION VERTICAL SCREW CONVEYOR

ABSTRACT

In this study, research and development studies were carried out for the vibrating vertical screw conveyor machine used in various areas where transportation is required, especially in the mining products, medical products, food products, chemical and plastic industries. In the study, in the conveyor used in our country, the formation of materials during transportation creates significant problems in terms of both mechanical and vibration on the system, individually or together. It is important for the design to analyze the material transportation time of the current design conveyor and the cooling time of the material used and the decrease in product quality. Within the scope of the study, the design of the vibrating vertical screw conveyor used in the vibration transportation sector was made. For the design, an experimental study was carried out on the conveyor in the factory. At the same time, the deviations were examined by comparing the vibration analysis simulation of the modeling made in the computer

¹ Yusuf Ozan SÖĞÜT ozansogut@hotmail.com

² Doç. Dr. Süleyman Murat BAĞDATLI murat.bagdatli@cbu.edu.tr, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği

environment according to the designs made by changing the helix diameter, helix angle and vibration frequency of the conveyor. As a result of the study, the effects of the designs on transmission capacity and thermal analysis were investigated according to their outputs.

Key Words: vertical screw conveyor, design of vibratory vertical screw conveyor, mechanical vibrations, structural analysis

1. GİRİŞ

Günümüzde, konveyörler çeşitli yük ve malzemeyi iki bölge arasında tek yönlü hareketle sürekli veya kesikli olarak taşıyan sabit veya portatif taşıma araçlarıdır. Verimliliği yüksek olmakla beraber farklı malzeme türlerinin taşınmasına olanak sağlamaktadır. Konveyör sistemlerinde titreşimle taşıma teknolojisi mühendislik uygulamalarında yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Otomotiv endüstrisi, elektronik endüstrisi, gıda endüstrisi, kimya endüstrisi ve diğer endüstri üretim tesisleri örnek olarak verilebilir. Titreşim genelde zararlı bir etken görülse de üretim ve işletme maliyetini azaltmak, az enerji tüketimi, üretim hızını arttırmak ve ürün kalitesini iyileştirmek adına konveyör sistemlerinde önemli bir yer edinmiştir. Vibrasyonlu dikey helezon konveyörler ufak boyuttaki dökme malzemeleri ve toz halde olan ürünlerin taşınmasında kullanılan makinedir. Konveyörün helisel yapısından kaynaklı ve taşıma mesafesinin uzun olması nedeniyle, malzemeleri taşıma işlemi sırasında soğutulabilir, kurutulabilir ve nem alma gibi işlemler gerçekleştirilebilir. Sektör olarak madenler, tıbbi ürünler, tarım ürünleri, kimyasal, plastik ve kum gibi ürünlerin taşınmasında geniş bir alana sahiptir. Vibrasyonlu dikey helezon konveyör taşıma sistemlerinde hem kapladığı yer açısından hem de maliyet açısından çok daha ekonomik bir çözümdür [1]. Talabā ve Roche, 2004, çalışmasında Adams yazılımı ile konveyörün yer değiştirmesi deneysel yollarla edilen yer değiştirme sonucu oluşan grafikleri incelemişlerdir [2]. Gerdemeli, 2005, çalışmasında titreşimli konveyör çeşitlerini incelemiştir [3]. Bayıroğlu, 2007, çalışmasında dikey konveyörün hareket parametrelerinin değişimini mathematica yazılımında grafiksel olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçları literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır [4]. Bayıroğlu, 2011, çalışmasında dikey konveyörün hareket parametrelerinin değişimi için doğrusal olmayan analiz ve kararlılık durumu mathematica yazılımında grafiksel olarak gösterilmiştir [5]. Hongyan ve Qingshan, 2011, çalışmasında dökümhanede kullanılan kalıp kumunun iki farklı sensör sistemi kullanarak dikey titreşimli konveyörün titreşimini ve dönme titreşimini incelemişlerdir [6]. Kaplan, 2012, çalışmasında kızılçam ağacı (Pinus Brutia) odun parçacıklarının helezon konveyör tipi bir kurutucudaki kurutma koşullarının kuruma prosesine etkisi deneysel olarak incelemiştir [7]. Yuejing, 2013, çalışmasında farklı tip malzeme kullanılarak sürtünmenin dikey titreşimli konveyör üzerinde etkisini incelemiştir [8]. Yücesan, 2015, çalışmasında 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 sapmalarını incelemiştir [9]. Hamed, 2017, çalışmasında dikey titreşimli konveyörün titreşimli hareketini inceleyerek, doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerin bir birleşimi olarak hareket denklemlerini incelemiştir [10]. Zurovec, 2017, çalışmasında üç farklı malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin dikey yönde titreşimli taşınması üzerinde verimliliğini incelemiştir [11]. Bauomy, 2018, çalışmasında dikey titreşimli konveyörün matematiksel çözümden tüm rezonanslar belirlendikten sonra bu sistemin iki eşzamanlı rezonans durumu analitik ve sayısal olarak incelemiştir [12]. Dedeoğlu, 2018, çalışmasında oluk boşluğun ve eğimin etkisi, iki farklı boyuttaki malzemenin üzerinde hem deneysel olarak hem de bilgisayar ortamında modellenmesiyle incelemiştir [13]. Sturm, 2018,

çalışmasında titreşimli konveyörlerin fonksiyonel ve performans optimizasyonunu ve uygulama ihtiyaçları referans alınarak zemine gelen titreşimin azaltılması ile bağlantılı olarak incelemiştir [14].

