

Katı Atık Yükleme ve Taşıma Amaçlı Çok Fonksiyonlu Modüler Römorklu Araç Tasarımı

Osman UZUN¹, Ramazan KAYACAN²

^{1,2}Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 21.12.2018, Kabul / Accepted: 16.10.2019, Online Yayınlanma/ Published Online: 30.12.2019)

Anahtar Kelimeler

Katı atık,
Taşıma aracı,
Küçük ve orta ölçekli
besihane,
Çapa makinası,
Modüler römork,
Konveyör bant

Özet: Günümüzde katı atıkların yüklenmesi ve taşınması için geliştirilen sistemler küçük ve orta ölçekli işlerle uğraşan çiftçilere cevap verememektedir. Bu nedenle küçük ve orta ölçekli besihaneleri olan çiftçiler temizlik için insan gücü ile katı atıkları çıkarma yoluna gitmektedir. Fakat bu temizlik, zorluğundan dolayı, her gün yapılamadığı için hayvanlarda göğüs ve turnak iltihabı oluşabilmekte, ayrıca temizlik yapan kişilerde bel fıtığı gibi hastalıklara yol açabilmektedir. Bu çalışmada çiftçilerin özellikle küçük ve orta ölçekli besihaneler başta olmak üzere muhtelif alanlardaki çeşitli katı atıkları toplayabilmeleri, taşıyabilmeleri ve istenilen alana boşaltabilmeleri için römork kısmı küçültülüp büyütülebilen, kürüme ünitesi ile kürüme ve bantlı konveyör ile römorka yükleme işlemi yapabilen, hidrolik gücünü çapa makinasından alan araç tasarlanmış ve prototipi imal edilmiştir. Aracın tasarımında Prof. Stuard Pugh tarafından geliştirilen ve Toplam Tasarım adı verilen tasarım metodu kullanılmıştır. Tasarlanan araç, hafif ve ağır katı atıkla 150–250 m² alanda test edilmiştir. Aracın uygulama alanı, toplama ve boşaltma süreleri göz önünde bulundurulduğunda 250 m² 'yi geçmeyen küçük ve orta ölçekli besihanelerde kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Design and Production of Solid Waste Loading and Carrying Vehicle with Modular Trailer

Keywords

Solid waste,
Transportation vehicle,
Small and medium sized barns,
Hoe machine,
Modular trailer,
Conveyor belt

Abstract: Nowadays, the systems developed for the loading and transportation of solid wastes are unable to respond to farmers engaged in small and medium scale works. Therefore, farmers having small and medium sized barns prefer to remove the solid wastes by using manpower for cleaning. However, due to the difficulty of such a cleaning, it could not be performed every day, and this causes breast and nail inflammation in animals and may also cause diseases such as herniated disc in people. In this thesis, modular device that can be used with a hoeing machine was designed and prototyped to collect, transport and discharge various solid wastes, especially in the small and medium sized barns. The modular device is composed of a trailer that its capacity be decreased or increased, a shoveling unit and a loading unit with a belt conveyor and it receives the hydraulic power it needs from the hoeing machine. Pugh's total design method developed by Prof. Stuard Pugh was used to design the device. The modular vehicle was tested with light and heavy solid wastes in areas from 150 m² to 250 m². From the test results, it was concluded that the modular device can be used effectively in small and medium sized barns not exceeding 250 m².

1. Giriş

Günümüzde besihanelerde oluşan katı atıkların toplanması, yüklenmesi ve taşınması için geliştirilmiş birçok sistem bulunmaktadır. Bu sistemler genellikle büyük ölçekli besihanelerde kullanılmakta, küçük ve nispeten küçük alanlı orta ölçekli besihanelerin

çoğunda alanın küçüklüğü, maliyet gibi nedenlerle kullanılamamaktadır.

Büyük ölçekli besihanelerde temizleme işlemi genellikle besihane içerisine yerleştirilen gübre sıyrıcı sistemiyle yapılmakta ve katı atıklar toplama havuzlarında depolanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Gübre sıyrıcı [1]

Gübre sıyrıcının dışında traktöre bağlanan kürüme küreği de (Şekil 2) büyük ölçekli besihanelerde katı atıkların toplanması için kullanılmaktadır.



Şekil 2. Traktör kürüme küreği [1]

Toplanan katı atıklar traktöre takılan kepçe (Şekil 3) yardımıyla başka bir alana taşınmak üzere yüklenmektedir.



Şekil 3. Traktör kepçesi [2]

Küçük ve nispeten küçük alanlı orta ölçekli besihanelerde katı atıkları insan gücü ile çıkarma ve yükleme yoluna gidilmektedir. Katı atıkları toplamak için genellikle gelberi denilen el aleti (Şekil 4) ya da çapa makinasına takılan kürüme küreği kullanılmakta (Şekil 5) ve kürek yardımıyla başka bir alana taşınmak üzere yüklenmektedir.



Şekil 4. Gelberi [1]

Günümüzde besicilikle uğraşan özellikle küçük ve nispeten küçük alanlı orta ölçekli işletme temizlik için insan gücü kullandığından besihanelerini her gün temizleyememektedir. Her gün temizlenemeyen besihaneler hem insanlar hem de hayvanlarda çeşitli hastalıklara neden olabilmekte, bu da işletme için önemli giderler arasında yer almaktadır. Örneğin;

Mastitis (meme iltihabı) adı verilen bir hastalık hayvanların bulunduğu çevrenin durumuna göre ortaya çıkabilmektedir. Mastitis hastalığı hayvanların bulunduğu ortam günlük olarak temizlenmiyorsa, o ortamda bulunan mikropların meme kanalından girip meme dokusu içinde yayılması ile oluşur. Yapılan araştırmalarda ayrıca hayvanların bulunduğu ortamın düzenli olarak temizlenmemesine bağlı olarak insanların da sığır tüberkülozu hastalığına yakalanabildikleri tespit edilmiştir [3].



Şekil 5. Çapa makinası kürüme küreği [1]

Ayrıca ağır yük kaldırma ve taşımaya bağlı olarak insanlarda bel ağrısı meydana gelir. Örneğin; kronik hastalıklar içinde bel ağrısı, en çok karşılaşılan, kişinin günlük aktivitelerini kısıtlayan ve iş gücü kaybına neden olan durumlardan biridir. Bel ağrısı; kişinin iş gücünde azalma, tanı ve tedavi maliyetleri nedeniyle, ekonomik açıdan önemli sorun teşkil eder. Yapılan araştırmalarda bel ağrısına sebep olan faktörler en çok yaş ve ağır yük kaldırma, sık öne eğilme, çekme itme, rotasyonel hareketler, postürel deformiteler, kas gücünde zayıflık, immobilizasyon, sigara ve psikolojik faktörler olarak belirlenmiştir [4].

Ticari ürünler arasında traktörle kullanılan ekipmanların yük taşıma veya yükleme kapasitesi avantaj olarak gözükse de çalışma alanının sınırlı olması, katı atık yükleme ve taşıma için ayrı ekipmanlara ihtiyaç duyulması dezavantajdır. Gübre sıyrıcı sistemi özellikle büyük besihaneler için kullanılmaktadır ve sınırlı bir alanda çalışması dezavantajdır. Çapa makinasıyla kullanılan kürüme küreği hareket kolaylığı ve makinanın boyutlarının küçük olmasından dolayı geniş bir kullanım alanı sağlamakta, ayrıca yükleme ve taşıma işlemleri birlikte yapılmaktadır (Tablo 1).

Bu çalışma kapsamında tarımsal amaçla yaygın olarak kullanılan çapa makinasına eklenerek kullanılacak modüler römorklu katı atık toplama aracı tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Tasarlanan araçla çiftçilerin özellikle küçük ve orta ölçekli besihanelerde ve muhtelif arazilerdeki çeşitli katı atıkları toplaması, yüklemesi, taşınması ve istenilen alana boşaltması hedeflenmektedir. Tasarlanan

aracın küçük ve nispeten küçük alanlı orta ölçekli besihanelerde insan gücü kullanımından kaynaklı hastalıkları önlemede, iş gücü ve zaman kayıplarını en aza indirmede önemli katkısı olacağı ve benzer amaçlı daha kapsamlı ve daha verimli yeni araçların tasarımına yol açacağı düşünülmektedir.

