

ORMAN İŞLERİNDE VE AĞAÇ İŞLEYEN ENDÜSTRİLERDE ERGONOMİK ARAŞTIRMA METODLARI

Prof. Dr. A. Yılmaz BOZKURT
Dr. Tayfun BOZKURT

1. GİRİŞ

Ergonomik araştırmalar son zamanlarda gittikçe önem kazanmakta, çeşitli işlerde iş ve işçi üzerine etki yapan faktörler incelenmektedir. «Ergon» yunancada iş demektir. Ergonomi terimi geniş anlamı itibariyle insanın işle ilgili bulunduğu hal-lerde fiziksel, akli ve sosyal karakteristiklerini içermektedir. Sporda sporcunun kon-disyonunun ve performansının tesbitinde ergonomik araştırma metodlarından yarar-lanıldığı gibi, endüstri, tarım ve orman işlerinde de bu metodların uygulanması ile işçilerin gürültü, vibrasyon, zehirli gazlardan gördükleri zararlar ile işe sarfedilen enerji miktarı, psikolojik ve gerilim yoluyla meydana gelen sorunların neler olduğu ortaya çıkarılmaktadır.

Çeşitli aletlerle çalışmada meydana gelen gürültü, örneğın; motorlu zincir tes-terelerle çalışan işçilerde işitme azalmalarına sebep olmakta, vibrasyon ise işçide sağlık yönünden bazı önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Psikolojik gerilimler de insanda çok çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. İşçi sağlığı bakımından çok önem-li bulunan bu hastalık ve belirtileri şu şekilde sıralamak mümkündür.

Akut belirtiler

Mental bozukluklar

Endişe
Gerginlik
Sinirlilik
Öfke vb.

Dolaşım bozuklukları

Taşikardi
Yüz kızarması vb.

Solunum bozuklukları

Sık sık soluma
Apne (Geçici olarak solunum durması)

Fazla terleme

Kramplar

Başağrısı

¹ I.Ü. Orman Fakültesi, Orman Ürünlerinden Faydalanma Kursüsü, Büyükdere - İstanbul.

² Phillipps Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Uygulamalı Fizyoloji Enstitüsü Marburg, Batı Almanya.

Kronik hastalıklar

Akıl hastalıkları

Depresyon

Nevroz

Psikoz

Psikosomatik hastalıklar

Peptik ülser

Metabolizma bozuklukları (İştahsızlık veya şişmanlık)

Mialji (adale ağrıları)

Baş ağrısı

Bağırsak bozuklukları

İktidarsızlık

Hipertansiyon (yüksek tansiyon)

Psikolojik bakımdan işçinin işinden memnun olup olmamasının da gerek iş verimi, gerekse işçi sağlığı bakımlarından büyük önemi bulunmaktadır.

2. ERGONOMİK ARAŞTIRMA METODLARI

Ergonomi de kullanılan araştırma metodlarını şu şekilde sıralamak mümkündür.

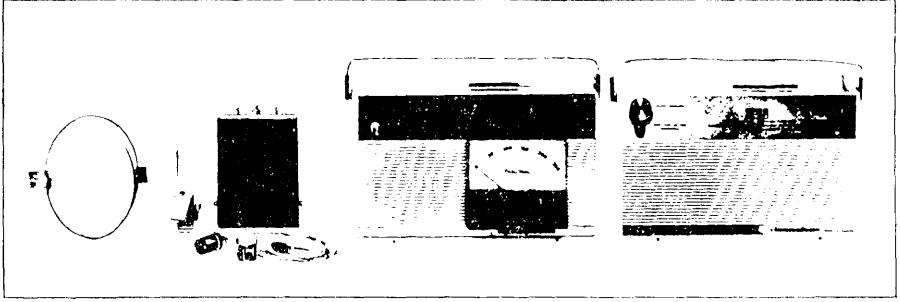
İşin insan üzerine fiziksel bakımdan nasıl bir yük yüklediğini tesbit etmede, enerji sarfiyatı önem kazanmaktadır. Bunun tayini için hem kalp atış hızı, hem de oksijen tüketiminin tesbiti gerekmektedir. Bir başka sorun da gürültü olup işçi sağlığını etkilemektedir.

2.1. KALP ATIŞ SAYISI İLE ENERJİ SARFIYATININ TAYİNİ

Kalp atış hızının tayininde hernekadar basit bir yol olan nabız atışlarının dakikadaki sayısının ölçülmesi metodundan yararlanılmakta ise de, en iyisi Müller'in kalp atışlarını saymağa yarayan ve kulak memesine takılan aletin kullanılmasıdır. Ancak son zamanlarda telemetrik yoldan da bu tesbitler yapılabilmektedir. Bu metodda kullanılan alet küçük bir radyo vericisi ile iki elektrodan ibarettir. Kalbin kasılmalarını tesbit için elektrodlardan her biri göğüste memelerin 2-3 cm. altına deri üzerine yapıştırıcı bandlarla tutturulmaktadır. Tesbit yerlerinin eterle iyi bir şekilde temizlenmesi gerekmektedir. Verici radyo bir amplifikatör ile kalp sesini ileten bir ossilatörden ibarettir. Vericiden gelen sesler FM bandı bulunan basit bir alıcı radyo tarafından kaydedilmektedir. Kalp atış hızı ise 10 kalp vuruşu için gereken zamandan yararlanarak doğrudan doğruya dakikadaki vuruş sayısını veren bir saat ile tesbit edilmektedir.

Bu hususta kullanılan bir başka önemli alet ise Avusturya İssığı Derneğinin Nabız Telemetresidir (Şekil 1). Spor ve iş'de kalp ve dolaşım ile ilgili iş veriminin tesbitinde kullanılan önemli bir alettir. Kulaklıklar, verici, alıcı ve göstergeli bilgi toplayıcıdan ibarettir. Pille çalıştığı için çok pratik olup herhangi bir elektrik cereyanına bağlanma güçlüğü yoktur. Kalp atışları kulaktan fotoelektrik yolla alınmakta, bu atışlar takriben 450 gr. ağırlığındaki küçük bir verici vasıtasıyla yayınlanmaktadır. Verici çalışan kimsenin göğsünde, sırtında veya cebinde taşınabilmektedir. Alı-

cı istasyon ise bir alıcı ile kalbin atışlarını doğrudan doğruya gösterebilen bir entegre-
ratörden ibarettir. Alet ile 8-9 saat süre devamlı çalışabilmekte ve bu süre içerisinde
ses alma cihazı veya yazıcı tertibatından yararlanılarak uzun süreli kayıtların ya-
pılmasına da imkân vermektedir. Böylece bu alet yardımı ile istirahat halindeki, ke-
sim işlerinde her bir safhadaki kalp atışları ile boşa geçen zamanlardaki, işe hazır-
lık ve dinlenme zamanlarındaki atışlar da dahil olmak üzere geçen zaman, ortalama
kalp atış sayısı, bir metre küp veya ster orman ürününün kaç dakikada hazırlandığı
en küçük teferruatına kadar tesbit edilebilmektedir.



