

**ORMANCILIKTA ÜRETİM VE TRANSPORT ARAÇLARINDAN OPERATÖRE  
İLETİLEN TİTREŞİMLERİN ERGONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

**Tuna EMİR**

**Bartın Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN**

**Nisan 2013**



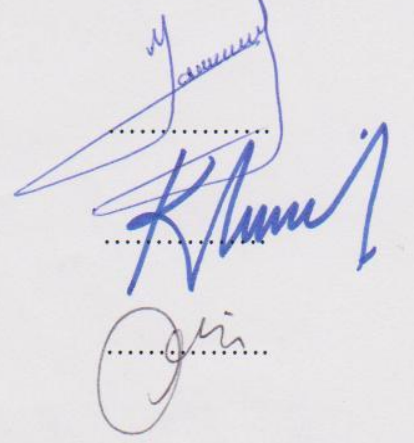
**KABUL:**

Tuna EMİR tarafından hazırlanan “ORMANCILIKTA ÜRETİM VE TRANSPORT ARAÇLARINDAN OPERATÖRE İLETİLEN TİTREŞİMLERİN ERGONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 17/04/2013

Başkan : Prof. Dr. Metin TUNAY (B.Ü.)

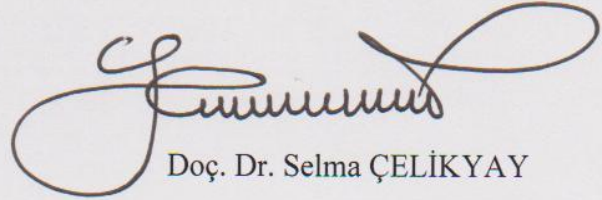
Üye : Yrd. Doç. Dr. Kayhan MENEMENCİOĞLU (Ç.K.Ü)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tuğrul VAROL (B.Ü.)



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 14 / 05 / 2013



Doç. Dr. Selma ÇELİKYAY  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Tuna EMİR



## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ORMANCILIKTA ÜRETİM VE TRANSPORT ARAÇLARINDAN OPERATÖRE İLETİLEN TİTREŞİMLERİN ERGONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

**Tuna EMİR**

**Bartın Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin TUNAY**

**Nisan 2013, 125 sayfa**

Günümüzde, Türkiye’de çok sayıda orman üretim ve transport araç operatörü bulunmakta olup, operatörlerin pek çoğu mekanik titreşimle ilgili olarak ciddi sağlık problemleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Sağlık problemleri titreşimin süresine ve yoğunluğuna bağlıdır. Bu sağlık riskini tahmin etmek için bazı değişkenlerin ölçülmesi gerekmektedir. Operatör koltuğu üzerindeki tüm vücut titreşiminin belirlenebilmesi için karmaşık ölçümler yapmak gereklidir.

Bu çalışmada, operatörlere iletilen tüm vücut titreşimlerinin günlük normal çalışmalar sırasındaki ölçümleri üç dik ekseninde (x, y, z) yapılarak analiz edilmiştir. Elde edilen değerler ISO 2631-1 standardındaki günlük maruz kalınabilecek limit değerleri ile karşılaştırılmıştır.

## ÖZET (devam ediyor)

Sürücülere iletilen titreşimlerin koltuk süspansiyon sistemi ile azaltılması amacıyla fabrika çıkışlı yeni koltuklar ile zamanla sönümlenme özelliğini kaybeden koltuklar üzerinde ölçümler yapılmıştır. Ayrıca, yüksek düzeyde ve uzun süreli tüm vücut titreşimine maruz kalan sürücülerin hastane ortamında, bel ve sırt bölgesi radyolojik analizleri yapılarak, titreşimden kaynaklanan bir rahatsızlıkları bulunup bulunmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Buna göre, çekici (tamburlu) traktör, sürütücü traktör ve kamyon operatörleri için titreşimin en fazla etkili olduğu Z ekseninde mevcut koltuk ile yapılan ölçümlerin uyarı sınırının üzerinde ( $>0,5$ ), tehlike sınırı altında ( $<1,15$ ) olduğu ve yeni koltukların kullanımı ile bu değer uyarı sınırının altına ( $<0,5$ ) çekilebildiği görülmüştür.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda ise, sürütücü traktörler için sadece koltuk türüne göre farklılıklar belirlenirken, çekici (tamburlu) traktörler için araç ve koltuk türüne, kamyon için ise koltuk ve yol türüne göre farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda sağlık ve konfor şartları birlikte değerlendirildiğinde fabrika çıkışlı süspansiyonlu traktör koltukları ile yeni kamyon koltuklarının en iyi etkiyi gösterdikleri görülmüştür. Ayrıca araç türüne göre farklılıkların ortaya çıktığı 3 farklı çekici (tamburlu) traktör arasında en düşük dikey yönlü titreşim değerlerinin John Deere marka araç üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı ( $0,5 \text{ ms}^{-2}$ ) üzerinden maksimum çalışma sürelerinin hesaplanması sonucunda ise fabrika çıkışlı yeni koltukların kullanılması ile çalışma sürelerinin artırılacağı görülmüş, buna göre en fazla çalışma süresi fabrika çıkışlı süspansiyonlu traktör koltukları ile yeni kamyon koltuklarını üzerinde tespit edilmiştir.

9 operatörün üzerinde yapılan muayene ve radyolojik tetkik sonucunda ise; % 77,77' ninin sırt ve bel rahatsızlıklarına yönelik herniasyonlara maruz kaldıkları ve bu herniasyonların bel bölgesinde yer alan L1-L5 olarak adlandırılan 5 adet omurun arasından L5-S1 ve L4-L5 seviyelerinde görüldüğü tespit edilmiştir. % 77,77' lik bu dilim içerisinde, % 22,22 ile çekici (tamburlu) traktör operatörleri, % 22,22 ile sürütücü traktör operatörleri ve % 33,33 ile kamyon operatörleri yer almıştır. Bel ve sırt rahatsızlıkları sürütücü traktör operatörlerinde en hafif hissedilmekte iken, sürütücü traktör operatörlerinde rahatsızlıklar ağrı olmaksızın kendini



## **ÖZET (devam ediyor)**

göstermiş, çekici (tamburlu) traktör operatörlerinde ise tam tersi durum tespit edilmiştir. Ayrıca, diğer araç operatörlerine göre daha fazla kiloya ve uzun boya sahip olan ve daha fazla yüklenmeye maruz kalan kamyon operatörlerinde bel fitiği rahatsızlığının daha fazla olduğu görülmüştür.

Türkiye’de ormancılık faaliyetlerinde, orman üretim ve transport araçlarından kaynaklanan titreşimlerin ergonomik analizini ortaya koymak amacıyla ele alınan bu çalışmada, orman üretim ve transport araçları ile çalışma sırasında operatörlere iletilen bütün vücut titreşimleri ölçülmüş, elde edilen bulgular göz önünde bulundurularak, üretim ve transport araçları ile çalışma sırasında operatörlerin maruz kaldığı titreşimlerin azaltılmasına yönelik bazı önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Ergonomi, Ormancılık, Sağlık, Titreşim, Üretim.

**Bilim Kodu:** 502.04.01



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **ERGONOMIC ASPECTS OF VIBRATION TRANSMITTED TO OPERATORS FROM HARVESTING AND TRANSPORT VEHICLES IN FORESTRY**

**Tuna EMİR**

**Bartın University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Forest Engineering**

**Thesis Advisor: Prof. Dr. Metin TUNAY**

**April 2013, 125 pages**

There are a large number of forest harvesting and transport vehicle operator in Turkey, and many of them are faced with serious health problems related to mechanical vibration. These health problems depends on the duration and intensity of the vibration. Some of the variables must be measured to estimate the health risks. Complex measurements should be realized to determine the whole-body vibration on the operator's seat.

In this study, the whole body vibrations transmitted to operators during normal operations daily measurements of three perpendicular axes (x, y, z) were examined. The obtained values were compared with the daily limit values to be exposed to the ISO 2631-1 standards.

## ABSTRACT (continued)

Some measurements were carried out both with the new seats and damping property lost seats in order to reduce the vibrations transmitted to the drivers seat suspension system. In addition, waist and back radiographic analysis of high-level and long-term drivers exposed to whole-body vibration was performed in the hospital setting, to determine whether there are ailments arising from vibration or not.

Accordingly, most effective Z-axis vibration measurements with available seats on pulling (drummed) tractors, skidders tractor and truck operators were determined to be above the warning limit ( $>0,50$ ) and under the danger limit ( $<1,15$ ). This value can be reduced below the warning limit ( $<0,5$ ) with the use of new seats. Differences also occurred depending on the type of vehicle, John Deere tractor had the lowest vertical directional vibration values among three different pulling (drummed) tractors.

In addition, as a result of the calculation of maximum working time, considering the international standards warning limit ( $0,5 \text{ ms}^{-2}$ ), working time is thought to be increased with the use of factory new seats, accordingly, the maximum working time is identified for the suspension new tractor seats and new truck seats .

As a result of the examination and radiological examination of the nine operators, 77,77 % have back, 77,77 % have back and lumbar herniations are exposed to diseases and herniation in the lumbar region, called L1-L5 L5-S1 and L4 5 pieces of vertebrae -L5 levels were frequently found. 77,77 % 'in this slice of, 22,22 % pulling (drummed) tractor operators, tractor operators skidders with 22,22 % and 33,33 % truck operators. Waist and back ailments skidders felt the lightest tractor operators, while operators tractor skidders showed itself without pain disorders, and pulling (drummed) tractor operators have been identified in the opposite situation. Also, taller and fatter operators have more hernia according to other vehicle operators.

The aim of this study was to perform an ergonomic analysis of the vibration resulting from harvesting and transport vehicles used in forestry activities in Turkey. In the study, the whole body vibration levels to which the operators were exposed while working with the vehicles

## **ABSTRACT (continued)**

were determined, and some suggestions were made by considering the results obtained from the study, to reduce operator exposure to vibrations during operation.

**Keywords :** Ergonomics, Forestry, Health, Vibration, Harvesting.

**Science Code :** 502.04.01



## TEŞEKKÜR

Çalışma sürecinde sürekli olarak karşılaştığım sorunlarda görüşlerini benden esirgemeyen ve bu çalışmanın bitmesinde katkısı olan sayın hocam Prof. Dr. Metin TUNAY'a (BÜ) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Günümüzde önemi gün geçtikçe artmakta olan araştırma konumun seçiminde ve çalışmanın her aşamasında önerilerinden faydalandığım, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Kenan MELEMEZ'e (BÜ) teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca arazi çalışmalarında yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Özel Aktıp Sağlık Merkezi ile Kozcağız Orman İşletme Şefliği yetkilileri ve personeli olmak üzere tüm çalışanlara teşekkür ederim. Ayrıca, Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu tarafından desteklenen bu çalışma kapsamında Bartın Üniversitesi'ne vermiş olduğu destek ve katkıdan dolayı şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince benden maddi-manevi desteğini hiç eksik etmeyen ve beni bugünlere getiren aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.





## İÇİNDEKİLER

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| KABUL.....  | ..ii         |
| ÖZET.....   | ..iii        |
| ABSTRACT .....  | ..vii        |
| TEŞEKKÜR.....   | ..xi         |
| İÇİNDEKİLER.....  | ..xiii       |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....  | ..xv         |
| TABLolar DİZİNİ .....   | ..xix        |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                           | ..xxiii      |
| <br>  |              |
| BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER .....                                  | ..1          |
| <br>  |              |
| 1.1 GİRİŞ... ..   | ..1          |
| 1.2 LİTERATÜR ÖZETİ .....                                     | ..6          |
| 1.3 MEKANİK TİTREŞİM.....                                     | ..12         |
| 1.4 TİTREŞİMLERİN SINIFLANDIRILMASI.....                      | ..15         |
| 1.5 TİTREŞİMİN İRDELENMESİ.....                               | ..16         |
| 1.5.1 Titreşimin Nicelikleri .....                            | ..16         |
| 1.5.2 Titreşimin Ölçülmesi.....                               | ..17         |
| 1.6 TAŞITLARDAKİ ŞOK VE TİTREŞİMLERİN NEDENLERİ.....          | ..19         |
| 1.7 ERGONOMİK AÇIDAN TAŞIT TİTREŞİMLERİ .....                 | ..19         |
| 1.8 TİTREŞİMİN VÜCUT VE ORGANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....     | ..21         |
| 1.9 BEL FITİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KLİNİK BELİRTİLER..... | ..31         |
| 1.10 BEL FITİĞİNDE TEDAVİ YÖNTEMLERİ .....                    | ..33         |
| 1.11 TRAKTÖRLERDE TİTREŞİM.....                               | ..34         |
| 1.12 KAMYONLARDA TİTREŞİM.....                                | ..36         |
| 1.13 TİTREŞİMDEN KORUNMA.....                                 | ..38         |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| BÖLÜM 2 MATERYAL VE YÖNTEM.....  | 41           |
| BÖLÜM 3 BULGULAR.....  | 57           |
| 3.1 ARAŞTIRMA SONUÇLARINA AİT BULGULAR .....   | 57           |
| 3.1.1 Titreşim Etkisinin Koltuk ve Yük Durumu Değişimleri İle Farklı Tip Araçların<br>X, Y, Z Eksenleri Ağırlıklı İvme Değerleri Değişimlerinin Karşılaştırılmasına<br>Yönelik Araştırma Bulguları ..... | 57           |
| 3.1.1.1 Çekici (Tamburlu) Traktöre Ait Bulgular .....  | 57           |
| 3.1.1.2 Sürütücü Traktöre Ait Bulgular .....   | 60           |
| 3.1.1.3 Kamyon Ait Bulgular .....  | 62           |
| 3.1.2 Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular .....  | 64           |
| 3.1.2.1 Yük Çekiminin Olduğu (Dolu) Çekici (Tamburlu) Traktör İle İlgili Analiz<br>Sonuçları .....   | 65           |
| 3.1.2.2 Yük Çekiminin Olmadığı (Boş) Çekici (Tamburlu) Traktör İle İlgili Analiz<br>Sonuçları .....  | 70           |
| 3.1.2.3 Yük Çekiminin Olduğu (Dolu) Sürütücü Traktör İle İlgili Analiz<br>Sonuçları.....   | 74           |
| 3.1.2.4 Yük Çekiminin Olmadığı (Boş) Sürütücü Traktör İle İlgili Analiz<br>Sonuçları.....  | 79           |
| 3.1.2.5 Yük Çekiminin Olduğu (Dolu) Kamyon İle İlgili Analiz Sonuçları.....  | 85           |
| 3.1.2.6 Yük Çekiminin Olmadığı (Boş) Kamyon İle İlgili Analiz Sonuçları .....  | 89           |
| 3.1.3 Günlük Titreşime Maruz Kalma ve Çalışma Sürelerinin Hesaplanması .....   | 94           |
| 3.1.4 Titreşim Etkisinin Operatör Üzerindeki Etkilerinin Tespiti Amacıyla Yapılan<br>Tetkiklere Yönelik Araştırma Bulguları .....  | 101          |
| 3.1.4.1 Genel Sağlık Muayenesi ve Ortopedi Travmatoloji Muayenesi .....  | 101          |
| BÖLÜM 4 TARTIŞMA VE SONUÇ .....  | 107          |
| KAYNAKLAR.....   | 115          |
| ÖZGEÇMİŞ .....   | 125          |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>No</u>   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 1.1 İnsanı Etkileyen Titreşimlerin X,Y ve Z Eksenleri .....   | 14           |
| 1.2 Titreşim Niceliklerinin Parametreleri.....  | 16           |
| 1.3 Titreşim Ölçümünde Kullanılan 4447 Brüel&Kjaer Marka Titreşimölçer Cihazı .....   | 18           |
| 1.4 Düşey Yönde Düşük Frekanslı Titreşime Maruz Kalan, Ayakta Dikilen Bir<br>İnsanın Vücudunun Basitleştirilmiş Mekanik Sistem Tasarımı ..... | 20           |
| 1.5 Farklı Frekanslardaki Titreşimin Neden Olduğu Rahatsızlıklar .....  | 21           |
| 1.6 Çeşitli Meslek Sahiplerine Göre Omurga Deformasyonlarının Oluşturduğu<br>Kanıtlayan Bulgular .....  | 22           |
| 1.7 Bel Fıtığının Teşekkül Etme Şekli .....   | 28           |
| 1.8 İlerlemiş Bel Fıtığında İnsan Vücudunun Ağrıyı Azaltmak İçin Aldığı Pozisyon .....  | 29           |
| 1.9 Omur Kemiklerine Yandan Bakıldığında Normal Omurilik Kanalının İçine<br>Fıtıklaşmış Disk.....   | 30           |
| 1.10 Gelişmiş Bir Bel Fıtığının Manyetik Rezonans Fotoğrafında Görünümü .....   | 30           |
| 1.11 Omurgayı Oluşturan Dört Anatomik Bölgenin Gösterilişi .....  | 31           |
| 1.12 Titreşim İvme-Maruziyet Süresi Uyarı Ve Limit Sınır Değerleri.....   | 34           |
| 1.13 Üç Eksenli İvmeölçer İle Koltuk Üzerinde Titreşim Ölçümü.....  | 36           |
| 1.14 Süspansiyonlu ve Normal Koltuklarda Titreşim İletimi .....   | 39           |
| 2.1 Bartın Orman İşletme Müdürlüğü Sınırları ve Araştırma Alanları .....  | 41           |
| 2.2 Araştırmada Kullanılan Fabrika Çıkışlı Forklift ve Traktör Koltukları .....   | 43           |
| 2.3 Orman Transport Araçlarından As 950 Marka Kamyon.....   | 44           |
| 2.4 Orman Üretim Araçlarından International 444 Marka Sürütücü Traktör .....  | 44           |
| 2.5 Orman Üretim Araçlarından International 444 Marka Çekici (Tamburlu) Traktör .....   | 45           |
| 2.6 Mevcut Traktör Koltukları Üzerinde Titreşim Ölçümü .....  | 45           |
| 2.7 Mevcut (Kullanılmış) Ve Fabrika Çıkışlı (Kullanılmamış) Traktör Koltukları.....   | 47           |
| 2.8 Kullanılan Titreşim Ölçüm Cihazı Ve Donanımı.....   | 48           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.9 3 Eksenli Oturak Tipi İvmeölçer Yerleştirilmesi ve 3 Eksende Titreşim Ölçümü. ....   | 50           |
| 2.10 Radyolojik Tetkikler Öncesi Bel ve Sırt Bölgesine Yönelik Genel Muayene .....   | 53           |
| 2.11 Bel ve Sırt Bölgesine Yönelik Kapsamlı tabı İçin Radyolojik Tetkiklerin Yapılması ..  | 54           |
| 2.12 Grafilerin Yorumlanması ve Tedavi Sürecine Yönelik Önlemler.....  | 54           |
| 3.1 Çekici (Tamburlu) Traktörde X Eksenini İçin Koltuk Türü ve Yük Durumuna Göre<br>Rms Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 58           |
| 3.2 Çekici (Tamburlu) Traktörde Y Eksenini İçin Koltuk Türü ve Yük Durumuna Göre<br>Rms Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 58           |
| 3.3 Çekici (Tamburlu) Traktörde Z Eksenini İçin Koltuk Türü ve Yük Durumuna Göre<br>Rms Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 59           |
| 3.4 Sürütücü Traktörde X Eksenini İçin Koltuk Türü ve Yük Durumuna Göre Rms<br>Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması .....         | 60           |
| 3.5 Sürütücü Traktörde Y Eksenini İçin Koltuk Türü ve Yük Durumuna Göre Rms<br>Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması .....         | 61           |
| 3.6 Sürütücü Traktörde Z Eksenini İçin Koltuk Türü ve Yük Durumuna Göre Rms<br>Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması .....         | 61           |
| 3.7 Kamyonlarda X Eksenini İçin Koltuk Türü, Yük ve Yol Durumuna Göre Rms<br>Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması .....           | 62           |
| 3.8 Kamyonlarda Y Eksenini İçin Koltuk Türü, Yük ve Yol Durumuna Göre Rms<br>Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması .....           | 63           |
| 3.9 Kamyonda Z Eksenini İçin Koltuk Türü, Yük ve Yol Durumuna Göre Rms<br>Toplam Titreşim İvme Değeri Ortalamalarının Karşılaştırılması .....              | 64           |
| 3.10 Çekici (Tamburlu) Traktör İle Çalışma Sırasında (Dolu) Operatörün Maruz<br>Kaldığı Toplam Titreşim Değerleri.....                                     | 94           |
| 3.11 Çekici (Tamburlu) Traktör İle Çalışma Sırasında (Boş) Operatörün Maruz<br>Kaldığı Toplam Titreşim Değerleri.....                                      | 95           |
| 3.12 Sürütücü Traktör İle Çalışma Sırasında (Dolu) Operatörün Maruz Kaldığı<br>Toplam Titreşim Değerleri.....  | 95           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 3.13 Sürütücü Traktör İle Çalışma Sırasında (Boş) Operatörün Maruz Kaldığı Toplam Titreşim Değerleri..... | 96           |
| 3.14 Kamyon İle Çalışma Sırasında (Dolu) Operatörün Maruz Kaldığı Toplam Titreşim Değerleri..             | 96           |
| 3.15 Kamyon İle Çalışma Sırasında (Boş) Operatörün Maruz Kaldığı Toplam Titreşim Değerleri..              | 97           |
| 3.16 Sürütücü Traktör (Boş) İçin Koltuk Değişimlerine Göre Çalışma Süreleri .....                         | 98           |
| 3.17 Sürütücü Traktör (Dolu) İçin Koltuk Değişimlerine Göre Çalışma Süreleri .....                        | 98           |
| 3.18 Çekici (Tamburlu) Traktör (Boş) İçin Koltuk Değişimlerine Göre Çalışma Süreleri..                    | 99           |
| 3.19 Çekici (Tamburlu) Traktör (Dolu) İçin Koltuk Değişimlerine Göre Çalışma Süreleri..                   | 99           |
| 3.20 Kamyon (Boş) İçin Koltuk Değişimlerine Göre Çalışma Süreleri .....                                   | 100          |
| 3.21 Kamyon (Dolu) İçin Koltuk Değişimlerine Göre Çalışma Süreleri.....                                   | 100          |
| 3.22 İnsan Omurgası Üzerinde Yer Alan Bel Omurları.....   | 104          |
| 3.23 Radyolojik Tetkik Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....   | 106          |



## TABLolar DİZİNİ

| <u>No</u>   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 2.1 Çalışma Kapsamında Yapılacak Ölçümlerin Planlanması.....  | 46           |
| 2.2 4447 A Titreşim Ölçüm Cihazı Donanım Listesi.....   | 48           |
| 2.3 Muayene Öncesi Anket Çalışması .....  | 52           |
| 3.1 Çekici (Tamburlu) Traktör ile Çalışma Sırasında (Dolu) Operatöre İletilen<br>Titreşim Değerleri ..... | 65           |
| 3.2 Toplam V için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....   | 66           |
| 3.3 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                    | 66           |
| 3.4 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi.....                    | 66           |
| 3.5 Z eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....   | 67           |
| 3.6 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                    | 67           |
| 3.7 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                   | 68           |
| 3.8 Y eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....  | 68           |
| 3.9 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                   | 69           |
| 3.10 X eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....   | 69           |
| 3.11 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                   | 70           |
| 3.12 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                  | 70           |
| 3.13 Çekici (Tamburlu) Traktör ile Çalışma Sırasında (Boş) Operatöre İletilen<br>Titreşim Değerleri ..... | 71           |
| 3.14 Toplam V İçin Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....  | 72           |
| 3.15 Z eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....  | 72           |
| 3.16 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                   | 72           |
| 3.17 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....                  | 73           |
| 3.18 Y eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....   | 73           |
| 3.19 X eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....   | 74           |
| 3.20 Sürütücü Traktör ile Çalışma Sırasında (Dolu) Operatöre İletilen Titreşim Değerleri ....             | 75           |

## TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 3.21 Toplam V için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                  | 75           |
| 3.22 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 76           |
| 3.23 Z eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                | 76           |
| 3.24 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 77           |
| 3.25 Y eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....                               | 77           |
| 3.26 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 78           |
| 3.27 X eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....                               | 79           |
| 3.28 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 79           |
| 3.29 Sürütücü Traktör ile Çalışma Sırasında (Boş) Operatöre İletilen Titreşim Değerleri ..... | 80           |
| 3.30 Toplam V için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                  | 80           |
| 3.31 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 81           |
| 3.32 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....      | 81           |
| 3.33 Z eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                | 82           |
| 3.34 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 82           |
| 3.35 Y Eksenini İçin Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....                               | 83           |
| 3.36 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 83           |
| 3.37 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....      | 83           |
| 3.38 X eksenini için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....                               | 84           |
| 3.39 Koltuk Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 84           |
| 3.40 Traktör Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....      | 85           |
| 3.41 Kamyon ile Çalışma Sırasında (Dolu) Operatöre İletilen Titreşim Değerleri.....           | 85           |
| 3.42 Toplam V için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                  | 86           |
| 3.43 Kamyon Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 87           |
| 3.44 Z Eksenini İçin Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                | 87           |
| 3.45 Y Eksenini İçin Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....                               | 88           |
| 3.46 Kamyon Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 88           |
| 3.47 X Eksenini İçin Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti .....                               | 89           |
| 3.48 Kamyon Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İçin Yapılan Tukey Testi .....       | 89           |
| 3.49 Kamyon ile Çalışma Sırasında (Boş) Operatöre İletilen Titreşim Değerleri .....           | 90           |
| 3.50 Toplam V için Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özeti.....                                  | 91           |



## TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 3.51 Z Eksenİ İÇİN Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özetİ.....   | 91           |
| 3.52 Y Eksenİ İÇİN Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özetİ .....  | 92           |
| 3.53 X Eksenİ İÇİN Varyans Analizi Sonucu Tablosu Özetİ .....  | 93           |
| 3.54 Kamyon Türleri Arasındaki Farkın Ortaya Çıkarılması İÇİN Yapılan Tukey Testi .....  | 93           |
| 4.1 Uluslararası Standartlarda Belirtilen Uyarı Sınırı Üzerinden Maksimum Çalışma<br>Sürelerinin Çekici ve Sürütücü Traktörler İÇİN Hesaplanması ..... | 109          |
| 4.2 Uluslararası Standartlarda Belirtilen Uyarı Sınırı Üzerinden Maksimum Çalışma<br>Sürelerinin Kamyon İÇİN Hesaplanması .....                        | 110          |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- $m/s^1$  : Titreşim Hızı  
 $m/s^2$  : İvme  
 $m/s^3$  : Titreşim Darbesi  
K : Titreşim Algılama Eşiği  
g : Yerçekimi İvmesi  
Hz : Frekans (sıklık)  
rms : Ortalama Karelerin Karekökü  
WBV : Tüm Vücut Titreşimi  
 $A_x$  : X-Ekseninde Operatöre İletilen Titreşim  
 $A_y$  : Y-Ekseninde Operatöre İletilen Titreşim  
 $A_z$  : Z-Ekseninde Operatöre İletilen Titreşim



## BÖLÜM 1

### GENEL BİLGİLER

#### 1.1 GİRİŞ

Günümüzde işçi sağlığının korunması tüm ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de çalışma hayatının en önemli sorunlarından birisidir. Bu durum, orman işçiliği konusunda yapılan çalışmaların artırılması gereğini gündeme getirmektedir. Ormancılık faaliyetlerinin yürütülmesinde ihtiyaç duyulan iş gücünü, fiziksel ve zihinsel emek harcayarak karşılamak amacıyla çalışan bireylere orman işçisi denilmektedir (Karaman 1995; Erdaş ve Acar 1995). Doğal olarak yetişmiş ya da suni yolla yetiştirilerek kesim çağına ulaşmış orman ağaçlarını bilimsel, teknik müdahalelerle insanlığın hizmetine sunma faaliyetine odun hammaddesi üretimi denilir (Dinç 1999; Tunay ve Melemez 2005). Ormancılıkta odun hammaddesi üretimi, ağaçların kesilmesi (kesme-tomruklama), en yakın orman yoluna çıkarılması (bölmeden çıkarma) ve orman depolarına kadar taşınması (yükleme-taşıma) aşamalarını içermektedir. Ülkemizde orman işçilerinin % 65' i kesme, sürütme ve taşıma işlerinde (odun hammaddesi üretimi) çalışmaktadır (Erdaş ve Acar 1995).

Üretim işleri genel olarak dağlık araziye çekilmiş orman alanlarında yapılmaktadır. Bu işler için gerekli çalışma, günümüz koşullarında insan gücü, alet ve makinelerin kullanılmasıyla yapılmaktadır. Orman işçiliği, özellikleri gereği Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından “çok ağır” işlerden kabul edilir (Dinç 1999). Yüksek enerji tüketimi, statik çalışma yoğunluğu, ağır yükler kaldırılması ve taşınması, eğilme-diz çökme ve kalkma hareketlerinin sıkça tekrarlanması, ekstrem sıcaklık, yüksek rutubet, rüzgar, kar ve yağmur gibi iklim faktörlerine açık olması, gürültü, vibrasyon, gaz, toz, kimyasal maddeler gibi olumsuz teknolojik etkiler, merkezi sinir sistemi, kalp-dolaşım sistemi gibi insanın başlıca sistemlerinde oluşturduğu sağlık bozuklukları ve vücudun potansiyel olarak bütün organlarına yönelik kaza riskleri orman işlerini ağır işler arasına sokmaktadır (Engür 1995).

Orman işçilerinin sağlık sorunlarının çok yüksek düzeyde olması doğal olarak iş verimini de etkilemektedir. Sağlık problemi olan işçilerdeki iş verimi sağlıklı işçiye göre, problemin şekli ve ağırlığına bağlı olarak değişmekle birlikte, % 20-30 arasında azalmaktadır (Erdaş ve Acar 1995). Bugün ülkemizde işçi sağlığına ilişkin yürürlükteki düzenlemelere bakıldığında, bunların uluslararası normlarla (ILO sözleşmeleri) hemen hemen aynı düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak, mevzuatımızın yaptırım gücü yetersiz olduğundan uygulamalarda birçok aksaklıklar ortaya çıkmaktadır (Acar ve Şentürk 1999; Tunay ve Melemez 2003). Günümüzde modern, teknik ilerlemelere rağmen orman işçileri insan organizmasının katlanabileceği ergonomik baskıların sınır değerindedir (Yıldırım 1989). Ergonominin amacı ise, makineli bir üretim sisteminde çalışan insanın sağlığını koruyarak, güvenliğini sağlamak, yapılan işin nitelik ve niceliğini artırmaktır (Sabancı 1999).

Bu kapsamda son yıllarda yapılan araştırmalar, bilinmeyen bir gerçeği, titreşimin sağlığa zararlarını gözler önüne sermektedir. Titreşim, basitçe kişinin içinde bulunduğu ortamda vücuduna iletilen sarsıntılar olarak ifade edilmekte ve titreşimin vücuda etkileri şiddetine göre değişiklik göstermektedir. Geride bıraktığımız yüzyılda insanoğlu mekanizasyonun gelişmesi ile teknolojik gelişmelere uyum sağlamayı başardıysa da, böylesine yapıcı gelişmelerin kendi sağlığını tehdit eden yan unsurlar ile başa çıkabilmede yetersiz kaldığını söylemek doğrudur. İçinde bulunduğumuz yüzyılda ise insan sağlığı faktörünün önem kazanması ile birlikte insanoğlunun esas uğraşı, gelişmelere karşı önlemler almak olarak kabul edilmekte, insan vücudunun her gün pek çok değişik etkiye, titreşime maruz kalmasının vücutta kalıcı ya da geçici değişikliklere neden olduğu araştırmalar sonucunda ortaya konulmakta ve bunlara karşı alınacak önlemler ön planda tutulmaktadır.

Melemez ve Tunay' a göre (2010), titreşim; traktör, motorlu taşıtlar ve uçaklar gibi hareketli taşıtların çoğalması ile tanınmış çevresel bir faktördür. Dünya genelinde milyonlarca insan çalışırken gün boyunca mekanik titreşimlere maruz kalmaktadır. İnsan-makine ilişkileri açısından titreşimlerin önemli bir yeri vardır. 1930' lu yıllardan beri insan vücudunun titreşimlere karşı duyarlılıklarının belirlenebilmesi için birçok çalışma yapılmıştır (Matthews ve Just 1967). Yolların ve makinelerin titreşim etkileri, taşıt titreşimleri ile insan duyarlılığı arasında paralel ilişkiler araştırılmıştır (Demirdağ 2003).

Özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra iş yeri güvenliği üzerine yapılan araştırmalar, makineli üretim sisteminde makineler ile birlikte bu sistemin bir parçası olan insanın da

düşünülmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bu düşünceyle, makine kullanıcısının sağlığını koruyarak iş başarısını artırmayı amaçlayan ve çalışma koşulları ile insan özellikleri arasında optimum uyumu sağlamaya çalışan bir disiplin olan ergonomi ortaya çıkmıştır (Sabancı 1984).

Günümüzde titreşim insan sağlığı ve iş başarısını etkileyen ve en çok araştırılan ergonomik faktörlerden birisidir (Su 2001). Titreşim; kısa vadede insanı yoran ve dikkat kaybına neden olan gerilme ve yüklenmelere, uzun vadede ise, ciddi sağlık problemlerine sebep olmaktadır (Sabancı 1981; Sabancı 1984; Kut 1984; Çarman 2000). Titreşimin etkisi hem insan sağlığı ve çalışma konforu yönünden hem de iş verimi, iş kalitesi ve iş güvenliği açılarından önem taşımaktadır. Titreşim, sadece sanayi kesimini değil, aynı zamanda kırsal kesim çalışanlarını da etkileyen bir sorundur (Buğdaycı vd. 2004).

Önceleri insan ve hayvan gücü ile yapılan ormancılık faaliyetleri, XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren makineleşmeye başlamıştır. Günümüzde ise, modern ormancılık anlayışı ile iş verimliliğini artırmak için insan gücünü sınırlandırarak makineleşme ön planda tutulmaktadır. Ormancılıkta mekanizasyon kullanımı büyük avantajlar sağlamakta fakat bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Üretim sistemlerinin bileşenleri olan çevre, makine ve operatör arasındaki uygun olmayan ilişkiler bu problemlerin kaynağını oluşturmakta ve insan sağlığı ile çalışma verimliliği üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Melemez ve Tunay 2010).

Mevcut birçok ormancılık işlemleri ise, gerek makinesiz, gerekse makineli üretim yapan orman işçileri ve makine operatörleri üzerinde stres, yorgunluk, dikkat azalması, omurga rahatsızlıkları vb. başta olmak üzere çeşitli fizyolojik, ruhsal ve psikolojik rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Ormancılık işlemlerini değerlendirirken yapılan işin türü yanında, çalışma ortamına ait konfor, performans etkisi, titreşim, gürültü, sıcaklık, ışık gibi dış faktörler de rahatsızlıkların ortaya çıkmasında önemli rol oynamaktadırlar. Bu faktörler arasında titreşim faktörü ise mekanik titreşime bağlı olarak ortaya çıkmakta, insan sağlığı, performansı ve konforu yanında makine yorgunluğu üzerinde rol oynayan en önemli faktörlerden biri olarak tanımlanmaktadır.

Mekanik titreşimler motorlu taşıt sürücü koltuğu gibi hareketli iş yerlerinde veya motorlu testere gibi el ile yönetilen makinelerde önemli bir çevre faktörüdür (Babalık 2005).

Ormancılıkta çeşitli amaçlarla kullanılan traktörlerin oturma yerleri ise titreşim bakımından önem taşımaktadır (Melemez ve Tunay 2010).

Günümüz tarım ve ormancılık tekniğinde çok önemli bir yere sahip olan tarım traktörleri ergonomik açıdan incelendiğinde, traktör sürücüsünün sağlık ve iş verimi açısından önemli yüklenme ve gerilmelere maruz kaldığı görülür. İnsan sağlığını etkileyen bu gerilme ve yüklenmelerin en önemlilerinden birisi, traktör tekerlekleri ile hareket edilen yüzey engebelerinden kaynaklanan düşük frekanslı titreşimdir. Düşük frekanslı titreşim, kısa vadede yorulma ve dikkat kaybına; uzun vadede ise, önemli sağlık risklerine sebep olmaktadır. Tarım traktörlerinde, karayolu taşıtlarında olduğu gibi, akslarda ve şaside titreşim yalıtım sistemi kullanmak, ekonomik nedenlerden ötürü yaygın olmadığından, mekanik titreşime karşı sürücüyü koruyacak tek yapı, sürücü koltuğu olmaktadır (Çay 2006).

Engelibeli arazi üzerinde hareketten kaynaklanan düşük frekanslı titreşimlerin kontrol edilmesi zordur. Titreşimin etkilerinin en aza indirilmesi için daha fazla donanım ihtiyacı vardır. Titreşim etkilerini azaltmak için, yay gibi elastik elemanlardan ve sönümleyicilerden oluşan yalıtım sistemleri kullanılır. Özellikle düşük frekanslı titreşimlerin yalıtılması zordur. Bu konuya tarım traktörleri açısından bakıldığında, olay daha karmaşık hale gelmektedir. Çünkü tarım traktörlerinde, diğer karayolu taşıtlarında olduğu gibi aks veya şaside yalıtım sistemi kullanmak, teknik ve ekonomik nedenlerden dolayı yaygın değildir. Bu yüzden titreşim yalıtımında sürücü koltukları ve güvenlik kabinleri beraber değerlendirilmelidir (Kut 1984). Kabinin traktör arka aksına ve şasisine bağlandığı yerlerde lastik takozlar kullanmak, hareket edilen engebeli yüzeyden kaynaklanan düşük frekanslı titreşimlerin yalıtımında az da olsa bir fayda sağlamaktadır. Ancak bu yöntem tek başına yeterli değildir. Ayrıca tarım traktörlerinin tamamı güvenlik kabinleri ile donatılmadıklarından, çok sayıda traktör bu ön sönümlemeden mahrum kalmaktadır. Bu yüzden tarım traktörlerinde, düşük frekanslı titreşimlerin yalıtımı için tek alternatif sürücü koltuğu olmaktadır. Uygun yalıtım sistemi ile donatılmış bir sürücü koltuğu, titreşim yalıtımı için çok önemlidir. Bir koltuğun tasarım ve imalatında asıl amaç titreşim etkilerini en aza indirmektir. Bunun yanında, koltuk konforu da göz önüne alınması gereken diğer bir konudur.

Bir traktör sürücüsü motordan kaynaklanan yüksek yoğunluklu gürültünün, bozuk yüzeyli bir zemin üzerinde hareket etmekten kaynaklanan düşük frekanslı titreşimin, çalışma ortamından kaynaklanan toz vb. gibi partiküllerin, alerjik reaksiyonlara neden olabilecek bitki artıklarının



ve özellikle tarımsal savaş uygulamalarında, zehirli ilaç damlacık ve zerrelere etkisi altındadır. Bu etkilerden gürültü ve diğer çevresel faktörlerin yalıtımı, traktörün uygun bir sürücü kabiniyle donatılması yoluyla büyük ölçüde gerçekleştirilebilir (Kut 1984). Ancak, düşük frekanslı titreşimin yalıtımı zordur. Çünkü traktörlerde, tekerlek ve şaside yalıtım sistemi kullanmak, teknik ve ekonomik nedenlerden dolayı yaygın değildir (Çay 2006).

İnsan sağlık ve güvenliği üzerinde bu denli önemli etkilere sahip düşük frekanslı titreşimin, yalıtılarak insan vücuduna zarar vermeyecek seviyeye indirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla tarım traktörlerinde titreşim yalıtım sistemleri ile donatılmış sürücü koltukları kullanılmaktadır. Düşük frekanslı titreşimin yalıtımında en etkili çözüm, aktif yalıtım sistemine sahip koltukların kullanılmasıdır (Orak 1989). Nitekim uygulamada bu tür koltuklardan oldukça başarılı neticeler elde edilmiştir (Dufner ve Schick 2002). Ancak bu tip sistemlerin karmaşık yapıları ve maliyetlerindeki yükseklik nedeniyle kullanımı yaygın değildir. Bugün Türkiye’de en yaygın olarak pasif yalıtım sistemine sahip koltuklar kullanılmaktadır. Bu koltuklar basit yapıları ve maliyetlerindeki düşüklük nedeniyle traktör imalatçıları tarafından kolaylıkla benimsenmiştir. Ancak pasif yalıtım sistemlerinde yüksek frekanslı titreşimlerde iyi neticeler alınabilirken, düşük frekanslı titreşimlerde başarı için, koltuk doğal frekansının mümkün mertebe düşük tutulması gerekmektedir (Orak 1989).

Avrupa Birliği ülkelerinde, bir sürücü koltuğunun traktörlere takılabilmesi için bazı test ve değerlendirmelerden geçmesi gerekmektedir. Bu zorunluluk, ister istemez koltuk imalatında belirli standart ve normlara uymayı zorunlu kılmıştır. Türkiye’deki durum incelendiğinde, başlangıçta traktör şasisine rijit olarak bağlı durumda ve hiçbir titreşim yalıtım sistemi ile donatılmamış sürücü oturakları veya yaprak yay ya da helezon yaylardan oluşan basit yalıtım sistemli koltuklar kullanılmakta idi (Saral 1976; Sabancı 1981). Ancak günümüze gelindiğinde, özellikle Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından ilgili Avrupa Birliği Yönetmeliği, 78/764/AT, 2000 yılında uyumlaştırılarak yayımlandıktan sonra, koltuk imalatında da önemli gelişmeler olmuştur. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından Tip Onayı deneylerini yapmak amacıyla teknik servisler atanmıştır. Bunlardan biri olan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makineleri Test Merkezi Müdürlüğü’nde, bir koltuk test ünitesi 2002 yılında hizmete girmiş ve hâlen çalışmaktadır (Gürhan ve Çay 2008).

Bu çalışmada, Türkiye ormancılığında kullanılan üretim araçlarından operatöre iletilen titreşim ve bu titreşimin insan sağlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda öncelikle

mekanik titreşimler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra traktörlerde titreşim, etkileri ve korunma yöntemleri değerlendirilmiştir. Son olarak; titreşim etkisine bağlı olarak operatörlerde meydana gelebilecek bel problemleri de tam donanımlı hastane ortamında incelenmiş ve ormancılıkta kullanılan üretim araçlarından kaynaklanan tüm vücut titreşiminin etkilerinin en aza indirilebilmesi amacıyla alınması gerekli önlemler sunulmuştur.

## 1.2 LİTERATÜR ÖZETİ

Ormancılıkta üretim ve transport araçlarının incelenmesi konusunda pek çok çalışma mevcuttur. Ancak titreşim konusunda yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır. Burada çalışma konusu ile benzerlik gösteren, ülkemizde ve dünyada yapılmış çalışmalara yer verilmeye çalışılmıştır.

