

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

ELMA HASADININ ERGONOMİK ANALİZLERİ

Nihat SÖNMEZ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ELMA HASADININ ERGONOMİK ANALİZLERİ

Nihat SÖNMEZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali İhsan ACAR

Bu çalışmada, elle yapılan elma hasadı sırasında işçilerin kalp atım hızları ve enerji tüketim değerlerinin yanında OWAS yöntemi ile çalışma duruşlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye’de elma toplama işinde tecrübeli işçilere ve farklı mekanizasyon düzeyine sahip Niğde, Isparta ve Afyon’daki elma bahçelerinde çalışılmıştır. Hasat sırasında işçilere takılan kol ve göğüs bantları ile kalp atım hızları ve enerji tüketim değerleri ölçülmüş, ayrıca işçilerin çalışma görüntüleri kayıt edilmiştir.

Elde edilen verilerin analizi sonucunda; illerde çalışan elma hasat işçilerinin yaş, boy ve MET’s değerleri açısından aralarındaki farkların önemli olmadığı saptanmıştır ($p<0.05$). Elma hasat işçilerinin enerji tüketim ve kalp atım değerlerinin çalışma saatleri ilerledikçe azaldığı, OWAS yöntemine göre çalışma duruşlarının daha çok Kategori 1 ve Kategori 2’de yer aldığı (%98,2), az da olsa Kategori 3 ve Kategori 4’de yer alan sağlık sorunu oluşturabilecek çalışma duruşlarının da olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, elmaları zedelemekten topladıklarından kadın işçilerin daha çok tercih edildiği ve çalışanların vücut duruşları açısından bodur ağaçların yüksek ağaçlara göre daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda; işçilere daha iyi yaşam ve çalışma koşullarının sağlanması gerektiği, elma hasadına yönelik mekanizasyon çalışmalarının geliştirilmesinin yerinde olacağı, çalışma ve dinlenme saatlerinin daha iyi düzenlenmesi gerektiği ve elma toplamada olabilecek ağaçtan düşme kazalarına dikkat edilmesi gerektiği önerilerinde bulunulmuştur.

Ekim 2011, 86 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, elma hasadı, kalp atım hızı, enerji tüketimi, çalışma duruşları.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

ERGONOMIC ANALYSIS of APPLE HARVESTING

Nihat SÖNMEZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor : Prof. Dr. Ali İhsan ACAR

In this study, it was aimed that the energy consumption values (ECV) and the heart rate (HR) were determined during apple harvest by hand as well as working postures of workers was determined by using OWAS method. For this reason, the study was carried out in apple gardens where skilled harvest workers and various level of mechanization were involved in Nigde, Isparta and Afyon provinces in Turkey. ECV and HR values were measured during the harvest by using arm and chest bands for workers. Addition to this, video of workers was recorded during their work.

As a result of analyses obtained from data, the differences between age, height and MET's values of apple harvest workers were not found statistically significant ($p < 0.05$) for all provinces. ECV and HR values of apple harvest workers decreased as working hours proceed during harvest. Most of the working posture of workers (98,2 %) has been category 1 and category 2 according to OWAS method. The rest of the working posture of workers may create skeleton health problem (category 3 and 4). Besides, it was observed that women workers were more preferred than men workers because of collecting apples with less damage and dwarf apple trees were more suitable in terms of body posture of workers.

As a result, it is necessary to create a better life and working conditions, improvement of mechanization for apple harvesting that is more reliable for worker as well as working and resting time allocation should be arranged for better working and physical conditions for workers. Accidents that may occur by falling from tree should also be cared in apple harvesting.

October 2011, 86 pages

Key Words: Ergonomy, apple harvesting, heart rate, energy expenditure, working posture

TEŞEKKÜR

“Elma Hasadının Ergonomik Analizleri” konulu tez çalışmamda bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali İhsan ACAR’a (Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın tüm aşamalarında değerli yardım ve katkılarını gördüğüm, bilgilerinden yararlandığım Tez İzleme Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Ramazan ÖZTÜRK (Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı) ve Sayın Prof. Dr. Velittin KALINKARA’ya (Pamukkale Üniversitesi Denizli Meslek Yüksekokulu) sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında, işletmelerinde çalışmama olanak veren Niğde Uni Tarım işletmesi, Afyon Alara Tarım İşletmesi ve Isparta’da elma bahçesinin sahipleri, yöneticileri ve çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Tezle ilgili verileri doğru biçimde almama olanak veren tüm elma hasat işçilerine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tez çalışmamı yürütürken manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Nihat SÖNMEZ
Ankara, Ekim 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel	1
1.2 Dünyada Elma Üretimi	2
1.3 Türkiye’de Elma Üretimi	3
1.4 Elma Hasadı	3
1.5 Ergonomi	4
1.5.1 Çalışma duruşları	5
1.5.1.1 Uygun duruş göstergeleri	7
1.5.1.2 Çalışma duruşunu etkileyen faktörler	8
1.5.1.3 OWAS yöntemi	9
1.5.2 İnsanın enerji tüketimi ve enerji tüketimi ölçme yöntemleri	11
1.5.2.1 Doğrudan enerji tüketimi ölçme yöntemleri	13
1.5.2.2 Dolaylı enerji tüketimi ölçme yöntemleri	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1 Materyal	31
3.1.1 Denemelerin yapıldığı elma bahçeleri	31
3.1.2 Denemelerde kullanılan cihazlar ve programlar	38
3.1.2.1 Hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçüm cihazı	38
3.1.2.2 Kalp atımı ölçüm cihazı	38
3.1.2.3 Enerji tüketimi ölçümü	39

3.1.2.4 Dijital kamera ve tripod	42
3.1.2.5 Dijital tartı ve metre	42
3.1.2.6 Anket	42
3.1.2.7 Elma hasadında çalışan işçiler	43
3.1.2.8 WinOWAS paket programı	43
3.2 Yöntem	43
3.2.1 Çalışma saatleri	44
3.2.2 Hava sıcaklığı ve bağıl nemin ölçülmesi	44
3.2.3 Kalp atımlarının ölçümü	44
3.2.4 Enerji tüketimlerinin ölçümü	48
3.2.5 OWAS yöntemi	49
4 ARAŞTIRMA BULGULARI	52
4.1 Elma Hasat İşçilerinin Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular	52
4.1.1 Elma hasat işçilerinin yaşlarına ilişkin bulgular	52
4.1.2 Elma hasat işçilerinin boylarına ilişkin bulgular	53
4.1.3 Elma hasat işçilerinin ağırlıklarına ilişkin bulgular	54
4.1.4 Elma hasat işçilerinin MET's değerlerine ilişkin bulgular	54
4.2 Elma Hasat Ortamına İlişkin Bulgular	55
4.2.1 Elma hasat ortamının sıcaklık değerlerine ilişkin bulgular	55
4.2.2 Elma hasat ortamının bağıl nem değerlerine ilişkin bulgular	56
4.3 Elma Hasat İşçilerinin Kalp Atım Değerlerine İlişkin Bulgular	57
4.3.1 Kalp atım değerlerinin çalışma saatlerine göre değişimi	59
4.3.2 Kalp atım değerlerinin illere göre değişimi	59
4.4 Elma Hasat İşçilerinin Enerji Tüketim Değerlerine İlişkin Bulgular	60
4.4.1 Enerji tüketim değerlerinin çalışma saatlerine göre değişimi	63
4.4.2 Enerji tüketim değerlerinin illere göre değişimi	63
4.5 Elma Hasat İşçilerinin OWAS Değerlerine İlişkin Bulgular	64
5. SONUÇLAR	68
5.1 Elma Hasat İşçilerinin Fiziksel Özellik Bulgularına İlişkin Sonuçlar	68
5.2 Elma Hasat İşçilerinin Kalp Atım Değerleri Bulgularına İlişkin Sonuçlar	69

5.3 Elma Hasat İşçilerinin Enerji Tüketim Değerleri Bulgularına İlişkin	
Sonuçlar	72
5.4 Varyans Analizi Sonuçları	74
5.5 Elma Hasat İşçilerinin OWAS Değerleri Bulgularına İlişkin Sonuçlar	75
5.6 Diğer Sonuçlar	76
5.7 Öneriler	77
KAYNAKLAR	80
EK 1 Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi	
Anket Formu.....	85
ÖZGEÇMİŞ	86

SİMGELER DİZİNİ

atım dk ⁻¹	Dakikadaki kalp atım değeri
°C	Sıcaklık, Santigrad derece
cm	Santimetre
cm ³	Santimetreküp
CO ₂	Karbondioksit
DLW	Doubly labeled water
EMG	Elektromiyogram
MET	Enerji tüketiminin metabolik eşdeğeri (kcal/saat/kg)
mm ³	Milimetreküp
J	Joule
L	Litre
kcal dk ⁻¹	Gün içindeki enerji tüketimi değeri
kg da ⁻¹	Dekar başına ürün verimi
m s ⁻¹	İlerleme hızı
ml kg ⁻¹ dk ⁻¹	Bağıl oksijen tüketimi
N	Kuvvet değeri, Newton
O ₂	Oksijen
VO ₂	Oksijen tüketim hacmi
OWAS	Ovako Working Postures Analysing System

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 OWAS yöntemine göre vücut kısımlarının duruş kodları	10
Şekil 2.1 Yük alma yüksekliği ile enerji tüketimi arasındaki ilişki	19
Şekil 2.2 Çapa makinasında çalışma süresi kalp atım sayısının değişimi	23
Şekil 2.3 Çapa makinası ile çalışmada vücut bölümlerinin konforsuzluk skalası ..	24
Şekil 2.4 Öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışma	26
Şekil 2.5 Öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışmalarda konforsuzluk değerleri.	26
Şekil 2.6 Öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışmada kalp atım değerleri	27
Şekil 3.1 Niğde'deki işletmede kullanılan elma toplama pançoları	32
Şekil 3.2 Niğde'deki işletmede elmaların toplandığı kasalar	32
Şekil 3.3 Niğde'deki işletmede kullanılan elma kasalarının taşındığı treyler	33
Şekil 3.4 Niğde'deki işletmenin elma yükleme alanı	33
Şekil 3.5 Niğde'deki işletmede elma hasadında işçilerin çalışma duruşları.....	34
Şekil 3.6 Isparta'daki işletmede elmaların toplandığı kovalar	34
Şekil 3.7 Isparta'daki işletmede elmaların toplandığı küçük kasalar	35
Şekil 3.8 Isparta'daki işletmede yol kenarında biriktirilen elma kasaları	35
Şekil 3.9. Isparta'daki işletmede elma hasat işçilerinin çalışma duruşları	36
Şekil 3.10 Afyon'daki işletmede elmaların toplandığı kasalar	37
Şekil 3.11 Afyon'daki işletmede ağaçların üst kısmındaki elmaların toplanması..	37
Şekil 3.12 Sıcaklık ve bağıl nem ölçüm cihazı	38
Şekil 3.13 Göğüs bandının vücuda takılması	39
Şekil 3.14 Kalp atım hızlarını ölçen Polar marka saat	39
Şekil 3.15 Enerji tüketim değerini ölçen kol bandı	40
Şekil 3.16 Kol bandıyla elde edilen enerji tüketim raporu	41
Şekil 3.17 Elma hasadında çalışan işçilerden birine ait fiziksel aktivite takvimi örneği	45
Şekil 3.18 Fiziksel aktivitenin genel bilgilerini içeren diyalog penceresi	46
Şekil 3.19 Kalp atım değerlerinin süreye göre değişimi	46
Şekil 3.20 Kalp atım değerlerinin liste görünümü	47
Şekil 3.21 Enerji tüketim değerlerinin genel görüntüsü	48
Şekil 3.22 Enerji tüketim değerlerinin grafik görüntüsü	49

Şekil 3.23 Bazı örnek çalışma duruşlarının kodları	50
Şekil 3.24 Elma hasadında çalışma duruşları frekansları ve risk kategorilerine dağılımı	50
Şekil 3.25 Çalışma duruşlarının vücut bölgelerine ve risk kategorilerine göre dağılımı	51
Şekil 3.26 Çalışma duruşlarının risk kategorilerine göre dağılımı	51
Şekil 4.1 Niğde ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerleri	57
Şekil 4.2 Isparta ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerlerinin değişimi	58
Şekil 4.3 Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerlerinin değişimi	58
Şekil 4.4 Niğde, Isparta ve Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerleri	60
Şekil 4.5 Niğde İlindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişimi	61
Şekil 4.6 Isparta ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişimi	62
Şekil 4.7 Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişimi	62
Şekil 4.8 Niğde, Isparta ve Afyon İlindeki elma hasat işçilerinin saatlere göre enerji tüketimi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Dünyada 2009 yılı elma üretimi	2
Çizelge 1.2	Türkiye’de elma üretimi	3
Çizelge 4.1	Elma hasat işçilerinin bazı fiziksel bulguları	52
Çizelge 4.2	Yaş ile iller arasındaki ilişki	53
Çizelge 4.3	Boy ile iller arasındaki ilişki	53
Çizelge 4.4	Ağırlık ile iller arasındaki ilişki	54
Çizelge 4.5	MET’s değeri ile iller arasındaki ilişki	55
Çizelge 4.6	Elma hasat ortamında çalışma saatlerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	56
Çizelge 4.7	Elma hasat ortamında çalışma saatlerinde ölçülen bağıl nem değerleri.....	56
Çizelge 4.8	Çalışma saatlerinde ölçülen kalp atım sayısı değerleri	57
Çizelge 4.9	Çalışma saatleri ile kalp atım değerleri arasındaki ilişki	59
Çizelge 4.10	Kalp atım değerleri ile iller arasındaki ilişki	60
Çizelge 4.11	Çalışma saatlerinde ölçülen enerji tüketim değerleri	61
Çizelge 4.12	Enerji tüketimleri ve çalışma saati arasındaki ilişki	63
Çizelge 4.13	Enerji tüketimleri ile iller arasındaki ilişki	64
Çizelge 4.14	Niğde’de OWAS programı ile elde edilen değerler	65
Çizelge 4.15	Isparta’da OWAS programı ile elde edilen değerler	66
Çizelge 4.16	Afyon’da OWAS programı ile elde edilen değerler	67

1 GİRİŞ

1.1 Genel

Elma (*Prius malus*), gülgiller familyasının malus cinsinden olan, çiçekleri pembe ya da beyaz olan ağaçların; kabuğu parlak, sert, kırmızıdan yeşile kadar türlü renkte, kokusu hoş, tadı ekşi ya da tatlı, dokusu gevrek, ufak çekirdekli yenen meyvesidir (Anonim, 2011a).

Elma, iki yarım kürenin ılıman iklim kuşağında yetişir. Çok eski çağlardan beri yapılan elma yetiştiriciliği, aşılama yöntemi ile pek çok çeşide bürünerek çoğalabilmiştir (Anonim, 2003a). Elmanın anavatanı Anadolu'yu da içine alan Güney Kafkasya'dır. Ekolojik şartların uygunluğu ve gen merkezi olması nedeni ile elma, yurdumuzun her yerinde çok eski yıllardan beri yetiştirilmektedir. Ancak en uygun kültür merkezleri, yabanisinin yayılma alanlarına paralel olarak Kuzey Anadolu'da bulunmaktadır. Kuzey Anadolu, Karadeniz kıyı bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu arasındaki geçit bölgeleri ve son yıllarda güneyde göller bölgesi elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır (Anonim, 2001).

Dünya'da elma çeşitlerinin sayısı 6500'ü aşmakta, Türkiye'de ise 460'ı bulunmaktadır. Bunlar arasında kalite ve verim yönünden yüksek olup ticari anlamda yetiştiriciliği yapılanların sayısı çok azdır. Starking, Golden, Starkrimson, Granny Smith, Starkspur, Beacon, Jonathan, Black Stoyman Improved ve Amasya elması en verimli elma çeşitleri iken ülkemizde en çok Starking, Golden, Starkrimson ve Amasya elması yetiştirilmektedir.

İnsan sağlığı için çok faydalı olan elma, genellikle meyve olarak tüketilmekle birlikte sirke, şarap ve meyve suyu olarak da tüketilmektedir. Bunun yanında yemeklerde ve tatlılarda da sıkça kullanılmaktadır. Hoş kokulu, ferahlık verici olmasının yanında elmanın besin değeri de oldukça yüksektir. Fosfor, kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum, silisyum gibi bir çok mineral maddeler ile organik asitler, meyve asitleri

ve doğal aroma maddeleri içeren elma; A, B1, B2, C ve E vitaminleri bakımından da oldukça zengindir (Anonim, 2003b).

1.2 Dünyada Elma Üretimi

Son 40 yıllık dönemde dünya elma üretiminde önemli artışlar olmuştur. Nitekim 1961-1965 döneminde 20,7 milyon ton olan dünya elma üretimi 1996-2000 döneminde 2,8 kat artış göstererek yaklaşık 58 milyon ton, 2009 yılında ise 59.336.149 ton değerine ulaşmıştır (Çizelge 1.1). Dünyada üretilen yaklaşık olarak 60 milyon ton elmanın 2,7 milyon tonu ülkemizde üretilmekte ve bu hali ile Türkiye elma üretiminde dünyada Çin ve ABD’den sonra 3. sırada yer almaktadır (Anonim, 2011b).

Çizelge 1.1 Dünyada 2009 yılı elma üretimi (Anonim, 2011b)

Ülke adı	Üretim (Ton)	Dünya Üretimindeki Pay (%)
Çin	31.684.445	53,40
A.B.D	4.514.880	7,61
Türkiye	2.782.370	4,69
Polonya	2.626.270	4,43
İran	2.431.990	4,10
İtalya	2.313.600	3,90
Fransa	1.953.600	3,29
Hindistan	1.795.200	3,03
Diğer	9.233.794	10,13
Toplam	59.336.149	100,00

Dünyada elma üretiminde ve ihracatında önemli paya sahip ülkelerde, üreticiler çoğunlukla örgütlenmiştir ve çeşit seçimi ile yetiştirme tekniği açısından bilinçli hareket etmektedir. Doğru girdi kullanımı, ambalajlama, etiketleme ve muhafazaya önem verilmesi sonucu, elma kalitesi ön plana çıkmakta, dolayısıyla pazarlama olanakları artmaktadır.

1.3 Türkiye’de Elma Üretimi

Dünya üzerinde geniş alanlardaki elma üretimi son yıllarda ülkemizde de büyük artış göstererek çiftçilerin önemli tarımsal uğraşlarından biri haline gelmiştir. Ülkemiz bağ bahçe tarımı açısından son derece elverişli iklim özelliklerine sahip olup, tarımsal alanlarının %12’sinde meyvecilik yapılabilir. Ülkemizdeki elma üretimi son yıllarda büyük artış göstererek çiftçilerin önemli tarımsal uğraşlarından biri haline gelmiştir. Ülkemiz bağ bahçe tarımı açısından son derece elverişli iklim özelliklerine sahip olup, tarımsal alanlarının %12’sinde meyvecilik yapılabilir.

Türkiye dünyadaki belli başlı elma üreticisi ülkelerden biridir. Ülkemizde elma yetiştiriciliği hemen hemen her bölgede yapılmaktadır. Ege bölgesinde 500 m, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin sıcak ve kurak yerlerinde 800 m’den daha yüksek yerlerde yetişmektedir. İller arasında Isparta’yı Karaman, Niğde, Antalya, Denizli, Konya, Kayseri, Çanakkale, İçel ve Bursa izlemektedir (Anonim, 2011c). Elmanın yıllara göre ülkemizdeki üretim miktarları çizelge 1.2’de görülmektedir.

Çizelge 1.2 Türkiye’de elma üretimi (Anonim, 2011d)

Yıllar	Üretim (Bin Ton)
1950	110
1980	1.350
1990	1.900
2004	2.100
2005	2.570
2006	2.002
2007	2.457
2008	2.504
2009	2.782
2010	2.600

1.4 Elma Hasadı

Elma yetiştiriciliğinde en önemli noktalardan biri hasat zamanının doğru olarak belirlenmesidir. Elmalar ağaç olumunda hasat edilmekte, soğuk hava depolarında bir

süre bekletildikten sonra yeme olumuna ulaşmaktadırlar. Elma ağaçlarında hasat iki veya üç defa yapılmaktadır. İlk hasatta daha çok ağacın dış veya alt kısmındaki, daha sonra ise iç kısımlardaki yan ve üst dallardaki elmalar toplanmaktadır.

Elma ince kabuklu ve çok hassas bir meyve olduğundan hasat edilirken avuç içine alınmamalı ve parmakla sıkılmamalı, toplama kaplarına doldurulurken ve boşaltılırken çok dikkatli olunmalıdır. Meyvelerde zedelenme; ağaçtan meyvenin koptuğu anda, düşme süresince ağaç dallarına çarptığında ve meyvenin tutucu yüzey veya diğer meyvelerin üzerine düşmesi durumunda oluşmaktadır (Kunzei vd. 1975). Zedelenme, genellikle çarpma sırasında oluşan kuvvetlerin ve aşırı deformasyonun etkisiyle kopma ve kırılma biçiminde ortaya çıkar (Sinn ve Özgüven, 1987). Hasar genellikle statik ve dinamik dış kuvvetlerin etkisiyle oluşmakta ve materyalin nem içeriğiyle değişim göstermektedir (Aydın ve Ögüt, 1992). Zedelenme bölgelerindeki meyve suyunun oksidasyonu sonucu bu bölgelerde renk koyulaşması görülür. Materyal aynı zamanda canlılığını devam ettirmekte olduğundan, zedelenen meyvelerde su kaybı hızlanmakta ve solunum ısısı artmaktadır. Buna bağlı olarak da ürün kısa sürede özelliğini kaybetmektedir (Sinn ve Özgüven, 1987). Meyvelerin ezilme ve çarpma olan bölgelerine mantarların bulaşarak zarar vermesi sonucu ürün kalitesi ile ürün değeri düşmekte ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Sitkei, 1986).

1.5 Ergonomi

Ergonomi, insanların anatomik özelliklerini, antropometrik ölçülerini, fizyolojik kapasite ve toleranslarını gözönünde tutarak, işyeri yerleşimi ve ortam değişkenlerinin etkisi ile oluşan, organik ve psikolojik yükler karşısında, insan makina çevre uyumunun temel kuramlarını ortaya koyan çok disiplinli bir bilim dalıdır (Sabancı, 1999).

Ergonominin temel amacı, en yüksek iş verimine en az insan işgücü maliyeti ile ulaşılmasıdır. İnsan işgücü maliyeti stres, zorlanma, yorgunluk ve kazalar gibi faktörlerle artabilmektedir. İnsan işgücünden yararlanılan çalışmalarda bu açılardan en önemli konulardan biri de çalışma duruşlarının incelenmesi ve değerlendirilmesidir.

Ergonominin ortaya koyduğu kurallar tarım tekniği için de geçerlidir. Yalnız, tarımda çalışma şekli, kullanılan alet ve makinalar, ayrıca çevre koşulları kendine özgü özellikler göstermektedir. Bu nedenle ergonomi çalışmalarının makinalaşan tarıma da kayması kaçınılmazdır (Dinçer, 1977b).

Teknolojideki gelişmeler sonucunda mekanizasyon derecesi giderek yükselmekle birlikte tarımda özellikle elma gibi zedelenmeye karşı hassas ürünlerin hasat işlemlerinde hala büyük oranda insan işgücüne gereksinim duyulmaktadır. Yoğun insan işgücü kullanımı gerektiren tarımsal işlerde uygun olmayan çalışma duruşları, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olduğu gibi üretimin verimsizliğine de neden olmaktadır.

1.5.1 Çalışma duruşları

Çalışma duruşu (postür); vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacak elemanlarının yapılan işe ve işin özelliklerine göre konumlanması olarak tanımlanmaktadır (Haslegrave, 1994). Bir veya birden fazla uzvun, hareketsiz vücut duruşundan sapması, işe uygun olmayan duruş olarak ifade edilmektedir (Westgaard ve Aaras, 1984).

Endüstride zorunlu olarak uygulanan elle taşıma işlerinde, bazı ergonomik sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bel ve sırtta oluşan omurga rahatsızlıkları yanında, kalça ve omuzda oluşan rahatsızlıklar, fitik ve kas yırtılması ile burkulma insan fiziksel gücü ile yapılan çalışmalarda ortaya çıkan en tipik sağlık sorunlarıdır (Testik vd, 1997).

ABD’de 1988 yılında yapılan bir ulusal sağlık araştırmasında, diğere iş kollarına göre tarım işçilerinin 1,5 kat daha fazla sırt ve bel ağrısı çektikleri saptanmıştır. 1992 yılında yapılan başka bir çalışmada ise tarım sektöründe çalışan kadınların erkeklere göre daha fazla kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına yakalandıkları tespit edilmiştir. ABD’nin Kaliforniya eyaletinde yapılan çalışmalarda kas ve iskelet rahatsızlıklarından dolayı oluşan rahatsızlanma sıklığının tarım işçileri için 60/1000 ile 100/1000 arasında

olduğu belirlenmiş, tarım sektöründe bu rahatsızlıkların görülme oranının diğer sektörlere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Kaya, 2006)

Tarım işçileri en çok sırt, bel, omuz, kol ve el rahatsızlıkları çekmektedirler. Bu rahatsızlıkların ana nedenini, teknik olarak iş bağlantılı kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları biçiminde tanımlanan burkulmalar ve zorlanmalar oluşturmaktadır. ABD'nin sadece Kaliforniya eyaletinde bir yılda sırt rahatsızlığı çeken işçilerin ekonomiye maliyeti 22 milyon dolar olarak belirlenmiştir (Anonymous, 2001)

İnsan işgücüne dayalı çalışmalarda vücut duruşlarının doğru olmadığı durumlarda çalışanlarda ağrılar, stres, yorgunluklar ortaya çıkar. Bu durumda çalışanlar, kasları kendini yenileyene kadar dinlenmek, çalışmalarına ara vermek zorunda kalırlar.

