

Küçük Tarım İletmeleri için Basit Bir Önden Asılır Tip Çatallı Yükleyici

Selçuk ARSLAN¹, İsa AYDIN^{2*}

¹Uluda Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

²Dicle Üniversitesi Diyarbakır Tarım Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Bölümü, Diyarbakır

Geli (Received): 18.10.2014

Kabul (Accepted): 22.06.2015

ÖZET: Bu çalışmada küçük ve orta güçlü tarım traktörüne önden ba lanabilecek bir çatallı istifleyicinin boyutlandırılması, yapımı ve traktör-çatalı yükleyici sisteminin çalı ma özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tek katlı kızak sistemi olan ve 5880 N (600 kg) kaldırma kapasiteli bir çatalı yükleyici yapılmıştır. Çatalı yükleyici hidrolik sistemi; kaldırma silindiri, emim silindiri, yön kontrol valfleri, manometre ve hidrolik hortumlardan oluşmaktadır. Mekanik sistem ise çatal, tabla ve kaldırma kızaklarından oluşmuştur. Tasarlanan ön ata man ise, çatalı yükleyicinin kolaylıkla traktöre monte edilebilmesini sağlamaktadır. Çatalı yükleyicinin yükleme yüksekliği 1850 mm, öne ve arkaya emim açısı 11°'dir. Yük kaldırma hızı yük ba lı olarak 0.05–0.2 m s⁻¹, indirme hızı ise 0.01–0.35 m s⁻¹ arasında değişmektedir. Kaldırma süresi motor devrine ba lı olarak 9–39 s, indirme süresi ise 5–20 s arasındadır. Sistem; 0° ve 10° zemin emiminde test edilmiştir ve en büyük yük (5880 N) yükte 10° zemin emimine kadar statik stabilitesini kaybetmemiştir. Üretilen sistem kullanılarak 1960 N (200 kg) yükler çeşitli ekilerde taşınması ve istiflenmesi, emim ba arısı 50 m'ye kadar taşıma mesafesi içinde 4 ve 16.4 t h⁻¹ arasında bulunmuştur. En büyük yük taşıma kapasitesinde emim ba arısı 36.7 t h⁻¹'a kadar yükselmektedir.

Anahtar Kelimeler: Traktör, forklift, ata man, tasarım, stabilize, emim ba arısı

A Simple Front-Mounted Forklift For Small Farms

ABSTRACT: The purpose of this study was to dimension, construct, and determine the operational characteristics of a forklift that can be front-mounted to a small agricultural tractor. The forklift was manufactured with a single mast with 5880 N (600 kg) capacity. The hydraulic system of the forklift consisted of a lift cylinder, a tilt cylinder, directional control valves, a manometer, and hydraulic hoses. The mechanical system comprised the forks, fork carrier, and the mast. The attachment designed allows easy installation of the forklift to the tractor. Lifting height of the forklift was 1850 mm and the forward and backward tilt angle was 11°. The lifting speed ranged from 0.05 m s⁻¹ to 0.2 m s⁻¹ and lowering speed ranged from 0.01–0.35 m s⁻¹ depending on the load. Lifting time was 9–39 s and lowering time was 5–20 s depending on the engine rotational speed of the tractor. The static stability of the system was tested on grounds with 0° and 10° inclinations and no stability problems were observed. Using the system developed, loads of 1960 N were stacked and transported in various ways and the capacity was found to be between 4 t h⁻¹ to 16.4 t h⁻¹ depending on the travel distance up to 50 m. Capacity of the system increased to 36.7 t h⁻¹ in the case of maximum loading of the forklift.

Keywords: Tractor, forklift, attachment, design, stability, capacity

GİRİŞ

Traktörler, tarım sektöründe teknoloji düzeyi en yüksek olan ve en önemli yere sahip kuvvet makineleridir. Çünkü teknik gelişme ba lı olarak sadece çeki aracı olarak değil, pek çok işe uyum sağlayabilen bir makine haline gelmiştir (Sabancı ve Akıncı, 2012). Kullanım alanlarına göre; hız, dümenleme ve çeki yeteneği yanında dengeli ve güvenli çalışması, bir traktör için aranan en önemli özelliklerdir. Modern bir tarım traktörü, tarım makinelerini çekerek, iterek veya taşıyarak çalıştırmanın yanında kuyruk mili veya kasnağı yardımı ile dönerek çalıştıran makinelere güç iletimi ve basınçlı yağ ile bazı makinelerin hidrolik olarak çalıştırabilmesini ve kontrolünü sağlar (Tezer ve Sabancı, 1993).

Modern traktörler; eski traktörler gibi sadece arkadan çekilen ekipmanlar için değil ayrıca asılır tip, traktör önüne ya da yanına ba lanabilen, traktöre monte edilen ekipmanlar gibi birçok işlemler için uygun hale getirilmiştir (Kasap, 2009).

Traktörlerin hidrolik gücü kullanılarak; üç nokta ba lanlı düzeninde kaldırma, ön yükleyici ile yükleme, hidrolik priz ile iş makinelerinde de işlemler yapılabilir (Sabancı ve Akıncı, 2012).

Traktörlerin ekonomik olarak işletilebilmesi için yılda 1000–1200 saat çalışması beklenmektedir. Türkiye'de ise bu değer tarım arazilerinde 500 saat dolayındadır (TARMAKBİR, 2013). Bu nedenle, traktörlerin verimli çalışmasını sağlamak için çok yönlü kullanılması gerekmektedir. Tarım işletmelerinde ürünün taşıma-iletim işlerinin insan gücü ile yapılmasının neden olduğu zorluklar ve yapılması gereken işlemlerin de iş karakterleri taşıması, farklı tiplerde traktör-yükleyici kombinasyonlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ön yükleyiciler, arka yükleyiciler ve çatalı yükleyiciler bunlara örnektir. Traktör-çatalı yükleyici kombinasyonu ile taşıma ve istifleme işlerinde zamandan tasarruf sağlanıp araziler daha ekonomik bir şekilde yapılabilir. Özellikle hayvancılık işletmelerinde balyaların ve paketlenmiş yem ürünlerinin, bahçe tarımında ise meyve

*Sorumlu yazar: Aydın, İ., isa.aydin@dicle.edu.tr

kasalarının yüklenmesi, taınması ve istiflenmesinde kullanılabilir.

