



TARIM TRAKTÖRLERİNDE HİDROLİK KALDIRMA KUVVETİNİN GERİYE DEVRİLME (ŞAHLANMA) NOKTASINA ETKİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Sadık Oğuz YILDIZ^{1*}, Selçuk OLUM², Hakan VELİOĞLU²

¹ T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü, ANKARA,

² T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, İç Denetim Başkanlığı, ANKARA,

Anahtar Kelimeler

Kaldırma Kuvveti,
OECD Kod 2,
Traktör Test,
Geriye Devrilme,
Hidrolik.

Öz

OECD Kod 2 traktör performans test standartlarına göre, Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğünde (TAMTEST) gerçekleştirilen hidrolik kaldırma kuvveti (HK) testlerinden elde edilen veriler üzerinde yapılan çalışmada; traktörlerin HK kapasitelerinin, geriye devrilme (şahlanma) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bilindiği üzere OECD Kod2 traktör performans testlerinden biri olan HK testlerinde traktörler yükleme öncesinde ön akslarından zincirle yere sabitlenmektedir. Güvenlik amacıyla alınan önlemler, test edilen traktörlerin tarla koşullarındaki HK performansını tam olarak yansıtmamasına ve şahlanma etkisinin göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Yapılan çalışmada; traktörlerin alt bağlantı kolu oynak noktasının yerden yüksekliği referans nokta kabul edilmiş ve paralel nokta olarak adlandırılmıştır. Ayrıca test edilen her bir traktörün alt bağlantı kolu oynak noktası ile dingiller arası mesafeleri ölçülmüş, basit moment hesabıyla paralel noktasında, azami yüklemeye, ön dingile düşen dinamik yük bulunmuş ve traktörlerin şahlanma noktasına ulaşip ulaşmadığı hesaplanmıştır. Toplam 262 traktörün deney verileri incelenmiş olup, test edilen traktörlerin 104'ünün şahlanma noktasına ulaştığı yapılan hesaplama bulunmuştur.

A STUDY ON THE EFFECT OF HYDRAULIC LIFTING FORCE ON THE OVERTURN BACKWARDS (REARING) POINT IN AGRICULTURAL TRACTORS

Keywords

Lifting Force,
OECD Code 2,
Tractor Tests,
Backward Overturning,
Hydraulics.

Abstract

In the study conducted on the data obtained from the hydraulic lifting force (HL) tests carried out at the Agricultural Tools and Machinery Test Center Directorate (TAMTEST) according to OECD Code 2 tractor performance test standards; The effect of hydraulic lifting force capacities of tractors on overturn backwards (rearing) was tested. As it is known, in HK tests, one of the OECD Code2 tractor performance tests, tractors are fixed to the ground by a chain from their front axles before loading. The measures taken for safety purposes cause the tested tractors to not fully reflect the HK performance of the tractors in field conditions and the rearing effect to be ignored. In the study; The height of the lower link arm pivot point of the tractors from the ground was accepted as the reference point and called the parallel point. In addition, the distances between the lower link arm pivot point and the axles of each tested tractor were measured, the dynamic load falling on the front axle at the parallel point, at maximum loading, was found by simple moment calculation, and it was calculated whether the tractors reached the rearing point. The test data of a total of 262 tractors were tested and it was calculated that 104 of the tested tractors reached the rearing point.

Alıntı / Cite

Yıldız, S.O., Olum, S., Veliöğlü, H., (2025). Tarım Traktörlerinde Hidrolik Kaldırma Kuvvetinin Geriye Devrilme (Şahlanma) Noktasına Etkisi Üzerine Bir Çalışma, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13(1), 133-143.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Sadık Oğuz Yıldız, 0000-0002-2831-7814
Selçuk Olum, 0000-0002-1442-3982
Hakan Veliöğlü, 0000-0003-2220-3602

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	14.03.2024
Revizyon Tarihi / Revision Date	06.12.2024
Kabul Tarihi / Accepted Date	23.12.2024
Yayın Tarihi / Published Date	20.03.2025

* İlgili yazar / Corresponding author: oguzyz@gmail.com, +90-312-315-6374

A STUDY ON THE EFFECT OF HYDRAULIC LIFTING FORCE ON THE REVERSING POINT IN AGRICULTURAL TRACTORS

Sadık Oğuz YILDIZ^{1†}, Selçuk OLUM², Hakan VELİOĞLU²

¹ T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü, ANKARA,

² T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, İç Denetim Başkanlığı, ANKARA,

Highlights

- Increasing hydraulic lifting forces (HL) of tractors may also increase the risk of rollover.
- For more balanced tractors, the design should be made by taking the HL factor into consideration.Sentence
- The distance between axles is very important in maintaining tractor balance.
- For safe steering, the front axle weight should not fall below 20% of the tractor's total weight..

Purpose and Scope

If tractor designs are made without taking into account the HL, collapse hazardous situations such as pitching can occur. the aim of the study is to determine the reaching of the pitching point of the tractors subjected to the HK test and to ensure that the tractor designs are reviewed.

Design/methodology/approach

In this study, using the data obtained from the frameless hydraulic lifting force tests, the load falling on the front axles of the tractors during the test was determined, and the rearing point was found by calculating the moment with respect to the rear wheel axis. According to the calculations made, it was determined how many tractors exceeded the rearing point and how many did not reach the rearing point and remained in equilibrium. In addition, according to the OECD test procedure, the load on the front axle should not fall below 20% of the total weight of the tractor for safe steering. The moment calculation based on the rear axle center also determined how many tractors were within the safe steering tolerance.

Findings

In the evaluation, it was found that 113 (43%) tractors reared and the load on the front axle was insufficient, and 149 (57%) tractors did not rear. Of the 113 rearing tractors, 74 are 4WD and 39 tractors are 2WD tractors. Calculations showed that 26 (9.9%) of the 262 tractors tested exceeded the 20% tolerance for safe steering.

Research limitations/implications

Field trials may be conducted for at least some tractors so that laboratory test data can be compared with field data

Practical implications

In tractor hydraulic lifting force tests, the load on the front axle can be measured. In this way, the values found by calculations in this study can be compared with experimental data.