Şekil 1. Radyolu nabız telemetresi.

Kalp atış hızı ile enerji sarfiyatı arasında devamlı olarak sabit kalan bir ilişki
mevcut değildir. Çünkü bu ilişki vücudun duruş şekli, kullanılan kaslar, çevrenin
iklim şartları ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu faktörler kalp
atış hızını enerji sarfiyatından başka şekilde de etkileyebilmektedir. Bundan başka
kalp atışları sadece işe sarfedilen güce bağlı olmayıp aynı zamanda iş ile ilgisi bu-
lunmayan sigara içme ve sinirlilik gibi tamamen farklı faktörlerle de etkilenmek-
tedir. Bununla beraber kabul edildiğine göre enerji sarfiyatı fiziksel gerilim etkisi
altında bulunmamaktadır. Şayet kalp atış hızının kaydedilmesi uygun şartlar altın-
da yapılabiliyorsa, bu metod özellikle karşılaştırmalı araştırmalarda fiziksel duru-
mun takdiri ve tesbitinde değerli bir vasıta olabilmektedir. Kalp atış hızı ölçmeleri
enerji sarfiyatını tesbit etmeye yarayan diğer metodlarla kombine edildiği gibi müs-
takil olarak da uygulanabilir. Bunun için de çok çeşitli metodlar mevcuttur. Bun-
lardan bir tanesi de elektrokardiyografik metod olup devamlı telemetrik kayıtlar yap-
mak suretiyle kalp atışlarının durumu çeşitli iş safhaları ile dinlenme ve çalışma
zamanlarında incelenmekte ve sonuçlara varılmaktadır. Bu maksatla kullanılan
alet; elektrodlar, verici, alıcı, takeometre, sayıcı, yazıcı, kaydedici ve diğer tamam-
layıcı kısımlardan ibarettir.

2.2. RESPIRASYON METODU İLE ENERJİ SARFIYATININ TAYİNİ

İnsanı bir makina olarak düşünecek olursak, kas lifleri pistonlardır. Gıda mad-
delerinin yakılması ile meydana gelen enerjinin bir kısmı pistonların hareketini sağ-
lar, başkaca ısı ve değişik artık maddeler teşekkül eder. İş esnasında da kaslar ka-
sılır ve gevşer. Bu kasılma ve gevşeme olayı Na, K, Ca, Mg gibi bir çok minerallerin
ve enerji bakımından zengin Adenozin trifosfat (ATP), Adenozin difosfat (ADP)
gibi fosfatların varlığını gerektiren kompleks bir olaydır. Yapılacak işin nevine gö-

re sınırlar yolu ile kaslara iletilen uyarımlar sonucu başlıca kas proteinleri olan Aktin ve Myosin. Ca^{++} iyonları ve açığa çıkan enerji sonucu ($ATP=ADP+P+8$ Kcal) Aktinomyosin kompleksini oluşturarak kasılmaları gerçekleştirirler. Bu olayda en önemli rolü ATP molekülünün parçalanması sonucu açığa çıkan takriben 8 Kcal enerji miktarı oynamaktadır. Kaslarda bulunan ve enerji bakımından zengin ikinci bir fosfat ise Kreatin - Fosfattır. Kaslarda gerek serbest haldeki, gerekse ATP'nin parçalanması ile açığa çıkmış olarak bulunan ADP ile birleşerek yeniden ATP yapımına yardımcı olur (Kreatin - Fosfat + ADP = ATP + Kreatin). Bununla beraber iş esnasındaki adele (kas) kasılmaları için gerekli enerji çok kısa bir süre (20, 30 saniye) bu kaynaklardan elde edilebilmekte olup enerji genel olarak Karbonhidratların aerobik ve anerobik yanması veya yağların oksidasyonu gibi yollardan sağlanmaktadır. İstirahat halinde kasların normal fonksiyonu için gerekli enerji genel olarak yağların yanması ile elde edilir (1 Molekül Tripalmitik asit = 130 Molekül ATP). İş esnasında ise, işin hemen başlangıcındaki adaptasyon safhasında gerektiği kadar süratli nefes alınıp verilemediği için vücutta daima bir oksijen açığı söz konusudur. Bundan dolayı ortaya çıkan enerji açığı daha önce sözü edilen ATP, ADP ve Kreatin - Fosfat gibi enerji bakımından zengin fosfatlar tarafından kapatılmağa çalışılır. Ancak bu enerji depoları çok süratle tükendiği için ve aerobik Karbonhidrat yakılması bu kadar hızlı devreye giremediği için, enerji açığı anerobik yanma (Glikoliz) yolu ile kapatılmağa çalışılır. Bu yanma esnasında 1 Molekül Glikozdan 2 Molekül ATP ve 2 Molekül Laktat elde edilir. ATP ile birlikte açığa çıkan laktik asit miktarı bu yolla enerji elde edildiği sürece kanda süratle yükselerek kan pH sınırını aşarak asidoz kaymasına, hatta laktik asidoza sebep olabilir. Yüksek miktarlarda laktik asidin kanda dolaşması ise çabuk yorgunluğa sebep olduğu için ağır işlerden bir kaç gün sonra beliren adale ağrılarının da başlıca sebebidir. Hernekadar mümkün olduğunca süratle karaciğer tarafından metabolize edilirse de, tekrar glikoza dönüşebilmesi için (1 Mol Laktik asit = 3 ATP