Üç nokta askı sistemine takılabilen ve sanayi tipine benzer çatallı yükleyiciler, ayrıca hem çatallı yükleyici hem de arka yükleyici olarak kullanılabilen ata manlar geli tirilmi tir (Fankhauser ve Schiess, 1989). Buna göre, uygulamada 5880-21560 N kapasiteli yükleyicilerin bulunabilece i, pratik çalı malarda 1960 N kadar ön a ırlı a gerek oldu u, indirme süresinin en az 10 s olması gerekti i ifade edilmi tir. Meyve bahçelerinde hasat edilen ürünlerin büyük kasa ve sandıklarda taınması ve istiflenmesi amacıyla da farklı özelliklerde çatallı yükleyiciler tasarlanmı tir (Hood ve ark., 1981). Tarımsal i llerde kullanılmak üzere 200-800 kg kapasiteli ta ıyıcı platformları bulunan ve büyük yüksekliklere ula ılması amacıyla geli tirilmi kendi yürür paletli araçlar da bulunabilir (Taniguchi, 1999). Ülkemizde küçük üreticinin kullanabilece i ölçekte, tarım traktörlerine kolaylıkla sökülüp takılabilen sanayi tipinin de i ik versiyonları ile ilgili ara tırmalar çok sınırlıdır. Arslan ve Aybek (2010), standart bir traktör için 5880 N kapasiteli, tek kızaklı bir çatallı yükleyici tasarlamı , imal etmi ve test etmi tir. Çatallı yükleyici traktörün 3-nokta askı sistemine takılmaktadır. Farklı yüklerin kaldırma ve indirme süreleri ile kaldırma ve indirme hızları ölçülmü , 50 m mesafede 1960 N yüklerin taınması durumunda saatlik 10-11 ton taıma yükleme kapasitesi oldu u belirlenmi tir (Arslan ve Aybek, 2010). Tarım traktörüne uygulanabilir çift katlı küçük kapasiteli çatallı yükleyicilere ait hesaplama ve boyutlandırmalar da yapılmı tir (Arslan, 1992).

Sanayide en çok standart çift katlı forkliftler kullanılmakla beraber yüksek istifleme gereklili i varsa çok katlı olanlar da tercih edilmektedir. Sanayi tipi forkliftler kullanıldı ı yere göre yaygın olarak LPG ile veya aküyle çalı tılmaktadır. Tarımsal amaçlı kullanım için özel olarak imal edilen çatallı yükleyiciler ise daha çok balya toplama ve istifleme için kullanılan ata manlar olup genellikle traktör ön yükleyicisinin kepeç aparatının yerine monte edilerek çalı tılmaktadır. Ön yükleyiciler ise sabit olarak monte edilebilece i gibi sökülebilir ata manlar ekinde olabilmektedir. Balya çatalları, ince uçlu ve dairesel kesitli çatal elemanlarından olu maktadır ve balyaya kolayca batmasını ve taınmasını sa lamaktadır.

Bu çalı manın amacı, bir ön ata man imal ederek küçük kapasiteli bir forklifti traktörün önüne takılır hale getirmek ve traktör-çatallı yükleyici sisteminin çalı ma özelliklerini belirlemektir. Bu ara tırmada geli tirilmek istenen sistemin yükleyici bölümü, yapısal olarak sanayi tipi çatallı yükleyicilere benzemektedir ve gerek palet ile gerekse paletsiz biçimde çalı tılabılır özellikte olması amaçlanmı tir. Geli tirilmek istenen yükleyicinin, piyasada bulunan birçok çatallı yükleyiciye göre küçük kapasiteli (0-5880 N) olması, traktörün önüne sabit olarak ba lanmak zorunda olmaması ve basit bir ata man ile traktöre kolayca ba lanabilmesi amaçlanmı tir. Bu özellikleriyle mevcut ön yükleyicilere göre çok daha kısa montaj mesafesinde çalı tılabilecek bir istifleme sistemi

olu turulmak istenmi , böylece dar alanlarda manevra yetene inin de geli tirilmesi amaçlanmı tir.

Geli tirilmesi amaçlanan tipte küçük yükleyiciler ülkemiz tarımında yaygın kullanılmadı ndan küçük ve orta ölçekli i letmelerde kasa, sandık, çuval ve balya ekindeki yüklerin taınması ve istiflenmesinde yer bulabilece i dü ünülmektedir. Böyle bir ürünün, belirli durumlarda küçük belediyeler ve benzer kurulu lar tarafından kullanılan traktörlere monte edilerek daha pahalı seçenekler olan ticari forkliftler yerine kullanılabilce i de öngörülebilir.

MATERYAL ve METOT

Bu ara tırmada çatallı yükleyiciyi çalı tırmak için küçük bir tarım traktörü (Türk Fiat 60-56) kullanılmı tir. Çatallı yükleyiciyi olu turan mekanik sistem; kızak, tabla ve kaldırma zincirlerinden olu maktadır. Forkliftin traktöre ba lanabilmesi için bir ön ata man tasarlanmı tir. Kızak, tek katlı çelik U profil malzeme kullanılarak yapılmı tir. Çatalları ta ıyan tabla 30 mm kalınlı ındaki çelik plakadan yapılmı tir. Kaldırma zincirleri ise kaldırma pistonu üzerine ba lanmı 100 mm çapında iki adet makara üzerinde hareket etmekte ve tablayı kaldırmaktadır. Ön ata man, traktörün önünde traktör ile çatallı yükleyici arasındaki ba lantıyı sa lamaktadır. Çatallı yükleyici hidrolik devresinde, bir adet kaldırma silindiri ve bir adet e im silindiri olmak üzere iki hidrolik silindir, valf blo u, manometre ve hidrolik hortumlar bulunmaktadır.

Çatallı yükleyicinin bazı ölçülerinin belirlenmesinde TS1023 ve ISO 2328 standartlar kullanılmı ve bu standartlara göre di er özellikler hesaplanmı tir. Hidrolik silindirlerin boyutlarının belirlenmesinde toplam yük (5880 N + kaldırılan mekanik sistemin öz a ırlı ı) dikkate alınmı ve 10000 N olarak kabul edilmi tir.

Çizelge 1. Ara tırmada kullanılan traktörün bazı teknik özellikleri

Tip/model	Lastik tekerlekli, arka
Gücü (kW)	37,68
Motor devri hız sınırı	650±25 - 2770±20
Nominal motor hızı	2500
En büyük güçte motor	144,22 (Nominal motor)
Hidrolik Sistem Özellikleri	
Pompa debisi (L min ⁻¹)	33,1 (Nominal motor)
Açılma basıncı (MPa)	19,4 - 19,9 (~200 Bar)
Hidrolik güç (kW)	7,78
Traktör kütlesi (sürücüsüz)	
Ön (kg)	725
Arka (kg)	1345
Toplam (kg)	2070

Tabla, çatalların sisteme ba lanmasını sa layan 4 adet rulman yardımı ile kızaklar içinde dü ey yönde hareket edebilen çelik lamalardan olu an ta ıyıcı

parçadır. Tablanın alt kısmında, kızaklara zincir ile ba lantı sa lanması için iki adet çelik lama bulunmaktadır. Ayrıca tablanın dı yüzeyinde altta ve üstte kızak hareket ederken yatay ve dü ey denge nin korunması için 4 adet rulman monte edilmi tir. Kaldırma kızakları, çelik U profilinden seçilmi tir ve 1 tonluk yüklerin kaldırılmasında mukavemet sorunu olu turmayaca ı belirlenmi tir.

Kaldırma kızakları 2450 mm uzunlu unda ve 10 mm et kalınlı nda olup 1850 mm yüksekli e kadar yüklem e yapabilece olana ı sa lamaktadır. Kızaklar tabanda, ortada ve üstte olmak üzere üç lama ile birle tirilmi tir.

Kaldırma ve e im silindiri çift etkilidir. Kaldırma silindirinin stro u 1 m ve toplam 10000 N yüke dayanabilecek ekilde imal edilmesi planlanmı tir. Böylece çatalların 2 m'ye kadar yüksekliklere yüklem e yapılması istenmi tir.

