

## ORMANCILIKTA TRAKTÖR TİTREŞİMİNİN ERGONOMİK DEĞERLENDİRMESİ

Kenan MELEMEZ\* Metin TUNAY

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Müh. Böl., 74100 BARTIN  
\*kmelemez@hotmail.com

### ÖZET

Ormancılıkta traktör kullanıcıları, diğer teknolojik uygulamalarda ve mesleklerde olduğu gibi, titreşimin bazı olumsuz özelliklerinden dolayı ciddi boyutlarda omurga rahatsızlıkları ile karşı karşıyadır. Bu çalışmada, Türkiye ormancılığında kullanılan traktörlerden operatöre iletilen titreşim ve bu titreşimin insan sağlığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Titreşim ve etkileri hakkında genel bilgiler verildikten sonra, traktör kullanıcılarının, daha sağlıklı, güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmeleri için alınması gerekli ergonomik önlemler sunulmuştur. Traktör sürücüleri, yüksek seviyede tüm vücut titreşimine maruz kalmaktadırlar. Traktör titreşim bileşenlerinden en önemlisi niceliksel olarak daha büyük değerlere sahip ve insanın duyarlılığının yüksek olduğu düşey yönlü titreşim ivme değeridir. Titreşim kontrolünde öncelikle risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Operatör eğitimi, işe uygun araç ve koltuk seçimi ile iş organizasyonu en önemli titreşim kontrol yöntemleridir.

**Anahtar Kelimeler:** Ormancılık, Traktör, Titreşim, Operatör, Ergonomi

## ERGONOMIC EVALUATION OF TRACTOR VIBRATION IN FORESTRY

### ABSTRACT

In Forestry, tractor operators encounter serious back disorders due to some negative effects of vibration as it is seen in other technological applications and occupations. In this study, vibration transmitted to operators from tractors used in forestry activities in Turkey and the effects of vibration on human health were evaluated. After giving the general information on vibration and its effects, ergonomic precautions that should be taken in order for operators to be able to work in healthier, safer and more productive way were presented. Tractor operators are exposed to high levels of whole body vibration. The most important component of the tractor vibration is the vertical vibration acceleration value, which has quantitatively higher values and highly sensitive to human. In vibration control, risk evaluation has to be carried out first. Operator education, the selection of appropriate vehicles and seats and work organization are the most important vibration control methods.

**Keywords:** Forestry, Tractor, Vibration, Operator, Ergonomics

## 1. GİRİŞ

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). Titreşim, traktör, motorlu taşıtlar ve uçaklar gibi hareketli taşıtların çoğalmasi ile tanınmış çevresel bir faktördür.

Günümüzde titreşim insan sağlığı ve iş başarısını etkileyen ve en çok araştırılan ergonomik faktörlerden birisidir (Su, 2001). 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).

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 titreşim bakımından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye ormancılığında kullanılan traktörlerden 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 ormancılıkta kullanılan traktörlerden kaynaklanan tüm vücut titreşiminin etkilerinin en aza indirilebilmesi amacıyla alınması gerekli önlemler sunulmuştur.