Ormancılık, tarım ve inşaat sektörü gibi iş makinalarının kullanıldığı sektörlerde konu ile ilgili çalışmalar uzun zamandan beri yapılmaktadır. Ancak, son yıllarda özellikle titreşimin etkileri üzerine aşağıdaki konularda çalışmalar yapılmıştır.

Makinelik çalışmalarda operatörlerin fiziksel konforu basit bir ergonomik gerekliliktir. Bundan dolayı, günlük maksimum tüm vücut titreşimi maruziyet süresi ve konfor eşik değerin tanımlanması için birçok deneme yapılmıştır (Griefahn ve Bröde 1999).

ISO 2631-1 standardı (ISO 1997) tüm vücut titreşimi çevrimsel ve devirsel çok frekansın değerlendirilmesi ile ilgilenir ve konfor ve sağlık açısından titreşimin önemini ortaya konmasını sağlar.

2002/44/EC sayılı son Avrupa parlamento ve konsey kararnamesinde (EC 2002) işçilerin fiziksel faktörlerden (titreşim) doğan risklerden dolayı maruz kaldıkları minimum sağlık ve güvenlik gereklilikleri de ayrıca tanımlanmıştır. Bu kararnamede (EC 2002), sekiz saatli zaman süresi referans alındığında, günlük maruziyet limit değeri,  $1,15\text{m/s}^2$  (alternatif bir titreşim değeri  $21\text{ m/s}^{1.75}$ ), günlük fiili maruziyet değeri  $0,5\text{ m/s}^2$  (alternatif bir titreşim değeri  $9,1\text{ m/s}^{1.75}$ )' dir.

Bu sınır değerler için yapılan ilk değerlendirmede (Scarlett vd. 2002), bu değerlerin modern tarım traktörlerinin büyük çoğunluğunda aşıldığını ispatlamakta ve bundan dolayı onların

tanımlanmasının ileri araştırmalar yapılınca kadar kısa dönem içinde ertelenmesinin gerektiği belirtilmiştir. Bu kararnamede dikkate değer bir başka nokta da, geriye kalan çok sayıda ormancılık faaliyetinin (yani, harvester ve forwarder çalışmaları, motorlu testere çalışmaları ve yükleme makinaları) ekonomik olmayan seviyede makine kullanımının (bundan dolayı verimli makine saatlerinin) kısıtlanmasıdır (FCA 2001).

Harris vd. (2012), “Retrospective Assessment of Occupational Exposure to Whole-Body Vibration for a Case-Control Study” adlı çalışmalarında, maruz kalınan tüm vücut titreşiminin tahmin edilmesinde cinsiyet ve yaşın rolünü test etmişlerdir. Katılımcıların %36’ sının tüm vücut titreşimli ekipmanlara karşı en az bir kez mesleki maruziyete maruz kaldıkları ve maruziyet üzerinde hem ileri yaşın hem de erkek cinsiyetin etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Paddan ve ark. (2012), “The İnfluence of Seat Backrest Angle on Perceived Discomfort During Exposure to Vertical Whole-Body Vibration” adlı yaptıkları çalışmada ise, ISO 2631 standartlarında koltuk arkalık açısının, dikey yöndeki tüm vücut titreşimine göre sağlık ve konfor açısından etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sırt dayanak eğimi ile tüm vücut titreşim frekansı ve algılanan rahatsızlık seviyesi arasında ilişki olduğunu gösterirken, yatış pozisyonun (0°) en fazla rahatsız edici ve yarı yatış pozisyonunun (45 ve 67,5°) ise en az rahatsız edici pozisyonlar olduğu tespit edilmiştir.

Paddan vd. (2011), “The İnfluence of Seat Backrest Angle on Human Performance During Whole-Body Vibration” adlı çalışmalarında ise, düşey tüm vücut titreşimine maruziyet boyunca ayarlanabilir koltuk arkalığının zihinsel ve psikomotor etkileri üzerinde incelemeler yapmışlardır. Çalışmada, 2-8 Hz, 8-14 Hz, 14-20 Hz ve sabit kontrol grubu olmak üzere eğimleri 0-90 arasında değişen beş koltuk arkalığı üzerinde ölçümler yapılmış, titreşim boyunca 22,5° lik koltuk arkalığı dışında performansın olumsuz etkilenmediği gözlemlenmiştir.

Village vd. (2011), “Assessing Whole Body Vibration Exposure for Use in Pidemiological Studies of Back İnjuries: Measurements, Observations and Self-Reports” adlı çalışmalarında bir dizi değişkenlere maruziyet sonucu tüm vücut titreşimini hesaplamaya çalışmışlardır. Çalışmada ortalama ağırlıklı rms ivme değerleri ve standart sapmalar X ekseninde 0,35 (SD 0,19), Y ekseninde 0,34 (SD 0,28), Z ekseninde 0,54 (SD 0,23) ve ortalama vektör ivme değeri ise 0,90 ms<sup>2</sup> (SD 0,49) olarak bulunmuştur.

Melemez ve Tunay (2010), traktör kullanıcılarının daha sağlıklı, güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmeleri için yaptıkları “Ormancılıkta Traktör Titreşiminin Ergonomik Değerlendirmesi” adlı çalışmasında, traktör sürücülerinin yüksek seviyede tüm vücut titreşimine maruz kalmakta olduklarını ifade ederken, traktör titreşim bileşenlerinden en önemlisinin niceliksel olarak daha büyük değerlere sahip ve insanın duyarlılığının yüksek olduğu düşey yönlü titreşim ivme değeri olduğunu belirtmişlerdir. Öneri olarak ise, titreşim kontrolünde öncelikle risk değerlendirmesi yapılması gerekliliği, operatör eğitimi, işe uygun araç ve koltuk seçimi ile iş organizasyonu gibi en önemli titreşim kontrol yöntemlerine vurgu yapılmıştır.

Neitzel ve Yost (2010) “Task-based Assessment of Occupational Vibration and Noise Exposures in Forestry Workers” adlı çalışmalarında çok çeşitli ormancılık makinalarında gürültü ve titreşimin etkilerini incelemişlerdir. Çalışma türüne göre yapılan frekans ağırlıklı ölçümlerin 8 saatlik maruziyet sınırını % 0-80 oranında aştığı görülmüştür.

Jack vd. (2009), “Six-Degree-Of-Freedom Whole-Body Vibration Exposure Levels During Routine Skidder Operations” adlı çalışmalarında sürütücü operatörleri üzerinde hem sağlık hem de konfor açısından tüm vücut titreşiminin etkilerini incelemişlerdir. Ölçülen ortalama rms ivme değerlerinin tümünde sınır değeri aştığı görülmüş, ortalama 2,3 saat içerisinde sağlık zonu üst sınırının aşıldığı tespit edilmiştir.

Coe vd. (2009), üç boyutlu vücut-koltuk etkileşiminin basitleştirilmiş modeli ve sürat teknelerine uygulanması konusunda basit koltuk modeli ile üç boyutlu vücut-koltuk modeli kullanılarak yaptıkları çalışmasında, tasarlanan koltuk ile mevcut koltukları karşılaştırmış ve gemi mürettebatının maruz kaldığı şok ve titreşim seviyelerinin azaltılmasına yönelik etkili ve basit bir yaklaşım sunmuştur.

Noorloos vd. (2008), tüm vücut titreşimine maruz kalan bir popülasyonda vücut kitle indeksinin kalça ağrısı riskine etkisinin olup olmadığı üzerine 467 katılımcı ile yaptığı anket çalışması ile, herbir katılımcı için günlük 8 saatlik çalışma üzerinden güncel rms hesaplamış ve vücut kütle indeksi ile son 7 gün ve geçmiş 12 aylık kalça ağrısı oluşumu arasında belirgin bir ilişki bulunamamıştır.

Li vd. (2007), tüm vücut titreşimi nedeniyle omurga profriyoseptiyon değişiklikleri üzerine yaptığı çalışmada, tüm vücut titreşiminin profriyoseptiyon ve dinamik denge üzerine etkilesini inceleyerek, mesleki tüm vücut titreşimini bel incinmeleri ile ilişkilendirmişlerdir. Bu kapsamda, deneklerin oturur halde 20 dakika dikey titreşime maruz kaldıklarında, 20 dakika titreşim maruziyeti olmadan aynı şekilde oturan kontrol deneklerine göre konum hissi hatasında 1,58 daha fazla bükülmeye sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Kin-İşler (2007), titreşimin insan vücudunda oluşturduğu etkileri incelemek için yaptığı derleme çalışmada; titreşimin akut olarak 5 saniye ile 30 dakika arasında değişim gösteren sürelerde, kronik olarak ise 10 gün ile 6 ay arasında değişen sürelerde uygulandığını ifade etmiş, bu sonuçlar ile titreşimin performansa etkisi konusunda performansta olumlu etkilere neden olacak optimal titreşim şiddeti ve uygulama süresini belirleyecek çalışmalara gereksinim duyulduğunu belirtmiştir.

Sjøflot (2007), “Means of Improving a Tractor Driver's Working Posture” adlı çalışmada traktöre bağlı sistemleri daha iyi kontrol etmek için önemli çalışma postürü geliştirilmesi gerekliliğinden bahsetmiş, traktör operatörlerinin çalışma postürlerini geliştirecek ayrıntı ve kısımların pazarlanması ve geliştirilmesinin desteklenmesi gerekliliğini ifade etmiştir.

Er vd. (2006), “Taşıt Titreşimlerinin Teorik Analizi ve Bir Bilgisayar Modellemesi” adlı çalışmada özellikle yoldan gelen uyarılara karşı taşıtın gösterdiği tepkileri esas alarak taşıtta meydana gelen titreşimleri teorik olarak incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda taşıtı kullanan kişinin en çok düşey yönlü yoldan kaynaklanan düşük frekanslı titreşimlerden etkilendiğini ve bunun da esas sebebinin bozuk yol şartlarında taşıtın uzun süreli gitmesi durumunda olacağını söylemişlerdir. Bu durumun kamyon, otomobil, otobüs sürücüleri için kısa bir sürede önem taşımaya karşılık, traktör ve arazi taşıtlarını kullanan sürücüler için büyük önem taşımakta olduğunu ve bu yüzden araştırmaların traktör ve arazi taşıtları sürücü koltuklarının optimum yalıtımı konusunda yoğunlaştırılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Çay (2006), “Tarım Traktörleri Sürücü Koltukları Titreşim Sönümleme Elemanları Üzerine Bir Araştırma” adlı doktora çalışmada, tarım sektöründe kullanılan traktörlerde operatöre iletilen tüm vücut titreşiminin azaltılması amacıyla değişik koltuk süspansiyon sistemlerini incelemiştir.

Dizdar vd. (2006), “Ormancılıkta Kullanılan Yükleme Makinaları Operatör Koltuklarının Antropometrik Tasarımı” adlı çalışmalarında yükleme makinaları operatörlerinin çalışma sırasında karşılaştıkları rahatsızlıkları koltuk etkisine bağlı olarak ortaya koymaya çalışmışlardır. Mevcut makine koltuklarında oturak genişliği ve oturak arkalığı yüksekliklerinin yöre insanına uygun olduğu ancak oturak derinliği ve yüksekliğinin uygun olmadığını tespit etmişlerdir. Öneri olarak, operatör koltuklarının sağlıklı, güvenli ve rahat bir şekilde çalışmaya olanak verecek şekilde ergonomik olarak düzenlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Okunribido vd. (2006), tüm vücut titreşiminin, duruşun ve elle kullanılan malzemelerin bel ağrısı için birer risk faktörü olarak relatif etkisini belirlemek amacıyla araç kullanan 394 ve araç kullanmayan 59 çalışan üzerinde sağlık geçmişlerini, duruş ve elle kullanılan malzemeler hakkında bilgi toplamak üzere yenilenmiş bir anket uyguladığı çalışmada duruş, tek başına titreşim veya elle kullanılan malzeme ile titreşimin birleştirilmiş etkisinin, tek başına titreşim, duruş ve elle kullanılan malzeme faktörlerine göre bel ağrısı yaygınlığında daha önemli katkısının olduğunu göstermiştir.

Rehn vd. (2005), “Variation in Exposure to Whole-Body Vibration for Operators of Forwarder Vehicles-Aspects on Measurement Strategies and Prevention” adlı çalışmalarında gelişmiş odun üretim makinelerinden Forwarder operatörlerinin maruz kaldıkları titreşimin değişiminin ölçülmesini ve bu titreşimi önleme yöntemlerini araştırmışlardır.

Goglia ve Grbac (2005), “Whole-body Vibration Transmitted to the Framesaw Operator” adlı çalışmalarında, orman ürünleri endüstrisinde kereste atölyelerinde kullanılan tomruk kesme arabalarını kullanan operatörlere etkileyen tüm vücut titreşimini incelemişlerdir.

Sherwin vd. (2004), “Influence of Forest Machine Function on Operator Exposure to Whole-Body Vibration in a Cut-To-Length Timber Harvester” adlı çalışmalarında harvester odun üretim makinasında makine fonksiyonları nedeniyle operatörlerin maruz kaldığı tüm vücut titreşimine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, titreşim ölçümleri 3 ekseninde ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) koltuk ve kabin şasisi üzerinde yapılmış, kesim ve üretim boyunda operatöre iletilen titreşim seviyesinin üzerinde ağaç çapının esas olarak etkili olduğu tespit edilmiştir. 0,25-0,35 m. yükseklik aralığındaki göğüs çapı için dikey yönlü  $a_z$  bileşeninin kesim sırasında % 50, işleme sırasında ise % 300 arttığı araştırılmıştır. Ancak, titreşim seviyeleri 8 saatlik maruziyet süresi

için operatörlerde herhangi bir sağlık riski oluşturacak düzeyde değildi. Operatör koltuk ve araç şasisinde titreşim değerleri incelendiğinde Y ve X eksenlerindeki titreşimlerin baskın olduğu, ortalama 0,20 ve 0,17 m/s<sup>2</sup> olan titreşim zirvelerinin sırasıyla 5 ve 3,2 Hz’ de meydana geldiği anlaşılmıştır.

Yine, Sherwin vd. (2004), “Influence of Tyre Inflation Pressure on Whole-Body Vibrations Transmitted to The Operator in a Cut-To-Length Timber Harvester” adlı çalışmalarında harvester odun üretim makinasında lastik basıncının operatöre iletilen tüm vücut titreşimine etkisini incelemiştir.

Cann vd. (2003) “An Exploratory Study of Whole Body Vibration Exposure and Dose While Operating Heavy Equipment in The Construction Industry” adlı çalışmalarında inşaat sektöründeki çok sayıda iş ağır iş makinelerini kullanan operatörlere etki eden tüm vücut titreşimini değerlendirmişlerdir.

Donatı (2002) ”Survey of Technical Preventative Measures to Reduce Whole-Body Vibration Effects When Designing Mobile Machinery” adlı çalışmasında mobil iş makinelerin dizaynında özellikle koltuk ve lastik basıncından kaynaklanan ve operatöre iletilen tüm vücut titreşimini araştırmıştır.

Paddan ve Griffin (2001), “Effect of Seating on Exposures to Whole Body Vibration in Vehicles” adlı çalışmalarında, otomobil, traktör kamyon vb. araçlarda koltuktan operatörlere etki eden tüm vücut titreşiminin etkilerini araştırmışlardır. İletimliliğini değiştirmeksizin araçlar arasında değiştirilebilen her bir koltuk ile tüm vücut titreşiminin etkilerini ortaya koymaya çalışmışlar, araştırmaları sonucunda incelenen araçların % 94’ ü üzerinde mevcut koltuk ile diğer incelenen araç koltuğunun değiştirilmesinin yararlı olabileceğini, oturma dinamiklerindeki iyileştirmelerin pek çok çalışma ortamında tüm vücut titreşim maruziyetini azaltabileceğini ifade etmişlerdir.

Nishiyama vd. (1998) ise, “A Decade of Improvement in Whole-Body Vibration and Low Back Pain for Freight Container Tractor Drivers” adlı çalışmalarında yük taşımacılığı yapılan traktör sürücüleri üzerinde tüm vücut titreşiminin ve bel ağrısının azaltılması ile ilgili yaptıkları çalışmalar yapmış, yapılan önceki çalışmalarında X eksen yönünde iletilen tüm vücut titreşiminin en tehlikeli titreşim büyüklüğü olduğunu, ağır kamyonlar için ise izin

verilen maruziyet süresinin daha kısa olduğunu belirtmişlerdir. Mevcut modellerde ise süspansiyon tipine bakılmaksızın Z eksenini yönünde etkili olan titreşim büyüklüğünün X eksenini yönündeki titreşim büyüklüğünden daha tehlikeli olduğunu vurgulamışlar, koruyucu önlem olarak çelik yayların yerine havalı yaylar tarafından desteklenen traktör kabinleri kullanılmıştır. Yapılan anket çalışması ise çelik (yaylı) süspansiyon sistemli modellere göre havalı süspansiyonlu modellerin daha az bel ağrısına neden oldukları da ortaya çıkarılmıştır.

Hagen vd. (1998), “Neck/Shoulder and Low-Back Disorders in The Forestry Industry: Relationship to Work Tasks and Perceived Psychosocial Job Stres” adlı çalışmalarında makine operatörleri ve klavuz işçiler için bel rahatsızlıklarını incelemiş, makine operatörleri ve klavuz işçiler için boyun/omuz bozukluğu sıklıklarının (3,37) ve (2,34) yönetimsel işlerde çalışan çalışanlara göre daha yüksek çıktığını göstermişlerdir. Sonuç olarak, kas-iskelet hastalıkları, fiziksel ve psikososyal iş faktörleri ile ilişkili bulunmuştur.

Altunel ve Hoop (1998), “The Effect of Lowered Tire Pressure on a Log Truck Driver Seat” adlı çalışmalarında transport araçlarından kamyonlar üzerinde, düşük ve yüksek basınçlı lastik değişimlerinin koltuk titreşimleri üzerindeki etkilerini incelediklerini incelemişler, yüksek lastik basıncının kamyon üzerinde oluşturduğu titreşim etkisinin daha fazla olduğu buna rağmen düşük ve yüksek lastik basıncının neden olduğu titreşim etkileri arasında ise çok fazla fark olmadığı ifade etmişlerdir.

Ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalara yöntem bakımından benzeyen bu çalışma, ülkemize has özellikler gösteren ormancılık üretim ve transport araçlarına uygulanacaktır. Ormancılık sektöründe kullanılan traktörler sürütücü ve çekici (tamburlu) olarak diğer sektörlerde yoğun olarak kullanılmadığından bu konuda başka bir sektörde araştırma yapılmamıştır. Ayrıca, ülkemizde traktörlerin kullanımı yol nitelikleri vb. diğer ülkelerden farklılık göstermektedir. Bu çalışma ülkemiz ormancılığında bir ilk olarak örnek niteliğinde olacaktır.

### **1.3 MEKANİK TİTREŞİM**

Titreşim bir mekanik sistemin hareket veya konumuna ait bir niceliğinin (uzanım, hız veya ivme) zamana bağlı olarak düzenli veya düzensiz değişimidir (ISO 1975; Dinçer 1977). Titreşim, bir diğer ifadeyle cisimlerin sabit bir referans eksene veya nominal bir pozisyona



(denge konumu) göre tekrarlanan hareketi olarak ifade edilir. Titreşim her yerde mevcut olan ve mühendislik tasarımlarının yapısını etkileyen bir olgudur. Titreşim karakteristikleri mühendislik tasarımları için belirleyici faktör olabilir. Titreşim bazen zararlı olabilir ve kaçınılmalıdır, bazen de oldukça yararlıdır ve istenilir. Her iki durumda da titreşimin nasıl analiz edileceği, ölçüleceği ve kontrol edileceği mühendislik için önemli bir bilgidir (Kıral 2012).

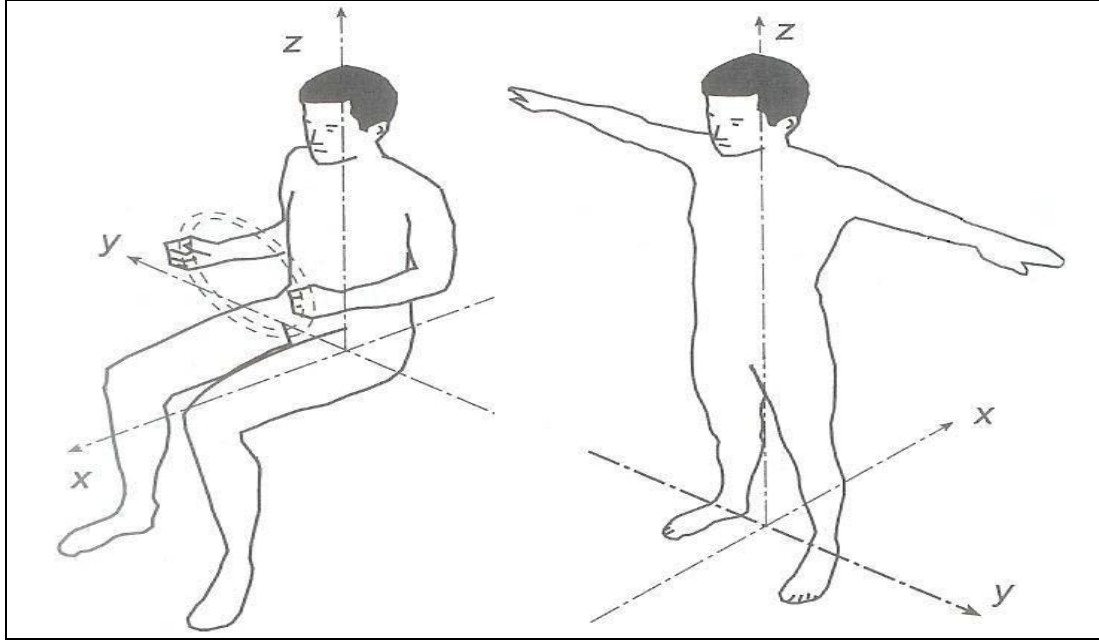
Titreşimin etkisini belirleyen faktörler, genliği, frekansı, etki süresi, zamana göre değişimi, titreşim yönü ve titreşimin etki noktasıdır. Titreşime bağlı en önemli kavramlardan biri frekanstır. Saniyedeki titreşim sayısı frekans olarak adlandırılır. Diğer bir önemli kavram olan genlik, salınımın en yüksek dalga boyunu ifade eder (Griffin 1992). İvme, birim zamandaki titreşim hızı değişimidir. Mekanik titreşimde temel büyüklükler Şekil 1’ de görülmektedir. Ölçülen genel titreşim ivmesinin ( $ms^{-2}$  veya g-yerçekimi ivmesi) birinci integrali ile titreşimin hızı, ikinci integrali ile de genliği elde edilir. Titreşim titreşen parçada ölçüldüyse “emiyon” büyüklüğü, insan bedeni üzerinde ölçüldüyse “imiyon” büyüklüğü olarak adlandırılır.

ISO 2631-1 (1997) uluslararası standardı, periyodik, rastlantısal ve süreksiz titreşim hareketlerinin, insanların sağlık, algı, konfor tepkileri ile ilişkili olarak değerlendirilmesini kapsamaktadır. Standart, titreşim ölçüm yeri ve yönlerini, kullanılacak ekipmanları, ölçülerin süresi ve frekans ağırlıklandırmalarını, ölçümlerin ağırlıklandırılmış rms (Ortalama karelerin karakökü, root mean square) ivme sonuçlarının değerlendirilmesini tanımlamaktadır.

Titreşim sadece el-kol düzeyinde olabileceği gibi bütün vücudu da etkileyebilir. Titreşim türleri; sürekli ve sabit yoğunluklu titreşimler, şok darbe etkili titreşimler ve rastlantısal titreşimler olarak üç gruba ayrılabilir (Buğdaycı vd. 2004). Titreşimin insan vücuduna etkisini inceleyebilmek için, Şekil 1.1’ deki koordinat sistemi geliştirilmiştir. Bunlardan X-ekseni sırt-göğüs, Y-ekseni omuzdan-omuza, Z-ekseni ayak-baş doğrultusunda olan eksendir (Melemez ve Tunay 2010).

Titreşim ölçümünde el aracı kullananlarda elin aracın sapını kavradığı yerden, tüm vücut titreşimi sürücünün oturduğu koltuğun oturma yastığının üzerinde yapılır. Tüm vücut titreşimi çeşitli tipteki endüstriyel makineler ile tüm nakliyat araçları tarafından meydana getirilir (Griffin 2006). Titreşim ölçümünde titreşim duyusunu ölçen araç (ivmeölçer), teyp, frekans

analizatörü, frekans ağırlıklandırma ağı ve gösterge birimi ( yazıcı ya da kaydedici) gereklidir (Charlton 2002).



Şekil 1.1 İnsanı etkileyen titreşimlerin X, Y ve Z eksenleri (South 2004).

Titreşimi değerlendirebilmek için titreşimin ivmesini ölçmek yeterli değildir. Gürültünün algılamasında olduğu gibi, titreşimde de aynı şiddetteki titreşimler farklı frekanslara sahip iseler, kişiler tarafından farklı algılanır ve değerlendirilirler. Eş değerli olarak algılanan titreşimler, frekanslarına bakılmaksızın aynı K değeri ile gösterilir. Kişilerin farklı vücut konumlarında farklı yönlerdeki titreşimlerden hangi frekanslarda eşdeğer düzeyde etkilendikleri deneyler ile tespit edilir. Örneğin Z-yönündeki titreşimler için  $K=0$  (titreşim algılama eşiği) ve  $K=112$  titreşim değerlendirme düzeyleri elde edilir. Avrupa Birliği ülkelerinde iş kurallarına göre, çekici araç sürücü koltuğunda  $K=25$  en büyük değer olarak kabul edilmiştir (Babalık 2005).

Titreşim enerjisinin büyük oranda olması subjektif yüklenme sonucu fizyolojik ve psikolojik zorlanmayı arttıracığı gibi bireylerde verimliliğin düşmesine, kronik sağlık yakınmalarına (nefes alma şikâyetleri, konuşma ve görme zorlukları, vücutta ve eklemlerde ağrılar) ve hatta kalıcı bir takım rahatsızlıklara neden olmaktadır. Zamana bağlı titreşimleri belirleyen büyüklükler, titreşim yolu (m), titreşim hızı ( $\text{ms}^{-1}$ ), titreşim ivmesi ( $\text{ms}^{-2}$ ) veya titreşim darbesi ( $\text{ms}^{-3}$ ) olarak ifade edilmektedir ve ölçülebilen büyüklüklerden oluşmaktadır (Gülçubuk 1996). Titreşim etkilerinin değerlendirilmesinde genellikle ivme ölçülür. Bunun nedeni rahatsız edici en büyük niceliğin ivme olmasıdır (Saral 1976; Çay 2006).

Titreşimle konfor arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak için sistematik olarak yapılan deneysel çalışmalar, kişilerin rahatsızlığını tanımlama yargılarının hangi çeşitteki titreşimlere göre değiştiğini belirlemeye yönelmiştir. Genel anlamda insanlara etki eden titreşimlerin etkilerini üç ana grupta toplamak gerekmektedir. Bunlar, titreşimlerin konforu engelleme, titreşimlerin insan hareketlerini engelleme, titreşimlerin insan sağlığını engelleme seviyeleridir. İnsandaki konforsuzluk hissi kişinin maruz kaldığı enerji seviyesi ile artış göstermektedir. Titreşim sinyallerinin ivme değeri, bu enerjiyle orantılı bir enerji olup, meydana gelen konforsuzluğu ölçmek için kullanılmaktadır (Demirdağ 2003).

#### **1.4 TİTREŞİMLERİN SINIFLANDIRILMASI**

Titreşim problemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

**1. Sönümsüz ve sönümlü titreşimler:** Eğer sistemde sürtünme veya benzeri dirençler sebebi ile enerji kaybı ve sönümüne sebep olacak bir etki yok ise titreşim problemi sönümsüz (undamped) olarak adlandırılır. Eğer sistemde sönüm mevcut ise sistem sönümlü (damped) olarak adlandırılır. Titreşim problemlerini incelerken sönüm ihmal edilerek çözüm basitleştirilebilir, fakat sönüm etkileri özellikle rezonans durumu için oldukça önemlidir.

**2. Serbest ve zorlanmış titreşimler:** Eğer sistem ilk şartlar neticesinde titreşiyor ise ( $t > 0$  için sisteme etki eden dış zorlama yok) sistem titreşimlerine serbest titreşim adı verilir. Eğer sistem dış zorlama etkisi ile titreşiyor ise oluşan titreşimlere zorlanmış titreşim adı verilir.

**3. Lineer ve lineer olmayan (nonlinear) titreşimler:** Eğer titreşim yapan sistemin tüm bileşenleri doğrusal (lineer) davranışa sahip ise oluşan titreşimlere lineer titreşim adı verilir. Eğer sistem elemanlarından herhangi biri doğrusal olmayan davranışa sahip ise oluşan titreşimlere lineer olmayan (nonlinear) titreşim adı verilir. Bu tip sistemlerin hareketini ifade eden diferansiyel denklemler lineer olmayan formdadır. Birçok titreşim sistemi, büyük titreşim genlikleri için lineer olmayan davranışa sahiptir (Kıral 2012).

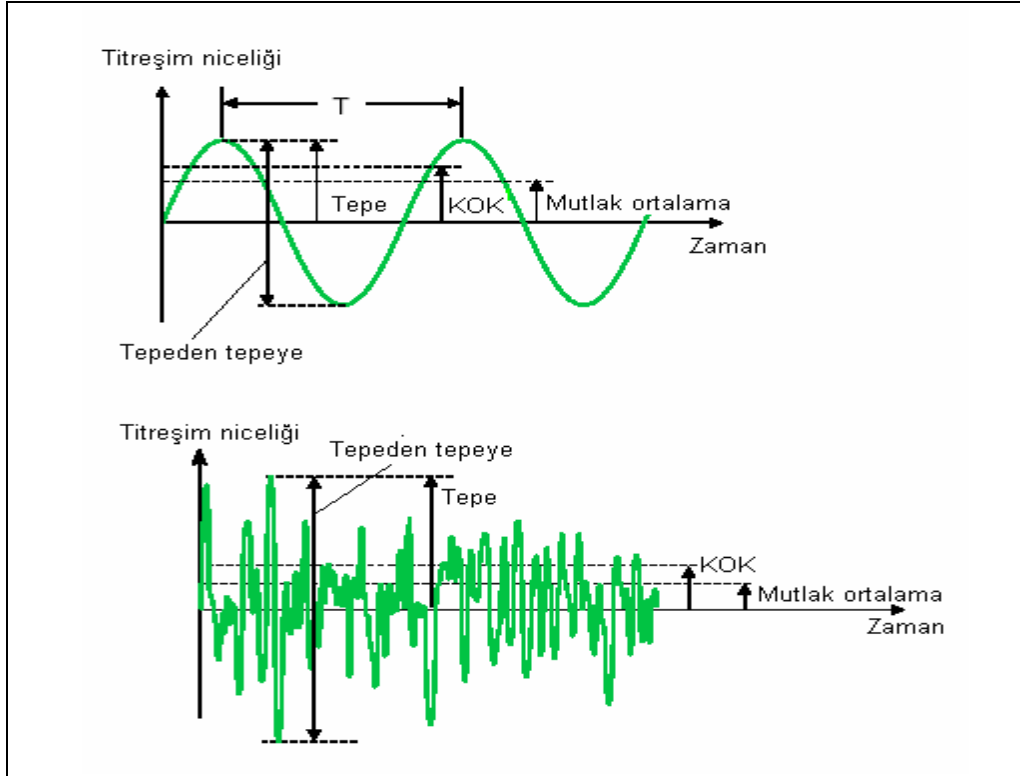
## 1.5 TİTREŞİMİN İRDELENMESİ

### 1.5.1 Titreşim Nicelikleri

Bir titreşim hareketinin nicelikleri; yer değiştirme ( $x$ ), hız ( $v$ ) ve ivme ( $a$ )' dir. Titreşim ölçümünde ve ölçümün değerlendirilmesinde bu niceliklerin aşağıda belirtilen parametreleri kullanılır (Anonymous 1982, Anonymous 1998a):

- a. Tepe değer
- b. Tepeden tepeye değer
- c. Mutlak ortalama değeri
- d. Kareler ortalamasının kare kökü değeri (KOK-RMS)
- e. Amplitüd (tepe) faktörü
- f. Periyot veya tekrarlanma oranı
- g. Süre

Bu parametreler sinüzoidal ve sinüzoidal olmayan bir hareket için Şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Titreşim niceliklerinin parametreleri (Anonymous 1998a).

Şekil 1.2' den de görülebileceği gibi, tepe değeri, titreşim hareketinin denge düzleminde (sıfır noktası) olan sapmasıdır. Tepeden tepeye değeri ise, hareketin pozitif ve negatif bölgelerindeki tepe değerleri arasındaki boyuttur. Mutlak ortalama ve kareler ortalamasının karekökü (KOK-RMS) parametreleri Eşitlik 1.1 – 1.2 ile hesaplanır (Anonymous 1998a).

$$x_{ORT.} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt \quad (1.1)$$

$$x_{KOK} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \quad (1.2)$$

Burada;

$x_{ORT.}$  : Titreşim niceliğinin mutlak ortalaması,

$x_{KOK}$  : Titreşim niceliğinin kareler ortalamasının karekökü,

$T$  : Numune alma süresi (s)'dir.

Amplitüd faktörü yada tepe faktörü ise, Eşitlik 1.3 ile hesaplanır (Anonymous 1998a):

$$\text{Amplitüd Faktörü} = \frac{\text{Tepe}}{\overline{x_{KOK}}} \quad (1.3)$$

Sinüzoidal harekette ise, tepe ve KOK değeri arasında Eşitlik 1.4 ilişkisi vardır (Griffin 1997):

$$X_{KOK} = \frac{\text{Tepe}}{\sqrt{2}} \quad (1.4)$$

Bu niceliklerden KOK değeri en geçerli ölçüm parametresidir. Çünkü doğrudan doğruya titreşim hareketinin enerji içeriğini verir ve bundan dolayı titreşimin zarar verme etkisi hakkında bilgi sahibi olunur (Anonymous 1982).

### 1.5.2 Titreşimin Ölçülmesi

İşçilerin mekanik titreşime maruz kalmaları sonucu ortaya çıkabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmalarını sağlamak için alınması gerekli önlemleri belirlemek amacı ile

periyodik olarak titreşimin olduğu yerlerde ölçümlerin yapılması **TİTREŞİM YÖNETMELİĞİ' NE** (ÇSGB 2003) göre zorunludur. Buna göre;

### “Maruziyet Sınır Değerleri ve Maruziyet Etkin Değerleri

**Madde 5** — Maruziyet sınır değerleri ve maruziyet etkin değerleri:

#### **Bütün vücut titreşimi için;**

- 1) Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri  $1,15 \text{ m/s}^2$ ,
- 2) Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri  $0,5 \text{ m/s}^2$  olacaktır.”

İnsanlar 1 Hz ile 100 Hz arasındaki titreşimleri algırlar. Bir başka deyişle, insan vücuduna belirgin etkisi olan titreşimin frekansı 1 Hz ile 100 Hz arasındadır.

İşçinin bütün vücut titreşimine maruziyeti Titreşim Yönetmeliği Ek' inin B bölümünün 1 inci maddesinin hükümlerine göre değerlendirilecek veya ölçülecektir. Ayrıca yönetmeliğe göre titreşim ölçüm parametresi mm/s cinsinden titreşim hızı tepe değeridir.

Şekil 1.3' te görüldüğü üzere, titreşim ölçümünde titreşim duyusunu ölçen araç (ivmeölçer), teyp, frekans analizatörü, frekans ağırlıklandırma ağı ve gösterge birimi (yazıcı ya da kaydedici) gereklidir (Charlton 2002).



Şekil 1.3 Titreşim ölçümünde kullanılan 4447 Brüel&Kjær marka titreşim ölçer cihazı (Orjinal 2012).

Algılayıcı tarafından alınan elektriksel sinyaller yükselticiden ve filtreden geçerek işlemciye iletilir. İşlemci, titreşim ölçümü için tasarlanmış donanım ve yazılımdan oluşur. İşlemcide değerlendirilen veriler son olarak, bir titreşim ölçüm cihazının ekranına yansır veya uygun paket programı vasıtasıyla bilgisayara aktarılır. Bu şekilde ölçülen titreşim değerleri, ergonomik ve konstrüktif gereksinimlere uygun olarak hazırlanmış uluslararası standart ve geçerliliği ispatlanmış yöntemler kullanılmak suretiyle değerlendirmeye tabi tutulur.

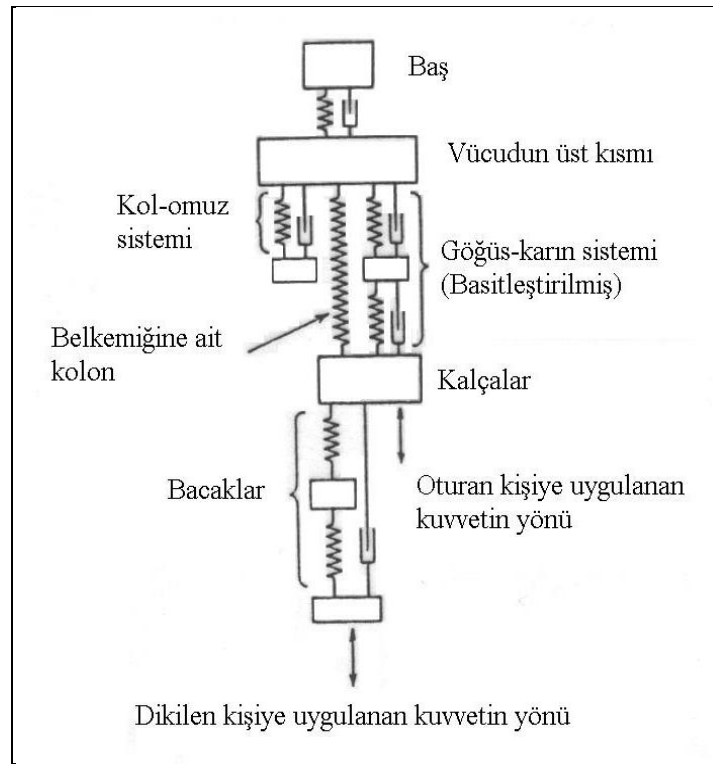
## **1.6 TAŞITLARDAKİ ŞOK VE TİTREŞİMLERİN NEDENLERİ**

Taşıtlardaki şok ve titreşimlerin iki ana kaynağı vardır. Birincisi iç kaynaklar, ikincisi de dış kaynaklardır. Taşıtta titreşime neden olan iç kaynaklar; motor, güç iletim sistemleri (vites mekanizması, debriyaj, diferansiyel) ve tekerlek-lastik tertibatıdır (Engelhardt vd. 1961). Bu mekanik sistemler her ne kadar titreşim yaratsalar da günümüz teknolojisi ile çok iyi sönümlenebilmişler ve taşıt içindeki kişilere ve mallara zararsız hale indirgenmişlerdir. Kişileri rahatsız eden taşıt titreşimleri, dış kaynaklı olan yani yolun pürüzlülüğünden ortaya çıkan taşıt titreşimleridir. Taşıtın sürüş karakteristiği üzerinde de en etken titreşim kaynağı taşıtın gittiği yolun pürüzlülüğüdür (Karaçay vd. 2003). Genelde yoldan kaynaklanan bu titreşimlerin iyileştirilmesi ana problemi oluşturmaktadır. Yoldan gelen uyarılar, tekerleklerden gövdeye, yay ve sönüm elemanları üzerinden geçerler. Taşıt içinde oturan kişi ile taşıt gövdesi arasında da yine yay ve sönüm elemanlarından oluşan koltuk sistemi bulunmaktadır (Er vd. 2006).

## **1.7 ERGONOMİK AÇIDAN TAŞIT TİTREŞİMLERİ**

İnsanlar çeşitli nedenlerden kaynaklanan mekanik titreşimlere maruz kalmaktadırlar. İnsan açısından rahatsızlık verici bu durumun iyileştirilmesi amacıyla son yıllarda pek çok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalardan birisini gerçekleştiren Rakheja ve Sankar' a göre (1983), sürekli olarak bozuk arazilerde geniş spektrumlu düşük frekansa maruz kalan kamyonlarda, traktörlerde ve diğer arazi taşıtlarında çalışan kişilerde hem fiziksel sağlık sorunlarına hem de psikolojik rahatsızlıklara rastlanmaktadır. Çalışan kişiler açısından, ortaya çıkan bu sorunların giderilmesi son derece önemlidir. İşçilerin, çalışma alanlarını ve kullandıkları aletlerin, en uygun şekilde dizayn edilmesi çalışmalarını yönlendiren bir bilim dalı olan ergonomi taşıt titreşimleri ile de yakından ilgilenmektedir (Weaver 1991). Traktör, kamyon ve diğer yol dışı taşıtlarda çalışanların titreşimden çok fazla etkilenmelerinin sebebi taşıt-oturak-sürücü

sisteminin bağımsız doğal titreşim frekanslarının birbirlerine çok yakın değerlerde olmasından (2-8 Hz) kaynaklanmaktadır. Belirlenen bu zıt titreşimlerin kaynağı motor veya hareket iletim sistemleri değil lastik ile yol arasındaki uyumsuzluktan oluşmaktadır (Bölükoğlu ve Kunst 1988; Goldman ve Gierge 1961). Mekanik titreşimler; sürücü koltuğu, vites ve pedallar üzerinden sürücüye intikal eder. Bu titreşimlerin yoğunluğu, frekansı kadar süresi de önemlidir. Burada baz olarak ele alınan insanın kendisi olduğuna göre öncelikle insan vücudunun bazı özelliklerini bilmemize gereksinme vardır. Vücut hiç bir zaman katı bir kütle olarak düşünülemez. Vücut, epey karmaşık, farklı kütlelerin oluşturduğu, yaylanma etkisi, sönümleme etkisi ve doğal frekansları farklı olan elastik bir sistemdir (Bölükoğlu ve Kunst 1988). Şekil 1.4' te gösterilen sistem düşük frekanslı titreşimlere maruz kalan insanın bu titreşimlere karşı olan cevabının tanımlanması için yeterlidir. Bununla beraber, sistemdeki elemanlara sayısal değer vermek zordur, çünkü ele alınan kişinin vücut tipi, durumu, kas kuvveti ve uyarılara karşı tepkileri genelde farklıdır (Goldman ve Gierge 1961).



Şekil 1.4 Düşey yönde düşük frekanslı titreşime maruz kalan, ayakta dikilen bir insanın vücudunun basitleştirilmiş mekanik sistem tasarımı (Goldman ve Gierge 1961).