Kaldırma silindirinde piston yükü; çatalların a ırlı ı, tablanın a ırlı ı ve yükün a ırlı ndan olu maktadır. Piston çapı 0.09 m seçilerek yükün kaldırılması için gereksinim duyulan i letme basıncı belirlenmi tir (Esposito, 1988).

Hesaplanan basınç de erine hidrolik sistemde olu an basınç kayıpları da eklenerek kaldırma ve e im silindirinin çalı ması için gerekli toplam basınç de erleri tespit edilmi tir. Silindire iletilen debi miktarı belirlenmi ve yük kaldırma hızı hesaplanmı tir.

Kaldırma i leminin süresi ise strok ve itme hızına ba lı olarak de i mektedir. Kaldırma süresi, de i ik çalı ma ko ulla rında ölçülmü tür.

Çatallı yükleyicinin traktörün önüne ba lanabilmesi için bir ön ata man tasarlanmı ve imal edilmi tir. Tek katlı çatallı yükleyici, ön ata man aracılı ı ile traktör gövdesine monte edilmi tir.

Statik Stabilite, Kaldırma- ndirme Hızı ve Ta ma- stifleme Süresi

Traktörün toplam a ırlı ı, ön ve arka aks yükleri, ön ve arka aks eksenleri arasındaki yatay uzaklık traktör test raporunda belirtilmi tir (Anonim, 1997). Statik stabilite testleri dü z zeminde ba lamı , iki er derece açılarla e im açısı artırılmı ve statik stabilitenin bozuldu u açı (11°) bulunmu tur. Test sonuçları 0° ve statik stabilitenin bozulmadı ı en yüksek açı (10°) için rapor edilmi tir. Stabilite testleri sırasında ön ve arka aks yükleri, en küçük (0 N) ve en büyük yükte (5880 N) sürücü kütlesi (803.6 N= 82 kg) ile beraber ölçülmü tür. Aks yüklerini ölçmekte kullanılan kantar mekanik olup 10 kg hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir.

Stabilite testlerinde, önce yüksüz traktör-çatallı yükleyici sisteminin ön ve arka aks yükleri ölçülmü tür. Sonra ölçümler yukarı do ru 10° e imli zeminde 0, 1960 ve 5880 N yükler kullanılarak yapılmı , ön aks yükü ve arka aks yükü belirlenmi tir.

Farklı boyutlarda kasa, sandık veya balyaların yük merkezi çatalların tam orta noktasında olmayabilir. Üç farklı yük merkezi (400, 500, 600 mm) seçilmi ve bu yük merkezlerinde 0 ve 10 derece e imli yüzeylerde, minimum ve maksimum çatal yüksekliklerinde, kıza n

üç farklı konumunda (dik, tam açık, tam kapalı) ön ve arka aks yükleri ölçülmü tür. Böylece e imin, yükün, yük merkezinin, çatal pozisyonunun ve kızak konumunun aks yüklerine etkisi belirlenmeye çalı ılmı tir.

Piston ve tablanın kaldırma ve indirme hızları üç farklı motor devir sayısı kademesinde yapılmı tir. Testler yüksüz, 490, 980, 1960, 2940, 3920, 4900 ve 5880 N yükler ile 3 tekrarlı yapılmı , ölçülen de erlerin ortalaması belirlenmi tir.

Çatallı yükleyici ile çalı mada kaldırma i leminin süresi strok ve itme hızına ba lı olarak de i mektedir. Kaldırma ve indirme süreleri; üç farklı motor devrinde altı farklı yük (0, 480, 980, 1960, 3920 ve 5880 N) kullanılarak belirlenmi tir. Bu testler yüklerin sadece kaldırma ve indirme sırasında gerekli olan toplam süreyi belirlemek amacıyla yapılmı tir. Kullanılan yük de erleri, tarım i letmelerinde kullanılan balya ve meyve kasalarının a ırlıkları dikkate alınarak seçilmeye çalı ılmı tir.

Kaldırma pistonunun kaldırma ve indirme hızı, kaldırma ve indirme süreleri ve strok kullanılarak, tablanın kaldırma ve indirme hızları ise kaldırma ve indirme süreleri ve tablanın maksimum kaldırma yüksekli i kullanılarak hesaplanmı tir.

stifleme ve ta ma sürelerinin belirlenmesi için ise üç farklı de erlendirme yapılmı tir. Önce, 1960 N'luk yükün yerden alınıp maksimum yüksekli e (1.85 m) istiflenmesi için harcanan süre üç tekrarlı olarak ölçülmü tür. Seçilen yük, meyve hasadında 8-10 kasanın paletle aynı anda ta nması senaryosuna göre belirlenmi tir. Aynı test içinde 1.85 m olan maksimum yüklem e yüksekli inden yüklerin indirilmesi ve yere istiflenmesi için gerekli süre de belirlenmi tir. kinci olarak, dört farklı yükün (980, 1960, 3920, 5880 N) yerden paletle alınması, 50 metre mesafede ta ndıktan sonra yan yana dizilmesi için gerekli süreler belirlenmi ve sistemin saatlik kapasitesi (t h⁻¹) bu özel durum için hesaplanmı tir. Üçüncü de erlendirmede 1960 N'luk yüklerin 50 m mesafe ta ndıktan sonra 1.85 m yüksekli e istiflenmesi ve sonra bu yükseklikten indirilip ta nması için gerekli süreler ölçülmü ve i kapasitesi belirlenmi tir.

BULGULAR ve TARTI MA

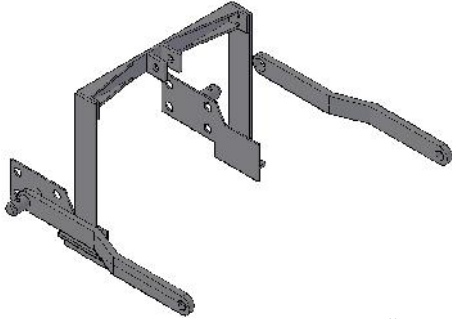
Mekanik Sistem

Tasarlanan çatallı yükleyici; çatallar, tabla ve makaralar, silindirler, kaldırma zincirleri ve kaldırma kızaklarından olu maktadır. Çatallı yükleyici, tek kızaklı (tek katlı) bir sistem olarak tasarlanmı tir. Çatallı yükleyici, traktörün önüne monte edilecek bir ata man ile traktöre ba lanmı olup hidrolik tahriki traktörün arkasında bulunan hidrolik ba lantı elemanı ile sa lanmı tir. Mekanik sistemde boyutlandırılan parçalar; çatallar, tabla ve rulmanlar, kaldırma kızakları, kaldırma zinciri ve makaralardır.

Kaldırma kızakları, ata mana takılıp çıkarılabilecek yan kollara ve orta kola ba lanabilecek ekilde tasarlanmı tir. Ata man üzerinde orta kola e im silindiri ba lanarak kıza n öne-arkaya e imli sa lamaktadır. Tabla, üzerinde bulunan 4 adet rulman ile U profili kaldırma

kızak için içinde yukarı- aşağı hareket etmektedir. Çatallar, tablaya takılıp çıkarılabilmektedir. Çatallar arasındaki mesafeler kullanılacak yüke göre insan gücü ile artırılıp azaltılabilmektedir. Çatallar, ISO 2328 standartlarına göre tasarlanmıştır olup St 52 çelik malzeme kullanılmıştır.