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları; kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, kıkırdakta, bağlarda, birleşme noktalarında ve omurga disklerinde eğilme, doğrulma, tutma, kavrama, bükme ve uzanma gibi sıradan çalışma duruşları sonucu meydana gelir. Günlük yaşantıda zararlı olmayan bu hareketleri zararlı yapan, çalışırken gerçekleşen sürekli tekrarlar, güç gerektiren davranışlar ve hızlı hareketlerdir. Bu rahatsızlıklar, anında gelişen bir rahatsızlık değil; derece derece, yavaş yavaş gelişen travmalardır (Cohen vd. 1997).

Çalışanlarda iskelet ve kas sistemi rahatsızlıklarına şunlar neden olur:

- Sabit duruşlar,
- Sürekli ve tekrarlı hareketler,
- İşin süresi ve sıklığı,
- Vücudun belli bölgelerindeki uygun olmayan duruşlardan dolayı meydana gelen zorlanmalar,
- Uygun harekete izin vermeyen işler,
- Titreşim.

Üretim sürecindeki en kritik unsur olan insanın işe ve iş çevresine uyumu sağlanmadan, çalışan açısından en uygun çalışma çevresi oluşturulmadan, hedeflere ulaşmak mümkün

değildir. Duruş, stres ve iş sırasında duyulan rahatsızlığın minimize edilmesi ve sağlıklı çalışmanın sağlanması; verimlilik ve kalite gibi işin performansına doğrudan etkilidir. İşin kalitesi doğru duruşta çalışmada, yanlış duruşta çalışmaya göre 10 kat daha yüksek olabilmektedir (Axelsson, 1995).

1.5.1.1 Uygun duruş göstergeleri

Ergonomik açıdan işçinin çalışırken iyi ya da kötü çalışma duruşunu belirleyen değişik göstergeler vardır. Aşağıda bütün işlere uygulanabilen bazı genel kriterler verilmiştir (Anonim, 2008):

- İşçinin çalışırken belirli bir pozisyonda durma zorunluluğu nedeni ile harcanan ek enerji, o işin ağırlığı ve yoruculuğu hakkında her zaman kesin bir fikir vermez.
- Kalp atım frekansı, yapılan işin durumu ve yoruculuğu hakkında oldukça güvenilir bir göstergedir. Bu yolla; işçinin iş için harcadığı enerji miktarı yanında, vücuttaki organların kalp seviyesinden yüksekliği, çeşitli kas gruplarının gerilmeleri ve hidrodinamik prensiplerine göre kalbin en uç noktadaki hücrelere kadar kan pompalaması sırasında kan damarlarının iş yüzeylerine yüklenen basınç değerleri konusunda da yararlı bilgiler elde edilebilir. Bununla beraber, uygun bir duruşla her zaman hidrodinamik koşullar tam olarak sağlanamayabilir. Örneğin, ayakta eğilmiş vaziyette dururken vücudun büyük kısmı kalp düzeyinde olduğu halde, omurganın gerilmesi ve omurga diskleri arasında basıncın artması vücutta olumsuz etki yaparak yorulmalara neden olur.
- Elektromiyografi yöntemi ile kasların gerilme dereceleri belirlenerek yorulma belirtileri objektif olarak saptanabilir. Ancak bu yöntemle işçinin iş duruşuna destek sağlayan tüm kasların yorulma durumlarının saptanması da mümkün değildir. Özel hallerde bazı kas grupları hakkında bilgi edinilmesi yararlı olmasına karşın herhangi bir yanılgıya düşülmemesi için bunların diğer bazı kriterlerle birlikte değerlendirilmesi gerekir. Örneğin normal oturma durumunda omurga dik konumda ve az yüklenirken bir süre sonra bel ve ayaklar uyuşur ve rahatsız bir durum oluşur.

- Yapılan işin subjektif yönü de çok önemlidir. İşçi zevkle yaptığı tehlikesiz bir işte çalışırken kendinden emin ve rahattır, tehlikeli ve kirli işler ise işçide ürkeklik ve huzursuzluk yaratır.

1.5.1.2 Çalışma duruşunu etkileyen faktörler

İşçilerin çalışırken iş duruşunu doğrudan etkileyen temel faktörler şunlardır (Anonim, 2008):

- Görüş şartları: Yapılacak işin detaylarının inceliği göz-iş mesafesini tayin eder. Yapılacak iş, baş ve göz eksenini doğrultusunda; işçinin küçük, baş ve göz hareketleri ile yapabileceği bir konumda bulunmalıdır.
- Vücudun işe göre konum alması: Bazı hassas işler bedensel hareketten çok genellikle vücudun belirli bir pozisyonda sabit tutulmasını gerektirir. İşin hassasiyeti arttıkça vücut eksenini, yapılan iş yönünde ve işe uygun yakınlıkta olmalıdır.
- İş kuvvet uygulanması: Kumanda kollarının karşı direnci, aletlerin ve yer değiştirme zorunluluğu olan malzemelerin ağırlığı dolayısıyla işçi tarafından uygulanacak kuvvetin büyüklüğü ve yönü işe uygun şekilde düzenlenmeli, çalışırken vücut dengesi bozulmamalıdır.
- İş yerinin düzenlenmesi: İş yapılan tezgâhtaki ya da montaj masasındaki çalışma düzeni, malzeme, makina ve aletlerin durumu; iş ve işlem sırasına uygun olarak düzenlenmelidir.
- İşin temposu: İşin gereğine uygun olmalıdır, ağır işlerde tempo düşürülmelidir.

Yukarıda sıralanan hususlar gözönünde bulundurularak, yorulmadan daha verimli şekilde çalışabilmesi için işçinin, iş karşısında uygun bir pozisyonda durması sağlanmalıdır. Bu durumda vücut dengeli olmalı, dolaşım sistemi zorlanmamalı, iş duruşu sık sık değiştirilmeli, bazen oturarak bazen ayakta çalışılmalıdır.

Uygun çalışma duruşunun sağlanması için şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Hareketler büyük ve ani geliştirilen kuvvetlerle değil, insanın yapısına uygun esneklikle yapılmalıdır. Bunun için dikey hareketler yerine yatay, doğrusal hareketler yerine devirli, içten dışa değil dıştan içe, itme yerine çekme hareketleri tercih edilmelidir.
- Hareketlerin kontrol edilmesi yerine, serbest ve otomatik olarak yapılabilmesine gayret edilmelidir. Bunun için; işlenecek parçaları otomatik olarak kullanım pozisyonuna getirecek yönlendirici, oluklu malzeme, kutu ya da kasalardan yararlanılmalıdır.
- Gereksiz hareketler ortadan kaldırılmalı, zorunlu hareketler en aza indirilmelidir. Bunun için; birkaç parçanın bir defada alınıp işlenmesini sağlayan düzenekler geliştirilmeli, malzemeyi işleme durumunda tutacak taşıyıcı ya da mengene gibi sabitleyici elemanlar kullanılmalıdır.
- İşin en kısa yoldan ve kesintisiz yapılmasına çalışılmalıdır.
- Yapılacak işe uygun ve en az miktarda kas ya da kas grubu kullanılmalıdır.

Seri üretimde veya montaj masalarında oturarak çalışan işçinin pozisyonuna kolaylıkla uygulanabilen bu kriterlerin, genelde duruma göre hareket etmeyi ve güç kullanmayı gerektiren diğer üretim faaliyetlerine tümü ile uygulanması her zaman olanaklı değildir. Bu nedenle ergonomistler, bu gibi durumlarda deneyim, gözlem ve bilgilerine dayanarak en uygun çözüm yollarını bulmaya çalışmaktadırlar.

1.5.1.3 OWAS yöntemi

OWAS (Ovako Working Postures Analysing System), çalışanların kas-iskelet sistemindeki yüklenmelerin ve çalışma sisteminin neden olduğu kötü duruşların belirlenmesine yönelik gözlemlere dayalı bir çalışma duruşları analiz yöntemidir (Akay vd. 2003). Bu yöntemde sırt, kollar ve bacakların konumu ile yükün gözlemler yoluyla 4 dijital kod ile tanımlanması ve kaydedilmesi esasına dayanmaktadır. Böylece her bir çalışma duruşunun ve duruş kombinasyonunun kas-iskelet sistemi üzerinde oluşturduğu

sağlık riskleri belirlenebilmektedir. Riskli duruşların düzeltilmesinde öncelik durumlarının belirlenmesi için 4 risk kategorisi tanımlanmıştır:

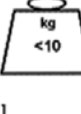
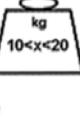
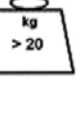
Kategori 1: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde herhangi bir zararlı etkisi yoktur, herhangi bir ergonomik düzenleme gerekmez.

Kategori 2: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde bazı zararlı etkileri mevcuttur, gelecek planlarında gerekli ergonomik düzenlemelerin yer alması gerekmektedir.

Kategori 3: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde zararlı etkileri mevcuttur, en kısa sürede çalışma duruşlarında gerekli ergonomik düzenlemeler yapılmalıdır.

Kategori 4: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde oldukça zararlı etkileri mevcuttur, gerekli ergonomik düzenlemelerin derhal yapılması gerekmektedir.

OWAS yöntemine göre vücut kısımlarının kodlanması şekil 1.1’de görülmektedir.

Sırt Duruşu					1) Düz 2) Eğik 3) Çevrilmiş 4) Bükülmüş ve eğilmiş
Kol Duruşu				1) Her iki kol omuz hizasının altında. 2) Bir kol omuz hizasının üstünde. 3) Her iki kol omuz hizasının üstünde.	
Bacak Duruşu					1) Oturma 2) Dik olarak iki bacak üzerinde ayakta durma 3) Dik olarak tek bacak üzerinde ayakta durma
				4) Dik durumda, her iki bacak bükülmüş dur. 5) Dik durumda, bir bacak bükülmüş durumda 6) Diz çökerek durma 7) Yürüme	
Kaldırılan Ağırlık				1) 10 kg'ın altında 2) 10 ile 20 kg arasında 3) 20 kg'dan fazla	

Şekil 1.1 OWAS yöntemine göre vücut kısımlarının duruş kodları (Lundqvist and Gustafsson, 1987)

1.5.2 İnsanın enerji tüketimi ve enerji tüketimi ölçme yöntemleri

İnsan yaşamının temel faktörü olan enerjinin tamamına yakın kısmı; alınan besinlerden, çok azı da çevrenin ısı enerjisinden elde edilir. İnsanın günlük enerji gereksinimi Temel Çevrim (TÇ), Serbest Zaman Çevrimi (SÇ) ve İş Çevrimi (İÇ) olmak üzere üç farklı çevrimden oluşur (Babalık, 2005).

TÇ; normal koşullarda (22-25°C sıcaklık, %50-60 bağıl nem, 0,1 m/s'den düşük rüzgâr hızında), hareket etmeksizin yatan bir kişinin bir günde harcadığı enerji değeridir. İnsan organizmasının yediklerini sindirmesi sırasında enerji tüketmemesi için yemekten 12 saat sonra ölçülür. TÇ, hücrelerin canlı kalabilmesi, kalp atışı, nefes alma, kasların yaşam için gerekli düzeyde gerginliği ve tüm organların beslenebilmesi için gerekli olan enerjileri içerir. İnsan yetişkinliğe doğru ilerledikçe artar, yirmi yaş civarında günlük ortalama 7500 kJ ile maksimum değerine ulaşır ve artan yaşla birlikte azalır. Harris ve Benedict tarafından önerilen ve sağlıklı kişilerle yapılan ölçümlere dayanılarak elde edilen ampirik bir denklemle temel çevrim enerjisinin yaklaşık değeri aşağıdaki formülle belirlenebilir (Babalık 2005):

$$TÇ_e = 280 + 21 B + 58 m - 28 Y$$

$$TÇ_k = 2750 + 8 B + 40 m - 20 Y$$

Eşitlikte;

$TÇ_e$: Erkek için temel çevrim değeri (kJ/24saat),

$TÇ_k$: Kadın için temel çevrim değeri (kJ/24saat),

B : Boy (cm),

m : Ağırlık (kg),

Y : Yaştır (yıl).

İnsan ağırlığı arttıkça beslenecek hücre sayısı da artacağından TÇ değeri de artar. Benzer şekilde uzun boylularda dolaşım yolları daha uzun olduğundan, fazla TÇ değeri gerektirmektedir. İnsanlar yaşlandıkça sindirim yavaşladığından, gerek duydukları

enerji azalacaktır. Kadınlar ve erkekler arasında TÇ'de farklılık olmasının nedeni ise kadınlarda yağ miktarının kas kütlesine oranının erkeklere göre daha büyük olmasıdır. Yağ hücreleri kas hücreleri ile karşılaştırıldığında daha az enerji harcarlar. Ayrıca deri altı yağ tabakasının daha kalın ve yoğun olması organizmanın ısı kaybını azaltır (Babalık, 2005).

SÇ, iş dışındaki günlük faaliyetler için harcanan enerji değerini içerir. Oldukça pasif bir yaşam süren kişilerde 24 saatte 800-1200 kJ olan bu enerjinin değeri, kişisel aktivitenin derecesine göre günlük 24 saatte 2500 kJ değerinin üzerine çıkabilir.

İnsanın oksijen gereksinimi vücut ağırlığına bağlı olduğundan TÇ ve SÇ'nin toplam değeri, vücuda alınan oksijen miktarı üzerinden de yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bedensel olarak herhangi bir iş yapmayan bir insanın 1 kg ağırlığı için dakikada yaklaşık 0,004 L oksijene gereksinimi vardır. Ortalama 70 kg ağırlığındaki bir kişi günde 403 L oksijen alır. CO_2/O_2 oranı olarak bilinen respirasyon oranı değeri 0,85 olan besinin 1 L oksijen tarafından yakılmasıyla 20,4 kJ enerji elde edilmektedir. Buna göre 403 L oksijenin yaktığı besinin vereceği enerji 8200 kJ'dur (Babalık 2005).

İÇ, günlük yaşamda yapılan işin ağırlığına göre TÇ ve SÇ değerlerinin ötesinde harcanan enerji miktarını belirtir. Yapılan işler zorluklarına göre sınıflandırılıp bu işlerdeki iş çevriminin yaklaşık olarak belirlenmesi ve işin tamamında harcanacak enerjinin hesaplanması olanaklıdır. Yapılan işe göre oksijen ihtiyacı, dinlenme halindeki işçinin 15-20 katına kadar çıkabilir. İş çevrimi işin ağırlığına göre 8 saatlik vardiyada erkeklerde 10000 kJ, kadınlarda 8000 kJ değerine ulaşabilmektedir (Babalık 2005).

İnsanda, yapılan işin ağırlığına göre nabız artışı solunum kapasitesi ve vücut sıcaklığı artmaktadır. Nabız frekansı, kalbin dakikadaki atış sayısını göstermektedir. Solunum işlemi, organizma canlılığının devamı için gerekli oksijenin sevki ve yanma sonucunda meydana gelen karbondioksitin dışarı atılmasıdır. Nabız frekansı özellikle yorgunluğun, oksijen tüketimi ise enerji harcamasının belirlenmesinde değerlendirilmektedir (Dinçer, 1977a).

Fiziksel kas çalışması ve dinlenme sırasında harcanan enerji miktarı birçok değişik yöntemle ölçülebilmektedir. Enerji tüketimi ve fiziksel aktivitenin saptanmasında kullanılan yöntemler doğrudan ve dolaylı ölçüm yöntemleri olarak iki grupta toplanabilir. Doğrudan ölçüm yöntemleri; oda kalorimetresi (direkt kalorimetre), çifte işaretli su, hareket sensörleri ve akselerometreler olarak bilinmektedir. Dolaylı ölçüm yöntemleri ise; indirekt kalorimetre (oksijen-karbondioksit analizörleri), laboratuvar koşullarında kullanılan kapalı devre spirometreler, arazide kullanılabilen açık devre spirometreler (taşınabilir spirometre ve Douglas çantası), fizyolojik ölçümler, kalp atım hızı, ventilasyon, vücut ısısı, fiziksel aktivite kayıtları olarak sıralanabilir (Murgatroyd vd. 1993).

1.5.2.1 Doğrudan enerji tüketimi ölçme yöntemleri

Meydana gelen kimyasal reaksiyonların sonunda vücutta mutlaka ısı üretimi ve sıcaklık artışı söz konusudur. Doğrudan ölçüm yöntemleri genellikle üretilen bu sıcaklığın ölçülmesi ilkesine dayanır.

Oda kalorimetresi (Direkt kalorimetre) yöntemi, vücut sıcaklığı doğrudan ölçüldüğü ve bu değer herhangi bir metabolik süreçten etkilenmediği için enerji tüketiminin saptanmasında en kesin ve doğru yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntem ile hem ısı üretimine bağlı enerji tüketimi saptanabilmekte hem de toplam enerji miktarı elde edilen oksijen tüketimi ile nicel olarak ilişkilendirilebilmektedir (Scholler ve Racette, 1990 ve Murgatroyd vd. 1993). Bu yöntemin pahalı olması ve saha çalışmalarında kullanılmasının zorluğu dezavantajlarıdır.

Çifte işaretli su yöntemi, döteryum ve oksijen 18 izotoplarından oluşmuş suyun, enerji değeri ölçülecek kişi tarafından içilmesi esasına dayanmaktadır. Ölçüm başlangıcında bireyden idrar örneği alınır, daha sonra bireye izotoplarla etiketlenmiş su artan miktarlarda verilir. Daha sonra izotopların yarılanma ömrü olan 2 hafta boyunca her gün az miktarda idrar veya kan örneği alınır. Döteryum, vücudun tüm dokularındaki sulara yayılırken, oksijen 18 hem suya hem de vücudun karbondioksit dolaşımına yayılır.

Vücuttaki CO₂, ağırlıklı olarak metabolizmanın bir artık ürünü halinde kan dolaşımında bulunan ve dışarı atılmak üzere akciğerlere giden CO₂'den oluşur. Bir dizi idrar, salya ya da kan örneği kütle spektrometresi ile analiz edilerek vücutta üretilen CO₂ değeri saptanır (Akgün, 1989 ve Murgatroyd vd. 1993). Bu yöntem farklı fiziksel aktivite düzeylerinde 2-3 hafta süresince toplam enerji tüketimi ölçümünü sağlamaktadır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı ise hem izotopların hem de kütle spektrometresinde analiz maliyetinin çok yüksek oluşudur (Murgatroyd vd. 1993 ve Schutz ve Deurenberg, 1996). Bu yöntem fiziksel aktivitesi yoğun olan bireylerde daha net sonuçlar vermektedir (Scale vd. 1990).

Hareket sensörleri, bireyin vücut hareketlerinin izlenmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde bireyin fiziksel aktivitesi doğrudan belirlenebilmektedir. İlk geliştirilen hareket sensörlerinden olan pedometreler, yürüme esnasında bireyin adım sayısını mekanik olarak belirler. Elektronik pedometreler bireylerin toplam enerji tüketiminin şiddeti, süresi ve sıklığının belirlenmesinde yetersiz kalmasına karşın büyük örnek sayılarıyla çalışmalarda toplam fiziksel aktivite miktarının değerlendirilmesinde alternatif olarak kullanılabilir (Gibney vd. 2004).

Akselerometre, insanın bel çevresine takılan mekanik bir alettir. Bu yöntem, kol ve bacaklar ile gövdenin hareketinin (akselerasyonunun) tüm vücudun enerji tüketimi ile yakından ilişkili olduğu esasına dayanmaktadır (Murgatroyd vd. 1993). Ancak, Caltrac akselerometresi ile enerji tüketimini; yetişkinlerde tahmin edilenden daha az, çocuklarda daha fazla ve obez bireylerde ise oldukça yakın düzeyde saptanabilmektedir (Gibney vd. 2004).

1.5.2.2 Dolaylı enerji tüketimi ölçme yöntemleri

Vücutta tüm enerji metabolizmaları oksijen kullanımına bağlıdır. Bu yüzden, bir kişinin dinlenme ve farklı fiziksel aktivite durumlarında oksijen tüketiminin ölçülmesi ile enerji metabolizmasının dolaylı yolla tahmin edilmesi mümkündür.

İndirekt kalorimetre yöntemi, enerji metabolizması ile ilgili substratların, karbonhidrat, yağ, protein ve alkolün oksidasyonu sonucu oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimindeki değişimlerin hesaplanmasına dayanmaktadır. İndirekt kalorimetre yönteminde kapalı devre spirometre ve açık devre spirometreler kullanılmaktadır.

Kapalı devre spirometre yöntemi, dinlenme halinde enerji tüketiminin belirlendiği hastane ve laboratuarlarda kullanılmaktadır. Ölçümü yapılacak birey oksijeni devamlı olarak spirometreden solumakta, sadece spirometredeki gazı içine almaktadır. Nefesle verilen CO₂ potasyum hidroksit yardımıyla emilmektedir. Belirli bir fiziksel aktivitede kapalı devre spirometreyle oksijen tüketiminin ölçülmesi oldukça güçtür. Spirometre cihazı oldukça hacimlidir ve birey ölçümler sırasında bu cihaza bağlı kalmak zorundadır. Ayrıca fiziksel aktivite için gereken büyük solunum miktarları bu sistemle karşılanamaz ve karbondioksitin taşınma hızı, orta ve ağır fiziksel aktivite düzeylerinde yetersiz kalabilir. Bu nedenle saha çalışmalarında orta ve ağır fiziksel aktivite düzeylerinde oksijen tüketiminin ölçülmesinde, açık devre spirometreleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Akgün, 1989 ve Murgatroyd vd. 1993).

Açık devre spirometre yönteminde, oksijen kapalı devre spirometredeki gibi aygıttan solunmaz, bunun yerine değişmez oranlardaki (%20.93 O₂, %0.03 CO₂, %79.04 nitrojen) normal hava solunur. Nefesle dışarı verilen havada, alınan havaya göre daha az oksijen ve daha fazla karbondioksit bulunduğundan enerji metabolizmasının dolaylı yolla hesaplanmasında, nefesle dışarı verilen hava ile normal havanın içeriğinin analizinden yararlanılır. Bu amaçla bireylerin enerji tüketimlerinin saptanmasında: Enerji tüketimi (kcal) = Harcanan O₂ miktarı (L) x 4,825 x Süre (dakika) (Eşitlikteki 4,825 sayısı, karışık bir diyet tüketiminde 1 litre O₂ karşılığı oluşan enerji değeridir) denklemi kullanılmaktadır (Arslan, 1982).

Farklı fiziksel aktivitelerdeki enerji tüketiminin saptanmasında en yaygın olarak 2 açık devre spirometre yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar; yapılan aktivite sırasında takılan hafif taşınabilir spirometreler (Cosmed K4b² oksijen karbondioksit analizörü gibi) ve Douglas çantasıdır (Schutz ve Deurenberg, 1996).

Kalp atım hızı yöntemi, herhangi bir fiziksel aktivite süresince oksijen tüketim hacmindeki (VO_2) artış ile birlikte artan kalp atım hızının dakika dakika izlenmesine dayanmaktadır (Hood vd. 2002). Fiziksel aktivite esnasında kalp atım hızı, iş yükü nedeniyle kardiyovasküler sistem üzerindeki yükü gösterir. İş yükü arttıkça enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için kalp atım hızı doğrudan artmaktadır. Ancak, enerji tüketimi ile kalp atım hızı arasındaki doğrusal ilişki, dinlenme anında ve maksimum oksijen kapasitesine yakın çok ağır çalışmalarda geçerli olmamakta; ayrıca, kişilerin genetik alt yapı ve kondisyon düzeylerinin farklı olması da kalp atım hızı ile enerji tüketiminin her bireyde farklılık göstermesine neden olmaktadır (Leonard, 2003). Sabit yoğunluktaki fiziksel aktiviteler sırasında kalp atım hızı etkilenmez ve iş yükü değişmediği sürece de kesinlikle sabit kalır. Bu nedenle, bir bireyde kalp atım hızı ile VO_2 alımı arasında bir ilişki kurulduğu takdirde, enerji tüketim değeri kalp atım hızının kayıt edilmesi ile belirlenebilir (Murgatroyd vd. 1993).