Social Implications

Informing tractor operators about what the data in tractor test reports mean and how to read the reports will be of great benefit.

Originality

The weight and load distribution of a standard tractor is a known issue and published in articles. However, the evaluation of the data in the tractor performance tests, the calculation of the moment against the danger of rearing and for safe steering tolerance, and the fact that the study was conducted with a large number of samples reveal the difference between this study and other studies.

† İlgili yazar / Corresponding author: oguzyz@gmail.com, +90-312-315-6374

1. Giriş (Introduction)

Tarımda ana güç kaynağı traktördür. Traktörün termik motorunda üretilen güç dönü hareketine çevrilerek tekerlere, kuyruk miline ve hidrolik pompaya iletilmektedir. Böylelikle traktör motorunda üretilen güç tekerlere iletilerek çeki gücü, kuyruk miline ileterek PTO (Power Take Off) gücü ve hidrolik motora iletilerek hidrolik güç olarak karşımıza çıkmaktadır. Traktör; tarımsal mekanizasyonun temel kaynağı olan ve tüm tarımsal iş ve işlemlerde kullanılabilen, tırtıllı, tekerlekli veya kombine yürüyen aksamı olan kendi yürür bir kuvvet makinesi şeklinde tanımlanmaktadır (Saral, 1997).

Tarımsal işlemlerde, üretilecek ürünün çeşidine ve arazi özelliklerine göre kullanılacak ekipman ve ekipmanın bağlandığı traktörün özelliklerinin değişiklik gösterdiği bilinmektedir.

Çiftçinin bu önemli kuvvet kaynağını verimli kullanabilmesi ve traktörün ticaretinin sağlıklı yapılabilmesi için traktör performansının tespit edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Hükümetler arası bir kuruluş olan Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarım ve orman traktörlerinin testleri için standart kodlar koymuştur. (Taşbaşı vd., 2003)

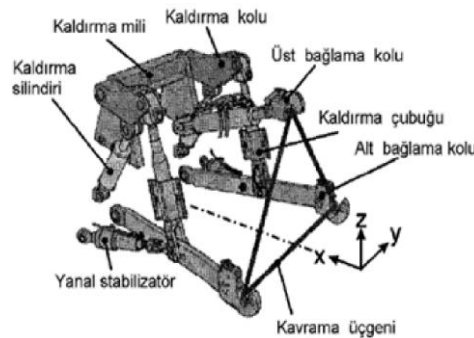
OECD, hükümetlere dirençli, kapsayıcı ve sürdürülebilir büyümeyi destekleyen politikalar konusunda danışmanlık yaparak dünya çapında daha fazla refah sağlamayı amaçlayan; kanıta dayalı politika analizleri ile tavsiyeler veren, uluslararası standartlar oluşturan, küresel zorluklara yönelik reformların ve çok taraflı çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olan uluslararası ekonomik bir iş birliği örgütüdür (OECD, 2024).

OECD Kod 2 tarım ve orman traktörlerinin performansı için standart test kodu olarak kabul edilmektedir OECD Kod 2'de yapılan testler zorunlu ve isteğe bağlı testler olarak iki kısımda incelenebilmektedir. Kuyruk mili (power take-off and engine tests), hidrolik güç (hydraulic power), hidrolik kaldırma kuvveti (hydraulic lift), çeki gücü ve yakıt tüketimi (drawbar power and fuel consumption) yapılması zorunlu testlerdir. Dönme alanı ve dönme noktası (turning area and turning circle), ağırlık merkezi (centre of gravity), frenleme (braking), gürültü seviyesi (external noise level), su geçirmezlik testi (waterproofing test) isteğe bağlı testler olarak nitelendirilmektedir (OECD, 2024).

OECD traktör performans testlerinin amacı, tarım traktörlerinin performansını standart bir şekilde değerlendirmek ve karşılaştırmaktır. Bu testler, traktörlerin güvenilirliği, verimliliği, yakıt tüketimi, emisyonları ve genel iş performansı gibi önemli özelliklerini belirlemek için kullanılır. Testler, traktör üreticileri arasında adil bir rekabet ortamı sağlamak, tüketicilere kaliteli ürünler sunmak ve tarım endüstrisinde standartları yükseltmek amacıyla gerçekleştirilir. Bu testler aynı zamanda çevresel etkileri değerlendirerek, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini de göz önünde bulundurur. Traktörlerin performansı kadar önemli bir hususta bu performansı sergilerken ortaya çıkan güvenlik riskleridir. Özellikle engebeli ve eğimli arazilerde traktörlerin devrilmesi sık rastlanan kazalar arasındadır. Bu tür olumsuz durumları önlemeye yardımcı olmak için traktör tasarımlarında denge faktörünü de mutlaka göz önünde bulundurmak gerekir.

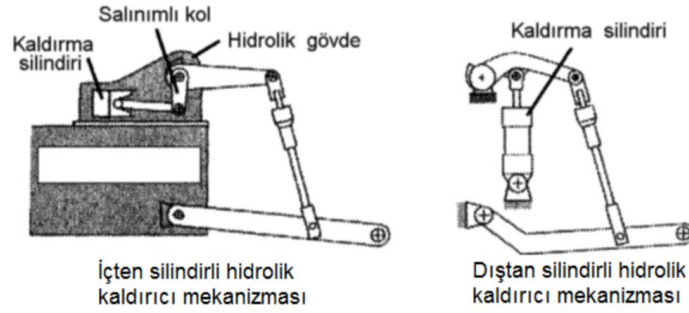
Güvenlik açısından zorunlu olan yuvarlanmaya karşı koruyucu donanımlar yüksekliği tasarlanırken esas faktör yuvarlanmayı önlemek olsa da şaşlanma ve öne kapaklanma durumlarında sürücüyü koruyabilecek limitlerden daha düşük olmamalıdır (Silleli, 2006).