Özellikle düşük frekans aralığında, uzun süreli ve düşey yönde etkiyen taşıt titreşimlerinin insan üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu olumsuz etkilerin ortadan



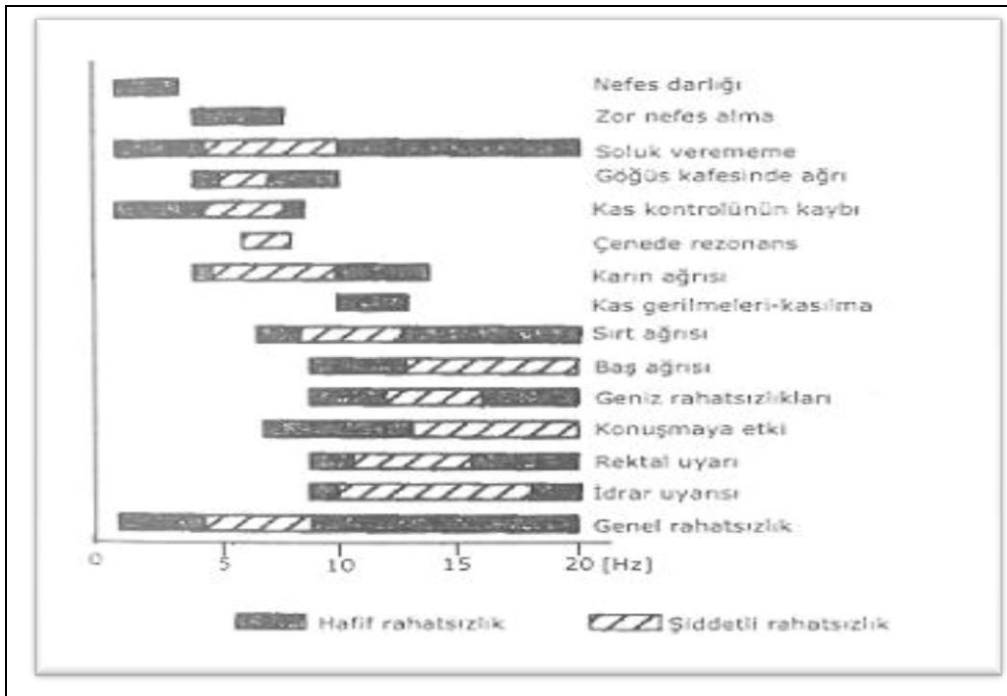
kaldırılabilmesi için sönümleme sistemlerinin ve sürücü koltuğunun iyileştirilmesi gerekmektedir (Er vd. 2006).

## 1.8 TİTREŞİMİN VÜCUT VE ORGANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Makinelı üretim sistemi, insan-makine-ortam gibi üç öğeden oluşur. Mekanizasyonun tarihsel gelişimi içinde üretim sisteminin en önemli ögesi insan, uzun süre ihmal edilmiştir. Bu nedenle, bir yandan sistemin gerçek ekonomik dengesi kurulamamış, diğer yandan insanın sosyal, fizyolojik ve psikolojik özellikleri korunamamıştır (Özgener 2002).

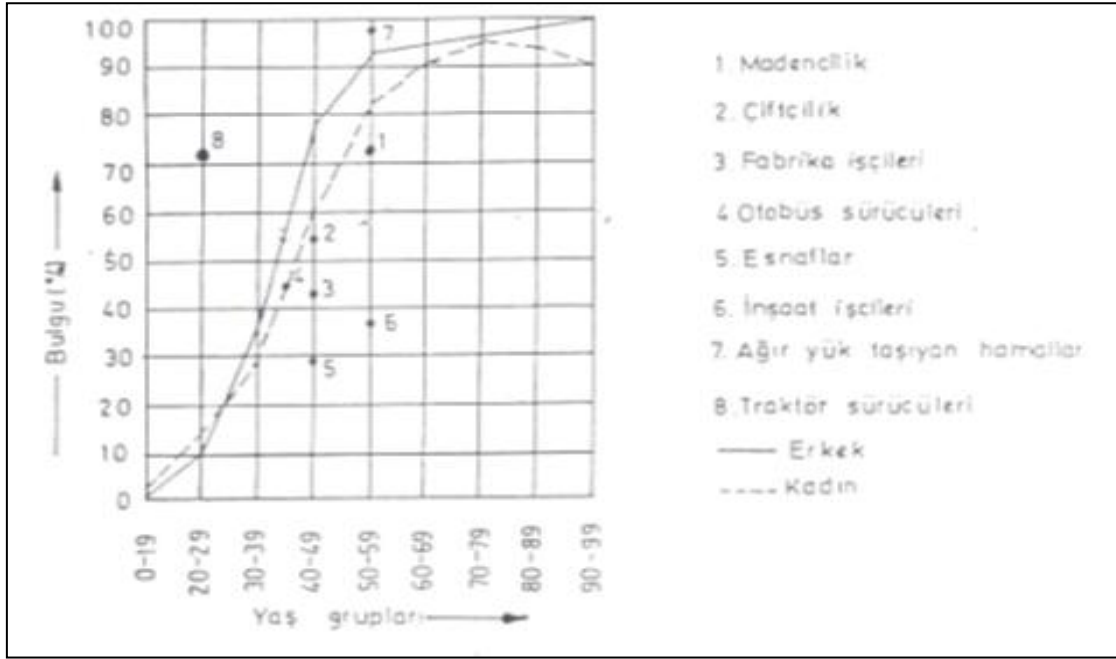
Ergonomik açıdan traktör, tamburlu (çekici) traktör ve kamyon sürücülerini etkileyen en önemli faktörler; gürültü, toz, sıcaklık, titreşim, denetim organlarının araç içerisindeki yerleşimi gibi faktörler olarak ifade edilebilirken bunlar arasından titreşim etkisi önem arz etmektedir. Diğer faktörler için alınabilecek koruyucu önlemler daha basit bir çalışma gerektirirken, titreşim etkisini azaltmak için uygulanacak önlemler ise daha sistemli bir çalışma gerektirir.

Aşağıda farklı frekanslarda titreşime maruz kalan insanlar üzerinde oluşabilecek rahatsızlıklar ve sınır değerleri sunulmuştur (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Farklı frekanslardaki titreşimin neden olduğu rahatsızlıklar (Babalık 1988).

Titreşim faktörün etkili olduğu ve çeşitli meslek sahiplerine göre omurga deformasyonlarının oluştuğunu kanıtlayan bulgular ise Şekil 1.6' da verilmiştir.



Şekil 1.6 Çeşitli meslek sahiplerine göre omurga deformasyonlarının oluştuğunu kanıtlayan bulgular (Babalık 1988).

20-29 gibi genç yaşlarda traktör sürücülerinin % 71' inde saptanan omurga deformasyonları ve neden olduğu rahatsızlıklar, diğer mesleklerde hem yaş hem de oransal özellikler yönünden bu denli olumsuz değildir. Maden işçilerinde, yaklaşık 51 yaşında % 70 oranındaki bu rahatsızlık, fabrika işçisi ve inşaat işçilerinde sırasıyla 40-45 ve 51 yaşlarında ve oransal olarak daha küçük değerler göstermektedir. Omurga rahatsızlıklarının nedeninin, sürücüye taşıttan iletilen titreşimler olduğu birçok çalışmayla saptanmıştır. Bunu ispatlar nitelikteki klinik çalışmalarda açığa çıkan bir takım gerçekler ilgi çekicidir. Örneğin, çalışma zamanının yarıdan fazlasını bir motorlu taşıtı kullanarak geçiren birisinin üzerinde yapılan klinik çalışmada sırt ağrılarında diğer insanlara nazaran daha fazla şikayetçi olduğu ortaya çıkarılmıştır (Troup 1988; Frymoyer vd. 1980; Dupuis ve Zerlett 1987; Seidel ve Heide 1986; Bovenzi ve Zadini 1992; Bovenzi ve Betta 1992). Olayın temel nedeni taşıttan sürücüye iletilen titreşimlerle insan vücudu doğal titreşim frekanslarının birbirine çok yakın veya aynı değerlere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Titreşim ortamıyla insan vücudu arasındaki bu frekans çelişkisi traktör ve diğer yol dışında çalışan makinelerde de artarak önem kazanmaktadır. Çünkü düzgün yol yüzeylerinde hareket eden otomobil ve kamyon gibi taşıtların, çalıştıkları yüzeyin düzgünlüğünün yanında, tekerlek, aks, çatı vb. değişik

organlarda yalıtım elemanı kullanma olanağı vardır. Oysaki traktörlerde en uygun yalıtım; ekonomik ve teknik sorunlar nedeniyle yalnızca traktör sürücü sandalyesinde yapılmaktadır ( Babalık 1988; Burdorf 1993; Dickerson 1991; Dupuis 1991; Seidel 1993).

Titreşimin insan üzerinde meydana getirdiği etkiler halen araştırma konusudur. Bütün vücut titreşiminin olası etkileri sağlık, rahatlık-algılama ve hareket hastalığı (araç tutması) başlıkları altında incelenmektedir (Anonymous 1997; Griffin 1997). Uzun süreli ve yüksek yoğunluklu bütün vücut titreşimine maruz kalan bir insan önemli sağlık riskleri altındadır. Bütün vücut titreşiminin vücudun bel ve omurga bölgesinde; sindirim, boşaltım ve üreme sistemlerinde rahatsızlıklar meydana getirebileceği veya var olan rahatsızlıkları daha da ilerletebileceği düşünülmektedir (Anonymous 1997). Etkiler, özellikle oturarak çalışma durumunda daha da artmaktadır (Bölükoğlu ve Kunst 1989; Marks 2003). Bütün vücut titreşimi rahatlık-algılama faaliyetleri üzerinde de etkilidir. Özellikle yol dışı makinelerin sürücülerinde görüsün bozulması, dikkatin dağılması, kumanda organlarına erişimin zorlaşması ve dümenleme faaliyetlerinde zorlanma gibi etkilere sebep olabilir. Bu etkiler yorulmaya sebep olur ve is kalitesini azaltır (Saral 1976).

İnsan vücudu doğal olarak, sinir sisteminin itme ve çekme hareketleriyle sabit bir titreşim üreterek çalışır. Otonom sinir sistemi tarafından kendiliğinden ayarlanan bu hareketler vücudun değişik organ ve yapı elemanlarında belirli bir frekansa sahiptir. İnsan vücudunun titreşim frekansları vücudun titreşim etkisinde dört farklı bölgesine ayrılabilir. Bu bölgeler;

- 3-6 Hz.' lik frekanslarda bel, mide,
- 20- 30 Hz.' lik frekanslarda baş, boyun, omuz,
- 60-90 Hz.' lik frekanslarda göz küreleri,
- 100-200 Hz.' lik frekanslarda bacaklara ve kollara ait rezonans frekanslarıdır (Coermann 1968).

Bunlardan insan için en olumsuzu 1. bölgedeki 3-6 Hz. arasındaki titreşim frekanslarıdır. Çünkü bu bölgedeki titreşimlere karşı insanın hem duyarlılığı yüksek, hem de bu frekanslarda titreşim yalıtım olanakları kısıtlıdır. Diğer rezonans bölgelerindeki titreşimlerin insan vücudu tarafından absorbe edilme olanağı yüksek ve kolaydır (Özgener 2002).

Makinenin hareket ettiği yüzeyden kaynaklanan titreşimler insan duyarlılığı için daha önemlidir. Çünkü insan organlarının titreşim frekansları çoğunlukla 4 Hz' de maksimum değerlere sahip olmaktadır. Bu bölgedeki titreşimlere karşı insanın hem duyarlılığı yüksek hem de bu frekanslarda titreşim yalıtım olanakları kısıtlıdır (Bjerninger 1966).

Titreşimin etkisinin anlaşılabilmesi için titreşimin bedene etki noktası, frekansı, ivmesi, etki süresi, etkilenen sistemin özgül frekansı ve rezonansından oluşan beş fiziksel büyüklüğün doğru anlaşılması gereklidir. Titreşimin insan vücuduna zararı, titreşime maruz kalınan süre, titreşim frekansı ve titreşimin insan vücudundaki etki alanı unsurlarına bağlıdır (Eratak 2007).

Titreşimin X, Y, Z eksenleri doğrultusunda ivmeleri  $a_x$ ,  $a_y$  ve  $a_z$  olarak adlandırılır. Koordinat sistemlerinin merkezi kalptir. Buna göre insanın etkilendiği mekanik titreşimler şu şekilde sınıflandırılabilir (Schmidtke 1973; Gülçubuk 1996):

- Vücudun tümüne gelen titreşimler; Bu tür titreşimler titreşen bir ortam içindeki insanı tümüyle etkilerler. Örnek olarak havada oluşan yüksek yoğunluktaki seslerin tümünün vücut tarafından algılanması gösterilebilir.
- Dokunma yüzeylerinden gelen titreşimler; Özellikle taşıtlarda ve hareketli araçlarda rastlanan bu tip titreşimlerde vücut veya organların temas halinde bulunduğu taşıyıcı yüzeylerden titreşim iletilir. Ayakta duran insanda ayaklar ve oturan insanda oturganın temas ettiği yüzeylerden titreşim algılaması gibi.
- Organlara gelen titreşimler; Bu tür titreşimler el-kol-ayak-bacak ya da baş gibi organlarla temas halinde bulunan cisimlerden iletilir. Örneğin darbeli el matkabı, motorlu testere ve havalı çekiçler, tutulan el yolu ile bu aletlerin çalışması sırasında oluşan titreşimi vücuda yayarlar.

Çalışma ortamında titreşim, boyut ve diğer bazı özelliklerine göre insanı dinlendirici (masaj sandalyesi) olabileceği gibi, insanın sinirsel gerilimini arttırabilir (ağaç testeresi) veya insanın bazı iş hastalıklarına (traktör) tutulmasının sebebi olabilir (Sabancı 1999). Kullanılan makinenin türüne göre, tüm vücut titreşimi (whole body vibration-WBV) ve el-kol titreşimi (hand-arm vibration-HAV) olmak üzere iki şekilde etkisini gösterir. Bütün vücut titreşiminde

rezonans olayı z-dikey ekseninde 4-8 Hz, y-yatay ekseninde 1-2 Hz meydana gelir. El kol titreşiminde ise rezonans 100-250 Hz' de görülür (Wasserman 1987).

Fiziksel olarak insan, farklı kitleler, yay eklemleri ve amortisörlerden (sönümlendirici) oluşan, bir titreşim sistemi olarak nitelendirilebilir. Burada mekanik titreşimlerin yol açacağı yüklenmenin boyutu, titreşim frekansına ve genliğine bağlıdır. Meydana gelen titreşimlerin insan için önemli olanları 0-100 Hz frekans alanı içindeki değerlerdir (Gülçubuk 1996).

Yüksek frekanslar el-kol, ayak-bacak organlarını da etkilediğinden titreşimler insanda fizyolojik değişmelere yol açar. Bu değişimler vücut refleksinin bozulmasına, nefes alıp vermelerde ve enerji kullanımında artışa, nabız atışlarında yükselmelere, adale yorgunluklarına, duyma duyusunun azalmasına, sinir sisteminin etkilenmesine, vücutta ağrı ve kramplara yol açar (Kaminsky 1975). Mekanik titreşime maruz kalan kişilerde görülen refleks bozuklukları ayrıca iş kazalarına da neden olur.

Makineli çalışmalarda günlük maksimum tüm vücut titreşimi maruziyet süresi ve konfor eşik değerinin tanımlanması için birçok deneme yapılmıştır. ISO 2631-1 standardı, tüm vücut titreşimi birçok frekansın değerlendirilmesi ile ilgilenir ve konfor ile sağlık açısından titreşimin önemini ortaya konmasını sağlar (ISO 1997). 2002/44/EC sayılı son Avrupa parlamento ve konsey kararnamesinde işçilerin fiziksel faktörlerden (titreşim) doğan risklerden dolayı maruz kaldıkları minimum sağlık ve güvenlik gereklilikleri de ayrıca tanımlanmıştır (EC 2002). Bu kararnamede, 8 saatlik zaman süresi referans alındığında, günlük maruziyet limit değeri,  $rms = 1,15m/s^2$  (alternatif bir titreşim değeri  $VDV = 21 m/s^{1,75}$ ), günlük maruziyet uyarı değeri  $rms = 0,5 m/s^2$  (alternatif bir titreşim değeri  $VDV = 9,1 m/s^{1,75}$ )' dir. Uluslararası standartlara göre zamana göre titreşim ivme değerleri değişimi şekillerle verilmiştir (ISO 1997; Oh vd. 2004; Griffin 2007).

Yatay ve yanal yöndeki titreşimlerin etkisi aynen düşey titreşimlerde olduğu gibidir. Ancak 0,5 Hz dolayındaki frekanslarda bunlara ilave olarak sağlık durumunu etkileyen denge bozuklukları şeklinde bir ek yüklenme ortaya çıkar.

Yatay yöndeki titreşimlerin frekansı 20 Hz ve üzerinde olması durumunda ayaklarda kramp türünde belirtiler görülür (Gülçubuk 1996).

Taşıtlarda titreşim etkisi önce yorgunluk olarak ortaya çıkmaktadır. Yorgunluk giderek sürücünün adale gerilimini artırmakta, sinir, dolaşım ve sindirim sistemlerine etkiyerek hormonal salgıların artışına neden olmaktadır (Babalık 1988). Ayrıca, çalışma yerindeki titreşimler, sırt ağrısı veya sakatlığa neden olabilir (Kelsey ve Hardy 1975; Seidel vd. 1980; Redmond ve Remington 1986; Seidel ve Heide 1986; Hulshof ve Zanten 1987; Griffin 1990; Hansson vd. 1991; Johanning vd. 1991; Cross ve Walters 1994; Magnussan vd. 1996). Çalışanlar üzerinde büyük bir risk olan titreşimin sebep sonuç etkileri çeşitli araştırmalarla sürdürülmektedir. Bu araştırmalar özellikle de bel kemiği ve sırt üzerinedir. Vücut üzerinde yükleme yapıldığında deneklerin boylarında % 1, yaklaşık 17,5 mm azalma olabileceği ifade edilmektedir (Kaigle vd. 1992; Depucky 1935). Titreşim frekanslarının şoför koltuğunun hareketlerini artırdığı ispatlanmıştır (Klingenstierna ve Pope 1987). Birçok araştırma da vücut üzerinde özellikle omurga da 4-8 Hz. aralığındaki sinüzoidal titreşim etkileri araştırılmıştır (Klingenstierna ve Pope 1987; Bonney 1988, Sullivan ve McGill 1990; Magnusson vd. 1992; Magnusson vd. 1994).

Titreşim etkisinin insan üzerindeki en önemli sağlık etkisi omurga incinmeleridir. Bu durum, çok yaygındır. Ağır kaldırma ve uzun periyotlarda iyi dizayn edilmemiş koltuklarda oturmak da sırt incinmelerine sebep olabilir. Bazı durumlarda titreşim ve yanlış duruş bir aradadır. Örneğin, traktör sürücülerini oldukça yüksek tüm vücut titreşimine maruz kalmalarının yanında çoğunlukla düzgün olmayan koltuklarda, yanlış oturma durumunda bulunurlar (South 2004).

Toplumun çeşitli kesimlerinde bel rahatsızlığı o kadar yaygındır ki, birçok ülkede yapılan istatistiklere göre doktora müracaat nedeni olarak bel ağrısı soğuk algınlığından sonra ikinci sırayı almaktadır. İnsanların yaklaşık % 80' i hayatları boyunca en az bir defa bel ağrısı ile karşılaşmaktadırlar.

Bel rahatsızlığına her yaş grubunda rastlamak mümkündür, fakat bel fitiği orta yaşlarda daha sık görülür. Hareketsiz bir iş ve hayat tarzı, daha çok oturarak çalışmak, şişmanlık, ağır şeyler kaldırmak, mücadele sporları, bilinçsiz spor yapmak, yanlış oturuş ve duruş alışkanlığı, mesleğini sevmeme, huzursuz bir ortamda ve stres içinde yaşama, sigara ve alkol kullanma, uzun süre otomobil sürme, bedensel faaliyetlere ısınmadan başlamak birer risk faktörüdür. Bu risk faktörleri bir insanın günlük yaşantısında ne kadar çoksa o kişinin bel fitiğine yakalanma ihtimali de o kadar yüksektir. Hele bir de genetik olarak yatkınlık varsa bel fitiğiyle tanışmak sürpriz sayılmamalıdır.

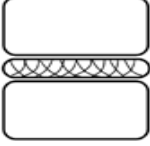
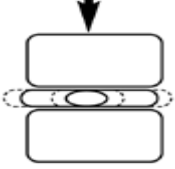
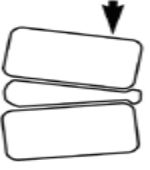
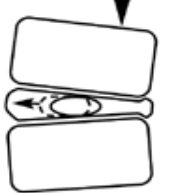
Travma, bel ve/veya bacak ağrısına yol açan önemli sebeplerdendir. Travmanın şiddetine göre zedelenme yüzeysel dokularda kalabileceği gibi derine, omurilikleri ve sinir elemanlarına kadar ilerleyebilir. Bunların çoğu zorlanma, burkulma ve incinme tarzında hafif travmalar veya aşırı egzersize bağlı ağrılar olup şikayetler ilaç ve istirahat tedavisi ile genelde bir hafta içinde geçer. Ancak omur kemiklerinde kırık ve/veya kaymaya yol açan daha ciddi travmaların tedavisi doğal olarak farklıdır.

Doğuştan gelen bir takım yapısal bozukluklar ve omurgadaki şekil bozuklukları da benzer şikayetlere yol açabilir. Bunların bir kısmı ciltte belirti verirken diğer bir kısmında dışarıdan bakınca herhangi bir anormallik gözlenmez. Muayenenin tamamen normal olabildiği bu tip vakalarda teşhis, uzmanlar tarafından yapılacak görüntüleme yöntemleriyle konur.

Omurgadaki dejeneratif değişiklikler genellikle yaşlanmaya bağlı ortaya çıkarken bazı kişilerde meslek ve genetik yapı da önemli rol oynar. Yaşlanma sonucu disk ve bağlarda oluşan aşınma, yırtılma, deformasyon ağrı yapabilir. Hastanın şişman olması dezavantajdır. Bazen eklemlerin kalınlaşması, kireçlenme ve diskin dejenerasyonu ilerleyerek sinir elemanlarının geçtiği kanal ve delikleri daraltır. Bu da ciddi şikâyetlere neden olabilir.

Ağır bir yükü kaldırmak veya ters bir hareket yapmak gibi pek çok dış faktörün yanında damarlardaki hastalıklar, şeker hastalığı ve sigara kullanımı, diske gelen kan akımının miktar ve kalitesinin dolayısıyla disklerin beslenmesinin olumsuz yönde etkilenmesi gibi kişiye ait faktörler de bel fitiğinin oluşmasında önemli rol oynarlar. Bel fitiğinin oluşumunda rol oynayan dış faktörlerin başında ise, günlük aktiviteler esnasında ortaya konan bilinçsiz hareketler gelmektedir. Eğilerek veya uzanarak bir yük kaldırdığımızda belde bulunan diskler üzerine binen yük simetrik değil, asimetric olmaktadır. Böyle bir durumda bel fitiğinin nasıl kolayca teşekkül edebileceğini aşağıdaki şekiller sade bir tarzda izah etmektedir (Şekil 1.7).

Belirtileri ile ilgili olarak ise; bel ve bacak ağrısı en belirgin şikâyettir. Fakat bazen bel veya bacak ağrısından sadece biri de bulunabilir. Hareket kısıtlılığı, topallayarak yürüme, vücudun bir tarafa doğru çarpılması gözlemlenebilir. Ağrıyla birlikte bacaklarda uyuşma, karıncalanma, hastalık ilerledikçe kuvvet kaybı ve incelme (atrofi) görülebilir. Sinirlere genişçe baskı yapan fitıklarda türlerinde cinsel fonksiyonlar olumsuz etkilenebilir.

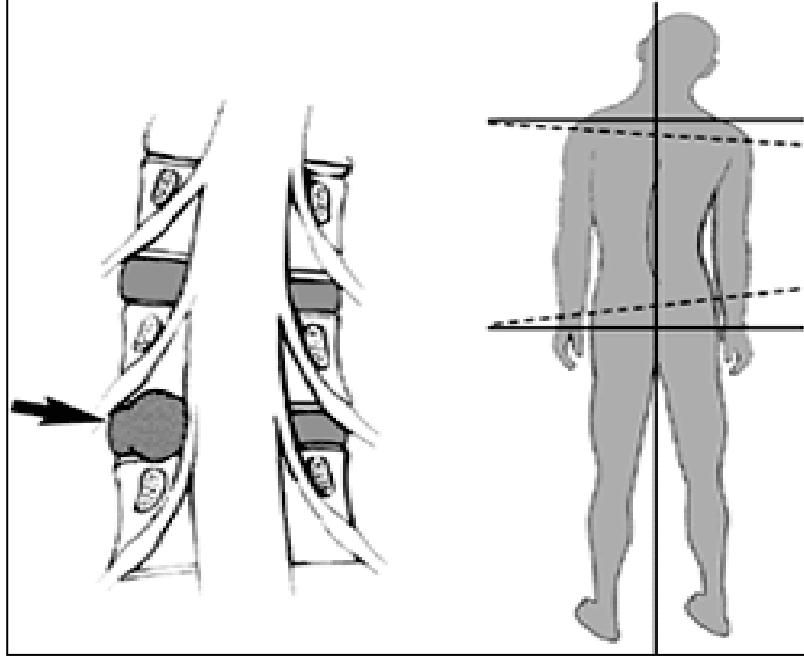
|  |  |
|--|--|
|   | <p>Diskin dış kısmını oluşturan lifler 30 derecelik açı ile sıralanırlar ve içerideki nükleus denin kısmın çeşitli kuvvetlerin etkisiyle dışarıya doğru taşmasını engellerler. Yani bu lifler bel fitiğının gelişmesine ciddi bir engel teşkil ederler.</p>  |
|   | <p>Yük diskin üzerine simetrik uygulandığında diskin iç ve dış kısımlarını meydana getiren yapılar bariz şekilde deforme olur. Fakat bu deformasyon simetrik olduğundan bel fitiği kolayca gelişemez</p>   |
|   | <p>Yük diskin üzerine asimetrik binerse, yükün uygulandığı tarafta komşu iki omur kemiği birbirine yaklaşır, aradaki mesafe daralır ve diskin kapsül kısmı deforme olarak dışarıya doğru taşar.</p>  |
|  | <p>Diskin içindeki nükleus denin kısım ise maruz kaldığı basıncın etkisiyle karşı kenara doğru gitme eğilimindedir. Halbuki karşı kenarın dış kısmını oluşturan lifler bu pozisyonda gerilmiş ve zayıf düşmüşlerdir. Bu durumda asimetrik olarak uygulanan yük nükleusun karşı taraftan dışarıya taşmasını, yani bel fitiği teşekkülünü kolayca gerçekleştirecektir.</p> |

Şekil 1.7 Bel fitiğinin teşekkül etme şekli (URL-1).

Bazen orta hattın omurilik kanalına doğru uzanarak sinirleri sıkıştıran büyük bel fitiklerinde ağrının yanında idrar ve büyük abdestini tutamama veya yapamama gibi rahatsızlıklar ile bacaklarda felce doğru gidiş, süvari yaması tarzında (oturak civarında) duyu kaybı ve cinsel fonksiyon bozuklukları ortaya çıkabilir. Bu klinik tabloya kauda ekuina sendromu adı verilir.

Omurilik kanalı dar olan hastalarda küçük orta hat fitikleri bile benzer şikayetlere yol açabilir. Hastalığın bu derecede ilerlemesine müsaade edilmemeli, zamanında müdahale ile uygun bir tedavi gerçekleştirilmelidir. Gelişmiş bir bel fitiği sinir kökünü sıkıştırdığı için hasta ağrısını azaltmak üzere vücudunu yana doğru eğmektedir (Şekil 1.8).

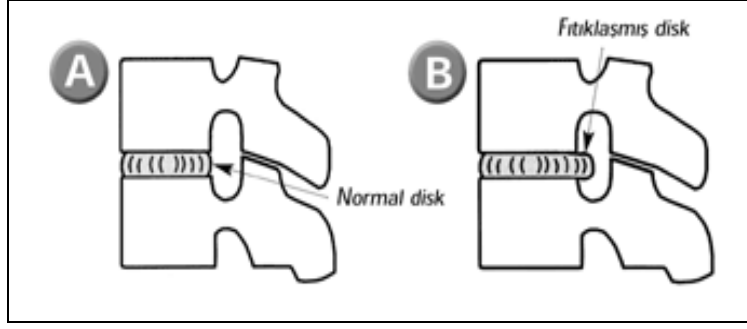




Şekil 1.8 İlerlemiş bel fitiğında insan vücudunun ağrıyı azaltmak için aldığı pozisyon (URL-2).

Özellikle insan için en olumsuz olan 1. bölgedeki titreşimlerin etkisine bağlı ortaya çıkan ve ormancılık üretim işlerinde de yoğun olarak kendini gösteren bel ve sırt rahatsızlıkları ile ilgili olarak rahatsızlıkların nasıl ortaya çıktığı konusunda şu bilgiler verilebilir; belimizde 5 adet omur kemiği vardır. Bu kemikler arasında da disk adı verilen kıkırdaklar bulunur. Disk, özel bir bağ dokusu organıdır ve omurganın dayanıklılığına, hareketliliğine ve zorlamalara karşı dirençli olmasına, omurgaya uygulanan şok şeklindeki darbelerin emilmesine ve kuvvetin çevre dokulara dengeli bir şekilde dağılmasına hizmet eder.

Bel fitiği, beldeki omur kemikleri arasında bulunan ve adeta bir amortisör gibi görev yapan bu disklerin fitiklaşması sonucu ortaya çıkan bir rahatsızlıktır. Disklerin iç kısmında nükleus pulpozus denen jöle kıvamında yumuşak bir bölüm, bunun dışında anulus fibrozus adı verilen daha sert bir fibröz tabaka, omur kemiklerine bakan yüzlerde ise her iki tarafta son-plak olarak adlandırılan kıkırdak yapıları vardır. Dıştaki tabakanın anatomik bütünlüğünün bozularak içerideki yumuşak kısmın dışarıya doğru taşmasına fitiklaşma denir (Şekil 1.9). Fitiklaşan yani dışarıya doğru taşan disk, omurilik kanalı (spinal kanal) içinden veya kendisinin arka-yan tarafından geçmekte olan sinirleri sıkıştırır ve hastalık böylelikle kendisini belli eder. Ayrıca fitiklaşmış diskten ortama salınan bazı kimyasal maddeler de sinir köklerini etkileyerek ağrıya neden olurlar.



Şekil 1.9 Omur kemiklerine yandan bakıldığında normal omurilik kanalının içine fitiklaşmış disk (URL-3).

Aşağıda manyetik rezonans fotoğrafında ise gelişmiş bir bel fitiği ok ile gösterilmektedir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10 Gelişmiş bir bel fitiğinin manyetik rezonans fotoğrafında görünümü (URL-3).

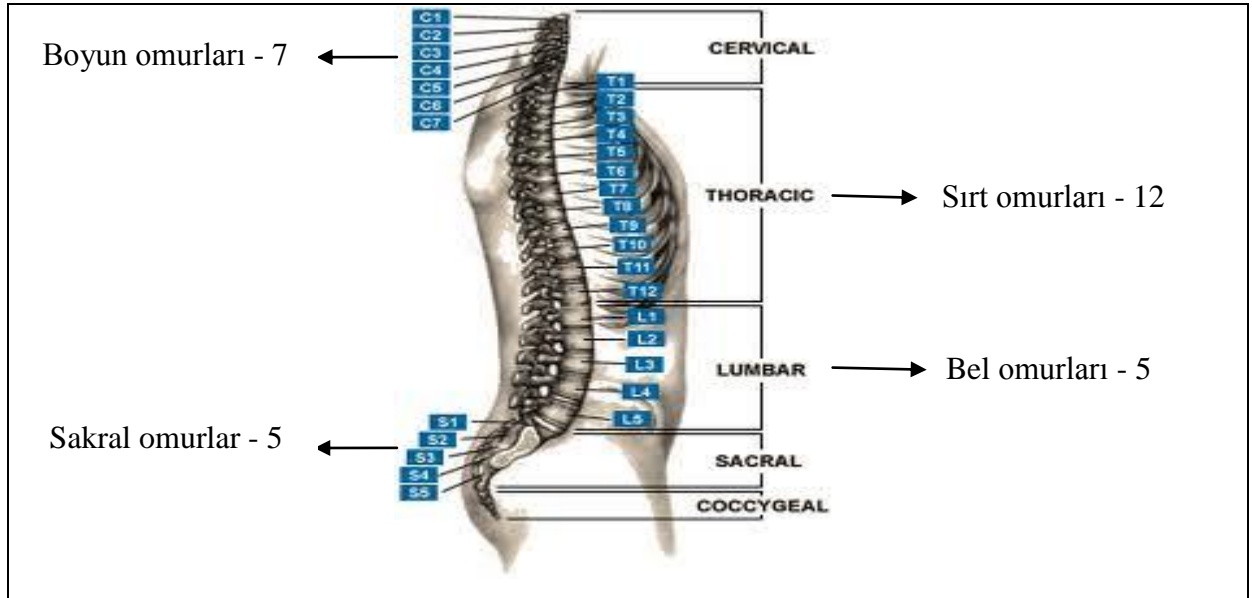
Titreşimin uzun zaman sonra ortaya çıkan zararları olarak refleks azalması, görme bozukluğu, konsantrasyon azalması, beceri kaybı, kan basıncının yükselmesi ve kalp atış sayısının yükselmesi sayılabilir (Yıldırım 1988). Traktör kullanıcıları diğer teknolojik uygulamalarda ve mesleklerde olduğu gibi, titreşimin bazı olumsuz özelliklerinden dolayı ciddi boyutlarda omurga ve mide rahatsızlıkları ile karşı karşıyadır. Uzun süre yüksek oranda titreşime maruz kalan operatörlerin iş performansı ve konsantrasyonu olumsuz yönde etkilenmektedir (Coleman ve Remington 2005; Ridley ve Channing 2008). Genel olarak tüm vücut titreşiminin vücuda etkileri; algılama eksikliği, konforsuzluk, görüşte azalma, motor sinirlerinin görevinde aksama, bel kemiği hasarı, sindirim sistemi ve üreme sistemi zararları olarak sayılabilir (South 2004). Titreşim insanın fizyolojik özelliklerine de olumsuz etkilerde

bulunmaktadır. Bu etkiler; kalp atış hızı, kan basıncı, solunum, metabolik faaliyetler ile görüş yeteneği ve refleksler üzerinde olumsuzluklar olarak özetlenebilir (Hansson ve Wikström 1979).

## 1.9 BEL FITİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KLİNİK BELİRTİLER

Bel ağrısı yakınması olan bir hastada tanı koyabilmek için omurganın statik ve kinetik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bel ağrıları lokal ya da sistemik pek çok hastalığa bağlı ortaya çıkabileceğinden dikkatli bir öykü, tam bir sistemik muayene, nörolojik muayene ve özel bazı testler uygulanmalıdır (Başgöze 2000).

Lomber disk hernileri % 95 gibi yüksek bir oranda L5-S1 ve L4-L5 seviyelerinde görülür. Daha az oranda L3-L4 ve diğer seviyelerde herniasyona rastlanır (Şekil 1.11). Herniasyonun L5-S1 ve L4-L5 hareket segmentlerinde fazla olması; bu seviyelerde yüklenmenin daha fazla, santral kanal çapının daha dar ve en hareketli segmentler olmalarına bağlanır (Oğuz 2004; Barr ve Harrast 2007).



Şekil 1.11 Omurgayı oluşturan dört anatomik bölgenin gösterilişi (URL 4' ten değiştirilerek).

Klinik olarak hastaların en önemli yakınması lokalize bel ve eşlik eden bacak ağrısıdır. Yavaş gelişen yaygın, batıcı, hareketle artan, istirahatle azalan, belde ve etkilenen sinir kökünün anatomik dağılımına uygun olarak bacağa yayılan bir ağrıdır (Müslümanoğlu 2002). Ağrı öksürme, hapşırma, ıkınma ve bel hareketleri ile artar. Yatmakla, lomber lordozun

desteklenmesiyle, ekstansiyon hareketi ile hafifler. Hasta, ağrı ile birlikte bacaklarda parestezi, kaslarda kuvvetsizlik ve atrofiden yakınabilir (Müslümanoğlu 2002; Kırış ve Tutantan 1998).

**Nörolojik muayene:** Lomber bölgenin nörolojik muayenesi alt ekstremitelerde kas kuvveti, duyu ve reflekslerin segmental değerlendirilmesi ile yapılır. Kök tutulumuna göre klinik bulgular aşağıdaki gibidir.

1- L1 ve L2 radikülopati: L1 ve L2 kök tutulumunda muayene ile tanı koymak zordur. Genellikle tek tanı koydurucu belirti belden kasık ön yüzüne yayılan ağrı ve hipoestezidir. Motor kayıp ya da refleks kusuru saptanmaz. Düz bacak kaldırma testi (DBKT) daima negatiftir; fakat femoral sinir germe testi bazı olgularda pozitif olabilir. Lokal belirtiler tabloya eşlik eder (Dündar ve Kavuncu 2006).

2- L3 radikülopati: L3 kök tutulumunda kliniğe femoral sinir semptomları hakimdir. Ağrı uyluk ön yüzündedir fakat diz seviyesinin altına inmez. Kuadrisepte kas gücü azalır, patella tendon refleksi azalmıştır ya da kaybolmuştur. Uzun süren L3 sendromu kuadriseps atrofisine yol açar. Olguların çoğunluğunda yüzükoyun pozisyonunda bakılan femoral sinir germe testinde ağrı olabilir. DBKT negatiftir (Özcan 2000; Oğuz 2004).

3- L4 radikülopati: L4 kök tutulumunda ağrı diz seviyesinin altından bacağı anteromedial kısmına ve ayağın iç kenarına yayılır. Patellar tendon refleksi kaybolur. Kuadriseps kasında güç kaybı ve atrofi L3 sendromuna göre daha belirgindir. Tibialis anterior kas gücü genellikle azalır. L4 sendromlu hastaların yaklaşık yarısında düz bacak kaldırma testi pozitifdir (Özcan 2000; Oğuz 2004).

4- L5 radikülopati: L5 kök tutulumunda gövdede öne doğru belirgin postural deformite vardır. Ağrı lumbosakral bölgeden uyluk posterolaterale ve lateral malleole yayılır. Ağrı genellikle en şiddetli ayak bileği lateralinde hissedilir. Hipoestezi ayak baş parmağının dorsalinde saptanır. En önemli ve en sık motor kayıp, ayak ve ayak baş parmağının dorsifleksiyonunda görülür. İlerleyici motor kayıp zamanla yürüyüş bozukluklarına yol açabilir. Tibialis anterior kasındaki etkilenme zamanla ayak dorsifleksiyonunda kısıtlanmaya neden olabilir. Spesifik refleks bozuklukları görülmez (Oğuz 2004; McRae 1998).

5- S1 radikülopati: S1 radikülopati en sık görülen radikülopatidir. Ağrı ve hipoestezi bacak ve uyluğun posterior bölgesindedir. Bu segment için tipik belirti ayağın 3. ve 5. parmaklarını da içine alan, ayağın lateralinden topuğa yayılan ağrıdır. Gastroknemius–soleus ve parmak fleksör kaslarında güçsüzlük ve buna bağlı ayak plantar fleksiyonunda kayıp olabilir. Karakteristik olarak aşil tendon refleksi azalır, hatta şiddetli S1 kök basılarında geri dönüşümsüz olarak kaybolur (Özcan 2000; Barr ve Harrast 2007).

## 1.10 BEL FITIĞINDA TEDAVİ YÖNTEMLERİ

Tedavisi 4 ana başlık altında özetlenebilir:

**Yatak İstirahati:** Tedavi planında özellikle başlangıçtaki yatak istirahati çok önemlidir. Omurgalar arasında yırtılan ve omurilik ve sinirleri sıkıştıran kıkırdağın yapısı ciddi oranda su içerir. Hareketsizlik ve istirahat altında yırtılan kıkırdağın su içeriğinin emilmesiyle, kıkırdağın hacmi küçülür ve sinire olan bası azalır. İki omurga arasındaki kıkırdağdaki basınç, yatan insanda, oturan veya ayaktaki insana göre çok azdır. Görüldüğü gibi hem kıkırdağın su kaybederek küçülmesi ve bu arada omurgalara yansıyan basıncın düşük olması için, bel fitiğinin başlangıcında kesin yatak istirahati gerekir. Ancak bu istirahat çok uzun süre olmamalıdır. Aksi halde adalelerde hareketsizliğe bağlı erimeler başlar ve aktif hayata dönen kişide zorluklar yaratır.

**İlaç (medikal) Tedavisi:** Yatak istirahatine ek olarak bazı ağrı kesici ve kas gevşetici ilaçların kullanımından hastalar fayda görür. Bel fitiği nedeniyle kullandığımız bütün ilaçların uzun süreli kullanımda, özellikle karaciğer fonksiyonlarını bozmak ve mide ülseri gibi hastalıkları alevlendirmek gibi yan etkileri olabilmektedir. Kullanımları mutlak hekim kontrolünde yapılmalıdır.

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon:** Bel fitiği sonucu oluşan kas spazmı ve ödemi çözmek için kullanılır. Egzersizlerle de amaçlanan karın ve sırt kaslarının gücünü arttırarak, omurganın kemik sitemine düşen gücün dengeli dağılımını sağlamaktır. Egzersiz programı başlangıçta kısa süreli başlar. Gün geçtikçe süresi arttırılır. Ameliyat sonrasında aynı egzersiz programı kullanılmaktadır.

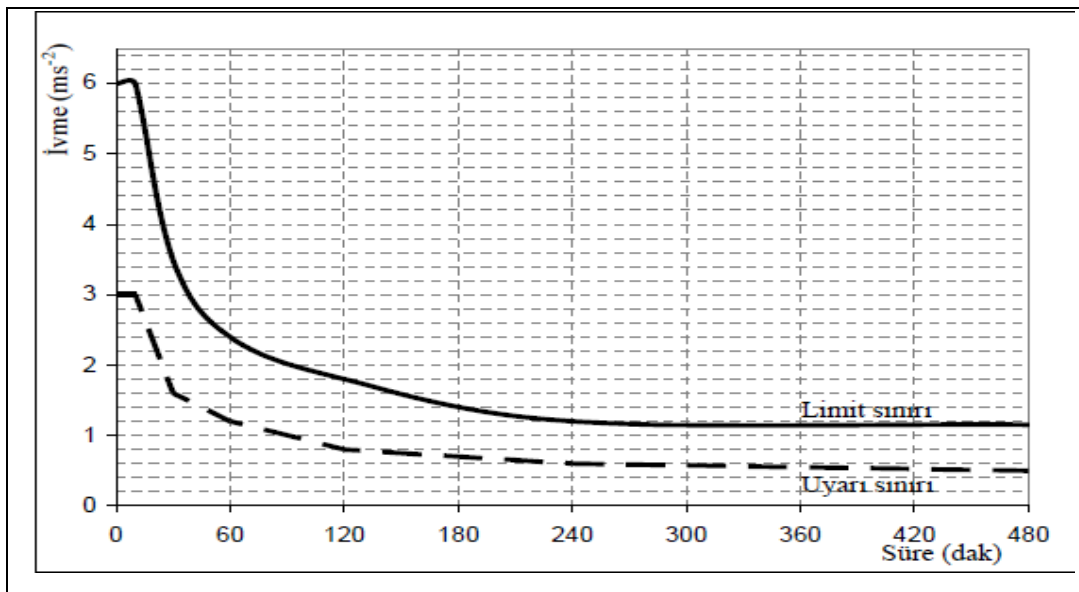
**Cerrahi Tedavi:** Yırtılan yastıkçığın, sinirlere ve omuriliğe olan basısını ortadan kaldırmayı amaçlar.