Bu çalışmada taşıma sistemlerinde kullanılan vibrasyonlu dikey helezon konveyörün dökme malzemeleri ve toz halde olan malzemelerin taşıma sırasında oluştukları ayrı ayrı ya da birlikte sistem üzerinde hem mekanik hem titreşim açısından önemli problemleri oluşturmaktadır. Konveyörün çalışma sistemi iki adet bulunan titreşim motorlarının eksantrik bloklarının eşit açıda ayarlanıp çalışmasında dikey yönde uyarma torku oluşur. Böylece yaylar üzerine yataklanan gövde dikey yönde dikey titreşim ve burulma titreşimi üretecektir. Bu durumda sistemde dengesizlikten dolayı oluşabilecek kuvvetler yataklama elamanlarına zarar vererek ömrü azaltmaktadır. Ürün kapasitesi arttırmak amacıyla analiz edilmesi tasarım açısından önem taşımaktadır. Ayrıca ürünün soğuma süresi ile çıkan ürün kalitesi düşmektedir. Bir diğer sorun titreşim problemi ile makinenin çalışma hızı istenilen değerlere çıkamamaktadır. Makinenin doğal frekansının artırılması ile ürün taşıma hızı artırılması çalışmanın önceliğidir. Makinenin kapasitesinin artırılması ve tasarımda iyileştirmeler yaparak maliyetinin düşürülmesi de bu tezin başlıca amaçlarındandır. Bu tez çalışmasında izlenen yol öncelikle üretilen konveyörler hakkında literatür araştırması yapılacaktır. Tasarım için fabrikamızda bulunan konveyörün Solidworks programında katı model oluşturulacaktır. Makinenin iyileştirme çalışması için fabrikamızda bulunan konveyöre üretim analizi ve termal analiz deneyi yapılacaktır. Çıkan deney sonuçlarını Rocky DEM programında kullanılarak titreşim analizi ve termal analiz yapılacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

A. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün Çalışma Prensibi

Vibrasyonlu dikey helezon konveyör taşıma prensibi, yatay titreşimli konveyörlerle aynıdır, ancak ürün, dikey bir merkez borunun etrafına spiral olarak sarılmış bir yolda taşınır. Konveyör çok çeşitli operasyonlar için uygundur. Bunlar arasında kuru, ıslak, ılık, yağlı ve donmuş özelliklere sahip ürünler de bulunmaktadır. Konveyör aynı zamanda soğutma, ısıtma, yayma veya birleştirme sistemi ile de taşıma yapabilmektedir. Vibrasyonlu dikey helezon konveyöre ait resim Şekil 1'de gösterilmiştir. Konveyör; helezon gövde, vibrasyon motoru ve yataklama bölümü olarak üç kısımdan oluşmaktadır [15].

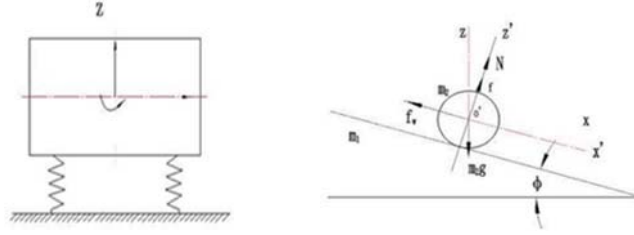


Şekil 1. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyör [15]

Helezon gövdenin malzemesi paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Konveyörün taşıma yolu uzunluğu 500 ile 7000 mm arasında üretebilmektedir. Helezon çapı ise 300 ile 1500 mm arasında üretebilmektedir. Vibrasyon motoru konveyörün titreşim kaynağı olarak iki adet kullanılmaktadır. Kullanılan vibrasyon motorunun iki yanında bulunan eksantrik ağırlıklar sayesinde titreşim üretilir. Eksantrik ağırlıklar iki adedi sabit, iki adedi ayarlı olmak üzere eşit açıda ayarlanmaktadır. Vibrasyon kuvveti, ayarlı ağırlıkların konumları değiştirilmek suretiyle, artırılır veya azaltılır. Sabit ve ayarlı ağırlıklar arasındaki açı arttıkça vibrasyon kuvveti azalır. Konveyörde titreşimle çalışma esnasında dikey yönde uyarma torku oluşturur. Böylece yaylar üzerinde desteklenen tüm gövde sürekli titreşir. Besleme bölümüne göre gövdedeki malzeme yukarı veya aşağı olmak üzere iki farklı yolda taşınabilir. Vibrasyonlu dikey helezon konveyörün üretim gereksinime göre açık veya kapalı yapı halinde de üretimleri de bulunmaktadır [16]. Malzeme bir yerden diğer yere aktarılırken onun yuvarlanabilme ve birbiri üzerinden kayabilme özelliğini bilmek, çalışma prensibinde çok önemli bir adımdır. Yuvarlanabilen ve birbiri üzerinden kayabilen tanecikli malzemeler konveyörde 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.

B. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün Hareket Denklemi

Malzeme kütlelerini konsantre kütle olarak kabul edilmiştir. Aynı zaman malzemenin taşıma olduğu sırasında sürtünme kuvveti mevcuttur. Küçük bir alanda taşıma olduğu için sistem eğik düzlem kabul edilmiştir. Malzemelerin helisel düzleme göre hareketleri, neredeyse eğik düzlem boyunca hareket ve eğik düzleme dikey hareket olarak kabul edilmiştir. Malzemeler bazen eğik düzlem boyunca hareket eder, bazen de eğik düzlemi atlar. Böylece konveyör sisteminin hareket denklemini aşağıdaki denklemler ile ifade edilmiştir.



Şekil 2. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün Matematiksel modeli ve Kuvvet Analizi [8]

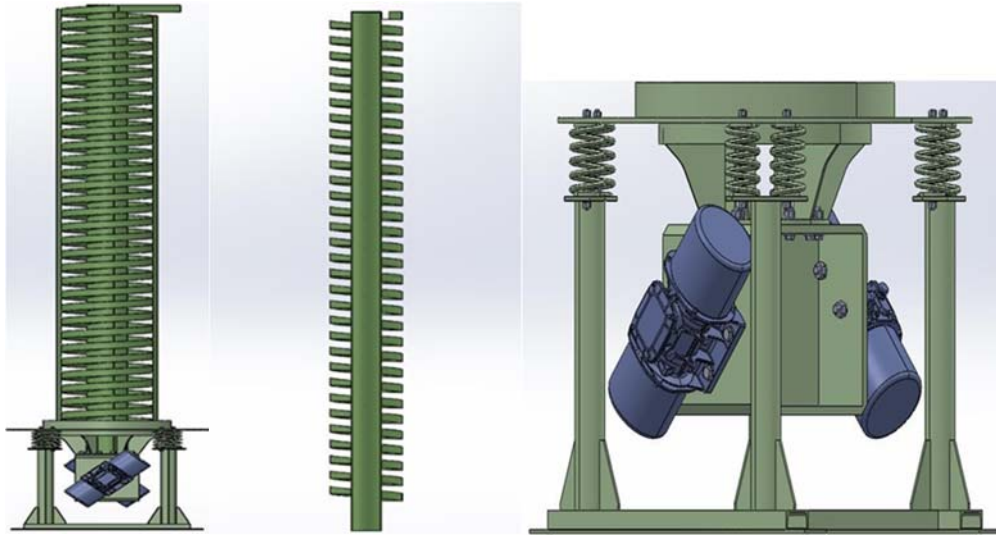
Denklemdede; $[R_1 = -\varepsilon G_1 \dot{z}_1, R_2 = -\varepsilon G_2 \dot{z}_2]$ negatif hız geri besleme kontrolleri, $[\mu_1, \mu_2]$ konveyörün sönümleme katsayıları, $[\alpha_1, \alpha_2]$ konveyörün doğrusal olmayan katsayıları, $[f_1, f_2]$ sistemin uyarma zorlama genlikleri, $[\Omega, \Omega_1]$ sistemin harici uyarma frekansları, $[\omega_1, \omega_2]$ sistemin doğal frekansları, sistemin pertürbasyon parametresi $0 < \varepsilon \ll 1$.

$$\ddot{z}_1 + 2\varepsilon\mu_1\dot{z}_1 + \omega^2 z_1 + \varepsilon\alpha_1 z_1^3 = \varepsilon f_1(\cos\Omega t + \sin\Omega t) + \varepsilon z_1 f_2(\cos\Omega_1 t + \sin\Omega_1 t) + R_1 \quad (1)$$

$$\ddot{z}_2 + 2\varepsilon\mu_2\dot{z}_2 + \omega^2 z_2 + \varepsilon\alpha_2 z_2^3 = \varepsilon f_1(\cos\Omega t + \sin\Omega t) + \varepsilon z_2 f_2(\cos\Omega_1 t + \sin\Omega_1 t) + R_2 \quad (2)$$

C. Hesaplamalı Analiz Modeli

Konveyör tasarımı önerileri için mevcut titreşim sorunu dikkate alınarak yapılmıştır. Titreşimli dikey helezon konveyörün en önemli makina elemanı da helezondur. Helezon asimetrik yapıda olduğu için dengesiz kütle dağılımından dolayı açısız hız verildiğinde merkezkaç kuvvetlerinin oluşmasına neden olacaktır. Aynı zaman da helezon tava boyutları ve şekilleri uygulamaya yönelik olarak değişebilir. 3D katı modeli oluşturmak için Solidworks programından yararlanılmıştır.