Traktör ön ağırlıkları çıkarılarak çatallı yükleyicinin takılabilmesi için bir ön balantı ata manı tasarlanmıştır. Ön ata man yaklaşık 12000 N ağırlık kaldırabilecek kapasitede, 2 kişi ile yaklaşık 10 dakikada monte edilebilir ve sökülebilir şekilde imal edilmiştir (ekil 1). Orta kol ve yan kolların balantıları sabitlenmemiş olup istenildiğinde çıkarılabilmektedir. Kaldırma sisteminde tarımsal tip diğeri zincir kullanılmıştır. Zincirlerin bir ucu kaldırma kızakına, diğer ucu tablanın alt noktasına balanmaktadır. Zincirler makaralar ile çalışmaktadır.



ekil 1. Çatallı yükleyici balantı ata manı-Ön ata man

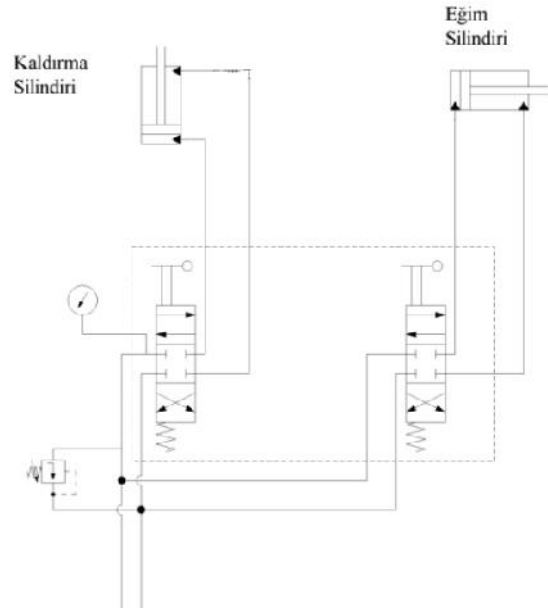
Hidrolik Sistem

Kullanılan hidrolik sistem elemanları; kaldırma silindiri, eğim silindiri, hidrolik hortumlar, yön kontrol valf bloğu ve manometredir. Çift etkili silindir yükü, tabla yükü ve çatal yükü kullanılarak belirlenmiştir. Hidrolik silindirlere yön vermek için iki dilimli monoblok yapıyla yön kontrol valfi kullanılmıştır. Böylece tek blok halinde eğim ve kaldırma silindiri kontrol edilebilmektedir. Yön kontrol valfinin debisi 45 L min^{-1} , maksimum çalışma basıncı 32 MPa, standart çalışma basıncı 15 MPa, geri dönüş basıncı 2.5 MPa'dır. Çatallı yükleyici tasarlamak için kullanılan hidrolik sisteme ait devre şeması ekil 2'de verilmiştir.

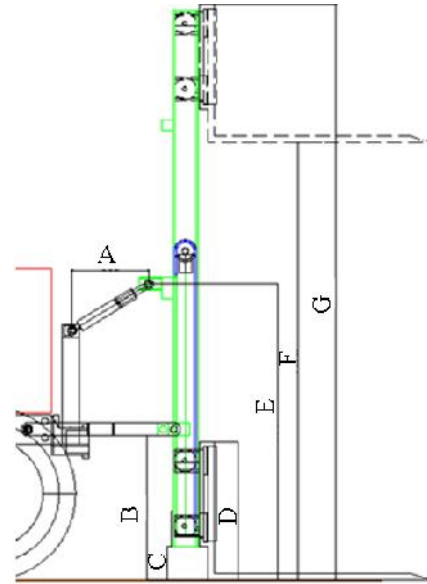
Çatallı Yükleyici

ekil 3 ve Çizelge 2'de traktör-çatallı yükleyici balantısında bazı ölçü değerleri gösterilmiştir. Kızak dik durumdayken çatal uç noktasının varabileceği en büyük

yükseklik 2.63 m, en büyük yükleme yüksekliği 1.85 m ve öne ve arkaya eğim açısı 11° 'dir.



ekil 2. Çatallı yükleyici hidrolik devresi



ekil 3. Traktör-Çatallı yükleyici balantısında önemli ölçüler

Çizelge 2. Traktör-Çatallı yükleyici balantısında bazı ölçülerin değerleri (mm)

	A	B	C	D	E	F	G
Orta kol balantı mesafesi	353						
Yan kolların yerden yüksekliği		658					
Çatallı yükleyici alt noktasının yerden mesafesi			155				
Çatalların üst noktasının yerden yüksekliği				630			
Orta kol balantı noktasının yerden yüksekliği					1355		
Maksimum kaldırma yüksekliği						2000	
Çatallı yükleyicinin üst noktasının yüksekliği							2630

Çatallı yükleyici, traktöre ekil 4'teki gibi bağımlı olarak traktör motor kapağının açılması engellenmemektedir. Yükleyici bağımlı durumdayken motor kapağının açılması için tasarımın daha farklı yapılması gereklidir veya motor kapağının açılması için ata manının çıkarılması gereklidir.



ekil 4. Traktörün önüne bağımlı çatallı yükleyici

Traktör-Çatallı Yükleyici Sisteminin Stabilite Testleri

Stabilite test sonuçları Çizelge 3 ve Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çatallı yükleyici traktörün önüne takılan bir yükleyici olduğundan yük arttıkça ön aks yükü artmış, arka aks yükü ise azalmıştır. Yukarı doğru eğim koşullarında (Çizelge 4) ön aksa düşen yük miktarları düz zeminde yapılan testlere göre (Çizelge 3) daha küçüktür. Ön tekerleklere etki eden maksimum aks yükü, en büyük taşıma kapasitesinde, maksimum yükseklikte ve eğim silindirisinin tam açık durumunda gerçekleştirmektedir. Arka aks yükü, gerek düz zeminde gerekse eğimli çalı mada yük artışıyla birlikte azalmaktadır.

Yapılan gözlemlere göre, statik stabilite açısından herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Ancak, dinamik koşullarda eğim 10°'ye kadar çıkartılıp çatal en büyük yük ile yüklendiğinde arka tekerleklerde patinaj belirtileri gözlemlenmiştir. Arka aks yükünün azalması, traktörün çeki yeteneğini açıkça azaltmıştır. Düz beton zemin yerine farklı zeminlerde yapılacak çalı malarda patinaj sorunu daha erken gözlemlenebilir. Bu nedenle, eğimli koşullarda çalı mak gerekecekse karı (arka) ağırlık kullanılması da gereklidir. Öne eğim koşullarında ise traktörün öne kapaklanma tehlikesi olabileceği görülmüştür. Bu gözlemlere göre de karı (arka) ağırlık kullanımının gerekebileceği anlaşılmaktadır. Ön aks yükünün artması, operatöre dümenleme açısından sorun yaratmamıştır.