ye ihtiyaç vardır, yani negatif bir enerji balansı söz konusudur. Yapılan iş çok ağır olmadığı sürece alınan ve gerekli olan O_2 miktarı bir süre sonra dengeye gelir ve artık enerji esas olarak karbonhidratların aerobik yanması ile elde edilir ($C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O + 38 ATP$). Fazla ağır olmayan bir iş esnasında vücuttaki Karbonhidrat depoları aşağı yukarı 2 saatlik bir süre için yeterli bulunmaktadır. Bu süre sonunda alınan O_2 miktarı yeterli ise enerji üretimi yağların yanması yoluyla elde edilir. Fakat bu süre içinde ve bundan sonra O_2 yeterli miktarda alınmamış ve alınmıyorsa glükozun anerobik yanması ile elde edilmekte olan enerji vücuttaki glükoz depolarının tükenmesi ile de daha uzun bir süre için kapatılmayarak, kasların tam bir yorgunluğu ve işin daha fazla yapılamaması ile sonuçlanır. Gerekli miktarda oksijen alınması için dakikadaki solunum sayısı 12 - 14 defadan 40 - 60 defaya kadar çıkarken, dakikadaki solunum hacmi 6 - 8 litreden 120 - 170 litreye kadar çıkabilmektedir. Alınan oksijenin gerektiği gibi dokulara ve kaslara taşınması için ise sağlıklı kişelerde 60 - 80 arasındaki nabız sayısı 140 - 160 hatta daha fazla olabilirken, dakikada normal olarak kalpten atılan 5 litrelik kan miktarı da 20 litreye çıkmaktadır. Bütün bu değişkenler sağlıklı kişilerde işin sonunda 4 - 5 dakika içinde gene normale dönüşmektedir.

Gerek dinlenme esnasında, gerekse bir iş yapılırken belirli bir zaman süreci içinde vücutta açığa çıkan enerji miktarını ölçmek mümkündür. Bunun için de iki metod kullanılmaktadır. Bunlar :

1. Direkt Kalorimetri,
2. Endirekt Kalorimetri

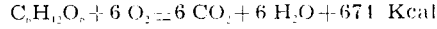
metodlarıdır.

1. Direkt kalorimetri metodu ile yapılan ölçmelerde insan vücudundan ısı olarak açığa çıkan toplam enerji miktarı ölçülmektedir. Bu iş için araştırmaya konu olan kimse çift duvarlı ve duvarları arasında su bulunan bir kapalı oda içine konulur. Bu tertibat içine giren ve çıkan su miktarı ile giriş çıkıştaki ısı farkı tesbit edilerek açığa çıkan enerji miktarının saptanmasına çalışılır. Ancak bu metod oda içindeki havanın değiştirilmesi gerektiği için ve ölçülen ısı farkındaki ölçümlerde yapılan yanlışlıklardan dolayı bugün fazla kullanılmayan bir metod olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Endirekt kalorimetride ise açığa çıkan enerji miktarı vücutta yanan karbonhidrat, yağ ve proteinler için gerekli olan ve alınan oksijen miktarı ile bu gıda maddelerinin yanması ile açığa çıkıp solunumla dışarı atılan CO_2 miktarından yararlanarak endirekt yolla hesaplanmaktadır. Solunum ile alınan O_2 miktarının dışarı verilen CO_2 miktarına oranı Respirasyon Faktörü (RF) olarak adlandırılmaktadır.

Respirasyon faktörü (RQ) Karbonhidratlarda en yüksek $RQ=1,00$, Yağlarda en az $RQ_{\text{yağ}}=0,70$ dir. Proteinde ise $RQ_{\text{protein}}=0,80$ kadardır. Ancak alınan gıdalarda ana gıda maddeleri miktarları değişik bulunduğu için iş esnasında yanan miktarlarında da değişiklikler bulunacaktır. Bundan dolayı herhangi bir iş için elde olunan Respirasyon faktörlerinde de değişik değerler elde olunmaktadır.

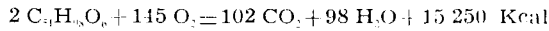
Karbonhidratların yanması şu eşitlikle ifade edilmektedir :



Böylece 1 molekül=180 gr glükozun 6 molekül=134,4 litre O_2 (1 Mol $O_2=22,4$ litre) ile yanması sonucu 6 Molekül su ve 134,4 litre CO_2 meydana gelmektedir. Burada elde olunan CO_2 miktarı ile yanan oksijen miktarı arasındaki oran Respirasyon faktörünü (RQ) vermektedir. Böylece karbonhidratların yanması ile elde olunan Respirasyon faktörü

$$RQ_{\text{karb.}} = 6 : 6 = 1,00$$

elde olunur. Yağların yanmasında ise örneğin Tripalmitik asitin yanması ile



meydana gelen CO_2 miktarı daha az olduğundan Respirasyon faktörü (RQ) değeri de karbon hidratlara nazaran düşüktür. $RQ_{\text{yağ}} = 102/145 = 0,70$ kadardır. Çünkü yağlarda oksijen miktarı azdır. Buna mukabil mevcut C ve H nin yakılabilmesi için daha fazla oksijene gereksinme vardır.

Bununla birlikte karbonhidratların yanması esnasında 1 litre oksijenin yanması ile

$$B_{\text{karb.}} = 674 / 134,4 \text{ 1 } O_2 = 5,02 \text{ Kcal 1 } O_2$$

yağların yanması esnasında ise 1 litre oksijenin yanması ile daha az

$$B_{\text{yağ}} = 15 250 \text{ Kcal} / 145 \times 22,4 \text{ 1 } O_2 = 4,69 \text{ Kcal 1 } O_2$$

enerji elde olunmaktadır. Bu suretle çeşitli gıda maddelerinin yanması ile elde olunan kalori değerleri aşağıdaki tabloda verilmiş bulunmaktadır.