Şekil 3. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün 3D Katı Modeli

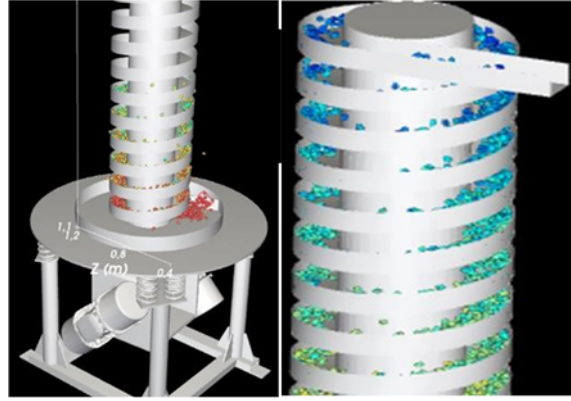
Konveyörün malzeme akış hızı ve malzemenin erken soğuması için tasarımlar yapılması bu çalışmanın amacıdır. Tasarım şartlarında İki helezon mesafesi 50 mm aralıklı ve helezonun ortasına yerleştirilen merkezi boru desteği üzerine kaynaklı çelik bir yapıdır ve taşıma yolunun toplam uzunluğu 6 metredir. Tasarımlara ait helezon açısı, titreşim frekansı, helis çapı ve kütle Tablo 1’de paylaşılmıştır.

Tablo 1. Tasarımların Helis Açısı ve Titreşim Frekansı Bilgileri

Konveyör	Fabrikadaki Tasarım	Yuejing Zhao [8]	Mevcut Tasarım 1	Mevcut Tasarım 2	Mevcut Tasarım 3
Helis Açısı [ϕ]	5 ⁰	3 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰
Titreşim Frekansı [Hz]	16	10	20	20	20
Helezon Çapı [mm]	700	540	540	620	700
Kütle [kg]	1768	1618	1618	1689	1768

D. Rocky Dem Ayrık Eleman Modeli

Tasarımları yapılan konveyörlerin analizi için Rocky Dem programından yararlanılmıştır. Rocky Dem, analiz programı, çeşitli operasyon ve proses koşullarında dökme malzemelerin ekipmanlarıyla nasıl etkileşimde bulunacağı konusunda mühendislere önemli bilgiler verir. Konveyörler, değirmenler, mikserler ve diğer malzeme taşıma sistemleri uygulamaları için karmaşık parçacık şekilleri ve boyut dağılımlarına göre dökme ve granül malzemelerin akış davranışını doğru bir şekilde simüle eden bir 3D ayrık eleman modelleme (DEM) parçacık simülasyon yazılımıdır. Ayrık eleman modelleme, yığın katıların davranışını tahmin etmek için tekil parçacıklar ve sınırlar arasındaki etkileşimi modelleyen sayısal bir tekniktir [17]. Konveyörün Solidworks programında 3D çizimi yapıldıktan sonra Rocky Dem programında kullanabilmemiz için Solidworks programından STL formatına dönüştürerek Rocky Dem programı içerisinde gösterilmiştir. Şekil 4’te gösterilen Rocky Dem programında malzemenin giriş ve çıkış bölümlerinden malzeme akışı görülmektedir.



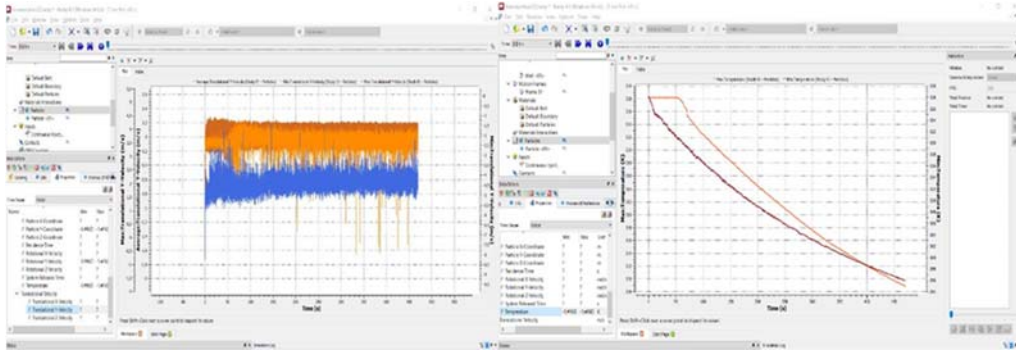
Şekil 4. Rocky Dem Konveyör Malzeme Akışı