Çatalların tam açık ve tam kapalı durum olması bir aksa eden kuvvetlere etki etse de ölçülen aks yükleri arasında büyük farklılıklar bulunmamıştır (Çizelge 3-4). Bunun nedeni, yalnızca kaldırma kapasitesinin çok büyük olmaması değil, aynı zamanda yükleyicinin kaldırma yüksekliğinin de fazla olmamasıdır.

Çizelge 3. Düz zeminde ölçülen aks yükü değerleri

Yük (N)	Çatal Pozisyonu	Çatallı yükleyici Pozisyonu	Ön Aks (N)	Arka Aks (N)
0	Minimum Yükseklik	Dik	12593	14406
		Tam Açık	12103	14014
		Tam Kapalı	12446	14014
	Maksimum Yükseklik	Dik	12446	14210
		Tam Açık	12985	14210
		Tam Kapalı	12152	14259
1960	Minimum Yükseklik	Dik	17395	12446
		Tam Açık	17395	12446
		Tam Kapalı	17248	12446
	Maksimum Yükseklik	Dik	17248	12250
		Tam Açık	17346	12152
		Tam Kapalı	17297	12544
5880	Minimum Yükseklik	Dik	23324	9947
		Tam Açık	24108	9800
		Tam Kapalı	24010	9996
	Maksimum Yükseklik	Dik	24010	9996
		Tam Açık	24794	9702
		Tam Kapalı	24402	9800

Çizelge 4. Yukarı do ru 10° zemin e iminde ölçülen aks yükü de erleri

Yük (N)	Çatal Pozisyonu	Çatallı Yükleyici Pozisyonu	Ön Aks (N)	Arka Aks (N)
0	Minimum Yükseklik	Dik	12544	14994
		Tam Açık	12495	14994
		Tam Kapalı	12544	14994
	Maksimum Yükseklik	Dik	12642	14896
		Tam Açık	12642	14700
		Tam Kapalı	12544	14896
1960	Minimum Yükseklik	Dik	15337	12250
		Tam Açık	15288	12250
		Tam Kapalı	15386	12250
	Maksimum Yükseklik	Dik	15386	11662
		Tam Açık	15582	11466
		Tam Kapalı	15239	11613
5880	Minimum Yükseklik	Dik	22736	9408
		Tam Açık	22736	9114
		Tam Kapalı	22344	9506
	Maksimum Yükseklik	Dik	22344	8624
		Tam Açık	22932	7644
		Tam Kapalı	21364	8918

Kaldırılan yükün merkezi (yükün neden oldu u bile ke kuvvetin tabladan uzaklı ı) ön tekerle e etki eden yükü etkilemektedir. Yük merkezinin 400, 500 ve 600 mm oldu u durumlarda yapılan testlere göre, yük merkezi uzadıkça (yük kızaklardan çatal uçlarına do ru uzakla tıkça) ön tekerle e etki eden kuvvet artmı , bunun kar ılı nda arka aks yükü azalmı tır (Çizelge 5). Maksimum yük kapasitesinde (5880 N), maksimum yük merkezinde (600 mm) ve dü z zeminde ön tekerleklere etki eden yük en fazla 25284 N olarak tespit edilmi tir ve yükleyicinin tam açık durumunda bulunmu tur. Bu, her bir ön tekerle e 12642 N yük binece ini göstermektedir. Ölçülen bu de er, her bir lasti e uygulanmasına izin verilen maksimum yükten (7.3 kN) daha fazladır. Bundan dolayı kullanılacak traktörün tekerle inin 12.642 kN yükü ta ıyacak kapasitede seçilmesi gereklidir. Arka aks yükü ve tekerlek ta ıma kapasitesi açısından de erlendirme yapıldı nda tüm testler içinde en büyük yük 9996 N olup her bir tekerle e 4998 N yük dü mektedir ve maksimum lastik yükünü (16.32 kN) geçmemektedir.

Ön ve arka aksların yerden yükseklikleri ölçülmü ve ilgili de erler Çizelge 6'da verilmi tir. Dü z zeminde çatalar yere yakinken (ta ıma pozisyonunda) ta ınacak yükün de i mesi, ön ve arka aks merkezlerindeki yüksekli i etkilememi tir. Ancak, yükün maksimum

yükleme yüksekli ine çıkarılması, aks merkezi yüksekliklerini bir miktar de i tirmi tir. Arka aks yüksekli i maksimum yükte (5880 N) 10 mm yükselme , ön aksın yerden yüksekli i ise 15 mm dü mü tür.

Piston ve Yük Kaldırma Hızları

Test edilen rölanti, orta ve yüksek motor devir seçeneklerinin her birinde yükten ba ımsız olarak kaldırma ve indirme süreleri benzer olmu tur (Çizelge 7). Örne in rölanti devrinde tüm yükler yakla ık 37-39 s aralı nda, maksimum motor devrinde ise 9.5-10 s aralı nda kaldırılmı tır. ndirme sürelerinde de benzer e ilim görülmektedir. Örne in, motorun çok yüklenmedi i orta hız kademelerinde indirme süresi tüm yüklerde 7-8 s arasında ölçülmü tür. Sadece rölanti devrinde büyük yüklerde indirme süresinin dü ük yüklerle göre daha dü ük oldu u görülmektedir. Yük kaldırma süresi, motor devrinden etkilenirken, indirme süresine operatörün de etkisi bulunmaktadır. ndirme i lemi yapılırken yön kontrol valfinin tam açık konuma getirilmesi do ru bir uygulama olmadı ndan, operatörün yükü sabit hızda indirmek için bir denge gözetmesi gerekmektedir. Operatör deneyim kazandıkça, indirme ve kaldırma sürelerinin daha stabil hale gelece i öngörülebilir.

Çizelge 5. Farklı yük merkezlerine ölçülen göre aks yükü de erleri

E im (°)	Yük (N)	Yük merkezi (mm)	Çatal Pozisyonu	Çatallı yükleyici Pozisyon	Ön Aks (N)	Arka Aks (N)
0	5880	400	Minimum Yükseklik	Dik	23814	9898
				Tam Açık	23912	9800
				Tam Kapalı	23716	9996
			Maksimum Yükseklik	Dik	24010	9114
				Tam Açık	24304	9016
				Tam Kapalı	24010	9604
		500	Minimum Yükseklik	Dik	23324	9947
				Tam Açık	24108	9800
				Tam Kapalı	24010	9996
			Maksimum Yükseklik	Dik	24010	9996
				Tam Açık	24794	9800
				Tam Kapalı	24402	9702
		600	Minimum Yükseklik	Dik	24010	9408
				Tam Açık	24010	9310
				Tam Kapalı	23814	9506
			Maksimum Yükseklik	Dik	24990	9506
				Tam Açık	25284	8918
				Tam Kapalı	24598	9604
10	5880	400	Minimum Yükseklik	Dik	22932	9751
				Tam Açık	22932	9702
				Tam Kapalı	23030	9800
			Maksimum Yükseklik	Dik	22442	9212
				Tam Açık	23030	8526
				Tam Kapalı	21364	9506
		500	Minimum Yükseklik	Dik	22932	9702
				Tam Açık	22834	9506
				Tam Kapalı	23030	9800
			Maksimum Yükseklik	Dik	22344	9016
				Tam Açık	23030	7938
				Tam Kapalı	21364	9310
		600	Minimum Yükseklik	Dik	23422	9408
				Tam Açık	23226	9310
				Tam Kapalı	23520	9702
			Maksimum Yükseklik	Dik	22834	7840
				Tam Açık	23618	7546
				Tam Kapalı	22932	9016