Hidrolik kaldırıcı traktörün arka kısmında, transmisyon (dişli kutusu) üzerine monte edilmiş bir gövde, iki adet kaldırma kolu (dış kol), ana mil, krank kolu, piston kolu, silindir, piston ve kontrol valfinden meydana gelen bir kaldırma sistemidir. Bazı tip hidrolik kaldırıcılarda krank kolu ve piston kolu olmayabilir. Silindir veya silindirler böyle sistemlerde doğrudan dış kollara bağlıdır (Tezcan vd., 2014). Şekil - 2'de gösterildiği gibi ekipman üç nokta askı sistemi yardımıyla hidrolik kaldırıcının kollarına bağlanır ve kumanda kolları vasıtasıyla istenen pozisyona kalkması veya inmesi sağlanır (Şekil 1).



Şekil 1. Traktör Üç Nokta Askı Sistemi (Tractor Three-Point Hitch System)

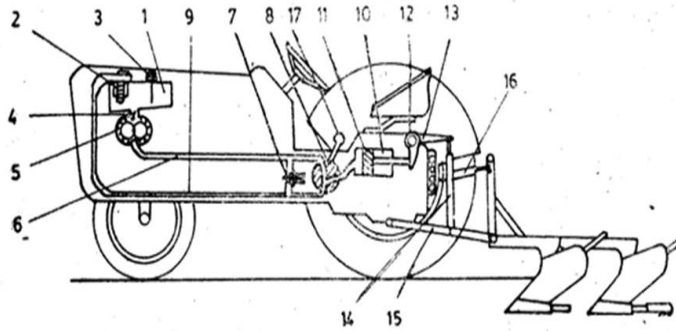
Hidrolik kaldırıcılar önce kendi arasında içten silindirli ve dıştan silindirli hidrolik kaldırıcılar olarak gruplanabilir. Ekipmana hareket vermeye yarayan askı kolları tahrikini hidrolik silindirlere alır. Bu hidrolik silindirler tasarıma göre değişiklikler göstererek **Şekil 2**'te gösterildiği gibi bir gövde içine konumlandırılmış hareketi bir iç kol ve piston koluyla dış kollarla iletiyor ya da direkt dış kolların altına konumlandırılmış yapıda olabilir (Keçecioglu & Gülsoylu, 2003).



Şekil 2. İçten silindirli ve dıştan silindirli yapıya sahip hidrolik kaldırma mekanizmalarının yapısı (Structure of hydraulic lifting mechanisms with internal cylinder and external cylinder structure)

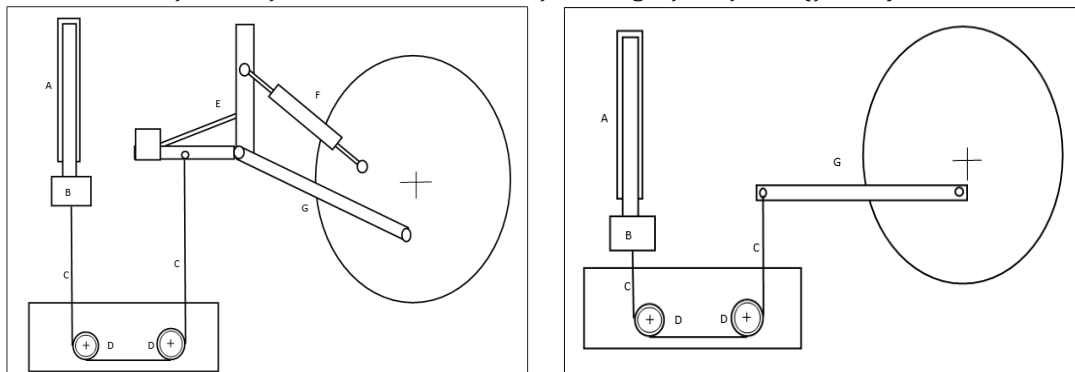
Hidroliğin uygulama alanının yaygınlığı; kolay kontrol edilebilmeleri, güçlü ve güvenilir hareketler üretebilmeleri, sistemi durdurmadan tersine hareketler üretebilmeleri, sistem çalışırken hız ve yön ayarı yapılabilmesi gibi avantajlarından kaynaklanmaktadır (Güner & Erkan, 2003).

Traktör hidrolik sisteminde yer alan başlıca elemanlar Şekil 3'de gösterilmektedir. Bunla, yağ deposu, borular ve hortumlar, pompalar, yön kontrol valfleri, basınç kontrol valfleri, hidrolik kaldırıcı kumanda valfleri, yardımcı güç çıkışı bağlantıları, hidrolik silindirler ve hidrolik motorlar olarak sıralanabilmektedir. (Ünlü, 2005).



Şekil 3. Traktör Hidrolik Sisteminde Yer Alan Başlıca Elemanlar (Main Components in Tractor Hydraulic System)

OECD Kod 2'ye göre hidrolik testler iki aşamadan oluşur önce hidrolik güç testi ardından da HK testleri yapılmaktadır. HK testi, çatılı ve çatısız olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir (Şekil 4).



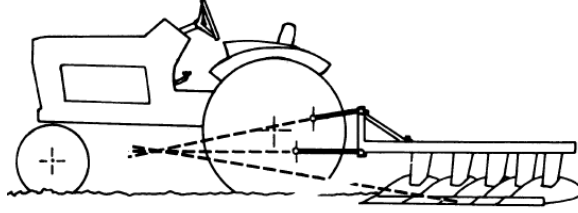
Şekil 4. Çatılı ve Çatısız Deneysel Kurulumlar (Coupled Frame and Hitch Point Tests)

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| A. Hidrolik piston | E. Test çatısı |
| B. Loadcell | F. Traktör üst bağlantı kolu |
| C. Çelik halat | G. Traktör Alt bağlantı kolu |
| D. Makara | |

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

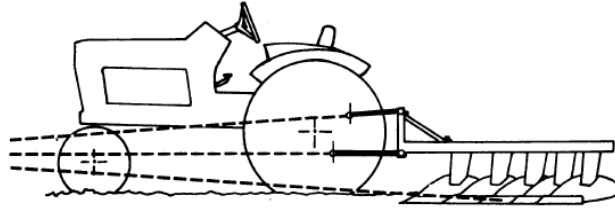
Yüksek güçlü traktörlerin hidrolik güçleri üzerine yapılan bir çalışmada; traktöre bağlanan ekipmanların ağırlık merkezine etkisi incelenmiştir. Ekipman olarak seçilen pulluğun toprağa temas ettiği noktada yanal ve dikey denge noktasında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiş ancak ekipman taşıma modunda yukarı kaldırıldığında şahlanma riski meydana geldiği gözlemlenmiştir (Wilson, 1971).