Kalp atım hızı izleme sistemlerinin tümü, dolaylı kalorimetre yöntemi kullanılarak bireye özgü kalp atım hızı ile VO_2 alımı arasında bir ilişkilendirme yapılmasını gerektirir. Farklı bireylerde VO_2 ve kalp atım hızı özellikle fiziksel aktivite düzeylerine göre değişiklik gösterdiğinden her bireye özgü kalibrasyon eğrilerinin hazırlanması gereklidir. Bu da, farklı yoğunluktaki egzersizler süresince bireyin kalp atımı hızı ile VO_2 alımının ölçülmesi ile olanaklıdır. Kalibrasyon sırasında uygulanacak egzersizlerin cinsi ve yoğunluğu bireyin günlük hayatındaki fiziksel aktivite durumu ile uyumlu olmalıdır (Bradfield, 1971; Scholler ve Racette, 1990 ve Murgatroyd vd. 1993).

Kalp atım hızının izlenmesinde telekardiogram, elektrokardiogram kayıtları, fotopletizmografi (kılcal damarların optik dansitelerindeki değişimlerin kaydı) gibi çok çeşitli yöntem ve araçlar kullanılmaktadır (Akgün, 1989 ve Murgatroyd vd. 1993).

Bireyin enerji tüketiminin gereği olan oksijen tüketimi ile kalp atım sayısı arasındaki ilişkiyi belirlemek için ortalama kalp atım sayımının karşılığındaki VO_2 değeri (L/dak) bulunur. Bulunan bu değer 1 litre oksijen tüketiminin karşılığı olan 4,825 katsayısı ile çarpılarak dakikada tüketilen enerji karşılığı saptanır (Yücesan, 1979).

Kalp atım hızı ölçülerek bireyin enerji tüketiminin belirlenmesi ucuz olması yanında yetişkinlerde ve çocuklarda belirli bir grubun toplam ortalama enerji tüketiminin tahmininde kayda değer doğru sonuçlar vermesi nedeniyle saha çalışmalarında çok tercih edilen bir yöntemdir. Enerji tüketiminden çok fiziksel aktivitenin bir göstergesi olarak kullanıldığında, belirli büyüklükteki epidemiyolojik çalışmalarda kalibrasyona gerek kalmaksızın bu yöntemden yararlanılabilmektedir (Akgün, 1989; Scholler ve Racette, 1990).

Günümüzde teknolojideki gelişmelere bağlı olarak kalp atım hızlarının çok kısa sürelerde izlenmesine olanak veren birçok cihaz geliştirilmiştir. Özellikle sporcuların performanslarının izlenmesi ve geliştirilmesi için bu cihazların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Son zamanlarda kalp atım hızlarının dakika dakika izlenmesinde yaygın olarak polar taşınabilir saatler kullanılmaktadır. Bu saatler, hem kullanan bireyin fiziksel aktivitesini engellemediğinden ve hem de 24 saat boyunca kalp atım hızlarının kaydedilmesi açısından saha çalışmalarında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu çalışmada, esas olarak elle yapılan elma hasadı sırasında hasat işçilerinin kalp atım değerleri, enerji tüketim değerleri ve OWAS yöntemiyle çalışma duruşlarının belirlenmesi; işçilerin daha verimli çalışmasını, daha az yorulmasını ve sağlıklarının korunmasını önleyebilecek öneriler geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

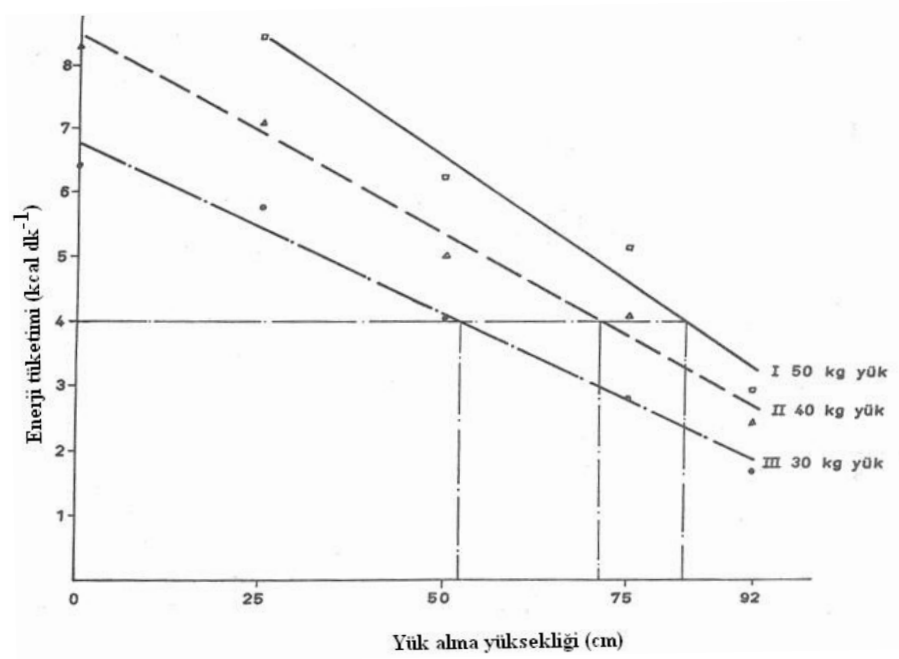
Bugüne kadar değişik alanlarda fiziksel olarak çalışanların verimli çalışabilmelerine ve sağlıklı vücut yapılarını koruyabilmelerine yönelik onların antropometrik özelliklerine, kalp atım hızlarına, enerji tüketimlerine ve çalışma duruşlarına ilişkin birçok araştırma yapılmıştır.

Kut (1976) tarafından yapılan araştırma Türkiye’de tarımda ergonomi alanında yapılan ilk doktora çalışmasıdır. Çalışmada araştırmacı tarafından; tırpanla arpa ve buğday hasadı, treylere yükleme, dirgenle sapdövere sap yedirme, yaba ile treylere saman yükleme, yaba ile tınaz savurma, tarlada tırmıkla sap toplama, döven kullanma ve buğday eleme gibi insan işgücü ile yapılan çok çeşitli tarımsal işlerde çalışanların iş başarısı değerleri ortaya konulmuştur. Tırpanla arpa hasadı denemelerinde 4 denek; 5 farklı tipte tırpanla; tırpanla buğday hasadı denemelerinde 2 denek 5 farklı tarlada çalıştırılmıştır. Treyler yükleme denemelerinde 3 farklı ağırlık, 5 farklı yükseklikten kaldırılarak treylere yüklenmiştir. Diğer denemelerde tahıl üretimi yapılan çeşitli tarımsal çalışmalardaki enerji tüketim değerleri saptanmış ve devamlı güç sınırı göz önüne alınarak işin ağırlığı incelenmiştir. Denemelerde enerji tüketiminin belirlenmesi için dışarı atılan nefes havasındaki karbondioksit ve oksijen miktarının ölçümünde İŞGÜM (İş Güvenliği Merkezi) laboratuvarlarında bulunan cihazlardan yararlanılmıştır.

Araştırma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Elle treyler yüklemede yükseklik arttıkça enerji tüketimi azalmaktadır (Şekil 2.1), ancak dakikada 4 kcal’lik enerji tüketimi değeri sınır değer olarak alındığında; 30 kg yükün en az 52 cm’den daha aşağıdan kaldırılması, 40 kg yükün 71 cm’den daha aşağıdan kaldırılması, 50 kg yükün 84 cm’den daha aşağıdan kaldırılması olumsuz çalışma koşullarıdır.
- Elle treyler yüklemede, yükleme yüksekliği azaldıkça enerji tüketimi artmaktadır; 11 defa dak^{-1} çalışma hızıyla 30 kg yükün 52 cm’den, 10 defa dak^{-1} çalışma hızıyla 40 kg yükün 71 cm’den, 10 defa dak^{-1} çalışma hızıyla 50 kg yükün 84 cm’den daha düşük yükseklikten alınması ağır çalışma sınıfına girmektedir.

- Tırpanla arpa ve buğday hasadı çalışmaları ağır çalışmalardır (1500-2000 kcal/gün). Tırpanla arpa hasadında 325 kg da⁻¹ tarla veriminde günde yaklaşık 5 da biçilirken, buğday hasadında 200-400 kg da⁻¹ tarla veriminde günde yaklaşık 2,0-6,2 da alan biçilmiştir.
- Benzer şekilde dirgenle sapdövere sap yedirme ve yaba ile treylere saman yükleme çalışmaları da ağır çalışma niteliğindedir.



Şekil 2.1 Yük alma yüksekliği ile enerji tüketimi arasındaki ilişki (Kut 1976)

Topuzoğlu vd. (1980), 431 maden işçisi üzerinde yaptıkları çalışmada, işçilerin günlük enerji tüketimlerinin ortalama 3815 kalori olduğu, ancak bazı besin elemanları bakımından günlük gereksinimlerin karşılanamadığı sonucuna varmışlardır.

Bobo vd. (1983), 56 maden işçisi üzerinde enerji tüketimlerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, işçilerin fiziksel çalışma kapasiteleri bisiklet ergometresi kullanılarak, vardiyadan hemen önce yeraltına inmeden ölçülmüştür. Oksijen tüketimlerini ölçmek için mekanik olarak çalışan respirometre kullanılmış ancak madenciler bu cihazı 15 dakikadan fazla takmayı kabul etmemişlerdir. Çalışma sonucunda, maden işçilerinin normal bireylerden daha yüksek maksimum oksijen

kapasitesine sahip olmadığı, farklı işler sırasında enerji tüketimlerinin vardiya başına (7,5 saat) ortalama 2102 kcal (tahkimat kurma, delme vb.) ile 2789 kcal (kablo ve bağlantı demirlerini taşıma, ekipman ve aletleri taşıma vb.) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Pichkhadze ve Zubtsov (1985), yaptıkları çalışmada, modern ve otomasyon düzeyi yüksek bir madende çalışan işçilerin enerji tüketimi ve fiziksel aktivite bakımından ağır iş kategorisinde çalıştıklarını saptamışlardır.

Spurr vd. (1988), dakika dakika kalp atım hızının ölçülmesi yöntemini kullanarak 22 birey üzerinde çalışma yapmışlardır. Sonuçta; çeşitli fiziksel aktiviteler sırasındaki enerji tüketimi ile günlük enerji tüketimleri bakımından kalp atım hızı ve dolaylı kalorimetrede ölçülen değerlerin birbirinden önemli ölçüde farklılık göstermediği, kesin sonuç vermemekle birlikte dakika dakika kalp atım hızı ölçüm yönteminin küçük örneklem gruplarında enerji tüketimlerinin tahmininde kolaylıkla kullanılabilir bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Li vd. (1993) tarafından pamuk fabrikasında çalışan 40 kadın işçi üzerinde yapılan çalışmada, enerji tüketimi ile kalp atım hızı arasındaki ilişkinin bireysel farklılıklardan önemli ölçüde etkilendiği vurgulanarak enerji tüketimi tahmininin doğru ve net yapılabilmesi için farklı fiziksel aktivite ve koşullarda mutlaka bireysel kalibrasyonların tekrarlanarak yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Puranen vd. (1996) yaptıkları çalışmada, sağımhanelerdeki fiziksel yüklenme ve zorlanmaları incelemişlerdir. Araştırma Finlandiya’da bir çiftlikte yaşları 35-45 arasında olan 3 erkek ve 3 kadın çiftçi üzerinde yapılmıştır. Fiziksel zorlanma ve yüklenmelerin belirlenmesi amacıyla oksijen tüketimi (VO_2), kalp atım hızı ve kas aktivitesi değerleri ölçülmüş, vücut yüklenmeleri OWAS yöntemiyle belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sağımhanede yapılan işler, hafif işler olarak değerlendirilmiştir.

Boneh vd. (1997) 1985–1987 yılları arasında yaptıkları çalışmada İsrail’de sıcaklık kontrol sistemine sahip olan ve olmayan 21 endüstriyel tesiste çalışan erkek ve kadın işçilerin dinlenirken ve çalışma sırasındaki kalp atım değerlerini ölçmüşlerdir. Çalışmaya 2416 erkek, 1091 kadın çalışan gönüllü olarak katılmışlardır. Erkek çalışanların %77’si mavi yakalı, kadın çalışanların ise %65’i mavi yakalıdır. Kalp atım değerlerinin ölçümü dinlenme durumunda uzanır pozisyonda EKG ile; oturur pozisyonda 2 tekrarlı olmak üzere ve ayakta dururken tek ölçüm olmak üzere el bileğinden 30 saniye süre ile ölçülmüştür. Çalışma nabızı ise normal çalışma koşulunda bir EKG cihazı ile kaydedilmiştir. Çalışılan tesiste sıcaklık kontrol ünitesi olup olmadığı ve çalışma sırasındaki sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

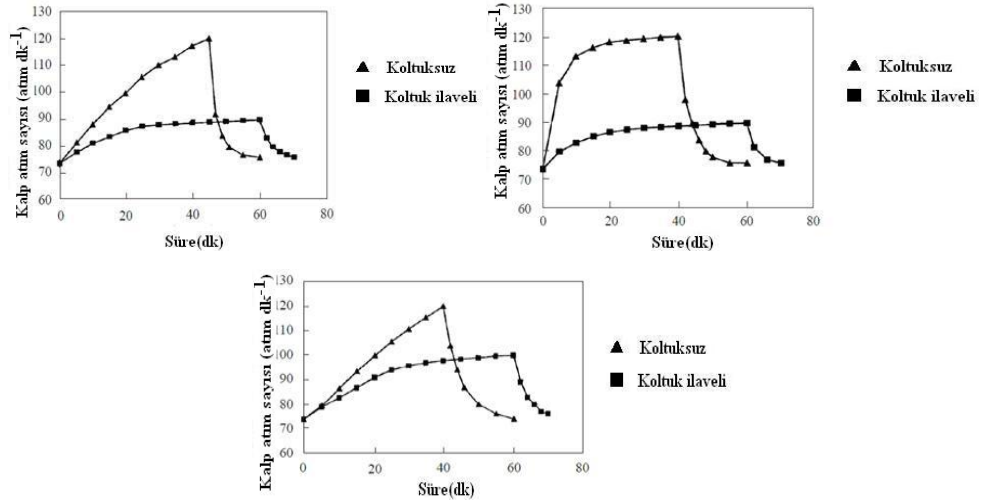
- Mavi yakalıların beyaz yakalılara göre çalışma sırasındaki kalp atım değerleri daha yüksek olmuştur ($p<0,0001$).
- Deneklerin çalışma sırasındaki kalp atım değerleri yaş ile azalmış, sigara içme düzeyi arttıkça artmıştır.
- Çalışanların dinlenme sırasındaki ortalama kalp atım değerleri, dış sıcaklık 22°C’nin altındayken yüksek, 28°C’nin üzerindeyken düşük olmuştur.
- Sıcak ve soğuk günlerde deneklerin ortalama çalışma nabızı ve dinlenmeden çalışmaya kalp atım değerleri artışı; sıcaklık kontrolü olan tesislerde düşük, sıcaklık kontrolü olmayan tesislerde daha yüksek olmuştur.
- Dış sıcaklık değerleri 22-28°C aralığının dışında olduğunda, çalışanlarda ek zorlanmalar gerçekleşmiştir.
- Sıcaklık kontrol sistemine sahip endüstriyel tesislerde yüksek ve düşük sıcaklıklarda, çalışanların maruz kaldıkları kardiyovasküler zorlanmalar makul değerlerde kalmıştır.

Akay vd. (2003) yaptıkları çalışmada, çalışma duruşlarının tanımı ve önemi, hatalı çalışma duruşlarının sebep olduğu meslek hastalıkları, çalışma duruşu tekniklerinden OWAS yöntemi ve bu yöntemin bir oto-servis istasyonuna uygulanmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda oto-servis istasyonunda çalışma duruşlarının iyileştirilmesine yönelik alternatif çözüm önerilerinde bulunmuşlardır.

Kurt ve Erdem (2003) yaptıkları çalışmada, kötü dizaynın yol açtığı verimlilik kaybı ve mesleki sağlık problemlerine sebebiyet veren çalışma duruşları üzerinde durmuşlardır. Elle yapılan işlemlerin söz konusu olduğu bir torna tezgâhında video çekimleri yapılmış, insan-makina etkileşimleri incelenmiştir. OWAS yöntemi yardımıyla çalışma sırasındaki çalışma duruşları ve bu duruşlardan kaynaklanan zorlanmalar belirlenmiştir. Kötü postürlere neden olan etmenler ve bunların nasıl önlenmesi gerektiği, ergonomik kriterlere dayanarak ortaya konmuştur. Sonuç olarak mevcut ve önerilen sistem arasındaki verimlilik farkı, parça sayısındaki artış olarak gösterilmiştir.

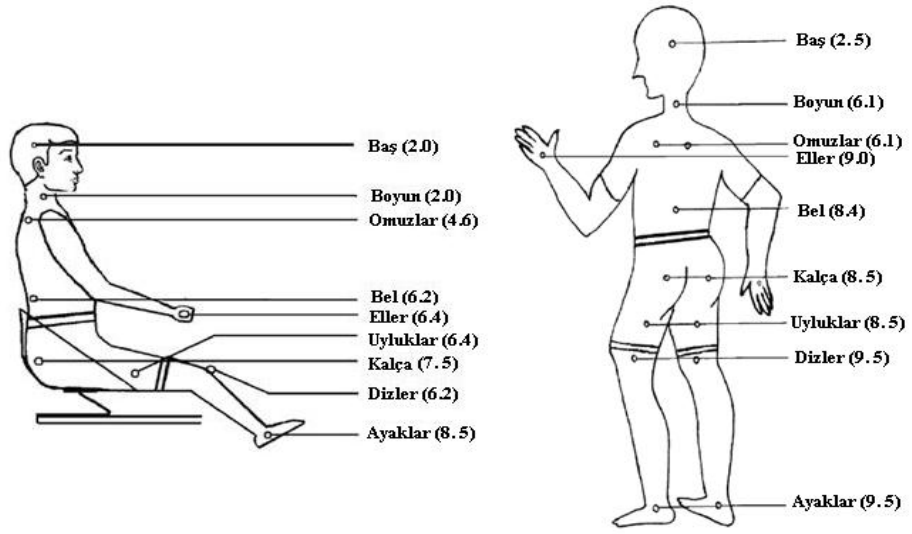
Scott ve Christie (2004) orman işçilerinden polar saat ile gerçek çalışma ortamında aldıkları kalp atım değerleri ile laboratuarda sub maksimal adım testinden elde ettikleri kalp atım ve oksijen tüketimi değerlerini karşılaştırmışlardır. Denemeler Afrika'nın KwaZulu-Natal bölgesinde ormanda kütük taşıyan ve bunları yığın yapan sağlıklı 23 erkek işçi ile yapılmıştır. İşçilerin 1 günlük iş periyodunda 4-6,5 saatlik çalışma süresinde 660 adet kütüğü yığın yaptığı belirtilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda çalışma sırasında ortalama kalp atım değeri $118 \text{ atım dak}^{-1}$, adım testi sırasında ortalama kalp atım değeri $117 \text{ atım dak}^{-1}$, adım testi sırasında ortalama oksijen tüketimi değeri $23,9 \text{ mL kg}^{-1} \text{ dak}^{-1}$ bulunmuştur. Çalışma koşullarında ve laboratuvar ortamındaki değerler karşılaştırılarak, iki farklı ortamdaki ölçümler arasında doğrusal ilişki olduğu belirtilmiştir ($r = 0,69$). Bu ilişkiden faydalanılarak bir tahmin denklemi bulunmuştur ($y=0,26x-6,42$). Bu denklemde y değeri oksijen tüketimi değerini ($\text{mL kg}^{-1} \text{ dak}^{-1}$); x değeri kalp atım değerini (atım dak^{-1}) belirtmektedir. Bu denklem ile gerçek çalışma ortamında kalp atım değerleri belirlenen bir işçinin enerji tüketim değerinin tahmin edilebileceği vurgulanmıştır.

Tewari vd. (2004) koltuksuz ve koltuk monte edilen çapa makinası ile tarlada çalışma sırasında operatör zorlanışını incelemişlerdir. Hindistan'da gerçekleştirilen çalışmada; koltuksuz ve koltuk ilaveli çapa makinası için üç farklı iş koşulunda; taşıma, hafif toprak koşulunda çapa işi, ağır toprak koşulunda çapa işi olmak üzere 3 erkek işçi üzerinde; üç tekrarlı denemeler yapılmış ve elde edilen sonuçlar grafiklerle ifade edilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Çapa makinasında çalışma süresi ile kalp atım sayısının değişimi (kaplamalı yolda taşıma işi, üstte solda; hafif toprak koşulunda çapa işi, üstte sağda; ağır toprak koşulunda çapa işi, altta) ile kalp atım sayısı (Tewari vd. 2004)

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi tüm denemelerde; koltuk ilaveli çalışmada kalp atım sayısı önce yükselişe geçmiş, daha sonra belli bir kalp atım değerinden sonra çalışma sonuna kadar sabit kalmıştır. Bu eğri kalp atım sayısı açısından koltuk ilaveli çalışmanın sürekli performans sınırında veya bu sınırın daha altında olduğunu, dolayısıyla çalışma boyunca operatör yüklenişinin istenen sınırlarda kaldığını göstermektedir. Ayrıca denekler zorlanma hissettiklerinde deneyi sonlandırdıklarından koltuk ilavesi ile daha uzun çalışıldığı görülmektedir. Koltuk ilavesiz çalışmada ise kalp atım sayısı belli değere kadar sürekli artmış, operatör çalışmaya devam edemeyeceği noktada deneyi bırakmıştır. Deneyi bıraktıktan sonra dinlenme nabzına dönüş koltuk ilaveli çalışmalarda daha çabuk olmuştur. Çalışmada zorlanmalar için konforsuzluk skalasından da yararlanılmıştır (Şekil 2.3)



Şekil 2.3 Çapa makinası ile çalışmada vücut bölümlerinin konforsuzluk skoru ortalamaları (Solda koltuk ilaveli, sağda koltuksuz çalışma koşulu için) (Tewari vd. 2004)

Konforsuzluk skoru vücudun tümü veya belli bölümleri için hissedilen rahatsızlığın 0-10 bölmeli veya 0-8 bölmeli skalalara işaretlenerek derecelendirilmesi esasına dayanır. Bu çalışmada 0-10 bölmeli 70 cm uzunluğunda bir skala kullanılmıştır. 0, rahat ve ağrısız çalışmayı; 10 ise çalışmayı bırakacak kadar şiddetli rahatsızlığı ifade etmektedir. Bu yöntemin en önemli özelliği kişilerin kendilerini bireysel olarak değerlendirmeleridir. Bu çalışma sonucunda ellerde, üst bacak bölgesinde, kalçada, bel ve omuz bölgelerinde hissedilen rahatsızlıklar koltuk ilavesi ile azaltılmıştır.

Araştırma sonucunda; koltuk ilave edilerek yapılan çalışmada enerji tüketiminin hafif toprak koşulunda çapa işinde %29, taşıma işinde %25, ağır toprak koşulunda çapa işinde %10 azaldığı belirtilmiştir. Taşıma işinde koltuk ilavesi sayesinde maksimum hıza çıkılarak operasyon zamanı azaltılmış ve iş etkinliği artırılmış, iş nedeniyle oluşan rahatsızlığın ise %27 oranında azaltıldığı saptanmıştır.

Freivalds vd. (2006) yaptıkları çalışmada, elma hasadında kemerli kova kullanımının etkileri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Göçebe ve mevsimsel olarak çalışan meyve bahçesi hasat işçilerinde kas yapısında zorlanmaya neden olan ağırca yüklenmiş çantanın taşınması ile oluşan uygunsuz çalışma duruşları incelenmiştir. Kova-kemer ara

elemanının; sadece omuzlardan destekleyen kova-kemer tipi ile askı kemeriyle belden destekleyen kemer-kova tipi olmak üzere iki farklı tipi denenmiştir. Sonuçta, askı kemeriyle ve belden destekleyen kemer-kova ikilisi kullanıldığında omuzlarda görülen rahatsızlıklarda önemli bir azalma olduğu belirlenmiştir. Sahada yapılan çalışmalar da benzer sonuçlar göstermiştir. Bu tip kovalarda kovanın durumunun ayarlanmasının, daha rahat ve yüklenme dağılımının daha iyi olmasını sağladığı vurgulanmıştır.

Kang vd. (2007), Koreli erkek metal işçilerinin fiziksel çalışma kapasitelerinin ve dağılımlarının belirlenmesi için yaptıkları çalışmada; farklı iş kollarında yaşları 31 ile 47 arasında değişen 507 işçide bisiklet ergometresi ile oksijen tüketim değerlerini ve polar saat ile kalp atım değerlerini ölçmüş ve işçilerin enerji tüketim değerlerini hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Yaşı büyük işçilerin fiziksel kapasitesi daha düşük ve aşırı yüklenmeleri daha fazla olmuştur.
- Tüm yaş grupları için maksimum fiziksel çalışma kapasitesi ile iş yükü arasında ters bir ilişki vardır.
- Çalışma sırasındaki enerji tüketimi değerlerinin üst sınırları, bütün yaş grupları için maksimum fiziksel çalışma kapasitesinin %5'i kadar olmuştur.

