

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇALIŞMA DURUŞLARININ OWAS METODU İLE
ANALİZİNDE GÖZLEM SÜRE VE ARALIKLARININ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Endüstri Müh. Hatice ERİŞ

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Nilgün FIĞLALI

KOCAELİ, 2007

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇALIŞMA DURUŞLARININ OWAS METODU İLE
ANALİZİNDE GÖZLEM SÜRE VE ARALIKLARININ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Hatice ERİŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 4 Haziran 2007

Tezin Savunulduğu Tarih: 21 Haziran 2007

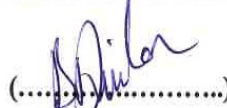
Tez Danışmanı

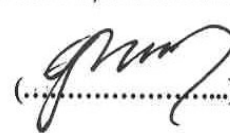
Üye

Üye

Prof.Dr. Nilgün FIĞLALI Yrd.Doç.Dr. Berrin DENİZHAN Prof.Dr. Coşkun ÖZKAN

(.....)


(.....)


(.....)


KOCAELİ, 2007

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüz koşullarında önemli teknolojik gelişmeler yaşanmasına rağmen insan gücüne olan ihtiyaçtan vazgeçilememektedir. Küreselleşen dünyada çalışma ortamında işgörenin beden sağlığı göz ardı edilmektedir. Bu nedenle insan makine arasındaki dengenin sağlanması işletmeler ve insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Diğer deyişle, işgörenlerin çalışma duruşlarından kaynaklanan aşırı yüklenmelerin belirlenmesi; iş gören ile iş arasındaki dengenin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Buna bağlı olarak yapılacak iyileştirmeler, iş görenlerin beden sağlığının korunmasını sağlayacaktır.

Endüstride işyerlerindeki mevcut çalışma duruşları en iyi gözlem yoluyla değerlendirilmektedir. Bu amaçla geliştirilen gözleme dayalı tekniklerden en çok kullanılan ve kabul görmüş olanı OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) metodudur. Bu metot, iş etütçülerine hizmet etmeye yarayan bir analiz aracı olarak tasarlanmış olup çalışma sırasında belli zaman aralıklarında alınan gözlemlere dayalı bir iş örnekleme aracıdır. Bu metodun uygulamalarında çeşitli gözlem süre ve aralıklarına rastlanmaktadır. Karşılaşılan bu farklı gözlem süreleri ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığı bu tez kapsamında araştırılmıştır.

Bu konu üzerinde çalışmam için beni teşvik eden, tezin yönlendirilmesinde emeği geçen ve her konuda beni destekleyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Nilgün FIGLALI'ya ve çalışmamın her aşamasında fikirleriyle beni aydınlatan değerli hocam Prof. Dr. Alpaslan FIGLALI'ya, tüm öğrenim hayatım boyunca hiçbir destek ve fedakarlıktan kaçınmayan aileme, her türlü destek ve yardımda bulunan arkadaşım Emrehan ESEN ile tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Yüksek Lisans öğrenimim boyunca Yurt İçi Yüksek Lisans Bursu'nu aldığım Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na da teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ | i |
| İÇİNDEKİLER..... | ii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | iv |
| TABLolar DİZİNİ..... | vi |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR..... | vii |
| ÖZET | viii |
| İNGİLİZCE ÖZET | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. İNSAN MAKİNA SİSTEMLERİ..... | 4 |
| 2.1. İnsan Makina Sistemlerinde Görev Tipleri | 5 |
| 2.1.1. Fiziksel ağırlıklı çalışma..... | 6 |
| 2.1.2. Zihinsel ağırlıklı çalışma | 11 |
| 2.2. Yüklenme ve zorlanma..... | 13 |
| 3. KAS İSKELET SİSTEMİ | 21 |
| 3.1. Kemikler..... | 22 |
| 3.2. Eklem ve Eklem Hareketleri..... | 22 |
| 3.3. Kaslar | 25 |
| 3.4. İnsan Hareketlerinin Sınırları ve Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi..... | 26 |
| 3.4.1. Baş hareketleri | 26 |
| 3.4.2. Gövde ve el kol hareketleri..... | 27 |
| 3.4.3. Ayak ve bacak hareketleri | 27 |
| 3.4.4. Maksimum kavrama noktaları | 29 |
| 3.5. Yük Kaldırma ve Taşıma | 31 |
| 3.5.1. Sağlığa uygun yük kaldırma ve taşıma yöntemleri..... | 32 |
| 3.5.2. Yük kaldırma ve taşımada sınır değerleri hesaplama yöntemleri..... | 34 |
| 3.6. Çalışma Duruşu ve Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları | 38 |
| 3.6.1. Bel Ağrısı..... | 42 |
| 3.6.2. Boyun Ağrısı..... | 43 |
| 3.6.3. Sırt Ağrısı | 43 |
| 3.6.4. Karpal Tunel Sendromu | 44 |
| 4. FİZİKSEL AĞIRLIKLI ÇALIŞMALARIN ANALİZİ..... | 45 |
| 4.1. Kontrol Listeleri..... | 47 |
| 4.2. İş Analizi | 48 |
| 4.3. Çalışanın Kendi Kendine Analizini Sağlayan Kontrol Listesi | 54 |
| 4.4. Fizyolojik Ölçümler | 54 |
| 4.5. Çalışma Duruşu ve Hareketlerinin Gözlemlenmesi..... | 58 |
| 5. OWAS VE LİTERATÜRDEKİ UYGULAMALARI | 62 |
| 6. GÖZLEM SÜRE VE ARALIKLARININ ANALİZ SONUÇLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ÖRNEK BİR İŞ ÜZERİNDE İNCELENMESİ | 78 |
| 6.1. Çalışma Planı | 80 |
| 6.2. OWAS Metodu İçin Bir Yazılım (WinOWAS)..... | 80 |
| 6.3. Seçilen Örnek İşteki Çalışma Duruşlarının Analizi..... | 85 |

| | |
|---|-----|
| 6.4. İstatistiksel Analiz..... | 90 |
| 6.4.1. İki yığın arasındaki farkla ilgili büyük örneklerde tümevarım..... | 91 |
| 6.4.2. Seçilen örnek işteki çalışma duruşlarının analizinde elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi | 94 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER | 105 |
| KAYNAKLAR..... | 108 |
| EKLER..... | 112 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 114 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1. Bir insan-makina sisteminin şematik gösterimi..... | 5 |
| Şekil 2.2. Statik hal, statik kassal çalışma ve dinamik kassal çalışmada kaslardaki kan dolaşımı ve kan gereksinimi..... | 9 |
| Şekil 2.3. Statik kassal çalışmada tutma kuvvetine bağlı olarak maksimum tutma süresi | 9 |
| Şekil 2.4. Zihinsel ağırlıklı çalışmalarda enformasyon işleme süresi | 11 |
| Şekil 2.5. İnsan iş ilişkisi | 14 |
| Şekil 2.6. Yük düzeyi-zaman diyagramı..... | 15 |
| Şekil 2.7. Toplam iş yükü | 16 |
| Şekil 2.8. Yük-zorlanma konsepti | 17 |
| Şekil 2.9. Yaylı terazi modeli..... | 17 |
| Şekil 3.1. Eklemlerin hareketliliği | 24 |
| Şekil 3.2. Üst ve alt etraf eklemlerinin hareketlilik dereceleri..... | 24 |
| Şekil 3.3. Başın boyun ekleminde hareketliliği..... | 26 |
| Şekil 3.4. El ve kol hareketlerinin boyutları..... | 28 |
| Şekil 3.5. Ayak ve bacak hareketlerinin boyutları..... | 29 |
| Şekil 3.6. Kavrama Noktaları | 30 |
| Şekil 3.7. Beden konumunun disk zorlanmasına etkisi | 32 |
| Şekil 3.8. Yük kaldırmada doğru hareketler | 33 |
| Şekil 3.9. Yük taşımada doğru hareketler | 34 |
| Şekil 3.10. NIOSH yönteminde boyutlar | 37 |
| Şekil 3.11. Vücut duruşunun elverişsiz olmasından doğan sonuçlar..... | 39 |
| Şekil 4.1. Çalışma yerinde yapılan analiz | 47 |
| Şekil 4.2. AET analizi metodunun içeriği..... | 50 |
| Şekil 4.3. AET analizinin akış şeması | 51 |
| Şekil 4.4. AET'nin yapısı..... | 52 |
| Şekil 4.5. Maksimum altı zorlanmalardaki oksijen alımından ve nabız frekansından giderek maksimum oksijen alma yeteneğinin hesaplanmasına ilişkin nomogram..... | 56 |
| Şekil 5.1. OWAS ile duruşların sınıflandırılması..... | 63 |
| Şekil 5.1. OWAS metodu ile duruşların kodlanması..... | 65 |
| Şekil 6.1. WinOWAS programının ana arayüzü | 81 |
| Şekil 6.2. WinOWAS programının gözlem menüsü | 82 |
| Şekil 6.3. WinOWAS programında çalışma bilgilerinin tanımlanması..... | 82 |
| Şekil 6.4. WinOWAS programında iş adımlarının tanımlanması | 83 |
| Şekil 6.5. WinOWAS programında çalışma duruşlarının kodlanması | 83 |
| Şekil 6.6. WinOWAS programının grafik menüsü..... | 84 |
| Şekil 6.7. WinOWAS programında risk kategorilerinin gösterimi | 85 |
| Şekil 6.8. Kayrak taşı kaplama işinde harç hazırlama | 86 |
| Şekil 6.9. Kayrak taşı kaplama işinde taşın harçla kaplanması | 86 |
| Şekil 6.10. Kayrak taşı kaplama işinde taşın duvara yapıştırılması | 86 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 6.11. 5 sn gözlem aralığı ve 120 dakika gözlem süresi kullanılması durumunda duruşların risk kategorilerine göre dağılımı | 87 |
| Şekil 6.12. Rassal gözlem aralığı kullanılarak 1440 örnek alınması durumunda duruşların risk kategorilerine göre dağılımı | 88 |
| Şekil 6.13. %10 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisi | 99 |
| Şekil 6.14. %05 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisi | 99 |
| Şekil 6.15. %01 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisi | 100 |