3. BULGULAR

Hesaplamalı analizden önce fabrikada bulunan konveyörde deneysel çalışma yapılmıştır. Belirlenen sınır şartları ile denklemlere ait sayısal çözümü elde etmek için ticari bir yazılım olan Rocky Dem programından yararlanılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen fabrikadaki konveyörün tasarımına ait helezonun mukavemet analizi sonuçları elde edilmiştir. Tüm konveyör tasarımlarına ise titreşim analizi ve termal analizi sonuçları elde edilmiştir.

A. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün Deneysel Çalışma ile Analiz Edilmesi

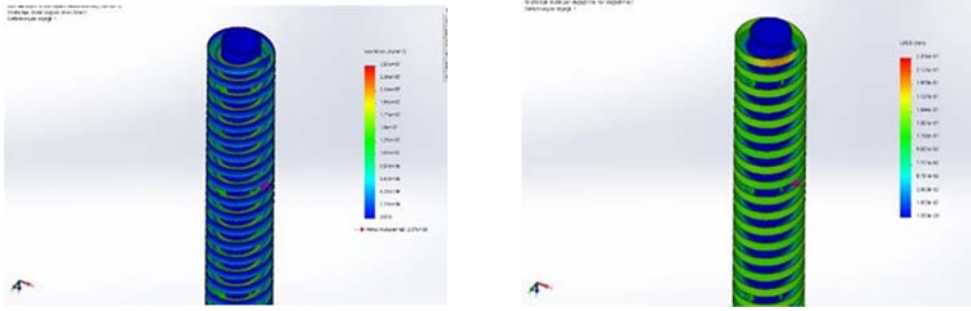
Ayrık eleman modeli analizinde kullanabilmemiz belirlenen sınır şartları fabrikada bulunan konveyörden çıkan deney sonuçlarından alınmıştır. Öncelikle konveyörde taşınması için tozaltı kaynak tozu malzemesi kullanılmıştır. Malzemenin yoğunluğu 1600kg/m^3 , elastisite modülü $2 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Deneyde kullanılan malzemenin toplam ağırlığı 30 kg tozaltı kaynak tozudur. Konveyörün helezon çapı 700 mm ve boyu 6000 mm 'dir. Konveyörde titreşimi oluşturan $2,2 \text{ kW}$ değerinde 980 devir/dk iki adet vibrasyon motoru bulunmaktadır. Malzemeyi 6 metre yukarıya 450 saniye de yukarıya taşımaktadır. Tozaltı kaynak tozunu konveyörde taşıma amacı fırından çıkan ürünün konveyör sayesinde soğuma sağlanması ve taşıma işleminin kolay olmasından kaynaklıdır. Tozaltı kaynak tozunun termal iletkenliği 300 W/m.K , öz ısı 12.8 J/kg.K 'dir. Malzemenin giriş ve çıkış sıcaklıkları fluke termal kamera ölçülmüştür. Giriş sıcaklığı 550C olan malzeme, çıkış sıcaklığı 380C 'dir. Konveyörün sıcaklığı ise 350C olarak ölçülmüştür. Rocky Dem simülasyon sonucunda iki farklı grafik incelemekteyiz. Burada bizim inceleyeceğimiz Şekil 5'de malzemenin öteleme hızı grafiği ve malzemenin termal sıcaklığı grafiği incelenmektedir. Fabrikada bulunan konveyör için helis açısı 50 , helezon çapı 700 mm ve titreşim frekansını 16Hz olarak Rocky Dem analiz sonucunda malzemenin öteleme hızı $4,2 \text{ m/s}$ 'dir. Malzeme giriş bölümünden 6 metre ye taşınma süresi 450 saniye gözükmektedir. Malzeme giriş sıcaklığı 550 C olarak verdiğimiz için, malzemenin konveyörden 6 metre ye ulaştığı zamanki çıkış sıcaklığı 380 C gözükmektedir. Simülasyon sonuçları ile fabrikadaki bulunan konveyörün deneysel çalışmanın sonucuna göre benzer bir grafik eğimi izlese de biraz daha yüksek sonuçlar vermektedir. Bu duruma rağmen Rocky Dem sonuçları ile deneysel veriler arasında uyuşma olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyör Helis Açısı 50 , Titreşim Frekansını 16Hz Hız ve Sıcaklık Sonucu

B. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün Mukavemet Sonuçları

Helezona maksimumdan daha fazla malzeme yüklendiğindeki durum incelenmiştir. Şekil 6'da verilen maksimum eşdeğer gerilmesi, üretici firmalar tarafından 4000kg/saat ürün hacmi olan konveyöre biz 5000 kg yükleme sonucunda helezon üzerinde maksimum 25,7 MPa eşdeğer gerilme görülmüştür. Parça malzemesinin akma gerilmesi değeri göz önüne alındığında güvenlik katsayısı 8.17'dir. Bu nedenle helezon güvenli durumdadır.