Tablo 1. Ticari katı atık küreme sistemlerinin karşılaştırılması

	Gübre Sıyırıcı Sistem	Traktör Küreme Küreği	Traktör Keçesi	Çapa Makinası Küreme Küreği
Çalışma Hızı	1 m/sn	5 m/sn	3 m/sn	3 m/sn
Ağırlık	250 kg	200 kg	225 kg	25 kg
Güç Kaynağı	20 BG (Min.)	45 BG (Min.)	45 BG (Min.)	15 BG (Min.)
Yük	400	300	250	65 kg/dak
Kapasitesi	kg/dak	kg/dak	kg/dak	
Çalışma Alanı	1.5 m	2.5 m	2.5 m	1 m
Genişliği	(Min.)	(Min.)	(Min.)	(Min.)

Çapa makinası tarım işlerinde kullanılan bir arazi aracıdır. Araca farklı ekipmanlar takılarak toprağın çapalanması, ot biçilmesi, tohum ekilmesi, ağaçların ilaçlanması, römork takılıp yük taşınması gibi farklı amaçlar için kullanılabilir. Yapılan literatür araştırmasında çapa makinası ile çalışan katı atık toplama aracı ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamakla birlikte farklı amaçlarla kullanılan ve benzer çalışma prensibine sahip makineler bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak asfalt kazıma makinası, balya yükleme makinası ve taş toplama makinası verilebilir.

Asfalt kazıma makinası yerden kazınan asfaltı konveyör bant yardımıyla taşıyıcı kamyonu aktarmak için kullanılmaktadır (Şekil 6).

Balya toplama makinası traktöre bağlanmakta ve yerdeki balyaları taşıyıcı zincirlerle traktör römorkuna aktarmak için kullanılmaktadır (Şekil 7).

Taş toplama makinası traktöre bağlanmakta ve taşlı arazilerdeki taşları toplayarak uygun alanlara boşaltmak için kullanılmaktadır (Şekil 8).

Asfalt kazıma, balya toplama ve taş toplama makinalarının teknik özellikleri bu çalışma kapsamında tasarlanan katı atık toplama aracının teknik özellikleri ile karşılaştırmalı olarak Tablo 2'de verilmektedir.

2. Materyal ve Metod

Katı atık toplama aracının tasarımında Strathclyde Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Stuard Pugh tarafından geliştirilen ve Toplam Tasarım adı verilen tasarım metodu kullanılmıştır [8]. Pugh'a göre pazar/kullanıcı ihtiyacının tanımlanmasından ihtiyacı karşılayacak başarılı bir ürünün satışına kadar olan süreçte gerekli olan sistematik aktivitelerin bütünü Toplam Tasarım'dır. Toplam Tasarım'da mühendislik

ve mühendislik dışı birçok alandan girdiye ihtiyaç duyulmakta ve bu girdiler sadece tasarlanması düşünülen ürüne özel olan bir karışım şeklinde olmaktadır (Şekil 9).



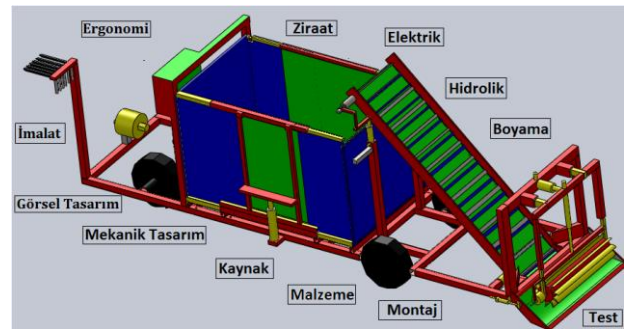
Şekil 6. Asfalt kazıma makinası [5]



Şekil 7. Balya yükleme makinası [6]



Şekil 8. Taş toplama makinası [7]



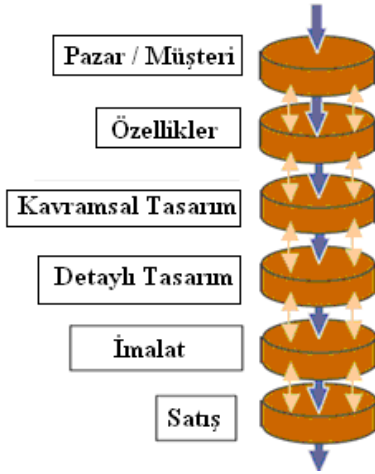
Şekil 9. Katı atık toplama aracı için gerekli olan disiplin girdileri

Toplam tasarım, faaliyetlerinin bütünü basamaklardan oluşan bir merdiven olarak yorumlanabilir ve toplam tasarım basamakları bütün

tasarımlar için zorunludur. Şekil 10, ana hatlarıyla Toplam Tasarım'ın basamaklarını göstermektedir.

Tablo 2. Katı atık toplama aracı ile benzer çalışma prensibine sahip makinelerin karşılaştırılması

	Asfalt Kazıma Makinası	Balya Yükleme Makinası	Taş Toplama Makinası	Katı Atık Toplama Aracı
Çalışma Hızı	0.5 m/sn	1 m/sn	0.5 m/sn	3 m/sn
Ağırlık (araç dahil tüm sistem)	30 ton	3200 kg	5500 kg	300 kg
Güç Kaynağı	500 BG (Min.)	50 BG (Min.)	100 BG (Min.)	15 BG (Min.)
Yükleme kapasitesi	1000 kg/dak	120 kg/dak	750 kg/dak	65 kg/dak
Çalışma Alanı Genişliği	5 m (Min.)	5 m (Min.)	3 m (Min.)	1 m (Min.)



Şekil 10. Toplam tasarım basamakları [8]

Bu çalışmada, Toplam Tasarım metoduna göre, öncelikle piyasada satışı yapılan ve yaygın olarak kullanılan katı atık toplama araçlarının ve benzer araçların özellikleri incelenmiş, bir marka-özellikler Tablosi oluşturulmuş ve araçların karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra tasarımı yapılacak katı atık toplama aracının sahip olması gereken teknik özellikler maddeler halinde listelenmiş ve araç üzerinde bulunan bölümler fonksiyonlar halinde belirtilmiştir. Her bir fonksiyon için gerekli olan teknik özellikleri karşılayacak şekilde konseptler oluşturmak için beyin fırtınası yapılmıştır. Oluşturulan konseptler Pugh diyagramı yardımıyla her fonksiyonun kendine özgü kriterleri baz alınarak değerlendirilmiş ve en yüksek puanı alan konsept detay tasarım için seçilmiştir.

Detay tasarım aşamasında aracın her bir bölümünün teknik resimleri çizilerek katı modelleri oluşturulmuş ve sanal montajı gerçekleştirilmiştir. Belirlenmiş olan teknik özellikleri karşılayacak çapa makinası, hidromotor, hidrolik dişli pompa, hidrolik piston gibi bileşenler için piyasa araştırması yapılmıştır. Bu araştırmalar sonrasında en uygun parçalar seçilerek satın alınmış ve tasarım boyutlarına uygun olarak

imal edilmiş ana gövde üzerine monte edilmiştir. İmalat öncesinde ana gövde için statik yükleme şartlarında Ansys Workbench ticari yazılımı kullanılarak gerilme analizi yapılmıştır.

İmalatı yapılmış olan prototip katı atık toplama aracı hafif ve ağır katı atıklarla 150m² - 250m² 'lik alanlarda teste tabi tutulmuş ve var olan eksiklikler tespit edilmiştir. Daha sonra katı atık toplama aracının tespit edilen eksiklikleri tamamlanarak son halini almıştır.