TABLolar DİZİNİ

| | |
|---|-----|
| Tablo 2.1. İnsan makina sistemlerinde başlıca görev tipleri | 7 |
| Tablo 2.2. Yük faktörleri, işçinin değerleri ve zorlanan organlar | 18 |
| Tablo 3.1. Kavrama noktaları | 30 |
| Tablo 3.2. Sırtın dik konumunda maksimum kuvvet uygulayarak yük kaldırma ve taşımada sınır değerler | 36 |
| Tablo 3.3. Beden konumu ve işin süresine göre dakikada maksimum yük kaldırma sayısı | 37 |
| Tablo 3.4. Risk faktörleri ve kas iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişki | 41 |
| Tablo 4.1. Oksijen alımına, nabız frekansına ve vücut sıcaklığına göre vücutsal zorlanmaların sınıflandırılması..... | 56 |
| Tablo 4.2. Borg RPE-20 skalasında kullanılan zorluk dereceleri | 58 |
| Tablo 5.1. OWAS metodu ile yapılmış çalışmalar..... | 76 |
| Tablo 5.1. OWAS metodu ile yapılmış çalışmalar (devam) | 77 |
| Tablo 6.1. WinOWAS Programı İçin İşletim Sistemi Gereksinimleri | 81 |
| Tablo 6.2. Seçilen gözlem süresi ve gözlem aralığına göre alınan örnek sayısı | 87 |
| Tablo 6.3. Seçilen gözlem süresi ve gözlem aralığına göre 3. ve 4. risk kategorilerine giren çalışma duruş yüzdeleri..... | 89 |
| Tablo 6.4. Rassal gözlem aralığı kullanılması durumunda gözlem sayılarına göre 3. ve 4. risk kategorilerine giren çalışma duruş yüzdeleri | 90 |
| Tablo 6.5. $\pi_1 - \pi_2$ için büyük örnek z testi özeti | 94 |
| Tablo 6.6. Güven düzeyleri için z_{kritik} değerleri..... | 95 |
| Tablo 6.7. Gözlem süresi ve gözlem aralıklarına göre incelenen gözlem sayıları | 96 |
| Tablo 6.8. Rassal gözlem aralığı kullanılması durumunda istatistiksel olarak incelenmesi gereken gözlem sayılarına ait çalışma duruş yüzdeleri | 96 |
| Tablo 6.9. Gözlem süresi ve gözlem aralığı kombinasyonlarından istatistiksel olarak incelenmesi gereken gözlem sayılarına ait çalışma duruş yüzdeleri | 97 |
| Tablo 6.10. Belirlenen önem düzeylerine göre hipotez testlerinin sonuçları..... | 101 |
| Tablo 6.11. Rassal gözlem aralığı kullanımında belirlenen önem düzeylerine göre hipotez testlerinin sonuçları | 102 |
| Tablo 6.12. 720 gözlemin alındığı analizlerde elde edilen çalışma duruş yüzdelerinin 3. ve 4. risk kategorilerine göre dağılımı | 104 |
| Tablo 6.13. Rassal ve belirli gözlem aralıkları için elde edilen sonuçlar | 104 |

SEMBOLLER ve KISALTMALAR

| | |
|-------|--|
| AET | : Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse |
| EEG | : Electroencephalography |
| EKG | : Electrocardiogram |
| EMG | : Electromyography |
| EOG | : Electro-oculography |
| HR | : Heart Rate |
| HRE | : Heart Rate Elavation |
| HRR | : Relative Range of the Heart Rate |
| İ-M | : İnsan-Makina |
| MPM | : Milli Produktivite Merkezi |
| NIOSH | : National Institute of Safety and Health |
| OWAS | : Ovako Working Posture Analysing System |
| PHRR | : Percentage of the Available Heart Rate Range |
| REFA | : International, Association for Work Design, Industrial Organization and Corporate Development. |
| RHR | : Relative Heart Rate |
| RPE | : Rated Perceived Exertion |
| RULA | : Rapid Upper Limb Assessment |
| VAS | : Visual Analogue Scales |

ÇALIŞMA DURUŞLARININ OWAS METODU İLE ANALİZİNDE GÖZLEM SÜRE VE ARALIKLARININ ETKİSİ

Hatice ERİŞ

Anahtar Kelimeler: Fiziksel Ağırlıklı İş, Kas-İskelet Sistemi ve Rahatsızlıkları,
OWAS

Özet: Bu çalışmada, fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizi için kullanılan çalışma duruş ve hareketlerinin gözlemlenmesi metotlarından; literatürde çok çeşitli uygulamalarına rastlanan, uygulama kolaylığı ve analiz sonuçlarının geçerliliği nedenleriyle kabul görmüş OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) metodunda seçilen gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla farklı gözlem süre (20 dak.- 120 dak.) ve aralık (5sn-30sn) kombinasyonları kullanılarak elde edilen OWAS analiz sonuçlarına hipotez testleri uygulanmıştır.

THE EFFECTS OF OBSERVATION TIMES AND INTERVALS IN ANALYSIS OF WORKING POSTURES USING OWAS METHOD

Hatice ERİŞ

Keywords: Physical Work, Musculoskeletal System and Disorders, OWAS

Abstract: In this study, the effects of observation times and intervals in analysis of physical work by OWAS are investigated whether they are statistically significant on the results. OWAS is one of the working postures and movements observation methods which is widely accepted due to ease of use and results validity. OWAS analysis results which are obtained by different observation times (20 minute-120 minute) and intervals (5 second-30 second) combinations are tested statistically.

1. GİRİŞ

Endüstride yaygın olarak yararlanılan fiziksel ağırlıklı çalışmalarda sağlık risklerini arttıran en önemli faktör, çalışma esnasındaki duruşlardır. Çalışma duruşu; vücutun, başın, gövdenin, kol ve bacakların yapılan işe ve işin özelliklerine göre konumlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Uygun olmayan çalışma duruşlarını endüstride önemli kılan faktörler kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları ve bu rahatsızlıkların verimliliğe, kaliteye ve maliyete olan yansımalarıdır. Endüstride işyerlerindeki mevcut çalışma duruşları en iyi gözlem yoluyla değerlendirilmektedir. Bu amaçla geliştirilen gözleme dayalı tekniklerden en çok kullanılanı OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) metodudur. Bu metot, çalışanın kas-iskelet sistemindeki yüklenmeyi ve sistemin neden olduğu kötü duruşları belirlemeye yarayan gözleme dayalı bir çalışma duruşu analiz sistemidir.

Literatürde OWAS metodu ile çalışma duruşlarının değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalarda seçilen gözlem süresi ve gözlem aralık değerleri incelendiğinde hemen hemen her çalışmada farklı bir gözlem süresi ve gözlem aralığı seçilmiş olduğu göze çarpmaktadır. Bu nedenden dolayı, bu tez çalışmasının konusu çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığının araştırılması olarak belirlenmiştir.

Yedi bölümden oluşan çalışmanın ilk bölümü giriş bölümüdür ve yapılan çalışmanın aşamaları ve detayları hakkında bilgi vermektedir.

İkinci bölüm İnsan-Makine (İ-M) Sistemi'ni incelemektedir. Bu bölümde İ-M sisteminin tanımı yapılarak genel özellikleri hakkında bilgiler sunulmaktadır. İ-M sisteminde görülen görev tipleri Fiziksel Ağırlıklı Çalışma ve Zihinsel Ağırlıklı Çalışma olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılarak detaylı olarak incelenmektedir. Yüklenme ve zorlanma ile toplam iş yükü yine bu bölümde ele alınmaktadır. Bu

çalışma kapsamında fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizi yapılmakta ve çalışma duruş ve hareketlerinin gözlemlenmesi metotlarından bir tanesi olan OWAS metodu kullanılmaktadır. Fiziksel ağırlıklı çalışmalarda insanın en çok etkilenen bölümünün Kas İskelet Sistemi olması nedeniyle üçüncü bölümde Kas İskelet Sistemi'ne detaylı olarak yer verilmektedir. Bu bölümde kemiklerin, kasların ve eklemlerin yapıları ile eklem hareketleri hakkında bilgiler verilmekte, insan hareketleri de ele alınarak sınırları incelenmekte ve ergonomik açıdan değerlendirilmektedir. Yük kaldırma ve taşıma başlığı altında sağlığa uygun yük kaldırma ve taşıma yöntemleri şekillerle anlatılmakta, yük kaldırma ve taşımada sınır değerleri hesaplama yöntemlerinden NIOSH yöntemi ve REFA önerilerinden bahsedilmektedir. Bu bölümde ayrıca çalışma duruşunun tanımı yapılarak uygunsuz çalışma duruşlarının kas iskelet rahatsızlıkları ile olan ilişkisi vurgulanmakta ve en çok görülen kas iskelet rahatsızlıklarından bel, boyun ve sırt ağrıları ile karpal tunel sendromu hakkında bilgiler sunulmaktadır.