### 1.11 TRAKTÖRLERDE TİTREŞİM

Traktörler, bozuk ve engebeli arazi şartlarından kaynaklanan darbeleri emici özelliği sağlayan bir süspansiyon sistemine sahip değildir. Böylece insan vücudu sürekli düşük frekanslı titreşimlerin etkisi altında kalmaktadır. Bu titreşimlerin insan vücudunun doğal frekansına çok yakın seyretmesi ve sık sık rezonans olayının meydana gelmesiyle ortamdaki düşük frekanslı titreşim, öncelikli olarak yorulma ve dikkat kaybına, titreşim dozuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak uzun vadede önemli sağlık problemlerine yol açmaktadır.

Ayrıca, tarım traktörleri operatörlerinin yüksek seviyede tüm vücut titreşimine maruz kaldıklarına dair birçok çalışma yapılmıştır (Lines vd. 1995; Scarlett vd. 2002; Griffin 2006). Çeşitli ülkelerde traktör sürücüleri üzerinde yapılan incelemelerde bu kişilerde normalin üzerinde omurga disklerinde rahatsızlık, kronik artroz (eklemlerdeki kıkırdağın aşınması) ve mide ve bağırsak ülserine rastlanmıştır. Dupuis prostat ve hemoroid oranının da bu kişilerde yüksek oluşuna dikkat çekilmiştir.

Aşağıda ISO 1997 standartlarında, titreşim ivme-maruziyet süresi uyarı ve limit sınır değerleri verilmiştir (Şekil 1.12).



Şekil 1.12 Titreşim ivme-maruziyet süresi uyarı ve limit sınır değerleri (ISO 1997).

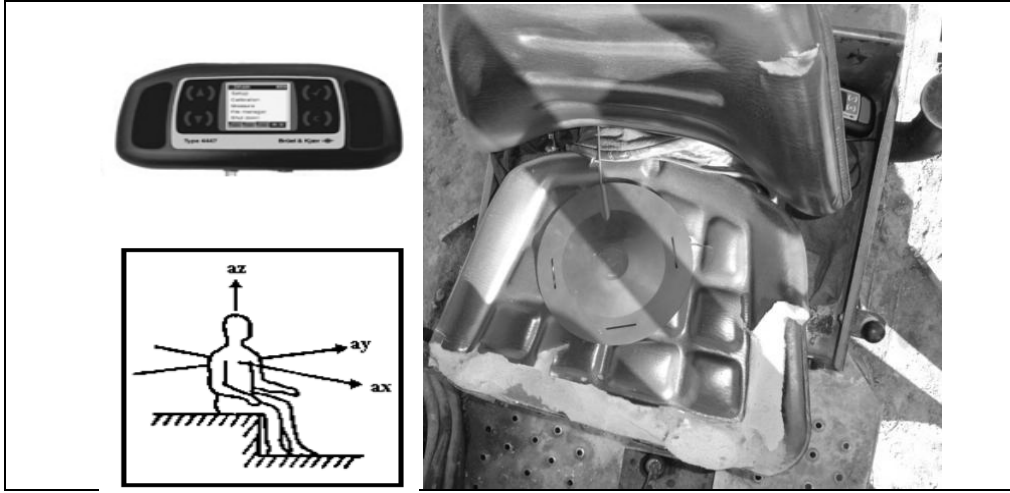
Traktörlerde titreşimler makinenin tipi, yüzey pürüzlülüğü, ilerleme hızı, güç iletim organları ve oturma yalıtım sistemi özelliklerinin etkisi altındadır. Meydana gelen titreşimler makinenin hareket ettiği yüzeyden ve motor ve hareket iletim organlarından kaynaklanan titreşimler olarak iki gruba ayrılır. Kullanıcılarda önemli sorunların nedeni, insan ve makine arasındaki titreşimlerin frekans özelliklerinin benzerliği diğer bir deyimle rezonans olayından kaynaklanmaktadır (Sabancı 1999; Oh vd. 2004).

Sürücü enerjisinin bir kısmı pedal direksiyon gibi denetim organlarının kullanımı için, bir kısmı yaşam payı için, % 40' a varan bir bölümü ise titreşimin etkisinde ortaya çıkan adale hareketiyle tüketilmektedir. Yani % 40' lık bu oran insanın titreşimlere karşı tepkileriyle tüketilir (Bjerninger 1966). Patolojik olarak x-ışınları ile yapılan bir çalışmada, titreşim etkisi ile kamyon sürücülerinde % 80, traktör sürücülerinde % 71, otobüs sürücülerinde ise % 44 oranında omurga hasarları olduğu belirlenmiştir (Rossegger ve Rossegger 1960). Titreşimin çeşitli fizyolojik etkileri vardır. Tüm vücut titreşiminde X ve Y eksenlerinde en fazla titreşime karşı en hassas olunan frekans bölgesi 1-2 Hz iken, Z ekseninde 4-8 Hz arasında değişmektedir (Bridger 1995; Gellerstedt vd. 1999).

Oturan operatörler için ölçülen taşıt ivmeleri ( $ms^{-2}$ ), forklift kamyon (0,8), standart koltuklu buldozer (0,52-0,64), taş tuğla döşeli yolda traktör (1,76-2,03), titreşim önleyici koltuklu buldozer (0,43-0,80), asfaltta traktör (1,17), yolda traktör (1,1), tarlada traktör (0,6), kepçe (0,5-2,3) şeklinde verilmiştir (Buğdaycı vd. 2004). Oh vd. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, orman yolu üzerinde düşey titreşim ivme değeri yaklaşık olarak 1,7 km/sa hızda  $1,92 ms^{-2}$  ve 5 km/sa hızda  $2,93 ms^{-2}$  bulunmuştur. Bu şartlarda, uluslararası standartlara göre limit değerleri aşmadan en fazla 1 saat çalışılabilmektedir. Yine ormancılık transport çalışmalarında engebeli arazide, yüksek hızda 12 km/sa koltuk üzerinden operatöre iletilen titreşim değeri  $1,7 ms^{-2}$  bulunmuştur ve bu şartlarda en fazla 2 saat çalışılabilir (Marsili vd. 1998).

Türkiye ormancılığında tomruk yükleyici traktörler üzerinde yapılan bir çalışmada orijinal yükleme makinelerinin toplam titreşim değerleri ortalamasının ( $rms=1,06ms^{-2}$ ) uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı ( $0,5 ms^{-2}$ ) üzerinde, tehlike sınırı ( $1,15 ms^{-2}$ ) altında, tarım traktörüne yükleme ekipmanı monteli makinelerde toplam titreşim değerleri ortalamasının ( $rms = 1,38 ms^{-2}$ ) uyarı sınırı ve tehlike sınırı üzerinde olduğu belirlenmiştir (Melemez 2008).

Traktör titreşim bileşenlerinin ergonomik açıdan en önemlisi düşey titreşimlerdir. Çünkü düşey yönlü titreşimler diğerlerinden hem niceliksel olarak daha büyük değerlere sahiptir, hem de insanın bu titreşimlere karşı duyarlılığı yüksektir. Bu nedenle çoğu araştırmalarda diğer titreşim bileşenleri ihmal edilerek düşey titreşimler incelenmiştir (Sabancı 1999). Şekil 1.13' te görüldüğü üzere traktör koltuğundan operatöre iletilen titreşim ivme değerleri koltuk üzerine yerleştirilen bir titreşim ölçüm düzeneği yardımı ile bulunmaktadır (South 2004; Melemez 2008).



Şekil 1.13 Üç eksenli ivmeölçer ile koltuk üzerinde titreşim ölçümü (Melemez 2008).

Traktör sürücüleri ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda, operatörlerin çalışma nedeniyle gastritten dolayı mide rahatsızlıkları çektikleri saptanmıştır (Rossegger ve Rossegger 1960; Sabancı 2001; Ishitake vd. 2002). Yolun neden olduğu titreşim genellikle, vücudun rezonans sınırlarında olup, bütün vücudu etkilemekte ve tüm kasların hareketine neden olmaktadır. Bunun sonucunda boyun ve omuz kasları daha kolay yorulur ve bu kasların yaptığı destek azalır. İyi tasarlanmış sürücü koltukları bu rahatsızlıkları % 70 azaltabilir (Buğdaycı vd. 2004).

## 1.12 KAMYONLARDA TİTREŞİM

Motorlu taşıtlardaki titreşimler genelde 0 ile 25 Hz aralığında olmaktadır. Titreşimin kaynağı esas olarak yoldan gelen uyarılardır. Yol pürüzlülüğünün yaratmış olduğu uyarı, tekerlekler aracılığıyla, yay ve sönüm elemanlarının filtrelemesi ile gövdeye geçer. Kamyonlarda gövdeden gelen titreşim uyarıları ise yay ve sönüm elemanları ile sürücü kabine ulaşmaktadır. Sürücü ile kabin arasında ise benzer bir şekilde yay ve sönüm elemanlarından



oluşan koltuk bulunmaktadır. Normal şartlarda, tekerlekler düşey hareketlerine ilave olarak tekerlek asılış sistemlerine bağlı kamber açısı hareketleri yaparak yan kuvvetler doğurabilmektedir. Buna bağlı olarak gövde ve kamyon sürücü kabinleri düşey-yatay, başvurma ve yalpa titreşim hareketleri yaparlar. Yol düzgünlüklerinin meydana getirdiği bu titreşimler sürücünün konforunu etkilemektedir (Güney 1992).

Motorlu taşıt endüstrisinin başından itibaren kamyonlar en önemli ticari taşıt sınıfını oluşturmaktadırlar. Yıllar geçtikçe özel ihtiyaçlara bağlı olarak kamyonlarda da farklı gereksinimler oluşmuş ve buna bağlı yeni tasarımlar oluşmuştur. Sürücü konforu önemli olarak görünse de uzun yıllar kamyon tasarımında ticari açıdan fonksiyonellik ve verimlilik ön planda yer almaktaydı.

Özellikle mesleklerinin bir parçası olarak uzun süreli yolculuklar yapan kamyon sürücüleri, zamanlarının büyük bir bölümünde araç kullanmaktadırlar. Taşıtlar içerisinde seyahat eden kişiler yol, motor veya aktarma organlarının yaratmış olduğu titreşimlere maruz kalmaktadırlar. Buna bağlı olarak, taşıt titreşimlerinin etkisi altında uzun süreler kalan sürücülerin, sağlık problemleri ile karşılaşma riski önemli ölçüde artmaktadır.

Kamyon sürüş konforu normal binek araçlardan daha serttir. Buna bağlı olarak kamyon sürücüsü daha fazla taşıt titreşimine maruz kalır ve performansı belirgin olarak etkilenir. BU nedenle kamyon sürücü kabinleri yol düzgünlüklerinin yarattığı tüm olumsuz etkileri daha iyi izole etmek için tasarlanır ve farklı durumlar için özel çözümler uygulanır (Gülerce 2006).

Yol düzgünlüklerinden meydana gelen kamyon kabini titreşimlerinin şoförlerde ciddi omurga rahatsızlıkları yaratması problem teşkil eder. Bel kemiği ve sırt üzerine yapılan araştırmalarda çalışma saatinin yarısından fazlasını bir motorlu taşıtı kullanarak geçiren birisinin sırt ağrılarında diğer insanlara nazaran daha çok şikâyetçi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bunun nedeninin titreşim olduğu açıktır. Bu titreşimin şoför sağlığını tehdit etmesinin olası nedenleri:

- Yol düzgünlüklerinin olması
- Kabin içindeki sürücü ve yolcu koltuklarının aracın şasisinde konulduğu nokta
- Aracın yay ve amortisörden oluşan süspansiyon sisteminin yetersiz olması yani aracın aldığı darbeyi yeterince sönümlemeden iletmesi

- Motor titreşimlerinin oluşturduğu genlik değişimleri olarak ifade edilebilir.

### 1.13 TİTREŞİMDEN KORUNMA

Titreşimden korunmada en iyi önlem, uygun ve doğru konstrüksiyon, iş yöntemlerinin birbirlerine uyumu ve gerekiyorsa değiştirilmesi, kullanılacak aletlerinin doğru seçimi ile titreşim emisyonunu daha kaynakta engellemek veya en azından sınırlamaktır. Titreşimden korunmak için uygulanan ikincil önlemler ise pasif önlemlerdir. Son yıllarda otomobil sürücü koltukları kadar, hatta daha fazla traktör sürücü koltuklarına önem verilmesi, operatöre iletilecek titreşim ivmesinin zararlı olarak kabul edilen  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ 'nin altına çekebilmek amacına yöneliktir (Babalık 2005). Traktörler değişik ekipmanlar ile engebeli arazi koşullarında çalıştıklarından, normal yolda hareket eden araçlardan daha fazla oranda titreşim üretirler. Ergonomik bir koltuk seçimi ile uygun çalışma duruşu, iş performansı ve fiziksel çevre şartları oluşturulmuş olur (South 2004).

Titreşimden korunmada öncelikle bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Titreşime maruz kalınan durumlar, operatör için tehlike boyutları, araç ve zeminden kaynaklanan titreşim, titreşim iletim yolu, yapılan işin titreşim özellikleri, titreşim türü, boyutu ve süresi ortaya konulmalıdır. Yine, titreşim önleyici ekipman, makinelere monteli diğer iş ekipmanı, çalışma yapılan zemin ve çalışma hızı da belirlenmelidir (HSE 2005).

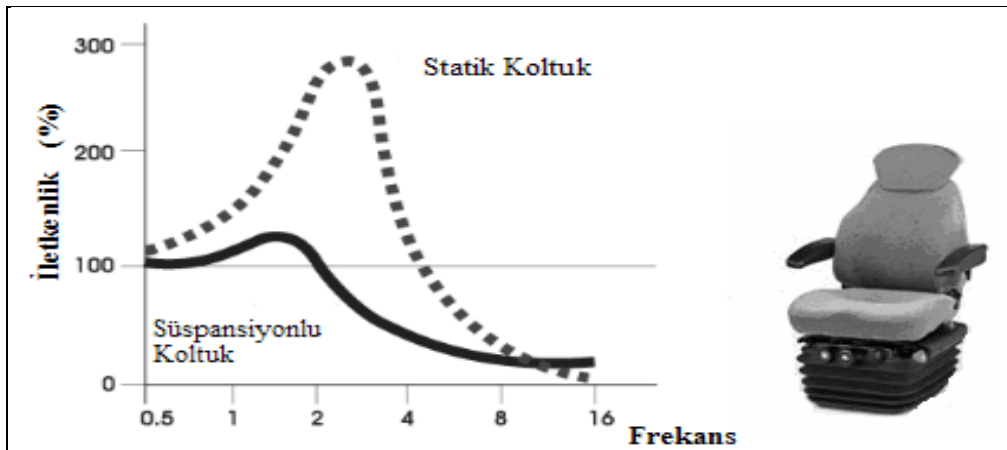
Titreşim kontrolünde operatörlerin bilgilendirilmesi ve eğitilmesinin önemli yeri vardır. Operatörler, titreşim kaynaklı muhtemel sırt ağrıları ve belirtileri, tehlikeli titreşim kaynakları, uzun süre yüksek oranda maruz kalınan titreşim, titreşime ait risk bulguları ve sınır değerleri hakkında bilgilendirilmelidir. Operatörlere yüksek tansiyonun nasıl fark edileceği, süspansiyonlu koltuk ayarlamasının nasıl yapılacağı, engelli arazide çalışma sırasında titreşime nasıl en az oranda maruz kalınacağı uygulamalı olarak öğretilmelidir (HSE 2005).

Titreşim kuvvet veya genliğinin iletimini azaltan elastik elemanlara (yay vb.) titreşim yalıtım elemanı, titreşen cismin sadece rezonans frekanslarda tepkisini azaltmak için kullanılan elemanlara ise sönümlenme elemanları denir. Titreşim yalıtım ve sönümlenme elemanlarının kullanımının tek amacı yayılan titreşim enerjisinin azaltılması ve denetlenmesidir (Dokumacı

1981). Traktör koltuklarının en önemli titreşim özelliklerinden biri olan doğal frekansa, ayarsız çelik veya lastik yayların olumlu etkisi yoktur (Sabancı 1984).

İş organizasyonu ve kişisel önlemlerle de titreşimin etkisi azaltılmaya gayret edilir. Örneğin, traktör, kamyon, inşaat makineleri gibi frekansları 2-5 Hz arasında değişen araçları 8 saatlik vardiya boyu kullananların sağlık açısından zarar görmemeleri için titreşim ivmesi  $1.15 \text{ ms}^{-2}$  yi aşmamalıdır. Titreşimin var olduğu işlerde çalıştırılacak işçiler seçilirken kesinlikle bir ön sağlık muayenesinden geçirilmeli ve omurga, mide, on iki parmak bağırsağı ve eklem rahatsızlıkları olup olmadığı tespit edilmelidir (Babalık 2005). Ayrıca titreşim etkisi altında çalışan işçiler periyodik olarak sağlık kontrolüne tabi tutulmalıdırlar. Titreşimli araç kullanan işçiler saat başı on dakika mola vermeli veya titreşimli-titreşimsiz araç dönüşümü sağlanmalıdır (Buğdaycı vd. 2004).

Araç operatörlerinde titreşimin geçirimsizliği çeşitli süspansiyon sistemleri ile önlenmeye çalışılmaktadır. Bunlar; traktör lastiği, şasi, kabin ve operatör koltuğudur (Donatı 2002). Ormancılıkta kullanılan traktörlerde operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde genel olarak makine, koltuk, lastik ve zemin etkilidir (Melemez 2008). Traktör operatörlerinde titreşimin geçirimsizliği, traktör lastiği ve operatör koltuğu ile önlenir. Lastik basıncı artışı ile traktör titreşim ivmeleri de artmaktadır (Sabancı 1984). Traktör ile zemin arasında yer alan ön ve arka lastiklerin basıncı uygun olan düşük seviyelerde tutulmalıdır. Süspansiyon sistemi işe yaramayan koltuklar yerine, otomatik kütle ayarlı ve yüksek süspansiyon sistemli koltuklar tercih edilmelidir (Çay 2006). Bazı traktör koltuklarında titreşim, sönümleme yerine artırılarak operatöre iletilmektedir (Sabancı 1981). Süspansiyonlu koltuk ile normal koltuklar arasındaki titreşim iletimi farkı Şekil 1.14' te karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



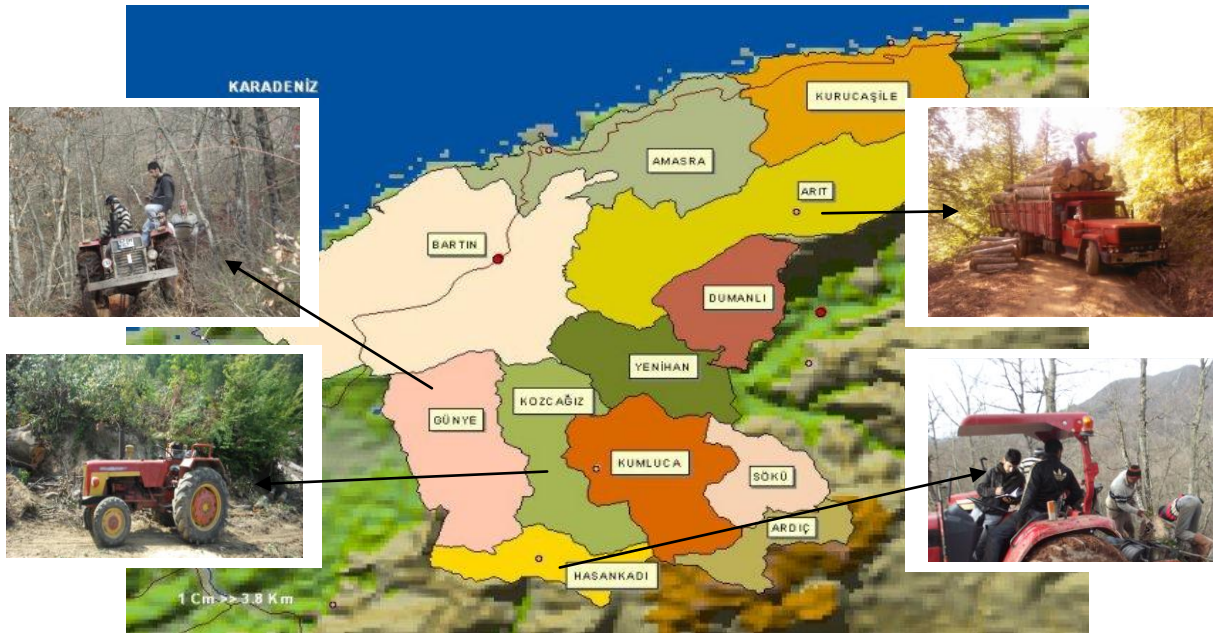
Şekil 1.14 Süspansiyonlu ve normal koltuklarda titreşim iletimi (KAB 2009).



## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, ülkemizin orman kaynakları bakımından zengin yörelerinden biri olan Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Bartın Orman İşletme Müdürlüğü' ndeki üretim ve transport araçlarının 2011-2012 üretim yıllarındaki rutin çalışmaları sırasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). İlk aşamada, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde, ormancılık üretim ve transport işlerinde kullanılan sürütücü traktör, çekici (tamburlu) traktör ve kamyon gibi üretim araçlarından yaptıkları işler sırasında operatöre iletilen titreşim değerlerinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışma kapsamında operatöre iletilen titreşimin belirlenmesi, koltuklar üzerinde yapılacak titreşim ölçümleriyle ortaya çıkarılmış ve farklı üretim araçları üzerinde yer alan mevcut koltukların zamanla yıpranmaları sonucu sönümlenme özelliklerini kaybetmeleri dolayısıyla fabrika çıkışlı sönümlenme özelliğini hiç kaybetmemiş sıfır araç koltukları alınarak mevcut ve yeni koltuklar arasında karşılaştırma yapılması planlanmıştır.



Şekil 2.1 Bartın orman işletme müdürlüğü sınırları ve araştırma alanları (URL-5' ten değiştirilerek).

İkinci aşamada ise, titreşimin operatörler üzerindeki etkisinin tespiti amacıyla, çalışan işçiler genel sağlık kontrollerinden geçirilerek, yaptıkları işin etkisi sonucu oluşan bel ve sırt rahatsızlıklarına yönelik sağlık problemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sağlık problemlerinin tespiti için önce operatörlerin alanında uzman doktor tarafından genel muayeneye tabi tutulması öngörülmüş, ardından ise radyolojik tetkikleri yapılarak bu tetkik sonuçları doktor tarafından değerlendirilmiş ve raporları hazırlanmıştır. Son olarak, ormancılıkta üretim çalışmalarının daha verimli yapılabilmesi amacıyla orman işçiliği planlaması yapılmıştır.

Ülkemizde kullanılan makinelerin genel olarak eski modellerde ve bakımsız olması, orijinal makineler yerine, yöre insanının tarım traktörüne farklı özellikte ekipmanlar monte etmesi, düzenlemesinin yapılabileceği halde pürüzlü zemin yüzeylerinde çalışmaların sürdürülmesi gibi nedenlerden dolayı operatörler titreşimin olumsuz etkilerine sürekli maruz kalmaktadır.

Ayrıca, titreşim ölçüm ve değerlendirme çalışmalarında (deneylerde) gerçek taşıtların kullanılması pek yaygın değildir. Fakat bazı araştırmalarda psikolojik etkilerin ortaya çıkarılmasında bu tür deneylerin yapılması uygun olur (Burdorf ve Swuste 1993). Bu amaçla, bu çalışmada kullanılan gerçek taşıtların üretim sezonu içerisinde yaptıkları rutin çalışmaları sırasında değerlendirilmiş olması bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayırmaktadır.

Sürücü koltuğunun titreşim yalıtımındaki önemini ortaya çıkarmak için yapılan bu çalışmada deney materyali olarak, piyasada en çok satılan traktör koltuk tipleri kullanılmıştır. Bu koltukların deney ve değerlendirmeleri, uluslararası geçerliliği olan ISO 2631 Tüm vücut titreşimi kişisel maruziyet ölçümüne uygun olarak yapılmıştır. Tercih edilen bu koltuk tipleri ve özellikleri ise aşağıda belirtilmiştir (Şekil 2.2).

Ölçümlerde, bölgede ormancılık üretim işlerinde sıklıkla kullanılan 1984 model Ford 6610, 1976 model International 444 ve 1977 model 154 Leyland marka sürütücü traktörler ile 1980 model International 444, 2011 model Kısmet Erkunt ve 2010 model John Deere marka çekici (tamburlu) traktörler kullanılmıştır. Ayrıca kamyon modeli olarak ise 1988, 1992 ve 1995 model As 950 marka kamyonlar üzerinde ölçümler yapılmıştır.

|  |  |   |
|--|--|---|
|   |   |   |
| <p><b>ST 12TMS</b><br/><b>(TRAKTÖR KOLTUĞU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Kızaklı (İleri-Geri Mesafe Ayarı 150 mm.)</li> <li>* Hidrolik Süspansiyonlu (Çift Yay ve Amortisör sistemiyle 80 mm.süspansiyon)</li> <li>* Sürücü Kilogram Ayarlı (50kg-120kg)</li> <li>* Sabit Kolçaklı Sırtlıklı Koltuk</li> </ul> | <p><b>STPlus V07</b><br/><b>(TRAKTÖR KOLTUĞU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Kızaklı (İleri-Geri mesafe ayarı 250 mm.)</li> <li>*Süspansiyon mesafesi 100 mm.</li> <li>*(Dört adet yay &amp; Hidrolik amortisör)</li> <li>*Yükseklik ayarlı 80 mm.</li> <li>*Operatör kilogram ayarlı (50kg.-130kg.)</li> <li>*Vakum teknolojisi ile dizayn edilmiş poliüretan oturak ve sırtlık</li> </ul> | <p><b>STPlus FSV1S</b><br/><b>(FORKLİFT KOLTUĞU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Kızaklı (İleri-Geri Mesafe Ayarı 250 mm.)</li> <li>* Hidrolik Süspansiyonlu ( Dört Yay ve Amortisör sistemiyle 100 mm.süspansiyon)</li> <li>* Yükseklik Ayarlı Mekanizma 80 mm.</li> <li>* Sürücü Kilogram Ayarlı (50kg-130kg)</li> <li>* Mekanik Bel Ayarlı</li> <li>* Katlanabilen ve Yatırılabilen Sırtlık (arkaya;30° - öne; 85°)</li> <li>* Vakum teknolojisi ile dizayn edilmiş poliüretan oturak ve sırtlık</li> </ul> |

Şekil 2.2 Araştırmada kullanılan fabrika çıkışlı forklift ve traktör koltukları (URL-6).

Çalışmada ifade edilen mevcut koltuklar zamanla sönümlenme özelliğini kaybeden koltukları, kızaklı koltuklar 2 yaylı ve süspansiyonlu koltuklar ise 4 yaylı koltukları ifade etmektedir.

Aşağıda üzerlerinde titreşim ölçümü yapılan bazı üretim ve transport araçları görülmektedir (Şekil 2.3, 2.4, 2.5).



Şekil 2.3 Orman transport araçlarından AS 900 marka kamyon (Orjinal 2012).



Şekil 2.4 Orman üretim araçlarından International 444 marka sürütücü traktör (Orjinal 2012).





Şekil 2.5 Orman üretim araçlarından International 444 marka çekici (tamburlu) traktör (Orjinal 2012).

Ölçümler yapılırken, her bir üretim aracından en az 3 tane (3 farklı sürütücü traktör, 3 farklı çekici (tamburlu) traktör ve 3 farklı kamyon) olmak üzere toplam 9 farklı araç üzerinde titreşim değerlerinin ölçülmesi planlanmıştır. Planlanan bu amaç doğrultusunda öncelikle orman üretim işlerinde kullanılan bu araçlardan her birinin mevcut koltukları üzerinde en az 3 er tane olmak üzere titreşim ölçümleri yapılmış ve değerleri kaydedilmiştir.

Aşağıda üzerlerinde titreşim ölçümü yapılan mevcut traktör koltuklarından bazıları görülmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Mevcut traktör koltukları üzerinde titreşim ölçümü (Orjinal 2012).

Ayrıca titreşim ölçüm işlemlerini gerçekleştirirken mevcut koltuklara ait yıpranma durumu, kaç senedir kullanıldığı, koltuk özelliği gibi tanıtıcı bilgilerin yanında, traktöre ait traktörün yaşı, markası, motor gücü, çeker durumu gibi tanıtıcı bilgilere de yer verilmiştir.

Aşağıda Tablo 2.1’ de üretim ve transport araçlarının belirlenerek, bu araçlar üzerinde hangi sayıda titreşim ölçümlerinin yapıldığı verilmiştir.

Tablo 2.1 Çalışma kapsamında yapılacak ölçümlerin planlanması.

| ARAÇ TÜRÜ           | MEVCUT    | ÖNLEMLER SONRASI    |
|---------------------|-----------|---------------------|
| Kamyon              | 3 x 3 = 9 | 3 x 3 = 9           |
| Traktör sürütücü    | 3 x 3 = 9 | 3 x 3 = 9           |
| Yükleyici traktör   | 3 x 3 = 9 | 3 x 3 = 9           |
| Toplam              | 45        | 45                  |
| <b>GENEL TOPLAM</b> | <b>90</b> | <b>90 Tüm-vücut</b> |

Ek olarak, Tüm Vücut (Whole) Titreşimi ölçümleri yapılırken titreşim üzerinde etkili faktörlerden olan lastik basıncı, operatörün kilosu ( $\pm 85$ ), ilerleme hızları ve eğim değerleri gibi faktörler, karşılaştırılması düşünülen tüm araçlar için aynı değerlerde tutulmuştur. Üzerlerinde titreşim ölçümleri yapılan sürütücü traktör ve çekici (tamburlu) traktör için, yol durumu faktörü altında orman yolu için ölçümler yapılırken kamyon için ise orman yolu ve asfalt yol olmak üzere farklı özellikteki yollarda ölçümler yapılmıştır. Ayrıca titreşim üzerinde etkili bir diğer faktör olan araç tipi ile ilgili olarak ise titreşim ölçümleri farklı araç tipleri üzerinde yapılarak titreşimin araç türü üzerindeki etkisi de incelenmeye çalışılmıştır.

Mevcut koltuklarda yapılan titreşim ölçümü ardından ise bu koltuklar sökülerek yerlerine fabrika çıkışlı, titreşimi sönmüleme özelliğini hiç kaybetmemiş (sıfır) kızıklı (2 yaylı) ve süspansiyonlu (4 yaylı) koltuklar takılarak mevcut koltuklarda uygulanan işlemler ve ölçüm sayıları aynen tekrarlanmış ve koltuklar arasında karşılaştırma imkânı sağlanmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Mevcut (kullanılmış) ve fabrika çıkışlı (kullanılmamış) traktör koltukları (Orjinal 2012).

Ayrıca, titreşim ölçüm ve değerlendirme standartlarını sağlamasına karşın, ISO 2631 standartlarında titreşimin üst seviyesi ve titreşim zamanının ne olabileceği açıklanmamıştır (Özkaya vd. 1992; 1997; 1994a,b).

Elde edilen sonuçlar, ISO 2631-1 standardındaki günlük maruz kalılabilecek limit değerleri ile karşılaştırılarak, belirlenen bu titreşim seviyelerinin uluslararası standartlardaki (ISO, 2631-1) ergonomik konfor durumu değerlendirilmiştir. Bir sürücünün maruz kaldığı titreşim değerleri ile günlük çalışabileceği maksimum çalışma süresi hesaplanmış ve yine araçlardan kaynaklanan titreşim değerleri arasında istatistiki analizler ile operatörlere en az zarar verilen araç ve özellikleri de belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan üretim ve transport araçları için titreşim ölçüm yüzeyi, operatör koltuk yüzeyidir. Operatör koltuklarındaki titreşimin kaydedilmesi için, koltuk minderi üzerine bir ivmeölçer monteli adaptör yerleştirilmiştir. İvmeölçer monteli adaptör ile X, Y ve Z eksenlerinde 1 Hz ve 80 Hz frekans aralığında Brüel & Kjaer Marka 4447 A titreşim ölçer cihazı ile ölçüm alınmıştır. Ayrıca, transducer (ivmeölçer) seçiminde ise cihazla birlikte 4515 tip no' lu triaxial (üç eksenli) ivmeölçer kullanılarak ölçüm alınmıştır.

ISO 2631-1' e uygun tüm-vücut titreşimlerinin ölçülmesinde oturak tipi ivmeölçer kullanılmaktadır. Bu ivmeölçer tipi, oturan veya ayakta duran kişinin çalışmasını rahatsız etmeden vücuda iletilen titreşimlerin ölçülebilmesini sağlamaktadır.

Araştırmada operatöre iletilen titreşim ivme değerinin ölçülmesinde üniversitemiz Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı laboratuvarında mevcut Bruel&Kjaer 4447 A marka üç eksenli titreşim ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 2.8). Bu cihaza ait kullanım alanları, özellikleri, ekipman listesi vb. ise aşağıda Tablo 2.2 ' de verilmiştir.

Kullanım Alanları: Tüm-Vücut Titreşimleri, El-Kol Titreşimleri ve Genel Titreşim Ölçümleri' dir. Çalışma kapsamında ise yukarıda kullanım alanları yer alan titreşim ölçümleri arasından tüm-vücut titreşimlerinin ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 2.8 Kullanılan titreşim ölçüm cihazı ve donanımı (Orjinal 2012).

Tablo 2.2 4447A titreşim ölçüm cihazı donanım listesi.

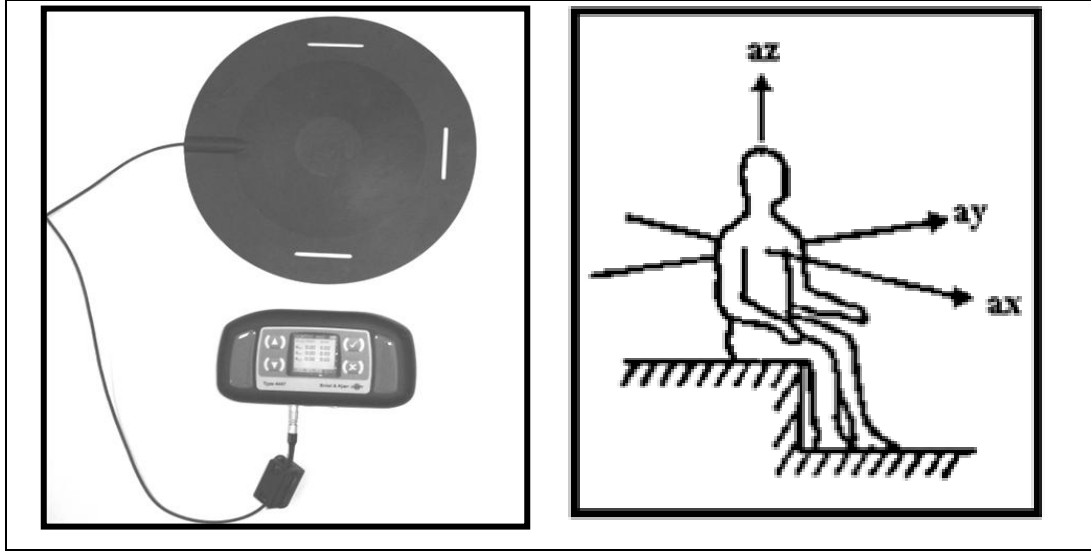
| <b>4447A Titreşim Ölçüm Cihazı (El-Kol &amp; Tüm Vücut)</b> |
|---|
| 4447 El-Kol / Tüm Vücut Titreşim Ölçüm Cihazı 1             |
| 4515B-001 3 eksenli Oturak Tipi İvmeölçer 1                 |
| AO0693-D025 İvmeölçer - 4447 Bağlantı Kablosu (2.5m) 1      |
| AO0694-D012 Lemo - UNF Dönüştürücü Kablo (1.2m) 1           |
| XX 0001 El Bağlantı Adaptörü 1                              |
| XX 0002 Tutacak (Handle) Adaptörü 1                         |
| XX 0003 Doğrudan Bağlantı için Kübik Adaptör 1              |
| XX 0004 Bilgisayar Programı 1                               |
| XX 0005 Bilgisayar Bağlantısı için USB Kablo 1              |
| XX 0006 Güç Adaptörü 1                                      |

## Özellikleri:

- ISO 8041 (2005), ISO 2631-1 (1997), ISO 5349-2 (2002), AB Direktifi 2002/44/EC koşullarını sağlar.
- ÇSG Bakanlığı tarafından yayınlanan Titreşim Yönetmeliği 'ne uygundur.
- Üç-eksenli ve tek-eksenli ivmeölçerler için ayrı girişleri vardır (4 kanal).
- Bilgisayara veri transferi yapmak ve veritabanı oluşturmak mümkündür.
- Ufak yapıdadır ve sadece 4 tuşuyla kullanımı çok kolaydır.
- Cihazı yüzeye veya ele bağlamak için gerekli adaptörler set içerisine dahildir.
- Tip 4447, işçi sağlığı ölçümlerinde kullanılabilen 4 kanallı bir el-tipi titreşim ölçüm cihazıdır.
- Cihaz, tüm ayarları titreşim yönetmeliğinde belirtilen tüm-vücut ve el-kol titreşimleri için istenen parametreleri ölçebilecek ve 750 kayıtlık hafızasına depolayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Cihazla birlikte teslim edilen program ile hafızasındaki kayıtlar bilgisayara aktarılmakta ve kapsamlı doz hesabı yapılabilmektedir.
- Program aynı zamanda kişilere, kullandığı cihazlara ve sürelerine göre senaryolar üreterek doz değerlerinin kontrol altında tutulması için detaylı analiz imkanı da sağlamaktadır.
- Oturak tipi üç-eksenli ivmeölçer ile tüm vücut titreşimleri ölçülebilmektedir. Ayrıca ivmeölçer kolayca yerinden sökülerek el-kol titreşimlerinde kullanılabilen hale dönüştürülebilmektedir.

Tüm-Vücut (Whole Body) titreşimi ölçümlerinde ISO 2631-1 standardına uygun ölçüm yapabilmek için tüm eksenlerdeki titreşimler filtrelenmekte, standart gereği X ve Y eksenleri  $W_d$ , Z eksenine ise  $W_k$  frekans ağırlık filtresinden geçirilmektedir.

Çalışmada kullanılan Bruel-Kjaer 4447 marka üç eksenli titreşim ölçüm cihazı sürücünün oturduğu koltuğa üzerindeki X, Y ve Z eksenleri ile insan vücudunun temsil ettiği koordinatlar çakışacak şekilde yerleştirilmiş ve sürücünün titreşim ölçüm cihazının üzerine oturarak çalışma işlemine devam etmesi istenmiştir (Şekil 2.9 ).



Şekil 2.9 3 eksenli oturak tipi ivmeölçerin yerleştirilmesi ve 3 eksende titreşim ölçümü (Orjinal 2012) .

Farklı sürelerle sahip günlük titreşime maruz kalmalar arasında mukayeselerin yapılmasını kolaylaştırmak amacıyla, günlük titreşime maruz kalma, 8 saatlik enerjiye eşdeğer olan frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri  $A(8)$  ile ifade edilmektedir (ISO 2631-1 1997).

Ağırlıklı rms ivme değerlerinin hesaplanması, üçtebir oktav aralıklı bandlar ve eksenlere bağlı ağırlıklı faktörlere göre ivme değerleri ISO 2631-1 tasarımına göre uygulanmıştır. Titreşimin toplam değeri  $a_t$  (ISO 1997), operatör sağlık ve konforu üzerinde makine türü, lastik basıncı vb. değişiminin etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Ölçülen aralıklarda 8 saat boyunca operatör tarafından absorbe edilen net titreşim değerinin belirlenebilmesi için tahmin edilen titreşim doz düzeyi (VDV) hesaplanmıştır. Tüm vücut titreşimi ile ilgili ölçülen parametreler ve hesaplanan değerler aşağıda verilmiştir (Eşitlik 2.1 – 2.4).

1. x-ekseni ağırlıklı ivme değeri: Koltuk üzerinde x-ekseninde operatöre iletilen titreşim değeri ( $a_{wx}$ ) ( $ms^{-2}$ )
2. y-ekseni ağırlıklı ivme değeri: Koltuk üzerinde y-ekseninde operatöre iletilen titreşim değeri ( $a_{wy}$ ) ( $ms^{-2}$ )
3. z-ekseni ağırlıklı ivme değeri: Koltuk üzerinde z-ekseninde operatöre iletilen titreşim değeri ( $a_{wz}$ ) ( $ms^{-2}$ )

4. Toplam titreşim değeri: x, y ve z eksenlerinde ağırlıklı ortalamalara göre bulunmuş titreşim toplam değeri ( $a_t$ ) ( $\text{ms}^{-2}$ )
5. Titreşim doz değeri: Ölçülen aralıklarla 8 saat boyunca operatöre iletilen titreşim doz değeri (VDV) ( $\text{ms}^{-1,75}$ )
6. Günlük 8 saat titreşime maruziyet değeri: Ölçülen titreşim ivme değerlerinin referans 8 saatlik zaman dilimine dönüştürülmesi ile bulunan titreşim ivme değeri  $A(8)$  ( $\text{ms}^{-2}$ ).

$$a = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (\text{ms}^{-2}) \quad (2.1)$$

$$a_{t, \text{health}} = \left[ (1.4 * a_x)^2 + (1.4 * a_y)^2 + (1.0 * a_z)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{ms}^{-2}) \quad (2.2)$$

$$A_8 = a_t \left[ T/T_0 \right]^{1/2} \quad (\text{ms}^{-2}) \quad (2.3)$$

$$\text{VDV} = \left[ \int_0^T a^4(t) dt \right]^{1/4} \quad (\text{ms}^{-1,75}) \quad (2.4)$$

Yine, yukarıda ölçümlere göre uygulanan titreşim ölçüm yöntemlerinin başarısı istatistiki olarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, çekici traktör, sürütücü traktör ve kamyon üzerinde yapılan çalışmalar sırasında araçlar dolu (yükli) ve boş (yüksüz) iken elde edilen veriler ile ölçülen araçlar ve koltuk türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının anlaşılabilmesi amacıyla çoğul varyans analizi yapılmıştır. Daha sonra, farklı grupların tespit edilebilmesi amacıyla Tukey testi yapılmıştır. Bu analizler, X, Y, Z eksenleri ile V toplam titreşim değerleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre operatöre en uygun traktör ve koltuk türü belirlenmeye çalışılmıştır.