3. Kavramsal Tasarım

Bu çalışma kapsamında tasarlanan katı atık toplama aracı; toplama bölümü, yükleme bölümü, römork bölümü ve çapa makinasının çıkarılıp takılacağı motor bölümü olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Katı atık toplama aracının sahip olması istenen teknik özellikler şunlardır:

1. Güç kaynağı : standart çapa makinası
2. Çapa makinasına montaj : pimli geçme
3. Araç çalışma alanı : 150–250 m²
4. Kumanda bölümü yüksekliği : 80-120 cm
5. Katı atık yükleme yüksekliği : 80 cm
6. Kürüme bölümü genişliği : 60 cm
7. Konveyör bant yükleme hızı : 0,5 m/sn
8. Konveyör bant yükleme ağırlığı : 70–100 kg/dak
9. Römork uzunluğu : 80-120 cm
10. Römork kapasitesi : 700 kg
11. Römork yana boşaltma açısı : 45°–60°
12. Römork doldurma süresi : 7–10 dak
13. Römork boşaltma süresi : 0.5–1 dak

3.1. Konsept geliştirme

Bu kısımda araç üzerinde bulunan bölümler fonksiyonlar halinde belirtilmiş, avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır. Belirlenen fonksiyonlar şunlardır: 1. Motor bölümü, 2. Römork bölümü, 3. Yükleme bölümü, 4. Toplama bölümü, 5. Hidrolik piston

3.2. Konseptlerin değerlendirilmesi

Konseptler Pugh diyagramı yardımıyla her fonksiyonun kendine özgü kriterleri baz alınarak değerlendirilmiştir.

Değerlendirmede Tablo 3' de gösterilen performans değerine göre belirlenen oranlar ve proje içerisindeki yüzdelik önemleri kullanılmış ve her bir fonksiyon için en yüksek puanı alan konsept seçilmiştir. Seçilen konseptler fonksiyonlara ait konsept Tablolarında yeşile boyanarak gösterilmiştir.

3.2.1. Motor bölümü

Motor bölümü çapa makinası, kumanda kolları, tahrik tekerleri, araç yönlendirme kolları ve yağ deposundan oluşmaktadır. Çapa makinası aracın

hareketi ve diğer bölümlerin çalışması için gerekli olan gücü sağlamaktadır. Bu bölümde çapa makinası sabit olmayıp istenildiği zaman çıkarılıp takılabilmektedir. Araca ait hidromotorlar ve hidrolik pistonların çalışması çapa makinasının kuyruk mili çıkışına kaplinle bağlı olan dişli pompa sayesinde sağlanmaktadır.

Tablo 3. Performans değerleri ve oranları

Performans değeri	Oran
Referans göre daha kötü	1
Referansa göre kötü	2
Referans ile aynı	3
Referansa göre iyi	4
Referansa göre çok iyi	5

Çapa makinasının araçtaki konumu ile ilgili olan motor bölümü çalışmaları için üç tip konsept sunulmuştur. Bu konseptlere ait avantaj ve dezavantajlar; montaj kabiliyeti, manevra kabiliyeti, tork seviyesi, tekerlek deformasyonu, maliyet, zemine bağlı hareket, ağırlık gibi bu montaja özgü kriterler yardımıyla açıklanmıştır (Tablo 4). Bu kriterler aynı zamanda Pugh diyagramı yardımıyla en iyi çapa makinası montaj yerini belirlemede kullanılan kriterlerdir.

Tablo 4. Motor bölümü için en iyi konsept seçimi

Değerlendirme kriterleri	Önem	Sabit montaj (REFERANS)		Ön tarafa montaj		Arka tarafa montaj	
		Oran	Önem	Oran	Önem	Oran	Önem
Montaj kabiliyeti	20 %	3	0.6	4	0.8	4	0.8
Manevra kabiliyeti	25 %	3	0.75	4	1	5	1.25
Maliyet	10 %	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Tork seviyesi	10 %	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Ağırlık	5 %	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Eğime bağlı hareket	10 %	3	0.15	2	0.2	2	0.2
Zemine bağlı hareket	10 %	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Tekerleklerin deformasyonu	10 %	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Toplam		2.85		3.35		3.6	
Sıralama		3		2		1	
Sonuç		Uygun değil		Uygun değil		Uygun	

Tablo 5. Römork bölümü için en iyi konsept seçimi

Değerlendirme kriterleri	Önem	Yan tarafa genişleme (REFERANS)		Her iki tarafa genişleme		Arka tarafa genişleme	
		Oran	Önem	Oran	Önem	Oran	Önem
Montaj kabiliyeti	20 %	3	0.6	2	0.4	4	0.8
Manevra kabiliyeti	25 %	3	0.75	2	0.5	5	1
Maliyet	10 %	3	0.3	2	0.2	4	0.4
Mukavemet	15 %	3	0.45	2	0.3	4	0.6
Ağırlık	5 %	3	0.15	4	0.2	2	0.1
Eğime bağlı hareket	5 %	3	0.15	4	0.2	3	0.15
Denge	20 %	3	0.6	4	0.8	4	0.8
Toplam		3		2.6		3.85	
Sıralama		2		3		1	
Sonuç		Uygun değil		Uygun değil		Uygun	

Karşılaştırma sonucunda çapa makinasının aracın arka tarafına yerleştirilmesi, referans alınan sabit montaja göre zemine bağlı hareket, manevra kabiliyeti, maliyet ve montaj kabiliyeti kriterlerinde öne çıkmış ve bu bölüm için en iyi çözüm olarak seçilmiştir. Seçimde tork seviyesi, tekerlek deformasyonu ve eğime bağlı hareket kriterleri negatif etki oluşturmuştur.

3.2.2. Römork bölümü

Römork bölümü katı atıkların yüklendiği bölümdür. Bu bölümün hacmi ihtiyaç durumuna göre genişletilebilmektedir. Römork bölümünün genişletilmesi için birbiri içine geçen profiller ve kanallı kapaklar kullanılmaktadır.

Römork bölümünün hacminin genişleme yönüyle ilgili olan römork bölümü çalışmaları için üç tip konsept sunulmuştur. Bu konseptlere ait avantaj ve dezavantajlar; denge, eğime bağlı hareket, montaj kabiliyeti, manevra kabiliyeti, ağırlık gibi bu montaja özgü kriterler yardımıyla açıklanmıştır (Tablo 5). Bu kriterler aynı zamanda Pugh diyagramı yardımıyla en iyi römork genişleme yönünü belirlemede kullanılan kriterlerdir.

Tablo 6. Yükleme bölümü için en iyi konsept seçimi

Değerlendirme kriterleri	Önem	Kepçe sistemi (REFERANS)		Elevatör sistemi		Konveyör bant sistemi	
		Oran	Önem	Oran	Önem	Oran	Önem
Montaj kabiliyeti	10 %	3	0.3	2	0.2	5	0.5
Maliyet	10 %	3	0.3	3	0.3	2	0.2
Ağırlık	5 %	3	0.15	2	0.1	3	0.15
Mukavemet	10 %	3	0.3	3	0.3	4	0.4
Hız	10 %	3	0.3	4	0.4	5	0.5
Hidrolik sistem	10 %	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Yük kapasitesi	20 %	3	0.6	4	0.8	4	0.8
Koordineli çalışma	25 %	3	0.75	4	1	5	1.25
Toplam			3		2.5		4.2
Sıralama			2		3		1
Sonuç			Uygun değil		Uygun değil		Uygun

Karşılaştırma sonucunda römork bölümünün referans alınan yan tarafa genişlemesine göre römorkun arka tarafa genişlemesi manevra kabiliyeti, montaj kabiliyeti, maliyet, mukavemet ve denge gibi kriterlerde öne çıkarak bu bölüm için en iyi çözüm olarak seçilmiştir. Ağırlık bu bölüm için dezavantaj olarak negatif etki oluşturmuştur.