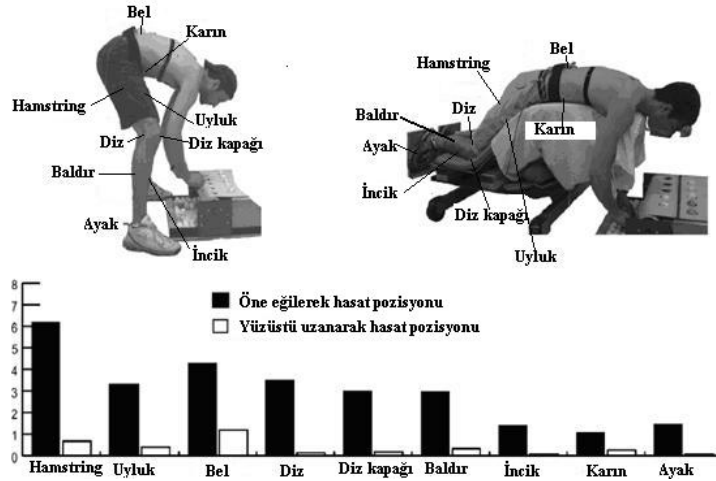
Malavolti vd. (2007) yaptıkları çalışmada; dinlenme sırasındaki enerji tüketiminin belirlenmesinde, oksijen tüketiminden enerji tüketiminin hesaplanması ve kol bandından alınan değerleri karşılaştırmışlardır. Toplam 52 kadın ve 47 erkekten bu farklı iki yöntemle alınan enerji tüketim değerlerinde istatistik olarak bir fark gözlemlenmemiş ($p < 0,0001$) iki yöntem arasındaki korelasyon yüksek bulunmuştur ($r = 0,86$).

Meyer ve Radwin (2007) bazı tarım ürünlerinin hasat işlemini simüle eden bir çalışmada öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışma biçimleri arasındaki fizyolojik tepkileri incelemişlerdir (Şekil 2.4). Denemelerde, 15 erkek öğrenci, 15 dakikalık iki çalışma periyodunda çalıştırılmış; kalp atım sayısı, EMG değerleri ve çalışma konforsuzluk değerleri ölçülmüştür.



Şekil 2.4 Öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışma (Meyer ve Radwin 2007)

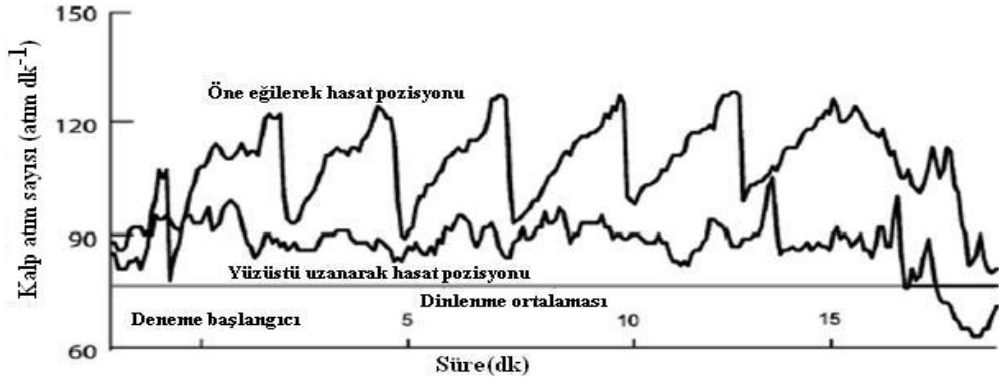
Şekil 2.4’de görülen bantlı götürücü ilerleme yönünde eğimi artacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece banda yerleştirilen toplar, bandın sonunda aşağı dökülerek tekrar deneğin önündeki hazneye kendiliğinden gelmektedir. Sağdaki deney standı yüz üstü uzanarak hasat pozisyonu için geliştirilmiştir. Bu stanttaki boyun ve omuz destekleri daha rahat bir çalışma koşulu sağlamak için süngerle ve kauçukla kaplanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular Şekil 2.5’de görülen grafikte açıklanmıştır.



Şekil 2.5 Öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışmalarda konforsuzluk değerleri (Meyer ve Radwin 2007)

Bu çalışmada 0-8 bölmeli bir konforsuzluk skalası ile vücut bölümlerinin konforsuzluk skorları grafiğe işlenmiştir. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi pozisyonlar arasındaki en farklı skorlar; hamstring kasında (dizin arka kısmı ile kalça arasındaki üst bacak kası), belin alt bölgesinde, dizlerde, kalça ve kalflarda (alt bacak bölgesinde arkada diz ile bilek bölgesi arasındaki kas) elde edilmiştir. Bunun en önemli nedeni yüzüstü pozisyonunda

tasarlanan hasat standında bu bölgeler desteklendiğinden yüklenmenin azaltılmasıdır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Öne eğilerek ve yüzüstü uzanarak çalışmada kalp atım değerleri (Meyer ve Radwin, 2007)

Grafikten de anlaşıldığı gibi öne eğilerek hasat pozisyonunda ölçülen kalp atım değerleri, yüzüstü uzanarak hasat pozisyonunda ölçülenlerden daha düşük; yüzüstü uzanarak hasattan elde edilen kalp atım değerleri, dinlenme sırasındaki kalp atım değerlerine daha yakındır. Çalışma ve dinlenme durumunda ortalama kalp atım sayıları arasında kabul edilebilir fark 35–40 atım olduğundan; yüzüstü uzanış pozisyonu bu tip çalışmalarda uygun pozisyon olarak önerilmiştir. Bunun yanında; kalp atım sayısı ve özellikle konforsuzluk skalası değerleri açısından yüzüstü pozisyonunda çalışmanın daha uygun olduğu; EMG değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuş olmasına rağmen biceps femoris kasından elde edilen değerlere göre yüzüstü uzanış pozisyonunda çalışmanın daha az zorlayıcı olduğu belirlenmiştir.

St-Onge vd. (2007), erişkinlerde günlük enerji tüketimini belirlemek için yaptıkları çalışmada, kol bandından alınan değerlerle DLW (doubly labeled water) yöntemi ile elde edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Bu yöntemde suyun hidrojeni ile yer değiştirmiş hidrojen izotopunun oluşturduğu su molekülünün vücuda alındıktan sonra gün içinde 5 farklı saatte alınan idrar örneklerinin izotop analizi sonucunda; yaş, boy, kilo, cinsiyet değişkenlerini de içeren bir denklem ile enerji tüketimi değerleri tahmin edilmiştir. DLW yöntemi ile enerji tüketimi değeri 2492 kcal gün⁻¹ olarak

hesaplanırken, kol bandı ile hesaplanan enerji tüketimi değeri 2375 kcal gün⁻¹ olmuştur. Her iki yöntemle elde edilen değerler arasında istatistik olarak bir fark bulunmadığı ($p<0,01$), kol bandından alınan değerlerin kabul edilebilir olduğu ve günlük enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Müller ve Coetsee (2008) kuru ve yaş şeker kamışı hasadında çalışan işçilerin fizyolojik gereksinimlerini ve çalışma etkinliğini belirlemek için yaptıkları çalışmada; dakikada bir ölçüm alınan polar saat ile kalp atım değerlerini, her 10 saniyede bir değer alınan taşınabilir bir ergospirometri cihazı ile oksijen tüketim değerlerini, Borg skalası ile de bireysel zorlanma derecelerini belirlemişlerdir. Bu amaçla; 65 adet deneyimli işçiden sağ elini kullanan 15 sağlıklı erkek işçi rastgele olarak seçilmiştir. İşçiler 05:00-09:00 saatleri arasında çalıştıkları toplam 35 dakikalık sürenin ilk 5 dakikalık bölümü kalp atım hızı ve oksijen tüketim değerlerinin belirli bir düzeye ulaşması amacıyla ısınma periyodu olarak adlandırılmış, çalışmanın 5-34 dakikaları arasındaki oksijen tüketim değerleri dikkate alınmıştır. Zorlanmanın belirlenmesi amacıyla 6 (hiç zorlanma olmayan) ile 20 (çok yüksek zorlanma olan) arasında derecelendirilen Borg skalasından yararlanılmıştır. İşçilerden 9., 19. ve 29. dakikalarda skala üzerinde bir nokta işaretlemesi istenerek, bu üç değerın ortalaması işçinin yaptığı çalışmadaki rahatsızlık derecesi olarak alınmıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki değerlendirmelere ulaşılmıştır:

- 1 kg yaş şeker kamışının hasadı için ihtiyaç duyulan enerji değerin (2,13 kJ) kuru şeker kamışının hasadı için ihtiyaç duyulan enerji değerinden (1,51 kJ) daha fazla olduğu ve bu farklılığın istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).
- Kalp atım değerlerinde ve hissedilen rahatsızlık derecelerinde yaş şeker kamışı hasadı daha yüksek değerlere sahip olsa da bu farklılık istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Eminoğlu vd. (2009) yaptıkları çalışmada, çapa makinası ile meyve bahçelerinin çapalanmasında operatörlerin gün içinde enerji tüketim değerlerinin değişimini incelemişlerdir. Bu amaçla operatörlerin enerji tüketimi değerlerinin bulunmasında SenseWear kol bandından yararlanılmıştır. Üç farklı çalışma hızı için her bir operatörde enerji tüketimi değerleri ölçülmüş, elde edilen veriler bilgisayara aktararak analizler yapılmıştır. Sonuçta, enerji tüketimi değerlerinin çalışma hızının artmasına bağlı olarak

her üç operatörde de arttığı gözlemlenmiştir. Günün saatlerine göre yapılan değerlendirmede ise çalışma süreci 6 eşit zaman dilimine ayrılmış, her bir zaman dilimi için enerji tüketimi değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Her operatör için minimum ve maksimum enerji tüketim değerleri farklı olsa da değişimin karakteristiği benzer şekilde gerçekleşmiştir. Enerji tüketimi değerlerinin en yüksek seviyeye öğleden önce 9:00 – 10:00 saatleri arasında ulaştığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, çalışmaya başlanılan ilk saatlerde operatörün vücudunun çalışma ritmine henüz uyum sağlayamaması olarak açıklanmıştır. İlerleyen saatlerde operatörün vücudunun yapılan işin ritmine uyum sağlaması ile enerji tüketimi değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Öğleden sonra enerji tüketimi değerlerinin artmasının çalışmanın beraberinde getirdiği yorgunluğun etkisinden kaynaklandığı vurgulanmıştır.

Eminoğlu vd. (2010) yaptıkları çalışmada, aynı iş genişliğine sahip çapa makinası ve traktöre bağlı toprak frezesi kullanan operatörlerin enerji tüketimi değerlerini karşılaştırmışlardır. Operatörlerin enerji tüketimi değerlerinin belirlenmesinde SenseWear kol bandı kullanılmıştır. Üç farklı çalışma hızında her iki makina kombinasyonu için 3 operatörün enerji tüketimi değerleri ölçülmüş, değerler Minitab 15.0 ve MSTAT programları ile analiz edilmiştir. Varyans analizi sonucunda, operatörlerin enerji tüketimi değerleri ile ilerleme hızı ve operatör x makina tipi interaksyonu arasındaki ilişkinin istatistik olarak önemli olduğu belirtilmiştir ($p<0,01$). Çalışma sonucunda, her iki makina ile çalışmada da ilerleme hızı arttıkça operatörlerin enerji tüketim değeri artmıştır. Çapa makinası ile çalışmada operatörlerin enerji tüketimi değerleri her hız kademesi için traktör-toprak freze kombinasyonu ile çalışma sırasındaki enerji tüketimi değerlerinden yüksek olduğu bulunmuştur. Çapa makinası ile çalışmada her operatörün enerji tüketimi değerlerinin birbirinden farklı olduğu bulunmuştur. Çapa makinası ile çalışmanın enerji tüketimi açısından ağır iş sınıfına girdiği ve işletme koşulları uygunsa bu makina yerine traktör-toprak frezesi kombinasyonunun kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.

Eminoğlu (2010), yaptığı çalışmada, farklı operatörlerin çapa makinasıyla çalışması sırasında günlük 8 saat olan çalışma süresi her programda toplam 6 saat çalışma ve toplam 2 saat dinlenme süresi olacak şekilde farklı çalışma ve dinlenme sürelerine

ayrılarak 4 farklı çalışma programının enerji tüketimi ve kalp atım hızı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma programlarına ve operatörlere göre çapa makinası ile çalışmada dakikadaki enerji tüketimi genel olarak 4 kcal değerinin üzerinde bulunmuş, bu sonuca göre çapa makinası ile çalışmanın ağır iş sınıfında olduğu ifade edilmiştir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, elle elma hasadı yapan işçilerin kalp atım değerleri, enerji tüketim değerleri ve OWAS yöntemiyle çalışma duruşlarının belirlenmesi amacıyla üç ayrı ildeki elma bahçelerinde çalışılmıştır.

3.1 Materyal

Bu bölümde, çalışmada materyal olarak denemelerin yapıldığı elma bahçeleri, denemelerde kullanılan programlar ve cihazlar tanıtılmıştır.

3.1.1 Denemelerin yapıldığı elma bahçeleri

Teze ilişkin veriler Türkiye’de elma hasadının yoğun olarak yapıldığı ve deneyimli elma toplama işçilerinin bulunduğu Niğde, Isparta ve Afyon illerinde elde edilmiştir.

Bu illerden ilk olarak Niğde ili Altunhisar ilçesindeki Uni Tarım İşletmesi’nde veriler alınmıştır. Bu işletme Türkiye’de elma yetiştiriciliği yapan tarım işletmeleri içerisinde örnek niteliğinde olması nedeniyle tercih edilmiştir. İşletmede elma yetiştiriciliği, mekanizasyonu ve pazarlaması tamamen dışsatıma yönelik olarak yapılmaktadır.

Uni Tarım işletmesinde 3500 da alanda bodur tipte elma ağaçları bulunmaktadır. Elle yapılan hasat işlemi sırasında işletmede 600’ü kadın olan yaklaşık olarak 700 adet işçi çalışmaktadır. Bu işletmede yetiştirilen elma çeşitleri Galaxy, Fuji, Süper Fuji ve Granny Smith’dir. Elma ağaçları 1 m sıra üzeri ve 3,5 m sıra arası mesafeye dikilmişlerdir. Elma hasadında çalışan işçiler elmaları bir pançoda toplamaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Niğde'deki işletmede kullanılan elma toplama pançoları

Şekil 3.1'de görülen pançoların askıları sırta geçirildiğinde doldurma ağzı ön tarafa gelmektedir. Üç kademeli olan panço yaklaşık olarak 7,5-12,5 kg arasında elma alabilmektedir. OWAS yöntemine göre kadınlarda yük taşıma kapasitesinin maksimum 10 kg olmasına da uygun olarak (Lundqvist ve Gustafsson, 1987) işletmede 7,5 kg'lık kademe kullanılmaktadır. Elmaların kasalara boşaltılması sırasında zedelenmenin en az düzeyde tutulması amacıyla pançonun alt kısmı açılabilir. Pançolarla toplanan elmalar ortalama olarak 300-330 kg arasında elma alabilen büyük kasalara boşaltılmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Niğde'deki işletmede elmaların toplandığı kasalar

Şekil 3.2’de görülen büyük kasalar, traktörün arkasına bağlı bulunan özel olarak bu iş için geliştirilmiş bir treyler yardımı ile taşınmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Niğde’deki işletmede kullanılan elma kasalarının taşındığı treyler

Şekil 3.3’de görülen her bir treylerde 5 adet büyük kasa bulunmaktadır. Treyler üzerindeki bu kasaların hepsi dolduktan sonra traktörle yükleme alanına (Şekil 3.4) getirilen kasalar, treylerin sahip olduğu sistem yardımıyla burada otomatik olarak indirilmektedir. Bu büyük kasalar işletmenin yükleme alanında forkliftler yardımıyla büyük tır kamyonlarına yüklenmekte ve pazara sevkedilmektedir. Daha sonra boşaltma alanında otomatik olarak treylerin üzerine alınan boş kasalar tekrar elma ağacı sıralarının arasına taşınmaktadır.



Şekil 3.4 Niğde’deki işletmenin elma yükleme alanı

Elma hasat işçilerinin çalışma planı şu şekilde özetlenebilir: Her elma ağacı sırasına 12 adet işçi verilmektedir. Bunlardan 5 tanesi sağdan, 5 tanesi de soldan kasaları doldurmakta, 2 işçi ise sağ ve sol taraflı olarak küçük merdivenle diğer işçilerin ulaşamadığı üst kısımda kalan elmaları toplamaktadır. Bunlardan bir tanesi merdivene çıkarak elmaları toplarken diğeri toplanan elmaları pançosuna yerleştirerek kasalara doldurmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Niğde'deki işletmede elma hasadında işçilerin çalışma duruşları

Tez çalışmasında ikinci olarak Isparta'daki tarım işletmesinde çalışılmıştır. Buradaki elma ağaçları yüksek tiptedir. Bu verilerin alındığı işletmedeki elma çeşitleri Golden ve Starking'dir. Sıra üzeri mesafe 3,5 m ve sıra arası mesafe 5 m'dir. Tarım işletmesinde hasatta 22'si kadın 30 işçi çalışmaktadır. Elma hasadında çalışan işçiler elmaları Şekil 3.6'da görülen kovalara doldurmaktadır.



Şekil 3.6 Isparta'daki işletmede elmaların toplandığı kovalar

Şekil 3.6’da görülen elma toplama kovaları yaklaşık olarak 6-7 kg arasında elma alabilmektedir. Daha sonra elmanın toplandığı kovalar işçiler tarafından elmaların boşaltılacağı kasaların yanına getirilmektedir. Buradaki işçi, gelen kovaları Şekil 3.7’de görülen kasalara en az zedelenecek şekilde boşaltmaktadır.



Şekil 3.7 Isparta’daki işletmede elmaların toplandığı küçük kasalar

Şekil 3.7’de görülen küçük kasalar, doldurulduktan sonra başka bir işçi tarafından alınarak forkliftle yüklemeye uygun olan tahta zemin üzerine dizilerek plastik bantla sarılmaktadır. Yol kenarında bu şekilde biriktirilen kasalar (Şekil 3.8) gün sonunda forklift tarafından kamyonu yüklenerek soğutma deposuna götürülmektedir.



Şekil 3.8 Isparta’daki işletmede yol kenarında biriktirilen elma kasaları

Bu arada elma hasat işçilerinin bir kısmı yerden toplamaya uygun olan elmaları toplarken bir kısmı da yerden ulaşılamayacak mesafede olan elmaları merdivenle ve ağaca çıkarak toplamaktadır (şekil 3.9).



şekil 3.9 Isparta'daki işletmede elma hasat işçilerinin çalışma duruşları

Teze ilişkin verilerin toplanmasına unc olarak ALARA Fidan retim ve Pazarlama Sanayi Ticaret Limited şirketine ait Afyon ili Sultandağı ilçesindeki elma bahçesinde elma toplama işçileriyle devam edilmiştir.

Afyon ilindeki Alara tarım işletmesinde elma ağaçları bodur ve yarı bodur tipte olup Fuji eşidindedir. Sıra arası mesafe 3-3,5 ve 4 m ve sıra üzeri mesafe 0,9-1 m'dir. İşletmede hasatta çalışma gününe bağlı olarak 4' kadın 10 işçi çalışmaktadır. Elma hasadı işinde çalışan işçiler elmaları önce panolara toplamakta ve daha sonra panodan kasalara doldurmaktadır. Yaklaşık olarak 10-12 kg arasında elma alabilen bu kasalar doldurulduktan sonra ağaçların altında bırakılmaktadır (şekil 3.10).



Şekil 3.10 Afyon'daki işletmede elmaların toplandığı kasalar

Şekil 3.10'da görülen kasalar daha sonra elmaların toplandığı kasalar görevli işçiler tarafından traktör arkasında çekilen römorka yüklenerek elmaların sınıflandırılacağı bölüme getirilmektedir. Gelen kasalar önce tartılmakta, sonra işçiler tarafından kasalardaki elmalar sınıflandırılarak viyollere doldurulmaktadır. Sonra bu viyoller depoya alınmakta ve yüklemeye uygun hale getirilerek bekletilmektedir.

Elmaları yerden toplayan işçilerin uzanamadığı üst taraftaki elmaları römork üzerinde bulunan işçiler toplamaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Afyon'daki işletmede ağaçların üst kısmındaki elmaların toplanması

3.1.2 Denemelerde kullanılan cihazlar ve programlar

3.1.2.1 Hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçüm cihazı

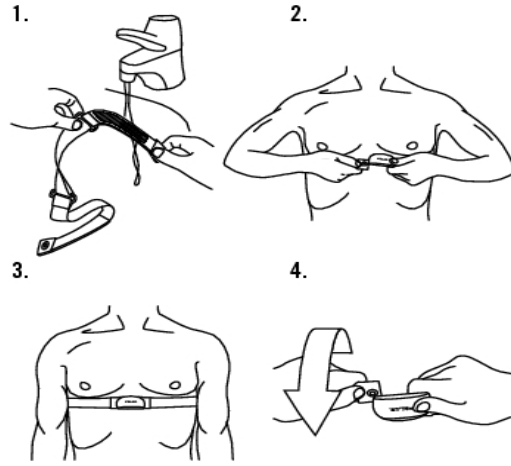
Sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenmesinde Şekil 3.12’de görülen Lutron YK-90HT sıcaklık ve bağıl nemölçer cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.12 Sıcaklık ve bağıl nem ölçüm cihazı

3.1.2.2 Kalp atımı ölçüm cihazı

Denemelerde kalp atım değerlerinin belirlenmesinde Polar firmasının ürettiği RS 800 marka saat kullanılmıştır. Çalışanların kalp atım değerleri bir göğüs bandı ile algılanarak Polar marka saate gönderilmiştir. Göğüs bandı Şekil 3.13’de görüldüğü gibi vücuda bağlanmıştır. Saatin elma hasadında çalışan işçilere bağlanmasında elektrotların iletkenliğinin sağlanması için göğüs bandının iletken bölgesi nemlendirilmiş (Şekil 3.13-1); vericinin bulunduğu klips daha sonra göğüs kaslarının bittiği kısma, gövdenin ortasına gelecek ve çalışma sırasında kaymayacak şekilde ayarlanarak bağlanmıştır (Şekil 3.13-2 ve 3).



Şekil 3.13 Göğüs bandının vücuda takılması (Anonymous, 2009)

Kalp atım değerleri, Şekil 3.14’de görülen saat üzerindeki kızılötesi bağlantı elemanı yardımıyla Polar Pro Trainer 5.20.130 programına kaydedilmiştir.



Şekil 3.14 Kalp atım hızlarını ölçen Polar marka saat

3.1.2.3 Enerji tüketimi ölçümü

Çalışmada enerji tüketimi değerlerini belirlemek için Şekil 3.15’de görülen SenseWear firmasının ürettiği kol bandı kullanılmıştır.



Şekil 3.15 Enerji tüketim değerini ölçen kol bandı

Şekil 3.15’de görülen kol bandı, çalışan kişinin triceps kasının üzerine bağlanmakta, deriyle temas ettiğinde otomatik olarak veri kaydına başlamaktadır. Depolanan veriler deney sonunda firmanın geliştirdiği Sensewear Profesional 6.1 yazılım yardımıyla bilgisayara kaydedilmiştir.

Yapılan çalışmada bu cihazın seçilmesinin sebebi kullanımının ve bilgisayara veri aktarımının kolay olması, çalışan kişiye fazladan bir yük getirmemesidir. Özellikle Douglas Torbası Metodundaki gibi ağız ve burnu kapatan bir maske olmadığından çalışan kişi günlük aktivitelerini gerçekleştirirken engellenmemektedir. Bu alet çalışma periyodunun istenilen dilimi için veri seçmeye olanak sağlar. Örneğin bahçede çalışan bir işçinin sabah işe başladığı ilk 15 dakika ile öğle yemeğinden sonraki ilk 15 dakikadaki enerji tüketimini veya günün en sıcak saatindeki çalışma periyodundaki enerji tüketim değeri ile en serin saatindeki enerji tüketimi değerleri karşılaştırılabilmektedir. Bu yazılım sayesinde kişi ile ilgili temel veriler girildikten sonra o günkü çalışma hakkında ayrıntılı bir grafik ve rapor düzenlenebilmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Kol bandı ile elde edilen enerji tüketim raporu

Şekil 3.16'da görülen bu raporun üst kısmında sırası ile kişinin adı, yaşı, cinsiyeti, ağırlığı, boyu, hangi elini kullandığı, sigara içip içmediği ve vücut kütle indeksi bilgileri yer almaktadır. Bu bilgiler cihaz bilgisayara bağlandığında o kişi için oluşturulan profile girilmesi zorunlu tanıtıcı bilgilerdir. Bu bilgilerin hemen altında çalışmanın başlama ve bitiş tarihi ve saati, fiziksel aktivitenin izlendiği süre, cihazın veri aldığı süre bilgileri yer almaktadır. Altındaki kutularda ise sırası ile toplam enerji tüketimi değerleri, ortalama MET (kcal/saat/kg) değeri, dinlenme ile geçen süre ve fiziksel aktivite sırasında atılan adım sayısı, aktif enerji tüketim değeri ve enerji tüketim değerlerinin makul seviyede kaldığı toplam süre bilgileri bulunmaktadır.