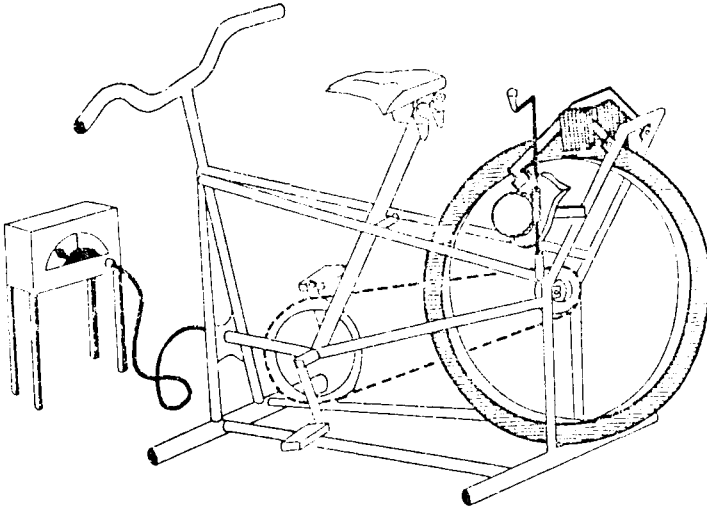
1 gr Gıda maddesi	O ₂ - İhtiyacı cm ³	Teşekkül eden CO ₂ miktarı cm ³	Respirasyon Faktörü	1 litre O ₂ için Kal. değeri
Karbonhidrat	828,8	828,8	1,000	5,02
Yağ	2019,3	1427,3	0,707	4,69
Protein	962,3	773,9	0,804	4,49

Dışarıya verilen havanın litre olarak dakikadaki hacmi ile gene dışarı verilen hava içerisindeki oksijen miktarı yüzde olarak biliniyorsa doğrudan doğruya dakikada sarf edilen kalori miktarının Van LOON and SPOELSTRA (1971) şu eşitlikle hesaplanmasını tavsiye etmektedirler.

$$M = (1,05 - 25,015 \times O_2 / 100) \times V_{\text{hava}} \text{ (Kcal/dak.)}$$

Ancak elde olunan değerler yaklaşık değerlerdir. Daha doğru değerler elde etmek isteniyorsa daha sonra verilecek tablodaki kalori eşdeğerleri ile Respirasyon faktöründen yararlanılması gerekmektedir.

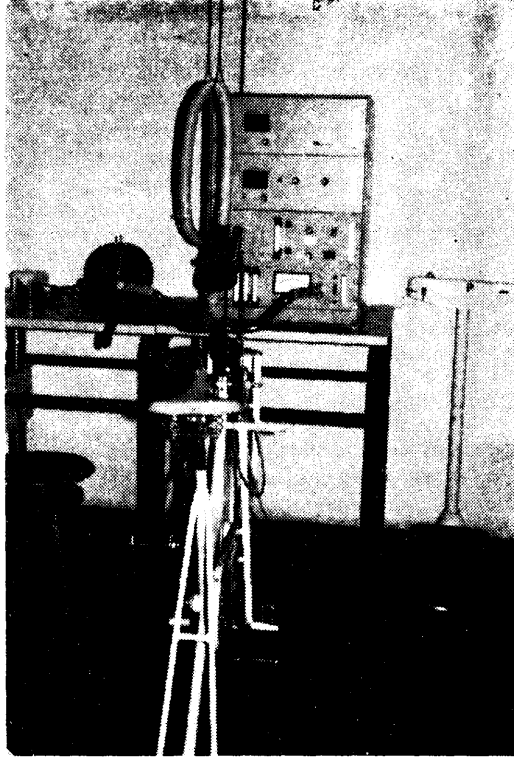
Enridekt kalorimetri ölçümlerini Bisiklet Ergometresi yoluyla tesbit etmek laboratuvar şartlarında mümkün olmaktadır. Bu iş için (Şekil 2 ve 3) de de görüldü-



Şekil 2 Bisiklet Ergometresinin şematik görünüşü.

ğü gibi belirli bir pedal çevirme sayısında belirli ve sabit bir iş yapılabilmesini mümkün kılan ayarlı bir bisiklet ile dakikadaki solunum miktarını ölçen ve solunan hava içindeki O₂ ve CO₂ miktarlarının analizini yapan araçlara ihtiyaç vardır. Bisiklet üzerinde oturan kimsenin gerek istirahat sırasında, gerekse giderek artan ve pedal çevirmek suretiyle 5 veya 10 dakika gibi belirli süreler için yapılan iş esnasında el-

de olunan O_2 ve CO_2 miktarları dakikada litre veya yüzde olarak aletten okunmaktadır. Örneğin; elde olunan değerler



Şekil 3. Bisiklet Ergometresi ve Gaz Saati (Alınan hava miktarı ile sarfedilen oksijen (O_2) ve tesekkül eden karbon dioksit (CO_2) miktarını otomatik olarak göstermektedir).

$$O_2 = 1,2 \text{ litre dak.} \quad CO_2 = 1 \text{ litre dak}$$

olsun. Buradan Respirasyon Faktörü

$$RQ = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{1}{1,2} = 0,833$$

değeri bulunacaktır. Herbir Respirasyon Faktörü değeri için karşılığı olan Kalori Eşdeğerleri (KE) tablolarda verildiğinden bu RQ değeri için bulunan değerden dakikada sarfedilen enerji miktarı şu şekilde hesaplanmaktadır :

Enerji miktarı = (O_2 litre dak) (KE Kalori 1 O_2) = (1,2) (4,838) = 5,8 Kalori dak.
şeklinde hesaplanacaktır. İstirahat halindeki normal vücut fonksiyonları için açığa çıkan enerjinin çok üstündeki değerlere iş esnasında rastlamak mümkündür. Bu ölçümlerle tabiatıyla sadece aerobik yanma ile açığa çıkan enerji miktarı tesbit edilebilmektedir. Anerobik yanma dikkate alınmamaktadır.

Respirasyon Faktörü bilindiği takdirde Kalori Eşdeğeri şu eşitlik ile hesaplanmaktadır :

$$KE = 3,81 + 1,24 \cdot RQ \text{ (Kcal litre } O_2)$$

Ayrıca Respirasyon Faktörü ile Kalori Eşdeğeri arasındaki ilişkiler aşağıdaki tabloda verilmiş bulunmaktadır.