3.2.3. Yükleme bölümü

Yükleme bölümü, toplama bölümünden gelen katı atıkların elevatör, kepçe veya konveyör bant yardımıyla römork bölümüne aktarıldığı bölümdür.

Yükleme bölümünün katı atığı dolduracak sistemi ile ilgili olan yükleme bölümü çalışmaları için üç tip konsept sunulmuştur. Bu konseptlere ait avantaj ve dezavantajlar; montaj kabiliyeti, ağırlık, mukavemet, yük kapasitesi, hız gibi bu montaja özgü kriterler yardımıyla açıklanmıştır (Tablo 6). Bu kriterler aynı zamanda Pugh diyagramı yardımıyla en iyi yükleme sistemini belirlemede kullanılan kriterlerdir.

Karşılaştırma sonucunda referans alınan kepçe sistemine göre konveyör bant sistemi montaj kabiliyeti, mukavemet, hız, hidrolik sistem, yük kapasitesi ve koordineli çalışma kriterlerinde öne çıkmış ve bölüm için en iyi çözüm olarak seçilmiştir. Seçimde maliyet negatif etki oluşturmuştur.

3.2.4. Toplama bölümü

Toplama bölümünde zeminden toplanan katı atıkların yükleme sistemi üzerine aktarılmasına yardımcı olacak sistem bulunmaktadır. Bu sistem yükleme sistemine göre değişim gösterebilmektedir. Zeminden toplanan katı atıkların yükleme sistemine aktarılması ile ilgili toplama bölümü çalışmaları için üç tip konsept sunulmuştur. Bu konseptlere ait avantaj ve dezavantajlar; ağırlık, maliyet, zemine bağlı hareket, yük kapasitesi, hız gibi bu montaja özgü kriterler yardımıyla açıklanmıştır (Tablo 7). Bu kriterler aynı zamanda Pugh diyagramı yardımıyla en

iyi toplama sistemini belirlemede kullanılan kriterlerdir.

Karşılaştırma sonucunda referans alınan kapaklı kürüme sistemine göre kanatlı döner sistem zemine bağlı hareket, yük kapasitesi, hız ve konstrüksiyon kriterlerinde öne çıkmış ve bu bölüm için en iyi çözüm olarak seçilmiştir. Seçimde ağırlık, maliyet ve montaj kabiliyeti kriterleri negatif etki oluşturmuştur.

3.2.5. Hidrolik piston

Römorka monte edilen hidrolik piston, katı atıkla dolan römorku sağ veya sol tarafına boşaltmak için kullanılmaktadır.

Hidrolik piston konumu için üç tip konsept sunulmuştur. Bu konseptlere ait avantaj ve dezavantajlar; montaj kabiliyeti, ağırlık, yük kapasitesi, mukavemet gibi bu montaja özgü kriterler yardımıyla açıklanmıştır (Tablo 8).

Bu kriterler aynı zamanda Pugh diyagramı yardımıyla en iyi hidrolik piston konumu belirlemede kullanılan kriterlerdir.

Karşılaştırma sonucunda “alt tarafa yatay pozisyonda yerleştirme”, referans alınan “alt tarafa dikey pozisyonda yerleştirme” ye göre konstrüksiyon, mukavemet ve yük kapasitesi kriterlerinde öne çıkmış ve bu bölüm için en iyi çözüm olarak seçilmiştir. Seçimde montaj kabiliyeti ve maliyet kriterleri negatif etki oluşturmuştur.

3.3. En iyi konsept

Konsept geliştirme sürecinde ortaya atılan konseptlerin değerlendirilmesi ile detay tasarımına başlanacak en iyi konsept belirlenmiştir. Seçilen en iyi konseptler morfolojik Tablo şeklinde gösterilmiştir (Tablo 9). En iyi çözümleri içeren araç montajı ise Şekil 11’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Toplama bölümü için en iyi konsept seçimi

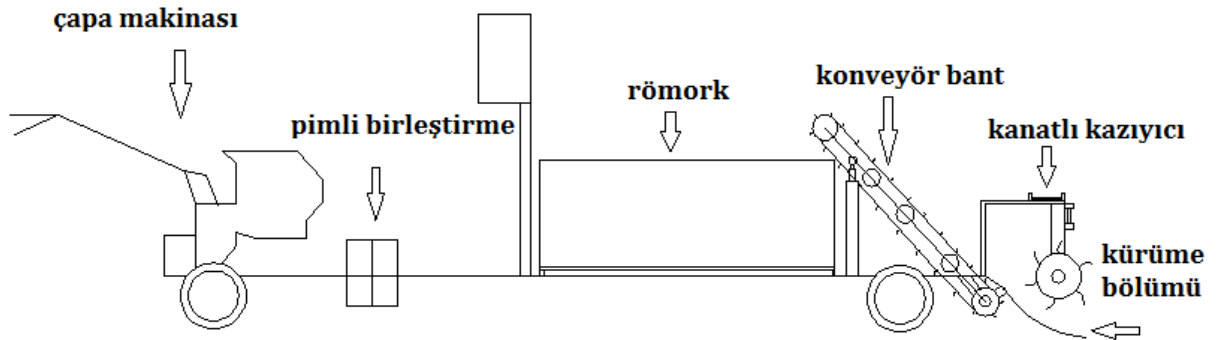
Değerlendirme kriterleri	Önem	Kapaklı kürüme sistemi (REFERANS)		Pistonlu çektirme		Kanatlı döner sistem	
		Oran	Önem	Oran	Önem	Oran	Önem
Ağırlık	15 %	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Maliyet	5 %	3	0.15	2	0.1	2	0.1
Montaj kabiliyeti	15 %	3	0.45	2	0.3	2	0.3
Zemine bağlı hareket	15 %	3	0.45	4	0.6	4	0.6
Yük kapasitesi	15 %	3	0.45	2	0.3	5	0.75
Hız	15 %	3	0.45	2	0.3	5	0.75
Konstrüksiyon	20 %	3	0.6	2	0.4	4	0.8
Toplam			3		2.45		3.6
Sıralama			2		3		1
Sonuç			Uygun değil		Uygun değil		Uygun

Tablo 8. Hidrolik piston konumu için en iyi konsept seçimi

Değerlendirme kriterleri	Önem	Alt tarafa dikey pozisyon (REFERANS)		Yan tarafa dikey pozisyon		Alt tarafa yatay pozisyon	
		Oran	Önem	Oran	Önem	Oran	Önem
Montaj kabiliyeti	10 %	3	0.3	4	0.4	2	0.2
Maliyet	10 %	3	0.3	4	0.4	2	0.2
Ağırlık	15 %	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Yük kapasitesi	20 %	3	0.6	2	0.4	4	0.8
Konstrüksiyon	10 %	3	0.3	2	0.2	4	0.4
Denge	25 %	3	0.75	3	0.75	3	0.75
Mukavemet	10 %	3	0.3	2	0.2	5	0.5
Toplam			3		2.8		3.3
Sıralama			2		3		1
Sonuç			Uygun değil		Uygun değil		Uygun

Tablo 9. En iyi çözümler için morfolojik Tablo

Fonksiyon	Konsept		
Motor bölümü	Sabit montaj	Ön tarafa montaj	Arka tarafa montaj
Römork bölümü	Yan tarafa genişleme	Her iki tarafa genişleme	Arka tarafa genişleme
Yükleme bölümü	Konveyör bant sistemi	Kepçe sistemi	Elevatör sistemi
Toplama bölümü	Pistonlu çektirme sistemi	Kapaklı kürüme sistemi	Kanatlı döner sistem
Hidrolik piston	Alt tarafa dikey pozisyonunda montaj	Yan tarafa dikey pozisyonunda montaj	Alt tarafa yatay pozisyonunda montaj

**Şekil 11.** En iyi konsept

4. Detay Tasarım

Detay tasarım aşamasında normal tasarım aşamasında olduğu gibi bileşenlerin birbiriyle olan uyumları göz önünde bulundurularak detay tasarım yapılmıştır. Teknik şartname gereksinimleri doğrultusunda en iyi konseptte ait teknik

hesaplamalar ve analizler yapılmış, parça seçimleri tamamlanmıştır.