Dördüncü bölümde fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizinde kullanılan metotlar incelenmektedir. İşe uygun metodun seçiminde dikkate alınacak faktörler üzerinde durularak fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizinde kullanılan metotlar Kontrol Listeleri, İş Analizi, Çalışanın Kendi Kendine Analizini Sağlayan Kontrol Listeleri, Fizyolojik Ölçümler, Çalışma Duruş ve Hareketlerinin Gözlemlenmesi olmak üzere 4 ana başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bu bölümde ayrıca yapılan sınıflandırma çerçevesinde ele alınan tüm metotlar hakkında detaylı bilgi yer almaktadır.

Çalışmanın beşinci bölümünde fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizi için çalışma duruş ve hareketlerinin gözlemlenmesi metotlarından; literatürde çok çeşitli uygulamalarına rastlanan, kabul görmüş OWAS metoduna yer verilmektedir. İlk olarak metodun kullanım amaçları ve uygulama aşamaları anlatılmaktadır. Daha sonra ise literatürde inşaat sektöründen otomotiv sektörüne, tamir bakım işlerinden ev işlerine, sağlık hizmetlerinden büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine kadar çok çeşitli alanlarda OWAS metodu ile yapılan çalışmalar hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır.

Çalışmanın altıncı bölümünü, gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerindeki etkisinin örnek bir iş üzerinde incelenmesi oluşturmaktadır. Bu bölümde ilk olarak çalışmanın amacı ve çalışma kapsamında yapılan kabuller belirtilerek çalışma planı sunulmaktadır. Çalışma duruşlarının analizi için kullanılan WinOWAS yazılımı da bu bölümde detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Seçilen kayrak taşı kaplama işindeki çalışma duruşları, farklı gözlem süre (20 dak.–120 dak.) ve gözlem aralık (5 sn–30 sn) kombinasyonları kullanılarak analiz edilmekte ve elde edilen sonuçların risk kategorilerine göre dağılımı sunulmaktadır. Bu bölümünde ayrıca kayrak taşı kaplama işindeki çalışma duruşlarının, farklı gözlem süre (20 dak.–120 dak.) ve gözlem aralık (5 sn–30 sn) kombinasyonları kullanılarak OWAS metodu ile analizinde elde edilen değerlerin analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığının belirlenebilmesi amacıyla yapılan hipotez testlerine de yer verilmektedir.

Çalışmanın sonuç ve önerileri yedinci bölümde sunulmaktadır. Bu bölümde, seçilen gözlem süreleri ve aralıkları üzerinde yapılan istatistiksel analizin sonuçları aktarılmaktadır. Daha sonraki çalışmalarda yapılabilecek geliştirmeler hakkındaki yorum ve öneriler de yine bu bölümde sunulmaktadır.

2. İNSAN – MAKİNA SİSTEMLERİ

Belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere bir araya gelmiş elemanlar bütünü olarak tanımlanan bir sistem genel olarak;

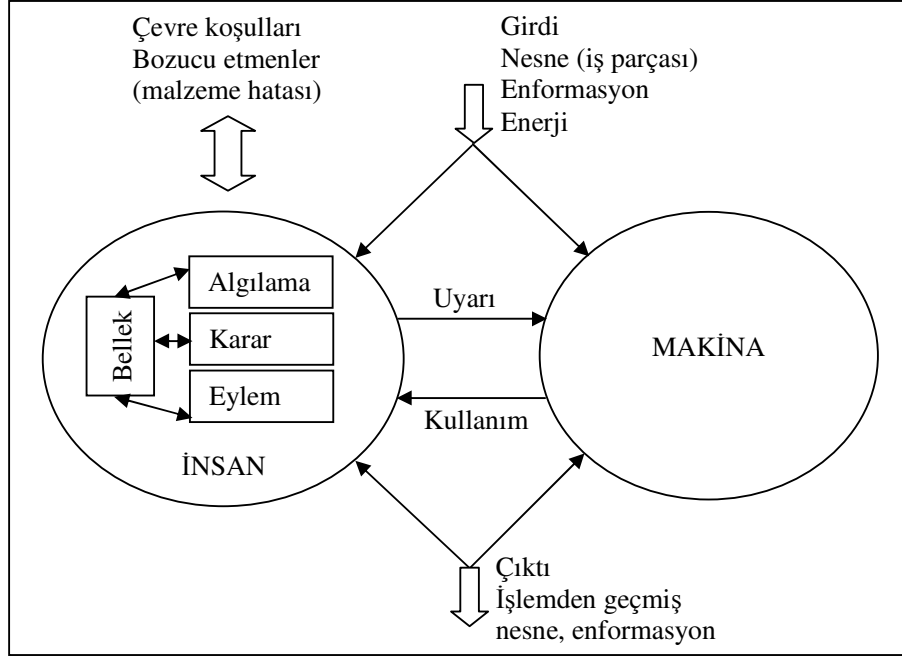
- Sistem sınırları,
- Sistem elemanları,
- Sistem elemanlarının birbirleri ve sistem çevresiyle olan etkileşiminden meydana gelmektedir.

Bir üretim veya hizmet sistemi ne kadar kapsamlı olursa olsun, elemanlarına ayrıldığında mikro düzeyde bir İnsan-Makina (İ-M) Sistemi'nden oluştuğu görülmektedir. İ-M Sistemi; insan, çalışma yeri, üretim aracı, iş akışı, iş çevresi ve iş parçasının öngörülen görevi yerine getirmek üzere karşılıklı etkileşim halinde buldukları bir sistemden meydana gelmektedir (Fığlalı, 1997).

Bir İ-M sisteminin şematik gösterimi Şekil 2.1'de gösterilmektedir. İ-M Sistemleri ile ilgili temel varsayımlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- İ-M ilişkileri; insan, makina ve çevreden oluşan bir sistem meydana getirmektedir.
- İ-M Sistemi yapay bir sistem olup, belirli girdi ya da girdileri, arzulanan çıktıya ya da çıktılara da dönüştüren bir sistemdir.
- İ-M Sistemini oluşturan alt sistemler değişik büyüklük ve karmaşıklıkta sistemler olup belirli alanlarda belirli süreler için faaliyet göstermektedir.
- Alt sistem girdi ve çıktı gereksinimleri, toplam İ-M Sistemi gereksinimini oluşturmaktadır.
- İ-M Sistemlerini oluşturan alt sistemler ve elemanlar birbirleri ile sürekli bir iletişim ve etkileşim içindedir.
- İ-M Sistemleri, sistemin girdileri ve çıktıları arasında tam bir denge oluşturulduysa maksimum etkinliğe ulaşmaktadır.

- İ-M Sistemi gereksinimleri, tam olarak karşılanmazsa sistemin verimi düşmektedir.
- Bir alt sistemin gereksinimlerinin karşılanması, o gereksinimlerle ilgili alt sistemin koşullarının sürekli olarak karşılaştırılmasıyla sağlanmaktadır (Su, 2001).



Şekil 2.1: Bir insan-makina sisteminin şematik gösterimi (MPM, 1988)

İ-M Sistemi içerisinde insan, sistemin kendisine yüklediği görevleri yerine getirirken, sistemi oluşturan tüm diğer elemanlar ile de etkileşim halinde bulunmaktadır. İnsan-makina, insan-çevre, makina-çevre arasındaki bu karşılıklı etkiler kümesi dinamik bir karaktere sahiptir. İnsan performansı ve İ-M Sistemi performansı, bu dinamik etkileşim sürecinde orta çıkmaktadır (Özkan, 1993).

2.1 İnsan-Makina Sistemlerinde Görev Tipleri

İ-M Sistemlerinde, sistemin temel elemanlarından insan; sistem amacına ulaşmak üzere kassal (fiziksel) ve zihinsel (mental) çaba harcamaktadır. İnsan iş görürken görevin niteliğine göre değişen ağırlıklarda kassal ve zihinsel gayret göstermektedir. Bu gerçekler ışığında, insan çalışması iki ana grupta incelenerek değerlendirilmekte

ve hiçbir iş salt enerji veya salt bilgi işi olmadığı için “ağırlıklı” ifadesi kullanılmaktadır.

- Fiziksel (Kassal) Ağırlıklı Çalışma,
- Zihinsel (Mental) Ağırlıklı Çalışma (Fıglalı, 1997).

Fiziksel ağırlıklı çalışma, kassal çalışma ve sensomotorik çalışma olmak üzere iki alt grupta; zihinsel ağırlıklı çalışma ise tepkisel, bağlantı kurucu ve yaratıcı çalışma olmak üzere üç alt grupta incelenmektedir. İ-M sistemlerinde görülen insan çalışmalarına ait başlıca görev tipleri Tablo 2.1’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

2.1.1 Fiziksel ağırlıklı çalışma

Fiziksel ağırlıklı çalışmalarda kaslar kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir makine gibi çalışmaktadır. Kas boylarının kısalması besinle gelen kimyasal enerjinin potansiyel enerjiye dönüşmesi yani dışarıya uygulanabilecek bir kuvvetin oluşmasıdır. Mekanik açıdan incelendiğinde fiziksel ağırlıklı çalışmalar kaslarda kuvvet oluşturmaktadır.