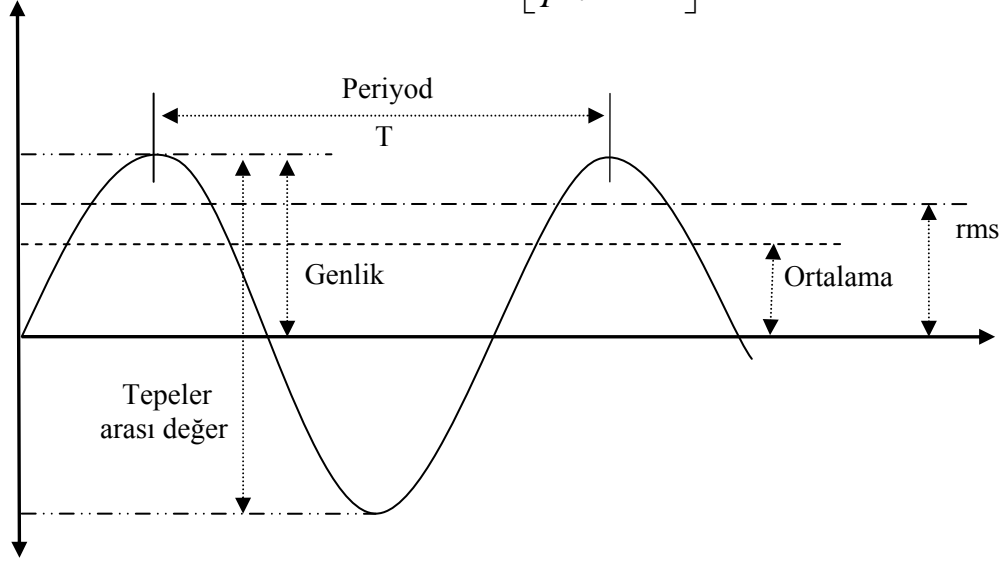
## 2. MEKANİK TİTREŞİM

Titreşim bir mekanik sistemin hareket veya konumuna ait bir niceliğin (uzanım, hız veya ivme) zamana bağlı olarak düzenli veya düzensiz değişimidir (ISO, 1975; Dinçer, 1977). 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 süresiz 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.

$$\text{Efektif değer} = \text{rms} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a^2 dt \right]^{1/2} (\text{ms}^{-2})$$



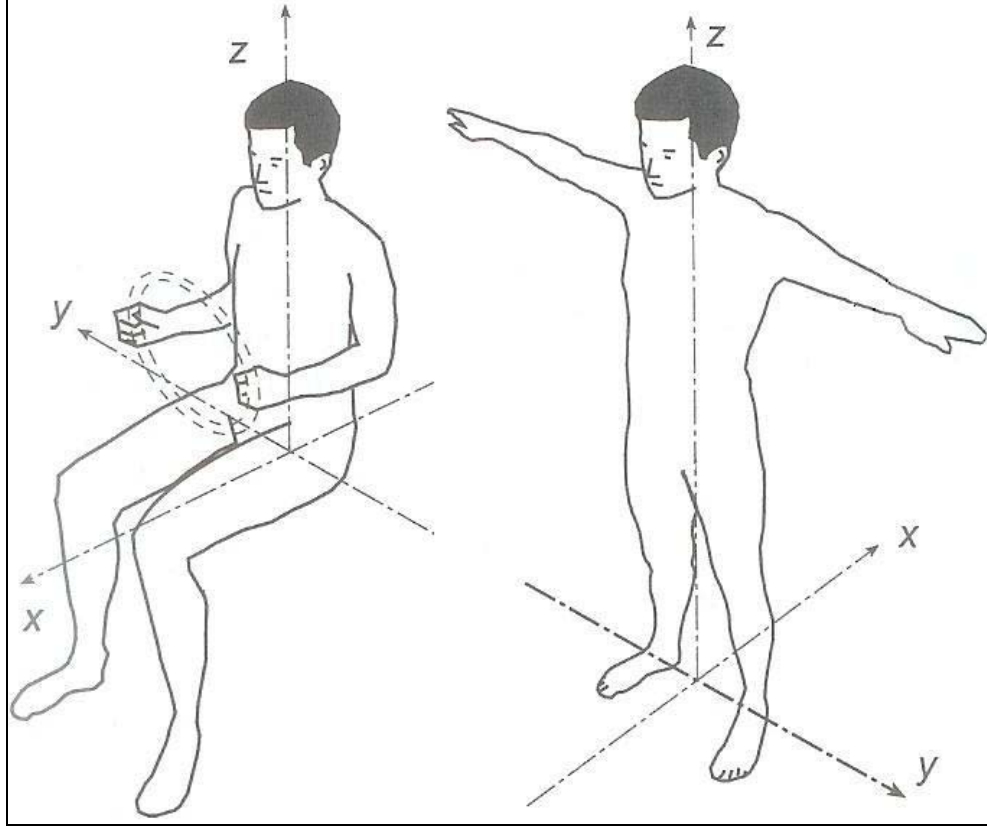
Şekil 1. Mekanik titreşimlerde temel büyüklükler (Sabancı, 1999)

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 2'deki koordinat sistemi geliştirilmiştir. Bunlardan X-ekseni sırt-göğüs, Y-ekseni omuzdan-omuz, Z-ekseni ayak-baş doğrultusunda olan eksenlerdir.