Burada sözü edilen METs kavramı, sakin bir şekilde otururkenki enerji tüketimi olarak tanımlanmaktadır. 1 MET kişinin dinlenme durumundaki oksijen tüketim hızıdır.

Ortalama bir yetişkinde 1 MET =3,5 mL kg⁻¹ dak⁻¹'dır (Anonim 2009). Şekil 3.16'daki ortalama METs değeri çalışma boyunca söz konusu kişinin dinlenirken tükettiği oksijen miktarının 3,4 katı oksijen tükettiğini anlatmaktadır. Dinlenme ile geçen süre (Sedentary), fiziksel aktivite boyunca 3.0 METs değerine kadar olan enerji tüketim değerlerinin toplam süre içerisindeki miktarıdır ve Şekil 3.17'de 28 dakika olarak görülmektedir. Aktif enerji tüketim değeri; 3.0 METs değeri ve üzerinde enerji tüketiminin olduğu süredeki toplam enerji tüketimi değeridir ve Şekil 3.16'da 339 kcal olarak verilmiştir. Enerji tüketim değerlerinin makul seviyede kaldığı toplam süre; çalışma süresi boyunca kişinin 3,0-6,0 METs enerji tükettiği sürenin toplamıdır ve Şekil 3.16'da 1 saat 39 dakika olarak görülmektedir.

3.1.2.4 Dijital kamera ve tripod

Elle elma hasadı yapan işçilerin OWAS yöntemiyle çalışma duruşlarının değerlendirilmesi için Nikon Coolpix S6 marka bir dijital kameradan yararlanılmıştır. Ayrıca çekilen görüntülerin daha hassas analiz edilebilmesi için çekimler sırasında dijital kamerayı sabitlemek amacıyla bir tripod kullanılmıştır.

3.1.2.5 Dijital tartı ve metre

Denemelerde çalışan kişilerin ağırlıklarının ölçülmesi amacıyla tartı ve boylarının ölçülmesi amacıyla bir şerit metre kullanılmıştır.

3.1.2.6 Anket

Tez çalışmasına konu olan işçilere ilişkin bilgilerin kaydedilmesi amacıyla bir anket hazırlanmıştır (EK 1).

3.1.2.7 Elma hasadında çalışan işçiler

Çalışmalara başlanmadan önce işletme yetkilileri ile görüşülerek çalışmanın amacı ve önemi hakkında bilgiler verilmiştir. İşletme yetkilileri, işletmede iş akışının bozulmadığı sürece çalışmaya destek olacaklarını belirtmişlerdir. Elma hasat işçileri çalışma şartlarının zorluğu nedeniyle rastgele seçilmiştir. İşçiler çalışmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Yapılacak çalışma işçilere ayrıntılı olarak anlatılmış, kendilerinin yapılacak çalışmadan herhangi bir zarar görmeyecekleri bildirilmiş, normal şekilde çalışmalarını sürdürmeleri ve çalışma sırasında işi hızlandırmak ya da yavaşlatmak yönünde özel bir gayret göstermemeleri istenmiştir. Ayrıca her çalışmadan önce, o gün kendilerini çalışacak kadar iyi hissedip hissetmedikleri, herhangi bir rahatsızlıkları olup olmadığı sorulmuştur.

Çalışmalar sırasında elma hasat işinde deneyimleri fazla olan kişiler üzerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümlere başlanmadan önce her işçiye ilişkin yaş, boy, ağırlık, cinsiyet değerleri temel fiziksel veriler olarak kaydedilmiştir.

3.1.2.8 WinOWAS paket programı

Çalışmada işçilerin vücut duruşlarının belirlenmesi için OWAS yöntemini esas alan WinOWAS bilgisayar paket programından yararlanılmıştır. Program ile çalışma duruşlarının frekansları ve risk kategorilerine dağılımı, vücut bölgelerine ve risk kategorilerine göre dağılımları ortaya konulabilmektedir.

3.2 Yöntem

Yapılan denemeler sonucunda farklı elma ağaçlarının ve farklı hasat yöntemlerinin uygulandığı 3 farklı ilde yapılan çalışmalarda her il için 3 farklı kişiden veriler 3 tekrarlı olarak alınmıştır.

3.2.1 Çalışma saatleri

Deneylerde çalışan kişilerin çalışma saatlerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Çalışma saatleri bütün işletmelerde aynıdır. Sabah 08:00 de iş başı yapılmakta, saat 10:00-10:15 arasında dinlenme arası verilmekte ve saat 12:00'a kadar çalışmaya devam edilmektedir. Saat 12:00-13:00 arasındaki öğle yemeği molasından sonra 13:00-15:00 arası çalışılmakta, 15:00-15:15 arası dinlenme arası verilmekte ve saat 17:00'de hasat bitirilmektedir. Bu çalışma periyotlarında veriler 08:00-17:00 saatleri arasında 15'er dakikalık aralıklar halinde kaydedilmiştir.

3.2.2 Hava sıcaklığı ve bağıl nemin ölçülmesi

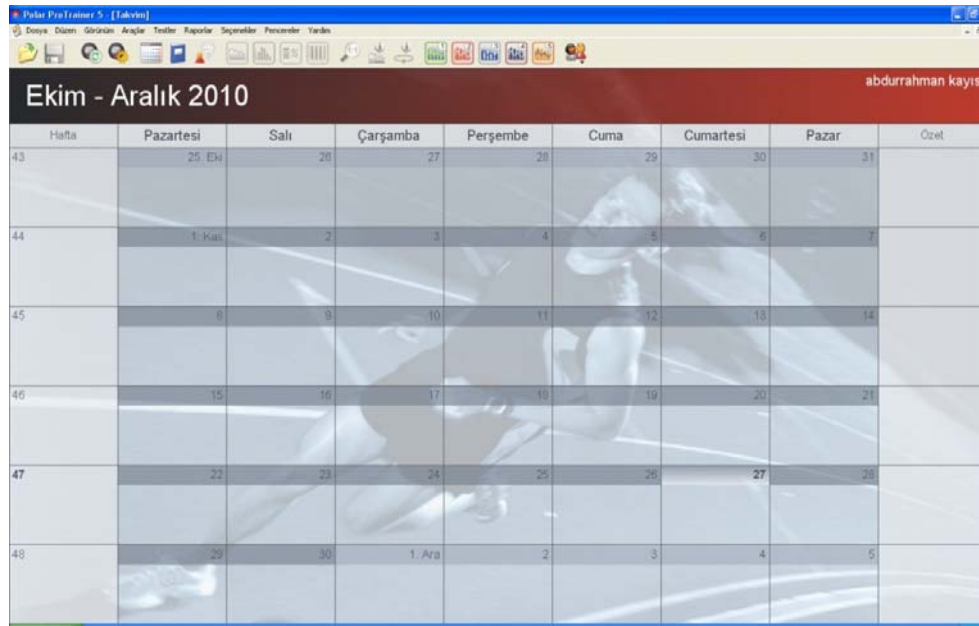
Belirlenen çalışma periyotlarında enerji tüketimi ve kalp atım değerlerinin sıcaklık veya nem ile değişip değişmediği de dikkate alınmıştır. Lutron YK-90HT sıcaklık ve bağıl nem ölçüm cihazı ile çalışma periyotları boyunca her 5 dakikada bir okunan değerler kaydedilmiş ve o çalışma programı ve ilgili periyotlar için bunların ortalamaları alınmıştır.

3.2.3 Kalp atımlarının ölçümü

Elma hasadında çalışan işçilerin kalp atım değerleri telemetrik yöntem ile belirlenmiştir. Polar saat ile saniyede 2 kez veri alınmıştır.

Göğüs bandı kişiler üzerine yerleştirildikten sonra saat üzerindeki 'start' tuşuna basılmıştır. İletken yüzeyler ve kemer doğru konumlandırıldığında sinyal sesi ile birlikte kalp atım değerleri saatin ekranında görülmüştür. Yapılan denemelerde; çalışma, dinlenme, yemek süreleri dahil olmak üzere 8 saat boyunca kişilerden alınan ölçümler kaydedilmiştir.

Programa çalışma ile ilgili veriler aktarılmadan önce kişinin adı, soyadı, doğum tarihi, cinsiyet, boy, ağırlık bilgileri girilerek o kişi için kullanıcı profili oluşturulmuş ve çalışma başlangıcında kullanıcı profili seçilmiştir. Saat ile bilgisayar arasında veri aktarma işlemi önce saatten daha sonra program üzerindeki ‘bağlantı’ tuşuna basılarak başlatılmıştır. Saat ile programın takvimi eş zamanlı çalıştığından veriler hangi günde olursa olsun ilgili kişinin fiziksel aktivite takvimine kaydedilmiştir. Şekil 3.17’de elma hasadında çalışan işçilerden birine ait fiziksel aktivite takvimi görülmektedir.



Hafta	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	Özel
43	25. Eki	26	27	28	29	30	31	
44	1. Kas	2	3	4	5	6	7	
45	8	9	10	11	12	13	14	
46	15	16	17	18	19	20	21	
47	22	23	24	25	26	27	28	
48	29	30	1. Ara	2	3	4	5	

Şekil 3.17 Elma hasadında çalışan işçilerden birine ait fiziksel aktivite takvimi örneği

Şekil 3.17’de görülen takvim üzerinden istenilen tarihteki fiziksel aktiviteye ulaşmak için o gün üzerine iki kez ardı ardına tıklanması yeterli olmaktadır. Bu işlem yapıldığında Şekil 3.18’deki diyalog penceresi açılmakta ve o günkü aktivite ilgili genel bilgiler görülmektedir.

Antreman Günlüğü 09 Ekim 2009 Cuma

Gün Bilgisi: Egzersiz 1

Genel Egzersiz Bilgisi

Egzersiz: Free

Spor: Koşu

Toparlanma: Tamamen toparlanmış

Başlama Zamanı: 09:15:07

Mesafe: 0,0 km

Enerji: 3257 kcal

Nabız ortalaması: 107 bpm

Ranking: ★★★★★

Egzersiz Notları:

☐ Bu notu Egzersiz Yorumlarına ekle

☐ Raporlarda gösterme

☐ Seans toplamına dahil etme

Nabız Alanlarındaki Egzersiz Süresi

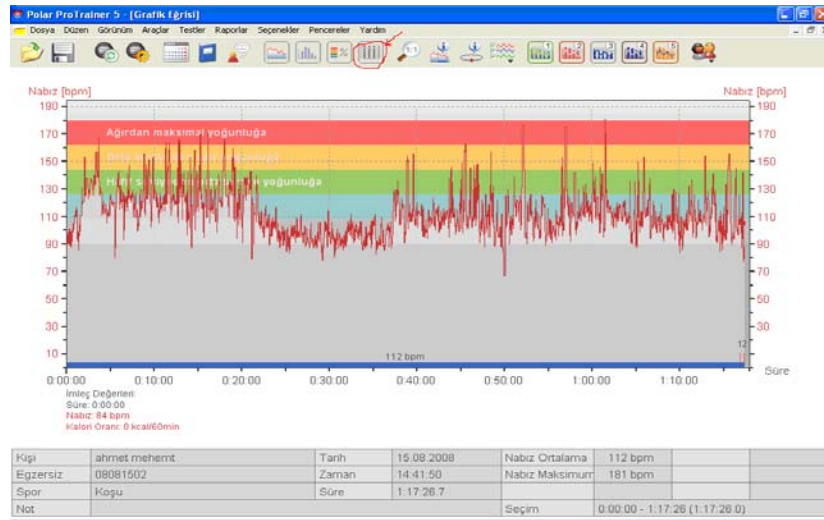
MAX	0 %	0:01:27
MHI	1 %	0:06:40
LMI	17 %	1:24:43
LI	31 %	2:33:52
	34 %	2:51:06
		1:25:30
Toplam:		8:23:19

Eklenmiş Nabız Bilgisi

Tamam İptal Yardım

Şekil 3.18 Fiziksel aktivitenin genel bilgilerini içeren diyalog penceresi

Şekil 3.18’de görülen diyalog penceresinin sağ alt köşesinde görülen grafik düğmesine tıklandığında Şekil 3.19’daki 8 saatlik çalışma boyunca ölçülen kalp atım değerlerinin süreye göre değişimini gösteren grafik bilgilerine ulaşılmaktadır.



Şekil 3.19 Kalp atım değerlerinin süreye göre değişimi

Şekil 3.19’da çalışma ve dinlenme sürelerine ait bölgeler görülmektedir. Ayrıca tarih, fiziksel aktivite süresi, ortalama ve maksimum kalp atım değerleri de grafikte verilmektedir. Alınan değerler ekranın üst kısmında görülen ‘listele’ butonu ile grafik değerleri ‘süre ve nabız’ başlıkları altındaki sütunlarda listelenirler (Şekil 3.20).

Süre	95	91	91	94	97	90	104	105	109	108	111	110
0:00:02.0	95	91	91	94	97	90	104	105	109	108	111	110
0:00:09.2	100	103	101	105	101	102	95	104	105	105	105	103
0:00:16.2	107	102	108	105	108	108	107	108	110	112	113	116
0:00:22.8	115	116	117	117	120	117	117	117	120	117	116	113
0:00:28.9	116	116	118	117	120	116	118	118	117	114	113	111
0:00:35.1	114	115	113	113	115	116	113	112	114	112	115	115
0:00:41.5	116	120	119	118	119	116	116	112	113	106	105	102
0:00:47.8	102	102	103	100	109	112	112	114	113	112	110	109
0:00:54.5	112	111	112	112	112	108	112	108	109	109	105	110
0:01:01.0	108	112	111	111	115	114	113	117	114	115	119	117
0:01:07.3	119	118	120	118	118	119	119	117	116	119	119	119
0:01:13.4	123	121	121	123	123	119	119	118	114	111	113	110
0:01:19.4	109	109	109	108	107	109	111	110	107	106	108	108
0:01:26.2	108	110	107	110	113	112	116	116	117	118	120	122
0:01:32.5	123	122	124	123	123	122	122	122	121	123	121	120
0:01:38.4	121	118	108	103	100	90	83	82	89	101	108	108
0:01:45.4	111	115	114	111	112	113	113	112	111	111	113	114
0:01:51.8	114	115	114	110	115	117	119	120	118	119	120	120
0:01:57.9	121	124	122	123	123	125	126	126	126	124	121	121
0:02:03.7	122	122	119	119	114	114	116	117	118	120	116	114
0:02:09.9	105	100	93	85	90	93	97	99	101	90	94	98
0:02:17.4	99	103	103	105	107	106	100	113	100	110	109	109
0:02:24.1	112	109	109	109	112	112	111	113	113	113	114	115
0:02:30.6	116	117	117	115	115	114	112	109	106	105	103	100
0:02:37.1	96	96	101	105	103	109	110	109	107	107	105	96
0:02:44.0	102	101	103	103	103	105	107	108	110	113	112	113
0:02:50.8	113	113	112	113	109	108	108	103	90	78	82	77
0:02:58.1	83	82	85	87	97	100	108	107	107	103	105	103
0:03:05.6	100	105	105	104	102	101	96	96	93	95	92	98
0:03:12.9	99	99	103	102	104	106	103	106	105	101	102	107
0:03:19.9	108	112	108	112	115	113	113	113	109	107	110	107
0:03:26.4	107	106	107	107	108	109	111	110	111	113	111	111
0:03:33.0	109	109	106	106	106	107	108	111	113	112	113	116
0:03:39.6	115	115	115	115	113	113	112	113	101	100	103	101
0:03:46.2	102	103	103	107	109	111	113	114	113	114	114	115
0:03:52.7	115	112	109	107	106	103	104	101	99	97	99	102
0:03:59.7	106	108	111	116	114	115	115	111	103	99	99	79
0:04:06.6	83	83	87	89	95	93	92	97	96	99	100	100
0:04:14.4	99	100	101	103	100	101	97	96	96	101	101	104
0:04:21.6	106	107	108	110	112	111	110	111	111	111	111	110

Kişi	abdurrahman kayis	Tarih	05 10 2008	Nabız Ortalama	102 bpm
Egzersiz	Free	Zaman	10 47 46	Nabız Maksimum	126 bpm
Spor	Koçu	Süre	1:12:22.2		
Not				Seçim	0:00:04 - 1:12:26 (1:12:22.2)

Şekil 3.20 Kalp atım değerlerinin liste görünümü

Polar saat göğüs bandının aldığı değerleri depolarken titreşimler sebebiyle değerler normalden yüksek seviyeye ulaşabilmektedir. Yapılan çalışmada bu olumsuzluğun giderebilmesi için veriler sık sık listeler halinde Excel programına taşınmıştır. Daha sonra her çalışma periyodu için ortalama kalp atım değerinin bulunması için ilgili satırlar arasında kalan değerlerin ortalaması hesaplanmıştır. Her bir operatör için maksimum kalp atım değerinden küçük değerlerini ortalaması alınmıştır. Bir kişi için maksimum kalp atım değeri, aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir (Babalık 2005):

$$N_{maks} = 220 - Y$$

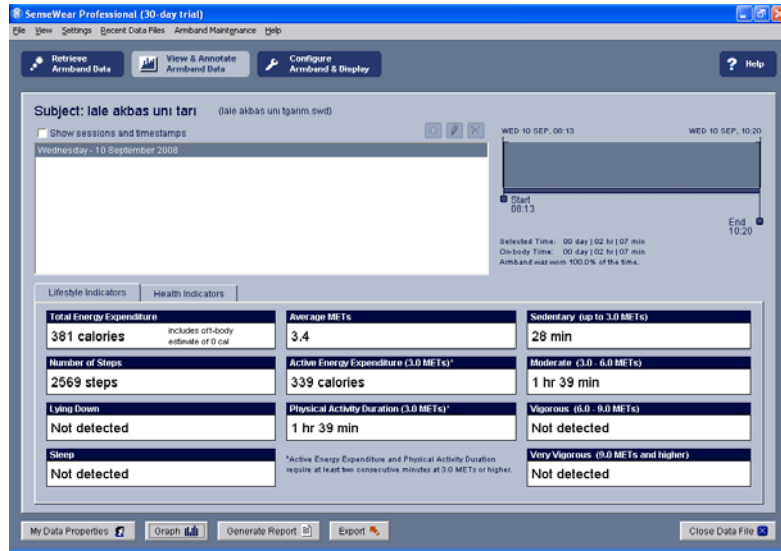
Eşitlikte;

N_{maks} : Maksimum nabız değeri (atım),

Y: Kişinin yaşıdır (yıl).

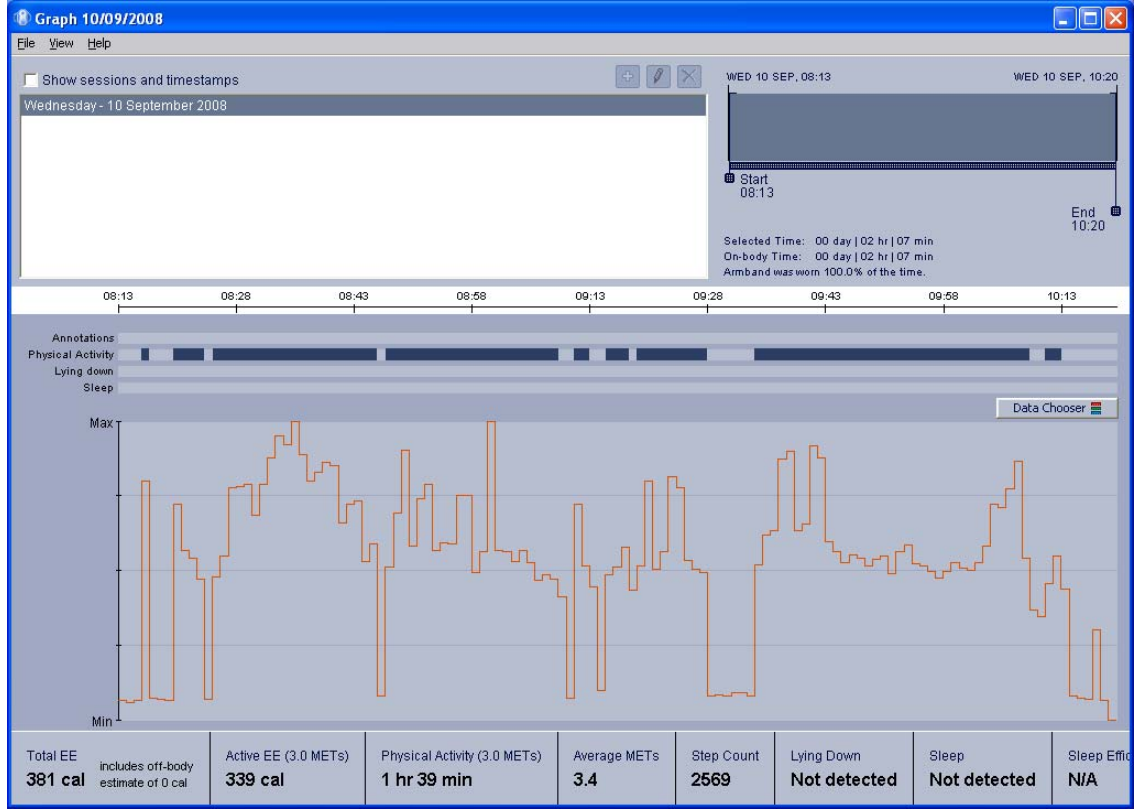
3.2.4 Enerji tüketiminin ölçümü

Elma hasadı sırasında işçilerin üzerine takılan cihazlar yardımıyla alınan veriler daha sonra bilgisayara aktarılmıştır. Sensewear Profesional 6.1 yazılımı ile bilgisayara yüklenen çalışma programında ilk ekran görüntüsü Şekil 3.21'deki gibi olmaktadır. Burada kişiden alınan veriler toplu olarak görülmektedir.



Şekil 3.21 Enerji tüketim değerlerinin genel görüntüsü

Şekil 3.21'de görülen grafik butonuna tıklandığında elde edilen veriler grafik halinde görülmektedir (Şekil 3.22).

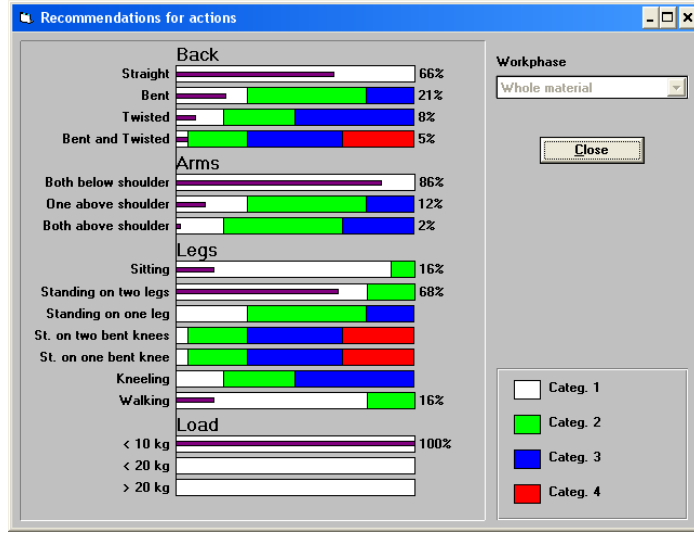


Şekil 3.22 Enerji tüketim değerlerinin grafik görüntüsü

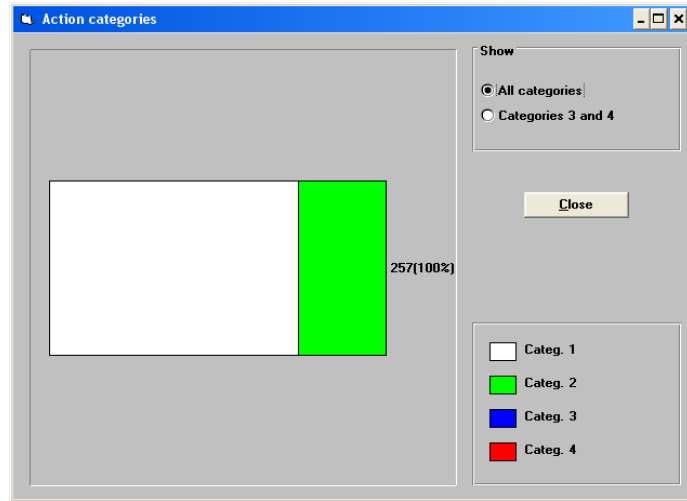
3.2.5 OWAS yöntemi

OWAS yöntemi ile elma hasat işçilerinin pozisyonlarının değerlendirilmesi için işçilerin çalışmaları bir video kamera ile kaydedilerek daha sonra detaylı olarak kare kare incelenmiştir.

Elde edilen bu görüntülerden yararlanılarak oluşturulan çalışma duruşlarına ilişkin bazı örnek kodlar Şekil 3.23’de görülmektedir.