Fiziksel ağırlıklı bir çalışmanın bir örneği olan kassal çalışmada cisimlerin kas gücü ile hareket ettirilmesi söz konusudur. Bu tür çalışmalar sadece ilgili kasları, lifleri, dokuları ve iskelet sistemini değil aynı zamanda kalp akciğer ve dolaşım sistemini de zorlamaktadır. Solunum ile alınan oksijenin iş gören kasa götürülmesi, kandaki besinin yanıp enerjiye dönüşmesi sonucu atıkların tekrar dışarı verilmesi solunum ve kan dolaşım sistemi sayesinde olmaktadır (Babalık, 2005).

Kassal çalışma, dinamik kassal çalışma ve statik kassal çalışma olarak ayrılmaktadır. Statik kassal çalışmada kas, bir dış kuvvete karşı uzun süre kasılmış olarak kalmaktadır. Bu sürede insanın kol ve bacakları da hareketsiz durmaktadır (MPM-REFA, 1988). Statik zorlanma nedeniyle gerginliğini sürdüren bir kasta uygulanan statik kuvvet kasın üretebileceği maksimum kuvvetin %5’i kadar olunca damar daralmaya başlamakta, %20’de kas dokularındaki bu basınç kan damarlarını sıkıştırmakta, damar içerisinde kanın akışını zorlaştırmakta hatta engellemektedir.

| Çalışma Biçimi | Fiziksel (Kassal) Ağırlıklı Çalışma (Kuvvet Üretme ve Verme) | | Zihinsel (Mental, Enformasyon) Ağırlıklı Çalışma (Enformasyon İşleme ve Üretme) | | |
|---|--|--|--|---|--|
| | Kassal Çalışma | Sensomotorik Çalışma | Tepkisel Çalışma | Bağlantı Kurucu Çalışma | Yaratıcı Çalışma |
| İş görevinin karakteristiği nedir? Yardımcı soru: İnsandan beklenen nedir? | Kas gücü sarfı, genellikle mekanikteki anlamıyla “iş” yani cisimlerin kas gücüyle hareket ettirilmesi. | Belirli kesinlikte el ve/veya kol hareketleri yapmak. Bunlar için sarf edilecek kuvvet, değerlendirme açısından önemli değildir. | Enformasyonları almak ve işlemek, gerekiyorsa, tepki göstermek. | Enformasyonları almak işlemek, başka enformasyonlar haline dönüştürmek ve vermek. | Enformasyon üretmek ve gerekiyorsa vermek. |
| Etki ne ile karakterize edilir? Etkiyi karakterize eden unsur nedir? Yardımcı soru: İş görevi ağırlıklı olarak hangi organları zorlamaktadır? | Kaslar, lifleri, kan dolaşımı, solunum, iskelet | Kaslar, lifler, duyu organları | Duyu organları (kaslar) | Duyu organları “Zihinsel Yetenekler” | “Zihinsel Yetenekler” |
| Örnekler | Yük taşıma, kürekle kum atma | Montaj işi, örgü örme | Kontrol, gözetleme | Telefon etme, program yazma | Buluş yapma, problem çözme |

Tablo2.1 : İnsan makine sistemlerinde başlıca görev tipleri (MPM-REFA, 1988)

Kan dolaşımındaki bu zorluk kasa temiz kanın gelmemesini, kasın oksijen ve enerji verecek besinlerle beslenememesini ve atıkların da geri götürülememesini doğurmaktadır. Kandan şeker ve oksijen alamayan kas, var ise, depolayabildiğini harcamaya başlamakta, atıkları da gönderemeyince yorulmaya ve ağrımaya başlamaktadır. Bu nedenle statik kassal çalışmalar uzun süre sürdürülememektedir. Sürdürülmesi durumunda ağırlar çalışmayı bırakmayı gerektirecek şekilde artmaktadır. Kasların statik zorlanma düzeyi, vücut konumunun normal konumdan farklılık derecesine, bu konumda bedeninin bir yerlere dayanıp dayanmadığına ve süresine bağlı olmaktadır.

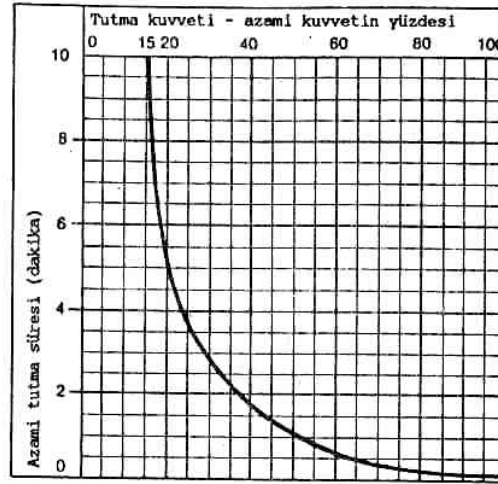
Statik kassal çalışma, kuvvet uygulamasının olup olmamasına göre statik durma ve statik tutma olarak ikiye ayrılmaktadır. Statik tutmada (baş üstü kaynak) ve statik durma (öne eğik ayakta durmak) çalışmalarında çalışanın iskeletinde herhangi bir hareket olmamasına rağmen statik tutmada bir kuvvet uygulanmaktadır. Statik durma çalışmalarında zorlanma, vücudun belli belirli bir pozisyonda tutulmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin öne eğik ayakta durma konumunda vücudumuz, dışarıya yönelik olarak herhangi bir alete, takıma, parçaya bir kuvvet uygulamamakta, sadece istenen konumda durmamızı sağlamak için içe yönelik kuvvet uygulanmaktadır. Burada yapılan statik durma (konum) çalışmasıdır. Buna karşılık Şekil 2.2'deki gibi, bir ağırlığı kaldırıp, sabit bir konumda tutmak, örneğin bir boya kutusunu bel hizasında tutmak da bir statik kassal çalışmadır; burada yer çekimine karşı, yani dışarıya yönelik bir kuvvet uygulanmakta, kutu hareket ettirilmemekte, sabit bir pozisyonda tutulmaktadır. Bu ise statik tutma çalışmasıdır (Babalık, 2005).

Yapılan ölçümler maksimum tutma süresinin, kas grubuna ve çalışan kişinin cinsiyetine bağlı olmadığını göstermektedir. Azami tutma süresi doğrudan doğruya çalışan kişinin tutma çalışmasını, maksimum gücünün yüzde kaçını ile yaptığına bağlı olmaktadır. Örneğin çalışma sırasında yüklenen kas grubu, azami gücünün, %27'si ile kasılıyorsa, azami tutma süresi 3 dakika olmaktadır. Tutma çalışması, ağır kas gruplarının maksimum kuvveti yüksek olan erkekler veya küçük kas gruplarının maksimum kuvveti düşük olan daha zayıf kadınlar tarafından da yapılsa değerler

aynen geçerli olmaktadır. Şekil 2.3'te görülen eğri, tek tek yapılmış ölçümlerin % 90'dan fazlasında saptanan azami tutma sürelerinin birleştirilmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 2.2: Statik hal, statik kassal çalışma ve dinamik kassal çalışmada kaslardaki kan dolaşımı ve kan gereksinimi (Babalık, 2005)



Şekil 2.3: Statik kassal çalışmada tutma kuvvetine bağlı olarak maksimum tutma süresi (MPM-REFA, 1988)

Bu sonuçtan da görüldüğü gibi, tutma çalışmasında harcanan kuvvet, maksimum kas kuvvetinin %15'ini aşmadığı takdirde, maksimum tutma süresi çok uzun olmaktadır. Buna karşılık maksimum kas kuvvetinin %15'inin üzerinde kuvvet sarfıyla yapılan tutma çalışmaları, bu kuvvet eğrisi altında da yer alsa, dikkate alınması gereken bir iş yorgunluğu doğurmaktadır. Bunu bir örnekle açıklamak mümkündür: Yazı masasında çalışan bir kişinin faaliyeti sırasında, bu kişinin başını gövdesi üzerinde dengede tutan ense kasları genel olarak sürekli ve yorulmadan statik olarak gergin

kalabilirken; bir otomobil tamircisi, aracın altında yatarak bir parça monte ederken, başını aralıksız olarak yan durumda tutamamaktadır. Tutma kuvveti, maksimum kuvvete oranla ne kadar büyük ve tutma süresi ne kadar uzun olursa, belirli bir tutma işinin insana yüklediği yorgunluk da o denli artmaktadır (MPM-REFA, 1988).