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 yada kaydedici) gereklidir (Charlton, 2002).

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).



Şekil 2. İnsanı etkileyen titreşimlerin x, y ve z eksenleri (South, 2004)

Titreşim enerjisinin büyük oranda olması subjektif yüklenme sonucu fizyolojik ve psikolojik zorlanmayı arttıracak gibi bireylerde verimliliğin düşmesine, kronik sağlık yakınmalarına (nefes alma şikayetleri, 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 ( $ms^{-1}$ ), titreşim ivmesi ( $ms^{-2}$ ) veya titreşim darbesi ( $ms^{-3}$ ) 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).

### 3. TİTREŞİMİN ETKİLERİ

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).

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).

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 bölgeye ayrılabilir. Bu bölgeler; 3-6 Hz'lik frekanslarda; bel ve mide, 20-30 Hz'lik frekanslarda; baş ve boyun, 60-90 Hz'lik frekanslarda; göz küreleri, 100-200 Hz'lik frekanslarda; kol ve bacaklara ait rezonans frekanslarıdır (Coermann, 1968).

Makinenin hareket ettiği yüzeyden kaynaklanan titreşimler insan duyarlılığı için daha önemlidir. Çünkü, insan organlarının titreşim frekansları çoğunlukla 4 Hz'de maksimum değerlere sahip olmaktadır. İnsan için en olumsuz 3-6 Hz arasındaki titreşimlerdir. Bu bölgedeki titreşimlere karşı insanın hem duyarlılığı yüksek hem de bu frekanslarda titreşim yalıtım olanakları kısıtlıdır (Bjerninger, 1966).

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);

a) 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.

b) 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 algılanması gibi.

c) 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).

Düşey yöndeki titreşimlerin etkisi incelendiğinde, kritik titreşim rezonansları (rezonans frekansı) bütün vücut için 4-6 Hz, baş için 15-20 Hz, gözler ve çevresinde 60 Hz civarındadır. 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.

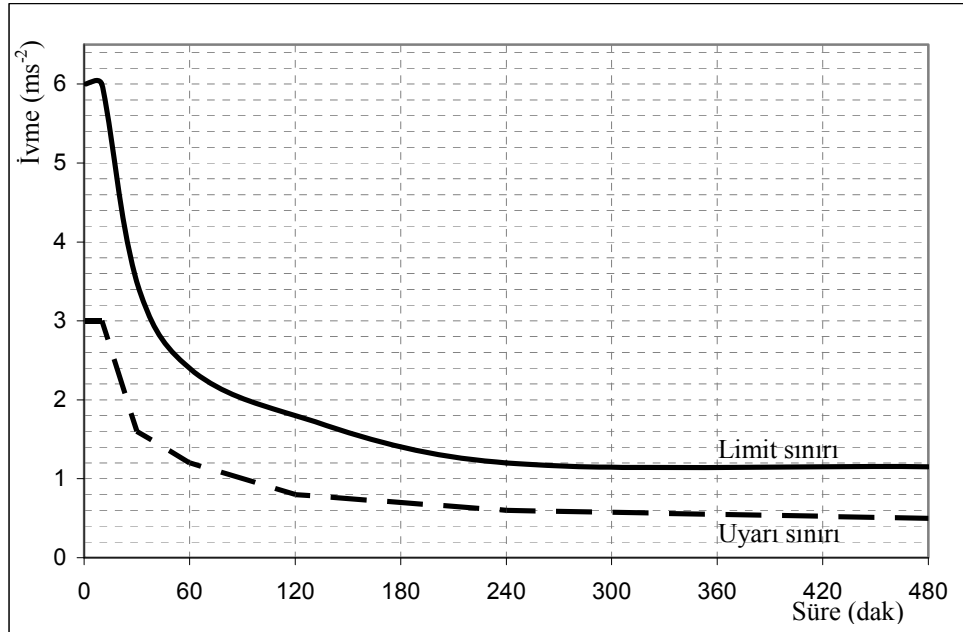
Makineli çalışmalarda günlük maksimum tüm vücut titreşimi maruziyet süresi ve konfor eşik değerinin tanımlanması için birçok deneme yapılmıştır. ISO 2631-1 standardı, tüm vücut titreşimi bir çok frekansın değerlendirilmesi ile ilgilenir ve konfor ile sağlık açısından titreşimin önemini ortaya konmasını sağlar (ISO, 1997). 2002/44/EC sayılı son Avrupa parlamento ve konsey kararnameinde 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 Şekil 3'te 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).