4.1. Hidromotor seçimi

Şekil 12' de konveyör bant sistemi için gerekli güç satıcı firmanın geliştirdiği program yardımıyla

minimum 0,56 kW olarak hesaplanmıştır [9]. Hesaplanan güç değerine bağlı olarak seçim için değerlendirilen hidromotorların teknik özellikleri Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10'dan hesaplanan güç değerine en yakın değer olarak maksimum çıkış gücü 4 kW olan BMP-400 model hidromotor seçilmiştir.

Tablo 10. Hidromotorun teknik özellikleri [10]

MODEL	BMP 200	BMP 250	BMP 315	BMP 400
Deplasman	196,4	241,8	317,3	392,9
Basınç (bar)	140	110	90	70
Mak. Tork (Nm)	365	378	378	378
Hız (dev/dak)	7-	5-	5-192	5-
Debi (lt/dak)	310	250	155	155
Güç (kW)	60	60	60	60
Ağırlık (kg)	8	6	5	4
	6,4	6,6	6,9	7,4

Katı atık toplama aracında biri konveyör bant sisteminde, diğeri toplama sisteminde olmak üzere iki adet hidromotor gerekmektedir ve özellikleri aynı olacaktır. Hidromotor yağ iletim hacmi (dişli pompadan gelen) Denklem 1 kullanılarak bulunur.

$$T = \frac{V \cdot \Delta p \cdot \eta}{20\pi} \quad (1)$$

Burada T hidromotorun verdiği tork (Nm), V hidromotorun iletim hacmi (cm³/dev), Δp hidromotorun kullandığı basınç (giriş ve çıkış basınç farkı, bar) ve η hidromotor verimidir.

Denklem 1'de seçilen hidromotor için T değeri 378 Nm, Δp değeri 0.5 bar ve η değeri 0.95 alındığında;

$$378 * 10^2 = \frac{V \times 0.5 \times 0.95}{20\pi} \quad (2)$$

Hidromotorun iletim hacmi V=5 cm³/dev bulunur. Hesaplanan değer 1 adet hidromotor içindir. Buna göre seçilecek olan dişli pompanın minimum 5 cm³/dev sağlayacak bir pompa olması gerekmektedir.

Konveyör bant çalışma açısı 45° olarak belirlendiğinden çavuş bant (tırnak yüksekliği 15 mm olan bant) tipi seçilmiştir. Bantın uzunluğu 2,5 metre olup yerden toplanan atıkların bant kenarından taşmadan römorka aktarılması için rulolarla bantın yanlarına eğim verilmiştir.

4.2. Hidrolik piston seçimi

Römork bölümünde kullanılacak ve maksimum 7500 N yükü kaldıracak olan hidrolik pistonun seçimi için Denklem 3 kullanılır:

$$F = p * A * n * 10 \quad (3)$$

Burada F pistonu gelen yük (N), p sıvı basıncı (bar), A piston kesit alanı (cm²), d piston çapı (cm) ve n silindirin etki derecesidir.

Denklem 3'de F değeri 7500 N, p değeri 150 bar (dişli pompanın maksimum çıkış basıncı 250 bar) ve n değeri 1 alındığında;

The screenshot shows a web-based calculation tool for conveyor belts. The interface is in Turkish and includes the following elements:

- Header:** YILMAZ REDÜKTÖR logo and navigation menu (ANASAYFA, HAKKIMIZDA, ÜRÜNLER, HİZMETLER, ÜRÜN&DÖKÜMAN, ÇÖZÜMLER, ÇOKLU ORTAM, İRTİBAT, ÖDEME İŞLEMİ, TR).
- Breadcrumb:** GST > Uygulamalar > Konveyörler
- Form Fields:**
 - Yük Tipi: Dökme Yük
 - Konveyör Tipi: Lastik Bantlı Merdaneli
 - Eğim Açısı[derece]: 45
 - Yük Hızı[m/sn]: 1
 - Kapasite[t/saat]: 1
 - Metre Başına Bant Ağırlığı[Kg/m]: 30
 - Makaraların Çapı[mm]: 80
 - Makaraların Yatak Çapı[mm]: 15
 - Konveyör Uzunluğu[m]: 2.5
 - Tahrik Tamburu Çapı[mm]: 170
 - Tahrik Sistemi İle Tahrik Tamburu Arasındaki Tahvil: 1
 - Tek Parça Yük Ağırlığı[kg]:
 - Yükler Arası Min. Mesafe[m]:
 - Destek Makaraları Yataklaması: Bilyalı Masuralı
 - Ortam Durumu: Tozlu
 - Emniyet Katsayısı: 1.2
 - Tahrik Verimi: 0.8
- Buttons:** Hesapla
- Output Fields:**
 - Gerekli Güç[kW]: 0.559
 - Gerekli Devir[d/d]: 112.34
 - Seçilen motor gücüne göre yaklaşık motor kalkış süresini hesapla
 - Kalkış Zamanı[sn]:
 - Seçilen Güç[kW]:

Şekil 12. Konveyör bant sistemi için gerekli olan hidromotor gücünün belirlenmesi [9]

$$7500 = 150 * \left(3,14 * \frac{d^2}{4}\right) * 1 * 10 \quad (4)$$

piston çapı, $d=2.52$ cm bulunur. Bu durumda en yakın standart değer olarak çapı 3.2 cm olan bir hidrolik silindir römork sistemi için uygun olacaktır. Seçilen hidrolik pistonun teknik özellikleri şu şekildedir: çap 32 mm, strok boyu 700 mm, maksimum çalışma basıncı 150 bar. Hidrolik piston maksimum 0.5 m/sn hızda çalışacak olup gerektiğinde hızın düşürülmesi mümkündür. Hidrolik pistonun şase ve römorka bağlantı şekli oynar mafsallı olacaktır.

4.3. Dişli pompa seçimi

Seçilen hidromotor ve piston özelliklerine göre uygun bir dişli pompanın debisi şu formülle bulunmaktadır:

$$Q = \frac{V.n.\eta}{1000} \quad (5)$$

Burada Q pompa debisi (lt/dak), V pompa iletim hacmi (cm^3/dev), n kullanılan elektrik motorunun devri (dev/dak) ve η pompa volümetrik verimidir.

Araçtaki bir hidromotorun çalışması için gerekli iletim hacmi $V=5 \text{ cm}^3/\text{dev}$ olarak belirlenmiştir. Pompanın seçiminde aracın yokuş yukarı çalışması, çalışma zemini şartları ve çapa makinasının motor performansı gibi etkiler göz önünde bulundurulurken dişli pompa Tablosundan (Tablo 11) yağ iletim hacmi $9,5 \text{ cm}^3/\text{dev}$ olan pompa seçilmiştir.

Tablo 11. Dişli pompa özellikleri [10]

Model	İletim hacmi, cm^3/dev	Debi (1500 dev/dak) lt/dak	Mak. çıkış basıncı, bar
1PN-040	4	5,7	250
1PN-061	6,1	8,7	250
1PN-082	8,2	11,8	250
1PN-095	9,5	13,6	250
1PN-119	11,9	17,1	250
1PN-135	13,5	19,4	250

Tüm modellerde minimum hız 600 dev/dak, maksimum hız 3000 dev/dak'dır.

Denklem 5' de V değeri $9.5 \text{ cm}^3/\text{dev}$, n değeri 1500 dev/dak ve η değeri 0.95 alındığında;

$$Q = \frac{9,5 * 1500 * 0,95}{1000} \quad (6)$$

pompa debisi, $Q=13.56 \text{ lt/dak}$ bulunur.