Dinamik kassal çalışmada statik kassal çalışmanın aksine kasların kısa süren kısılmalarını bir gevşeme süreci takip etmektedir. Dinamik kassal çalışmada kas sürekli olarak gerginleşip gevşerken bir pompa gibi hem kasın yeterince kanla beslenmesini sağlamakta, hem de kan dolaşımını desteklemektedir. Gergin iken kasta yüksek olan iç basınç gevşek konumdayken azalmakta, hatta normal kan basıncının altına inmekte, damarlar daralmamakta, böylelikle kasın kanla beslenmesi ve atıkların atılması kolaylaşmaktadır. Hatta kısılma-uzama (gerginlik- gevşeklik) süreçlerinin iyi ayarlanması halinde damar çaplarındaki değişiklik, ilave bir pompalama fonksiyonunu da yerine getirmiş olmakta ve gevşek süreçte kasa normalden daha fazla kan giderek, kasın kan gereksinimi tamamen karşılanmış olmaktadır. Dinamik kassal çalışma, çalışmaya katılan kas gruplarına göre hafif, orta veya ağır dinamik kassal çalışma olarak adlandırılmaktadır. Sakin, dinamik kassal çalışma ve statik kassal çalışma hallerinde kasın kan gereksinimi ve kanla beslenebilme miktarı Şekil 2.2’de gösterilmektedir. Dinamik kassal çalışmada kasların boyu ritmik bir düzen içinde kısılıp uzamaktadır. Şekilden de anlaşılacağı gibi insan kaslarının yapısı statik kassal çalışmaya değil dinamik kassal çalışmaya uygundur (Babalık, 2005).

Fiziksel ağırlıklı bir çalışmanın diğer bir örneği olan sensomotorik çalışmada el veya kolun belirli bir kesinlikte ve hassasiyetle, çok fazla kuvvet uygulanmadan hareket ettirilmesi söz konusu olmaktadır. Bu hareketler için sarf edilecek kuvvet, değerlendirme açısından önemli olmamaktadır. Bu tür çalışmalarda (parçaların montajı, örgü örmek) kas ve dokuların yanı sıra duyu organları da çalışma nedeni ile zorlanmakta ve iş yükünü taşımaktadır (MPM-REFA, 1988).

2.1.2 Zihinsel ağırlıklı çalışma

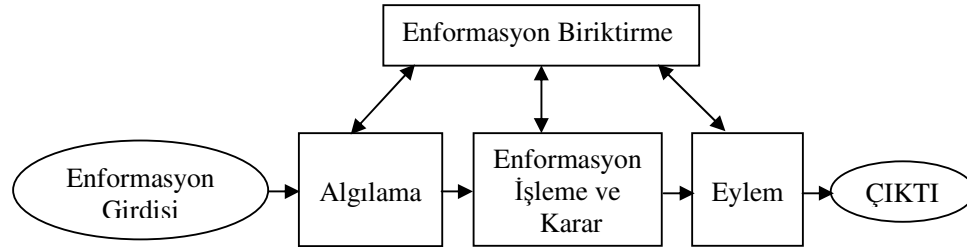
Zihinsel ağırlıklı çalışma, duyu organlarının, zihinsel yeteneklerin ve az ölçüde kasların kullanılmasına bağlı olarak “Reaktif Çalışma”, “Bağlantı Kurucu Çalışma” veya “Yaratıcı Çalışma” olmak üzere 3 grupta incelenmektedir.

Zihinsel ağırlıklı çalışma genelde düşünceye dayanan ve yaratıcılık içeren bir çalışma türüdür. Eğitim ya da deneyimle kazanılmış mesleki bilgiden yararlanarak yeni çözümler, yeni değerler üretmek salt zihinsel faaliyet içeren bir çalışmadır. Bilgi ve deneyimin yanı sıra zihinsel uyanıklık, yeni fikirler geliştirip ifade edebilme yetenekleri de başarılı olmak için gereklidir. Yeni bir makine tasarımı, karmaşık bir olayı inceledikten sonra, önemli noktalarını belirleyip özet rapor hazırlamak, öğretmenlik yapmak gibi çalışmalar içerdiği yaratıcılık katkısına göre “Reaktif Çalışma”, “Bağlantı Kurucu Çalışma” veya “Yaratıcı Çalışma”dır (Babalık, 2005).

Zihinsel ağırlıklı çalışmalarda enformasyon (bilgi) işleme süreci dört temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla;

- Algılama
- Enformasyon biriktirme
- Enformasyon işleme ve karar verme
- Eylem

olup, Şekil 2.4’te gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Zihinsel ağırlıklı çalışmalarda enformasyon işleme süreci (Fıglalı,1997)

Algılama: İnsan, enformasyonları algılama organları (reseptörler) üzerinden alınmaktadır. İnsan çevresinden gelen her türlü enformasyon, isteme bağlı ya da bağlı olmadan; görme, işitme, dokunma duyularıyla algılanmaktadır. Çalışma

açısından önem taşıyan enformasyonların %90'dan fazlası ilgili algılama organları üzerinden alınmaktadır. Enformasyonların alınışında duyu organlarının yanında enformasyon türü, duyu boyutu, tanıma türü, bildirme duyarlılığı ve kesinliği ile bozucu etkenler rol oynamaktadır (MPM-REFA, 1988).

Enformasyon biriktirme: Bireysel düzeyde enformasyon biriktirme hafızada gerçekleşmektedir. Öğrenilen şeyler, sonraki durumlarda kullanılmak üzere hafızada saklanmaktadır. Enformasyonun hatırlanması, çeşitli faktörlere bağlı olarak çok kısa sürelerde gerçekleştiği gibi oldukça uzun süreler de alabilmektedir. Makinalarda enformasyon biriktirme de ise çeşitli mekanik, elektrik ya da elektronik aygıtlardan yararlanılmaktadır. Enformasyonlar bu aygıtlara çeşitli kodlar ya da semboller şeklinde depolanmakta ve gerektiğinde ters işlemle eski şekillerine dönüştürülerek tekrar kullanılabilir duruma getirilmektedir.

Enformasyon işleme ve karar verme: Enformasyon işleme, algılanan ve daha önce depolanmış enformasyonlarla ilgili çeşitli işlemleri içermektedir. Bireysel düzeyde, basit ya da karmaşık olsun, her enformasyon işleme faaliyeti sonucunda bir karar verilmektedir. Bu karar, enformasyon girişiyle ortaya çıkan duruma öznel bir tepkidir. Sistem elemanları düzeyinde enformasyon işleme, belli koşullar ve kurallar çerçevesinde önceden hazırlanmış bir dizi komuttan oluşan bir yordam ya da program olarak tanımlayabileceğimiz mantıksal bir süreçtir. Bu süreç, kendi mantığı içerisinde söz konusu giriş enformasyonunu işleyerek çeşitli sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Sistemi kullanan bireyler bu sonuçlara göre çeşitli kararlar verebilmektedirler. Bazı gelişmiş sistemlerde, sistem, verilen bir ölçüt ya da ölçütlere göre karar verme işlemini de otomatik olarak gerçekleştirmektedir (Su, 2001).

Eylem: Verilen karara bağlı olarak oluşturulan cevaplar, tepkilerdir. Eylemler motor ve iletişim olarak iki grupta toplanmaktadır. Birinci grup, bir makina üzerindeki kolun çekilmesi, cıvatanın monte edilmesi, gibi fiziksel kontrol hareketlerini kapsamaktadır. Diğer grup ise konuşma klavye veya diğer sinyaller aracılığıyla iletişimi hedeflemektedir (Özkan, 1993).

Zihinsel ağırlıklı çalışmanın bir türü olan tepkisel (reaktif) çalışmada gelen bilgiler algılanmakta, işlenmekte ve gerektiğinde bir reaksiyon gösterilmektedir. Kontrol işi tepkisel çalışmalara verilebilecek en iyi örnektir. Şişelere otomatik olarak yağ doldurma hattında yağ doldurulmuş şişelerin dolmuş seviyesi izleyip kontrol etmek bir tepkisel çalışma örneğidir. Bu çalışmada eğer şişelerden biri yeterince doldurulmadıysa o şişe banttan alınmaktadır. Bu çalışmada yorulacak olan duyu organları (gözler) ve zaman zaman da kol kasları olmaktadır.

Bağlantı kurucu çalışmada, bilgi algılanmakta, işlenmekte başka bir bilgiye dönüştürülmekte ve gerekli yere (sisteme) iletilmektedir. Bu tür çalışmalar da duyu organlarının yanı sıra zihinsel yetenekler de devreye girmektedir. Bilgisayar programı yazmak ve telefonda konuşmak bu tür çalışmalara verilebilecek örneklerdendir.

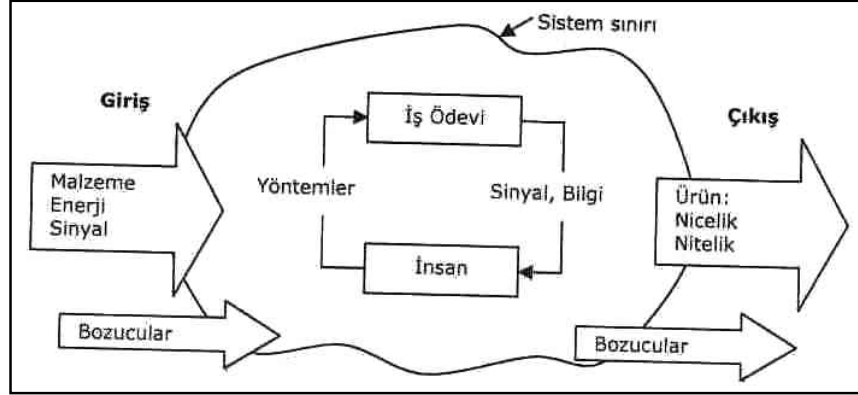
Yaratıcı çalışma da ise bilginin (enformasyon) üretilmesi ve gerekiyorsa sisteme verilmesi söz konusudur. Bu çalışma tamamen zihinsel yeteneğe bağlı olmaktadır. Yeni bir makina tasarımı, yeni bir sanat eseri ortaya koymak ve problem çözmek ise yaratıcı çalışmanın örnekleridir.