Traktörle ekipman kullanımında tüm koşullar için optimum bir bağlantı yöntemi veya geometrisi yoktur. Kullanılacak ekipmana toprak koşullarına göre bağlantı şekli ayarlanmalıdır. Aşağıda farklı ekipman konumlarının traktör dengesine etkisi gösterilmektedir. Eğer ekipman yüklerinin kesişim noktası traktörün ağırlık merkezine yakınsa (Şekil 5), pulluk düz ya da engebeli arazilerde verimli çalışacaktır ancak eğimli arazide verimli çalışmak mümkün olmayacaktır.



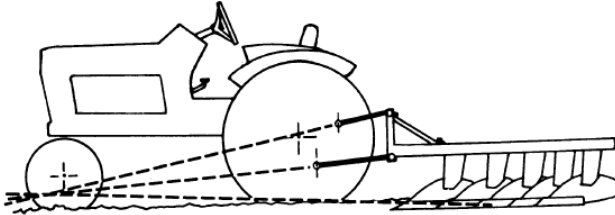
Şekil 5. Düşey Düzlemde Ekipman Yüklerinin Kesişim Noktası (merkezde)
(Intersection Point of Equipment Loads in The Vertical Plane (at the center))

Ekipman yüklerinin kesişim noktası ileri uçta, ortada ise ekipman çeşitli derinliklerde zorlanmadan çalışabilecektir (Şekil 6). Bu durum traktör hidrolik güç kapasitesinin verimli kullanıldığı anlamına gelmektedir ancak engebeli arazide aynı verimden söz etmek mümkün değildir.



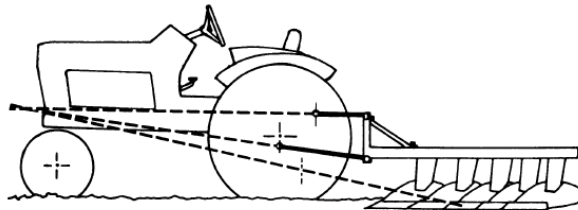
Şekil 6. Düşey Düzlemde Ekipman Yüklerinin Kesişim Noktası (ileri uçta, ortada)
(Intersection Point of Equipment Loads in The Vertical plane (forward end, center))

Ekipman yüklerinin kesişim noktası ileri uçta, alçak konumda ise; sert ve aşınmış toprakta iyi pulluk penetrasyonu elde edilir (Şekil 7).



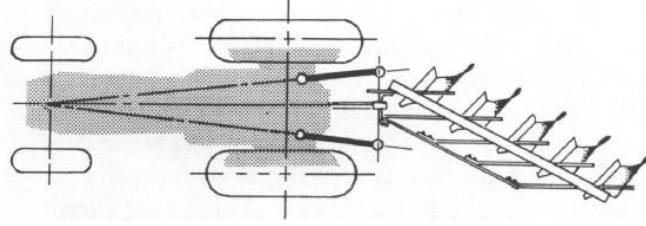
Şekil 7. Düşey Düzlemde Ekipman Yüklerinin Kesişim Noktası (ileri uçta, alçakta)
(Intersection Point of Equipment Loads in The Vertical plane (forward end, low end))

Ekipman yüklerinin kesişim noktası ileri uçta, yüksek konumda ise daha yüksek hidrolik güç gereksiniminin yanı sıra patinaj miktarının artmasına da yol açacaktır (Şekil 8).



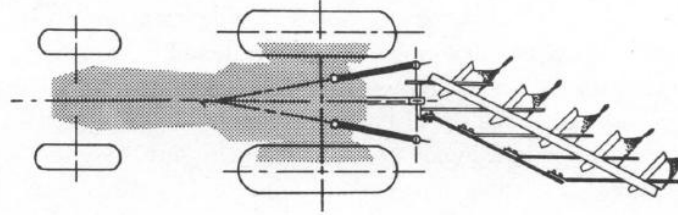
Şekil 8. Düşey Düzlemde Ekipman Yüklerinin Kesişim Noktası (ileri uçta, yüksekte)
(Intersection of Equipment Loads in The Vertical Plane (at the forward end, at height))

Yatay düzlemde ekipman yüklerinin kesişim noktası ileri uçta ise; traktör keskin dönüşlerde daha dengeli davranma eğiliminde olacak ve daha hassas işlem genişliği elde edilebilecektir. (Şekil 9).



Şekil 9. Yatay Düzlemde Ekipman Yüklerinin Kesişim Noktası (ileri uçta)
(Intersection Point of Equipment Loads in The Horizontal plane (at the forward end))

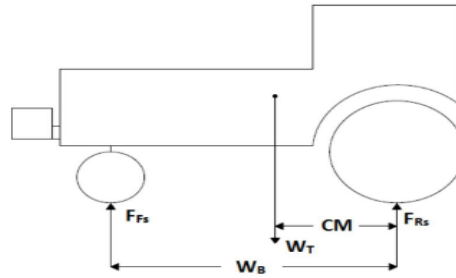
Yatay düzlemde ekipman yüklerinin kesişim noktası merkeze yakın konumda ise; ekipman daha kolay yönlendirilebilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Yatay Düzlemde Ekipman Yüklerinin Kesişim Noktası (merkeze yakın)
(Intersection Point of Equipment Loads in The Horizontal Plane (near the center))

OECD traktör test kodlarını esas alınarak, traktör hidrolik kaldırıcılarının performansları üzerine yapılan bir araştırmada; son on yılda Amerikalı çiftçiler traktör satın alırlarken Nebraska Traktör Test Laboratuvarı'nın raporlarını referans aldıkları ancak alınan traktörlerin test raporundaki HK performansını göstermediği belirlenmiştir (Melotz, 2016). Bu durumun gerekçesi ise HK testlerinde traktörler şahlanma tehlikesine karşın güvenlik amaçlı zemine sabitleniyordu bu durum traktörün daha fazla hidrolik kuvvet üretmesine neden oluyordu. Arazi şartlarında böyle bir durum mümkün olamayacağı için çiftçiler ya fazladan ön ağırlık koyarak ya da daha büyük güçlü traktörler temin ederek sorunu çözmek zorunda kalıyorlardı.