Kürüme sistemi ile konveyör bant sisteminin hidromotorlarının aynı anda çalışması gerektiğinden her iki hidromotor ve römork hidrolik pistonu için üç ayrı pompa kullanılması kararlaştırılmıştır. Dişli pompaların üçü de aynı özellikte olduğundan üç ayrı pompa yerine bir adet üçlü tandem pompa kullanılması uygun görülmüştür. Tandem pompanın üç bölümü birbiri ile bağlantılı olup, tek bir

bölümünün çalışmasıyla bütün bölümleri aynı anda çalışmaktadır.



Şekil 13. Üçlü tandem dişli pompa [10]

4.4. Çapa makinası seçimi

Hesaplanan pompa debisine uygun olan çapa makinasının seçimi için öncelikle motor gücünün hesaplanması gerekir. Bunun için şu formül kullanılmaktadır:

$$P = \frac{p * Q}{540} \quad (7)$$

Burada P motor gücü (kW), p pompa basıncı (bar) ve Q pompa debisidir (lt/dak).

Denklem 7'de p değeri 150 bar, Q değeri 13.56 lt/dak ve motor verimi 0.9 alındığında;

$$P = \frac{150 * 13,56}{540} \quad (8)$$

motor gücü, $P=3.76 \text{ kW}$ bulunur. Dolayısıyla seçilen üçlü tandem dişli pompanın tek bir bölümünün minimum güç gereksinimi 3.76 kW 'dır. Üçlü tandem dişli pompanın bütünü için gerekli olan minimum güç $3.76 * 3 = 11.28 \text{ kW}$ yani 15 BG olacaktır. Araçta bulunan hidromotorların ve hidrolik pistonun ayrı güç gereksinimleri göz önünde bulundurulduğunda araçtaki tüm bölümleri aynı anda çalıştırmak için minimum 15 BG' lik çapa makinası kullanılması gerekmektedir. Araçta kullanılmak üzere seçilen çapa makinasının teknik özellikleri Tablo 12'de verilmektedir.

Tablo 12. Çapa makinasının teknik özellikleri [11]

Güç	22 HP (16,5 kW)
Silindir hacmi	510 cc
Devir sayısı	3000 dev/dak
Debriyaj	Kuru konik kavramalı
Şanzıman	3 ileri 1 geri vites, kol ile kumandalı
Ağırlık	1422 N (145 kg)
Tekerlek grubu	6,50x80-12 (opsiyonel)

Çapa makinasında 2 adet kuyruk mili bulunmaktadır. Bunlardan birisi vitesten bağımsız motor mili şanzıman miliyle aynı dönme hızına sahiptir. Diğer ise vitesle beraber çalışan kuyruk mili vites değiştirme hızına bağlıdır. Tablo 13'de motor devri 3000 dev/dak 'da iken vites durumuna göre kuyruk millerinin devir sayıları verilmektedir.

Tablo 13. Maksimum motor devrinde (3000 dev/dak) kuyruk mili devirleri [11]

	1.Vites	2. Vites	3.Vites
Motor mili (dev/dak)	3000	3000	3000
Vites mili (dev/dak)	900	300	210
Yol mili (dev/dak)	105	35	25
Geri vites (dev/dak)	95		

Aracın düz, eğimli ve çamurlu zeminde çalışma durumlarına göre çapa makinası ve römork için traktör desenli tekerlekler seçilmiştir.

4.5. Araç şasesinin gerilme analizi

Tasarlanan aracın şasesinin üzerindeki yükleri emniyetle taşıyıp taşıyamayacağını ve kullanılan metal profil kesit ölçülerinin mukavemet açısından yeterli olup olmadığını belirlemek amacıyla ANSYS Workbench programı ile gerilme analizi yapılmıştır.

Aracın römork bölümünün maksimum hacmi 0,67 m³, minimum hacmi 0,39 m³ dür. Römork bölümünün maksimum hacimde alabileceği maksimum yük 702 kg iken minimum hacimde alabileceği maksimum yük 396 kg' dır. Şase malzemesi olarak St37-2 yapı çeliği (akma mukavemet değeri 235 MPa, çekme mukavemet değeri 340 MPa) seçilmiştir. Römork bölümünün 70 cm' lik kısmı 50mmx50mmx2mm kesit ölçüleri olan kare profilden, römorkun diğer bölümleri ise römork hacmini genişletebilmek için 40x40x2 mm kesit ölçüleri olan kare profilden imal edilmiştir. En düşük hacimde 40mmx40mmx2mm kesit ölçüsüne sahip profiller 50mmx50mmx2mm kesit ölçülü kare profilin içinde durmaktadır. Römork bölümünün kapakları 1 mm kalınlığındaki st37 sac malzemeden imal edilmiştir.

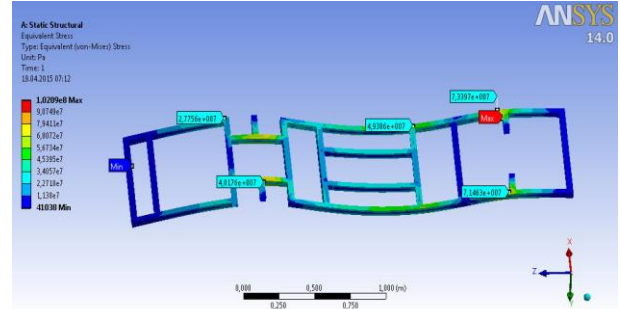
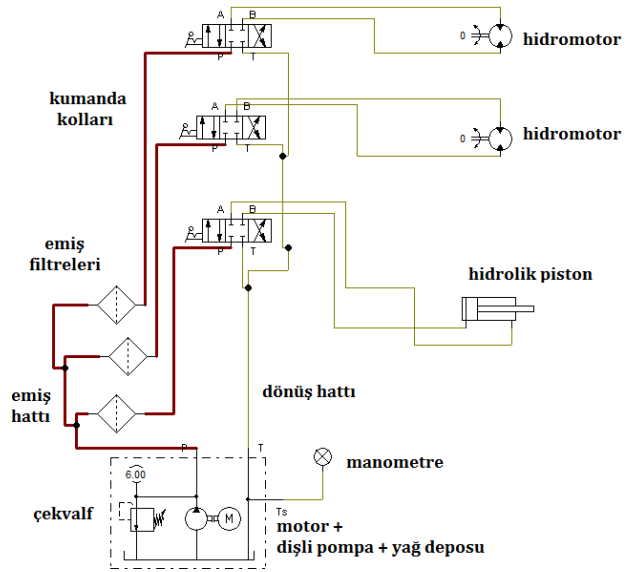
Sonlu elemanlar modeli, 7844 eleman ve 15085 düğümden oluşturulmuştur. Araç şase modeli tekerlerin oturacağı bölümlerden mesnetlenmiştir. Şase üzerine 10 kN' luk yayılı yük uygulanmıştır.

Analiz sonucunda maksimum Von Mises gerilmesinin 103 MPa olduğu ve motor bölümünde (çapa makinası tarafında) arka tekerlerin bağlandığı bölgede meydana geldiği görülmüştür (Şekil 14). Buna rağmen meydana gelen maksimum VonMises gerilmesi seçilen malzemenin akma mukavemet değerinden yaklaşık %60 oranında düşük olduğundan şasesinin maksimum yüklemeye karşı emniyetli olduğu sonucuna varılmıştır.