Şekil 3.25 Çalışma duruşlarının vücut bölgelerine ve risk kategorilerine göre dağılımı



Şekil 3.26 Çalışma duruşlarının risk kategorilerine göre dağılımı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırma bulguları; elma hasadı yapan elma işçilerinin hasat yaptıkları illere göre yaş, boy, ağırlık ve MET's değerleri; işçilerin çalışmaları sırasındaki sıcaklık ve bağıl nem değeri bulguları; farklı çalışma saatlerindeki kalp atım değerleri; farklı çalışma saatlerindeki enerji tüketim değerleri ile OWAS yöntemine göre işçilerin çalışma duruşu kodları ve kategorileri şeklinde düzenlenmiştir.

4.1 Elma Hasat İşçilerinin Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular

Değişik boylarda elma ağaçlarının bulunduğu üç farklı ilde elma hasadı yapan işçilerin ölçülen yaş, boy, ağırlık ve MET's değerleri çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1 Elma hasat işçilerinin bazı fiziksel bulguları

İl	Kişi	Cinsiyet	Yaş (yıl)	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	Met's (kcal/saat/kg)
Niğde	N1	Kadın	21	162	52,0	3,4
	N2	Kadın	13	165	53,0	3,2
	N3	Erkek	27	174	56,0	5,2
Isparta	I1	Erkek	18	165	61,6	4,9
	I2	Erkek	31	167	57,4	4,3
	I3	Erkek	30	182	82,4	5,2
Afyon	A1	Erkek	31	173	96,0	4,3
	A2	Erkek	29	176	82,0	4,1
	A3	Erkek	32	171	75,0	3,9

4.1.1 Elma hasat işçilerinin yaşlarına ilişkin bulgular

Elma hasadında çalışan işçilerin yaşları ile ilgili elde edilmiş olan ve çizelge 4.1'de görülen veriler, tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiş ve çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Yaş ile iller arasındaki ilişki

İl	Veri sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
Niğde	3	20,33	4,06	13,00	27,00
Isparta	3	26,33	4,18	18,00	31,00
Afyon	3	30,67	0,88	29,00	32,00

Denemelerde il faktörünün Niğde, Isparta ve Afyon olmak üzere 3 seviyesi mevcuttur. Yapılan varyans analizi sonucunda yaş bakımından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0,178$). Bu nedenle illerde yaş bakımından benzer bireylerin denemeye alındığı söylenebilir.

4.1.2 Elma hasat işçilerinin boylarına ilişkin bulgular

Elma hasadında çalışan işçilerin boyları ile ilgili elde edilmiş olan ve çizelge 4.1’de görülen veriler, tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiş ve çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Boy ile iller arasındaki ilişki

İl	Veri sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
Niğde	3	167,00	3,61	162,00	174,00
Isparta	3	171,33	5,36	165,00	182,00
Afyon	3	173,33	1,45	171,00	176,00

Çalışan işçilerin boyları ile ilgili elde edilen gözlemler tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemede şehir faktörünün Niğde, Isparta ve Afyon olmak üzere 3 seviyesi bulunmaktadır. Yapılan varyans analizi sonucunda işçilerin boyları bakımından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0,526$). Bu nedenle boy bakımından benzer bireylerin denemeye alındığı söylenebilir.

4.1.3 Elma hasat işçilerinin ağırlıklarına ilişkin bulgular

Elma hasadında çalışan işçilerin ağırlıkları ile ilgili elde edilmiş olan ve çizelge 4.1’de görülen veriler, tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiş ve çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Ağırlık ile iller arasındaki ilişki

İl	Veri sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
Niğde	3	53,67 (B)	1,20	52,00	56,00
Isparta	3	67,13 (AB)	7,73	57,40	82,40
Afyon	3	84,33 (A)	6,17	75,00	96,00

(* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır, $p < 0.05$)

Elma hasadında çalışan işçilerin ağırlıkları açısından elde edilen gözlemler tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemede il faktörünün Niğde, Isparta ve Afyon olmak üzere 3 seviyesi mevcuttur. Yapılan varyans analizi sonucunda ağırlık bakımından şehirlerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p=0,026$). Farklı şehirlerin tespiti için yapılan DUNCAN testi sonucunda; Niğde ile Afyon illeri arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuş olup, Isparta ise Niğde ve Afyon ile benzerlik göstermektedir. Bu nedenle ağırlık bakımından farklı bireylerin denemeye alındığı söylenebilir.

4.1.4 Elma hasat işçilerinin MET’s değerlerine ilişkin bulgular

Elma hasadında çalışan işçilerin MET’s değerleri ile ilgili elde edilmiş olan ve çizelge 4.1’de görülen veriler, tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiş ve sonuçlar çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 MET's değeri ile iller arasındaki ilişki

İl	Veri Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
Niğde	3	3,93	0,64	3,20	5,20
Isparta	3	4,80	0,27	4,30	5,20
Afyon	3	4,10	0,12	3,90	4,30

Elma hasat işçilerine ilişkin elde edilen MET's değerleri tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemede il faktörünün Niğde, Isparta ve Afyon olmak üzere 3 seviyesi mevcuttur. Yapılan varyans analizi sonucunda MET's değerleri bakımından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0,339$) Bu nedenle MET's bakımından benzer bireylerin denemeye alındığı söylenebilir.

4.2 Elma Hasat Ortamına İlişkin Bulgular

Elma hasadının yapıldığı elma bahçelerinde olanaklar ölçüsünde işçilerin hasat yaptığı sırada sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve havanın bağıl nem değerleri (%) yalnızca çalışma periyotlarında ölçülmüştür. Kişiler dinlenme sürelerini arazideki gölge alanlarda geçirdiklerinden dinlenme sırasında hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri ölçülmemiştir.

4.2.1 Elma hasat ortamının sıcaklık değerlerine ilişkin bulgular

Her üç ilde hasat yapıldığı sırada eş zamanlı olarak çalışma saatlerinde elma bahçesinde ölçülen ortalama sıcaklık değerleri çizelge 4.6'da verilmiştir.

Tüm çalışma süreleri içinde; sıcaklık ortalamaları Niğde ilinde $30,7^{\circ}\text{C}$, Isparta ilinde 24°C ve Afyon ilinde $19,6^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6 Elma hasat ortamında çalışma saatlerinde ölçülen sıcaklık (°C) değerleri

İl	Kişi	Çalışma Saatleri			
		09:00-10:05	10:20-11:25	14:00-15:05	15:20-16:25
Niğde	N1	23,27±0,90	29,33±1,10	33,43±0,97	26,73±2,54
	N2	28,77±1,03	31,97±0,59	36,33±1,21	28,53±0,60
	N3	28,27±0,64	32,87±0,67	37,10±0,78	31,90±0,61
Isparta	I1	21,33±0,95	24,37±1,97	27,33±1,00	22,77±1,36
	I2	21,93±1,10	24,30±1,04	27,60±1,38	22,73±1,27
	I3	22,30±0,90	24,37±0,76	26,67±1,76	22,70±1,15
Afyon	A1	15,77±1,39	18,87±0,31	22,90±1,41	21,03±1,40
	A2	15,20±0,95	18,57±1,10	24,07±0,61	19,70±1,05
	A3	15,50±1,20	19,33±0,90	24,33±1,55	19,90±2,10

4.2.2 Elma hasat ortamının bağıl nem değerlerine ilişkin bulgular

Hasat yapıldığı sırada eş zamanlı olarak çalışma saatlerinde elma bahçesinde ölçülen ortalama bağıl nem değerleri çizelge 4.7’de verilmiştir.

Tüm çalışma süreleri içinde; bağıl nem değerlerinin ortalamaları Niğde ilinde %26,5, Isparta ilinde %26,1 ve Afyon ilinde %23,1 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.7 Elma hasat ortamında çalışma saatlerinde ölçülen bağıl nem (%) değerleri

İl	Kişi	Çalışma Saati			
		09:00-10:05	10:20-11:25	14:00-15:05	15:20-16:25
Niğde	N1	28,50±2,01	18,87±0,82	14,20±0,95	18,30±0,63
	N2	34,03±2,53	28,97±1,43	23,30±1,60	29,83±0,42
	N3	34,17±1,91	30,13±1,92	27,73±0,76	30,63±0,61
Isparta	I1	27,60±0,97	24,70±0,90	23,73±1,82	28,10±2,14
	I2	27,57±0,91	25,83±1,89	23,90±1,51	28,00±1,30
	I3	27,63±0,76	24,63±1,43	23,77±0,49	27,97±1,27
Afyon	A1	24,63±1,24	22,23±0,96	20,60±1,54	22,53±1,70
	A2	26,50±0,76	24,67±0,50	17,80±1,25	24,03±1,36
	A3	26,70±0,46	24,60±0,70	18,60±0,85	24,30±1,37

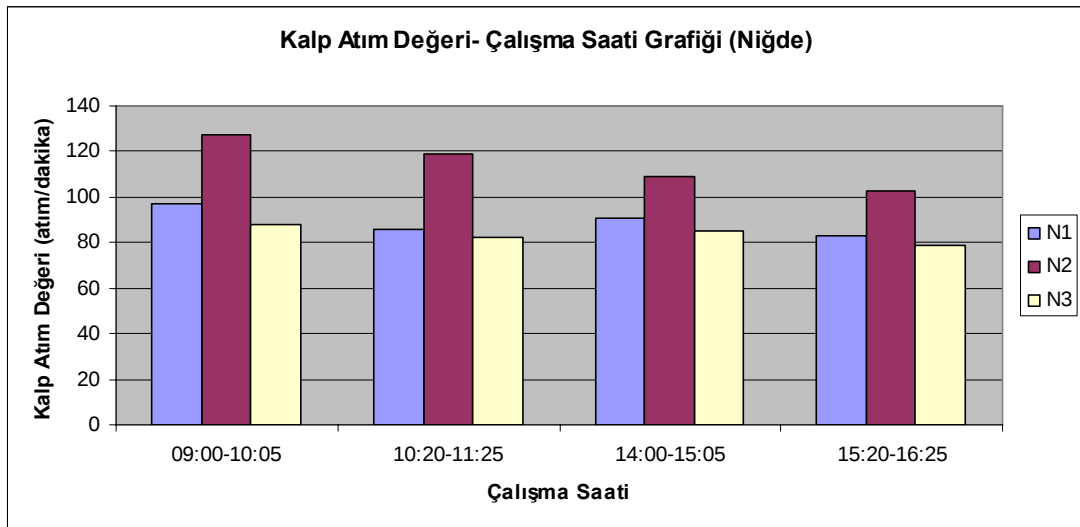
4.3 Elma Hasat İşçilerinin Kalp Atım Değerlerine İlişkin Bulgular

Elma hasadı sırasında takılan cihazlar yardımıyla işçilere ve farklı çalışma saatlerine göre ölçülen ortalama kalp atım sayısı değerleri (atım dak^{-1}) çizelge 4.8’de görülmektedir.

Çizelge 4.8 Çalışma saatlerinde ölçülen kalp atım sayısı (atım dak^{-1}) değerleri

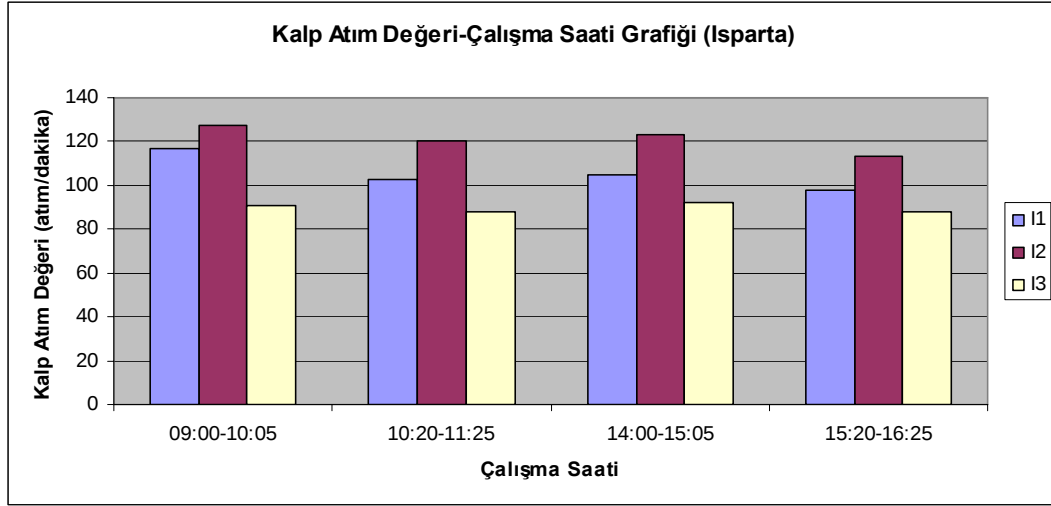
İl	Kişi	Çalışma Saati			
		09:00-10:05	10:20-11:25	14:00-15:05	15:20-16:25
Niğde	N1	97 $\pm$ 5,03	86 $\pm$ 4,16	91 $\pm$ 3,22	83 $\pm$ 4,58
	N2	127 $\pm$ 4,51	119 $\pm$ 4,16	109 $\pm$ 3,61	103 $\pm$ 5,03
	N3	88 $\pm$ 1,53	82 $\pm$ 1,53	85 $\pm$ 1,53	79 $\pm$ 1,16
Isparta	I1	117 $\pm$ 5,03	103 $\pm$ 5,03	105 $\pm$ 12,06	98 $\pm$ 12,01
	I2	127 $\pm$ 6,43	120 $\pm$ 4,73	123 $\pm$ 2,52	113 $\pm$ 2,08
	I3	91 $\pm$ 2,08	88 $\pm$ 2,31	92 $\pm$ 3,04	88 $\pm$ 2,31
Afyon	A1	95 $\pm$ 2,52	82 $\pm$ 4,58	85 $\pm$ 2,03	79 $\pm$ 1,02
	A2	102 $\pm$ 4,00	91 $\pm$ 4,73	86 $\pm$ 7,23	76 $\pm$ 6,25
	A3	102 $\pm$ 6,03	90 $\pm$ 6,81	91 $\pm$ 4,93	83 $\pm$ 5,29

Çizelge 4.8’de verilen değerlerden yararlanılarak; şekil 4.1’de Niğde ili için elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerlerinin değişim grafikleri elde edilmiştir.



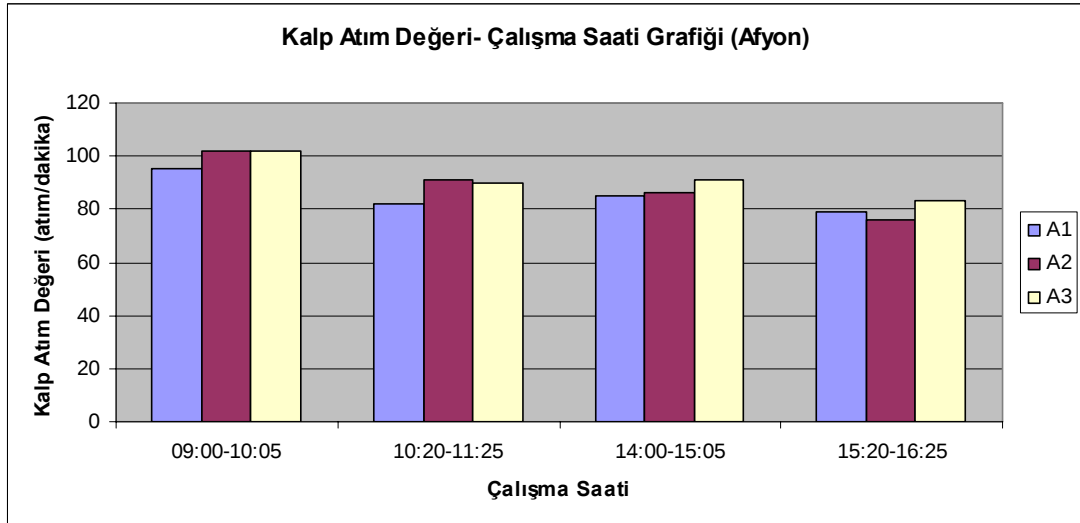
Şekil 4.1 Niğde ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerleri

Çizelge 4.8’de verilen değerlerden yararlanılarak; şekil 4.2’de Isparta ili için elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerlerinin değişim grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 4.2 Isparta ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerleri

Çizelge 4.8’de verilen değerlerden yararlanılarak; şekil 4.3’de Afyon ili için elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerlerinin değişim grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 4.3 Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerleri

4.3.1 Kalp atım değerlerinin çalışma saatlerine göre değişimi

Elma hasadında çalışan işçilerin çalışma saatlerinin kalp atım değerlerine etkisinin belirlenmesi için faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi yapılmıştır. Denemede şehir faktörünün Niğde (N), Isparta (I) ve Afyon (A) olmak üzere 3 seviyesi ve çalışma saati faktörünün 09:00-10:05, 10:20-11:25, 14:00-15:05 ve 15:20-16:25 olmak üzere 4 seviyesi mevcuttur. Tekrarlanan ölçümler çalışma saati faktörünün farklı seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda, kalp atım değeri bakımından çalışma saatleri arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p=0.000$). Yapılan Duncan testi sonucuna göre elde edilen kalp atım değeri ile çalışma saati arasındaki istatistik sonuçları çizelge 4.9’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.9 Çalışma saatleri ile kalp atım değerleri arasındaki ilişki

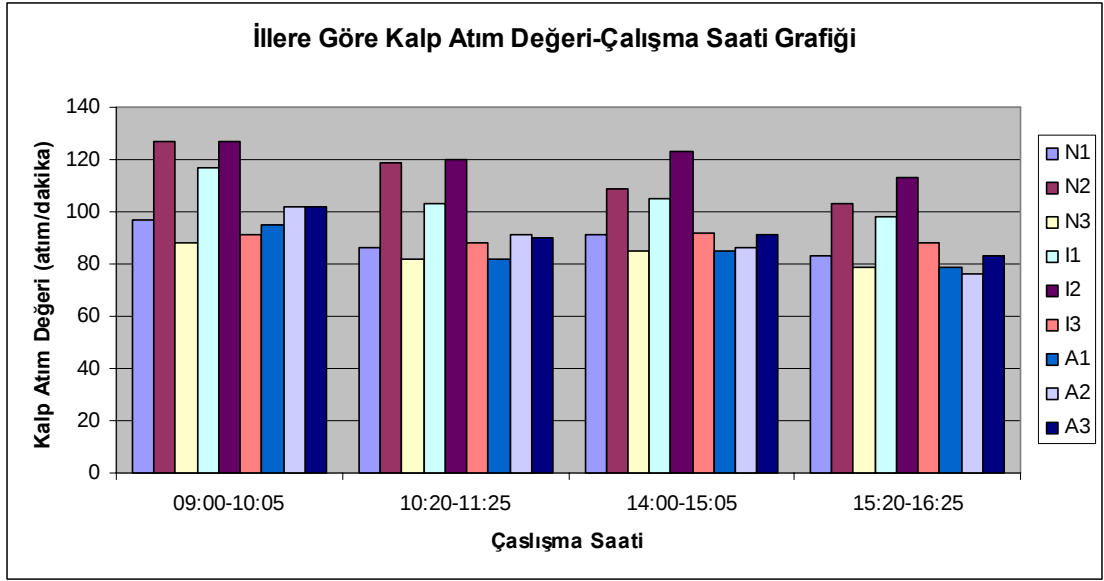
Çalışma Saati	Veri sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
09:00-10:05	9	105,11 (A)	4,97	88,00	127,00
10:20-11:25	9	95,67 (B)	4,96	82,00	120,00
14:00-15:05	9	96,33 (B)	4,39	85,00	123,00
15:20-16:25	9	89,11 (C)	4,24	76,00	113,00

(*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır, $p<0.01$)

Çizelge 4.9’dan da görülebileceği gibi saat 09:00’dan 16:25’e ilerledikçe bireylerin kalp atım değeri azalmaktadır. Ancak 10:20-11:25 ile 14:00-15:05 çalışma aralıklarındaki kalp atım değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Çalışma saatleri ilerledikçe kalp atım değerinin düşmesinin nedeni olarak, hava sıcaklığının artması ve işçinin zaman geçtikçe yorulması söylenebilir.

4.3.2 Kalp atım değerlerinin illere göre değişimi

Çizelge 4.8’de verilen değerlerden yararlanılarak; Niğde, Isparta ve Afyon illerindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre kalp atım değerlerinin değişim grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Niğde, Isparta ve Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin saatlere göre kalp atım değerleri

Elma hasadı yapan işçilerin kalp atım değerlerinin illere göre değişiminin belirlenmesi için yapılan varyans analizi sonucunda, bireylerin kalp atım değeri bakımından iller arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0.354$). Elde edilen sonuçlar çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Kalp atım değerleri ile iller arasındaki ilişki

İl	Veri sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
Niğde	12	95,75	4,50	79,00	127,00
Isparta	12	105,42	4,11	88,00	127,00
Afyon	12	88,50	2,40	76,00	102,00

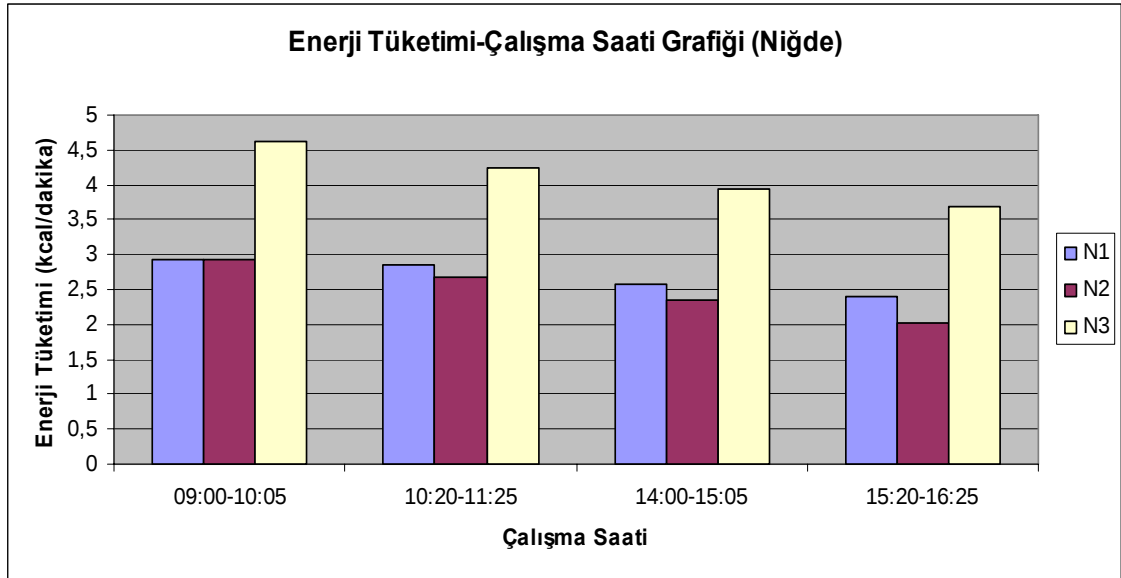
4.4 Elma Hasat İşçilerinin Enerji Tüketim Değerlerine İlişkin Bulgular

Elma hasadı sırasında takılan cihazlar yardımıyla işçilere ve farklı çalışma saatlerine göre ölçülen ortalama enerji tüketimi değerleri (kcal/dakika) çizelge 4.11’de görülmektedir.

Çizelge 4.11 Çalışma saatlerinde ölçülen enerji tüketim (kcal/dakika) değerleri

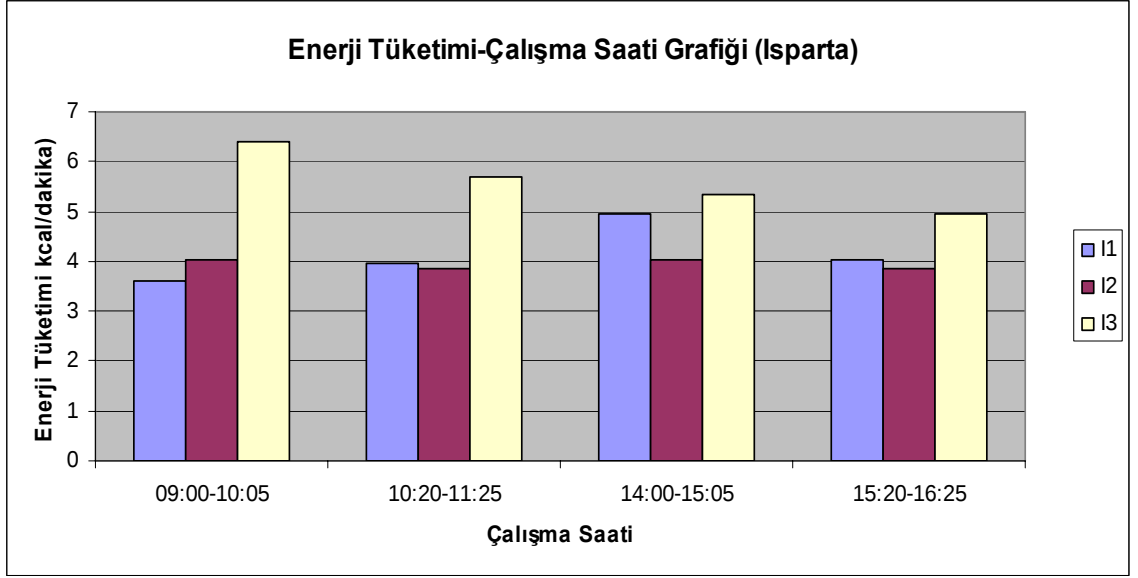
İl	Kişi	Çalışma Saati			
		09:00-10:05	10:20-11:25	14:00-15:05	15:20-16:25
Niğde	N1	2,92±0,13	2,85±0,28	2,57±0,20	2,41±0,18
	N2	2,93±0,08	2,68±0,05	2,34±0,23	2,02±0,10
	N3	4,61±0,08	4,23±0,08	3,94±0,14	3,68±0,16
Isparta	I1	3,59±0,47	3,97±0,62	4,96±0,36	4,04±0,25
	I2	4,02±0,09	3,87±0,14	4,03±0,11	3,84±0,19
	I3	6,39±0,64	5,69±0,51	5,33±0,10	4,96±0,15
Afyon	A1	6,08±0,64	5,63±0,09	5,11±0,13	5,34±0,09
	A2	5,34±0,13	4,89±0,27	4,81±0,32	4,48±0,18
	A3	4,85±0,29	4,37±0,25	4,25±0,12	3,94±0,08

Çizelge 4.11’de verilen değerlerden yararlanılarak; Niğde ili için elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişim grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.5).