Şekil 6. Helezonun Eşdeğer Gerilmesi [N/mm²] ve Helezonun Toplam Deformasyonu [mm]

Maksimum deformasyonu, helezonun malzeme giriş ve çıkış kısmında meydana gelmiştir. Maksimum deformasyon 0.2316 mm gözükmemektedir. Helezon yapraklarının kalınlığı 3mm olduğundan dolayı ve helezon borusuna kaynaklı yapı olmasından deformasyon olarak da sistem güvenlidir.

C. Vibrasyonlu Dikey Helezon Konveyörün Vibrasyon Motoru Seçimi

Bu çalışmada OLI vibrasyon motorları firmasının katalogundan MVE 3000/1 modeli seçildi.

Tablo 2'de motorun değerlerine göre sisteme uyumluluğu kontrol edildi.

Tablo 2. OLI Vibrasyon Motoru Katalogu [18]

MODEL	Mekanik Özellikleri				Elektrik Özellikleri					
	Statik Moment	Merkezkaç Kuvveti		Ağırlık	Motor Gücü		Akım			
	Kgcm	Kg		Kg	kW		A			
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz		
MVE 3000/1	540.33	379.71	3017	3053	155.4	137.8	2,2	2,4	2,95	3,22

Seçilen Oli vibrasyon motorunun ağırlığı $m_{motor} = 155,4 \text{ kg}$ 'dır. Fabrikada bulunan konveyörün değerlerine göre Solidworks de tasarım yapıldığında konveyörün toplam ağırlığı $m_{sistem} = 1384,14 \text{ kg}$ 'dır. Vibrasyon motorlarında bulunan eksantrik ağırlıklar sayesinde oluşan merkezkaç kuvveti dönen bir referans çerçevesinde bakıldığında tüm nesnelere üzerinde etkili gibi görünen bir eylemsizlik kuvvetidir. Oli vibrasyon motorunun merkezkaç kuvveti $FC = 3017 \text{ kg}$ 'dır. Seçilen vibrasyon motorunun teyit etmek için Denklem (3) ve (4) kullanılmıştır.

$$m_{toplam} = m_{sistem} + (m_{motor} \times 2) \quad (3)$$

$$m_{toplam} = 1384,14 + (155,4 \times 2) \quad m_{toplam} = 1694,94 \text{ kg}$$

$$a = \frac{FC}{m_{toplam}} \times \text{motor adedi} \quad (4)$$

$$a = \frac{3017}{1694,94} \times 2 \quad a = 3,56$$

Denklem (4)'de ki ivme değerine göre motoru kullanma taşıma olduğu için vibrasyon motoru seçim tablosunu ile karşılaştırdığımız zaman vibrasyon motorunu kullanılabilir.

D. Simülasyon Verilerinin Değerlendirilmesi

Rocky Dem analiziyle 5 farklı sonuç elde edilmiştir. Bu sonuçları aşağıdaki tablolarda yorumlanmıştır. Tablo 3'de malzemenin hız verileri malzemenin çıkış bölümüne ulaşma sonucuna göre hız değerleri karşılaştırılmıştır. Tasarımların hız değerleri arasında titreşim frekansı değerine bağlı olarak öteleme hızı ve açısal hızı artmaktadır. Bunun nedeni titreşim motorlarından oluşan vibrasyon kuvvetinin artmasından kaynaklıdır. Aynı zamanda helezon çapına göre öteleme hızı ve açısal hızı da artmaktadır. Helezon çapının artmasına bağlı olarak malzemelerin birbirinden bağımsız şekilde hareket etmektedir.

Tablo 3. Konveyör Tasarımlarının Malzeme Hızları

	Helis Açı [φ]	Titreşim Frekansı (Hz)	Helezon Çapı (mm)	En Yüksek Öteleme Hızı (m/s)	Ortalama Öteleme Hızı (m/s)	Açısal Hızı (rad/s)
Fabrika Tasarımı	5°	16	700	4,2	3,7	500
Yuejing Tasarımı	3°	10	540	2,5	1,4	240
Mevcut Tasarım 1	10°	20	540	3,5	2,7	350
Mevcut Tasarım 2	10°	20	620	4,3	3,4	447
Mevcut Tasarım 3	10°	20	700	5,2	4,5	625

Tablo 4'te malzemenin 3m, 4,5m ve 6 m'ye ulaşma sonucuna göre malzemenin termal değerleri karşılaştırılmıştır. Tasarımların termal değerleri öncesinde malzemenin giriş sıcaklığı 550C olarak girildi. Tasarımlarda malzemenin sıcaklıkları titreşim frekansının artması ve helezon çapının azalmasına bağlı olarak malzemenin soğuma sürelerinde azalma görülmektedir. Bunun nedeni titreşim motorlarından oluşan vibrasyon kuvvetinin artmasından ve malzemenin ilerleyeceği yolun azalmasından kaynaklıdır.