Kaldırma kuvveti arttıkça, traktörün arka dingili üzerindeki aşağı yönlü kuvvet artar ve ön dingildeki yukarı yönlü destek kuvveti azalır. Toplam traktör ağırlığı, Şekil 11'de gösterildiği gibi statik tartımda ön dingilde ölçülen ağırlık (FFs) ve arka dingilde ölçülen ağırlığın (FRs) toplamına eşittir.



Şekil 11. Traktör Ağırlık Dağılım Diyagramı (Tractor Weight Distribution Diagram)

Çalışmada traktörün üç nokta askı sisteminin gerçekçi, arazi koşullarında da ulaşılabilir HK kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amacı yalnızca traktörün gerçekçi HK kapasitesine ulaşmak değil; aynı zamanda kaldırma esnasında traktörün ön dingiline düşen yükü bularak dümenleme hakimiyetini yorumlamaktır. Çalışmanın sonunda, Traktör operatörlerinin ön dingile gelen yükün toplam traktör ağırlığının %20'sine sahip olmanın %15'ine kıyasla traktörün dümenleme kontrolünü daha iyi sağladığı kanaatine varılmıştır. Bulunan sonuçlar

Güney Kore, İspanya ve Türkiye dahil olmak üzere çeşitli ülkelerde traktör kaza oranlarının araştırıldığı bir çalışmanın sonucunda, traktörle ilgili ölümlerin yarısından fazlasının devrilme kazalarından kaynaklandığını göstermektedir (Jang vd., 2024). Güney Kore'de, traktör kazaları 2020 yılında tarım makinesi kazalarının %12,3'ünü oluştururken, binilebilir tarım makinelerinde yan devrilme ve geriye doğru devrilme kazalarından kaynaklanan çiftçi yaralanmaları en büyük payı (%34,1) oluşturuyordu. Traktörler Güney Kore'de ve birçok gelişmiş ülkede tarımsal kazaların önemli nedenleri arasında sayılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve AB'de, tarımsal faaliyetler diğer faaliyetlere kıyasla yaklaşık üç kat daha fazla kaza ile ilişkilendirilir. Bu kazaların %80'i tarım makinelerini içerir ve traktörler önde gelen nedendir. İspanya'da 2004 ila 2013 yılları arasında yaklaşık 200

tarım kazasının analizi, makineyle ilgili kazaların %69'unun traktörlerden kaynaklandığını ve bunların %30'unun devrilme kazaları olduğunu ortaya koydu. Benzer şekilde, Türkiye'de, 2000 ila 2007 yılları arasında traktörün devrilmesi ve devrilmesinden kaynaklanan 85 ölümün analizi, 53 ölümün (%61,6) tarlalarda, tarım arazilerinde ve sırtlarda meydana geldiğini ortaya koydu. Sonuçlar, traktörlerin yana devrilme ve geriye doğru devrilme nedenlerinin aşırı uç açısı (statik güvenlik sınırının ötesinde), dengesiz ve engebeli zemin, yükleme koşulları ve aşırı yüksek sürüş hızını içerdiğini göstermektedir.

Traktörün sol ve sağ devrilme açıları karşılaştırıldığında, sağ tarafa devrilme güvenliğinin düşük olduğu bulundu çünkü ağırlık merkezi (yağ pompası ve yakıt hücresi) sağ tarafta bulunuyordu. Ayrıca, ön tekerlek kaldırma(uç) açısı arttıkça geriye doğru devrilme güvenliğinin azaldığı bulunmuştur.

Çalışmada traktörün devrilmeden gidebilme durumunu araştırabilmek için bir matematiksel model oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre; traktörün ağırlık merkezinin yerden yükselmesi, dingiller arası mesafenin kısılması şahlanmaya ve akabinde geriye devrilmeye yol açtığı; iz genişliğinin artırılmasının yanal ve dikey stabiliteyi olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca eğimli ve engebeli arazide sürüm yaparken eğim açısının traktörün güvenli sürüş hızını etkilediği belirlenmiştir. Ekipman kullanımına bağlı olarak ağırlık merkezinin değiştiği, zemin eğiminin ve engebelerin yüksekliği arttıkça güvenliğin azaldığı da yana ve geriye doğru devrilme konusunda elde edilen bulgular arasındadır.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Materyal (Material)

Bu çalışmanın materyalini, 2018-2020 yılları arasında TAMTEST'te, HK test istasyonunda, OECD Kod 2'ye göre test edilen toplam 262 adet traktörün test raporlarından elde edilen veriler oluşturmaktadır.

HK testi OECD Kod 2 Traktör performansı HK test prosedürüne göre yapılmış olup çatisız test verileri esas alınmıştır.

Test edilen 262 traktöre ait bazı teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Test Edilen Traktörlere Ait Bilgiler (Information About The Tested Tractors)

	Ağırlık (kg)	Motor gücü (kW)	Hidrolik güç (kW)	Çeki gücü (kW)	Hidr. K. Kuv. (kN)	Dingiller arası m. (m)
En yüksek	8800	181,7	17,1	96,7	96,7	3
En düşük	625	10	1,2	4,8	4,8	1,3
Ortalama	3340	55,1	7,8	28,4	28,4	2,2

Ayrıca test edilen traktörlerin 213 adedi 4WD, 49 adedi 2WD çekiş özelliğine sahip olup; 9 adedi CVT şanzımana sahiptir. Test edilen traktörler motor güçlerine göre 5 gruba bölünmüş ve bu gruplara göre değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 2. Traktör Motor Gücüne Göre Oluşturulan Gruplar ve Test Edilen Traktör Adetleri (Groups Formed According to Tractor Engine Power and Number of Tractors Tested)