2.2 Yükleme ve Zorlanma

İnsan ile işi arasındaki ilişkiyi sistem dinamiğinden alışlageldiği gibi bir blok diyagram şeklinde göstermek gerekirse Şekil 2.5 elde edilmektedir. İnsan ve ondan beklenen iş sistemin temel elemanlarıdır. Bu elemanların aralarındaki ilişki, etkileşim oklarla gösterilmektedir. İnsana sürekli olarak işin çıktısı olarak bilgi gelmekte, gelen bilgiyi değerlendiren işgören, işi amaca uygun yapıp yapmadığı yönünde kendini kontrol etmektedir. Tüm bu olaylar bir sistem sınırı içerisinde gerçekleşmektedir. Bu sınır iş yerinde düşündüğümüz hayali bir sınır olabileceği gibi, işin yapıldığı odanın duvarları gibi gerçek bir sınır da olabilmektedir.

Sistemin giriş büyüklükleri ilerde iş sayesinde etkilenecek, şekil veya değer değiştirecek olan malzeme, enerji ve sinyal (bilgi)dir. Çıkış büyüklüğü ise ürün ve ürünün niteliği ve niceliğidir. Ayrıca hem giriş hem de çıkış büyüklüğü için bozucu

büyüklikleri dikkate almak gerekmektedir. Kimi zaman fiziksel olan, kimi zaman da fiziksel olmayan bozucu büyüklükler dışarıdan sisteme etki edebileceği gibi (gürültü, rahatsız edici düzeyde sıcaklık gibi), sistemden dışarıya çıkan, diğer iş sistemlerine etkileyen büyüklükler de olabilmektedir.

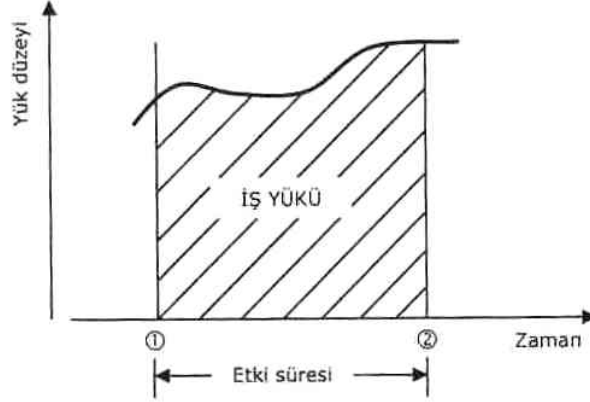


Şekil 2.5: İnsan iş ilişkisi (Babalık, 2005)

İşgören ile işi arasındaki ilişki aynı zamanda ergonomik bir model olarak ortaya koymak istendiğinde yeni bir model, Yük-Zorlanma modeli üzerinde çalışılması gerekmektedir.

Ergonomide de insana etkileyen büyüklükler “Yük”, bunların insanda doğurduğu etkiler ise “Zorlanma” olarak tanımlanmaktadır. İş esnasında işgörene işinden doğrudan veya dolaylı gelen ve işçinin karşılaması, yenmesi gereken bir direnç oluşturan her türlü etkinin toplamı yüküdür. Yük çeşitli kısımlardan oluşabilmektedir. Çalışma esnasında bir civatayı sıkmak için kol kaslarıyla uygulanan döndürme momenti veya fiziksel ortamın gürültüsü, klima değerleri gibi. Görüldüğü gibi yükün büyüklüğünü, yapılan işin içeriği kadar, işin yapıldığı ortamın özelliği, gürültü, sıcak, soğuk, tozlu v.s. oluşu gibi çevre koşulları da etkilemektedir. İşçi civatayı moment ayarlı bir anahtarla sıkacaksa, anahtarın ayarlandığı değeri gösteren göstergenin kolay veya zor anlaşılır olması da işin yükünü etkileyen bir faktördür. Bunlar işgörenin kendi özellikleri ile hiç ilgili olmayıp, doğrudan iş, işin düzenlenmesi ve işin çevre koşulları ile ilgilidir. İş yerinin sosyal havası, yönetimin işgörene yaklaşım biçimi, işin yapılması, bitmesi gereken sürenin zaman baskısı da iş koşullarını etkileyeceğinden kısmi yük olarak kabul edilmelidir.

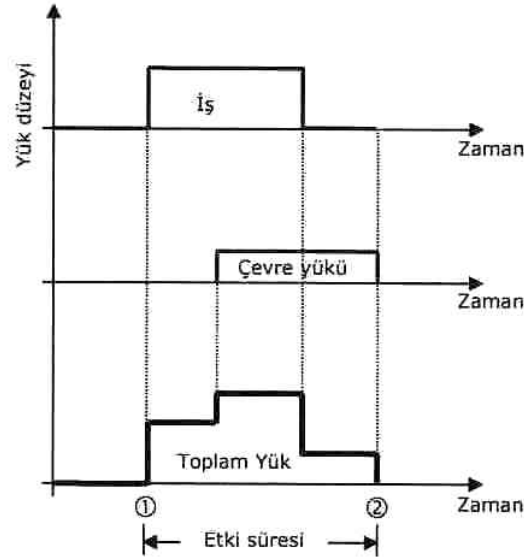
Yük değerlendirilirken yükün düzeyi kadar, yükün süresi de önemli olmaktadır. Hemen hiçbir işte yükün düzeyi bir vardiya süresince sabit kalmamakta, değişimlere uğramaktadır. Yükün düzeyi zaman içinde değişmektedir. Yük düzeyi-zaman diyagramında (Şekil 2.6), yük düzeyi eğrisinin altında kalan alan iş yükünü ifade etmektedir.



Şekil 2.6: Yük düzeyi-zaman diyagramı (Babalık, 2005)

Kısmi yüklerin toplamı, toplam iş yükünü vermektedir (Şekil 2.7). Ancak bu toplama basit bir matematiksel toplama değildir. Sadece belirli zaman dilimlerinde yükün arttığına veya azaldığına işaret etmektedir. Örneğin 30 kg kütledeki yükü taşıyan işçi, normal klimalı bir ortamdan, içerisinde döküm ocaklarının bulunduğu atölyeye girdiğinde ek bir klima yükü gelmekte, yükü indirdiğinde bile döküm atölyesinde bulunduğu sürece klima yükünden etkilenmektedir.

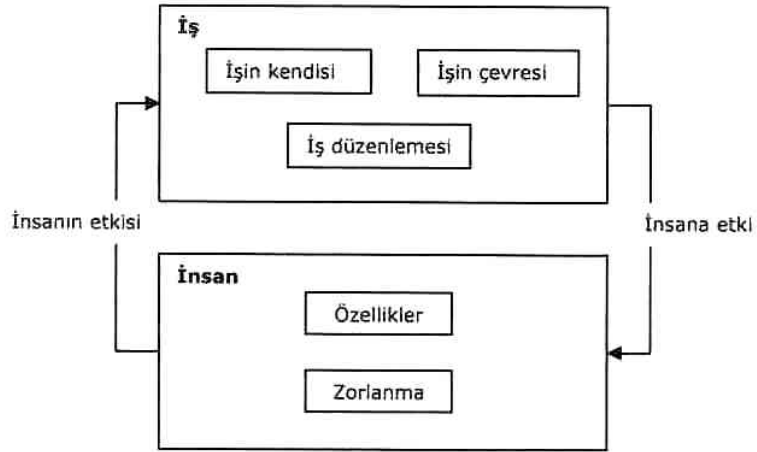
İş yükü işgörende kişinin kendine has (indivüel, bireysel) özelliklerine bağlı olarak bir etki oluşturacaktır, kişinin fiziksel özellikleri, yeteneği, becerisi, deneyimine göre iskelet, kaslar, kalp, solunum sistemi, duyu organları, ter bezeleri, merkezi sinir sistemi ve deride zorlanma meydana gelmektedir. Zorlanma kişisel özelliklere bağlı olduğundan, aynı iş yükü, farklı insanlarda farklı zorlanmalara neden olmaktadır (yük taşıma deneyimi olan sağlıklı işçi ile, bu konuda deneyimsiz, zayıf bir büro çalışanın 25 kg'lık kutuyu dört kat yukarıya taşımadaki zorlanmalarının farklı olacağı gibi.) İşte bu ilişki ergonomide yük-zorlanma konsepti olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.7: Toplam iş yükü (Babalık, 2005)

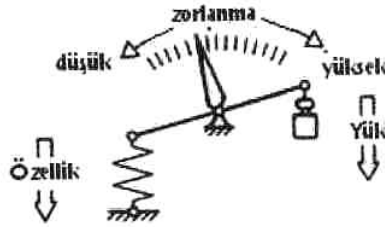
İş sisteminin hedefi, çıktı olarak maddi bir ürünün veya hizmetin ortaya konulabilmesidir. İncelediğimiz yük-zorlanma modelinde görüldüğü gibi insan bu sonuca varabilmek için pek çok özelliğinden yararlanmak durumundadır. Yük, işin yapılmasında, insana karşı gösterilen ve işgörenin yenmesi gereken bir dirençtir. Kişinin zorlanması ise sadece iş sisteminden gelen yüke bağlı olmamakta, aynı zamanda onun kişisel özelliklerine de bağlı olmaktadır. İşi yapabilecek özelliklere sahip olmak, o iş için gerekli yeteneğe sahip olmak demektir. Her insan belirli konularda, belirli düzeyde farklı yeteneğe sahiptir. Kişiye özgü farklılıklarda olan bu yeteneğinin iş esnasında kullanabileceği, sunabileceği bir maksimumu bulunmaktadır. Yetenek genelde doğuştan sahip olunan bir özelliktir ama eğitim, antrenman ve uygulamalarla geliştirilebilmektedir. Bu yeteneğinin ne kadarını işinde kullanacağı ise, kişinin işe hazır ve gönüllü olma düzeyine bağlı olmaktadır. İşe gönüllülük hali ise hem bedensel dispozisyonla hem de motivasyonla doğru orantılı ilişki içerisinde. Yetenek varsa ve işgören işe gönüllü ise, iş düzenlemesi ve iş organizasyonu da doğru yapıldıysa iş sisteminden hem nitelik hem de nicelik açısından iyi bir ürün meydana çıkmaktadır.