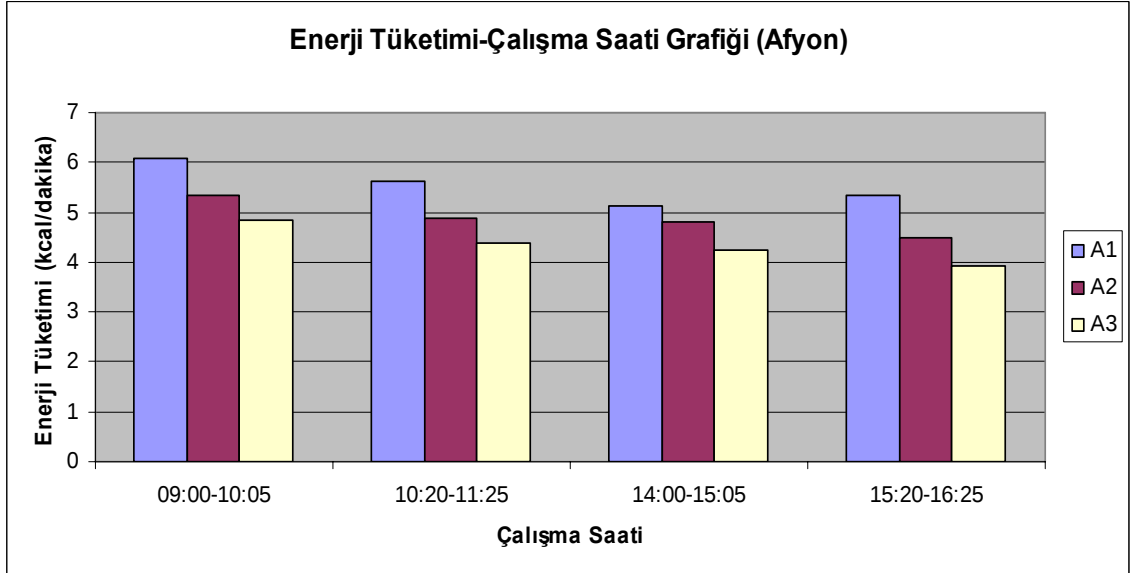
Şekil 4.5 Niğde ilindeki elma hasat işçilerinin saatlere göre enerji tüketim değerlerinin değişimi

Çizelge 4.11’de verilen değerlerden yararlanılarak; Isparta ili için elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişim grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Isparta ilindeki elma hasat işçilerinin saatlere göre enerji tüketim değerlerinin değişimi

Çizelge 4.11’de verilen değerlerden yararlanılarak; Afyon ili için elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişim grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin saatlere göre enerji tüketim değerlerinin değişimi

4.4.1 Enerji tüketim değerlerinin çalışma saatlerine göre değişimi

Enerji tüketimi bakımından elde edilen değerler faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemede il faktörünün Niğde (N), Isparta (I) ve Afyon (A) olmak üzere 3 seviyesi ve çalışma saati faktörünün 09:00-10:05, 10:20-11:25, 14:00-15:05 ve 15:20-16:25 olmak üzere 4 seviyesi mevcuttur. Tekrarlanan ölçümler çalışma saati faktörünün farklı seviyelerinde gerçekleştirilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda bireylerin enerji tüketimi bakımından çalışma saatleri arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p=0.004$). Gruplar arasındaki farkın saptanması için yapılan Duncan testi sonucuna göre enerji tüketimleri ile çalışma saatleri arasındaki istatistik sonuçlar çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Enerji tüketimleri ile çalışma saati arasındaki ilişki

Çalışma Saati	Veri sayısı	Ortalama*	Standart Sapma	Min.	Maks.
09:00-10:05	9	4,53 (A)	0,42	2,92	6,39
10:20-11:25	9	4,24 (AB)	0,36	2,68	5,69
14:00-15:05	9	4,15 (AB)	0,36	2,34	5,33
15:20-16:25	9	3,86 (B)	0,36	2,02	5,34

(*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır, $p<0.01$)

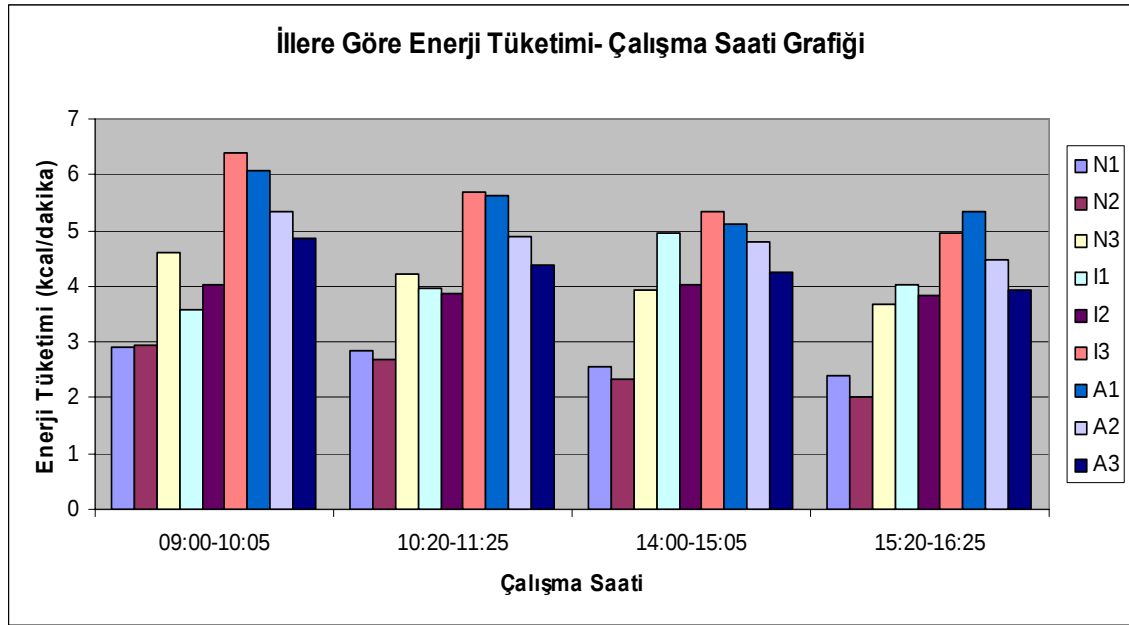
4.4.2 Enerji tüketim değerlerinin illere göre değişimi

Yapılan varyans analizi sonucunda bireylerin enerji tüketim değerleri bakımından iller arasındaki farklar çizelge 4.13’den de görüldüğü gibi istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0.069$).

Çizelge 4.13 Enerji tüketimleri ile iller arasındaki ilişki

Şehir	Veri Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Maks
Niğde	12	3.10	0,24	2,02	4,61
Isparta	12	4,56	0,26	3,59	6,39
Afyon	12	4,92	0,18	3,94	6,08

Çizelge 4.11’de verilen değerlerden yararlanılarak hazırlanan Niğde, Isparta ve Afyon illerindeki elma hasat işçilerinin çalışma saatlerine göre enerji tüketim değerlerinin değişim grafiği şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8 Niğde, Isparta ve Afyon ilindeki elma hasat işçilerinin saatlere göre enerji tüketimi

4.5 Elma Hasat İşçilerinin OWAS Değerlerine İlişkin Bulgular

OWAS paket programı yardımıyla her işçi için 270 ve her ilde 810 olmak üzere toplam 2430 çalışma duruşu incelenmiştir. Elma hasadı sırasında yapılan kamera kayıtları ile çalışma duruşları incelenen ve iş ağırlığına göre kategorize edilen işçilere ilişkin OWAS paket programı ile Niğde ili için elde edilen değerler Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Niğde’de OWAS programı ile elde edilen değerler (K1: Kategori 1, K2: Kategori 2, K3: Kategori 3, K4: Kategori 4, DK: Duruş Kodu, DS: Duruş Sayısı)

KİŞİLER	KATEGORİLER								TOPLAM ÇALIŞMA DURUŞU SAYISI
	K1		K2		K3		K4		
	DK	DS	DK	DS	DK	DS	DK	DS	
N1	1121	80	2121	33					270
	1171	43	2111	24					
	1221	28	4121	12					
	1111	18	4111	2					
	3121	18							
	1321	7							
	3221	5							
N2	1121	146	2121	52					270
	1171	32							
	1221	23							
	1321	14							
	3121	3							
N3	1121	54	2121	28	2141	3			270
	1321	52	2131	24	2331	1			
	1221	35	4121	9					
	1171	23	2171	6					
	1231	9	2321	5					
	1131	6	2221	1					
	1271	6	4131	1					
	3121	4							
	1331	3							

Çizelge 4.14’den de görülebileceği gibi yapılan gözlemler arasında kategori 4’de hiç çalışma duruşu bulunmamakta, çalışma duruşlarının büyük çoğunluğu kategori 1’de olmakta, bunu sırasıyla kategori 2 ve kategori 3’deki çalışma duruşları izlemektedir. İşçiler arasında N2, N1 ve N3 sıralaması kategori 3’e doğru artışı göstermektedir.

Elma hasadı sırasında yapılan kamera kayıtları ile çalışma duruşu incelenen ve iş ağırlığına göre kategorize edilen işçilere ilişkin OWAS paket programı ile Isparta ili için elde edilen değerler çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Isparta’da OWAS programı ile elde edilen değerler (K1: Kategori 1, K2: Kategori 2, K3: Kategori 3, K4: Kategori 4, DK: Duruş Kodu, DS: Duruş Sayısı)

KİŞİLER	KATEGORİLER								TOPLAM ÇALIŞMA DURUŞU SAYISI
	K1		K2		K3		K4		
	DK	DS	DK	DS	DK	DS	DK	DS	
I1	1121	63	2121	26					270
	1171	19	2321	9					
	1221	40	4121	31					
	1271	1	2161	1					
	3121	27	2221	1					
	1321	16	4321	2					
	3221	9	3331	1					
	1331	1	4131	6					
	3131	6	4221	2					
	3321	7	4171	1					
	3232	1							
I2	1171	46	2121	32	2311	6	2351	14	270
	1172	12	4121	4	2151	1	4311	2	
	1121	49	2321	3					
	1211	4	2111	1					
	1321	42	2221	1					
	1221	39	4221	1					
	3121	6							
	3221	5							
	1311	1							
	3132	1							
I3	1321	56	2121	50			4151	10	270
	1121	40	2221	6			3151	6	
	1171	24	2321	6					
	1221	6	4121	30					
	3121	22	4221	2					
	3221	12							
	1371	1							
	3321	3							
	3111	1							

Çizelge 4.15’den izlenebileceği gibi, vücut zorlanmalarının çoğu kategori 1’de gerçekleşmiş, bunu azalarak kategori 2 izlemiştir. Isparta’da I2 ve I3 işçilerinde az da olsa kategori 3 ve kategori 4’de vücut zorlanmaları bulunmaktadır.

Elma hasadı sırasında yapılan kamera kayıtları ile çalışma duruşları incelenen ve iş ağırlığına göre kategorize edilen işçilere ilişkin OWAS paket programı ile Afyon ili için elde edilen değerler çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Afyon’da OWAS programı ile elde edilen değerler (K1: Kategori 1, K2: Kategori 2, K3: Kategori 3, K4: Kategori 4, DK: Duruş Kodu, DS: Duruş Sayısı)

KİŞİLER	KATEGORİLER								TOPLAM ÇALIŞMA DURUŞU SAYISI
	K1		K2		K3		K4		
	DK	DS	DK	DS	DK	DS	DK	DS	
A1	1121	72	2121	130					270
	1321	28	2321	10					
	3121	6	4121	6					
	1221	10	2221	2					
	1171	4							
	1231	2							
A2	1121	78	2121	127					270
	1321	26	2321	9					
	3121	3	4121	5					
	1221	5	2221	3					
	1171	3	4321	2					
	1231	1							
	1131	5							
	1271	3							
A3	1121	67	2121	134					270
	1321	29	2321	7					
	3121	7	4121	3					
	1221	3	2221	2					
	1171	6	4321	1					
	1231	2	2171	4					
	1131	3	4131	1					
	1271	1							

Çizelge 4.16’da görüldüğü gibi, Afyon’da kategori 3 ve kategori 4’de herhangi bir çalışma duruşuna rastlanmamıştır. Her üç işçi arasında da benzer durum söz konusudur.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Elma hasadında çalışan işçilerle ilgili yapılan çalışmanın bu kısmında; işçilerin fiziksel özellikleri, hasat ortamı, işçilerin kalp atım değerleri, enerji tüketim değerleri ve bunlara ilişkin varyans analizleri, OWAS değerleri ve gözleme dayalı sonuçlar yanında çalışmaya ilişkin önerilere yer verilmiştir.

5.1 Elma Hasat İşçilerinin Fiziksel Özellik Bulgularına İlişkin Sonuçlar

Elma hasat işçilerinin bazı fiziksel özelliklerine ilişkin bulguların değerlendirilmesinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Hasatta çalışan işçilerin yaş ortalamaları iller açısından değerlendirildiğinde, en düşük yaş ortalaması $20,33 \pm 4,06$ ile Niğde’de, en yüksek yaş ortalaması ise $30,67 \pm 0,88$ ile Afyon’da olmuştur. Yapılan varyans analizi sonucunda, yaş bakımından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0,178$). Bu nedenle illerde şehirlerde yaş açısından benzer bireylerin denemeye alındığı söylenebilir.
- Elma hasadında çalışan işçilerin boy ortalamaları iller açısından incelendiğinde, en düşük boy ortalaması $167,00 \pm 3,61$ cm ile Niğde ilinde, en yüksek boy ortalaması ise $173,33 \pm 1,45$ cm ile Afyon ilinde elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, boy bakımından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p=0,526$). Bu nedenle boy bakımından benzer bireylerin denemeye alındığı söylenebilir.
- Elma hasadında çalışan deneklerin ağırlıkları ortalamaları iller açısından değerlendirildiğinde, en düşük ağırlık ortalaması $53,67 \pm 1,20$ kg ile Niğde’de ve en yüksek ağırlık ortalaması ise $84,33 \pm 6,17$ kg ile Afyon ilinde elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, işçilerin ağırlıkları açısından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p=0,026$). Bu nedenle kilo bakımından denemeye alınan işçilerin birbirinden farklı olduğu söylenebilir.
- Elma hasadında MET’s ortalama değerleri iller açısından ele alındığında, en düşük MET’s ortalaması $3,93 \pm 0,64$ ile Niğde ilinde, en yüksek MET’s ortalama değeri ise

4,80±0,27 ile Isparta ilinde elde gerçekleştirilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucundai, çalışanların MET's değerleri açısından illerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır (p=0,339). Bu nedenle MET's değerleri yönünden benzer işçilerin denemeye alındığı söylenebilir.

5.2 Elma Hasat İşçilerinin Kalp Atım Değerleri Bulgularına İlişkin Sonuçlar

Niğde ilinde elma hasadında çalışan işçilerin kalp atım değerleri ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- N1 işçisi için en düşük kalp atım değeri, 78 atım dak⁻¹ olarak 15:20-15:35 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 29,5°C ve ortalama bağıl nem %18,8); en yüksek 102 atım dak⁻¹ olarak 09:00-09:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 23,2°C ve ortalama bağıl nem %28,7) gerçekleşmiştir. Bu işçi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri 83±4,58 atım dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri 97±5,03 atım dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada elde edilmiştir.
- N2 işçisi için kalp atım değeri, en düşük 98 atım dak⁻¹ olarak 15:45-16:00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 28,6°C ve ortalama bağıl nem %30,3); en yüksek 132 atım dak⁻¹ olarak 09:25-09:40 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 27,9°C ve ortalama bağıl nem %36,3) olmuştur. N2 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri 103±5,03 atım dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri 127±4,51 atım dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- N3 işçisi için kalp atım değeri, en düşük 78 atım dak⁻¹ olarak 16:10-16:25 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 32,2°C ve ortalama bağıl nem %30,1) ; en yüksek 90 atım dak⁻¹ olarak 09:50-10:05 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 28,0°C ve ortalama bağıl nem %33,5) olmuştur. N3 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri 79±1,16 atım dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri 88±1,53 atım dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.

Görüldüğü gibi Niğde'deki elma bahçelerinde hasat yapan işçiler çalışma başlangıcında (9:00-10:05) en yüksek ve çalışma sonunda (15:20-16:25) en düşük ortalama kalp atım değerleri göstermişlerdir.

Isparta ilinde yapılan elma hasadında işçilerden alınan kalp atım değerlerine ilişkin sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- I1 kodlu işçi için kalp atım değeri en düşük 86 atım dak^{-1} olarak 15:20-15:35 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,5°C, ortalama bağıl nem %25,7); en yüksek 122 atım dak^{-1} olarak 09:00-09:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,3°C ve ortalama bağıl nem %26,9) olmuştur. I1 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri $98 \pm 12,01$ atım dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri $117 \pm 5,03$ atım dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- I2 kodlu işçi için kalp atım değeri, en düşük 111 atım dak^{-1} olarak 15:45-16:00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,6°C ve ortalama bağıl nem %26,5), en yüksek 134 atım dak^{-1} olarak 09:25-09:40 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,4°C ve ortalama bağıl nem %27,2) gerçekleşmiştir. I2 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri $113 \pm 2,08$ atım dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri $127 \pm 6,43$ atım dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- I3 işçisi için kalp atım değeri, en düşük 85 atım dak^{-1} olarak 11:10-11:25 saatleri arasında (Ortalama sıcaklık 24,7 °C ve ortalama bağıl nem %26,2); en yüksek 95 atım dak^{-1} olarak 14:50-15:05 saatleri arasında (Ortalama sıcaklık 28,3 °C ve ortalama bağıl nem %23,2) ölçülmüştür. I3 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri $88 \pm 2,31$ atım dak^{-1} olarak 10:20-11:25 ve 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri $92 \pm 3,04$ atım dak^{-1} olarak 14:00-15:05 saatleri arasında çalışmada elde edilmiştir.

Isparta'da elma hasadında çalışan işçiler arasında kalp atım değerleri yönünden değerler çalışma başlangıcında yüksek ve çalışma sonunda düşük olmuştur. I3 kodlu işçi ise bu genellemeye uymamıştır.

Afyon’da elma hasadında çalışan işçilerden alınan kalp atım değerlerine ilişkin sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- A1 işçisinin kalp atım değerleri, en düşük 78 atım dk^{-1} ile 10:20-10:35 ve 15:20-15:35 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $22,4^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %24,2) ve en yüksek 97 atım dk^{-1} olarak 09:00-09:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $15,4^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %25,3) olarak bulunmuştur. A1 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri $79 \pm 1,02$ atım dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri $95 \pm 2,52$ atım dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada elde edilmiştir.
- A2 işçisinin kalp atım değerleri, en düşük 71 atım dak^{-1} olarak 15:45-16:00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $18,7^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %25,3), en yüksek 106 atım dak^{-1} olarak 09:25-09:40 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $16,1^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %25,8) olmuştur. A2 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri $76 \pm 6,25$ atım dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri $102 \pm 4,00$ atım dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada elde edilmiştir.
- A3 kodu verilen işçinin kalp atım değerleri, en düşük 77 atım dak^{-1} olarak 16:10-16:25 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $17,6^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %25,5), en yüksek 108 atım dk^{-1} olarak 09:50-10:05 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $15,5^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %27,1) olarak gerçekleşmiştir. A3 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama kalp atım değeri $83 \pm 5,29$ atım dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama kalp atım değeri $102 \pm 6,03$ atım dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada elde edilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlara göre, Afyon’da elma hasadında çalışan işçiler arasında çalışma saatlerine göre kalp atım değerleri yönünden çalışma başlangıcında en yüksek, çalışmanın son diliminde ise en düşük değerler elde edilmiştir.

5.3 Hasat İşçilerinin Enerji Tüketim Değeri Bulgularına İlişkin Sonuçlar

Niğde ilinde elma hasadında çalışan işçilerin enerji tüketim değerleri ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- N1 işçisi için enerji tüketim değeri, en düşük 2,21 kcal dak⁻¹ olarak 15:20-15:35 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 24,5°C, ortalama bağıl nem %18,5), en yüksek 3,12 kcal dak⁻¹ olarak 10:20-10:35 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 30,2°C ve ortalama bağıl nem %19,8) saptanmıştır. N1 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 2,41±0,18 kcal dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri 2,92±0,13 kcal dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- N2 işçisi için enerji tüketim değeri, en düşük 1,92 kcal.dak⁻¹ olarak 15:45-16:00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 29,1°C ve ortalama bağıl nem %29,7); en yüksek 3,02 kcal.dak⁻¹ olarak 09:25-09:40 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 27,9°C ve ortalama bağıl nem %36,3) ölçülmüştür. N2 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 2,02±0,10 kcal dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri 2,93±0,08 kcal dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- N3 işçisi için enerji tüketim değeri, en düşük 3,56 kcal dak⁻¹ olarak 16:10-16:25 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 31,2°C, ortalama bağıl nem %31,3); en yüksek 4,68 kcal dak⁻¹ olarak 09:50-10:05 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 28,0°C ve ortalama bağıl nem %33,5) olmuştur. N3 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 3,68±0,16 kcal dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri 4,61±0,08 kcal dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada olmuştur.

Bu sonuçlara göre, Niğde'deki elma bahçelerinde hasat yapan işçiler çalışma başlangıcında (9:00-10:05) en yüksek ve çalışma sonunda (15:20-16:25) en düşük ortalama enerji tüketim değerleri göstermişlerdir.

Isparta ilinde elma hasadında çalışan işçilerden alınan enerji tüketim değerlerine ilişkin sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- I1 kişisi için enerji tüketim değeri, en düşük 3,20 kcal dak⁻¹ olarak 09:00-09:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,3°C ve ortalama bağıl nem %26,9), en yüksek 5,24 kcal dak⁻¹ olarak 14:00-14:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 27,4°C ve ortalama bağıl nem %24,3) olarak elde edilmiştir. I1 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 3,59±0,47 kcal dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri 4,96±0,36 kcal dak⁻¹ olarak 14:00-15:05 saatleri arasında çalışmada olmuştur.
- I2 kodlu elma hasat işçisi için enerji tüketim değeri, en düşük 3,72 kcal dak⁻¹ olarak 15:45-16:00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,6°C ve ortalama bağıl nem %26,5), en yüksek 4,14 kcal dak⁻¹ olarak 14:25-14:40 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 29,1°C ve ortalama bağıl nem %25,3) olmuştur. I2 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 3,84±0,19 kcal dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri 4,03±0,11 kcal dak⁻¹ olarak 14:00-15:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- I3 işçisi için enerji tüketim değeri, en düşük 4,83 kcal dak⁻¹ olarak 16:10-16:25 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 23,9°C ve ortalama bağıl nem %28,6); en yüksek 7,12 kcal dk⁻¹ olarak 09:50-10:05 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 22,3°C ve ortalama bağıl nem %27,3) olarak ölçülmüştür. I3 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 4,96±0,15 kcal dak⁻¹ olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri 6,39±0,64 kcal dak⁻¹ olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.

Afyon'da elma hasadında çalışan işçilerin ölçülen enerji tüketim değerlerine ilişkin sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- A1 işçisi için enerji tüketim değerleri, en düşük 4,98 kcal dk⁻¹ olarak 14:00-14:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 21,4°C ve ortalama bağıl nem %22,3), en yüksek 6,82 kcal dak⁻¹ olarak 09:00-09:15 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 14,6°C ve ortalama bağıl nem %25,4) olmuştur. A1 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri 5,11±0,13 kcal dak⁻¹ olarak 14:00-

15:05 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri $6,08 \pm 0,64$ kcal dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.