Grup	Güç Aralığı (kW)	Toplam Adet
A	10-<35 kW	50
B	35 ≤-<45 Kw	69
C	45-<60 kW	69
D	60≤-<100 kW	54
E	100 kW (+)	20

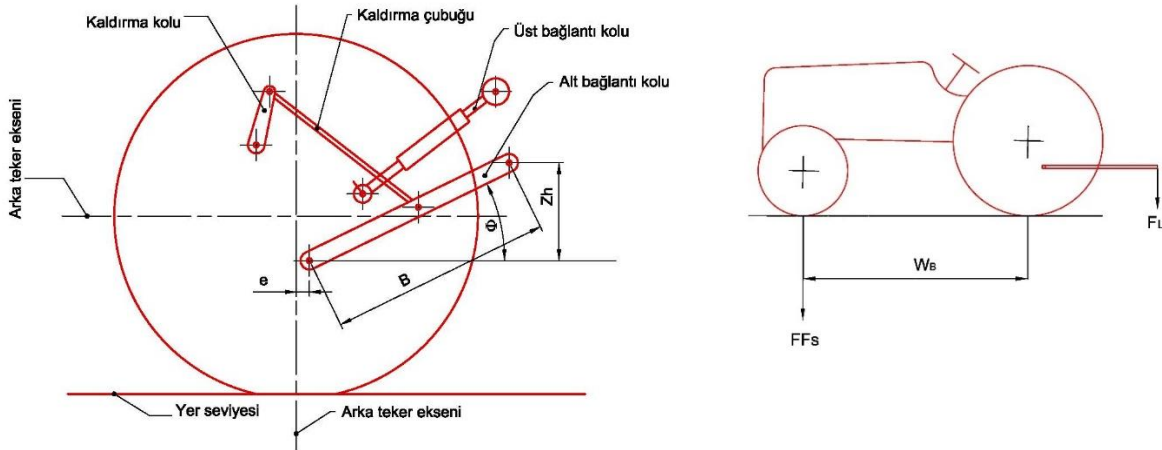
3.2. Yöntem (Method)

HK testleri, temel olarak traktörlerin hidrolik kaldırma kollarının hangi yükseklikte ne kadar kuvvet ürettiğinin ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Traktör alt bağlantı kolu bağlantı noktasının yerden yüksekliği ISO 730:2009 standardı gereği maksimum 230mm olacak şekilde ayarlanır. Bu yükseklik alt bağlantı kollarının minimum yüksekliği olarak kabul edilir. Testin sonunda, traktörün hidrolik sisteminde bulunan relief valfin açtığı nokta ise maksimum yükseklik olarak kabul edilir. HK testi traktör alt bağlantı kollarının minimum yükseklikten maksimum yüksekliğe ulaşmaya kadar sürekli olarak kuvvet ve mesafe ölçümü yapılır. Bu sayede hangi yükseklikte ne kadar kuvvet üretildiği bulunmuş olur. Hesaplamalarda kullanılan formüller ve şeması aşağıdadır (Şekil 12).

$$F_L \frac{(F_{FS} - (W_T * \%0W)) * W_B}{(e + [B * \cos(\Phi)])} \quad (5)$$

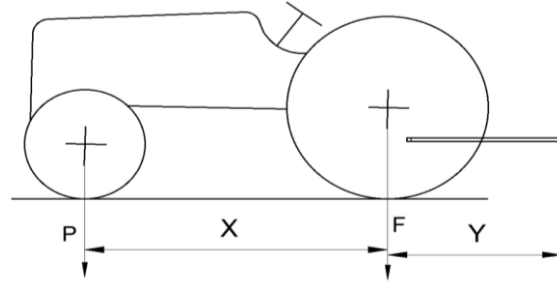
$$\Phi = \sin^{-1} \frac{Z_h}{B} \quad (6)$$

- FL : Ön dingile etki eden yukarı yönlü dikey kaldırma kuvveti (kN)
 FFs : Ön dingil ağırlığı (kN)
 WT : Traktörün toplam ağırlığı (kN)
 WB : Dingiller arası uzaklığı (mm)
 e : Alt bağlantı kolu oynak noktasının arka tekerlek ekseninden yatay uzaklığı (mm)
 B : Alt bağlantı kollarının uzunluğu (mm)
 zh : Alt bağlantı kolu bağlantı noktasının, alt bağlantı kolu oynak noktasına göre yüksekliği (mm)
 φ : zh kaldırma yüksekliğinde, hidrolik kaldırıcının alt bağlantı kollarının yataya göre açısı



Şekil 12. HK Testi Ölçülen Ve Hesaplanan Değerler (Hydraulic Lift Test Measured and Calculated Values)

Çalışmada, HK testlerinden elde edilen veriler kullanılarak, traktörlerin test esnasında, maksimum yükte, alt bağlantı kolları paralel noktasındayken ön dingiline düşen yük tespit edilmiş ve arka teker eksenine göre moment hesabı yapılarak şatlanma noktası bulunmuştur. Hesaplamalarda kullanılan ölçülerin şematik gösterimi Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Yüklü Durumda Moment Kolları ve Yükler (Moment Arms And Loads in Loaded Condition)

- P: Ön dingile gelen yük (N),
 F: Paralel noktasında kaldırma kuvveti (N),
 Y: 1.Moment kolu (m),
 X: 2.Moment kolu (m)

$$M_1 = F \cdot Y \quad (3)$$

$$M_2 = P \cdot X \quad (4)$$

M1 = M2 ise traktör şatlanma eşiğindedir.
 M1 > M2 ise Şatlanma başlamıştır.
 M1 < M2 ise yatay dengededir.

Yapılan hesaplara göre şatlanma noktasını aşan ve şatlanma noktasına ulaşmayıp dengede kalan traktörler tespit edilmiştir. Ayrıca OECD test prosedürüne göre güvenli dümenleme yapılabilmesi için ön dingile gelen yükün, traktörün toplam ağırlığının %20'sinin altına düşmemesi gerekmektedir ((OECD, 2024b)). Çalışmada arka dingil merkezine göre yapılan moment hesabıyla kaç traktörün güvenli dümenleme toleransında olduğu da tespit edilmiştir.