Tablo 4. Konveyör Tasarımlarının Malzeme Termal Analizi

	Helis Açı [φ]	Titreşim Frekansı (Hz)	Helezon Çapı (mm)	3 metre sonunda	4,5 metre sonunda	6 metre sonunda
Fabrika Tasarımı	5°	16	700	48°C	42°C	38°C
Yuejing Tasarımı	3°	10	540	53°C	52°C	50°C
Mevcut Tasarım 1	10°	20	540	53°C	51°C	47°C
Mevcut Tasarım 2	10°	20	620	51°C	48°C	44°C
Mevcut Tasarım 3	10°	20	700	45°C	39°C	33°C

Tablo 5’de malzemenin konveyördeki yer değiştirmesi konveyörün 5, 30 ve 60 saniye çalışmasının sonuçlarına göre malzemenin ilerleme sonuçları bulunmuştur. Tasarımlarda helezon çapının azalması değerine bağlı olarak malzemenin yer değiştirme sürelerinin hızlı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni yine malzemenin ilerleyeceği yolun azalmasından ve malzemenin birbiriyle temaslarının fazla olmasından hızlı ilerlemektedir.

Tablo 5. Konveyör Tasarımlarının Malzeme Yer Değiştirmesi

	Helis Açısı [ϕ]	Titreşim Frekansı (Hz)	Helezon Çapı (mm)	5 saniye	30 saniye	60 saniye
Fabrika Tasarımı	5 ⁰	16	700	1,45 m	1,95 m	2,45 m
Yuejing Tasarımı	3 ⁰	10	540	1,20 m	3,60 m	5,70 m
Mevcut Tasarım 1	10 ⁰	20	540	1,80 m	4,20 m	6,00 m
Mevcut Tasarım 2	10 ⁰	20	620	1,65 m	3,05 m	4,40 m
Mevcut Tasarım 3	10 ⁰	20	700	1,50 m	2,00 m	2,50 m

Tablo 6’da gösterilen tasarımların hız değerleri arasında titreşim frekansı değerine bağlı olarak konveyörün hızı artmaktadır. Konveyöre uygulanan kuvvetlerin malzemenin helezon çapının artmasına bağlı olarak helezon çapının artmasıyla malzemenin konveyöre uyguladığı kuvvette artmaktadır. Bunun nedeni malzemenin konveyörde bulunma süresi ve malzemenin etki ettiği alanın artmasından kaynaklı olarak konveyöre uygulanan kuvvetin arttığı görülmektedir.

Tablo 6. Konveyör Tasarımlarının Konveyör Hızı ve Uygulanan Kuvvet

	Helis Açısı [ϕ]	Titreşim Frekansı (Hz)	Helezon Çapı (mm)	Konveyör Hızı (m/s)	Konveyör Kuvvet (N)
Fabrika Tasarımı	5 ⁰	16	700	1,01	3715
Yuejing Tasarımı	3 ⁰	10	540	0,62	2453
Mevcut Tasarım 1	10 ⁰	20	540	1,26	2569
Mevcut Tasarım 2	10 ⁰	20	620	1,26	3130
Mevcut Tasarım 3	10 ⁰	20	700	1,26	3825

4. SONUÇ

Bu çalışmada, vibrasyonlu dikey helezon konveyörün mekanik analizleri sonlu elemanlar metodundaki hesaplamalı analiz programı olan Rocky Dem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda fabrikada çalışan makinanın üretim kapasitesini iyileştirme adına konveyör üzerinde çalışılarak makinanın üretim kapasite problemleri giderilmesi hedeflenmiştir. 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 kabuller dolayısıyla gerçek verilerden az ya da çok tahmin yapılmasına sebep olur.

Bu tezde 3 farklı tasarım modeli oluşturulmuştur. Fabrikadaki konveyörün ölçüleri ele alınarak helezon çapının %11 ve %22 düşmesi ile helezonun kütleli azalması malzemenin taşıma süresini yüksek oranda etkilediği fakat malzemenin termal analizinde soğuma derecesinin düşük kaldığı görülmüştür. Titreşim frekansının %25 arttırılmasında ise malzemenin taşıma süresine etkilidir. Frekansın

%25 üzeri arttırıldığında malzemelerin dışarı taşıdığı görülmüştür. Frekansın %100 artmasında ise malzemenin taşınmadığı belirlenmiştir. Makinanın kapasitesinin arttırılması, ürünlerin kalitesi ve maliyet düşürülmesi bu çalışmanın başlıca amacı olmuştur.