#### 4. TRAKTÖRLERDE TİTREŞİM

Tarım traktörleri operatörlerinin yüksek seviyede tüm vücut titreşimine maruz kaldıklarına dair bir çok 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.



Şekil 3. Titreşim ivme-maruziyet süresi uyarı ve limit sınır değerleri (ISO, 1997)

Traktörlerde titreşimler makinenin tipi, yüzey pürüzlülüğü, ilerleme hızı, güç iletim organları ve oturak 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

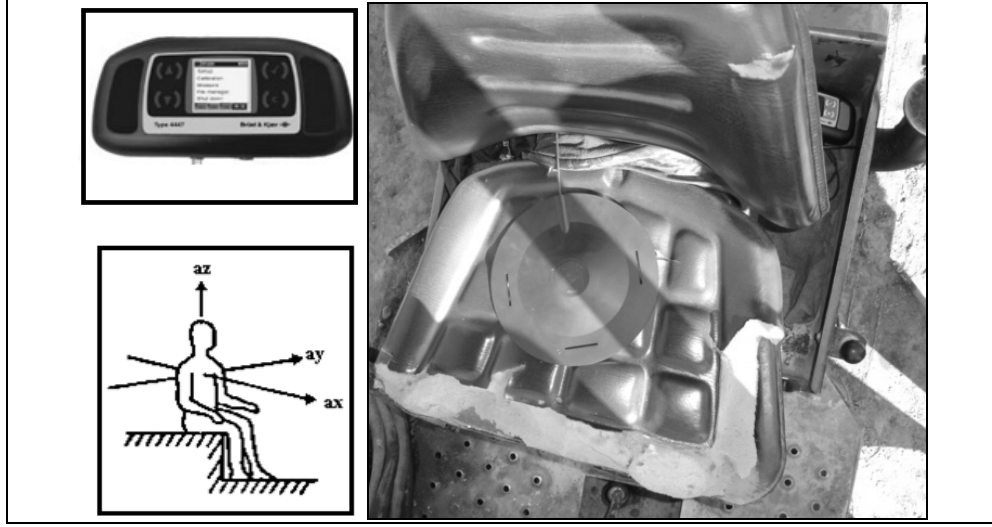
x-ışınları ile yapılan bir çalışmada, titreşim etkisi ile kamyon sürücülerinde %80, traktör sürücülerinde %71, otobüs sürücülerinde ise %44 oranında omurga hasarları olduğu belirlenmiştir (Rossegger ve Rossegger, 1960). Titreşimin çeşitli fizyolojik etkileri vardır. Tüm vücut titreşiminde X- ve Y- eksenlerinde 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 ve diğerleri (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 çalışılabilir. 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). Traktör koltuğundan operatöre iletilen titreşim ivme değerleri koltuk üzerine yerleştirilen bir titreşim ölçüm düzeneği (Şekil 4) yardımı ile bulunmaktadır (South, 2004; Melemez, 2008).





Şekil 4. 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 (Rosegger ve Rosegger, 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).

## 5. TİTREŞİMDEN KORUNMA

Titreşimden korunmada en iyi önlem, uygun ve doğru konstrüksiyon, iş yöntemlerinin birbirlerine uyumu ve gerekiyorsa değiştirilmesi, kullanılacak el 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).