Çizelge 6. Farklı yüklerde ön ve arka aks yükseklikleri

Yük (kg)	Arka aks yüksekli i (mm)		Ön aks yüksekli i (mm)	
	Minimum Yükseklik	Maksimum Yükseklik	Minimum Yükseklik	Maksimum Yükseklik
980	575	575	485	480
1960	575	580	485	480
3920	575	585	485	475
5880	575	585	485	465

Çizelge 7. Farklı yüklerde ölçülen piston kaldırma ve indirme süreleri

Hız	Yük (N)	Ortalama (s)	
		Kaldırma	ndirme
Rölanti	0	37.25±0.5	19.46±0.4
	490	39.03±0.2	19.94±0.3
	980	39.17±0.6	19.71±0.4
	1960	39.14±0.6	19.07±0.3
	3920	36.12±1.4	17.87±0.2
	5880	37.41±0.5	14.02±0.3
Orta Devir	0	14.03±2.0	7.65±0.5
	490	14.47±1.2	7.18±1.4
	980	14.00±0.6	7.98±0.4
	1960	13.64±0.5	7.03±0.1
	3920	14.06±1.7	7.42±0.7
	5880	14.54±0.2	6.71±1.4
Maksimum Devir	0	9.61±0.6	5.64±0.1
	490	10.08±0.4	6.11±0.4
	980	9.57±0.3	5.56±0.1
	1960	9.46±0.1	5.35±0.2
	3920	9.65±0.0	5.25±0.0
	5880	9.75±0.1	5.27±0.0

Rölantide yapılan kaldırma i lemi süresi ile maksimum gaz verildi inde yapılan kaldırma i lemi süresi çok farklı bulunmu tur. Yük 1960 N iken yükü kaldırmak ve indirmek için rölantide gerekli zaman yakla ık 60 s, motor devir hızı artırıldı nda ise yakla ık 15 s olmu tur. Genel olarak maksimum motor devrinde yapılan uygulamalarda rölantiye göre bir kaldırma i lemi için yakla ık 30 s, indirme i lemi için ise yakla ık 15 s zaman kazancı sa lanmı tur. Gerçek arazi uygulamalarında bir yükün tam kaldırma ve tam indirme ko ullarında sürekli olarak çalı tırılmayaca ı açıktır. Bu nedenle, zaman kazancının her çalı ma ko ulu için bu kadar yüksek olmayaca ı da ifade edilmelidir.

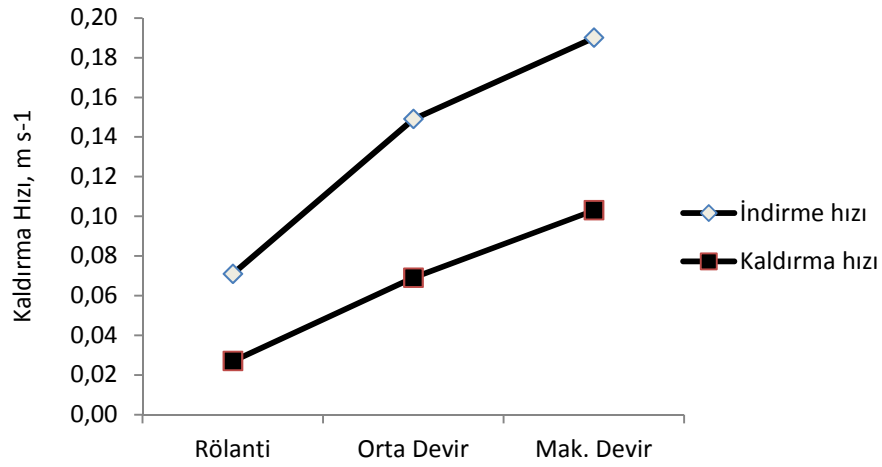
Ba ka bir ara tırmada (Fankhauser ve Schiess, 1989) yükün emniyetli bir ekilde indirilmesi için gerekli sürenin en az 10 s olması önerilmi tir. Bu sürenin çok kısa olmaması, büyük kapasiteli yükleyicilerin maksimum yükseklikten indirilirken aniden durdurulması halinde ortaya çıkacak ivmelenme kuvvetinin yüksek olması nedeniyle önemli olsa gerektir. Bu ara tırmada maksimum motor devrinde yük indirme süresi oldukça küçük olup yakla ık 5-6 s'dir. Bu artlarda, Çizelge 8'de görüldü ü gibi, piston indirme hızı maksimum motor devrinde 0.18-0.19 m s⁻¹

dolayındadır ve hidrolik silindirler için genel olarak kabul edilen maksimum hızdan (0.5 m s⁻¹) çok dü üktür. Böylece, bu ara tırmada tasarlanan yükleyicinin yüksek motor devirlerinde 5-6 s içinde indirme yapması, teknik olarak kabul edilebilir bir durum olarak de erlendirilmi tir. Ancak, maksimum motor devrinde özgül yakıt tüketiminin ve saatlik yakıt tüketiminin yüksek olaca ı bilinmektedir. Buna göre, indirme ve kaldırma i lemlerinde, özellikle en büyük ta ima kapasitesinde yükleme yapılırken, zaman baskısı yoksa yakıt tüketimini dü ürmek ve ivmelenme kuvvetlerini azaltmak için maksimum motor devri yerine daha dü ük motor devirlerinin tercih edilmesi daha uygun görünmektedir.

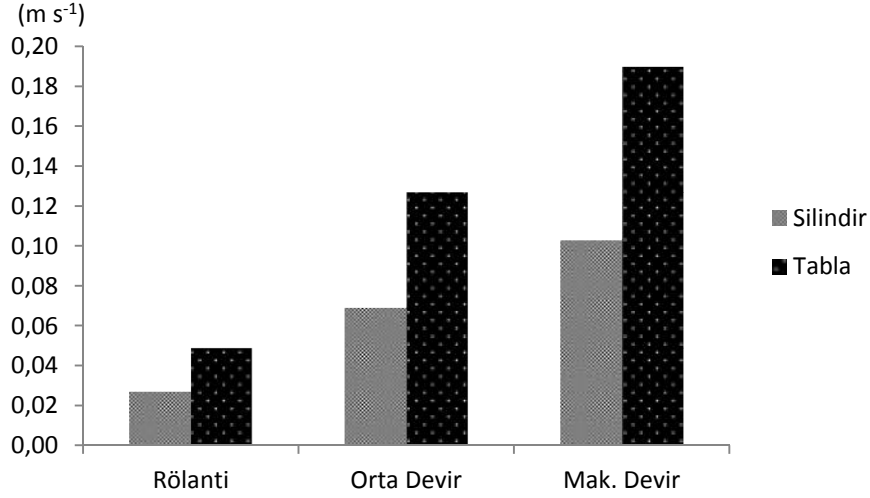
En büyük yükte (5880 N) silindir kaldırma ve indirme hızlarındaki de i ime grafiksel olarak bakılırsa (ekil 5), indirme hızındaki artı oranının kaldırma hızına göre biraz daha fazla oldu u söylenebilir. Motor devir sayısına ba lı olarak tabla ve silindir hızlarındaki artı ve buna ba lı olarak tabla ve silindir hızının de i imi de ekil 6'da grafiksel olarak gösterilmi tir. Motor devir sayısının artması traktörün hidrolik pompasının debisini do rusal olarak artırmaktadır. Sonuç olarak, hidrolik alıcıların hızı da oransal olarak artmaktadır.