Respirasyon Faktörü (RQ) ile Kalori Eşdeğerleri (Kal. Eşdeğeri)

RQ	Kal. Eşdeğ.	RQ	Kal. Eşdeğ.	RQ	Kal. Eşdeğ.
0,70	4,678	0,80	4,801	0,91	4,936
0,71	4,690	0,81	4,813	0,92	4,948
0,72	4,702	0,82	4,825	0,93	4,960
0,73	4,714	0,83	4,838	0,94	4,973
0,74	4,727	0,84	4,850	0,95	4,985
0,75	4,739	0,85	4,863	0,96	4,997
0,76	4,752	0,86	4,875	0,97	5,010
0,77	4,764	0,87	4,887	0,98	5,022
0,78	4,776	0,88	4,900	0,99	5,034
0,79	4,789	0,89	4,912	1,00	5,047
0,80	4,801	0,90	4,924	—	—

Her iş için etki derecesi başka başkadır. Herhangi bir işde 1 kpm lik iş için sarfedilen kalori miktarı, o işin etki derecesi hakkında bilgi vermektedir. Örneğin, yürüme esnasında her 1 kpm lik iş için daha az yani 7 cal sarfedildiği ve burada etki derecesi % 33,5 olduğu halde, ağaç kesmede herbir kpm lik iş için daha fazla 25 kalori sarfedilmekte ve etki derecesi % 9,4 olmaktadır. Bundan dolayı işin etkinliğini ortaya çıkarabilmek maksadıyla etki derecesinin hesaplanması yoluna gidilmektedir. Bisiklet ergometresindeki değerlerden yararlanarak etki derecesini hesaplayalım.

$$\text{Etki Derecesi} = (\text{İş/Enerji sarfiyatı})100 \text{ [\%]}$$

eşitliği ile tayin edilmektedir. Bisiklet ergometrelerinde genellikle saniyede 5 kpm lik bir iş meydana getirilerek bunun için dakikada sarfedilen enerji (Kcal/dak) hesaplanmaktadır. Bizim daha önceki örneğimizde de bulunan değer 5,8 Kcal/dak olduğuna göre yukarıda bildirilen iş miktarı 5 kpm/san dakikaya çevrilecek olursa elde olunacak değer 300 kpm/dak olacaktır. 1 Kcal'ın teknikte karşılığı 427 kpm olduğuna göre bu işde

$$\text{Etki derecesi} = (300/5,8)(1/427) 100 = 12,1 \text{ (\%)}$$

olarak bulunmuş olacaktır. Ancak bu değer Brüt Etki Derecesidir. Asıl işe sarfedilen etki derecesi ise Net Etki Derecesinin hesaplanması ile tayin edilmektedir. Bu takdirde istirahat halinde dakikada sarfedilen kalori miktarının hesaba katılması icabetmektedir. Bizim örneğimizde istirahat halindeki enerji sarfiyatını 1,8 Kcal/dak kabul edecek olursak

$$\text{Net Etki Derecesi} = (300/5,8 - 1,8)(1/427) 100 = 17,5 \text{ (\%)}$$

bulunduğu görülecektir. Böylece buradan açığa çıkan enerjinin % 17,5 uğunun sadece yapılan işe harcandığı geri kalanının ise ısı olarak vücuttan açığa çıktığı anlaşılacaktır. Etki derecesinin 1 kpm lik iş için kaç kalori sarfedilerek meydana getirildiğini bilmek bakımından aşağıdaki tablodan yararlanmak gerekmektedir.

Etki Derecesi (%)	cal/mkp	Etki Derecesi (%)	cal/mkp
1	234,19	16	14,63
2	117,09	17	13,77
3	78,06	18	13,01
4	58,54	19	12,42
5	46,83	20	11,70
6	39,03	21	11,15
7	33,45	22	10,64
8	29,27	23	10,18
9	26,02	24	9,75
10	23,41	25	9,36
11	21,29	26	9,00
12	19,51	27	8,67
13	18,01	28	8,36
14	16,72	29	8,07
15	15,61	30	7,80

Net Etki Derecesinin maksimum değeri % 30 olarak kabul edilmektedir. Orman işlerinde herhangi bir iş için dakikada sarfedilen kalori miktarının tesbiti ile bisiklet ergometreleri yoluyla elde olunan değerlerin karşılaştırılması bize o işin ağırlığı yani işçiye yüklediği yük hakkında bilgi vermektedir. Örneğin, van LOON ve SPOELSTRA (1971) nın yaptıkları deneme sonunda Sarı çamda 1,30 m.deki çapları 9 ve 26 cm. olan ağaç gövdelerinde kabuk soyma ve bölümlere ayırmada sırasıyla ortalama 8,6 ve 9,5 Kcal/dak sarfedildiği ortaya çıkmıştır. Bu değerlerin yaklaşık olarak bisiklet ergometresi ile 800 mkp/daklık iş yapılması halinde sarfedilen enerjiye eşit olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmalarda bisiklet ergometrelerinde pedal çevirme hızı dakikada 50 - 60 dönüş, sürtünme yükü ise 300 kpm/dak dan başlayıp 600, 900 ve 1200 kpm/dak ya kadar çıkılabilmektedir.

Denemeye alınan işçilerin yaşları 30 yaşından küçük, 30 - 49 yaşlar ve 50 yaşından büyük olmak üzere üç gruba ayrılarak incelemeler yapılmaktadır.

2.3. ENDÜSTRİYEL GÜRÜLTÜ VE GÜRÜLTÜNÜN YAYILMASI

Çevre kirlenmesi sorunları üzerinde son zamanlarda çok şey söylenmiş ve yazılmıştır. Ancak bunlar genellikle hava ve su kirliliği üzerinde yoğunlaşmıştır. Halbuki çevre kirlenmesinin bir başka nedeni de kimyasal madde etkisi dışında olup gürültüdür. Gürültü ile kirlenme iki fikri içine almaktadır.

1. Yaşam kalitesi üzerine gürültünün etkisi ve gürültünün hissedilmesiyle meydana gelen çevre kirlenmesi.
2. Bir sağlık sorunu olarak endüstriyel fabrikalarda ele alınması gereken gürültü.

Bizim burada üzerinde duracağımız konu endüstrilerde meydana gelen gürültünün doğurduğu sakıncalardır.

Evvela gürültüyü açıklayalım. Ses, hava içerisindeki bir cismin titreşimi olarak tarif edilmektedir. Titreşen cisim etrafa basınç yaparak havanın yayılmasına neden olur. Bu basınçlı titreşimler ses dalgaları olarak çevreye doğru hareket eder. İşitme işi ses dalgalarının kulağa çarpması sonucu meydana gelir. Kulağın çeşitli kısımları bu fiziksel hareketi duyma sınırlarına ulaştırır. Fazla miktardaki ses insanlar için can sıkıcı olduğundan gürültü olarak değerlendirilmektedir.