Titreşim değerleri arasındaki farkların ortaya konulmasının ardından ise titreşim faktörünün insan sağlığı ve bedeni üzerinde özellikle sırt ve bel bölgesindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla tam donanımlı hastane ortamında alanında uzman doktorlar tarafından muayene ve tetkikler yapılmıştır. Sağlık problemlerinin tespiti için öncelikle operatörler alanında uzman ortopedi doktoru tarafından genel muayeneye tabi tutulmuş, akabinde ise radyolojik tetkik olarak bel yan filmleri çekilerek bu tetkik sonuçları doktor tarafından değerlendirilmiş ve

raporları hazırlanmıştır. Bu kapsamda ormancılık üretim işlerinde çalışan orman işçilerinin çalışma şekli ve uzunluğuna bağlı olarak yoğun olarak bel ve sırt rahatsızlıklarına maruz kaldıkları ve bu rahatsızlıkların insan sağlığını ve çalışma verimliliğini olumsuz etkilediği bir gerçektir.

Bu aşamadan önce gerek doktor tarafından yapılacak genel muayenede doktora yardımcı olması açısından gerekse rahatsızlığı olan orman işçilerinin farkındalıklarının tespiti amacıyla orman işçileri muayene öncesi anket çalışmasına tabi tutulmuşlardır. Aşağıda bu anket çalışması verilmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Muayene öncesi anket çalışması.

|  |                      |       |
|--|----------------------|-------|
| <b>AD-SOYAD:</b>   | <b>YAPTIĞI İŞ:</b>   |       |
| <b>BOY:</b>  | <b>KİLO:</b>         |       |
| <b>YAŞ:</b>  | <b>ÇALIŞMA YILI:</b> |       |
| <b>HERHANGİ BİR BEL RAHATSIZLIĞINIZ VAR MI?</b>  |                      |       |
|  | EVET                 | HAYIR |
| <b>HERHANGİ BİR SIRT RAHATSIZLIĞINIZ VAR MI?</b>   |                      |       |
|  | EVET                 | HAYIR |
| <b>BEL VE SIRT RAHATSIZLIKLARINIZLA İLGİLİ OPERASYON GEÇİRDİNİZ Mİ?</b>  |                      |       |
|  | EVET                 | HAYIR |
| <b>RAHATSIZLIĞIN KAÇ YILDIR VAR OLDUĞU?</b>  |                      |       |
| <b>RAHATSIZLIĞIN ETKİ DERECESESİ/ŞİDDETİ?</b>  |                      |       |
| <b>BEL VE SIRT AĞRILARINIZIN NEDENLERİNİN NELER OLABİLECEĞİ KONUSUNDA AŞAĞIDAKİ ŞIKLARA ÖNEM SIRASINA GÖRE 1'DEN 9'A KADAR RAKAMLAR VERİNİZ.</b> |                      |       |
| DAHA ÇOK OTURARAK ÇALIŞMAK   |                      |       |
| ŞİŞMANLIK  |                      |       |
| AĞIR ŞEYLER KALDIRMAK  |                      |       |
| BİLİNÇSİZCE VE ANİ YAPILAN HAREKETLER  |                      |       |
| YANLIŞ OTURUŞ VE DURUŞ ALIŞKANLIĞI   |                      |       |
| BEDENSEL FAALİYETLERE ISINMADAN BAŞLAMAK   |                      |       |
| STRES, ALKOL, SİGARA GİBİ ALIŞKANLIKLAR  |                      |       |
| UZUN SÜRE ARAÇ KULLANMAK   |                      |       |
| KALITSAL FAKTÖRLER ( KIKIRDAK YAPIDAKİ DEJENERASYON)   |                      |       |
| <b>NOT:</b>  |                      |       |

Aşağıda radyolojik tetkikler öncesi bel ve sırt bölgesine yönelik doktor tarafından yapılan genel muayeneye ait aşamalar görülmektedir (Şekil 2.10).





Şekil 2.10 Radyolojik tetkikler öncesi bel ve sırt bölgesine yönelik genel muayene (Orjinal 2012).

Aşağıda ise genel muayene sonrası kapsamlı tanı için doktor tarafından istenen radyolojik tetkiklerin (bel yan filmleri) çekilmesine yönelik aşamalar görülmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Bel ve sırt bölgesine yönelik kapsamlı tanı için radyolojik tetkiklerin yapılması (Orjinal 2012).

Aşağıda ise çekilen bel yan grafiplerin doktor tarafından yorumlanarak kesin tanının konulması ve tedavi sürecine ilişkin aşamalar görülmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Grafiplerin yorumlanması ve tedavi sürecine yönelik önlemler (Orjinal 2012).

Son olarak, elde edilen tüm veriler bir araya getirilerek değerlendirme yapılmış, üretim ve transport araçlarından kaynaklanan ve sürücülere iletilen tüm vücut sınır değerleri, maksimum günlük çalışma süreleri, titreşim önleme sistemlerinin titreşimi azaltma üzerinde önemli bir etkilerinin olup olmadığı ve titreşim etkisi ile sürücülerde herhangi bir rahatsızlığın olup olmadığı belirlenmiştir. Bu değerlendirmelere göre yörede üretim ve transport araçları ile çalışmaların titreşim açısından incelenerek ergonomik öneriler de ayrıca sunulmuştur.



## BÖLÜM 3

### BULGULAR

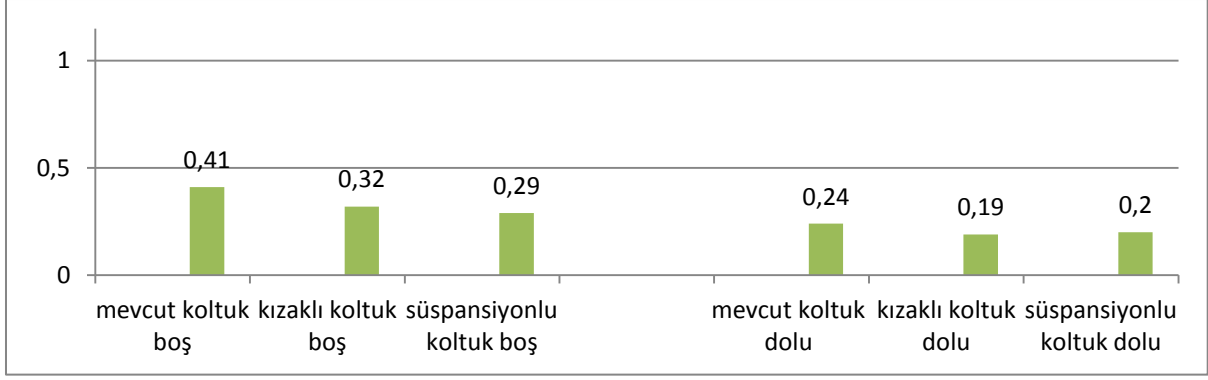
#### 3.1 ARAŞTIRMA SONUÇLARINA AİT BULGULAR

##### 3.1.1 Titreşim Etkisinin Koltuk ve Yük Durumu Değişimleri ile Farklı Araçların X,Y,Z Eksenlerindeki Ağırlıklı İvme Değerleri Değişimlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Araştırma Bulguları

Araştırma kapsamında üzerinde titreşim ölçümü yapılan üretim ve transport araçları (çekici (tamburlu) traktör, sürütücü traktör, kamyon) üzerinde X, Y, Z eksenleri ağırlıklı ivme değerleri incelendiğinde bu 3 eksen arasında özellikle Z (düşey yönlü) titreşim değerinin büyüklüğü göze çarpmaktadır. Bu kapsamda çekici (tamburlu) traktör, sürütücü traktör ve kamyon üzerinde mevcut ve fabrika çıkışlı yeni koltuklar, yol ve yük durumları gibi değişkenlere bağlı olarak yapılan ölçümlerde 3 eksendeki titreşim değeri değişimleri aşağıda verilmiştir.

##### 3.1.1.1 Çekici (Tamburlu) Traktöre Ait Bulgular

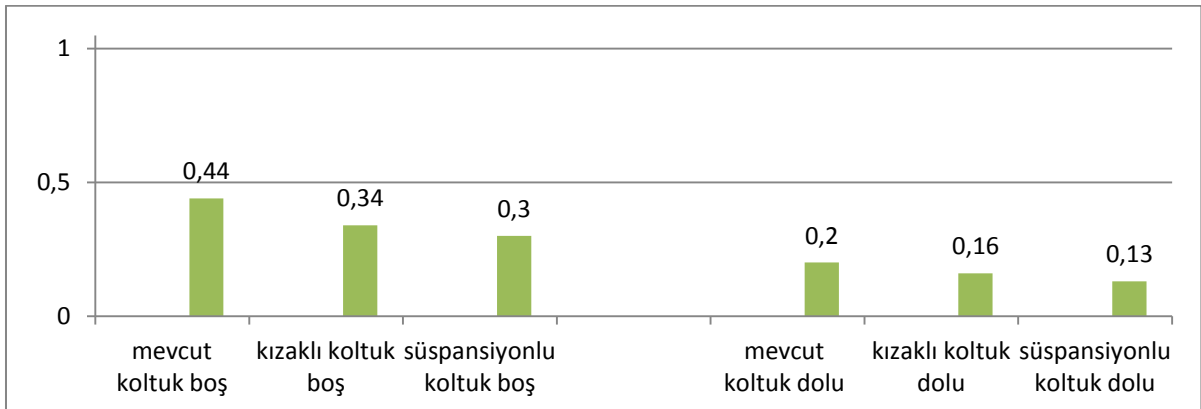
Araştırma kapsamında, çekici (tamburlu) traktörler için sönümleme özelliğini kaybetmiş mevcut (normal) koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde X eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalaması, araç boşken  $0,41 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,24 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı kızaklı koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken  $0,32 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,19 \text{ ms}^{-2}$  olarak, fabrika çıkışlı süspansiyonlu koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerinde ise araç boşken  $0,29 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,2 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çekici (tamburlu) traktörlerde X eksenine için koltuk türü ve yük durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; mevcut, kızaklı ve süspansiyonlu olmak üzere kullanılan 3 koltuk tipinde araç boş ve dolu iken yapılan tüm ölçümler sonucunda, X yönlü bileşenlerin uyarı sınırı altında olduğu, mevcut koltuğa nazaran yeni koltukların kullanımının bu titreşim etkisini daha da aşağılara indirdiği görülmektedir.

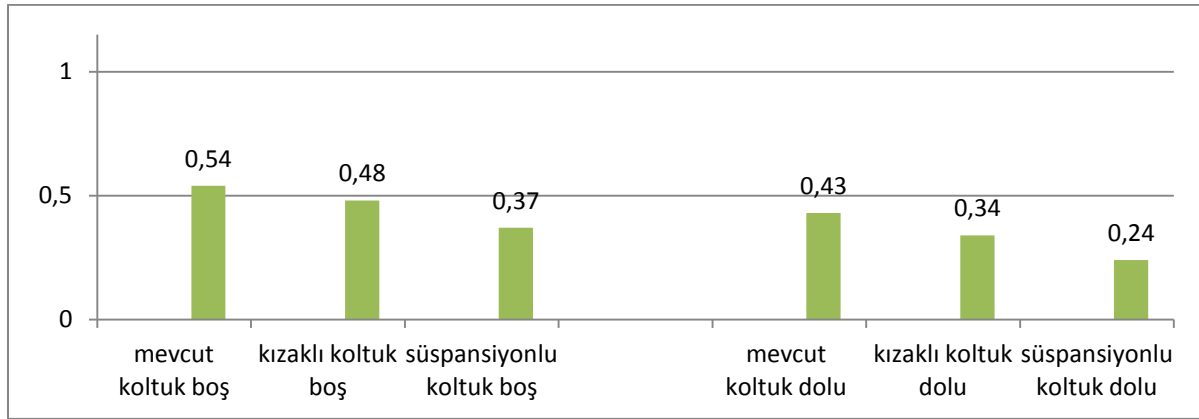
Çekici (tamburlu) traktörler için mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde Y eksenine için rms toplam titreşim ivme değeri ortalamaları ise, araç boşken  $0,44 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,20 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı kızaklı koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken  $0,34 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,16 \text{ ms}^{-2}$  olarak, fabrika çıkışlı süspansiyonlu koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerinde ise araç boşken  $0,30 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,13 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Çekici (tamburlu) traktörlerde Y eksenine için koltuk türü ve yük durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; mevcut, kızaklı ve süspansiyonlu olmak üzere kullanılan 3 koltuk tipinde araç boş ve dolu iken yapılan tüm ölçümler sonucunda, Y yönlü bileşenin uyarı sınırı altında olduğu, mevcut koltuğa nazaran yeni koltukların kullanımının bu titreşim etkisini daha da aşağılara indirdiği görülmektedir.

Çekici (tamburlu) traktörler için mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde Z eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalamaları ise, araç boşken  $0,54 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,43 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni kızaklı koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken  $0,48 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,34 \text{ ms}^{-2}$  olarak, fabrika çıkışlı yeni süspansiyonlu koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerinde ise araç boşken  $0,37 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,24 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.3).

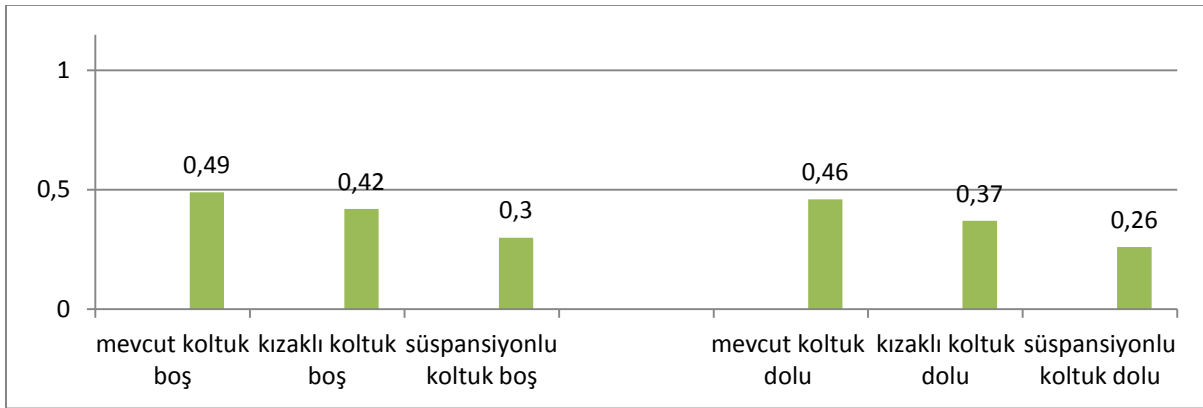


Şekil 3.3 Çekici (tamburlu) traktörlerde Z eksenini için koltuk türü ve yük durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre; uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için; uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında çekici (tamburlu) traktörlerde; titreşim etkisinin en fazla kendini hissettirdiği Z eksenini için mevcut koltuk üzerinde boşken ölçülen titreşim değerinin uyarı sınırının hemen üzerinde olduğu ( $0,54 \text{ ms}^{-2}$ ), fabrika çıkışlı kızaklı ve süspansiyonlu koltuk ile bu değer uyarı sınırının altına çekildiği ayrıca çekici (tamburlu) traktörle ilgili yapılan farklı koltuk ve eksenler üzerindeki diğer tüm titreşim değerlerinin de uyarı sınırının altında olduğu görülmektedir.

### 3.1.1.2 Sürütücü Traktöre Ait Bulgular

Araştırma kapsamında, sürütücü traktörler için mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde X eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalaması, araç boşken  $0,49 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,46 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni kızaklı koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken  $0,42 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,37 \text{ ms}^{-2}$  olarak, fabrika çıkışlı yeni süspansiyonlu koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerinde ise araç boşken  $0,30 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,26 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.4).

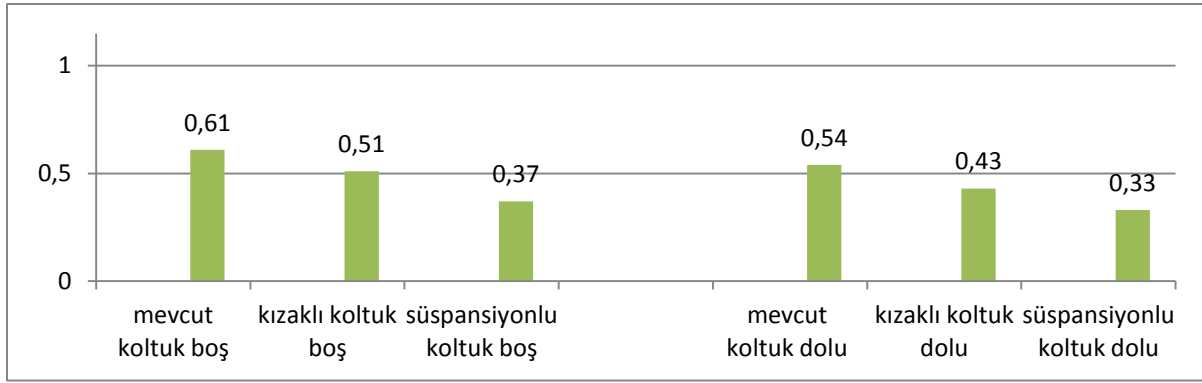


Şekil 3.4 Sürütücü traktörlerde X eksenini için koltuk türü ve yük durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; mevcut, kızaklı ve süspansiyonlu olmak üzere kullanılan 3 koltuk tipinde araç boş ve dolu iken yapılan tüm ölçümler sonucunda, X yönlü bileşenin uyarı sınırı altında olduğu, mevcut koltuğa nazaran yeni koltukların kullanımının bu titreşim etkisini daha da aşağılara indirdiği görülmektedir.

Sürütücü traktörler için mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde Y eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalamaları ise, araç boşken  $0,61 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,54 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni kızaklı koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken  $0,51 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,43 \text{ ms}^{-2}$  olarak, fabrika çıkışlı yeni süspansiyonlu koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerinde ise araç boşken  $0,37 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,33 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.5).

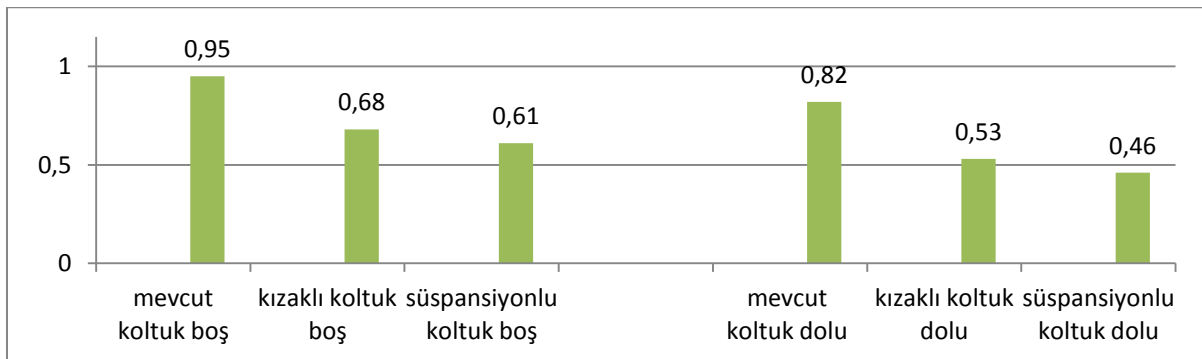




Şekil 3.5 Sürütücü traktörlerde Y eksenini için koltuk türü ve yük durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; mevcut, kızaklı ve süspansiyonlu olmak üzere kullanılan 3 koltuk tipinde araç boş ve dolu iken yapılan tüm ölçümler sonucunda, mevcut koltuk üzerinde araç boş ve dolu iken ölçülen X yönlü bileşen ile araç boşken kızaklı koltuk ile ölçülen X yönlü titreşim değerinin uyarı sınırının hemen üzerinde olduğu, diğer değişkenlere bağlı titreşim değerlerinin ise uyarı sınırının altında olduğu ve mevcut koltuğa nazaran yeni koltukların kullanımının bu titreşim etkisini daha da aşağılara indirdiği görülmektedir.

Sürütücü traktörler için mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde Z eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalamaları ise, araç boşken  $0,95 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,82 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni kızaklı koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken  $0,68 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,53 \text{ ms}^{-2}$  olarak, fabrika çıkışlı yeni süspansiyonlu koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerinde ise araç boşken  $0,61 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken  $0,46 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.6).

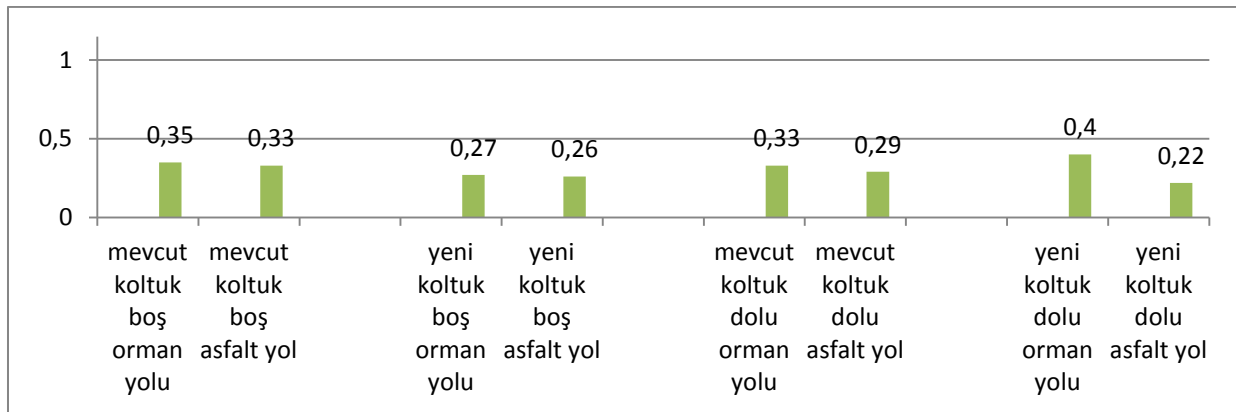


Şekil 3.6 Sürütücü traktörlerde Z eksenini için koltuk türü ve yük durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için; uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; titreşim etkisinin kendini en fazla hissettirdiği Z eksenini için ise, mevcut koltuk üzerinde ölçülen titreşim değerlerinin uyarı sınırı üzerinde ve tehlike sınırına yakın bir değer olduğu ve bu değerlerin kızaklı koltuk kullanımı ile uyarı sınırına çekildiği, süspansiyonlu koltuk kullanımı ile de araç doluyken ölçülen titreşim değerinin uyarı sınırı altına çekildiği görülmektedir.

### 3.1.1.3 Kamyona Ait Bulgular

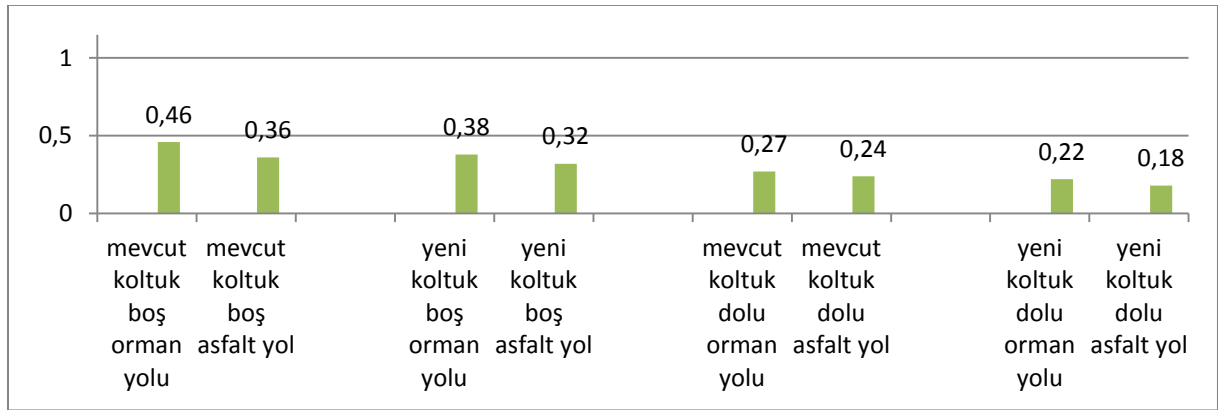
Araştırma kapsamında, kamyon üzerinde mevcut ve fabrika çıkışlı yeni koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerine bağlı olarak; X eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalaması mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde, araç boşken asfalt yolda  $0,33 \text{ ms}^{-2}$ , araç boşken orman yolunda  $0,35 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken asfalt yolda  $0,29 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken orman yolunda  $0,33 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken asfalt yolda  $0,26 \text{ ms}^{-2}$ , araç boşken orman yolunda  $0,27 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken asfalt yolda  $0,22 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken orman yolunda  $0,40 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Kamyonlarda X eksenini için koltuk türü, yük ve yol durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; mevcut ve yeni olmak üzere kullanılan koltuk tipleri ile orman ve asfalt yol olmak üzere ölçüm yapılan 2 farklı yol tipinde araç boş ve dolu iken yapılan tüm ölçümlerde, X yönlü bileşenin uyarı sınırı altında olduğu, mevcut koltuğa nazaran yeni koltuğun kullanımının bu titreşim etkisini daha da aşağılara indirdiği görülmektedir.

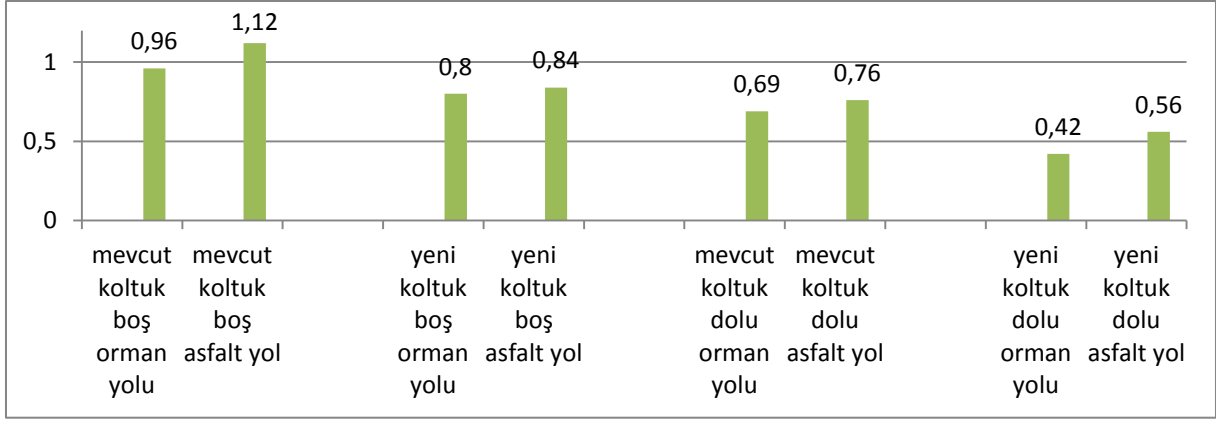
Kamyon üzerinde mevcut ve fabrika çıkışlı yeni koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerine bağlı olarak; Y eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalaması, mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde, araç boşken asfalt yolda  $0,36 \text{ ms}^{-2}$ , araç boşken orman yolunda  $0,46 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken asfalt yolda  $0,24 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken orman yolunda  $0,27 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken asfalt yolda  $0,32 \text{ ms}^{-2}$ , araç boşken orman yolunda  $0,38 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken asfalt yolda  $0,18 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken orman yolunda  $0,22 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Kamyonlarda Y eksenini için koltuk türü, yük ve yol durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; mevcut ve yeni olmak üzere kullanılan koltuk tipleri ile orman ve asfalt yol olmak üzere ölçüm yapılan 2 farklı yol tipinde araç boş ve dolu iken yapılan tüm ölçümlerde, Y yönlü bileşenin uyarı sınırı altında olduğu, mevcut koltuğa nazaran yeni koltuğun kullanımının bu titreşim etkisini daha da aşağılara indirdiği görülmektedir.

Kamyon üzerinde mevcut ve fabrika çıkışlı yeni koltuk üzerinde yapılan titreşim ölçümlerine bağlı olarak; Z eksenini için rms toplam titreşim ivme değeri ortalaması, mevcut koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde, araç boşken asfalt yolda  $1,12 \text{ ms}^{-2}$ , araç boşken orman yolunda  $0,96 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken asfalt yolda  $0,76 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken orman yolunda  $0,69 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilirken, bu değer fabrika çıkışlı yeni koltuk ile yapılan titreşim ölçümlerinde araç boşken asfalt yolda  $0,84 \text{ ms}^{-2}$ , araç boşken orman yolunda  $0,80 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken asfalt yolda  $0,56 \text{ ms}^{-2}$ , araç dolu iken orman yolunda  $0,42 \text{ ms}^{-2}$  olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Kamyonlarda Z eksenini için koltuk türü, yük ve yol durumuna göre rms toplam titreşim ivme değeri ortalamalarının karşılaştırılması.

Buna göre, uluslararası standartlarda belirtilen toplam titreşim değeri ortalaması için; uyarı sınırının  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , tehlike sınırının ise  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  olduğu göz önüne alındığında; titreşim etkisinin kendini en fazla hissettirdiği Z eksenini için ise, mevcut koltuk üzerinde ölçülen titreşim değerlerinin araç boş iken uyarı sınırı üzerinde ve tehlike sınırına çok yakın bir değerlerde ayrıca araç dolu iken uyarı sınırı üzerinde oldukları görülmüş, bu değerlerin yeni koltuk kullanımı ile uyarı sınırına çekildiği hatta araç dolu iken orman yolunda ölçülen titreşim değerinin uyarı sınırı altında olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca yapılan bu çalışma için, 3 farklı sürücü koltuğu, traktör markası, yol durumu gibi bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin ortaya konulması amacıyla iki yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Yapılan uygulamada, bağımsız değişkenler olan traktör markası ve yol durumunun (orman yolu, sürütme yolu), bağımlı değişken üzerinde etkisinin bulunmadığı görülmüştür. Mevcut traktör koltuğu ile fabrika çıkışlı diğer koltuklar arasında ise % 95 güven düzeyinde anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.2 Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular

Ayrıca yapılan bu çalışma için, 3 farklı sürücü koltuğu, traktör markası, yol durumu gibi değişkenlerin operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının anlaşılabilmesi amacıyla çoğul varyans analizi yapılmıştır. Daha sonra, farklı grupların tespit edilebilmesi amacıyla Tukey testi yapılmıştır. Bu analizler, X, Y, Z eksenleri ile V toplam titreşim değerleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre operatöre en uygun traktör ve koltuk türü belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan bu uygulamalara ait sonuçlar ise aşağıda verilmiştir.

### 3.1.2.1 Yük çekiminin olduğu (dolu) çekici (tamburlu) traktör ile ilgili analiz sonuçları

Aşağıda çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında (dolu) operatöre iletilen titreşim değerlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında (dolu) operatöre iletilen titreşim değerleri.

| Traktör Türü | Koltuk Türü   | X- eksen    | Y- eksen    | Z- eksen    | Toplam V    |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2011 model   | Mevcut        | 0,26 (0,04) | 0,26 (0,05) | 0,46 (0,07) | 0,68 (0,10) |
|              | Kızaklı       | 0,18 (0,06) | 0,20 (0,03) | 0,34 (0,02) | 0,51 (0,06) |
|              | Süspansiyonlu | 0,15 (0,05) | 0,12 (0,01) | 0,22 (0,06) | 0,35 (0,05) |
| 2010 model   | Mevcut        | 0,20 (0,02) | 0,16 (0,03) | 0,31 (0,04) | 0,47 (0,01) |
|              | Kızaklı       | 0,15 (0,04) | 0,08 (0,03) | 0,30 (0,07) | 0,39 (0,08) |
|              | Süspansiyonlu | 0,14 (0,02) | 0,10 (0,02) | 0,22 (0,05) | 0,33 (0,06) |
| 1980 model   | Mevcut        | 0,26 (0,04) | 0,18 (0,06) | 0,46 (0,08) | 0,64 (0,12) |
|              | Kızaklı       | 0,23 (0,05) | 0,21 (0,06) | 0,39 (0,12) | 0,59 (0,16) |
|              | Süspansiyonlu | 0,31 (0,04) | 0,18 (0,08) | 0,28 (0,03) | 0,58 (0,08) |

\*ortalama ve standart sapma (parantez içerisinde) değerleri.

Elde edilen veriler yardımıyla, traktör ve koltuk türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her bir eksen için yapılan çoğul varyans analizleri sonucu elde edilen değerler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3.2' de görüldüğü gibi, P değeri 0,001 ( $P < 0,05$ ) olduğundan traktör türü ile P değeri 0,004 ( $P < 0,05$ ) olduğundan koltuk türünün etkisinin toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ayrıca koltuk×traktör interaksiyon P değerinin ise 0,175 ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu)

çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında koltuk ve traktör türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.2 Toplam V için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,180           | 2                   | 0,090              | 10,780   | 0,001    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,130           | 2                   | 0,065              | 7,755    | 0,004    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,060           | 4                   | 0,015              | 1,790    | 0,175    |
| <b>Hata</b>           | 0,151           | 18                  | 0,008              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 7,660           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk ve traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.3 ve Tablo 3.4 elde edilmiştir.

Tablo 3.3 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü          | Grup 1 | Grup 2 |
|----------------------|--------|--------|
| <b>Mevcut</b>        |        | 0,6189 |
| <b>Kızaklı</b>       | 0,4967 |        |
| <b>Süspansiyonlu</b> | 0,4222 |        |

Tablo 3.4 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 |
|--------------|--------|--------|
| <b>1980</b>  |        | 0,6044 |
| <b>2011</b>  |        | 0,5300 |
| <b>2010</b>  | 0,3875 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar ile mevcut koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu traktörlerin koltuk türünün titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.5’ te görüldüğü gibi, P değeri 0,026 ( $P < 0,05$ ) olan traktör türü ile P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türünün etkisinin toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,473 ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türü ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.5 Z ekseni için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,041           | 2                   | 0,021              | 4,495    | 0,026    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,124           | 2                   | 0,062              | 13,523   | 0,000    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,017           | 4                   | 0,004              | 0,921    | 0,473    |
| <b>Hata</b>           | 0,083           | 18                  | 0,005              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 3,343           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden traktör ve koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi ile Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 elde edilmiştir.

Tablo 3.6 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü          | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|----------------------|--------|--------|--------|
| <b>Mevcut</b>        |        |        | 0,4256 |
| <b>Kızaklı</b>       |        | 0,3422 |        |
| <b>Süspansiyonlu</b> | 0,2411 |        |        |

Tablo 3.7 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 |
|--------------|--------|--------|
| 1980         |        | 0,3756 |
| 2011         | 0,3520 | 0,3520 |
| 2010         | 0,2725 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri mevcut, kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktör ve koltuk türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.8’ de görüldüğü gibi, P değeri 0,003 ( $P < 0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu, P değeri 0,071 ( $P > 0,05$ ) olan koltuk türü ile P değeri 0,108 ( $P > 0,05$ ) olduğundan koltuk×traktör interaksiyon kaynağının etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.8 Y eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,036           | 2                   | 0,018              | 8,382    | 0,003    |
| Koltuk Türü       | 0,013           | 2                   | 0,007              | 3,083    | 0,071    |
| Traktör×Koltuk    | 0,019           | 4                   | 0,005              | 2,212    | 0,108    |
| Hata              | 0,038           | 18                  | 0,002              |          |          |
| Toplam            | 0,865           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.9 elde edilmiştir.



Tablo 3.9 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 |
|--------------|--------|--------|
| 2011         |        | 0,1944 |
| 1980         |        | 0,1911 |
| 2010         | 0,1144 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri traktör türleri arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktör türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.10' da görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan traktör türünün, P değeri 0,044 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türünün ve P değeri 0,042 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk×traktör interaksiyon kaynaklarının, toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör ve koltuk türünün ayrı ayrı ve birlikte bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.10 X eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,050           | 2                   | 0,025              | 14,864   | 0,000    |
| Koltuk Türü       | 0,013           | 2                   | 0,006              | 3,742    | 0,044    |
| Traktör×Koltuk    | 0,021           | 4                   | 0,005              | 3,087    | 0,042    |
| Hata              | 0,030           | 18                  | 0,002              |          |          |
| Toplam            | 1,300           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden traktör ve koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.11 ve Tablo 3.12 elde edilmiştir.

Tablo 3.11 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| <b>Koltuk türü</b>   | <b>Grup 1</b> | <b>Grup 2</b> |
|----------------------|---------------|---------------|
| <b>Mevcut</b>        |               | 0,2444        |
| <b>Süspansiyonlu</b> | 0,1967        | 0,1967        |
| <b>Kızaklı</b>       | 0,1867        |               |

Tablo 3.12 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| <b>Traktör türü</b> | <b>Grup 1</b> | <b>Grup 2</b> |
|---------------------|---------------|---------------|
| <b>1980</b>         |               | 0,2667        |
| <b>2011</b>         | 0,1990        |               |
| <b>2010</b>         | 0,1575        |               |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri traktör ve koltuk türleri arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu traktör ve koltuk türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### **3.1.2.2 Yük çekiminin olmadığı (boş) çekici (tamburlu) traktör ile ilgili analiz sonuçları**

Tablo 3.13' te çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında (boş) operatöre iletilen titreşim değerlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Elde edilen veriler yardımıyla, traktör ve koltuk türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her bir eksen için yapılan çoğul varyans analizleri sonucu elde edilen değerler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3.13 Çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında (boş) operatöre iletilen titreşim değerleri.

| Traktör Türü | Koltuk Türü   | X- eksen    | Y- eksen    | Z- eksen    | Toplam V    |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2011 model   | Mevcut        | 0,40 (0,07) | 0,52 (0,06) | 0,72 (0,11) | 1,18 (0,13) |
|              | Kızaklı       | 0,39 (0,06) | 0,40 (0,08) | 0,64 (0,18) | 1,02 (0,20) |
|              | Süspansiyonlu | 0,28 (0,11) | 0,37 (0,14) | 0,38 (0,13) | 0,76 (0,27) |
| 2010 model   | Mevcut        | 0,30 (0,07) | 0,24 (0,06) | 0,38 (0,05) | 0,66 (0,12) |
|              | Kızaklı       | 0,23 (0,04) | 0,22 (0,06) | 0,35 (0,06) | 0,58 (0,01) |
|              | Süspansiyonlu | 0,29 (0,08) | 0,26 (0,03) | 0,31 (0,07) | 0,64 (0,12) |
| 1980 model   | Mevcut        | 0,54 (0,28) | 0,57 (0,52) | 0,52 (0,09) | 1,25 (0,75) |
|              | Kızaklı       | 0,33 (0,13) | 0,40 (0,24) | 0,46 (0,05) | 0,89 (0,30) |
|              | Süspansiyonlu | 0,39 (0,19) | 0,27 (0,06) | 0,46 (0,09) | 0,70 (0,05) |

\*ortalama ve standart sapma (parantez içerisinde) değerleri.

Tablo 3.14' te görüldüğü gibi, P değeri 0,039 ( $P < 0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu, P değeri 0,092 ( $P > 0,05$ ) olan koltuk türü ile P değerinin 0,620 ( $P > 0,05$ ) olduğu koltuk×traktör interaksiyon etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca; operatöre iletilen titreşim değerlerinden traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda gruplar arası fark çıkmamıştır.

Tablo 3.15' te görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan traktör türü ile P değeri 0,016 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,121 ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.14 Toplam V için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,708           | 2                   | 0,354              | 3,888    | 0,039    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,497           | 2                   | 0,249              | 2,731    | 0,092    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,245           | 4                   | 0,061              | 0,672    | 0,620    |
| <b>Hata</b>           | 1,639           | 18                  | 0,091              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 22,750          | 27                  |                    |          |          |

Tablo 3.15 Z eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,247           | 2                   | 0,123              | 12,435   | 0,000    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,106           | 2                   | 0,053              | 5,326    | 0,016    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,085           | 4                   | 0,021              | 2,131    | 0,121    |
| <b>Hata</b>           | 0,169           | 17                  | 0,010              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 6,364           | 26                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk ve traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.16 ve Tablo 3.17 elde edilmiştir.

Tablo 3.16 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü          | Grup 1 | Grup 2 |
|----------------------|--------|--------|
| <b>Mevcut</b>        |        | 0,5411 |
| <b>Kızaklı</b>       | 0,4844 | 0,4844 |
| <b>Süspansiyonlu</b> | 0,3738 |        |

Tablo 3.17 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 |
|--------------|--------|--------|
| 2011         |        | 0,5800 |
| 1980         |        | 0,4850 |
| 2010         | 0,3467 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri traktör ve koltuk türleri arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu traktör ve koltuk türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.18' de görüldüğü gibi, P değeri 0,125 ( $P>0,05$ ) olan traktör türü, P değeri 0,379 ( $P>0,05$ ) olan koltuk türü ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,812 ( $P>0,05$ ) toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında kaynaklardan herhangi birinin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.18 Y eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,203           | 2                   | 0,102              | 2,356    | 0,125    |
| Koltuk Türü       | 0,089           | 2                   | 0,044              | 1,029    | 0,379    |
| Traktör×Koltuk    | 0,067           | 4                   | 0,017              | 0,391    | 0,812    |
| Hata              | 0,733           | 17                  | 0,043              |          |          |
| Toplam            | 4,536           | 26                  |                    |          |          |

Tablo 3.19’ da görüldüğü gibi, P değeri 0,146 ( $P>0,05$ ) olan traktör türü, P değeri 0,098 ( $P>0,05$ ) olan koltuk türü ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,367 ( $P>0,05$ ) toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında kaynaklardan herhangi birinin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.19 X eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,062           | 2                   | 0,031              | 2,146    | 0,146    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,077           | 2                   | 0,038              | 2,655    | 0,098    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,066           | 4                   | 0,017              | 1,146    | 0,367    |
| <b>Hata</b>           | 0,259           | 18                  | 0,014              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 3,572           | 27                  |                    |          |          |

### 3.1.2.3 Yük çekiminin olduğu (dolu) sürütücü traktör ile ilgili analiz sonuçları

Aşağıda sürütücü traktör ile çalışma sırasında (dolu) operatöre iletilen titreşim değerlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir (Tablo 3.20).