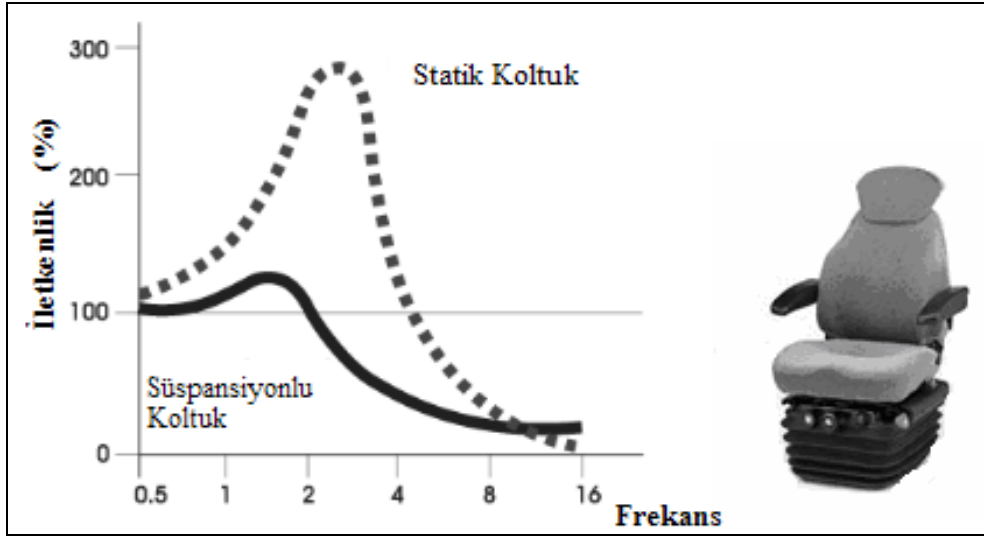
Titreşimden korunmada öncelikle bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Titreşime maruz kalınan durumlar, operatör için tehlike boyutları, araç ve zeminden kaynaklanan titreşim, titreşim iletim yolu, yapılan işin titreşim özellikleri, titreşim türü, boyutu ve süresi ortaya konulmalıdır. Yine, titreşim 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 sönümleme elemanları denir. Titreşim yalıtım ve sönümleme 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 önlenabilir. 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 5'te karşılaştırılmalı olarak görülmektedir (KAB, 2009).



Şekil 5. Süspansiyonlu ve normal koltuklarda titreşim iletimi (KAB, 2009)

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ormancılık sektöründe kullanılan traktörlerden operatöre iletilen tüm vücut titreşimi incelenmiştir. Traktör kullanıcıları mekanik titreşimlerden dolayı ciddi rahatsızlıklar ile karşı karşıyadır. Traktörlerde düşey yönlü titreşimler uluslararası standartlarda belirtilen limit değerlerini aşmaktadır. Traktörlerde titreşimler makinenin tipi, zemin pürüzlülüğü, ilerleme hızı, oturak yalıtım sistemi gibi özelliklerin etkisi altındadır.

Traktörlerde operatörlerin sağlığı ve iş performansı üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla özellikle düşey yönlü titreşim değerleri ölçülerek risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Traktörlerde titreşime maruz kalan kullanıcılara titreşim, kaynağı, etkileri ve önleme yöntemleri hakkında eğitici bilgiler verilmelidir. Traktör kullanıcılarının titreşimden korunması amacıyla, çalışma sırasında her saat 10 dakika mola verilmelidir.

Traktör ön ve arka lastiklerin basıncı uygun olan düşük seviyelerde tutulmalıdır. Statik ve dinamik yapısı bozulmuş traktör ve operatör koltukları yenilenmelidir. Süspansiyon sistemi işe yaramayan koltuklar yerine, otomatik kütle ayarlı ve yüksek süspansiyon sistemli koltuklar tercih edilmelidir. Ormancılıkta tarım traktörleri yerine orijinal makineler kullanılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Babalık, F., 2005. Mühendisler için Ergonomi, Nobel yayın dağıtım, Ankara, 486 s.
- Bjerminger, S., 1966. Vibrations of Tractor Driver. Acta Polytechnica Scandinavica, Mechanical Engineering Series, No: 23, Stockholm.
- Bridger, R.S., 1995. Introduction to Ergonomics, St. Louis: McGraw-Hill Inc., 529 p.
- Buğdaycı, R., Kurt, A.Ö., Öner, S., Şaşmaz, T., Güler, Ç., 2004. Titreşim, Sağlık Boyutuyla Ergonomi, Ed: Ç. Güler, Palme Yayıncılık, Ankara, s. 395-412.