Konveyör sistemleri üzerinde yapılan simülasyon ve deney çalışmasının dikkate alınması, hızla büyümekte olan titreşimle taşıma teknolojisi sektörü için faydalı olacaktır. Gelecekteki çalışmalarda, bu çalışmaya da yaptığımız tasarım çalışmalarını geliştirmeyi ve simülasyon olarak da yeni çalışmaların denenmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]GEA Grup, GEA Vibration Spiral Elevator Ürün Bilgisi Teknik Dökümanı. Erişim Tarihi: 25.12.2023.
https://www.gea.com/en/binaries/vibration-spiral-elevator_tcm11-37654.pdf
- [2]Talabă, D., and Roche, T., Spiral elevator modelling and analysis using adams software Product Engineering. 2004, 321–332.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-2933-0_19
- [3]Gerdemeli, İ., Sürekli transport sistemleri kitabında salınımlı ve titreşimli konveyörler. 2005, 162-174.
<https://transport.itu.edu.tr/docs/librariesprovider99/dersnotlari/dersnotlarimak546/10-sal%C4%B1n%C4%B1ml%C4%B1-ve-titre%C5%9Fimli-transport-makinalar%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>
- [4]Bayıroğlu, H., Computational dynamic analysis of unbalanced mass of vertical conveyer-elevator. 2007, 712-716.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2007AIPC..899..712H/abstract>
- [5]Bayıroğlu, H., Nonlinear analysis of unbalanced mass of vertical conveyer-elevator. 2011, 66-70.
https://icoev.org/proceedings2013/311_paper0.pdf
- [6]Hongyan, H., Qingshan, J., Vertical vibration conveyor vibration testing. 2011, 872-876.
https://www.researchgate.net/publication/271974814_Vertical_Vibration_Conveyor_Vibration_Testing
- [7]Kaplan, Ö., Helezon konveyör tipi kurutucuda odun parçacıklarının kurutulmasının deneysel olarak incelenmesi. Kocaeli, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2011, 65 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [8]Yuejing, Z., Fengshan, H., Zhilin, Z., Dynamic analysis on vertical vibratory conveyor. 2013, 694-698.
https://www.researchgate.net/publication/271959415_Dynamic_Analysis_On_Vertical_Vibratory_Conveyor
- [9]Yücesan, K., Helezon konveyör içerisindeki malzeme akışının modellenmesi. İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2015, 70 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [10]Hamed, Y.S., Sayed, M., El-Awad, R.A., On Controlling the nonlinear response of vibrational vertical conveyor under mixed excitation. 2017, 6493-6509.
https://www.researchgate.net/publication/320310899_On_Controlling_the_Nonlinear_Response_of_Vibrational_Vertical_Conveyor_under_Mixed_Excitation
- [11]Zurovec, D., Gelnar D., Necas, J., Zegzulka, J., The behavior of fly ash on the vibrating vertical conveyor. 2017, 183-188.
https://www.researchgate.net/publication/319077502_The_behavior_of_fly_ash_on_the_vibrating_vertical_conveyor

- [12]Bauomy, H. S., EL-Sayed, A. T., Vibration performance of a vertical conveyor system under two simultaneous resonances. 2018, 1349-1368.
- [13]Dedeoğlu, O., Helezon konveyör sistemlerinde oluk boşluğunun ve eğimin iletim kapasitesine etkisi. İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2018, 76 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [14]Sturm, M.A., Design Optimization of Linear Vibratory Conveyors. 2018, 115s.
<https://dspace.tul.cz/server/api/core/bitstreams/e0ab5136-bacb-48bc-9ac1-968f020bbd5c/content>
- [15]3A Makina, SPIRA-FLOW Vibrating Spiral Elevator Ürün Bilgisi Teknik Dökümanı Erişim Tarihi: 25.12.2023
<https://3amakina.com/wp-content/uploads/2022/11/Vibrating-Spiral-Conveyors-1.pdf>
- [16]General Kinematics, Vibrating Spiral Conveyor Ürün Bilgisi Teknik Dökümanı Erişim Tarihi: 25.12.2023.
<https://www.generalkinematics.com/wp-content/uploads/2015/08/GKF-09-Spiral.pdf>
- [17]Rocky Discrete Element Method Package, Ürün Bilgisi Teknik Dökümanı Erişim Tarihi: 25.12.2023.
<https://www.scribd.com/document/484154791/rOCKY-dem-manual-001-009>
- [18]OLI Makine Sanayi, Vibrasyon Motoru Seçim ve Kılavuzu, Ürün Bilgisi Teknik Dökümanı.Erişim Tarihi: 24.12.2023.
http://www.olivibrasyon.com/downloads/technical/MVE%20ATEX_A1-1105.pdf