Endüstrilerde kullanılan makineler gürültülü çalıştıkları takdirde ortaya bazı sorunlar çıkarmaktadırlar. Ağaç işleyen endüstrilerin pek çoğunda da gürültü bir sorun olmaktadır.

Endüstriyel gürültü çalışanları şu şekillerde etkileyebilmektedir.

- a. Çalışma yerlerinde çevredeki gürültü seviyesi çok fazla olduğu takdirde çalışan kimselerde yorgunluk ve duyarlılık görülür.
- b. Gürültülü yerlerde uzun süre çalışarlarda önemli derecede işitme kayıpları meydana gelebilir.
- c. Fazla gürültü çalışanlar arasında anlaşmayı güçleştirir. Bu da yanlış anlaşmalar dolayısıyla hatalara ve kazalara sebebiyet verdiği gibi, yeni işçilerin yetiştirilmesinde zorluklar doğurur.

Gerilim modern hayatta en iyi bilinen komplikasyonlardan biridir. Pek çok doktor ve psikolog endüstride uzun süre gürültü etkisi altında çalışmış kimselerin sağlığının bozulduğunu tesbit etmişlerdir. Gerilimin artması çalışan kimselerde yorgunluk ve sınırlılığa neden olmaktadır. Bu da üretimin ve işde etkinliğin azalmasına sebebiyet vermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi gürültü işitme kayıplarına da yol açmaktadır. İşitme kaybı bazı faktörlere göre değişmektedir.

- a. Gürültü şiddeti
- b. Gürültüye maruz kalma süresinin uzunluğu
- c. Gürültüye maruz kalma süresinin devamlılığı
- d. Gürültünün frekansı
- e. İnsanın sağlık durumu, yaşı ve karşı koyma gücü.

Burada belirtilen tüm faktörleri tamamen birbirinden ayrı düşünmek mümkün değil ise de gerek gürültünün şiddeti, gürültüye maruz kalma süresi ve devamlılığı, gerekse gürültünün frekansı bakımlarından çalışan kimseleri belli sınırların üzerine çıkmayan bir gürültü ortamında çalıştırılmasının temini şarttır. Gürültünün işitme üzerine olan etkisi sağlık müesseselerinin sorunu olmuş ve giderek artan bir ilgi sigorta müesseselerince de gösterilmeğe başlanmıştır.

Endüstrilerde ve konumuz olan ağaç işleyen endüstrilerde pek çok kimsede ses veya gürültü hakkındaki bilgiler yok denecek kadar azdır. Bundan dolayı bazı bilgileri burada tekrarlamak yararlı olacaktır.

Ses çeşitli fiziksel özelliklere sahiptir. Bizim için önemli olanları şu şekilde sıralamak mümkündür :

- Ses şiddeti: Birim alandan belli bir değrultuda geçen ses enerjisi miktarıdır. Ölçüsü Watt/cm² dir.
- Ses basıncı: Herhangi bir noktada ses titreşimi ile meydana gelen basıncıdaki ani değişimdir. Genellikle mikrobar ile ölçülür. 1 mikrobar=1 dyne/cm² dir.
- Ses gücü: Bir ses kaynağından çıkan toplam akustik güçtür. Genellikle Watt ile ölçülür.

Bu üç özellik ile ilgili değerler arasında çok geniş bir değişim alanı mevcuttur. Örneğin, çok hafif bir fısıltı ile meydana gelen ses gücü 10⁻¹² Watt iken, bir jet uçağının kalkışındaki ses gücü ise 10⁷ Watt'tır. Benzer değişim ses basıncında da vardır. İşitme sınırındaki ses basıncı 0,0002 mikrobar iken jet motorunda meydana gelen ses basıncı 10⁷ mikrobar'dır. Değerlerin bu kadar geniş olması daha uygun bir ölçünün kullanılmasına gereksinime doğurmuştur. Bu da Desibel (dB) dir. Ses gücü, şiddeti veya basıncının ifadesinde logaritmik bir ölçü olan Desibel kullanılmaktadır. Çeşitli kaynaklardan çıkan ses basıncı seviyeleri aşağıda verilmiştir.

Desibel	Ses Kaynağı
140	Siren (15 m mesafede)
130	Kulakları ağrıtan ses sınırı
120	Pnömatik çakma makinesi sesi (1,5 m mesafede)
110	Gök gürültüsü
100	Motorlu zincir testere (60 m mesafede)
90	Yeraltı treni (metro)
80	Fazla kalabalık trafik (6 m mesafede)
70	Normal otomobil trafiği
60	Normal konuşma (1 metre mesafede)
50	Alçak ses ile konuşma (1 metre mesafede)
40	Çalışma yerlerindeki ses
20	Çok hafif müzik
10	Fısıltı
0	İşitme sınırı

Bir çalışma günü içinde müsaade edilebilen gürültü süreleri ve ses basınçları arasında da şu münasebetler vardır :

Günlük en fazla süre (Saat)	Ses basınç seviyesi (dB)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1,0	105
0,5	110
0,25	115

Buradan da anlaşılacağı üzere 90 dB üzerindeki ses seviyeleri gürültü olarak kabul edilmektedir. Bu değerden daha şiddetli sesler insanlar için zararlı bulunmaktadır. Yukarıda da açıkça görüldüğü gibi bir insan 90 dB lik bir gürültü içinde günde 8 saat süre ile herhangi bir sakıncası olmadan çalışabildiği halde 95 dB lik bir gürültüde çalışma süresinin 4 saatten fazla olmaması gerekmektedir.

Bir saniye içerisindeki ses titreşim sayısına da frekans adı verilmektedir. İnsanın duyabildiği titreşimlerin frekansı 16 ile 16 000 arasında değişmektedir. Frekansın ölçüsü Hertz (Hz) dir. Hertz saniyedeki bir titreşim sayısıdır. 16 - 100 Hz lik sesler çok kaba, 3200 - 16 000 Hz lik sesler ise çok ince seslerdir.