4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Yapılan değerlendirmede 113 adet (%43) traktörün şahlandığı ve ön dingile gelen yükün yetersiz kaldığı, 149 adet (%57) traktörde de şahlanmanın olmadığı yapılan hesapla bulunmuştur. Şahlanma tehlikesi olan 113 adet traktörün 74 adedi 4WD, 39 adet traktör ise 2 WD traktördür. 4WD traktörlerin ön dingil ağırlığının toplam ağırlığa oranı (42,4%), 2WD traktörlere (37,8%) nazaran daha yüksek çıkmıştır.

Testleri yapılan 262 traktörün 26'sının (%9,9) güvenli dümenleme yapabilecek %20'lik toleransı aştığı yapılan hesaplamalarla bulunmuştur. Şahlanma tehlikesi olan ve olmayan traktörlerle ilgili detaylı bilgi Tablo 3'te ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3 . Şahlanma Tehlikesi Yaşayan Traktörlerle İlgili Veriler (Data On Tractors in Danger of Overturning)

Grup	Traktör (Adet)	Motor Gücü (kW)	Hidr. Güç (kW)	Hidr. K.Kuv (kN)	Çeki Gücü (kW)	Ağırlık (kg)	Ön/T. Ağırlık Oran (%)
A	23	28,8	6,7	18,1	18,4	1987	% 39,1
B	29	38,3	8,4	38,3	42,7	3915	% 40,3
C	27	51,8	7,3	28,1	32,8	3000	% 40,2
D	31	74,5	9,1	43,5	47,5	4367	% 40,7
E	3	173,1	12,0	86,2	93,7	8450	% 39,7
G. ORTALAMA	113	53,11	7,43	30,42	32,86	3158,40	% 39,6

Şahlanma tehlikesi yaşamayan dengeli traktörlerle ilgili veriler Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. Şahlanma Tehlikesi Yaşamayan, Dengeli Traktörlerle İlgili Veriler (Data on Stable Tractors That Are Not in Danger of Overturning)

Grup	Traktör (Adet)	Motor Gücü (kW)	Hidr. Güç (kW)	Hidr. K.Kuv (kN)	Çeki Gücü (kW)	Ağırlık (kg)	Ön/T. Ağırlık Oran (%)
A	27	27,6	6,1	14,8	18,3	1993	% 42,2
B	40	40,9	7,3	21,0	27,1	2775	% 42,1
C	42	51,3	7,7	24,4	34,6	3282	% 41,5
D	23	75,2	9,3	33,9	48,1	4242	% 42,0
E	17	128,6	12,0	57,4	77,8	6981	% 42,8
G. ORTALAMA	149	56,7	8,0	26,9	36,6	3477,0	% 42,1

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

4WD traktörlerin ağırlık merkezi 2WD traktörlere nazaran daha geride olmasına rağmen şahlanma tehlikesi daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni ise 4WD traktörlerin ön dingil ağırlığının ya da ön dingil ağırlığının traktör toplam ağırlığına oranının daha yüksek olmasıdır. 4WD traktörler için ön dingil ağırlığının toplam ağırlığa oranı: 42,4%, 2WD için bu oran: 37,8% olarak hesaplanmıştır. Traktör çekiş türüne bakmaksızın genel ortalama bakıldığında da benzer bir durum olduğu görülmektedir. Traktör ön dingil ağırlığının toplam ağırlığa oranı şahlanma tehlikesi olan traktörlerde olmayan traktörlere oranla %2,5 daha düşüktür. Genel ortalama; şahlanmayan traktörlerin motor gücünün, hidrolik gücünün, çeki gücünün ve toplam ağırlığının daha yüksek olduğu; ancak HK'nin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu verilerden yola çıkarak daha dengeli traktörlerin tasarımında, her ne kadar güçleri artmış olsa da ön-arka ağırlık dengesinin ve HK kapasitesinin büyüklüğünün önemli rol oynadığı anlaşılmaktadır.

Gelişen teknolojiyle birlikte traktör motor güçlerinin, hidrolik güçlerinin ve ağırlıklarının arttığı bilinen bir gerçektir. Örneğin, Nebraska Traktör Test Laboratuvarı'nda yapılan bir araştırmaya göre, 1995-2014 yılları arasında test edilen 112 kw üzerindeki 2WD ve MFWD traktörlerin toplam ağırlığının yılda ortalama 1,51 kN, HK'nin 1,66 kN; ön dingildeki statik ağırlığın 0,69 kN arttığı bulunmuştur (Melotz, 2016). Ön dingil ağırlığının HK ve toplam ağırlığa nispeten daha düşük bir oranda artması daha dengesiz traktörlerin üretildiğinin bir göstergesi olarak düşünülebilir.

Tarımsal faaliyetlerde Daha büyük ekipman kullanabilmek için HK kapasitesinin yüksek traktör almak önemli bir avantajdır. Ancak üç nokta askı sistemi HK kapasitesine uygun tasarlanmadığında, dümenleme kontrolünün azalmasına ve nihayetinde şahlanma tehlikesiyle karşılaşılmasına neden olabilmektedir. Traktör ön dingiline düşen yük %15 ile %20 aralığında traktör dengesinde önemli ölçüde bozulma meydana getirdiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Melotz, 2016). Bu durum göz önüne alınarak OECD 2020 yılında HK test kurallarında değişikliğe gitmiş ve ön dingile düşen yükün %20'nin altına düşmemesi gerektiği OECD Kod2 test talimatlarına eklenmiştir (OECD, 2024).

Tarım traktörleri gibi arazi araçlarında denge çok önemlidir. Özellikle engebeli ve eğimli arazilerde çalışırken dengeli çalışmak hayati önem arz etmektedir. Dengeli tasarlanmamış traktörler, dümenleme kontrolünün azalmasının yanı sıra yana ve geriye devrilmeye sebep olabilmektedir. Sonuç olarak yaralanmalı ya da ölümlü iş kazaları meydana gelebilmektedir. Türkiye’de, 2000 ila 2007 yılları arasında traktör devrilmesinden kaynaklanan 85 ölümün, 53’ü (%61,6) tarım arazilerinde meydana gelmiştir. Traktörlerin yana devrilme ve geriye doğru devrilme nedenlerinin aşırı uç açısı (statik güvenlik sınırının ötesinde), dengesiz ve engebeli zemin, yükleme koşulları ve aşırı yüksek sürüş hızını içerdiğini göstermektedir (Jang vd., 2024).