Elde edilen veriler yardımıyla, traktör ve koltuk türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her bir eksen için yapılan çoğul varyans analizleri sonucu elde edilen değerler ise aşağıdaki diğer tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3.21’ de görüldüğü gibi, P değeri 0,321 ( $P>0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı, P değeri 0,000 ( $P<0,05$ ) olduğundan koltuk türünün etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,510 ( $P>0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olmadığı ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.20 Sürütücü traktör ile çalışma sırasında (dolu) operatöre iletilen titreşim değerleri.

| Traktör Türü | Koltuk Türü   | X- eksen    | Y- eksen    | Z- eksen    | Toplam V    |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 84 model     | Mevcut        | 0,58 (0,10) | 0,65 (0,19) | 0,89 (0,19) | 1,51 (0,33) |
|              | Kızaklı       | 0,41 (0,10) | 0,49 (0,23) | 0,51 (0,12) | 1,04 (0,36) |
|              | Süspansiyonlu | 0,25 (0,05) | 0,33 (0,30) | 0,46 (0,10) | 0,76 (0,08) |
| 77 model     | Mevcut        | 0,35 (0,05) | 0,43 (0,11) | 0,82 (0,21) | 1,15 (0,21) |
|              | Kızaklı       | 0,42 (0,14) | 0,44 (0,14) | 0,57 (0,16) | 1,02 (0,31) |
|              | Süspansiyonlu | 0,30 (0,08) | 0,30 (0,45) | 0,48 (0,03) | 0,77 (0,09) |
| 76 model     | Mevcut        | 0,46 (0,05) | 0,54 (0,09) | 0,75 (0,07) | 1,25 (0,08) |
|              | Kızaklı       | 0,29 (0,07) | 0,37 (0,06) | 0,50 (0,16) | 0,83 (0,20) |
|              | Süspansiyonlu | 0,24 (0,11) | 0,36 (0,52) | 0,44 (0,05) | 0,76 (0,12) |

\*ortalama ve standart sapma (parantez içerisinde) değerleri.

Tablo 3.21 Toplam V için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,122           | 2                   | 0,061              | 1,210    | 0,321    |
| Koltuk Türü       | 1,345           | 2                   | 0,672              | 13,331   | 0,000    |
| Traktör×Koltuk    | 0,172           | 4                   | 0,043              | 0,853    | 0,510    |
| Hata              | 0,908           | 18                  | 0,050              |          |          |
| Toplam            | 30,110          | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.22 elde edilmiştir.

Tablo 3.22 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü   | Grup 1 | Grup 2 |
|---------------|--------|--------|
| Mevcut        | 1,3033 |        |
| Kızaklı       |        | 0,9656 |
| Süspansiyonlu |        | 0,7622 |

Yapılan Tukey testi sonucu operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar ile mevcut koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu ise, traktörlerin türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, koltuk türünün önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.23’ te görüldüğü gibi, P değeri 0,528 ( $P>0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı, P değeri 0,000 ( $P<0,05$ ) olduğundan koltuk türünün etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,892 ( $P>0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olmadığı ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.23 Z eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,024           | 2                   | 0,012              | 0,662    | 0,528    |
| Koltuk Türü       | 0,665           | 2                   | 0,332              | 18,258   | 0,000    |
| Traktör×Koltuk    | 0,020           | 4                   | 0,005              | 0,272    | 0,892    |
| Hata              | 0,328           | 18                  | 0,018              |          |          |
| Toplam            | 10,829          | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.24 elde edilmiştir.



Tablo 3.24 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü   | Grup 1 | Grup 2 |
|---------------|--------|--------|
| Mevcut        | 0,8211 |        |
| Kızaklı       |        | 0,5244 |
| Süspansiyonlu |        | 0,4611 |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar ile mevcut koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktörlerin türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, koltuk türünün önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.25' te görüldüğü gibi, P değeri 0,225 ( $P>0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı, P değeri 0,008 ( $P<0,05$ ) olduğundan koltuk türünün etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,525 ( $P>0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olmadığı ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.25 Y eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,050           | 2                   | 0,025              | 1,623    | 0,225    |
| Koltuk Türü       | 0,196           | 2                   | 0,098              | 6,395    | 0,008    |
| Traktör×Koltuk    | 0,051           | 4                   | 0,013              | 0,827    | 0,525    |
| Hata              | 0,276           | 18                  | 0,015              |          |          |
| Toplam            | 5,652           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.26 elde edilmiştir.

Tablo 3.26 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| <b>Koltuk türü</b>   | <b>Grup 1</b> | <b>Grup 2</b> |
|----------------------|---------------|---------------|
| <b>Mevcut</b>        | 0,5389        |               |
| <b>Kızaklı</b>       | 0,4322        | 0,4322        |
| <b>Süspansiyonlu</b> |               | 0,3300        |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar ile mevcut koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu traktörlerin türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, koltuk türünün önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı veya süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.27' de görüldüğü gibi, P değeri 0,175 ( $P>0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı, P değeri 0,001 ( $P<0,05$ ) olduğundan koltuk türünün etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,074 ( $P>0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olmadığı ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.28 elde edilmiştir.

Yapılan Tukey testi sonucu operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı ve mevcut koltuklar ile süspansiyonlu koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktörlerin türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, koltuk türünün önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut ve kızaklı koltukların süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi

ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.27 X eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,031           | 2                   | 0,015              | 1,922    | 0,175    |
| Koltuk Türü       | 0,180           | 2                   | 0,090              | 11,301   | 0,001    |
| Traktör×Koltuk    | 0,082           | 4                   | 0,020              | 2,565    | 0,074    |
| Hata              | 0,144           | 18                  | 0,008              |          |          |
| Toplam            | 4,060           | 27                  |                    |          |          |

Tablo 3.28 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü   | Grup 1 | Grup 2 |
|---------------|--------|--------|
| Mevcut        |        | 0,4633 |
| Kızaklı       |        | 0,3722 |
| Süspansiyonlu | 0,2633 |        |

#### 3.1.2.4 Yük çekiminin olmadığı (boş) sürütücü traktör ile ilgili analiz sonuçları

Aşağıda sürütücü traktör ile çalışma sırasında (boş) operatöre iletilen titreşim değerlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir (Tablo 3.29).

Elde edilen veriler yardımıyla, traktör ve koltuk türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her bir eksen için yapılan çoğul varyans analizleri sonucu elde edilen değerler ise aşağıdaki diğer tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3.30' da görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan traktör türü ile P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,219 ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) sürütücü traktör ile çalışma

sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.29 Sürütücü traktör ile çalışma sırasında (boş) operatöre iletilen titreşim değerleri.

| Traktör Türü | Koltuk Türü   | X- eksen    | Y- eksen    | Z- eksen    | Toplam V    |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 84 model     | Mevcut        | 0,68 (0,06) | 0,78 (0,07) | 0,94 (0,10) | 1,74 (0,09) |
|              | Kızaklı       | 0,50 (0,08) | 0,59 (0,04) | 0,70 (0,10) | 1,30 (0,16) |
|              | Süspansiyonlu | 0,30 (0,02) | 0,42 (0,04) | 0,65 (0,02) | 0,98 (0,04) |
| 77 model     | Mevcut        | 0,34 (0,09) | 0,46 (0,07) | 0,92 (0,20) | 1,23 (0,19) |
|              | Kızaklı       | 0,35 (0,04) | 0,38 (0,04) | 0,60 (0,07) | 0,95 (0,02) |
|              | Süspansiyonlu | 0,27 (0,03) | 0,26 (0,04) | 0,57 (0,03) | 0,77 (0,02) |
| 76 model     | Mevcut        | 0,45 (0,02) | 0,60 (0,06) | 0,98 (0,24) | 1,45 (0,20) |
|              | Kızaklı       | 0,41 (0,10) | 0,56 (0,17) | 0,74 (0,09) | 1,24 (0,15) |
|              | Süspansiyonlu | 0,32 (0,01) | 0,42 (0,31) | 0,60 (0,06) | 0,96 (0,06) |

\*ortalama ve standart sapma (parantez içerisinde) değerleri.

Tablo 3.30 Toplam V için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,591           | 2                   | 0,295              | 19,590   | 0,000    |
| Koltuk Türü       | 1,482           | 2                   | 0,741              | 49,173   | 0,000    |
| Traktör×Koltuk    | 0,172           | 4                   | 0,024              | 1,593    | 0,219    |
| Hata              | 0,096           | 18                  | 0,015              |          |          |
| Toplam            | 40,106          | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk ve traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.31 ve Tablo 3.32 elde edilmiştir.

Tablo 3.31 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü   | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|---------------|--------|--------|--------|
| Mevcut        |        |        | 1,4756 |
| Kızaklı       |        | 1,1656 |        |
| Süspansiyonlu | 0,9022 |        |        |

Tablo 3.32 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 |
|--------------|--------|--------|
| 84           |        | 1,3411 |
| 76           |        | 1,2178 |
| 77           | 0,9844 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı, mevcut ve süspansiyonlu koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktörlerin ve koltuk türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut ve kızaklı koltukların süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.33' te görüldüğü gibi, P değeri 0,359 ( $P>0,05$ ) olduğundan traktör türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı, P değeri 0,000 ( $P<0,05$ ) olduğundan koltuk türünün etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,905 ( $P>0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör türünün bir etkisinin olmadığı ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.34 elde edilmiştir.

Tablo 3.33 Z eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,032           | 2                   | 0,016              | 1,084    | 0,359    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,564           | 2                   | 0,282              | 18,830   | 0,000    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,015           | 4                   | 0,004              | 0,251    | 0,905    |
| <b>Hata</b>           | 0,270           | 18                  | 0,015              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 15,800          | 27                  |                    |          |          |

Tablo 3.34 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü          | Grup 1 | Grup 2 |
|----------------------|--------|--------|
| <b>Mevcut</b>        |        | 0,9433 |
| <b>Kızaklı</b>       | 0,6800 |        |
| <b>Süspansiyonlu</b> | 0,6067 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar ile mevcut koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktörlerin türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, koltuk türünün önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların kızaklı ve süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesiyle operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.35' te görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan traktör türü ile P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ve koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,234 ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör ve koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.35 Toplam Y için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı     | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Traktör Türü</b>   | 0,251           | 2                   | 0,125              | 23,727   | 0,000    |
| <b>Koltuk Türü</b>    | 0,284           | 2                   | 0,142              | 26,902   | 0,000    |
| <b>Traktör×Koltuk</b> | 0,032           | 4                   | 0,008              | 1,535    | 0,234    |
| <b>Hata</b>           | 0,095           | 18                  | 0,005              |          |          |
| <b>Toplam</b>         | 7,333           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk ve traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.36 ve Tablo 3.37 elde edilmiştir.

Tablo 3.36 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü          | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|----------------------|--------|--------|--------|
| <b>Mevcut</b>        |        |        | 0,3644 |
| <b>Kızaklı</b>       |        | 0,5122 |        |
| <b>Süspansiyonlu</b> | 0,3644 |        |        |

Tablo 3.37 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 |
|--------------|--------|--------|
| <b>84</b>    |        | 0,5967 |
| <b>76</b>    |        | 0,5278 |
| <b>77</b>    | 0,3667 |        |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kızaklı, mevcut ve süspansiyonlu koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktörlerin ve koltuk türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut ve kızaklı koltukların süspansiyonlu koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim

değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.38’ de görüldüğü gibi, P değerleri 0,000 ( $P<0,05$ ) ve 0,000 ( $P<0,05$ ) olan traktör ve koltuk türü ile koltuk×traktör interaksiyon P değerinin 0,004 ( $P<0,05$ ) toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) sürütücü traktör ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında traktör ve koltuk türü ile traktör×koltuk etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.38 X eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Traktör Türü      | 0,140           | 2                   | 0,070              | 19,410   | 0,000    |
| Koltuk Türü       | 0,176           | 2                   | 0,088              | 24,494   | 0,000    |
| Traktör×Koltuk    | 0,080           | 4                   | 0,020              | 5,580    | 0,004    |
| Hata              | 0,065           | 18                  | 0,004              |          |          |
| Toplam            | 4,805           | 27                  |                    |          |          |

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden koltuk ve traktör türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.39 ve Tablo 3.40 elde edilmiştir.

Yapılan Tukey testi sonucu operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri mevcut ve kızaklı koltuklar ile süspansiyonlu koltuk arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, traktörlerin ve koltuk türünün türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.39 Koltuk türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Koltuk türü   | Grup 1 | Grup 2 |
|---------------|--------|--------|
| Mevcut        |        | 0,4900 |
| Kızaklı       |        | 0,4189 |
| Süspansiyonlu | 0,2944 |        |



Tablo 3.40 Traktör türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Traktör türü | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|--------------|--------|--------|--------|
| 84           |        |        | 0,4933 |
| 76           |        | 0,3922 |        |
| 77           | 0,3178 |        |        |

### 3.1.2.5 Yük çekiminin olduğu (dolu) kamyon ile ilgili analiz sonuçları

Aşağıda kamyon ile çalışma sırasında (dolu) operatöre iletilen titreşim değerlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir (Tablo 3.41).

Tablo 3.41 Kamyon ile çalışma sırasında (dolu) operatöre iletilen titreşim değerleri.

| Traktör Türü | Koltuk Türü | Yol Türü | X- eksen    | Y- eksen    | Z- eksen    | Toplam V    |
|--------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1995 model   | Mevcut      | Orman    | 0,46 (0,05) | 0,29 (0,07) | 0,69 (0,07) | 1,04 (0,08) |
|              |             | Asfalt   | 0,43 (0,05) | 0,25 (0,03) | 0,71 (0,11) | 1,00 (0,13) |
|              | Yeni        | Orman    | 0,19 (0,06) | 0,15 (0,04) | 0,33 (0,09) | 0,48 (0,13) |
|              |             | Asfalt   | 0,28 (0,03) | 0,18 (0,02) | 0,58 (0,03) | 0,75 (0,05) |
| 1992 model   | Mevcut      | Orman    | 0,28 (0,02) | 0,26 (0,04) | 0,77 (0,07) | 0,95 (0,09) |
|              |             | Asfalt   | 0,25 (0,02) | 0,24 (0,03) | 0,81 (0,07) | 0,95 (0,08) |
|              | Yeni        | Orman    | 0,34 (0,03) | 0,31 (0,05) | 0,48 (0,07) | 0,81 (0,10) |
|              |             | Asfalt   | 0,25 (0,02) | 0,18 (0,01) | 0,54 (0,01) | 0,69 (0,02) |
| 1988 model   | Mevcut      | Orman    | 0,24 (0,01) | 0,26 (0,01) | 0,62 (0,17) | 0,80 (0,14) |
|              |             | Asfalt   | 0,18 (0,01) | 0,22 (0,01) | 0,76 (0,03) | 0,86 (0,04) |
|              | Yeni        | Orman    | 0,24 (0,02) | 0,21 (0,01) | 0,45 (0,07) | 0,64 (0,06) |
|              |             | Asfalt   | 0,14 (0,01) | 0,17 (0,03) | 0,56 (0,08) | 0,65 (0,10) |

Elde edilen veriler yardımıyla, kamyon, koltuk ve yol türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her bir eksen için yapılan çoğul varyans analizleri sonucu elde edilen değerler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3.42’ de görüldüğü gibi, P değeri 0,015 ( $P<0,05$ ) olan kamyon türü, P değeri 0,000 ( $P<0,05$ ) olan koltuk türü değerleri ile P değeri 0,010 ( $P>0,05$ ) olan koltuk×kamyon interaksiyon değerinin toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında kamyon ve koltuk türlerinin bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca; operatöre iletilen titreşim değerlerinden kamyon türlerinin arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda gruplar arası fark çıkmamıştır (Tablo 3.43). Mevcut koltukların yeni koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kamyon türü olarak ise 1992 ve 1995 model kamyonların aynı grupta yer aldıkları ve daha iyi etki gösterdikleri tespit edilmiştir.

Tablo 3.42 Toplam V için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,082           | 2                   | 0,041              | 5,002    | 0,015    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,619           | 1                   | 0,619              | 75,674   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,008           | 1                   | 0,008              | 0,918    | 0,347    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,092           | 2                   | 0,046              | 5,621    | 0,010    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,044           | 2                   | 0,022              | 2,703    | 0,087    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 0,005           | 1                   | 0,005              | 0,599    | 0,446    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,084           | 2                   | 0,042              | 5,149    | 0,014    |
| <b>Hata</b>              | 0,196           | 24                  | 0,008              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 24,266          | 36                  |                    |          |          |

Tablo 3.43 Kamyon türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Kamyon türü | Grup 1 | Grup 2 |
|-------------|--------|--------|
| 1992        |        | 0,8517 |
| 1995        | 0,8158 | 0,8158 |
| 1988        | 0,7375 |        |

Tablo 3.44' te görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türü ile P değeri 0,001 ( $P < 0,05$ ) olan yol türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında koltuk ve yol türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.44 Z eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,034           | 2                   | 0,017              | 2,583    | 0,096    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,499           | 1                   | 0,499              | 76,176   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,092           | 1                   | 0,092              | 14,036   | 0,001    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,016           | 2                   | 0,008              | 1,228    | 0,311    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,013           | 2                   | 0,006              | 0,972    | 0,393    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 0,012           | 1                   | 0,012              | 1,846    | 0,187    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,030           | 2                   | 0,015              | 2,259    | 0,126    |
| <b>Hata</b>              | 0,157           | 24                  | 0,007              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 14,200          | 36                  |                    |          |          |

Tablo 3.45' te görüldüğü gibi, P değeri 0,048 ( $P > 0,05$ ) olan kamyon türü, P değeri 0,000 ( $P > 0,05$ ) olan koltuk türü ve P değeri 0,002 ( $P > 0,05$ ) olan yol türü değerleri ile P değeri 0,007 ( $P > 0,05$ ) olan kamyon×koltuk interaksiyon değerinin toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde kamyon, koltuk ve yol türlerinin bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 3.46).

Tablo 3.45 Y eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,008           | 2                   | 0,004              | 3,453    | 0,048    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,025           | 1                   | 0,025              | 21,539   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,015           | 1                   | 0,015              | 12,718   | 0,002    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,015           | 2                   | 0,007              | 6,246    | 0,007    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,008           | 2                   | 0,004              | 3,325    | 0,053    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 0,000           | 1                   | 0,000              | 0,403    | 0,531    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,014           | 2                   | 0,007              | 5,916    | 0,008    |
| <b>Hata</b>              | 0,028           | 24                  | 0,001              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 0,112           | 35                  |                    |          |          |

Tablo 3.46 Kamyon türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Kamyon türü | Grup 1 |
|-------------|--------|
| <b>1992</b> | 0,2492 |
| <b>1995</b> | 0,2183 |
| <b>1988</b> | 0,2167 |

Tablo 3.47' de görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P>0,05$ ) olan kamyon türü, koltuk türü değerleri, P değeri 0,002 ( $P>0,05$ ) olan yol türü değeri ve P değeri ( $P>0,05$ ) olan interaksiyon değerlerinin toplam titreşim değeri üzerinde etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olduğu (dolu) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde kamyon, koltuk ve yol türlerinin bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 3.48). Mevcut koltukların yeni koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kamyon türleri arasında ise en iyi etkiyi 1992 model kamyon göstermiştir.

Tablo 3.47 X eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,119           | 2                   | 0,059              | 61,651   | 0,000    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,039           | 1                   | 0,039              | 40,127   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,011           | 1                   | 0,011              | 11,804   | 0,002    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,104           | 2                   | 0,052              | 53,951   | 0,000    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,021           | 2                   | 0,010              | 10,810   | 0,000    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 1,000           | 1                   | 1,000              | 0,104    | 0,750    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,014           | 2                   | 0,007              | 7,167    | 0,004    |
| <b>Hata</b>              | 0,023           | 24                  | 0,001              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 3,020           | 36                  |                    |          |          |

Tablo 3.48 Kamyon türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Kamyon türü | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|-------------|--------|--------|--------|
| <b>1995</b> |        |        | 0,3392 |
| <b>1992</b> |        | 0,2817 |        |
| <b>1988</b> | 0,1992 |        |        |

### 3.1.2.6 Yük çekiminin olmadığı (boş) kamyon ile ilgili analiz sonuçları

Aşağıda kamyon ile çalışma sırasında (boş) operatöre iletilen titreşim değerlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir (Tablo 3.49).

Elde edilen veriler yardımıyla, kamyon, koltuk ve yol türünün operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her bir eksen için yapılan çoğul varyans analizleri sonucu elde edilen değerler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3.49 Kamyon ile çalışma sırasında (boş) operatöre iletilen titreşim değerleri.

| Traktör Türü | Koltuk Türü | Yol Türü | X- eksen    | Y- eksen    | Z- eksen    | Toplam V    |
|--------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1995 model   | Mevcut      | Orman    | 0,53 (0,08) | 0,50 (0,12) | 0,99 (0,10) | 1,43 (0,21) |
|              |             | Asfalt   | 0,34 (0,03) | 0,35 (0,01) | 1,05 (0,12) | 1,25 (0,11) |
|              | Yeni        | Orman    | 0,34 (0,04) | 0,42 (0,09) | 0,84 (0,11) | 1,14 (0,16) |
|              |             | Asfalt   | 0,31 (0,03) | 0,34 (0,05) | 0,81 (0,04) | 1,04 (0,07) |
| 1992 model   | Mevcut      | Orman    | 0,27 (0,04) | 0,49 (0,19) | 0,93 (0,14) | 1,22 (0,26) |
|              |             | Asfalt   | 0,31 (0,04) | 0,35 (0,05) | 1,13 (0,05) | 1,31 (0,09) |
|              | Yeni        | Orman    | 0,24 (0,02) | 0,41 (0,04) | 0,69 (0,13) | 0,97 (0,13) |
|              |             | Asfalt   | 0,24 (0,03) | 0,31 (0,06) | 0,88 (0,04) | 1,04 (0,07) |
| 1988 model   | Mevcut      | Orman    | 0,26 (0,01) | 0,40 (0,03) | 0,97 (0,02) | 1,19 (0,01) |
|              |             | Asfalt   | 0,33 (0,03) | 0,38 (0,04) | 1,19 (0,08) | 1,39 (0,10) |
|              | Yeni        | Orman    | 0,22 (0,05) | 0,32 (0,05) | 0,86 (0,16) | 1,03 (0,17) |
|              |             | Asfalt   | 0,22 (0,03) | 0,31 (0,02) | 0,84 (0,08) | 0,99 (0,08) |

\*ortalama ve standart sapma (parantez içerisinde) değerleri.

Tablo 3.50' de görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olduğundan koltuk türü etkisinin toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ayrıca kamyon, yol ve interaksiyon P değerlerinin ise ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında koltuk türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Mevcut koltukların yeni koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.51' de görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P < 0,05$ ) olan koltuk türü ile P değeri 0,004 ( $P < 0,05$ ) olan yol türünün etkisinin toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu ve kamyon türü ile interaksiyon P değerlerinin ( $P > 0,05$ ) olduğundan etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3.50 Toplam V için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,046           | 2                   | 0,023              | 1,197    | 0,320    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,627           | 1                   | 0,627              | 32,605   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,001           | 1                   | 0,001              | 0,042    | 0,840    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,001           | 2                   | 0,001              | 0,036    | 0,965    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,096           | 2                   | 0,048              | 2,499    | 0,103    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,0392          | 2                   | 0,019              | 1,004    | 0,381    |
| <b>Hata</b>              | 0,461           | 24                  | 0,019              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 50,301          | 36                  |                    |          |          |

Tablo 3.51 Z eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,022           | 2                   | 0,011              | 1,099    | 0,349    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,447           | 1                   | 0,447              | 45,309   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,099           | 1                   | 0,099              | 10,065   | 0,004    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,005           | 2                   | 0,002              | 0,234    | 0,793    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,047           | 2                   | 0,023              | 2,377    | 0,114    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 0,33            | 1                   | 0,033              | 3,348    | 0,080    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,019           | 2                   | 0,009              | 0,955    | 0,399    |
| <b>Hata</b>              | 32,212          | 36                  |                    |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 0,907           | 35                  |                    |          |          |

Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında koltuk türü ve yol türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Mevcut koltukların yeni koltuklar ile değiştirilmesi ile operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.52’ de görüldüğü gibi, P değeri 0,003 ( $P<0,05$ ) olduğundan yol türünün toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu, P değeri ( $P>0,05$ ) olan kamyon türü, koltuk türü ile interaksiyon değerlerinin etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında yol türünün bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.52 Y eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,016           | 2                   | 0,008              | 1,373    | 0,273    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,032           | 1                   | 0,032              | 5,433    | 0,028    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,064           | 1                   | 0,064              | 10,761   | 0,003    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,002           | 2                   | 0,001              | 0,155    | 0,857    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,019           | 2                   | 0,009              | 1,579    | 0,227    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 0,004           | 1                   | 0,004              | 0,673    | 0,420    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,001           | 2                   | 0,001              | 0,101    | 0,904    |
| <b>Hata</b>              | 0,143           | 24                  | 0,006              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 5,496           | 36                  |                    |          |          |

Tablo 3.53’ te görüldüğü gibi, P değeri 0,000 ( $P<0,05$ ) olan kamyon türü, koltuk türü değerleri ile P değeri 0,000 ( $P<0,05$ ) olan kamyon×yol interaksiyon değeri ve P değeri 0,002 ( $P<0,05$ ) olan kamyon×koltuk×yol interaksiyon değerlerinin, toplam titreşim değeri üzerinde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yük çekiminin olmadığı (boş) kamyon ile çalışma sırasında operatöre iletilen titreşim değerleri arasında kamyon ve koltuk türünün ayrı ayrı ve birlikte bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Son olarak; operatöre iletilen titreşim değerlerinden kamyon türleri arasındaki farklı grupların tespiti amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda aşağıdaki Tablo 3.54 elde edilmiştir.



Tablo 3.53 X eksenini için varyans analizi sonucu tablosu özeti.

| Varyasyon Kaynağı        | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri | P Değeri |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| <b>Kamyon Türü</b>       | 0,111           | 2                   | 0,055              | 36,549   | 0,000    |
| <b>Koltuk Türü</b>       | 0,058           | 1                   | 0,058              | 37,978   | 0,000    |
| <b>Yol Türü</b>          | 0,004           | 1                   | 0,004              | 2,645    | 0,117    |
| <b>Kamyon×Koltuk</b>     | 0,005           | 2                   | 0,003              | 1,780    | 0,190    |
| <b>Kamyon×Yol</b>        | 0,041           | 2                   | 0,021              | 13,634   | 0,000    |
| <b>Koltuk×Yol</b>        | 0,000           | 1                   | 0,000              | 0,264    | 0,612    |
| <b>Kamyon×Koltuk×Yol</b> | 0,024           | 2                   | 0,012              | 8,066    | 0,002    |
| <b>Hata</b>              | 0,036           | 24                  | 0,002              |          |          |
| <b>Toplam</b>            | 3,557           | 36                  |                    |          |          |

Tablo 3.54 Kamyon türleri arasındaki farkın ortaya çıkarılması için yapılan tukey testi.

| Kamyon türü | Grup 1 | Grup 2 |
|-------------|--------|--------|
| <b>1995</b> | 0,3800 |        |
| <b>1992</b> |        | 0,2667 |
| <b>1988</b> |        | 0,2583 |

Yapılan Tukey testi sonucu, operatöre iletilen tüm vücut titreşimi toplam değerleri kamyon türleri arasında % 99 güven düzeyinde istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Ayrıca, yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonucu, kamyon türlerinin titreşim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut koltukların yeni koltuklar ile değiştirilmesi ile de operatöre iletilen toplam titreşim değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

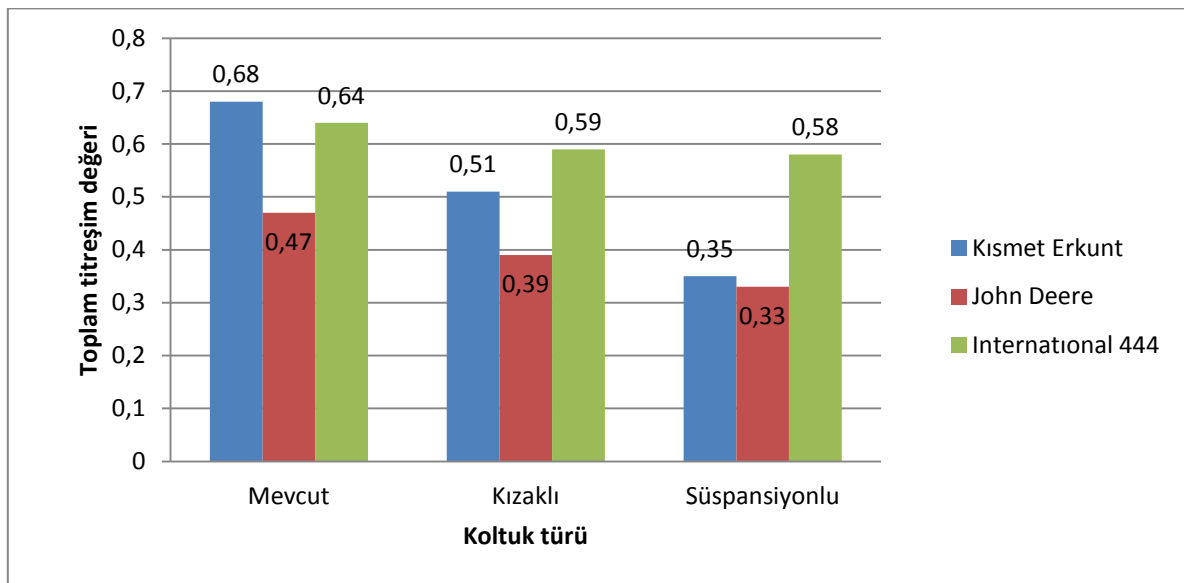
Bütün bu analizler ışığında koltuk ve araç türü değişkenlerine göre toplam titreşim değerleri değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

### 3.1.3 Günlük Titreşime Maruz Kalma ve Maksimum Çalışma Sürelerinin Hesaplanması

Günlük titreşime maruz kalma (8 saat) ve maksimum çalışma sürelerinin hesaplanması ile ilgili olarak ilgili formül vasıtasıyla ölçümü yapılan araçlar üzerinde ilk aşamada maruz kalınan toplam titreşim değerleri hesaplanmış, ardından ise uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı ( $0,5 \text{ ms}^{-2}$ ) üzerinden maksimum çalışma süreleri tespit edilmiştir. Hesaplamalar çekici (tamburlu) traktör, sürütücü traktör ve kamyonlara ait en düşük ve en yüksek titreşim değerleri vasıtasıyla araçlar boş (yük çekimi yok) ve dolu (yük çekimi var) iken ayrı ayrı hesaplanmıştır.

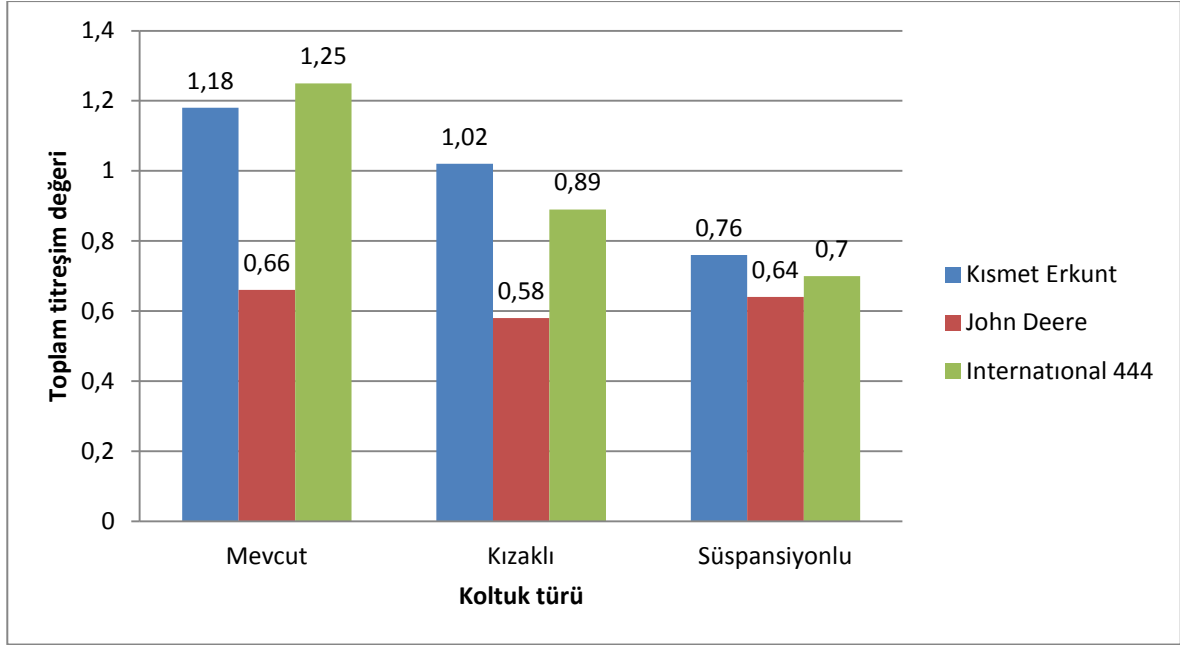
Ölçümlerde, bölgede ormancılık üretim işlerinde sıklıkla kullanılan 1984 model Ford 6610, 1976 model International 444 ve 1977 model 154 Leyland marka sürütücü traktörler ile 1980 model International 444, 2011 model Kısmet Erkunt ve 2010 model John Deere marka çekici (tamburlu) traktörler kullanılmıştır. Ayrıca kamyon modeli olarak ise 1988, 1992 ve 1995 model As 950 marka kamyonlar üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Buna göre hesaplamalar sonucu çekici (tamburlu) traktör, sürütücü traktör ve kamyon için araçlar boş (yük çekimi yok) ve dolu (yük çekimi var) iken hesaplanan maruz kalınan toplam titreşim değerleri aşağıda verilmiştir. Görüldüğü gibi mevcut koltuğa nazaran kızaklı ve süspansiyonlu koltuk kullanımı ile her bir araç için toplam titreşim değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 3.10).

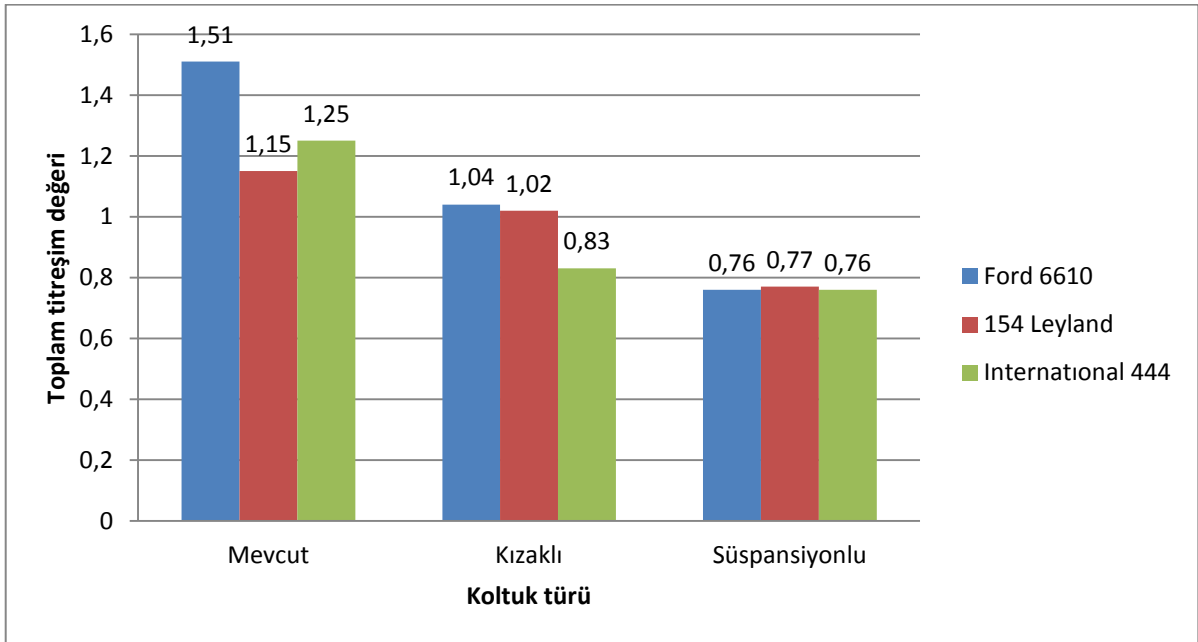


Şekil 3.10 Çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında (dolu) operatörün maruz kaldığı toplam titreşim değerleri.

Görüldüğü gibi araçlarda yük çekimi yokken zemine yaptığı basıncın daha az olmasından dolayı toplam titreşim değerlerinin daha fazla olduğu da bir gerçektir ( Şekil 3.11). Mevcut koltuğa nazaran kızaklı ve süspansiyonlu koltuk kullanımı ile her bir araç için toplam titreşim değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 3.12).

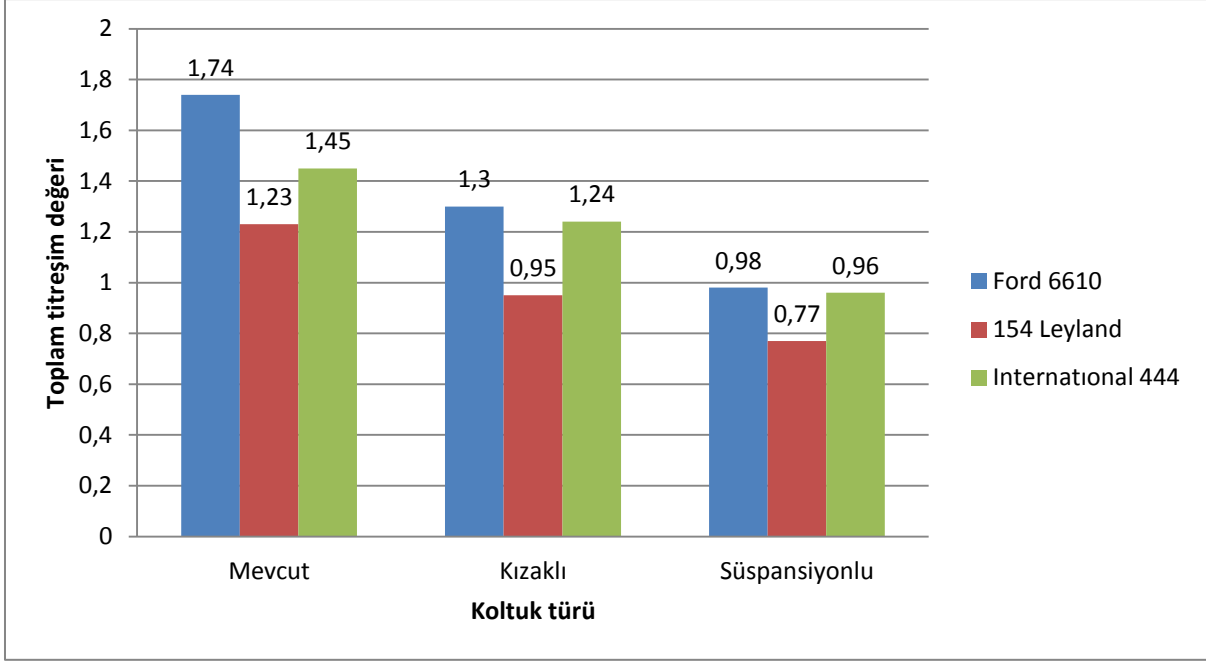


Şekil 3.11 Çekici (tamburlu) traktör ile çalışma sırasında (boş) operatörün maruz kaldığı toplam titreşim değerleri.

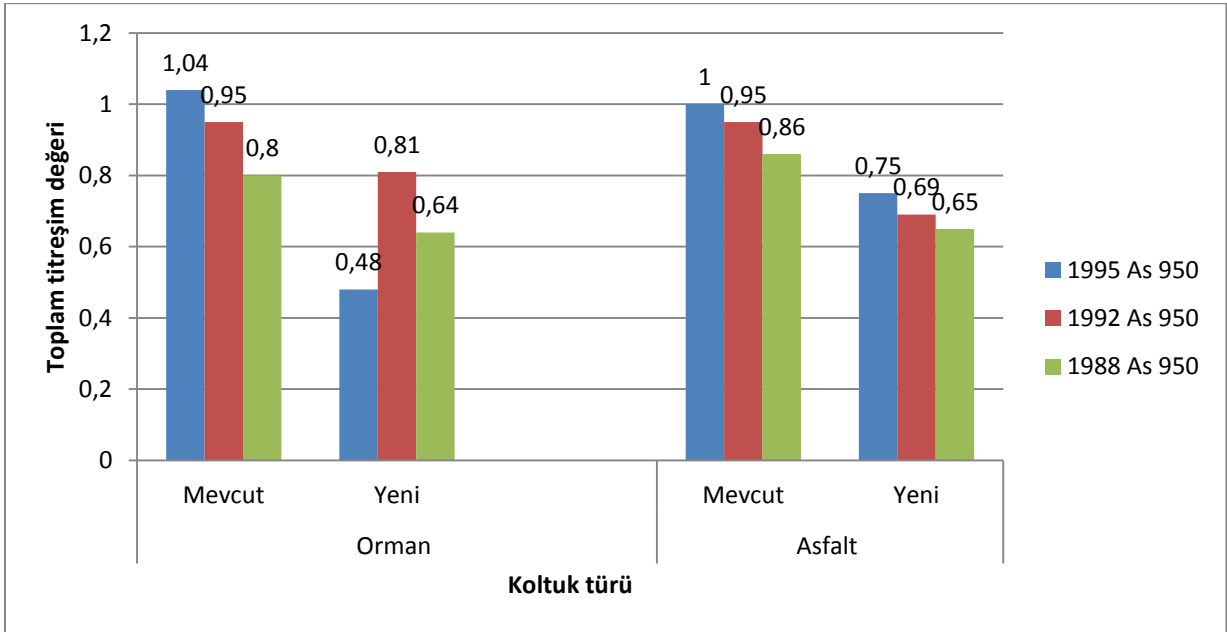


Şekil 3.12 Sürütücü traktör ile çalışma sırasında (dolu) operatörün maruz kaldığı toplam titreşim değerleri.

Görüldüğü gibi araçlarda yük çekimi yokken zemine yaptığı basıncın daha az olmasından dolayı toplam titreşim değerlerinin daha fazla olduğu da bir gerçektir ( Şekil 3.13). Mevcut koltuğa nazaran yeni koltuk kullanımı ile her bir araç için toplam titreşim değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 3.14).