## ORMANCILIKTA TRAKTÖR TİTREŞİMİNİN ERGONOMİK DEĞERLENDİRMESİ

- Charlton, G.S., 2002. Handbook of human factors and testing and Evaluation, Lawrence Earlbaum Associates, incorporated, Mahwah, NJ, USA.
- Coermann, R., 1968. Mechanical Vibration, Paper Presented at the Agricultural Engineering Symposium of the Institution of Agricultural Engineers, Rome, pp. 126-132.
- Coleman R., Remington P.J., 2005. Active Control of Noise and Vibration, In: Noise and Vibration Control Engineering, Principles and applications, Second edition. Ed. Ver I.L., Beranek, L.L., John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- Çay, C.İ., 2006. Tarım Traktörleri Sürücü Koltukları Titreşim Sönümlenme 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.
- Diğer, H., 1977. Ergonomi ve Tarım Tekniğindeki Yeri, Türkiye Zırai Donatım Kurumu Mesleki yayınları, Ankara, 44 s.
- 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.
- 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.
- Eratak, Ö.D. 2007. Madencilikte ergonomi, İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 33 (7): 55-60.
- Gellerstedt, S., Almqvist, R., Attebrant, D.M., Wikström, B.O., Winkel, J., 1999. Ergonomic Guidelines for Forest Machines, ISBN 91 7614 093 8, SkogForsk, Uppsala, Sweden, 85 p.
- Griffin, M.J., 1992. Causes of Motion Sickness; Contemporary Ergonomics, Ed: E.J. Lovesly, Taylor and Francis.
- Griffin, M.J., 2006. Vibration and Motion, In: 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, In: 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.
- Hansson, J.E., Wikström, B.O., 1979. Comparison of Some Technical Methods for Whole Body Vibration. Published in Swedish Arbete och Halsa No.23, Swedish National Board of Occupational safety and Health, Stockholm.
- HSE, 2005. Whole-Body Vibration, the control of vibration at work regulations 2005. Health and Safety Executive, Norwich, UK.
- Ishitake, T., Miyazaki, Y., Noguchi, R., Ando, H., 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, 2011. International Organization for Standardisation, Switzerland.
- 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, Switzerland.
- 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)), Erişim: 10.11.2009
- Kaminsky, G., 1975. Praktikum der Arbeitswissenschaft, 2. ed, Munchen/Wien, 113 p.
- Lines, J.A., Stiles, M., 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., Vassalini, G., 1998. Vibration and Noise of a tracked Forestry Vehicle. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70: 295-306.
- Matthews, J., 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.
- 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.
- Oh J.H., Park, B.J., Aruga, K., Nitami, T., Cha, D.S., 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. For.*, 111, 25-48.
- Oh J.H., Park, B.J., Aruga, K., Nitami, T., Cha, D.S., Kobayashi, H., 2004. The Whole-body Vibration Evaluation Criteria of Forestry Machines. *Bull. Tokyo Univ. For.*, 111, 25-48.
- Ridley, J. Channing, J., 2008. Safety at Work. Seventh edition, Butterworth and Heinemann inc., Burlington, USA.
- Rosegger, R., Rosegger, S., 1960. Health Effects of Tractor Driving. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5 (3), London.
- Sabancı, A., 1981. Tarım Traktörlerinin ergonomik nitelikleri üzerine bir araştırma, Türkiye Zirai 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 Zirai 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, Zirai Kuvvet Makinaları Kürsüsü, Ankara, 99 s.
- Scarlett, A.J., Price J.S., 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.
- 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.
- Wasserman, D.E., 1987. *Human Aspect of Occupational Vibration*, Elsevier Publication, Amsterdam.
- Yıldırım, M., 1988. Orman Makineleri ve Ergonomi, I. Ulusal Ergonomi Kongresi, MPM, Yayın No:372, Ankara, s. 345-356.