Ağaç İşleyen Endüstrilerde gürültü ve sorunları

Ağaç işleyen endüstrilerde çeşitli işleme makinelerinin çıkardıkları ses şiddetleri aşağıda gösterilmiştir :

Makina tipi	Ortalama ses şiddeti (dB)	Değişim (dB)
Planyalama	108	101 - 114
Şekil verme	100	92 - 102
Biçme	100	85 - 107
Birleştirme	98	94 - 99
Zamparalama	97	92 - 99
Boya püskürtme	91	85 - 96

Makinelerle çalışmada gürültüyü önleyici tedbirleri almak için önce ses şiddeti seviyesini ölçmeğe yarayan aletlerle çeşitli makinelerin çıkardıkları gürültü seviye-

lerinin tesbit edilmesi lazımdır. Genellikle gürültüyü azaltmak için ya ses kaynağında, ya da geliş yollarında kontrol sağlanır. Başkaca çalışan kimselerin de bu sesi duymamasını sağlayıcı tedbirleri alması gerekmektedir. Havadaki gürültü makineyi bir muhafaza içine alarak, ya da ses absorbe eden materyelden yararlanarak azaltılır. Binalar içerisindeki gürültüyü önlemek için ise duvar, döşeme ve tavanlarda titreşimi izole edici materyal kullanmak yararlı olabilir.

Böylece gürültünün kontrolunun mümkün olmaması hallerinde ise çalışan kimsenin gürültüyü duymasını önleyici tedbirler almak gerekir. Bununla beraber duymayı önleyici aletler pek fazla etkili olamazlar. Çünkü bunların koruma gücü gürültünün frekans spektrumuna, kulağa takılacak aletin uygunluğuna ve tipine bağlı olarak değişmektedir. Çalışan kimsenin gürültüye maksimum sürelerde maruz kalmasını sınırlama meselesi ise en son çare olmalıdır. Endüstride gürültüye maruz kalma süresi düşünüldüğü takdirde bir çok hususun dikkate alınmasına gerek vardır. Evvelâ standard gürültü değerleri hakkında bir fikir sahibi olunmalıdır. İkinci olarak kulaklara kısa süreli de olsa koruyucu aletler takılmalıdır. Son olarak da daha az gürültü yapan aletler imal edilmelidir.

Ağaç işleyen makinelerin gücünün fazlalığı, kesici kısımlarının durumu, mekanizasyonun derecesi ağaç işleyen endüstrilerde gürültünün artmasına sebebiyet vermektedir. Gürültünün tesbitinde şu hususlara dikkat etmek gerekmektedir.

- a. Değişik çalışma yerleri ile makinelerde gürültü seviyesi ne kadardır?
- b. Gürültünün kaynağı veya sebebi nedir?
- c. Gürültüyü kaynağında azaltmak için ne yapılabilir?

Ağaç işleyen endüstrilerde yapılan araştırmalar göstermiştir ki makinelerin meydana getirdiği gürültü şiddetlerinin seviyeleri 80 ile 110 dB arasında değişmektedir. Ancak gürültü seviyelerinin tesbit edildiği yer ve pozisyonların oldukça büyük önemi bulunduğu hatırdan çıkarılmamalıdır. Örneğin, büyük planya makinelerinde gürültünün geldiği taraftaki okumalar 123 dB le kadar çıkmaktadır.

Testerelerde gürültünün azaltılmasında testere seçimi ve bakım gürültüyü azaltıcı etki yapmaktadır. Testerelerde büyük boşlukların bulunması veya derin dış aralıkları siren sesinin çıkmasına sebep olmaktadır.

Şekil verme makinelerinde kesicilerin dönüş hızı dakikada 3600 olanlarda ses şiddeti 85 dB iken dönüş sayısı dakikada 7200 devire çıkartıldığında ses şiddeti de 102 dB e çıkmaktadır. Kesilen ağaç malzemenin kalınlığı arttıkça da gürültü artmaktadır.

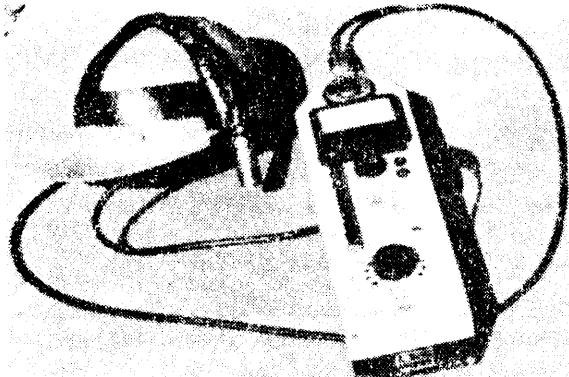
Ağaç işleyen endüstrilerde gürültüyü azaltma çarelerini şu şekilde sıralamak mümkündür :

Testerelerde siren sesinin elimine edilmesi için diş sayısının artırılması, ya da daha küçük diş boşluklarının kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Rezonans yoluyla meydana gelen gürültünün azaltılmasında ise iyi bir bakımın yapılması (testerelerde uygun gerilmenin sağlanması ve uygun çapraz verme) ile kabil olmaktadır. Çalışma yerleri duvarların akustik özellikleri havi malzeme ile kaplanması, makinelerin örtülmesi ve çalışan kimselerin kulak muhafaza aletlerini takmaları ile gürültünün kötü etkilerini ortadan kaldırmak mümkün bulunmaktadır. Makinaların dizaynlarında yapılacak değişmeler de gürültünün azalmasını sağlamaktadır. Örneğin, daire testerelerinde siren sesini gidermek için deliklerin açılması bir tedbir ola-

rak düşünölmektedir. Daire testere levhası kalınlığında 1 mm lik azaltma boş haldeki gürültü seviyesini 3-7 dB düşürmektedir. Dönüş hızı da 4500 den 2850 ye indirildiğinde boş halde gürültüde 10 dB lik bir azalma olmaktadır. Başkaca daire testerelelerinde çap 600 mm den 400 mm ye indirildiğinde boş halde aynı dönüş sayısından nazaran 7 dB lik bir düşme vuku bulmaktadır. İtme mekanizmalarında kullanılan metal silindireler yerine plastik silindirelerden yararlanılırsa 10 dB kadar bir gürültü azalması söz konusu olmaktadır.