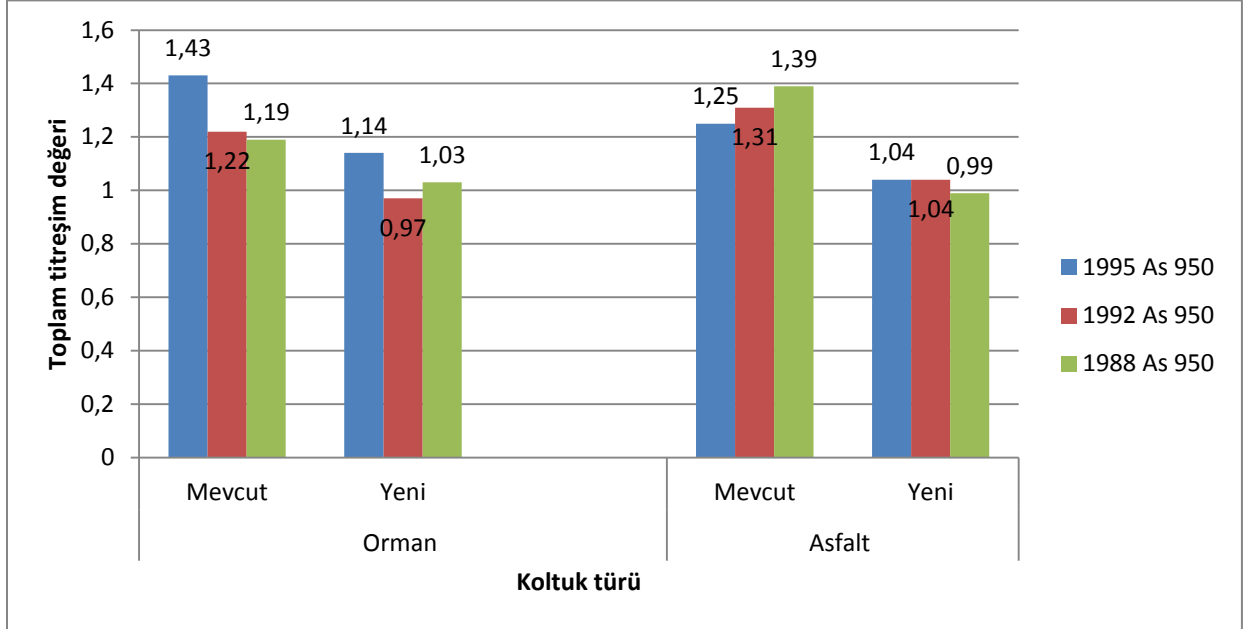


Şekil 3.13 Sürütücü traktör ile çalışma sırasında (boş) operatörün maruz kaldığı toplam titreşim değerleri.



Şekil 3.14 Kamyon ile çalışma sırasında (dolu) operatörün maruz kaldığı toplam titreşim değerleri.

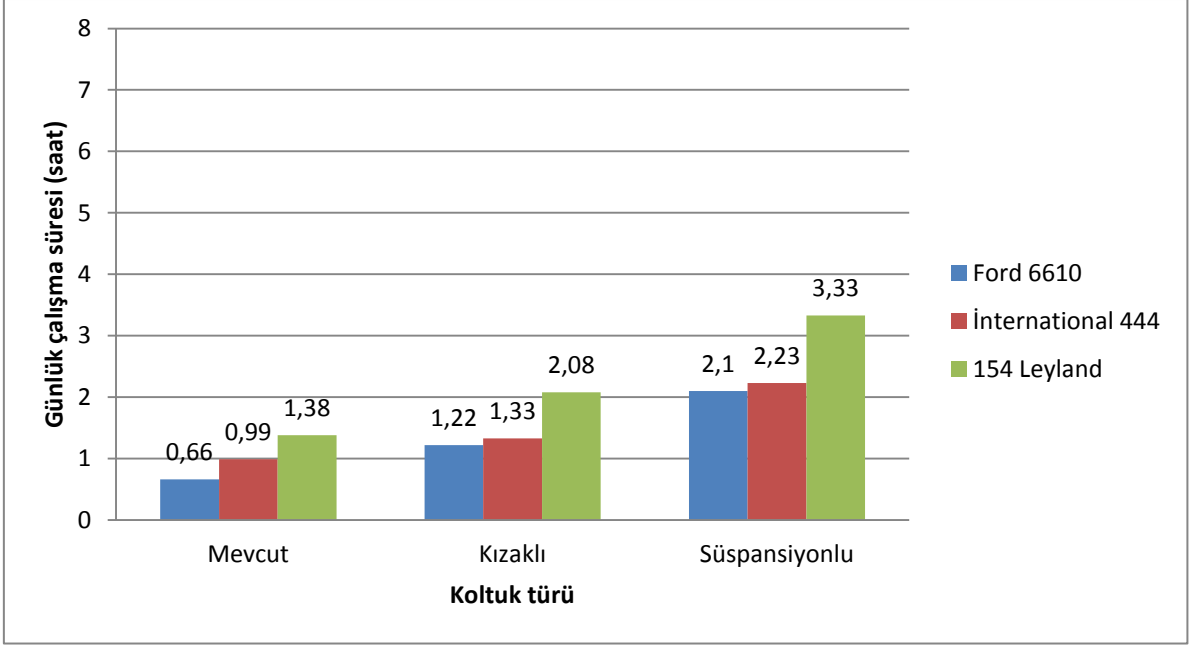
Araçlarda yük çekimi yokken zemine yaptığı basıncın daha az olmasından dolayı toplam titreşim değerlerinin daha fazla olduğu da bir gerçektir. Mevcut koltuğa nazaran yeni koltuk kullanımı ile her bir araç için toplam titreşim değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Kamyon ile çalışma sırasında (boş) operatörün maruz kaldığı toplam titreşim değerleri.

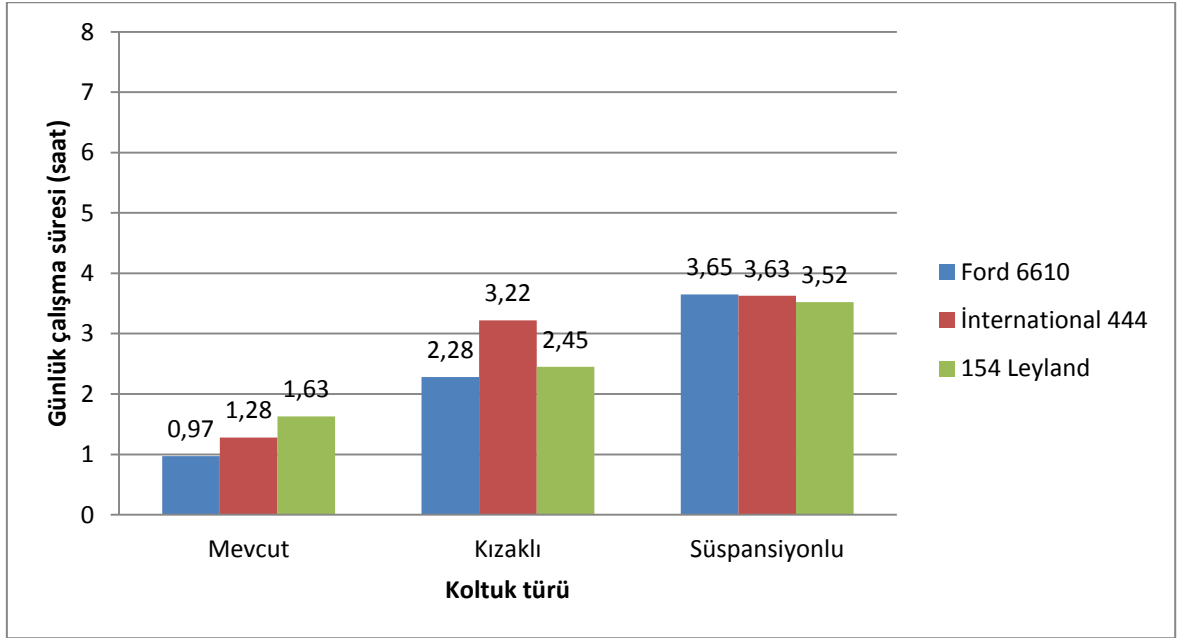
Ek olarak, uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı ( $0,5 \text{ ms}^{-2}$ ) üzerinden maksimum çalışma sürelerinin hesaplanması sonucu, sürütücü traktör, çekici (tamburlu) traktör ve kamyon üzerinde mevcut ve fabrika çıkışlı yeni koltuklar ile araçlar boş (yük çekimi yok) ve dolu (yük çekimi var) iken çalışma süreleri değerleri değişimleri aşağıda verilmiştir. Çalışma süreleri değişimleri ölçümlerde kullanılan 3 farklı üretim aracı grubunun kendi içerisinde kıyaslanmasına olanak sağlayacak şekilde verilmiştir.

Buna göre 8 saatlik çalışma süresi dikkate alındığında; sırasıyla süspansiyonlu, kızaklı koltukların kullanımının çalışma zamanı üzerindeki etkisinin, mevcut (sönümlenme özelliğini kaybetmiş) koltuklara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.16). Süspansiyonlu koltukların 4 yaylı, kızaklı koltukların ise 2 yaylı olması ve mevcut koltuklara nazaran süspansiyonlu ve kızaklı koltukların yeni ve sönümlenme özelliklerini hiç kaybetmemiş olmaları etkili faktörler olarak tespit edilmiştir.



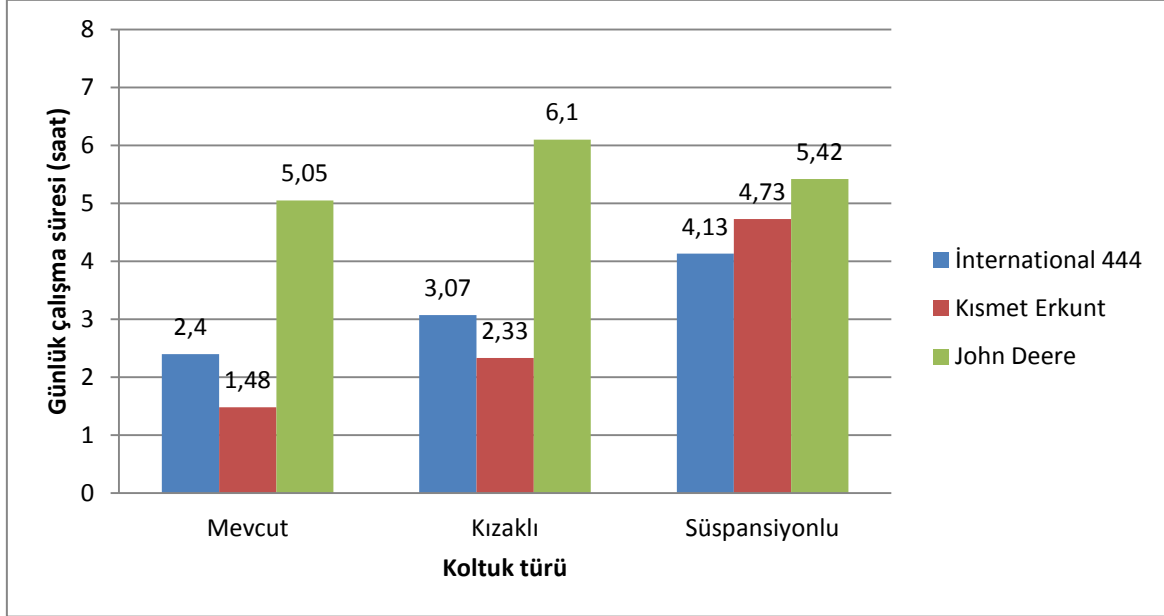
Şekil 3.16 Sürütücü traktör (boş) için koltuk değişimlerine göre çalışma süreleri.

Buna göre 8 saatlik çalışma süresi dikkate alındığında; sırasıyla süspansiyonlu, kızaklı koltukların kullanımının çalışma zamanı üzerindeki etkisinin, mevcut (sönümlenme özelliğini kaybetmiş) koltuklara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.17).



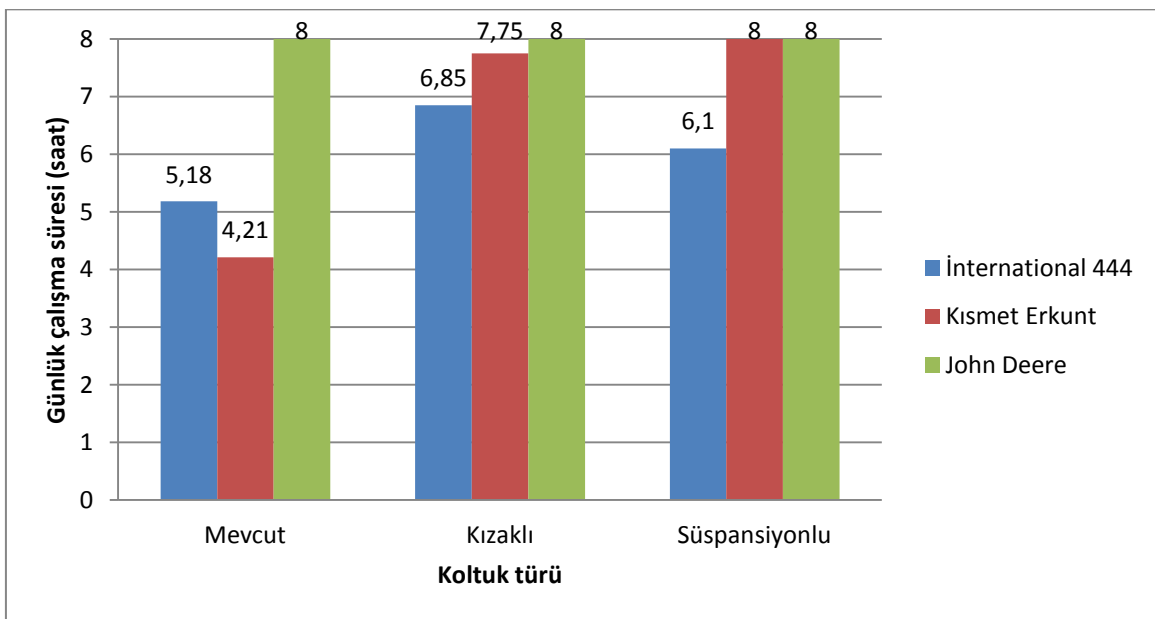
Şekil 3.17 Sürütücü traktör (dolu) için koltuk değişimlerine göre çalışma süreleri.

Buna göre 8 saatlik çalışma süresi dikkate alındığında; sırasıyla süspansiyonlu, kızaklı koltukların kullanımının çalışma zamanı üzerindeki etkisinin, mevcut (sönümlenme özelliğini kaybetmiş) koltuklara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.18).



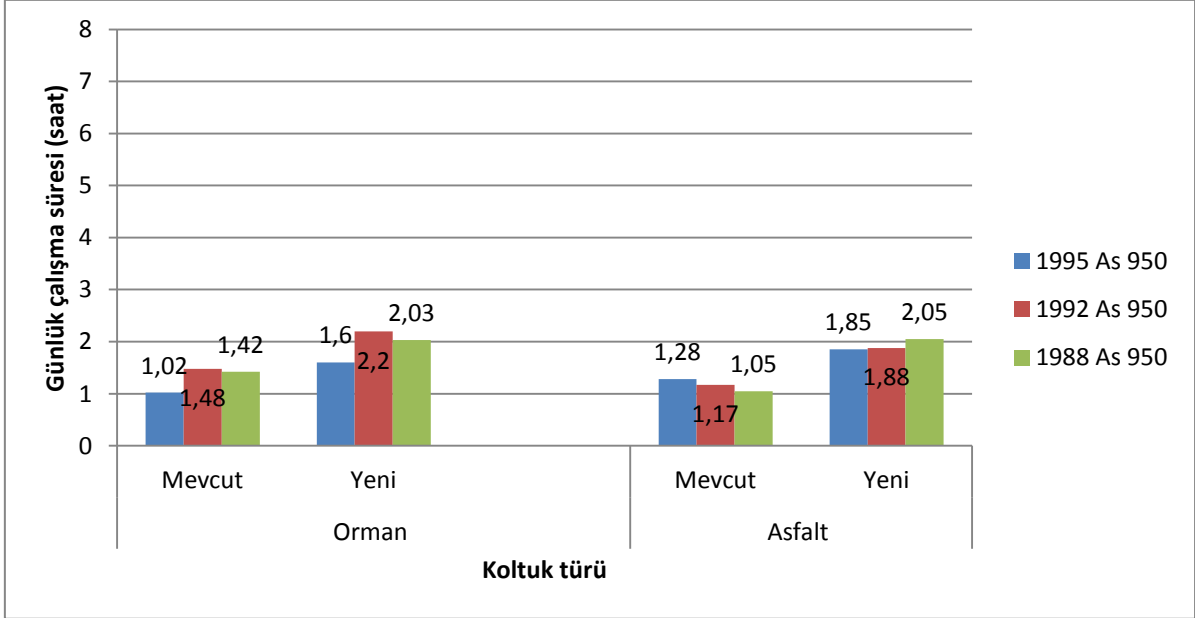
Şekil 3.18 Çekici (tamburlu) traktör (boş) için koltuk değişimlerine göre çalışma süreleri.

Buna göre 8 saatlik çalışma süresi dikkate alındığında; sırasıyla süspansiyonlu, kızaklı koltukların kullanımının çalışma zamanı üzerindeki etkisinin, mevcut (sönümlenme özelliğini kaybetmiş) koltuklara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.19).



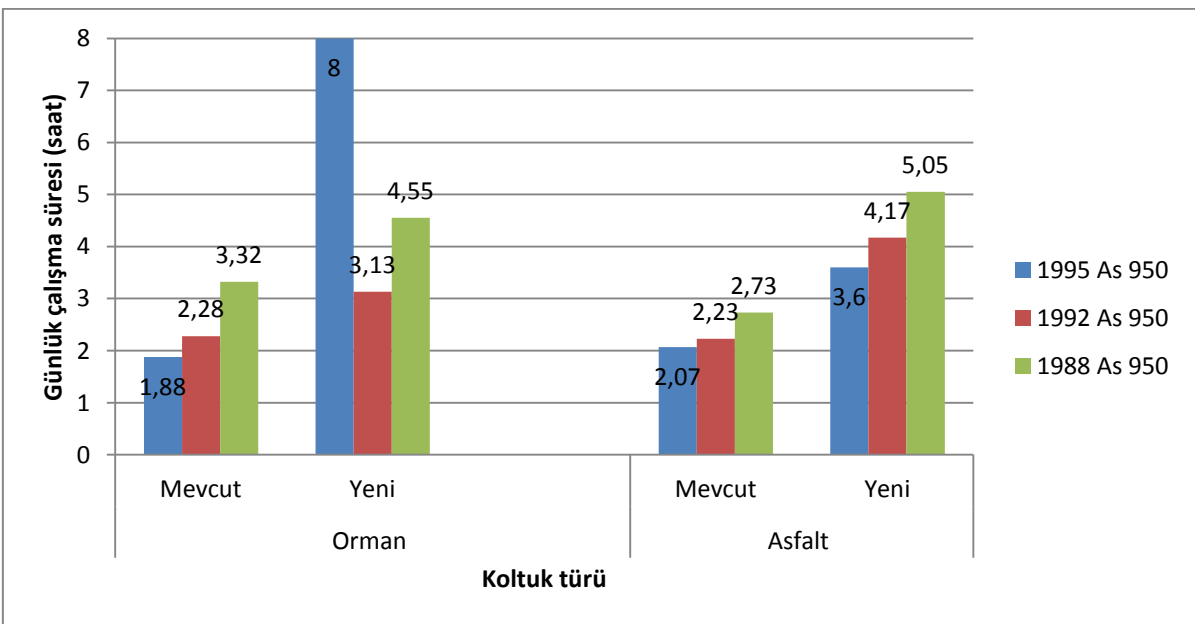
Şekil 3.19 Çekici (tamburlu) traktör (dolü) için koltuk değişimlerine göre çalışma süreleri.

Buna göre 8 saatlik çalışma süresi dikkate alındığında; sırasıyla süspansiyonlu, kızaklı koltukların kullanımının çalışma zamanı üzerindeki etkisinin, mevcut (sönümlenme özelliğini kaybetmiş) koltuklara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Kamyon (boş) için koltuk değişimlerine göre çalışma süreleri.

Buna göre 8 saatlik çalışma süresi dikkate alındığında; sırasıyla süspansiyonlu, kızaklı koltukların kullanımının çalışma zamanı üzerindeki etkisinin, mevcut (sönümlenme özelliğini kaybetmiş) koltuklara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Kamyon (dolu) için koltuk değişimlerine göre çalışma süreleri.



8 saatlik çalışma süresi boyunca sağlık problemlerine neden olan titreşime maruz kalma seviyesi, yapılan hesaplamalara uygun olarak uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırının altına çekilmiştir. Günlük çalışma süresi boyunca, kısaltılmış iş günü ya da vardiyalı çalışma döngüleri oluşturularak insan sağlığı için problem oluşturmayacak seviyelere indirgenmelidir.

### **3.1.4 Titreşim Etkisinin Operatör Üzerindeki Etkilerinin Tespiti Amacıyla Yapılan Tetkiklere Yönelik Araştırma Bulguları**

Bu aşamada, orman işçilerinin bel ve sırt rahatsızlıklarına yönelik sağlık problemlerinin belirlenmesi ile ilgili olarak, radyolojik tetkikleri ve genel muayeneleri yapılmış ve tetkik sonuçları doktorlar tarafından değerlendirilerek orman işçilerinin sağlık durumları ve rahatsızlıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sağlık taraması sırasında, ormancılık üretim işlerinin yürütülmesi sırasında orman işçilerinin maruz kaldıkları titreşimin genel sağlık durumları üzerine etkileri doktor muayeneleri esnasında sorgulanmaktadır.

#### **3.1.4.1 Genel Sağlık Muayenesi ve Ortopedi Travmatoloji Muayenesi**

Bel ağrısı için 100' ün üstünde risk faktörleri tanımlanmasına rağmen spesifik etyolojiyi belirlemek kolay değildir. En önemli risk faktörleri fiziksel aktivite, yoğun spor, ağır kaldırma, gövdenin sık rotasyonu, vibrasyona maruz kalmak, yaş, uzun boy, obezite, sigara içme, psikolojik ve genetik faktörlerdir (Akarırmak 2001; Sarper 2006).

Bel fıtığı (Lomber diskopati), lomber disk dediğimiz omurlar arasındaki kıkırdak yapının taşarak bacağa giden sinir köklerini sıkıştırması sonucunda oluşan hastalıktır. Nedenleri genellikle mekaniktir; uzun duruş, oturuş bozuklukları, fazla kilo, bel ve karın kaslarının zayıflığı, travma, bel omurgalarına ve disklerine binen yükün ani olarak veya uzun süreli artması en sık sebeplerdir.

Jelatinöz yapısı bozularak dejenere olan disk materyali önce hafifçe taşar ki buna “bulging” denir. Hastalık ilerlerse disk materyali daha fazla taşarak sinirleri sıkıştırır, buna da “protrüzyon” denir. Bir sonraki safhada ise disk materyali büyük oranda spinal kanala doğru taşarak sinirleri tamamen sıkıştırır, buna ise “ekstrüzyon” denir.

Bel fitiğının en belirgin klinik bulgusu kalça içinden bacağı doğru yayılan ağrıdır. Sinir kökündeki sıkışmaya ve bel fitiğinin derecesine göre ağrı ile birlikte uyuşma ve güç kaybı da olabilir.

Bel fitiğinin toplum içinde rastlanma sıklığı onda bir gibi yüksek bir düzeydedir. Bel fitiği en sık 35-50 yaş arasında görülür. Omurga yapısı nedeniyle uzun boyluların bel fitiğine yakalanma riskleri daha fazladır. Ağır işlerde, yoğun stres altındaki çalışanlar bel fitiğine yakalanma olasılığı en fazla olan kesim içerisinde yer almaktadır.

Bu tetkikler bireyin bel ve sırt bölgesinde herhangi bir şekil bozukluğu, fitik, çatlak, incelme vb. olup olmadığının ortaya çıkarılması amacıyla yapılan tetkiklerdir. Bu amaçla, orman işçilerine genel muayene sonrası radyolojik tetkikler uygulanarak gerekli grafiler çekilmiş ve bu grafiler daha sonra doktor tarafından yorumlanmak suretiyle teşhis konulmuş, buna yönelik alınabilecek önlemler sunulmuştur. Muayene aşamasında doğru teşhisin konulabilmesi için alanında uzman doktor tarafından önce orman işçisinin öyküsü dinlenilmiş, ardından ise nörolojik muayene ile bacak kaldırma testi gibi bazı özel testler uygulanmıştır.

Bu aşamada, çalışmalara katılan işçilerin (3 sürütücü traktör, 3 çekici (tamburlu) traktör ve 3 uzak nakliyat operatörü) alanında uzman doktor tarafından yapılan fiziki muayeneleri ile bel ve sırt rahatsızlıklarının mevcut olup olmadığı, eğer varsa rahatsızlığın derecesi tespit edilmeye çalışılmıştır. Ek olarak; genel muayene öncesinde, doktor tarafından yapılacak muayeneye yardımcı olmak amacıyla, işçilerin bel ve sırt rahatsızlıkları olup olmadıkları, varsa ne zamandan beri süregeldiği, rahatsızlığın şiddeti ve bu rahatsızlıkların yapılan işe bağlı olup olmadıklarının tespiti amacıyla işçilerle yüz yüze görüşülmüş ve notlar alınmıştır.

Buna göre; işçilerle yapılan anket sonucunda yaşları sırasıyla 48, 51, 53 olan çekici traktör operatörlerinin ormancılık sektöründe çalışma yılları ise sırasıyla 30, 20 ve 30 yıl olarak belirlenmiş, 3 çekici traktör operatörünün tamamının sırasıyla 30, 20 ve 30 yıldan bu yana süregelen orta derecede bel rahatsızlığı şikayetleri oldukları ayrıca bel ve sırt rahatsızlıkları ile ilgili herhangi bir operasyon geçirmedikleri tespit edilmiştir.

Ek olarak bel rahatsızlıklarının nelerden kaynaklanabileceği konusunda ise önem sırasına göre sırasıyla şu cevaplar verilmiştir:

- 1- Ağır şeyler kaldırmak
- 2- Bilinçsizce ve ani yapılan hareketler
- 3- Yanlış oturuş ve duruş alışkanlığı
- 4- Bedensel faaliyetlere ısınmadan başlamak
- 5- Uzun süre araç sürme
- 6- Şişmanlık
- 7- Stres, alkol, sigara
- 8- Daha çok oturarak çalışmak
- 9- Kalıtsal faktörler

Ayrıca; sürütücü traktör operatörleri ile yapılan anket sonucunda ise yaşları sırasıyla 35, 49 ve 50 olan sürütücü traktör operatörlerinin ormancılık sektöründe çalışma yılları ise sırasıyla 17, 5 ve 32 yıl olarak belirlenmiş, 3 sürütücü traktör operatörünün tamamının sırasıyla 5, 1 ve 20 yıldan bu yana süregelen orta derecede bel rahatsızlığı şikayetleri oldukları ayrıca bel ve sırt rahatsızlıkları ile ilgili herhangi bir operasyon geçirmediikleri tespit edilmiştir. Ek olarak bel rahatsızlıklarının nelerden kaynaklanabileceği konusunda ise önem sırasına göre sırasıyla şu cevaplar verilmiştir:

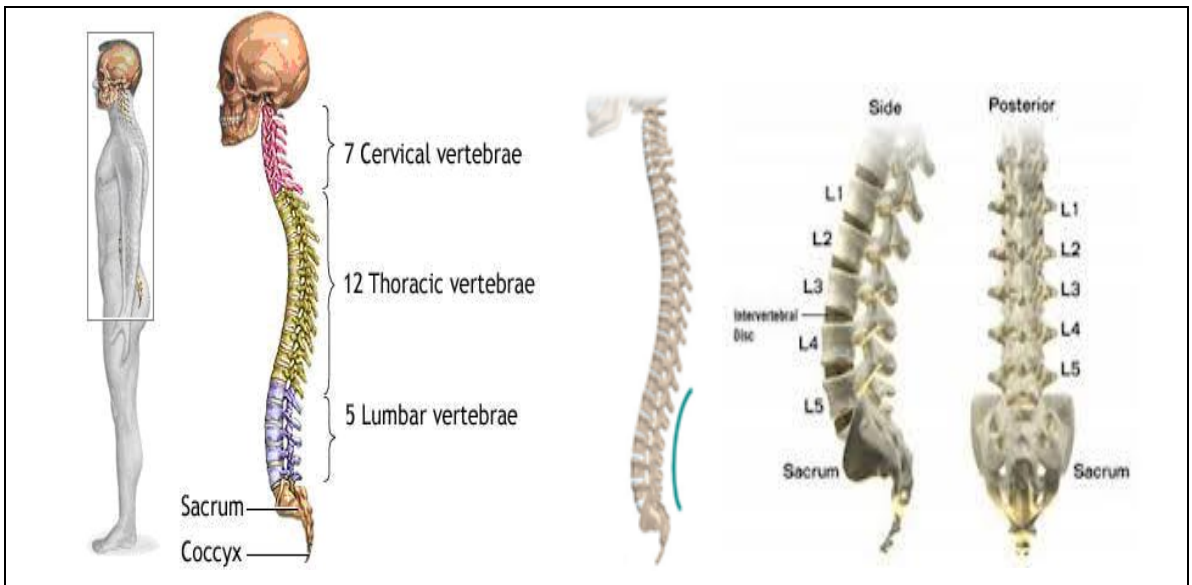
- 1- Ağır şeyler kaldırmak
- 2- Bilinçsizce ve ani yapılan hareketler
- 3- Bedensel faaliyetlere ısınmadan başlamak
- 4- Yanlış oturuş ve duruş alışkanlığı
- 5- Uzun süre araç sürme
- 6- Şişmanlık
- 7- Stres, alkol, sigara
- 8- Daha çok oturarak çalışmak
- 9- Kalıtsal faktörler

Son olarak; uzak nakliyat (kamyon) operatörleri ile yapılan anket sonucunda ise yaşları sırasıyla 44, 46 ve 52 olan kamyon operatörlerinin ormancılık sektöründe çalışma yılları ise sırasıyla 25, 15 ve 30 yıl olarak belirlenmiş, 3 kamyon operatörünün tamamının sırasıyla 10,

10 ve 15 yıldan bu yana süregelen orta derecede bel rahatsızlığı şikayetleri oldukları ayrıca bel ve sırt rahatsızlıkları ile ilgili herhangi bir operasyon geçirmediikleri tespit edilmiştir. Ek olarak bel rahatsızlıklarının nelerden kaynaklanabileceği konusunda ise önem sırasına göre sırasıyla şu cevaplar verilmiştir:

- 1- Ağır şeyler kaldırmak
- 2- Bilinçsizce ve ani yapılan hareketler
- 3- Uzun süre araç sürme
- 4- Şişmanlık
- 5- Yanlış oturuş ve duruş alışkanlığı
- 6- Bedensel faaliyetlere ısınmadan başlamak
- 7- Stres, alkol, sigara
- 8- Daha çok oturarak çalışmak
- 9- Kalıtsal faktörler

Muayene ve radyolojik tetkik sonuçlarının alanında uzman doktor tarafından değerlendirilmesi sonucunda ise; 9 operatörün % 77,77' sinin sırt ve bel rahatsızlıklarına yönelik herniasyonların maruz kaldıkları ve bu herniasyonların L1-L5 olarak adlandırılan bel bölgesinde yer alan 5 adet omurun arasından L5-S1 ve L4-L5 seviyelerinde görüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 İnsan omurgası üzerinde yer alan bel omurları (URL-7).

L1' den L5' e gidildikçe omurlar arasında spinal kanal olarak adlandırılan kısmın çapının artması dolayısıyla bu kısımların daha hareketli yapıda olması ve yapılan işe bağlı olarak özellikle bu bölgelerde yüklenmenin daha fazla olmasına bağlı olarak omurganın her omur arasında şokları emici özellik gösteren disklerin özellikle bu bölgede dejenere olması etkili faktörler olarak görülmüştür.

% 77,77' lik bu dilim içerisinde ise % 22,22 ile çekici (tamburlu) traktör operatörlerinin, % 22,22 ile sürütücü traktör operatörlerinin ve % 33,33 ile kamyon operatörlerinin yer aldığı görülmüştür.

Ek olarak, % 22,22' lik orana sahip çekici (tamburlu) ve sürütücü traktör operatörlerine rağmen bel ve sırt rahatsızlıklarının en hafif seyrettiği grubun sürütücü traktör operatörleri olduğu tespit edilmiştir. Sürütücü traktör operatörlerinde rahatsızlıklar ağır olmaksızın kendini gösterirken, çekici (tamburlu) traktör operatörlerinde ise tam tersi seyretmiştir.

Ayrıca, değerlendirmeler sonucunda çekici (tamburlu) traktör operatörlerinin sürütücü traktör ve kamyon operatörlerine nazaran daha ilk çalışma yıllarından itibaren bel rahatsızlıklarından rahatsız oldukları görülmüştür. Neden olarak; ağır şeyler kaldırmak, bilinçsizce ve ani yapılan hareketler yanında yanlış oturuş ve duruş alışkanlığının daha belirgin etkili faktör olduğu tespit edilmiştir. Operatörün hem araç üzerindeki pedallar vasıtasıyla aracı, hem de traktöre monte tambur sistemi üzerindeki kollar vasıtasıyla tambur sistemini kontrol etmesinin ve ürün takıldığında aracın devrilmemesi için ani hareketler yapma gerekliliğinin operatör üzerinde yanlış oturuş ve duruş bozukluklarına neden olduğu tespit edilmiştir.

Bel fitiğinin en yoğun hissedildiği grup olarak ise kamyon operatörleri göze çarpmış ve kamyon operatörlerinin tamamı bel fitiğine bağlı olarak ayaklarda seyreden yoğun ağrılardan bahsetmişlerdir. Kamyon operatörlerinin diğer araç operatörlerine nazaran ideal kilolarının üzerinde daha kilolu ve uzun boylu olmaları, işin yapılışı sırasında diğer araç operatörlerine kıyasla daha fazla yüklenmeye maruz kalmaları etkili faktörler olarak görülmüştür (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Radyolojik tetkik sonuçlarının değerlendirilmesi (Orjinal 2012).

Titreşim esnasında kasların vücudun stabilitesini sağlamak için kasıldığı ve bu kasılmalar nedeniyle zaman içerisinde yorulma ve güç kaybı olduğu, titreşim sonrası doku beslenmesinin bozulduğu, omurganın su içeriğinin azaldığının gözlemlendiği de doktor tarafından ifade edilirken, bel fitiğın tedavisinin, fitıklaşmanın yani disk dediğimiz elastiki maddenin bacağa giden sinirlere yaptığı basının derecesine bağlı olduğu, eğer sadece bel ve bacak ağrısı mevcut, herhangi bir uyuşukluk, güç kaybı, hareket kısıtlılığı yoksa bel fitiğın başlangıç safhasında olduğu da ayrıca belirtilmiştir. Ayrıca bel fitiğının değerlendirilmesi aşamasında, bel fitiğının sinirlere yaptığı bası nedeniyle oluşan bel fitiğının en tipik belirtisinin siyatik ağrı olduğu, kalça ortasından başlayarak bacağa yayılan ve aniden gelen keskin ve şiddetli ağrılar olduğu doktor tarafından ifade edilmiştir.

Tedavi olarak ise; hastalara kortikosteroid enjeksiyonu uygulanmış, ağrı kesici ve kas gevşetici ilaçlar önerilmiştir. Bu uygulanan müdahale, ortaya çıkan mevcut ağrıyı tedavi etmek için ağrı giderici ilaçların bel (lumbar) bölgesine direk olarak uygulandığı bir işlemdir. Ayrıca hastalara yatak istirahati ve belini zorlamayacak hareketlerden kaçınmaları, yükün vücuda eşit şekilde dağıtılması gerektiği de ifade edilmiştir.

## BÖLÜM 4

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, ormancılık sektöründe kullanılan üretim ve transport araçlarından operatöre iletilen tüm vücut titreşimleri incelenmiştir.

Araştırma kapsamında üzerlerinde ölçüm yapılan sürütücü traktör, çekici (tamburlu) traktör ve kamyon üzerinde 3 eksendeki etkisi incelenen titreşim faktörünün, en fazla etkiyi Z (düşey) ekseninde yaptığı ve yeni kızaklı ve süspansiyonlu koltuklarla bu değerlerin azaltılabildiği görülmüştür. Çalışma kapsamında en iyi etkiyi ise 4 yaylı olarak adlandırılan süspansiyonlu koltukların verdiği anlaşılmıştır.

Bu kapsamda, çekici (tamburlu) traktörler operatörleri için durum incelendiğinde, X ve Y eksenleri için mevcut koltuk üzerinde ölçülen titreşim değerlerinin uyarı sınırının hemen altında olduğu ( $<0,5$ ), yeni koltukların kullanımı ile bu değerlerin daha da aşağılara çekildiği görülürken, Z ekseninde mevcut koltuk ile araç boşken (yük çekimi yok) yapılan ölçümün ise uyarı sınırının hemen üzerinde olduğu ( $0,54$ ) ve yeni koltukların kullanımı ile bu değerlerin uyarı sınırının ( $0,5$ ) altına çekildiği görülmüştür.

Sürütücü traktörler operatörleri için durum incelendiğinde ise, X ekseninde ölçülen titreşim değerlerinin uyarı sınırının hemen altında olduğu ( $<0,5$ ), yeni koltukların kullanımı ile bu değerlerin daha da aşağılara çekildiği görülürken, Y ve Z eksenlerinde yapılan titreşim ölçümlerinin araç boş-dolu iken uyarı sınırı üzerinde seyrettiği ( $0,61$ ), ( $0,54$ ) - ( $0,95$ ), ( $0,82$ ) ve yeni süspansiyonlu koltuk kullanımı ile bu değerlerin daha aşağılara çekildiği ( $0,37$ ), ( $0,33$ ) - ( $0,61$ ), ( $0,46$ ) görülmüştür.

Aynı durum kamyon operatörleri için incelendiğinde ise, X ve Y eksenleri için mevcut koltuk ile orman ve asfalt yollarında ölçülen titreşim değerlerinin uyarı sınırının altında olduğu ve bu durumun yeni koltuk kullanımı ile daha da aşağılara çekildiği görülürken, Z

ekseni üzerinde araç boşken (yük çekimi yok) orman yolu ve asfalt yolda ölçülen titreşim değerlerinin tehlike sınırına yakın (0,96), (1,12) olduğu bu durumun yeni koltuk kullanımı ile daha aşağılara çekildiği (0,8), (0,84) görülmüştür. Aynı durum araç dolu iken (yük çekimi var) incelendiğinde ise orman yolu ve asfalt yolda ölçülen titreşim değerlerinin uyarı sınırı üzerinde (0,69), (0,76) olduğu bu durumun yeni koltuk kullanımı ile daha aşağılara çekildiği (0,42), (0,56) görülmüştür.

Elde edilen verilerin çoğul varyans analizi ve tukey testi ile değerlendirilmesi sonucunda ise kullanılan 3 farklı çekici (tamburlu) traktörler için (International 444, Kısmet Erkunt, John Deere) dolu (yük çekimi var) ve boşken (yük çekimi yok) titreşimin en etkili olduğu dikey Z ekseninde, en düşük değerler John Deere marka traktör üzerinde tespit edilmiş, koltuk türü değişkeninin titreşim faktörü üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Sağlık ve konfor şartları birlikte değerlendirildiğinde 4 yaylı olarak adlandırılan süspansiyonlu koltukların en iyi etkiyi gösterdikleri tespit edilmiştir.

Kullanılan 3 farklı sürütücü traktör için (Ford 6610, International 444, 154 Leyland) dolu (yük çekimi var) ve boşken (yük çekimi yok) titreşimin en etkili olduğu dikey Z ekseninde, titreşim değerinin araç türüne bağlı olarak farklılık göstermediği, koltuk türüne göre ise farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu kapsamda sağlık ve konfor şartları birlikte değerlendirildiğinde 2 yaylı olarak adlandırılan kızaklı koltuklar ile 4 yaylı olarak adlandırılan süspansiyonlu koltukların anlamlılık olarak aynı grupta yer almalarına rağmen süspansiyonlu koltukların en iyi etkiyi gösterdikleri tespit edilmiştir.

Ayrıca, kullanılan 3 farklı kamyon için (1995 model As 950, 1992 model As 950, 1988 model As 950) dolu (yük çekimi var) ve boşken (yük çekimi yok) titreşimin en etkili olduğu dikey Z ekseninde, titreşim değerinin koltuk ve yol türüne bağlı olarak farklılık gösterdiği, araç türüne göre ise farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu kapsamda sağlık ve konfor şartları birlikte değerlendirildiğinde yeni koltukların en iyi etkiyi gösterdikleri tespit edilmiştir.