Türkiye’de, 2023 yılı içerisinde, tarımsal faaliyetler esnasında, toplam 6111 adet iş kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 38’i ölümlü sonuçlanmıştır (SGK, 2024). 2003–2005 yılları arasında meydana gelen tarımda iş kazaları ve kaza maliyetleri hakkında yapılan bir araştırmaya göre tarım sektöründe yılda ortalama 402 iş kazası olduğu, bu sayının toplam iş kazaları içerisinde %0,51’lik bir paya sahip olduğu anlaşılmıştır. Kaza başına maliyetlerde ise tarım sektöründe ortalama kaza maliyeti 7.250\$ olduğu ve diğer sektörlerdeki kaza maliyetinden %81 daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Meslek hastalığı nedeniyle toplam işgücü kaybı tarım sektöründe 27.519\$ (%0,51), diğer sektörlerde ise 5.323.403\$ (%99,49) olmuştur (Ünal vd., 2008).

OECD traktör test kodları kullanılmaya başlandığı 1959 yılından itibaren ihtiyaca binaen değişikliklere uğramıştır. Örneğin 1979 yılında HK test prosedürüne göre; traktör ön dingili gevşek bir şekilde yere bağlanıyordu. Bu durum zamanla güvenlik gerekçesiyle yere daha sıkı bağlanması yönünde değiştirildi (Melotz, 2016). Güncel yönetmeliğe göre HK testleri esnasında traktörler, lastikleri ve süspansiyonlarını saptırmayacak şekilde ön dingilden yere sabitlenmektedir (Şekil 14). Ön dingilin yere sabitlenmesi HK’nın arazi şartlarına nazaran daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır. HK testi esnasında ön dingil yükünün de ölçülerek şahlanma noktası bilgisinin deney talimatlarına ve test raporuna dahil edilmesi, daha doğru traktör seçimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



Şekil 14. Traktörün Ön Kısımının Zemine Sabitlenmesi (Fixing The Front of The Tractor To The ground)

Şahlanma tehlikesine karşı traktör operatörleri dengeli sağlayabilmek için ilave ağırlık kullanmak zorunda kalmaktadır. Bu da toprağın daha fazla çığnemesi gibi tarımsal zararının yanı sıra yakıt tüketimi, lastik aşınması, işçilik vb. gibi maliyeti artırıcı unsurları da beraberinde getirmektedir. Traktör ağırlık merkezinin yere daha yakın tasarlanması, tüm lastiklere fren ve süspansiyon sistemleri uygulanması güvenliği artıracaktır. Traktör iz genişliğindeki bir artış, yan devrilmeyi ve geriye doğru devrilmeyi önleyebilir, ancak aşırı bir artış sürüş ve dümenleme kontrolünü olumsuz etkileyecektir (Jang vd., 2024). Şahlanmaya etki eden diğer faktörler: alt bağlantı kolları uzunluğu, üst bağlantı kolu uzunluğu, dingiller arası mesafe, ilave ağırlık kullanımı vb. sayılabilir. Bu bilgilerin hem traktör operatörleri hem de üreticileri tarafından iyi anlaşılması oldukça önemlidir. Ayrıca, traktör tasarımında da yukarıda belirtilen durumların dikkate alınması sorunun çözümü noktasında katkı sağlayacaktır.

6. Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

7. Kaynaklar (References)

- Güner, M., Erkan, M. T., 2003. Hidrolik Tahrikli Kovalı İletici Tasarımı. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(3), 284-290
- Jang, M. K., Kim, S. J., Shin, B. S., Nam, J. S. 2024, Mart 1. "Lateral Overturning and Backward Rollover of Agricultural Tractors: A Review". Agriculture (Switzerland). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Keçecioglu, G., Gülsoylu, E., 2003. Traktör ve Tarım Makinaları Hidroliği, III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, S.57-66. İzmir.
- Melotz, G., 2016. An Evaluation Of Agricultural Tractors Hydraulic Lift Performance, Theses, and Student Research, Biological Systems Engineering University of Nebraska USA
- OECD. (2024). Code 2 OECD Standard Code For The Official Testing of Agricultural And Forestry Tractor Performance.

- <https://www.oecd.org/agriculture/tractors/codes/02-oecd-tractor-codes-code-02.pdf>, erişim tarihi, 14.03.2024.
- Saral, A. (1997). Tarım Traktörleri. Ankara üniversitesi ziraat fakültesi. Yayın No: 1471, Ders Kitabı, 436, s.141-152.
- Silleli, H. H., 2006. Traktör Sürücüsü Önüne Takılan Koruyucu Yapılarda Sürücü Güvenliğini ve Sürüş Performansını Artıracak Bir Sistem Geliştirilmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, C. 2, Sayı 1, S.41-48
- Taşbaş, H., Aygül, A., İlban, B., ve Cıvcıv, M., 2003. Tarım Traktörlerinin OECD Test Koduna Göre Performans Değerleri (1999-2002). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları. Ankara
- Tezcan, O., 2014. Kontrol Mekanizması Gövdesine Tümlleşik Dıştan Silindirli Hidrolik Kaldırıcı Tasarımı ve Deneysel Olarak İncelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 87s. Tekirdağ
- Ünal, H. G., Yaman, K., Gök, A. 2008, Türkiye’de Tarımsal İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları nın Maliyeti Üzerine Bir Araştırma, Tarım Bilimleri Dergisi, 14(4), 428-435.
- Wilson, R. W. 1971. Hydraulic Power Lift Controls and Power Utilization for Larger Tractors, SAE Transactions, Vol. 80, Section 4: Papers 710619-710867 (1971), pp. 2378-2385, SAE International