Zorlanma tüm kısmi yüklerin düzeyi ve süresine bağlı, ayrıca kişinin özelliklerine göre de değişen bir olgudur. İşgörenin özellikleri (fiziksel ve mental sağlığı, gücü, eğitimi, deneyimi v.b), iş yükünü dengede tutan faktörlerdir.



Şekil 2.8: Yük-zorlanma konsepti (Babalık, 2005)

İş yükü, kişisel özellikler ve zorlanma arasındaki bağıntı yaylı terazi modeli ile ifade edilmektedir (Şekil 2.9). Sadece iş yükünün artması zorlanmayı arttırmamaktadır. Kişinin özelliklerinin yükü dengeleyebildiği durumlarda (çeki yayının rijitliğinin artması) kişinin zorlanması pek fazla olmamaktadır. Ama hastalık sonrası nekahat dönemi, deneyimsizlik, motivasyon azlığı v.b. nedenler kişinin özelliğini, iş yapabilme yeteneğini olumsuz etkiliyorsa (terazi örneğinde çeki yayının rijitliğinin azalması) veya normal koşullarda da işçi için bu iş yükü büyükse zorlanma elbette büyük olmaktadır.



Şekil 2.9: Yaylı terazi modeli (Babalık, 2005)

Tablo 2.2'te yükün faktörleri, işçinin özellikleri ve zorlanan organlar gösterilmektedir.

Ergonomik iş düzenlemenin temelinde işçide oluşacak zorlanma düzeyinin değerlendirilmesi yatmaktadır. İş düzenlemesi ile zorlanma düzeyini aşağıya çekmek amaçlanıyorsa, zorlanmaya neden olan yük belirlenmelidir. Bunu doğru yapabilmek

için işten kaynaklanan yük ile iş ortamından kaynaklanan yük birbirinden ayrılmalıdır. Şekil 2.8'deki Yük-zorlanma konseptinde görüldüğü gibi işgören kendi etkisiyle, yani işi yapmada kullandığı yöntemle zorlanmayı dolaylı olarak etkileyebilmektedir. İnsanın ortaya koyduğu işin değerlendirilmesi sadece insana gelen yükün değerlendirilmesi ile değil, yükün oluşturduğu zorlanma ile birlikte yapılmalıdır.

Tablo2.2: Yük faktörleri, işçinin değerleri ve zorlanan organlar (Babalık, 2005)

| Yük Faktörleri | İş Gören | Zorlanma |
|--|---|--|
| İş içeriği İş ortamı Yükün düzeyi Yükün etki süresi | Kişisel özellikler Yetenekler Beceri, deneyim İhtiyaçlar | İskelet, kas Kalp, dolaşım sistemi Duyu organları, sinir sistemi, ter bezleri, deri |

Yük-zorlanma sistemindeki ilişkiler ergonomik iş düzenlemesindeki iki temel yöntemi de ortaya koymaktadır:

1. Ergonomik iş düzenlemesi sayesinde yüke etki
2. Doğru seçim ve uygun eğitimle işgörenin özelliklerinin işe uyumu.

Bu iki temel yöntem doğru uygulanırsa işgörenin zorlanması azalmaktadır. Fiziksel ağırlıklı çalışma olarak ifade edilen bedensel işlerdeki yük-zorlanma konsepti zihinsel ağırlıklı çalışma olarak ifade edilen mental işlere aynen uygulanmamaktadır. Bedensel faaliyetlerde zorlanma sonucu kalpte, dolaşım sisteminde ve kaslarda değişiklikler olmaktadır. İnsan vücudu hakkındaki bilgiler buradaki sebep-sonuç ilişkisini açıkça kurabilecek kadar yeterlidir. Daha ağır yük kaldırırken veya daha hızlı yürürken niçin kalbin daha hızlı attığını, kaslarda yorgunluk hissini niçin algılandığı bilinmektedir. Ancak benzer sebep-sonuç ilişkilerini zihinsel faaliyetlerde kurabilecek düzeyde bilgi henüz bulunmamaktadır. Heyecanlanıldığında, çok korkulduğunda veya sevinildiğinde de başta kalp atışı olmak üzere kişide bazı fonksiyonel değişiklikler olmaktadır, bu duygusal yüküdür ve zihinsel (mental) zorlanma gibi psişik bir zorlanmadır. İş yaşamımızdaki psişik zorlanmalar kendini zihinsel (mental) zorlanmalar olarak göstermektedir (Babalık, 2005).

Zihinsel ağırlıklı çalışmalarda, görünüşte çalışanlar daha az iş yapmaktadırlar ancak fiziksel çabanın azalması her zaman genel iş yükünün azalması anlamına gelmemektedir. İş yaşamındaki bedensel faaliyetleri inceleyen fizyologlar yük-zorlanma ilişkisi üzerine yaptıkları araştırmalarını kalp, dolaşım sistemi ve organizmadaki enerjiye ilişkin süreçlerine odaklanmaktadırlar. Zihinsel faaliyetleri inceleyen psikologlar ve psikiyatristler ise iş yükünün merkezi sinir sisteminde oluşturduğu işlevsel değişikliklere dikkatlerini yöneltmektedirler. Ne var ki zihinsel zorlanmanın sonuçlarını, örneğin zihinsel yorulma düzeyini ölçmek için, fiziki yorulmayı ölçmede sahip olunan (kalp atışının artması, terleme, kaslardaki gerilimin artması v.b.) göstergeler bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı zihinsel ağırlıklı çalışmalarda iş yükünü belirlemek, fiziksel ağırlıklı çalışmalara göre daha karmaşık ve zor olmaktadır. Fiziksel ağırlıklı çalışmalarda en çok Kas İskelet Sistemi faaliyet göstermektedir. Bu tür çalışmalarda iş yükünü belirlemek amacıyla Kas İskelet Sistemi üzerinde ölçüm ve değerlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. (Bu konu ile ilgili detaylı bilgiler için Bölüm 3'e bakılabilir). Fiziksel ağırlıklı çalışmalarda iş yükünü analiz etmek için kullanılan yöntemler ise Bölüm 4'te detaylı olarak açıklanmaktadır.

Zihinsel ağırlıklı çalışmaların performansını belirlemek, çalışanlara görev atamaları sırasında bir temel teşkil etmek ve İ-M Sisteminin çıktı kalitesi açısından zihinsel iş yükünün belirlenmesi ve dengelenmesi oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Amaç zihinsel iş yükünü mümkün minimum seviyeye indirmek değil, optimize etmektir. Aşırı yüklenmeden kaçınmak öncelikli, çok az yüklenmeden kaçınmak da diğer önemli bir konudur. Gerçekten istenen şey; zihinsel iş yükündeki çok veya az olma durumlarından herhangi bir çeşidinden kaçınmak ve bozucu etkilerden uzak ve kişisel gelişmeye imkan sağlayan optimal zihinsel iş yükünü sağlamaktır (Güreşçi, 2004).

Birçok teori zihinsel iş yükünü sadece operatörün işleme kapasitesi olarak nitelermektedir. Bazı teoriler de duyuşsal ve fiziksel konuları dikkate almaktadır. Zihinsel yük kavramı çevresel talepler ve bunları karşılayacak kaynaklar arasındaki ilişkiyi nitelermektedir. Zihinsel yük teorilerinde kaynaklar özel bir görevi icra etmek için mevcut işleme kapasitesini, talepler ise görevi icra etmek için ihtiyaç duyulan

işlemeyi nitelemektedir. Zihinsel yük teorileri, bilişsel ve enerjik işlemler arasındaki etkileşimi tanımlayan insan performansı araştırmalarından doğan modellere bağlıdır. Bilişsel işlemler, mantıksal operasyonları kullanarak algısal enformasyonu motor davranışlara dönüştürmektedir. Zihinsel yük, kişinin sahip olduğu mevcut kaynak miktarı ve görevin gerektirdiği kaynak miktarı arasındaki fark ile ilgili kir kavramdır. Bu zihinsel yüklenmenin hem kişideki mevcut kaynak miktarı hem de görevin kişi üzerindeki gereklerinin değiştirilmesi ile değişebileceği anlamını taşımaktadır. Bir açıdan zihinsel iş yükü kavramı, fiziksel iş yükü kavramına benzerlik göstermektedir. Zihinsel yük büyüdükçe görevin daha da zorlaştığı varsayılmaktadır. Ayrıca operatörler arasında işleme kapasitesi açısından farklılıklar ve bir operatörün kapasitesinde yorgunluk, uykusuzluk, endişe ve psikosomatik rahatsızlıklar (örneğin baş ağrısı) nedeniyle dalgalanmalar olmaktadır. Bu ise bir çalışma çevresinin, istenen kapasitesinin operatörün kapasitesinin altında kalacak şekilde tasarlanması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Önemli bir nokta ise operatörün bu görevi uzun süre icra edebilmesini sağlamaktır (günde sekiz saat ve yıllar boyu).