4.6. Hidrolik sistem

Araç bölümlerinin montaj işlemi tamamlandıktan sonra aracın römork ve yükleme bölümlerinin

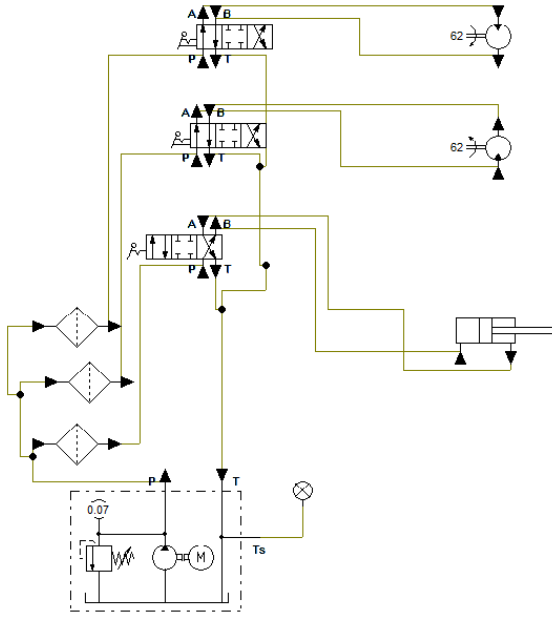
hidrolik sistem bağlantıları yapılmıştır. Şekil 15 ve Şekil 16 sırasıyla araç yüksüz çalışırken (konveyör bant, hidrolik piston ve toplama bölümü devre dışı) ve tam yükte çalışırken (konveyör bant, hidrolik piston ve toplama bölümü devrede) hidrolik devre şemalarını gösterilmektedir.

**Şekil 14.** Araç şasesi VonMises gerilme dağılımı**Şekil 15.** Araç yüksüz çalışırken hidrolik devre şeması

Araç yüksüz halde çalışırken, yani yükleme bölümü, toplama bölümü ve hidrolik piston devre dışı iken, hidrolik devre şu şekilde çalışmaktadır: Çapa makinası prizdirek kuyruk miline elastik kaplinle bağlanan dişi pompanın tahrik edilmesiyle yağ deposundan yağ emilerek basınçlı halde yağ deposundan yağ emilerek kumanda kollarına ulaşır. Kumanda kollarına gelen yağ hidromotorlara veya hidrolik pistonu yönlendirilmemişse geri dönüş hattı üzerinden yağ deposuna geri döner (Şekil 15).

Araç yüklü halde çalışırken, yani yükleme bölümü ve toplama bölümü hidromotorları devrede iken, hidrolik devre şu şekilde çalışmaktadır: Dişi pompanın tahrik edilmesiyle yağ deposundan yağ emilerek basınçlı halde yağ kumanda kollarına ulaşır. Kumanda kollarına gelen yağ hidrolik hortumlarla hidromotorlara ulaştırılır. Basınçlı yağ hidromotorları çalıştırdıktan sonra geri dönüş hattından yağ deposuna geri döner. Kumanda kolları yönlendirmeyi kapatmadığı müddetçe yağın döngüsü

devam eder (Şekil 16). Sistemdeki hidrolik piston için de aynı çalışma şekli söz konusudur.



Şekil 16. Araç yükte çalışırken hidrolik devre şeması

5. Bulgular

Katı atık toplama aracına ait bileşenlerin işçilik maliyeti hariç yaklaşık maliyetleri ve aracın yaklaşık toplam maliyeti Tablo 14’de verilmektedir. Katı atık toplama aracının çapa makinası hariç ağırlığı yaklaşık 150 kg olmuştur.

Tablo 14. Katı atık toplama aracı bileşenlerinin yaklaşık maliyetleri (işçilik hariç)

Araç / Parça /Malzeme	Maliyet (TL)
Çapa makinası (1 adet)	11.000 - 13.000
Tandem dişli pompa (3'lü, 1 adet)	1.200 - 1.500
Hidromotor (2 adet)	650 - 800
Hidrolik piston (1 adet)	350 - 500
Konveyör bant (2.5 m)	450 - 750
Hidrolik hortum	700 - 950
Hidrolik ekipman	800 - 950
Metalik malzeme (profil, sac vb.)	700 - 850
Hidrolik yağ (M46, 4x18 lt)	400 - 550
Teker (4 adet)	250 - 350
Yataklı Rulman (6 adet)	75 - 100
Toplam Maliyet (TL)	16.575 - 20.300

Katı atık toplama aracının montaj işlemlerinden sonra arazide test etmek için gerekenden daha düşük güce sahip (5 BG) çapa makinası kullanılmış ve araç hareket ettirilerek test edilmiştir (Şekil 17).

5 BG' ne sahip çapa makinası araçtaki sistemleri çalıştıracak yeterli güce sahip olmadığından ve uygun çapa makinası maddi nedenlerle tedarik edilemediğinden test aşamasında çapa makinası yerine gereken gücü sağlayan traktör (48 BG) kullanılmıştır (Şekil 18).



Şekil 17. Aracın çapa makinası ile arazide test edilmesi



Şekil 18. Traktöre monte edilmiş katı atık toplama aracı

Aracın traktörle yapılan denemelerinde ilk olarak aracın yükleme bölümünde bulunan kazıyıcı aktif halde çalıştırılarak kontrol edilmiştir. Daha sonra konveyör bant bölümü denenmiş ve konveyör bantın gergi tamburundan kayarak sistemi durdurduğu gözlemlenmiştir. Gergi tamburu çevresine ek parçalar kaynak yapılarak rijitliği artırılmış ve konveyör bant sistemi tekrar denenmiştir. Konveyör bant sisteminin sorunsuz halde çalıştığı gözlemlenmiştir. Sonra konveyör bant ve kazıyıcı bölümleri aynı anda çalıştırılarak test edilmiş ve birlikte sorunsuz çalıştıkları gözlemlenmiştir (Şekil 19).

Son olarak römork bölümü denenmiş ve deneme sırasında hidrolik pistonun araç gövdesine bağlı bulunduğu milin yerinden çıktığı görülmüştür. Mil gerekli kaynak işlemleriyle gövdeye monte edilmiş ve römork bölümü tekrar denenmiştir. Römorkün istenilen eğim açısında sorunsuz çalıştığı gözlemlenmiştir (Şekil 20).

Farklı uygulama alanlarında denenilen aracın yükleme bölümündeki kazıyıcı (toplayıcı) kısmı, küreme küreğinin sıyırdığı katı atıkları konveyör bant üzerine aktarmakta ve konveyör bantta üzerine aktarılan katı atıkları römorka aktarmaktadır.

Aracın arazide yapılan testlerinde iki farklı katı atık kullanılmıştır: hafif atık ve ağır atık. Hafif atık olarak, kurumuş silaj atığı, saman gibi atıklar değerlendirilmiştir. Ağır atık olarak ise hayvansal atık, kum, toprak gibi atıklar değerlendirilmiştir.

Şekil 21’de araç hafif atıkla, Şekil 22’de araç ağır atıkla denenirken çekilmiş resimler verilmektedir.



Şekil 19. Aracın konveyör bant ve kazıyıcı sistemlerinin test edilmesi



Şekil 20. Römorkün test edilmesi



Şekil 21. Aracın hafif atıkla test edilmesi

Arazi testlerinde atıkla doldurulmuş olan römorkün boşaltma işlemleri Şekil 23’ de gösterilmektedir.

Aracın arazide hafif ve katı atıklarla gerçekleştirilen testlerinden elde edilen rakamsal sonuçlar Tablo 15’de verilmektedir.

Aracın yapılan testlerinde hafif atıkların ağır atıklara göre daha kısa sürede toplanıp römork bölümüne

aktarıldığı görülmüştür. Römorka yüklenen hafif atıklar değiştirilebilen römork hacmine bağlı olarak 200kg ile 350kg arasında değişkenlik göstermektedir. Römorka yüklenen ağır atıklar ise değiştirilebilen römork hacmine bağlı olarak 400kg ile 550kg arasında değişkenlik göstermektedir. Her iki atık türü için römork doldurma kapasitesi ve ağır katı atık için römork doldurma süresi açısından hedef kriterden bir miktar sapma söz konusudur.