Çizelge 8. Farklı motor devir sayılarında ve farklı yüklerde hesaplanan piston ve tabla hızları

Hız	Yük (N)	Kaldırma hızı (m s ⁻¹)		İndirme hızı (m s ⁻¹)	
		Piston	Tabla	Piston	Tabla
Rölanti	0	0.027	0.050	0.051	0.095
	490	0.026	0.047	0.050	0.093
	980	0.026	0.047	0.051	0.094
	1960	0.026	0.047	0.052	0.097
	3920	0.028	0.051	0.056	0.104
	5880	0.027	0.049	0.071	0.132
Orta Devir	0	0.071	0.132	0.131	0.242
	490	0.069	0.128	0.139	0.258
	980	0.071	0.132	0.125	0.232
	1960	0.073	0.136	0.142	0.263
	3920	0.071	0.132	0.135	0.249
	5880	0.069	0.127	0.149	0.276
Maksimum Devir	0	0.104	0.192	0.177	0.328
	490	0.099	0.184	0.164	0.303
	980	0.105	0.193	0.180	0.333
	1960	0.106	0.196	0.187	0.346
	3920	0.104	0.192	0.190	0.352
	5880	0.103	0.190	0.190	0.351



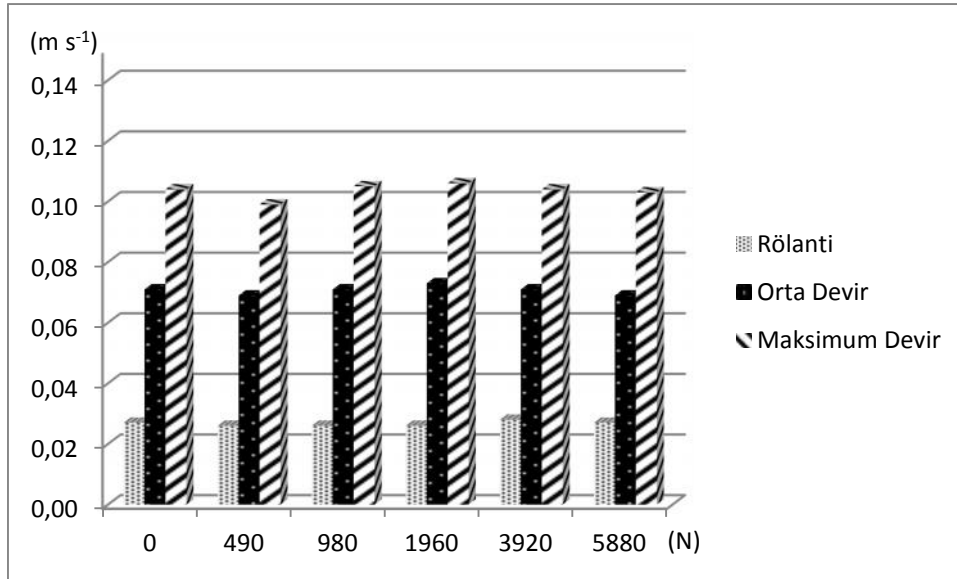
ekil 5. Motor devir sayısına göre indirme ve kaldırma hızları



ekil 6. Farklı motor devirlerinde tabla ve silindir kaldırma hızları

Çizelge 8 ile ilgili yapılan deneylerde silindir kaldırma hızının belirli bir motor devrine bağımlı olarak yükten etkilenmediği ifade edilmiştir. Çizelge 7, yük ve motor devrine bağımlı olarak silindir kaldırma hızının değişimini görsel olarak göstermek için verilmiştir.

Burada, verilen bir motor devri kademesi için kaldırma süresinin hemen hemen sabit olduğu açıkça görülmektedir. Motor devri kademesinin, kaldırma hızını belirleyen tek etken olduğu sonucuna varılabilir.



ekil 7. Yük ve motor devrine bağımlı olarak silindir kaldırma hızının değişimi

İstifleme ve Taşıma Sürelerinin Belirlenmesi

Yüklerin sürekli olarak 1.85 m'den alınıp yere uygun bir şekilde indirilmesi için gerekli süre ile yerden alınıp maksimum yükseklikte istiflenmesi için gerekli süre arasındaki fark çok önemli düzeydedir (Çizelge 9). Yükleme işleminde 1960 N'luk yüklerde saatlik kapasitenin yaklaşık 5.5 t h⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Maksimum yükseklikten yapılan sürekli indirme işleminde ise saatlik kapasitenin yaklaşık 10 t h⁻¹ olduğu ölçülmüştür.

Çizelge 9. Yerinde istifleme işlemlerinde 1960 N'luk yükler için harcanan zaman

İstiflemeekli	Çalışma	Yük (N)	Zaman (s)
Üst üste	İndirme	1960	74
	Yükleme	1960	134

Taşıma işleminde farklı yüklerde (980, 1960, 3920, 5880 N) ve 50 m mesafeye yan yana taşıma işlemi yapıldığında saatlik kapasite sırasıyla yaklaşık 8.6, 16.4, 27.2 ve 36.7 t h⁻¹ bulunmuştur. Bu deneylerin yapılması için gerekli sürelerle ilgili ölçüm değerleri Çizelge

10'da verilmi tir. Operatör, dü ük yüklerde oldukça hızlı hareket edebilmekte, ancak ta inan yük arttıkça ta imada zaman tüketimi artmaktadır.

Çizelge 10. Ta ima ve istifleme i lemlerinde farklı yükler için 50 m'de harcanan zaman

stifleme ekli	Yük (N)	Zaman (s)
Yan yana	980	42±5
	1960	44±3
	3920	53±3
	5880	59±4

Ta ima mesafesi ortalama 50 m seçilip 1960 N yük 1.85 m yüksekli e kaldırılarak istifleme yapıldı ında saatlik i kapasitesi 4 t h⁻¹ hesaplanmı tir. Aynı ko ullarda (50 m mesafe, 1960 N yük, 1.85 m yükseklik) indirme i lemimde ise i kapasitesi 6 t h⁻¹ olmaktadır.

Çalı ma ko ulunun i ba arısına etkisi 1960 N'luk yükler için açıkça görülebilir. ba arısı, yerinde maksimum yüksekli e sürekli istifleme, maksimum yükseklikten sürekli indirme, 50 m mesafede ta ima ve yan yana dizme, 50 m ta ima ve maksimum yüksekli e istifleme i lemi ve maksimum yükseklikten indirip 50 m ta ima ko ullarında sırasıyla 5.5, 10, 16.4, 4 ve 6 t h⁻¹ olarak bulunmu tur. ba arısının en büyük oldu u durum, indirme veya kaldırma için zaman harcanmadı ı, traktörün yerinde manevralar yapmak zorunda olmadı ı ve sadece paletlerin yerden alınarak ta ındıktan sonra tekrar yere yan yana dizildi i durumda elde edilmi tir.