Ek olarak, uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı ( $0,5 \text{ ms}^{-2}$ ) üzerinden maksimum çalışma sürelerinin hesaplanması sonucunda ise ölçümlerde kullanılan 3 farklı çekici (tamburlu) traktör (International 444, Kısmet Erkunt, John Deere) ve kullanılan 3 farklı



sürütücü traktör (Ford 6610, International 444, 154 Leyland) için koltuk değişimlerine göre sağlık ve konfor açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyecek çalışma sürelerine ait sonuçlar aşağıda verilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı üzerinden maksimum çalışma sürelerinin çekici ve sürütücü traktörler için hesaplanması.

| <b>ÇEKİCİ (TAMBURLU) TRAKTÖR</b> |                             |                     |                              |                     |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
|                                  | <b>BOŞ (YÜK ÇEKİMİ YOK)</b> |                     | <b>DOLU (YÜK ÇEKİMİ VAR)</b> |                     |
| <b>Mevcut koltuk</b>             | International 444           | 2,4 saat (144 dak)  | International 444            | 5,18 saat (311 dak) |
|                                  | Kısmet Erkunt               | 1,48 saat (89 dak)  | Kısmet Erkunt                | 4,21 saat (253 dak) |
|                                  | John Deere                  | 5,05 saat (303 dak) | John Deere                   | 8 saat (480 dak)    |
| <b>Kızaklı Koltuk</b>            | International 444           | 3,07 saat (184 dak) | International 444            | 6,85 saat (411 dak) |
|                                  | Kısmet Erkunt               | 2,33 saat (140 dak) | Kısmet Erkunt                | 7,75 saat (465 dak) |
|                                  | John Deere                  | 6,1 saat (366 dak)  | John Deere                   | 8 saat (480 dak)    |
| <b>Süspansiyonlu Koltuk</b>      | International 444           | 4,13 saat (248 dak) | International 444            | 6,1 saat (411 dak)  |
|                                  | Kısmet Erkunt               | 4,73 saat (284dak)  | Kısmet Erkunt                | 8 saat (480 dak)    |
|                                  | John Deere                  | 5,42 saat (325 dak) | John Deere                   | 8 saat (480 dak)    |
| <b>SÜRÜTÜCÜ TRAKTÖR</b>          |                             |                     |                              |                     |
|                                  | <b>BOŞ (YÜK ÇEKİMİ YOK)</b> |                     | <b>DOLU (YÜK ÇEKİMİ VAR)</b> |                     |
| <b>Mevcut koltuk</b>             | Ford 6610                   | 0,66 saat (40 dak)  | Ford 6610                    | 0,97 saat (58 dak)  |
|                                  | International 444           | 0,99 saat (59 dak)  | International 444            | 1,28 saat (77 dak)  |
|                                  | 154 Leyland                 | 1,38 saat (83 dak)  | 154 Leyland                  | 1,63 saat (98 dak)  |
| <b>Kızaklı Koltuk</b>            | Ford 6610                   | 1,22 saat (73 dak)  | Ford 6610                    | 2,28 saat (137 dak) |
|                                  | International 444           | 1,33 saat (80 dak)  | International 444            | 3,22 saat (193 dak) |
|                                  | 154 Leyland                 | 2,08 saat (125 dak) | 154 Leyland                  | 2,45 saat (147 dak) |
| <b>Süspansiyonlu Koltuk</b>      | Ford 6610                   | 2,1 saat (126 dak)  | Ford 6610                    | 3,65 saat (219 dak) |
|                                  | International 444           | 2,23 saat (134 dak) | International 444            | 3,63 saat (218 dak) |
|                                  | 154 Leyland                 | 3,33 saat (200 dak) | 154 Leyland                  | 3,52 saat (211 dak) |

Ayrıca, kullanılan 3 farklı kamyon (1995 model As 950, 1992 model As 950, 1988 model As 950) için ise koltuk değişimlerine göre sağlık ve konfor açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyecek çalışma sürelerine ait sonuçlar aşağıda verilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı üzerinden maksimum çalışma sürelerinin kamyon için hesaplanması.

| <b>KAMYON</b>        |                             |                     |                              |                     |
|----------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
|                      | <b>BOŞ (YÜK ÇEKİMİ YOK)</b> |                     | <b>DOLU (YÜK ÇEKİMİ VAR)</b> |                     |
|                      |                             | <b>Orman Yolu</b>   |                              | <b>Orman Yolu</b>   |
| <b>Mevcut Koltuk</b> | 1995 Model As 950           | 1,02 saat (61 dak)  | 1995 Model As 950            | 1,88 saat (113 dak) |
|                      | 1992 Model As 950           | 1,48 saat (89 dak)  | 1992 Model As 950            | 2,28 saat (137 dak) |
|                      | 1988 Model As 950           | 1,42 saat (85 dak)  | 1988 Model As 950            | 3,32 saat (199 dak) |
|                      |                             | <b>Asfalt Yol</b>   |                              | <b>Asfalt Yol</b>   |
| <b>Mevcut Koltuk</b> | 1995 Model As 950           | 1,28 saat (77 dak)  | 1995 Model As 950            | 2,07 saat (124 dak) |
|                      | 1992 Model As 950           | 1,17 saat (70 dak)  | 1992 Model As 950            | 2,23 saat (134 dak) |
|                      | 1988 Model As 950           | 1,05 saat (63 dak)  | 1988 Model As 950            | 2,73 saat (164 dak) |
|                      |                             | <b>Orman Yolu</b>   |                              | <b>Orman Yolu</b>   |
| <b>Yeni Koltuk</b>   | 1995 Model As 950           | 1,6 saat (96 dak)   | 1995 Model As 950            | 8 saat (480 dak)    |
|                      | 1992 Model As 950           | 2,2 saat (132 dak)  | 1992 Model As 950            | 3,13 saat (188 dak) |
|                      | 1988 Model As 950           | 2,03 saat (122dak)  | 1988 Model As 950            | 4,55 saat (273 dak) |
|                      |                             | <b>Asfalt Yol</b>   |                              | <b>Asfalt Yol</b>   |
| <b>Yeni Koltuk</b>   | 1995 Model As 950           | 1,85 saat (111 dak) | 1995 Model As 950            | 3,6 saat (216 dak)  |
|                      | 1992 Model As 950           | 1,88 saat (113 dak) | 1992 Model As 950            | 4,17 saat (250 dak) |
|                      | 1988 Model As 950           | 2,05 saat (123 dak) | 1988 Model As 950            | 5,05 saat (303 dak) |

Muayene ve radyolojik tetkik sonucunda ise; 9 operatörün % 77,77' sinin sırt ve bel rahatsızlıklarına yönelik herniasyonların maruz kaldıkları ve bu herniasyonların L1-L5 olarak adlandırılan bel bölgesinde yer alan 5 adet omurun arasından L5-S1 ve L4-L5 seviyelerinde görüldüğü tespit edilmiştir. % 77,77' lik bu dilim içerisinde, % 22,22 ile çekici (tamburlu) traktör operatörlerinin, % 22,22 ile sürütücü traktör operatörlerinin ve % 33,33 ile kamyon operatörlerinin yer aldığı görülmüş, bel ve sırt rahatsızlıklarının en hafif seyrettiği grubun

sürütücü traktör operatörleri olduğu, sürütücü traktör operatörlerinde rahatsızlıkların ağırlı olmaksızın kendini gösterirken, çekici (tamburlu) traktör operatörlerinde ise tam tersi durumun seyrettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, diğer araç operatörlerine nazaran ideal kilolarının üzerinde daha kilolu ve uzun boylu olmaları, işin yapılışı sırasında diğer araç operatörlerine kıyasla daha fazla yüklenmeye maruz kalmaları nedeniyle bel fitiğinin en yoğun hissedildiği grup olarak ise kamyon operatörleri göze çarpmıştır.

Village ve ark. (2011), tüm vücut titreşimini hesaplamaya yönelik yaptıkları benzer çalışmalarında, ortalama ağırlıklı rms ivme değerlerini ve standart sapmaları X ekseninde 0.35 (SD 0,19), Y ekseninde 0,34 (SD 0,28), Z ekseninde 0,54 (SD 0,23) ve ortalama vektör ivme değeri ise  $0,90 \text{ ms}^{-2}$  (SD 0,49) olarak bulmuşlardır.

Melemez ve Tunay (2010), yükleme makineleri için yaptığı benzer çalışmasında ise, rms toplam titreşim ivme değeri ortalamasını, yükleme ekipmanı monteli traktörlerde  $1,38 \text{ ms}^{-2}$ , orijinal traktörlerde ise  $1,06 \text{ ms}^{-2}$  olarak bulmuş, orijinal yükleme makinelerin toplam titreşim değerleri ortalamasının uluslararası standartlarda belirtilen uyarı sınırı  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ 'nin üzerinde, tehlike sınırı  $1,15 \text{ ms}^{-2}$ 'nin altında, traktöre yükleme ekipmanı monteli makinelerde toplam titreşim değerleri ortalamasının uyarı sınırı ve tehlike sınırının üzerinde olduğunu ifade etmiştir.

Jack vd. (2009), sürütücü operatörleri üzerinde hem sağlık hem de konfor açısından tüm vücut titreşiminin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, ölçülen ortalama rms ivme değerlerinin tümünde sınır değerini aştığını ve ortalama 2,3 saat içerisinde sağlık zonu üst sınırının aştığı tespit etmişlerdir.

Er vd. (2006) ise, taşıt titreşimleri için yaptığı benzer çalışmasında, taşıtı kullanan kişinin en çok düşey yönlü yoldan kaynaklanan düşük frekanslı titreşimlerden etkilendiğini ve bununda esas sebebinin bozuk yol şartlarında taşıtın uzun süreli gitmesi durumunda olacağını söylemişlerdir. Bu durumun kamyon, otomobil, otobüs sürücülerini için kısa bir sürede önem taşımaya karşılık, traktör ve arazi taşıtlarını kullanan sürücüler için büyük önem taşımakta olduğunu ve bu yüzden araştırmaların traktör ve arazi taşıtları sürücü koltuklarının optimum yalıtımı konusunda yoğunlaştırılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Traktör, kamyon, inşaat makineleri gibi frekansları 2-5 Hz. arasında değişen araçları 8 saatlik vardiya boyu kullananların sağlık açısından zarar görmemeleri için titreşim ivmesi  $0,5 \text{ ms}^{-2}$  yi aşmamalıdır (Babalık 2005).

Oturan operatörler için ölçülen taşıt ivmeleri ( $\text{ms}^{-2}$ ), standart koltuklu buldozer (0,52-0,64), taş tuğla döşeli yolda traktör (1,76-2,03), titreşim önleyici koltuklu buldozer (0,43-0,80), asfaltta traktör (1,17), yolda traktör (1,1), tarlada traktör (0,6), kepçe (0,5-2,3) şeklinde verilmiştir (Buğdaycı vd. 2004).

Modern tarım traktörlerindeki tüm vücut titreşimi ile ilgili yapılan bir araştırmada ise, belirli şartlarda titreşim ivme değerlerinin 0,8 ile  $1,5 \text{ ms}^{-2}$  arasında değiştiği belirlenmiştir (Scarlett 2002).

Nıshiyama vd. (1998) ise, traktör sürücüleri üzerinde yaptıkları benzer araştırmada, tüm vücut titreşiminin ve bel ağrısının azaltılması ile ilgili yaptıkları çalışmalarında mevcut modellerde süspansiyon tipine bakılmaksızın Z eksenini yönünde etkili olan titreşim büyüklüğünün diğer eksenlerdeki titreşim büyüklüklerinden daha tehlikeli olduğunu vurgulamışlar, koruyucu önlem olarak çelik yayların yerine havalı yaylar tarafından desteklenen traktör kabinleri kullanılmıştır. Yapılan anket çalışması ile de çelik (yaylı) süspansiyon sistemli modellere göre havalı süspansiyonlu modellerin daha az bel ağrısına neden oldukları da ortaya çıkarmışlardır.

Ayrıca, 2002/44/EC sayılı son Avrupa parlamentosu ve konseyi kararnameinde (EC 2002) işçilerin fiziksel faktörler sonucu (titreşim) doğan risklerden dolayı maruz kaldıkları minimum sağlık ve güvenlik gereklilikleri de ayrıca tanımlanmıştır. Bu kararnamede (EC 2002), sekiz saatli zaman süresi referans alındığında, günlük maruziyet limit değeri,  $1,15 \text{ ms}^{-2}$  (alternatif bir titreşim değeri  $21 \text{ m/s}^{1,75}$ ), günlük fiili maruziyet değeri  $0,5 \text{ ms}^{-2}$  (alternatif bir titreşim değeri  $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$ )'dir.

Ülkemizde kullanılan makinelerin genel olarak eski modellerde ve bakımsız olması, orijinal makineler yerine yöre insanının tarım traktörüne monte ettikleri sistemleri kullanmaları, işin yapılışı sırasında ergonomi ve insan sağlığı kavramlarının arka planda kalarak çalışanlar tarafından önemsenmemesi gibi nedenlerden dolayı operatörlerin sürekli olarak titreşime maruz kaldıkları görülmektedir.

Traktörlerde operatörlerin sağlığı ve iş performansı üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla özellikle düşey yönlü titreşim değerleri başta olmak üzere 3 eksendeki titreşim değerleri ölçülerek risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

Makine kullanımında konfor etkisinin verimliliği artırdığı düşünüldüğünde, yıpranan ve sönümleme özelliğini kaybeden koltukların yenileriyle değiştirilmesi sağlanarak çalışmanın verimliliği artırılmalıdır.

Ayrıca, düzenlemesinin yapılabileceği halde pürüzlü zemin yüzeylerinde çalışmaların sürdürülmesinden dolayı operatörlerin titreşimin olumsuz etkilerine sürekli maruz kaldıkları görülmekte ve bozuk zeminlerin düzeltilmesine yönelik çalışmalar da ayrıca yapılmalıdır.

Traktörlerde titreşime maruz kalan kullanıcılara titreşim, kaynağı, etkileri ve önleme yöntemleri hakkında eğitici bilgiler verilmeli ve bu kapsamda orman işletmeleri ve iş güvenliği ile ilgili birimlerin işbirliğinde eğitime tabi tutulmaları sağlanmalıdır.

Traktör kullanıcılarının titreşimden korunması amacıyla, çalışma sırasında her saat 10 dakika mola verilmeli, operatörlerin gerekli durumlarda vardiyalı çalışmaları sağlanarak titreşimin olumsuz etkilerine karşı korunmaları sağlanmalıdır.

Traktör ön ve arka lastiklerin basıncı uygun olan düşük seviyelerde tutulmalıdır. Ormancılıkta tarım traktörleri yerine orijinal makineler kullanılmalıdır.

Fabrika çıkışlı kızaklı ve süspansiyonlu koltukların normal (mevcut) koltuklara kıyasla titreşim etkisini daha az iletmesi sebebiyle statik ve dinamik yapısı bozulmuş traktör ve operatör koltuklarının yenilenmesine özen gösterilmelidir. Yapılan titreşim ölçümlerinde fabrika çıkışlı kızaklı ve süspansiyonlu koltuklarda ölçülen titreşim değerlerinin birbirine yakın ve yapılan analizlerde anlamlılık yönünden aynı grupta olmaları sebebiyle bu koltukların kullanımına önem verilirken bu değerlendirmenin yapılmasında ekonomiklik ve uzun ömür faktörlerinin de dikkate alınması göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle ekonomik boyutu incelendiğinde üzerinde titreşim ölçümü gerçekleştirilen süspansiyonlu traktör koltuklarının, yine üzerinde titreşim ölçümü gerçekleştirilen kızaklı koltuklardan 2 kat pahalı olduğu görülmektedir. Ayrıca süspansiyonlu koltukların kızaklı koltuklara kıyasla

zelliklerini daha çabuk kaybetmeleri sebebiyle de bu çalışma kapsamında sürütücü traktör ve çekici (tamburlu) traktörlerde kızıklı koltukların kullanılmasınn sağlanabilirliği ifade edilmelidir.

Operatörlerde titreşim etkisiyle meydana gelen rahatsızlıklar ile ilgili olarak ise operatörlerin tam teşekküllü hastanelerde yılda 1 kez sağlık kontrollerinden geçirilerek titreşim etkisiyle meydana gelen rahatsızlıkların ortaya çıkarılması sağlanmalı ve bunlara yönelik koruyucu önlemler alınmalıdır. Bu durumlarda hastaların yavaş hareket etmeleri, ani hareketlerden kaçınmaları, uzun yürüyüş ve uzun süreli oturmaktan kaçınmaları ayrıca gerekiyorsa bu devrede fizik tedavi almaları sağlanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Acar H H ve Şentürk N** (1999) Artvin Yöresindeki Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı Üzerine Bir Araştırma, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A49-1: 25-39.
- Altunel A O ve Hoop C F** (1998) The Effect of Lowered Tire Pressure on A Log Truck Driver Sea, *International Journal of Forest Engineering*, 9(2): 41-47.
- Anonymous** (1982) Measuring Vibration, *Brüel & Kjør*, Nærum-Denmark, 40 pp.
- Anonymous** (1998) Introduction to Shock & Vibration, *Brüel & Kjør Sound and Vibration Measurement*, Denmark, 36 pp.
- Babalık F ve Orak S** (1988) Traktör Sürücü Sandalyelerinde Titreşimlerin Konstrüktif Önlemlerle Konforun Arttırılması, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, s. 53-60.
- Babalık F** (2005) *Mühendisler için Ergonomi*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 486 s.
- Barr K R ve Harrast M A** (2007) Low Back Pain, *4th ed. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, Philadelphia, Saunders, pp. 883-927.
- Başgöze O** (2000) *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon'da Bel Muayenesi*, Güneş Kitapevi, Ankara, s. 337-345.
- Bjerninger S** (1966) Vibrations of Tractor Driver, *Acta Polytechnica Scandinavica, Mechanical Engineering Series*, Stockholm, 23: 122.
- Bölükoğlu H ve Kunst O** (1988) Traktör Koltuklarının Tasarımında Titreşimin Önemi, *II. Ergonomi Konferansı Bildiri Kitabı*, s. 432-443.
- Bovenzi M ve Betta A** (1994) Low Back Disorders in Agrucultural Tractor Drivers Exposed to Whole Body Vibration and Posturalstress, *Applied Ergonomics*, 25: 231-244.
- Bovenzi M ve Zadini A** (1992) Self Reported Low Back Symptoms in Urban Bus Drivers Exposed to Whole Body Vibration, *Spine*, 17(9): 1048-1059.
- Bridger R S** (1995) *Introduction to Ergonomics*, St. Louis: McGraw-Hill Inc, 529 pp.
- Buğdaycı R, Kurt A Ö, Öner S, Şaşmaz T ve Güler Ç** (2004) Titreşim, *Sağlık Boyutuyla Ergonomi*, Palme Yayıncılık, Ankara, s. 395-412.

- Burdorf A ve Swuste P** (1993) Effect of Seat Suspension on Exposure to Whole Body Vibration of Professional Drivers, *Analns Of Occupational Hygiene*, 37: 45-55.
- Cann P M ve Lubrecht A A** (2003) The Effect of Transient Loading on Contact Replenishment With Lubricating Greases, *Proceedings of the 30<sup>th</sup> Leeds-Lyon Symposium on Tribology*, 43: 745-750.
- Charlton G S** (2002) Handbook of Human Factors and Testing and Evaluation, *Lawrence Earlbaum Associates, Incorporated, Mahwah, NJ, USA*, pp. 157-181.
- Coe T E, Xing J T, Shenoı R A ve Taunton D** (2009) A Simplified 3-D Human Body–Seat Interaction Model and its Applications to The Vibration Isolation Design of High-Speed Marine Craft, *Ocean Engineering*, 36(9-10): 732-746.
- Coermann R** (1968) Mechanical Vibration, *Paper Presented at The Agricultural Engineering Symposium of the Institution of Agricultural Engineers, Rome*, pp. 126-132.
- Coleman R ve Remington P J** (2005) Active Control of Noise and Vibration, *Noise and Vibration Control Engineering, Principles and Applications*, Second Edition, Ed. Ver I.L, Beranek, L.L, John Wiley and Sons Inc, New Jersey, 2: 144.
- Çarman K** (2000) *Ergonomi*, Selçuk Üniversitesi Yayınları, No. 136, Ziraat Fakültesi Yayınları No. 32, Konya, 145 s.
- Çay C İ** (2006) Tarım Traktörleri Sürücü Koltukları Titreşim Sönümlleme Elemanları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 214 s.
- Demirdağ E** (2003) Taşıt Koltuklarının Düşey Titreşim Konforu Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 75 s.
- Dickerson B** (1991) Medical Aspects of Cmulative Trauma Disorders, Cumulıtave Trauma Disorders in The Workplace, *The Bureau of National Affairs*, Washington DC, pp. 123-136.
- Dinç B** (1999) Doğu Karadeniz Bölgesinde Kış Üretimi, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 130 s.
- Dinçer H** (1977) *Ergonomi ve Tarım Tekniğindeki Yeri*, Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Ankara, 44 s.
- Dizdar E N, Tunay M ve Melemez K** (2006) Ormancılıkta Kullanılan Yükleme Makinaları Operatör Koltuklarının Antropometrik Tasarımı, *Teknoloji*, 9(2): 137-144.



- Dokumacı E** (1981) Vibrasyon, Dizayna Etkileri ve Tarım Traktörlerinde Uygulanması, *Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Semineri*, Ankara, 21 s.
- Donati P** (2002) Survey of Technical Preventative Measures to Reduce Whole-Body Vibration Effects When Designing Mobile Machinery, *Journal of Sound and Vibration*, 253: 169-183.
- Dufner D L ve Schick T E** (2002) John Deere Active Seat, *A New Level of Seat Performance*, No. (02-IE-002), AGENG, Budapest, 7 pp.
- Dupuis H** (1991) Vibration Exposure and Back Disorders, *Occupational Musculoskeletal Disorders: Occurrence, Prevention and Therapy*, Eular Publishers, Basel, pp. 51-57.
- Dupuis H ve Zerlett G** (1987) Whole Body Vibration and Disorders of The Spine, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 59: 323-336.
- Dündar Ü ve Kavuncu V** (2006) Lomber Disk Hernisinde Tanı ve Tedavi, *Klinik Aktüel Tıp Dergisi*, 11(2): 45-53.
- EC** (2002) European Union 2002/44/EC on the Introduction of Measures to Encourage Improvements in The Safety and Health of Workers at Work, *European Parliament Directive*. 177 pp.
- Engelhardt E R, Mills D K ve Schneider K** (1961) *Shock and Vibration Handbook (Shock and Vibration in Road and Rail Vehicles)*, Mc-Graw Hill Book Comp. Inc, 1218 pp.
- Engür M O** (1995) Türkiye Ormancılığında Ergonomik İyileştirmelere Yönelik Model Yaklaşım, *Beşinci Ergonomi Kongresi Ergonomi ve Toplam Kalite Yönetimi*, MPM Yayın No. 570, İstanbul, s. 146-153.
- Er Ü, Orak S ve Par B** (2006) Taşıt Titreşimlerinin Teorik Analizi ve Bir Bilgisayar Modellemesi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi C. XIX*, s. 131-144.
- Eratak Ö D** (2007) Madencilikte Ergonomi, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 33(7): 55-60.
- Erdaş O ve Acar H H** (1995) Doğu Karadeniz Bölgesi Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı, *Beşinci Ergonomi Kongresi*, MPM Yayın No. 570, İstanbul, s. 312-332.
- Frymoyer J W, Pope M H, Costanza M C, Rosen J C, Gogin J E ve Wilder D G** (1980) Epidemiologic Studies of Low Back Pain, *Spine*, 5: 419-423.
- Gellerstedt S, Alnqvist R, Attebrant D M, Wikström B O ve Winkel J** (1999) *Ergonomic Guidelines for Forest Machines*, SkogForsk, Uppsala, Sweden, 85 pp.

- Goglia V ve Grbac I** (2005) Whole-Body Vibration Transmitted to The Framesaw Operator, Faculty of Forestry, University of Zagreb, Zagreb, 36(1): 43-48.
- Goldman E D ve Gierge E H** (1961) *Shock and Vibration Handbook (Effects of Shock and Vibration on Man)*, Mc-Graw Hill Book Comp. Inc, 1218 pp.
- Griefahn B ve Bröde P** (1999) The Significance of Lateral Whole-Body Vibrations Related to Separately and Simultaneously Applied Vertical Motions, *A Validation Study of ISO 2631*, Institute for Occupational Physiology at the University of Dortmund, Germany, 30(6): 505-513.
- Griffin M J** (1992) Causes of Motion Sickness, *Contemporary Ergonomics*, Ed. E.J. Lovesly, Taylor and Francis, 565 pp.
- Griffin M J** (1997) Vibration and Motion, *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, New York/Chichester/Wienheim/Brisbone/Toronto/Singapore, pp. 828-857.
- Griffin M J** (2006) Vibration and Motion, *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Ed. G. Salvendy, John Wiley and Sons Inc, New Jersey, pp. 590-611.
- Griffin M J** (2007) Effects of Vibration on People, *Handbook of Noise and Vibration Control*, Ed. M. J. Crocker, John Wiley and Sons Inc, New Jersey, pp. 343-355.
- Gülçubuk A** (1996) Endüstri İşletmelerinde Seçilmiş Faktörlere Göre Çalışma Koşullarının Ergonomik Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 156 s.
- Gülerce O K** (1996) Kamyon Sürücü Kabini Süspansiyonu Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 74 s.
- Güney A** (1992) *Taşıtlarda Titreşim ve Gürültü*, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 148 s.
- Gürhan R ve Çay C İ** (2008) Pasif Süspansiyonlu Traktör Sürücü Koltuklarının Benzeştirilmiş Deney Ortamındaki Performansları, *Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 14(4): 401-408.
- Hagen K B, Magnus P ve Vetlesen K** (1998) Neck/Shoulder and Low-Back Disorders in The Forestry Industry: Relationship to Work Tasks and Perceived Psychosocial Job Stres, *Ergonomics*, 41: 1510-1518.
- Hansson J E ve Wikström B O** (1979) Comparasion of Some Tehnical Methods for Whole Body Vibration, *Swedish National Board of Occupational Safety and Health*, Published in Swedish Arbete och Hoalsa No. 23, Stackholm, 18(1): 57-63.

- Harris M A, Cripton P A ve Teschke K** (2012) Retrospective Assessment of Occupational Exposure to Whole-Body Vibration for a Case-Control Study, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 9(6): 371-380.
- HSE** (2005) Whole-Body Vibration, the Control of Vibration at Work Regulations 2005, *Health and Safety Executive*, Norwich, UK, 28 pp.
- Ishitake T, Miyazaki Y, Noguchi R, Ando H ve Matoba T** (2002) Evaluation of Frequency Weighting (ISO 2631-1) for Acute Effects of Whole-Body Vibration on Gastric Motility, *Journal of Sound and Vibration*, 253(1): 31-36.
- ISO** (1975) Vibration and Shock Vocabulary ISO, *International Organization for Standardisation*, Switserland, 36 pp.
- ISO** (1997) Mechanical Vibration and Shock–Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration, Part 1: General Requirements, ISO 2631-1, *International Organization for Standardisation*, Geneva, Switserland, 42 pp.
- Jack R J, Oliver M, Dickey J P, Cation S, Hayward G ve Lee-Shee N** (2009) Six-Degree-Of-Freedom Whole-Body Vibration Exposure Levels During Routine Skidder Operations, *Ergonomics*, 53(5): 696-715.
- KAB** (2009) KAB Seating Systems Head Office, ([http://www.kabseating.com.au/online/cart/show\\_product\\_list.asp?subcat=50&cat=22](http://www.kabseating.com.au/online/cart/show_product_list.asp?subcat=50&cat=22)), 10.11.2009.
- Kaminsky G** (1975) *Praktikum der Arbeitswissenschaft*, 2. edt, Munchen/Wien, 113 pp.
- Karaçay T, Eroğlu M ve Aktürk N** (2003) Gerçek Yol Girdisine Maruz İki Serbestlik Dereceli Çeyrek Taşıt Modelinin Sürüş Karakteristiğinin İncelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 18(4): 1-13.
- Karaman A** (1995) Doğu Karadeniz Bölgesinde Odun Hammaddesi Üretimi İşçiliğinde Problemler ve Ergonomik Yaklaşımlar, *Beşinci Ergonomi Kongresi*, MPM Yayın No. 570, İstanbul, s. 293-304.
- Kırış T ve Turantan İ** (1998) Lomber Disk Hastalığı ve Cerrahi Tedavisi, *Fiz Tıp ve Reh. Dergisi*, Özel Sayı, s. 85-90.
- Kin-İşler A** (2007) Titreşimin Performansa Etkisi, *Spor Bilimleri Dergisi*, *Hacettepe J. of Sport Sciences*, 18(1): 42-56.
- Kut T** (1984) *Traktörlerde Sürücü Kabinlerinin Konstrüksiyon Esasları*, Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları Yayın No. 31, İstanbul, 113 s.

- Li L, Lamis F ve Wilson S E** (2007) Whole-Body Vibration Alters Proprioception in The Trunk, Department of Mechanical Engineering, University of Kansas, Lawrence, KS, USA, 77 pp.
- Lines J A, Stiles M ve Whyte R T** (1995) Whole Body Vibration During Tractor Driving, *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 14(2): 87-104.
- Marsili A, Rangi L ve Vassalini G** (1998) Vibration and Noise of a Tracked Forestry Vehicle, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70: 295-306.
- Matthews J ve Just A** (1967) Progress in the Application of Ergonomics to Agricultural Engineering, *Paper Presented at The Agricultural Engineering Symposium of The Institution of Agricultural Engineers*, Silsoe, 67 pp.
- McRae R** (1998) Clinical Orthopaedic Examination, 4th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone Co, pp. 113-49.
- Melemez K** (2008) Türkiye Ormancılığında Kullanılan Yükleme Makinelerinin Operatörler Açısından Ergonomik Uygunluğunun Araştırılması (Batı Karadeniz Bölgesi Örneği), Doktora Tezi, ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 157 s.
- Melemez K ve Tunay M** (2010) Ormancılıkta Traktör Titreşiminin Ergonomik Değerlendirmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 96-108.
- Müslümanoğlu L** (2002) *Bel Ağrısı Tanı ve Tedavisinde Bel Ağrısının Nedenleri*, Özcan E (Editör), Nobel Kitabevi, İstanbul, s. 147-77.
- Neitzel R ve Yost M** (2010) Task-Based Assessment of Occupational Vibration and Noise Exposures in Forestry Workers, *AIHA Journal*, 63(5): 617-627.
- Nishiyama K, Taoda K ve Kitahara T** (1998) A Decade of Improvement in Whole-Body Vibration and Low Back Pain for Freight Container Tractor Drivers, *Journal of Sound and Vibration*, 215: 635-642.
- Noorloos D, Tersteeg L, Tiemessen I J H, Hulshof C T J ve Frings-Dresen M H W** (2008) Does Body Mass Index Increase the Risk of Low Back Pain in a Population Exposed to Whole Body Vibration, *Applied Ergonomics*, 39(6): 779-785.
- Oh J H, Park B J, Aruga K, Nitami T, Cha D S ve Kobayashi H** (2002) A Study on Dynamic Characteristics of Forestry Vehicle-Vibration Characteristics of a Tracked Mini-Forwarder, *Proceedings of Annual Meeting of Japanese Forest Society*, 113: 738, Bull. Tokyo Univ, 111: 25-48.

- Oh J H, Park B J, Aruga K, Nitami T, Cha D S ve Kobayashi H** (2004) The Whole-Body Vibration Evaluation Criteria of Forestry Machines. *Bull, Tokyo Univ*, 111: 25-48.
- Oğuz H** (2004) *Tıbbi Rehabilitasyon'da Bel Ağrıları*, Nobel Kitapevleri, İstanbul, Oğuz H (Editör) s. 1131-71.
- Okunribido O O, Magnusson M ve Pope M H** (2006) Low Back Pain İn Drivers: The Relative Role Of Whole-Body Vibration, Posture And Manual Materials Handling, *Journal of Sound and Vibration*, 298(3): 540–555.
- Orak S** (1989) Traktör Sürücü Sandalyelerinde Konstrüktif Önlemlerle Konforun Arttırılması, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalı, Eskisehir, 90 s.
- Özcan E, Beyazova M ve Gökçe K Y** (2000) *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyonda Bel Ağrısı*, Güneş Kitapevi, Ankara, s. 1465-1483.
- Özgener L** (2002) Bir Kamyon Kabininde Yol Düzensüzlükleri Sonucu Oluşan Titreşiminin Bilgisayar Yardımıyla Modellenmesi Analizinin Yapılması ve Konstrüktif Önlemlerinin Alınması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon İmalat Anabilim Dalı, İzmir, 24 s.
- Paddan G S ve Griffin M J** (2002) Effect of Seating on Exposures to Whole-Body Vibration in Vehicles, *Journal of Sound and Vibration*, 253: 215-224.
- Paddan G S, Holmes S R ve Mansfield N J** (2011) The Influence of Seat Backrest Angle on Human Performance During Whole-Body Vibration, *Ergonomics*, 55(1): 114-128.
- Paddan G S, Mansfield N J ve Arrowsmith C I** (2012) The Influence of Seat Backrest Angle on Perceived Discomfort During Exposure to Vertical Whole-Body Vibration, *Ergonomics*, 55(8): 923-936.
- Rakheja S ve Sankar S** (1983) An Optimum Seat-Suspension for off-road Vehicles, *The Shock and Vibration Bulletin*, 53: 19-35.
- Rehn B, Lundström R, Nilsson L, Liljelind I ve Järvholm B** (2005) Variation in Exposure to Whole-Body Vibration for Operators of Forwarder Vehicles-Aspects on Measurement Strategies and Prevention, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(9): 831–842.
- Ridley J ve Channing J** (2008) *Safety atr Work*, Seventh Edition, Butterworth and Heinemann inc, Burlington, USA, 52 pp.

- Rosegger R ve Rosegger S** (1960) Health Effects of Tractor Driving, *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, 5(3): 17-25.
- Sabancı A** (1981) Tarım Traktörlerinin Ergonomik Nitelikleri Üzerine Bir Araştırma, Türkiye Ziraat Donatım Kurumu, Tarım Makineleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, No. 1, Ankara, 196 s.
- Sabancı A** (1984) Tarım Traktörlerinde Titreşim Sorunları ve Sürücü Oturaklarının Yalıtım Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, No. 35, Ankara, 187 s.
- Sabancı A** (1999) *Ergonomi*, Baki Kitabevi, Yayın No. 13, Adana, 592 s.
- Sabancı A** (2001) İş Sağlığı, İş Güvenliği ve Ergonomi, *İş Sağlığı İş Güvenliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, MMO Yayın No: E/2001/263, Adana, s. 279-298.
- Saral A** (1976) Yerli Yapı Traktörlerinde Oturma Yerlerinin Sürücüye Olan Etkileri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Kuvvet Makinaları Kürsüsü, Ankara, 99 s.
- Scarlett A J, Price J S ve Stayner R M** (2002) Whole-Body Vibration: Initial Evaluation of Emissions Originating From Modern Agricultural Tractors, *Health and Safety Executive Books*, pp. 1-26.
- Schmidke H** (1973) Wachsamkeits Probleme, *Ergonomie*, Ed: H. Schmidge, Band 2, Munich, pp. 21-27.
- Seidel H ve Heide R** (1986) Long Term Effects of Whole Body Vibration: A critical Survey of Literature, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 58: 1-26.
- Seidel H** (1993) Selected Health Risks Caused By Long Term Whole Body Vibration, *American Journal of Industrial Medicine*, 23: 13-18.
- Sherwin L M, Owende P M, Kanali C L, Lyons J ve Ward S M** (2004) Influence of Forest Machine Function on Operator Exposure to Whole-Body Vibration in a Cut-To-Length Timber Harvester, *Ergonomics*, Forest Engineering Unit, Department of Agricultural and Food Engineering, Earlsfort Terrace, Dublin, 47(11): 1145-1159.
- Sherwin L M, Owende P M, Kanali C L, Lyons J ve Ward S M** (2004) Influence of Tyre Inflation Pressure on Whole-Body Vibrations Transmitted to The Operator in a Cut-To-Length Timber Harvester, *Ergonomics*, Forest Engineering Unit, Department of Agricultural and Food Engineering, Earlsfort Terrace, Dublin, 35(3): 253-261.

**Sjøflot B L** (2009) Means of Improving a Tractor Driver's Working Posture, *Ergonomics*, 23(8): 751-761.

**South T** (2004) *Managing Noise and Vibration at Work*, Elsevier Butterworth-Heinemann, UK.

**Su B A** (2001) *Ergonomi*, Atılım Üniversitesi Yayın No. 5, Mühendislik Fakültesi Yayın No. 2, Ankara, 246 s.

**Troup J D G** (1988) Clinical Effects Of Shock and Vibration on The Spine, *Clinical Biomechanics*, 3: 227-231.

**Tunay M ve Melemez K** (2003) Ormancılık Üretim İşlerinde Motorlu Testere İle Çalışmada Gürültü Riski, 9. *Ulusal Ergonomi Kongresi*, Denizli, s. 422-430.

**Tunay M ve Melemez K** (2005) Motorlu Testere ile Yapılan Üretim Çalışmaları Üzerine Bir Araştırma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul, B(55): 31-41.

**Wasserman D E** (1987) *Human Aspect of Occupational Vibration*, Elsevier Publication, Amsterdam, 91 pp.

**Weawer B** (1991) *Ergonomics, Pit & Quarry*, Vol. October, s. 20-22.

**Village J, Trask C, Chow Y ve Morrison J B** (2011) Assessing Whole Body Vibration Exposure for Use in Epidemiological Studies of Back Injuries: Measurements, Observations and Self-Reports, *Ergonomics*, 55(4): 415-424.

**Yıldırım M** (1988) Orman Makineleri ve Ergonomi, *I. Ulusal Ergonomi Kongresi*, MPM Yayın No. 372, Ankara, s. 345-356.

**Yıldırım M** (1989) *Ormancılık İş Bilgisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü Yayın No, 3555, O.F. Yayın No, 404, İstanbul, 287 s.

**URL-1** <http://lokman-hekim.net/hastaliklar/belfitigi.asp>, 01.03.2013.

**URL-2** [https://www.google.com.tr/search?q=%C4%B0lerlemi%C5%9F+Bel+F%C4%B1t%C4%B1%C4%9F%C4%B1nda+%C4%B0nsan+V%C3%BCcudunun+A%C4%9Fr%C4%B1y%C4%B1+Azaltmak+%C4%B0%C3%A7in+Ald%C4%B1%C4%9F%C4%B1+Pozisyon&hl=tr&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=nVWbUbKkGorOtAaMy4CwCw&ved=0CAcQ\\_AUoAQ&biw=1440&bih=775#imgsrc=R08Phepzf9TcbM%3A%3BgbNFy0Hxii0OpM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.belfitigi.com%252Ftr%252Fic%252Fimages%252Fbelfitigi%252Fg.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.meleklermekani.com%252Fhastalik-turleri%252F60508-belfitigi.html%3B158%3B128](https://www.google.com.tr/search?q=%C4%B0lerlemi%C5%9F+Bel+F%C4%B1t%C4%B1%C4%9F%C4%B1nda+%C4%B0nsan+V%C3%BCcudunun+A%C4%9Fr%C4%B1y%C4%B1+Azaltmak+%C4%B0%C3%A7in+Ald%C4%B1%C4%9F%C4%B1+Pozisyon&hl=tr&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=nVWbUbKkGorOtAaMy4CwCw&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1440&bih=775#imgsrc=R08Phepzf9TcbM%3A%3BgbNFy0Hxii0OpM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.belfitigi.com%252Ftr%252Fic%252Fimages%252Fbelfitigi%252Fg.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.meleklermekani.com%252Fhastalik-turleri%252F60508-belfitigi.html%3B158%3B128), 01.03.2013.

**URL-3** <http://www.belfitigi.com/?sf=icerik&ktg=226&mad=Bel%20F%FDt%FD%F0%FD,01.03.2013>.

**URL-4** [http://www.google.com.tr/search?q=omurga+l1-15&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Bv6gUfS\\_JIHBOPCMgYAG&ved=0CAcQ\\_AUoAQ&biw=1249&bih=615#facrc=&imgrc=\\_1S7fGL5HT867M%3A%3BWMqj7kq8oaEROM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.drselcukaydin.com%252Fuserfiles%252Fimage%252Fbel-fitigi.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.drselcukaydin.com%252Fsayfa%252F31%252FBel-Fitigi%3B212%3B358,01.03.2013](http://www.google.com.tr/search?q=omurga+l1-15&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Bv6gUfS_JIHBOPCMgYAG&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1249&bih=615#facrc=&imgrc=_1S7fGL5HT867M%3A%3BWMqj7kq8oaEROM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.drselcukaydin.com%252Fuserfiles%252Fimage%252Fbel-fitigi.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.drselcukaydin.com%252Fsayfa%252F31%252FBel-Fitigi%3B212%3B358,01.03.2013).

**URL-5** [https://www.google.com.tr/search?q=bart%C4%B1n+orman+i%C5%9Fletme+m%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC&hl=tr&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=dmGbUY\\_GAonVtAa\\_7YDgCQ&sqi=2&ved=0CAcQ\\_AUoAQ&biw=1440&bih=775#hl=tr&tbm=isch&sa=1&q=bart%C4%B1n+orman+i%C5%9Fletme+s%C4%B1n%C4%B1rlar%C4%B1&oq=bart%C4%B1n+orman+i%C5%9Fletme+s%C4%B1n%C4%B1rlar%C4%B1&gs\\_l=img.3...6397.7261.6.7564.2.2.0.0.0.143.243.0j2.2.0...0.0...1c.1.14.img.UOB0QDC85kA&bav=on.2,or.r\\_qf.&bvm=bv.46751780,d.Yms&fp=4a90cc93cbbfaed5&biw=1440&bih=775&imgrc=yOR5-yvAW9\\_AA\\_M%3A%3BPr5Ig60UJ6j9gM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww2.ogm.gov.tr%252Fmaps%252Fzonguldak1m.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww2.ogm.gov.tr%252Fkbulen%252Fbmud\\_24.htm%3B202%3B137,01.03.2013](https://www.google.com.tr/search?q=bart%C4%B1n+orman+i%C5%9Fletme+m%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC&hl=tr&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=dmGbUY_GAonVtAa_7YDgCQ&sqi=2&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1440&bih=775#hl=tr&tbm=isch&sa=1&q=bart%C4%B1n+orman+i%C5%9Fletme+s%C4%B1n%C4%B1rlar%C4%B1&oq=bart%C4%B1n+orman+i%C5%9Fletme+s%C4%B1n%C4%B1rlar%C4%B1&gs_l=img.3...6397.7261.6.7564.2.2.0.0.0.143.243.0j2.2.0...0.0...1c.1.14.img.UOB0QDC85kA&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.46751780,d.Yms&fp=4a90cc93cbbfaed5&biw=1440&bih=775&imgrc=yOR5-yvAW9_AA_M%3A%3BPr5Ig60UJ6j9gM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww2.ogm.gov.tr%252Fmaps%252Fzonguldak1m.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww2.ogm.gov.tr%252Fkbulen%252Fbmud_24.htm%3B202%3B137,01.03.2013).

**URL-6** <http://www.starkoltuk.com.tr/index.asp?dil=1,01.03.2013>.

**URL-7** [https://www.google.com.tr/search?hl=tr&gs\\_rm=14&gs\\_ri=psy-ab&cp=12&gs\\_id=7s&xhr=t&q=bel+omurlar%C4%B1+nedir&bav=on.2,or.r\\_qf.&bvm=bv.46751780,d.ZWU&biw=1440&bih=798&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=EuKcUa39MMbLPYLZgOAE#imgrc=XGY1\\_f5Xo4cISM%3A%3BKA8ZqCbG0BzGfM%3Bhttp%253A%252F%252Fozcanaslan.com%252Finc%252Fimages%252Fmakale%252Fbel\\_fitiklari1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fozcanaslan.com%252Falt.php%253Ftype%253Dcontent%2526moduleID%253D28%3B400%3B320,01.03.2013](https://www.google.com.tr/search?hl=tr&gs_rm=14&gs_ri=psy-ab&cp=12&gs_id=7s&xhr=t&q=bel+omurlar%C4%B1+nedir&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.46751780,d.ZWU&biw=1440&bih=798&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=EuKcUa39MMbLPYLZgOAE#imgrc=XGY1_f5Xo4cISM%3A%3BKA8ZqCbG0BzGfM%3Bhttp%253A%252F%252Fozcanaslan.com%252Finc%252Fimages%252Fmakale%252Fbel_fitiklari1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fozcanaslan.com%252Falt.php%253Ftype%253Dcontent%2526moduleID%253D28%3B400%3B320,01.03.2013).



## **ÖZGEÇMİŞ**

Tuna EMİR 1987' de Trabzon' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon' da tamamladı. 2005 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünü kazandı. 2009 yılında bu bölümden ikincilikle mezun oldu. 2010-2011 eğitim-öğretim yılında Bartın Üniversitesi, Orman İnşaatı ve Transportu Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 04.08.2011 tarihinde, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak başladığı görevine hala devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.