- A2 işçisi için enerji tüketim değerleri, en düşük $4,27$ kcal dak^{-1} olarak 15:45-16:00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $20,8^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %22,6), en yüksek $5,47$ kcal dak^{-1} olarak 09:25-09:40 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $14,2^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %26,4) olarak gerçekleşmiştir. A2 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri $4,48 \pm 0,18$ kcal dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri $5,34 \pm 0,13$ kcal dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.
- A3 işçisi için enerji tüketim değerleri, en düşük $3,86$ kcal dak^{-1} olarak 16:10-16:25 saatleri arasında (ortalama sıcaklık $20,4^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %24,6), en yüksek $5,13$ kcal dak^{-1} olarak 09:50-10:05 saatleri arasında (Ortalama sıcaklık $16,7^{\circ}\text{C}$ ve ortalama bağıl nem %26,8) olarak ölçülmüştür. A3 işçisi için çalışma saatleri arasında en düşük ortalama enerji tüketim değeri $3,94 \pm 0,08$ kcal dak^{-1} olarak 15:20-16:25 saatlerinde ve en yüksek ortalama enerji tüketim değeri $4,85 \pm 0,29$ kcal dak^{-1} olarak 9:00-10:05 saatleri arasında çalışmada gerçekleşmiştir.

5.4 Varyans Analizi Sonuçları

Niğde, Isparta ve Afyon illerinde çalışan elma hasat işçilerinin kalp atımı ve enerji tüketimi değerleri aritmetik ortalamaları ile ilgili yapılan varyans analizlerine ilişkin şu sonuçlara varılmıştır:

- Üç ilde çalışan tüm işçilerin kalp atım değerleri, çalışma saatleri açısından değerlendirildiğinde en düşük kalp atım değeri $89,11 \pm 4,24$ atım dak^{-1} ile 15:20-16:25 saatleri arasında, en yüksek enerji tüketimi değeri ise $105,11 \pm 4,97$ atım dak^{-1} ile 09:00-10:05 saatleri arasında gerçekleşmiştir. Kalp atım değerleri açısından çalışma saatleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p=0,000$). Sabah çalışma başlangıcında kalpatım değerleri yüksek, çalışmanın son saatlerinde ise düşük olmuştur. Çalışma saatleri ilerledikçe kalp atım değerlerinin düşmesinin nedeni, hava sıcaklığının artması ve çalışanların ilerleyen zamanda giderek yorgunluğunun artması olarak açıklanabilir.

- Elma hasat işçilerinin kalp atım değerlerinin illere göre değişimi arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p=0,354$). En düşük kalp atım değeri $88,50 \pm 2,40$ atım dak^{-1} ile Afyon ilinde, en yüksek kalp atım değeri ise $105,42 \pm 4,11$ atım dak^{-1} ile Isparta ilinde elde edilmiştir.
- Her üç ilde çalışan tüm işçilerin enerji tüketimi değerleri çalışma saatleri açısından değerlendirildiğinde en düşük enerji tüketimi değeri $3,86 \pm 0,36$ kcal dak^{-1} ile 15:20-16:25 saatleri arasında, en yüksek enerji tüketimi değeri ise $4,26 \pm 0,42$ kcal dak^{-1} ile 09:00-10:05 saatleri arasında elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre işçilerin enerji tüketim değerleri, çalışma saatleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p=0,004$). Duncan testi sonucunda çalışmanın başlangıcı (9:00-10:05) ile çalışmanın sonu (15:20-16:25) arasındaki fark önemlidir. Çalışma saatlerinin sonlarına doğru enerji tüketim değerleri artmaktadır. Bunun başlıca nedeni işçilerin giderek yorgunluklarının artmasıdır. Bunun yanında hava sıcaklığı ile bu saatlerde işçilerin acıkmaları da etkili olmuştur.
- Enerji tüketimi değeri şehirler açısından incelendiğinde en düşük enerji tüketimi değeri $3,10 \pm 0,24$ kcal dak^{-1} ile Niğde ilinde, en yüksek enerji tüketimi değeri ise $4,92 \pm 0,18$ kcal dk^{-1} Afyon ilinde elde edilmiştir. İller arasındaki farklar önemli bulunmamıştır ($p=0,069$).

5.5 İşçilerin OWAS Değerleri Bulgularına İlişkin Sonuçlar

Niğde, Isparta ve Afyon'da elma hasadında çalışan işçilerin hasat sırasında yaptıkları çalışma duruşlarının OWAS paket programı yardımıyla her işçi için 270 ve her ilde 810 olmak üzere toplam 2430 çalışma duruşu incelenerek elde edilen bulguların değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Her üç ilde çalışan elma hasat işçilerinin çalışma duruşlarının %62,9'u Kategori 1, %35,3'ü Kategori 2'de, %1,3'ü Kategori 3'de ve %0,5'i Kategori 4'de yer almıştır.
- Niğde ilinde çalışma duruşlarının %75,2'si Kategori 1, %24,3'ü Kategori 2'de, %0,5'i Kategori 3'de yer almış, Kategori 4'de herhangi bir çalışma duruşu gözlemlenmemiştir.

- Isparta’da hasatta çalışma duruşlarının %68,5’i Kategori 1, %26,7’si Kategori 2’de, %0,9’u Kategori 3’de, %3,9’u Kategori 4’de yer almıştır. Kategori 4’ün giderilmesine yönelik ergonomik çalışmalar yapılmalıdır.
- Afyon’da hasat yapan işçilerin çalışma duruşlarının %44,9’u Kategori 1’de, %55,1’i Kategori 2’de yer almış, Kategori 3 ve Kategori 4’de bir çalışma duruşu gözlemlenmemiştir.
- Elma hasat işçilerinin çalışma duruşlarının 2141,2151, 2311 ve 2331 kodlu duruşları Kategori 3’e; 2351, 3151, 4151 ve 4311 kodlu duruşları Kategori 4’e girmiştir. Elma hasat işçilerinde gözlemlenen çalışma duruşlarının kategorilere göre dağılımı incelendiğinde 4151 (Sırtın eğilmiş ve bükülmüş, her iki kol omuz hizasının altında, tek diz üzerine çömelerek ve 10 kg’a kadar ağırlık taşıma durumunda) ve 4311 (Sırtın eğilmiş ve bükülmüş, her iki kol omuz hizasının üstünde, tek diz üzerine çömelerek ve 10 kg’a kadar ağırlık taşıma durumunda) kodlu çalışma duruşları ile ilgili derhal ergonomik müdahaleler yapılmalıdır.

5.6 Diğer Sonuçlar

Elma hasadında çalışan işçilerle ilgili yapılan bu sayısal değerlendirmelerin yanında aşağıdaki gözlemlerde bulunulmuştur:

- Dikkate alınan deneklerde elma hasadı sırasında ortalama enerji tüketimi erkeklerde kadınlara göre daha yüksek olmuştur.
- Deneklerde kadınlar ve erkeklerde yaş arttıkça enerji tüketimleri artmaktadır.
- Elma hasadında çalışan işçilerin büyük çoğunluğunun kadın olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, tarım işletmelerinde yapılan gözlemlere ve işletmede elde edilen sonuçlara göre kadınların topladıkları elmalarda erkeklerin topladıkları elmalara göre, zedelenme oranının çok düşük ve toplanan elma kalitesinin daha yüksek olduğu olmasıdır.
- Mekanizasyon düzeyi yüksek olan işletmelerde, birim zamanda harcanan enerjiye göre daha fazla miktarda elma hasat edilebilmektedir.
- Normal yükseklikteki elma ağaçlarında, hasat işçilerinin çalışması sırasında zorlanma derecesi en yorucudan başlayarak sırasıyla aşağıdaki gibi olmuştur:

- Elma ağacının en üst bölgesindeki elmaların toplanması en yorucudur, çünkü uzanarak çalışmalar yere eğilmekten daha fazla enerji tükettirmektedir.
- Ağaca çıkarak ağacın iç bölgesindeki elmaları toplarken,
- Yerdeki elmaların toplanması sırasında,
- Ağacın kenarından merdivenden elmaları toplama sırasında,
- Ağaç civarında kişinin yerde olduğu konumda elmaların toplanması en az yorucudur.
- Bodur elma ağaçlarında hasat sırasında elma hasat işçilerinin çalışırken zorlanma derecesi en yorucudan başlayarak sırasıyla aşağıdaki gibi olmuştur:
 - Ağacın kenarından kişinin yerde olduğu durumda ağacın alt bölgesindeki elmaların toplanması en yorucudur.
 - Yerdeki elmaların toplanması sırasında,
 - Ağacın kenarından merdiven ile ağacın üst bölgesindeki elmaları toplanması sırasında,
 - Ağacın kenarından kişinin yerde olduğu durumda elmaları toplaması sırasında, ayakta ve sırtı dik pozisyonda iken en az yorucudur.
- Tarım işçilerinin enerji tüketimi ve kalp atım değerleri çalışma saatleri ilerledikçe azalmaktadır. Bunun nedeni işçilerin hasada sabah dinlenmiş olarak başlamalarıdır. Gün içerisinde zaman ilerledikçe işçiler yorulmakta ve acıkmaktadırlar, ayrıca hava sıcaklığı artmaktadır. Öğle arasındaki dinlenme ve yemek periyodundan kısa bir süre sonra kalp atım değeri ve enerji tüketiminde bir miktar artma görülmekte ise de zaman ilerledikçe enerji tüketimi ve kalp atım değerleri düşmektedir.

5.7 Öneriler

Elma hasadının elle yapılması gerekliliği karşısında çalışanların zorlanma koşullarının belirlenmesine yönelik bu çalışma sonucunda şu önerilerde bulunulabilir:

- Elma hasat işçileri seçilirken kişilerin boyları ve kiloları dikkate alınmalıdır. Çünkü uzun boylu işçiler ağaçların alt kısmındaki elmaları, kısa boylu işçiler ise ağaçların üst tarafındaki elmaları toplarken zorlanmaktadırlar. Bu seçimler sırasında çalışırken problem yaratmayacak kişilerin seçilmemesi için çalışanlardan sağlık raporu istenebilir.

- Hasat işlemine başlamadan önce mutlaka iyi bir hasat planı hazırlanmalıdır.
- Hasatta verimliliğin yükseltilmesi için öncelikle elmaların zedelenmeden taşınmasında mekanizasyon düzeyi artırılmalıdır.
- Çalışma saatleri, sıcaklığın yoğun olmadığı sabah erken saatlere göre veya öğleden sonra daha geç saatlere göre düzenlenmelidir.
- Tarım işçileri büyük oranda göçebe kişilerden oluşmaktadır. Bunların barınma, tuvalet, beslenme, temizlik ve ulaşım gibi temel yaşam standartları sağlanmalı; yüksek motivasyon sağlanması açısından dinlenme aralarında bazı çerez gibi yiyecekler ile su gibi içecekler temin edilmelidir. İş veriminin artırılması için düzenli ve kalori değerleri hesaplanmış öğle yemekleri verilmelidir.
- Yüksek ve normal boylu elma ağaçlarında hasat işlemi, çalışanlar açısından zor ve yorucu olduğundan elma bahçelerinin kurulumunda bodur ağaçlar tercih edilmelidir. Böylece işçi performansları ve performansları yükseltilebilir.
- Yüksek ve normal ağaçlarda hasatta ağaca çıkıldığından özellikle yağmur yağdığı anda ağaçtan düşme şeklinde iş kazaları olabilmektedir.
- Bu çalışma kapsamında duruşların gözlendiği elma hasat işçilerinde işçiler, elmaları toplama sırasında sırtları eğik, bükülmüş, eğilmiş ve bükülmüş; bacaklar ise oturma, dik olarak tek bacak üstünde ayakta durma ve tek diz üzerine çömelme pozisyonunda çalışmaktadırlar. Bu uygunsuz duruşların ortadan kaldırılması için, elma hasadını kolaylaştıracak mekanizasyon aletleri ve elma hasadını iyileştirecek olan mekanizasyon araçlarının tasarlanması gerekmektedir. Bu şekilde birim zamanda hasat edilecek elma miktarı ve kalite artacak ve kişiler daha rahat ortamlarda çalışacaklardır.
- İnsan işgücü ile yapılan tarımsal çalışmalarda kişilerin enerji tüketim değerleri ile OWAS arasında senkronize veri alınmasına yönelik çalışmalar yapılması yerinde olacaktır.
- Elma hasat işçilerinin çalışma duruşlarının iyileştirilmesi amacıyla işçilere çalışmaya başlamadan önce elma hasadına yönelik eğitimler verilmesi önemlidir. Bu amaçla, hasadın nasıl yapılacağı, çalışma sırasında vücutta rahatsızlanmalara neden olabilecek çalışma duruşlarının yapılmaması gerektiği anlatılmalıdır.

- Sabah ve öğle çalışma periyotlarında 1 veya 2 kez 15 dakikalık dinlenme araları düzenlenmelidir. Dinlenme aralarında işçilere içecek ve yiyecek hizmeti verilmelidir. Ayrıca işçilerin öğle yemekleri sağlanmalıdır.
- Bundan sonra bu konuda yapılacak çalışmalarda işçilerin beslenmesi sırasındaki aldıkları kalori değerlerinin de tespit edilerek harcanan enerji ile karşılaştırılması işçilerin daha verimli çalışmalarına yardımcı olabilecektir. Ayrıca, mekanizasyon amacıyla geliştirilecek alet ve makinalar için antropometrik çalışmaların artırılması bu konuda çalışanlar için yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akay, D., Dağdeviren, M. ve Kurt, M. 2003. Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt. 18 (3): s. 73-84.
- Akgün, N. 1989. Egzersiz Fizyolojisi, Başbakanlık Gençlik ve Spor Müdürlüğü Yayınları, 3. baskı, Ankara.
- Anonim. 2001. DPT, Bitkisel Üretim (Meyvecilik), Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara
- Anonim. 2003a. Web adresi: <http://www.google.com.tr>, Erişim Tarihi: 12.07.2009
- Anonim. 2003b. Web adresi: <http://www.ntvmsnbc.com>, Erişim Tarihi: 12.07.2009
- Anonim. 2008. Web adresi: <http://www.isveguvenlik.com/ergonomi/ergonomi.html> Erişim Tarihi: 14.05.2009
- Anonymous. 2009. Web adresi: <http://support.polar.fi> Erişim Tarihi : 27.11.2009
- Anonim. 2011a. Web adresi: <http://tr.wiktionary.org/wiki/elma>. Erişim Tarihi: 05.10.2011
- Anonim. 2011b. Web adresi: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Erişim Tarihi: 01.10.2011
- Anonim. 2011c. Web adresi: <http://www.tarim.gov.tr/uretim>. Erişim Tarihi: 05.10.2011
- Anonim. 2011d. Web adresi: <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 01.10.2011
- Arslan, P. 1982. Çalışan Yetişkin Kadınların Enerji Gereksinimlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara,
- Axelsson, J. 1995. The Use of Some Ergonomics Methods As Tools in Quality Improvement. Proceedings of the 13th International Conference on Production Research, p.721-723.
- Aydın, C. ve Ögüt, H. 1992. Bazı Biyolojik Materyallerde Deformasyon Oluşumu ve Deformasyon Enerjisinin Belirlenmesi Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, s.254-264, Samsun.
- Babalık, F. C. 2005. Mühendisler İçin Ergonomi –İşbilim. Nobel Yayıncılık, 486s., Ankara.

- Bobo, M., Bethea, N.J. and Ayoub, M.M. 1983. Intaranont, K., Energy Expenditure and Aerobic Fitness of Male Low Seam Coal Miners, Human Factors, Vol. 25 (1): p. 43-48.
- Boneh, E.K., Harari, G. and Gren, M. S. 1997. Heart Rate Response to Industrial Work at Different Outdoor Temperatures With or Without Temperature Control System at the Plant. Ergonomics, 1997, Vol. 40 (7): p. 729-736.
- Bradfield, R.B. 1971. A Technique for Determination of Usual Daily Energy Expenditure in the Field, The American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 24 : p. 1148-1154.
- Cohen, A.L., Gjessing, C.C., Fine, L.J., Bernard, B.P. and McGlothlin, J. D. 1997. Elements of Ergonomics (A Primer Based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders), NIOSH, USA.
- Dinçer, H. 1977a. Ziraatte Canlı Kuvvet Kaynakları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 638, 137 s., Ankara.
- Dinçer, H. 1977b. Ergonomi ve Tarım Tekniğindeki Yeri. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, 44 s., Ankara.
- Eminoğlu, M. B., Sönmez, N., Orel, O., Öztürk, R. ve Acar, A. İ. 2009. Çapa Makinesi ile Meyve Bahçelerinin Çapalanmasında Gün İçinde Enerji Tüketim Değerlerinin Değişimi, 15. Ulusal Ergonomi Kongresi, Konya.
- Eminoğlu, M. B., Beyaz, A., Orel, O., Öztürk, R. and Acar, A. İ. 2010. Comparison of Tractor-Rotary Tiller Combination and Power Tiller in Terms of Energy Expenditure of Operators, 17th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Québec Canada.
- Eminoğlu, B. M. 2010. Çapa Makinası İle Çalışmada Operatör Yüklenmesinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Freivalds, A., Park, S., Lee, C., Richardson, G. E., Mason, C. and May, J. J. 2006. Effect of Belt/Bucket Interface in Apple Harvesting. International Journal of Industrial Ergonomics Vol. 36: p. 1005-1010.
- Gibney, M. J., Margetts, B. M., Kearney, J. M. and Arab, L. 2004. Public Health Nutrition. The Nutrition Society Text Book Series, Blackwell Publishing, 392 p.
- Haslegrave, C. M, 1994. What Do We Mean by a Working Posture?, Ergonomics, Vol. 37 (4): p. 781-799.

- Hood, L.V., Granat, M. H., Maxwell, D.J. and Hasler, J.P. 2002. A New Method of Using Heart Rate to Represent Energy Expenditure: The Total Heart Beat Index, Arch Phys Med Rehabil, Vol. 83: p. 1266-1273.
- Kang, D., Woo, J. H. and Shin, Y. C. 2007. Distribution and Determinants of Maximal Physical Work Capacity of Korean Male Metal Workers, Ergonomics, Vol. 50: p. 2137-2147.
- Kaya. Ö. Ö. 2006. Tarımsal İşlerde Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi, Ankara.
- Kunzei, O. R., Aldred, W. H. and Reeder, B. D. 1975. Bruising Characteristics of Peach Related to Mechanical Harvesting. Transactions of the ASAE, Vol. 8 (5): p. 939-945.
- Kurt, M. ve Erdem, M. A. 2003. Çalışma Duruşları ve Zorlanmalar İçin OWAS Metodu. Teknoloji Uluslararası Uygulamalı Teknoloji Dergisi, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Vol. 6 (1-2): p. 11-16.
- Kut, T. 1976. İç Anadolu’da Tahıl Üreten Tarım İşletmelerinde İnsanın Kuvvet Kaynağı Olarak İş Başarısı. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Kuvvet Makinaları Kürsüsü, 111 s., Ankara.
- Leonard, W. R. 2003. Measuring Human Energy Expenditure: What Have We Learned from The Flex-Heart Rate Method?, American Journal Human Biology, Vol. 15: p. 479-489.
- Lundqvist, P. and Gustafsson, B. 1987. Working Postures in Dairy Barns. IX th Joint International Ergonomics Symposium. Working postures in Agriculture and Forestry. Kuopio, Finland.
- Malavolti, M., Pietrobelli, A., Dugoni, M., Poli, M., Romagnoli, E., De Cristofaro, P. and Battistini, C. N. 2007. A New Device for Measuring Resting Energy Expenditure (REE) in Healthy Subjects, Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases, Vol. 17: p. 338-343.
- Meyer, R. H. and Radwin R. G. 2007. Comparison of Stoop Versus Prone Postures for A Simulated Agricultural Harvesting Task. Applied Ergonomics, Vol. 38: p. 549-555.
- Murgatroyd, P. R., Shetty, P.S. and Prentice A.M. 1993. Techniques for The Measurement of Human Energy Expenditure: A Practical Guide. International Journal of Obesity, Vol. 17: p. 549-568.
- Müller, M. De L. and Coetsee, M. F. 2008. Physiological Demands and Working Efficiency of Sugarcane Cutters in Harvesting Burnt and Unburnt Cane, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 38: p. 314-320.

- Pichkhadze, GM. and Zubtsov, IuN., 1985. Energy Requirement of Miners Working in Modern, Highly Mechanized Coal Mines, (Article in Russian) Vopr Pitan Vol. 2: p. 30-32.
- Puranen, N. N., Kallionpaa, M. and Ojanen K. 1996. Physical Load and Strain in Parlor Milking. International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 18: p. 277-282.
- Sabancı, A., 1999. Ergonomi. Baki Kitabevi, 592 s., Adana.
- Scale, J., Rumpler, WV., Conway, JM. and Miles, CW. 1990. Comparison of Doubly Labeled Water, Intake Balance, and Direct and Indirect Calorimetry Methods for Measuring Energy Expenditure in Adult Men, American Journal Clinic Nutrition, Vol. 52: p. 66-71.
- Scholler, D. A. and Racette, S. B. 1990. A Review of Field Techniques for the Assesment of Energy Expenditure, Journal of Nutriton, Vol. 120: p. 1492-1495.
- Schutz, Y. and Deurenberg, P. 1996. Energy Metabolism: Overview of Recent Methods Used in Human Studies, Annuals Nutrition Metabolism, 40: 183-193.
- Scott, P.A. and Christie, C.J., 2004. An Indirect Method to Assess the Energy Expenditure of Manual Labourers in Situ. South African Journal of Science, Vol. 100: p. 694- 698.
- Sinn, N. ve Özgüven, F. 1987. Biyolojik Malzemenin Teknik Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:27, Adana.
- Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Akademiai Kiado. Budapest, Hungary.
- Spurr, GB., Prentice, AM., Murgatroyd, PR., Goldberg, G. R., Reina, J. C. and Christman, N. T. 1988. Energy Expenditure from Minute by Minute Heart Rate Recording, Comparison with Indirect Calorimetry, American Journal Clinical Nutrition, Vol. 48: p. 552-559.
- St-Onge, M., Mignault, D., Allison, D. B. and Rabasa-Lhoret, R. 2007, Evaluation of A Portable Device to Measure Daily Energy Expenditure in Free Living Adults, The American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 85: p. 742-749.
- Testik, M. C., Sabancı, A. ve Akıncı, İ. 1997. El ile Malzeme Taşıma İşlerinin Analizi ve Yeniden Düzenlenmesi. 5.Ulusal Ergonomi Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- Tewari, V. K., Dewangan, K. N. and Karmakar, S. 2004. Operator's Fatigue in Field Operation of Hand Tractors. Biosystems Engineering, Vol. 89 (1): p. 1-11.

- Topuzoğlu, I., Köksal, O., Kutluay, T., Yücecan, S., Aygün, R. ve Doruk, Ç. 1980. Zonguldak Kömür Madeni İşçilerinin Sağlık ve Beslenme Durumları, TÜBİTAK 7 inci Bilim Kongresi Raporu: 483.
- Westgaard, R. H. and Aaras, A. 1984. Postural Muscle Strain As A Casual Factor in The Development of Muscolo-Skelatal Illness. Applied Ergonomics, Vol. 15(3): p. 162-174.
- Yücesan, S. 1979. İnşaat İşçilerinin Enerji Harcamaları, Beslenme ve Sağlık Durumları Üzerine Bir Araştırma, Doçentlik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara.

EK 1

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ ANKET FORMU**

- 1) Adınız Soyadınız?
- 2) Doğum tarihiniz?
- 3) Kilonuz? (kg)
- 4) Boyunuz? (cm)
- 5) Sigara kullanıyor musunuz? ☐ Evet ☐ Hayır
- 6) Hangi elinizi aktif olarak kullanıyorsunuz? ☐ Sağ el ☐ Sol el
- 7) Elma hasadı işini ne kadar süredir yapıyorsunuz?.....
- 8) Elma hasadı yaparken tanık olduğunuz kaza varmı? ☐ Evet ☐ Hayır
- 9) Cevabınız evet ise kazayı kısaca açıklayınız?
- 10) Elma hasadından dolayı bir sağlık problemi (kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları vb.) yaşadınız mı ☐ E ☐ Hayır
- 11) Elma meyvelerini toplarken en fazla zorlandığınız toplama şekli hangisidir?

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nihat SÖNMEZ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 20.07.1977

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lisans : Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Tarımsal Makinaları Bölümü /
1996 - 2000

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD /
2002 - 2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Tarımsal Makinaları Bölümü : 2005-2009

T.C. Tarım Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü: 2009 –2010

T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü Otomotiv

Belgelendirme Şubesi : 2010-2011

T.C. Tarım Bakanlığı Tarım Alet ve Makina Test Merkezi Müdürlüğü : 2011 –

Yayınları (SCI ve diğer)

Sönmez, N., Alizadeh, H. H. A., Öztürk, R. ve Acar A. İ. 2007. Some Physical Properties of Gilaburu Seed. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi. 13 (3): 308-311.

Eminoğlu, M.B., **Sönmez, N.,** Orel, O., Öztürk, R. ve Acar, A.İ., 2009. Çapa Makinesi İle Meyve Bahçelerinin Çapalanmasında Gün İçinde Enerji Tüketim Değerlerinin Değişimi, 15. Ulusal Ergonomi Kongresi, Konya.