Sonuç olarak, tek kızaklı bir çatallı yükleyici traktörün önüne ba lanacak özellikte tasarlanmı , traktörün önüne takılma i lemi için bir ata man imal edilmi , boyutlandırmaya uygun bir prototip imal edilmi ve farklı çalı ma ko ulları test edilmi tir. mal edilen ön ata man ve çatallı yükleyicinin bazı avantajlı ve dezavantajlı yönleri u ekinde ortaya çıkmaktadır. Yükleyicinin tek katlı bir forklift olması nedeniyle yapısal olarak oldukça basit ve montajı kolaydır. Buna ba lı olarak prototip maliyeti oldukça dü ük düzeydedir (4000 TL, 1.600 \$). Traktörün önüne monte edildi i için operatörün, arkaya takılan yükleyicilerde oldu u gibi, sıkça geriye dönmesi gerekmemekte ve özellikle ba langıçta görülen boyun ve bel a rıları ortadan kalkmaktadır. Böylece arkaya takılan çatallı veya kepeçeli yükleyicilerle kar ıla tırıldı ında i sa lı ı açısından daha uygun bir çalı ma ekli elde edilmi tir. Traktör-yükleyici sisteminin, dü ük e imli tüm arazilerde stabilite sorunu olu madan çalı abilece i görülmü tür. Ancak, makinenin tek katlı olması nedeniyle yükleme yüksekli i sınırlıdır. Büyük yüklerde ve yük merkezinin uzadı ı durumlarda traktör ön aks yükü artmaktadır ve tekerlek ta ima kapasitesi kontrol edilerek yükleme maksimum ta ima kapasitesinin a ılmadı ından emin olunmalıdır. Tasarlanan sistem kullanılarak ta ima ve istifleme kapasitesi çe itli

ko ullar için belirlenmi tir. Toprak zeminde ve engebeli alanlarda bu kapasite de erleri dü ecektir. Makine, kasaların paletlere yerle tirilmesinde i çili e gerek duymakla beraber 5880 N (600 kg)'a kadar yükleri hızla ta ıyarak istifleyebilmektedir. Ergonomik açıdan sürekli çalı mada bir ki inin 245 N'dan fazla yükü tek ba ına ta ımmasının uygun olmadı ı kabul edilirse çatallı yükleyicinin 24 i çiye e de er ta ima kapasitesi bulunmaktadır. Balya gibi hacim a ırlı ı dü ük ve aynı anda sınırlı sayıda balyanın ta ınabilece i uygulamalarda da i çilerin i yükü azaltılabilir ancak, balya ta ima kapasitesi sebze ve meyve kasalarının istiflenmesinde oldu u kadar gerçekle meyecektir. Ayrıca, sıra arası dar olan ve dalların sıra aralarını örttü ü meyve bahçelerinde tek katlı bir forklift yerine bahçe traktörüyle uyumlu olacak ekinde çift katlı alçak yapılı bir yükleyici daha uygun olabilir. Çatallı yükleyici, ucuz olması amacıyla tek kızaklı olarak tasarlanmı tir. Daha büyük yükleme yükseklikleri için de çift katlı bir yükleyici tasarlanması, mevcut sistemin yükleme yüksekli ini artırmaktan daha uygundur.

SONUÇ

Bu ara tırma sonucunda bulunanlar u ekinde özetlenebilir:

- Kaldırma kapasitesi 5880 N olan, tek kızaklı, traktöre önden takılan bir çatallı yükleyici tasarlanmı , yükleyicinin traktörün önüne takılıp sökülmesi için bir ata man imal edilmi tir.
 - Çatallı yükleyicide öne ve arkaya 11° açı ile e im verilebilmektedir. Sistem; 0° ve 10° zemin e iminde ve farklı yüklerle (0, 490, 980, 1960, 3920, 5880 N) test edilmi tir ve en büyük yük ve e im ko ulunda statik stabilitesini kaybetmemi tir.
 - Farklı çalı ma ko ulları ele alınmı ve 196 N'luk (20 kg) 10 kasanın çe itli ekinde ta ınması ve istiflenmesi sırasında i kapasitesi 4 ile 16 t h⁻¹ arasında bulunmu tur.
 - Çatallı yükleyicinin kaldırma kapasitesi sürekli çalı mada 24 i çinin kapasitesine e de erdir.
 - Zaman baskısının bulundu u durumlarda traktör motoru yüksek devir sayılarında çalı tırılarak yükleme hızları önemli ölçüde artırılabilir.
 - Zemin e imi ve yük maksimum sınırlara yakla tıkça arka aks yükü azalmaktadır. E ime ve yüklenme durumuna ba lı olarak dinamik durumda patinaj riskini azaltmak için kar ı (arka) a ırlı a gerek duyulabilir.
- Bu ara tırma sonucunda unlar önerilebilir:
- Sistemin en büyük yük ve e im ko ullarında sorunsuz çalı abilmesi için ön tekerleklerin her birinin 12642 N (1290 kg) yükü ta ıyabilecek özellikte olması gerekmektedir.
 - Ön ata man takılı iken traktör motor kapa ı açılmamaktadır. Bunun için daha farklı bir ata man tasarımı yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Anonim. 1997. Türk Fiat 60-56 S Test No: 299/1324 TG.23. T.C. Tarım ve Köy leri Bakanlı ı Tarım Alet ve Makinaları Test Müdürlü ü. Ankara.
- Arslan, S. 1992. Tarım Traktörlerinde Forklift Uygulaması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Ankara. 91s.
- Arslan, S., Aybek, A. 2010. A Cost Effective Forklift for Materials Handling in Animal Production. Journal of Animal and Veterinary Advances 9(6): 1005-1010
- Esposito, A. 1988. Fluid Power With Applications. Second Edition. Printice Hall. ISBN 0-13-322728-6.
- Fankhauser, I., Schiess, I. 1989. Heckstapler und Hecklader. FAT-Bericht. Landtechnik.
- Hood, C.E., McHugh, C.M., Sims, E.T., Jr., Garrett, T.R., Williamson, R.E. 1981. Orchard Fruit Handling System. Transactions of the ASABE. 24 (1): 20-22.
- Kasap, A, 2009. Tarım Makinaları, Nobel Yayınları No:1434. Bölüm 4, Tarım Traktörleri. Ankara.
- Sabancı, A., Akıncı, . 2012. Tarım Traktörleri. Nobel Yayın No:290. Ankara. 86s.
- Taniguchi, T. 1999. Part1.7. Transportation. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume III: Plant Production Engineering. Copyright ASAE. St. Joseph, MI, USA., p. 455-469.
- TARMAKB R, 2014. Traktör Yenileme Programı Uygulama Özet Raporu. Ankara, 6s.
- Tezer, E., Sabancı, A. 1993. Tarımsal Mekanizasyon I. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 44, Ders Kitapları Yayın No: 7. Adana.