Fazla ses ve gürültü çıkaran alet ve makinalelerle çalışan kimselerde işitme kayıpları olabilmektedir. Orman işlerinde kesim, dallardan temizleme, tomruklama ve uç alma gibi işlerde motörlü zincir testerelelerinin kullanılması, kullanma süresi ve işinin yaşı ile ilgili olarak işitme kayıplarına neden olduğu araştırmalelerle tesbit edilmiş bulunmaktadırdır. Motorlu zincir testerelelerle çalışan işçilerde önce işinin yaşı, kaç yıldan beri motorlu testere ile çalıştığı, saat olarak günlük ve yıllık çalışma süreleri, kulakları sestem koruyucu bir araç kullanıp kullanmadığı öğrenilmek üzere anketler tertip edilir. Halen bir hastalığı bulunup bulunmadığı, daha önce geçirdiği hastalıkların çeşitleri ve ne zamandan beri bu rahatsızlıklara sahip bulunduğu, arka ağrıları, mide şikâyetleri, başağrısı ve diğere rahatsızlıklar bulunup bulunmadığı, kulak rahatsızlığı geçirip geçirmediği ve zamanı (sağ ve sol kulak için ayrı ayrı), orman işinden başka işde çalışıp çalışmadığı sorularak genel bilgi edinilmesi gerekmektedir. Daha sonra bir audiometrede işitme kayıpları sağ ve sol kulak için ayrı olmak üzere tesbit edilmektedir. İşitme kayıpları desibel (dB) ve yüzde olarak audiogramlar üzerine çizilmektedir.

Motorlu testerelelerde ses şiddeti boş halde 90 dB, çalışma esnasında ve en hızlı çalıştığı zamanlarda ise çeşitli büyüklükteki testereleler için 104 ve 113 dB arasında bulunmaktadırdır. Ormanda sesin çok uzaklara yayılması çevre koruma bilgisini de ilgilendirmekte ve rahatsız edici gürültü sadece kullanana değil, aynı zamanda çevredekilere de olumsuz etkiler yapmaktadır. Frekans analizlerine göre bu şiddetteki seslerde frekans 500 ile 1000 Hertz (Hz) arasında bulunmaktadırdır. Ormanda bu makinelerin devamlı kullanılması 3-5 saat arasında değişmektedir. Çeşitli iş safhalarında ormanda işinin motorlu testerelelerle çalışmasında ne kadar şiddette ve sürede gürültü ile karşı karşıya kaldığı ses şiddetini ölçme aletlerinden yararlanılarak tesbit edilmektedir. Alıcı mikrofon bir kablo ile işçi başındaki miğfere ve kulak yakınına tesbit edilmektedir (Şekil 4 ve 5).



Şekil 4. Ses şiddeti ölçme aleti (Mikrofonun Başlığa tesbiti ve kablosu ile birlikte).



Şekil 5. Koruyucu başlık ve mikrofonun kulak hizasına yerleştirilmesi.

Motorlu zincir tester-leriyle çalışmalarda gürültü ile birlikte motorun ekzos burusundan çıkan Karbon monoksit (CO) gazı miktarı da önemli bulunmaktadır. Genellikle rüzgarsız zamanlarda devrilen ağacın taç kısmındaki dalların motorlu testerelerle temizlenmesi esnasında çevrede fazla miktarda (CO) birikimi olmaktadır. Biriken (CO) miktarı üzerine sıcaklığın ve diğer mevsim değişimlerinin de etkileri bulunmaktadır.

Gerek işitme kayıpları gerekse CO gazı zehirlenmeleri üzerinde çeşitli memleketlerde çeşitli denemeler yapılmaktadır. Almanya'da yapılan denemeler yaş ilerledikçe motorlu testere kullanan işçilerde önemli işitme kayıplarının meydana geldiğini göstermiştir.

Bu gibi araştırmaların gerek orman işlerinde gerekse ağaç işleyen endüstrilerde yapılarak çalışan kimselerin bu bakımdan olan durumları ortaya çıkarılmaktadır.

Dikkat edilecek olursa boş halde çalışan motorlu testerelerin çıkardığı gürültünün şiddeti fazla önemsenmeyecek bir seviyede olmasına karşılık, çalışma esnasında çıkan gürültü şiddeti yüksek bulunmaktadır. Ashnda tek tek olmak ve kısa süreli bulunmak şartı ile 140 dB e kadar gürültüye müsaade edilmekte ise de, 115 dB maksimum sınır olarak kabul edilmektedir. Birleşik Amerika'da Kaliforniya'da kereste fabrikalarında yapılan araştırmalara göre fabrikaların % 90'ında gürültü sınırının aşıldığı yerlerde işçiler çalıştırılmaktadır. Alınacak tedbirler arasında ya buralarda çalışma sürelerinin kısaltılması, ya da fabrikalarda akustik olarak sesi absorbe edici yüzeyleri ihtiva eden tertibatın tesisine gerek bulunmaktadır. Bunun yanında alet ve makinalarda yapılacak bazı düzenlemeler ile de gürültünün bir miktar azaltılması mümkün olabilmektedir.

K A Y N A K L A R

- ANDERSEN, K. L., 1971. Method for measurement of maximal aerobic power. IUFRO seminar silvifuturum, Hurdal, Norway.
- DOST, W. A., 1974. Sawmill noise levels and survey techniques (Ergonomics in sawmills and woodworking industries) IUFRO symposium in Sweden, Aug 26 - 30.
- LAMB, F. M., 1971. Industrial noise and noise exposure. Forest Products Journal, Vol. 11, No. 9, pp. 84 - 87.
- PROKES, S., 1974. Möglichkeiten der Geräuscher - Absetzung beim Fräsen und beim Sägen mit Kreissägen (Ergonomics in sawmills and woodworking industries) IUFRO symposium in Sweden, Aug 26 - 30.
- SMITH, J. H., 1971. Noise in the woodworking industry. Forest Products Journal, Vol. 11, No. 9, pp. 82 - 83.
- STEGMANN, J., 1971. Leistungsphysiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- van LOON, J. H. and SPOELSTRA, L. H., 1971. Measurement of the energy expenditure during work. IUFRO seminar silvifuturum, Hurdal, Norway.
- WENGL, J. and WENTER, W., 1971a. Lärm- und Abgasmessungen an Maschinen für die Holzernte in Österreich. IUFRO seminar silvifuturum, Hurdal, Norway.
- 1971b. Pulsfrequenzmessungen mit Pulstelemeter bei Schlägerungsarbeiten mit Einmannmotorsägen. IUFRO seminar silvifuturum, Hurdal, Norway.