Şekil 22. Aracın ağır atıkla test edilmesi



Şekil 23. Atıkla dolu römorkün boşaltılması

6. Tartışma ve Sonuç

Katı atık toplama aracının tasarımı aşamasında yükleme bölümünde konveyör bant ya da elevatörlü sistem seçenekleri düşünülmüş olup römorkün dengeli şekilde ve hızlı doldurulması amacıyla konveyör bant sistemi seçilmiştir. Konveyör bant sisteminde mesafe kısa olmasına rağmen tamburlar haricinde bant 45° eğimde çalışacağı için belli aralıklarla rulo ile desteklenmiştir. Yükleme bölümünde eğimden dolayı biriken katı atıkları konveyör bant sistemi üzerine aktarmak için pistonlu çektirme sistemi düşünülmüş fakat kullanımının pratik olmayacağı düşünülerek kanatlı kazıyıcı sistemi tasarlanmıştır.

Tablo 15. Aracın arazi test sonuçları

Özellik	Hafif Katı Atık		Ağır Katı Atık	
	Hedef Kriter	Uygulama Sonucu	Hedef Kriter	Uygulama Sonucu
Atık toplama alanı (m ²)	150 - 250	200	150 - 250	150
Konveyör bant yükleme hızı (m/sn)	1	1	1	0,5
Konveyör bant kapasitesi (kg/dk)	70 - 150	70	70 - 150	100
Konveyör bant yükleme yüksekliği (cm)	65 - 80	80	65 - 80	80
Römorka kapasitesi (kg)	700	350	700	550
Römork doldurma süresi(dk)	7 - 10	8	7 - 10	15
Römork boşaltma süresi (dk)	0,5 - 1	0,5	0,5 - 1	1

Katı atıkların konveyör bant sistemine aktarılmasını sağlayan kazıyıcı sistemin ileri-geri ve yukarı-aşağı hareketlerinin biribiri içine geçen profiller yerine pistonlu sistemle daha pratik ve kolay bir şekilde yapılabileceği düşünülmektedir. Kazıyıcı bölümün konveyör banttan mesafeli olmasından dolayı toplanan katı atıkların tamamının bant üzerine aktarılamadığı görülmüştür. Kazıyıcının banta yaklaştırılması ve kazıyıcı kanatlarının düz yapılmasıyla daha çok katı atığın bant üzerine aktarılabilmesi değerlendirilmektedir. Kazıyıcı üstündeki kapalı bölümün kazıyıcıya yaklaştırılmasının da bant üzerine aktarılacak atık miktarını artırabileceği düşünülmektedir.

Aracın tasarımında römork bölümünün hacmi birbiri içine geçen profillerle çalışma ortamına göre artırılıp azaltılacak şekilde tasarlanmıştır. Biribiri içine geçen profiller yerine pistonlu sistemle daha pratik ve kolay bir şekilde hacmin artırılıp azaltılabileceği düşünülmektedir. Römork bölümüne ait hidrolik pistonun ilk olarak römorkun yan tarafına monte edilmesi düşünülmüş fakat piston bağlantısında yaşanacak mukavemet yetersizliği nedeniyle piston römorkun alt bölümüne monte edilmiştir.

Araçtaki tüm sistemler için ayrı ayrı dişli pompa seçilerek üçlü tandem pompa sisteme monte edilmiştir. Üçlü tandem pompa yerine tek bir dişli pompa seçilip tüm sistem için kullanılacak olması durumunda sistemdeki hidromotorlara giden tüm hidrolik hortumların çaplarının değiştirilmesi gerekecektir. Ayrıca sistemde tek bir dişli pompanın kullanılması kumanda kolları, yağ tankı, dişli pompa ve hidromotorlar arasındaki montaj işlemini nispeten zorlaştıracaktır. Buna rağmen toplama ve yükleme bölümlerindeki hidromotorlarla römork yükünü boşaltma amacıyla kullanılan hidrolik pistonun aynı anda çalıştırılmayacakları değerlendirildiğinde üçlü tandem pompa yerine ikili tandem pompa kullanılabilir. Bu durumda gerekli olan 22 BG 'lük çapa makinası yerine 12 BG'lük çapa makinası yeterli olacaktır. Bu da hidrolik devre şemasında değişikliğe gidilmesini gerektirecektir.

Aracın 150 - 250 m² alanda yapılan testlerinde, 7 ile 15 dk arasında değişen bir zamanda katı atıkları topladığı ve katı atıkların toplanıp yüklenmesinde kolaylık sağlandığı görülmüştür. Aracın uygulama

alanı, toplama süresi ve boşaltma süreleri göz önünde bulundurulduğunda 150 - 250 m² gibi alanlara sahip küçük ve nispeten küçük alanlı orta ölçekli besihanelerde rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Aracın 500 m² lik bir alanda yapılacak uygulamasında ise, 30 ile 40 dk arasında bir sürede katı atıkları toplayıp boşaltması öngörülmektedir.

Bu çalışma ile ilgili aşağıda verilen sınırlamalar bulunmaktadır:

Araç şasesinin sonlu elemanlar analizinde;

1. aracın gövde montajında kaynak bağlantılarının eksiksiz yapıldığı kabul edilmiştir,
2. mesnetlemeler tekerlerin gövdeye bağlı olduğu noktalardan yapılmıştır,
3. gerilme analizi statik yükleme şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Aracın uygulama testlerinde;

1. kullanılan hafif veya ağır olarak nitelendirilen atıkların kategorisine göre eşit özellikte oldukları kabul edilmiştir,
2. atıkların içerisinde büyük çaplı taş, sıvı halde atık veya yoğunluğu artmış tezek olmadığı varsayılmıştır.

Yukarıda listelenen sınırlamalara göre, araç sınırlı katı atıklarla ve sınırlı çalışma alanına sahip olmakla birlikte araç bölümlerinde yapılacak tasarım değişiklikleri ile farklı alanlarda farklı amaçlar için kullanılabilecektir.

Teşekkür

5038-YL1-17 No'lu proje ile çalışmamı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] Almix Makina İmalat İnşaat. Nak. San. Tic. Ltd. Şti, 2018. Gübre Yönetimi. <http://www.almix.com.tr/Urunler.aspx?KatID=11> (Erişim Tarihi: 25.07.2018).
- [2] Anıl Yatağanlı Tarım Makinaları, 2018. Ürünlerimiz. <http://www.aniltarim.com/tr/urunlerimiz/> (Erişim Tarihi: 25.07.2018).

- [3] Anonim, 2019. Sığır Hastalıkları. http://www.tarimkutuphanesi.com/sigir_hastalıkları_00145.html____(Erişim Tarihi: 26.09.2019).
- [4] Ay, S., Evcik, D. 2008. Kronik Bel Ağrılı Hastalarda Depresyon ve Yaşam Kalitesi. Yeni Tıp Dergisi, 25: 228-231.
- [5] Karyer-Tatmak, 2019. Asfalt Kazıma Makinaları. <https://karyer-tatmak.com/category/bomag/page/4/> (Erişim Tarihi: 26.09.2019).
- [6] Ziraat Tarım Market, 2018. Çelikel Balya Yükleme Makinası. <https://www.ziraattarimmarket.com/urun/celikel-balya-yukleme-makinası.html> (Erişim Tarihi: 09.12.2018).
- [7] Tutkun Kardeşler, 2019. Taş Toplama Makinası. <http://www.tutkunkardesler.com/urunler.html> (Erişim Tarihi: 26.09.2019).
- [8] Pugh, S. 1991. Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, Boston, 278s.
- [9] Yılmaz Redüktör, 2017. Konveyörler. <https://www.yr.com.tr/?Page=App-Conveyors> (Erişim Tarihi: 18.12.2017).
- [10] Türk Sanayi Market, 2017. Dişli Pompalar. <https://www.turksanayimarket.com/hidrolik-tr/pompalar-tr/dili-pompalar/> (Erişim Tarihi: 12.12.2017).
- [11] Yağmur Tarım Makinaları, 2019. Çapa Makinaları. <https://www.yagmur.com/urunler/capa-makineleri/> (Erişim Tarihi: 09.10.2019).