Zihinsel iş yükünün ölçülmesi ile ilgili yaklaşımlar dört ana grupta toplanabilmektedir. Bu yaklaşımlar tek başına veya birkaçı destekli olarak kullanılmaktadır.

- Temel (primary) veya Davranışsal görev ölçümleri: Bir görevdeki iş yükünü sayısallaştırma konusundaki teşebbüslerden biri iş yükünü basit olarak, görevleri icra etmek için gerekli zamanın, görevleri icra etmek için mevcut zamana bölünmesi olarak tanımlamaktadır. Bir görev boyunca dakika dakika bu hesaplamayı yapmak amacıyla bilgisayar destekli birkaç modelleme programı geliştirilmiştir.
- İkinci görev ölçümleri: İkincil görev ölçümlerinin kullanımındaki temel mantık, temel görevin yapılmasına yönlendirilmemiş ayrı bir kapasitenin ikincil bir görev tarafından kullanılabilmesidir. İkincil görev ölçüm metodu, operatörün temel görevine ikinci bir görevin ilave olması durumunu incelemektedir.
- Psikofizyolojik ölçümler: Bu ölçümdeki mantık, merkezi sinir sistemi aktivitesini içeren enformasyon işlemenin veya onun göstergelerinin olmasıdır.
- Subjektif ölçümler: İş yükünün ve operatör performansının belirlenmesi amacıyla kullanımı kolay ve kullananlar arasında da kabul görmekte olan tek boyutlu ve çok boyutlu tahmin skalaları kullanılmaktadır (Fırlalı, 2003).

3. KAS İSKELET SİSTEMİ

İnsan vücudu, eklemlerle birbirine bağlanmış ve kaslarla desteklenmiş kemiklerden oluşan bir hareket sistemine sahiptir (Su, 2001). İnsanların kemiklerden oluşan iskeleti, tüm insan varlığının üzerine ya da içine yerleştiği ve taşındığı, bir destek doku oluşturmaktadır. İskelet; kollar, bacaklar ve gövde omurlarında oluşmuş eklemler etrafında hareketlidir. Bütün hareketli kısımlar çeşitli kaldıraç yasalarına göre görev yapmaktadır. Basit mekanik kurallar içinde incelenirse, insan vücudundaki kaldıraç sistemlerinin verimi ya da zayıf noktaları kolayca saptanabilmektedir. Nitekim kol ve bacakların eklemlerinde kas gücü ile gerçekleştirilen hareketler akıcı bir şekilde ve kolayca oluştuğu halde kuvvet kolu ve direnç kolu ilişkilerine göre mekanik özellikleri zayıf olan, bel bölgesindeki omurlar arasındaki kaldıraç hareketleri önemli sorunlar çıkarabilmektedir (Erkan, 2003).

İnsanların tüm yaşamı boyu işlevini koruyabilen eklemlerin hareketli yüzeyleri, bir kırık doku ile kaplanmış ve eklemlerin içinde yüz yüze gelen kısımlar ise pürüzsüz, dayanıklı ve kaygan bir yapılaşma göstermektedir. Eklem noktalarından birbirine bağlı olan kemiklerin tüm hareketleri için gerekli kuvvet, iskelet kaslarından gelmektedir. Kasların dengeli bir şekilde uzaması ya da kısılması ile insan vücudu tüm biyomekanik yeteneklerini sergilemektedir (Özkan, 2005).

Kemikler, eklemler ve kaslar dışında vücudun hareket etmesinde önemli rol oynayan sistem ve dokular bulunmaktadır. Bunların arasında; kasların uyarılmasını sağlayan sinir sistemi, beslenmesini sağlayan sindirim ve dolaşım sistemi, atıkların dışarı atılmasını sağlayan boşaltım sistemi ve tüm organların bir arada tutulmasını sağlayan deri özellikle önemlidir. Kasların ihtiyacı olan yakıtı dokulara ulaştıran dolaşım sistemi içerisinde yer alan ve biyokimyasal enerjinin oluşması için gerekli oksijeni vücuda sokarken, metabolizma atığı karbondioksiti dışarı atan akciğerler ayrı bir önem taşımaktadır. Bu arada sinir sistemi içerisinde yer alan beyin, beyincik, omurilik

ve omurilik soğanı ile ergonomik açıdan çok önemli olan göz, kulak gibi duyu organları da hareket sistemine önemli katkılar sağlamaktadır (Özata ve diğ. 2006).

3.1 Kemikler

İnsan iskeletinde, çeşitli kısımların hareket etmesine olanak verecek bir şekilde, eklemlerle bağlanmış 206 kemik bulunmaktadır. İnsanların iş yapmasında, doğrudan görev alan kollar ve bacaklarda uzun kemikler yer almaktadır. Uzun kemikler olarak sınıflanan bu kemiklerin arasında, el ve ayak parmakları gibi kısa görüntülü olanlar da bulunmaktadır. Kemikler, temel yapıları itibariyle sert ve dayanıklı bir yüzeysel yapı göstermektedirler. Kemiklerin içyapıları incelendiğinde delikli ve adeta süngerimsi bir yapılaşma görülmektedir. Bu yapı dikkatle incelenirse yapılaşmanın, kemik dokusuna binecek yükü taşımaya elverişli bir destek doku olarak şekillendiği görülmektedir.

Kemiklerin yüzeyindeki bazı girinti ve çıkıntılar, kasların bağlantı noktalarını, bağ dokularının geçitlerini ve çeşitli mekanik avantajları sağlayabilecek bir yapılaşmayı temsil etmektedirler. Ayrıca kemiklerin yüzeyinde, ilk bakışta dikkati çekmeyen, çok sayıda delikler ve buradan başlayarak kemiklerin iç dokularına ulaşan kanallar bulunmaktadır. Kemiğin beslenmesini sağlayan kan damarları ile kemik dokusunun sınırları bu özel kanallardan kemik içine ulaşmaktadır (Erkan, 2003).

3.2 Eklemler ve Eklem Hareketleri

Bedensel aktivite hareketle mümkündür; hareket ise hareketi gerçekleştirecek elemanların birbirlerine göre konum değiştirebilmelerini gerektirmektedir. Kemikleri birbirine hareket esnekliği sağlayacak şekilde bağlayan elemanlara eklem denir. Eklemler iki ya da daha çok kemiğin birleşme yeridir (Babalık, 2005).

Eklemlerin etrafında, kollajen yapıda ve çekmeye dayanıklı zengin liflerden oluşmuş bir destek dokusu bulunmaktadır. Bu kollajen liflerin arasında, daha az esnek olan dokular da bulunmaktadır. Kollajen lif dokusu ayrıca, ligamentler diye adlandırılan, bağ dokularının da temel yapısını oluşturmaktadır. Bağların ve iki

kemiği birbirine bağlayan tüm dokuların teşkil ettiği eklem kapsülü, çok dayanıklı ve esnek bir kılıf özelliği göstermektedir. Fibroelastik kıkırdak dokuları ile destekli omurlar arası eklemlerin etrafında da bir kapsül oluşturan zengin bağ dokuları bulunmaktadır (Erkan, 2003).

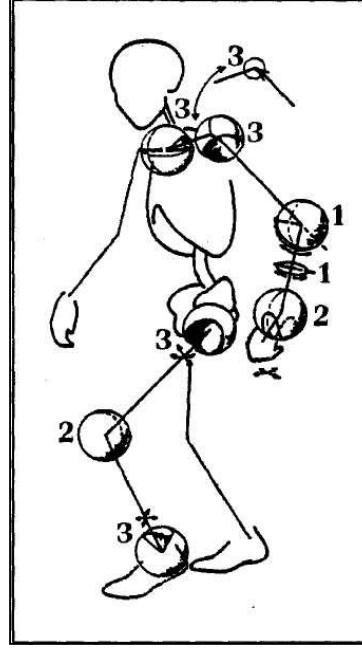
Eklemler hareket yeteneklerine göre sınıflandırılmaktadır. Kemiklerin çok az hareket edebildiği eklemlere statik eklem (yarı oynar eklem); kasların da katkısıyla rahat hareket eden aktif eklemlere dinamik eklem denir. Dinamik eklemler uzun süre ayakta durarak veya uzun süre oturarak çalışma gibi statik zorlanma hallerine uygun eklemler değildirler. Böyle zorlanmalarda dinamik eklemlerdeki kıkırdak doku daha kolay hasar görmektedir. Dinamik eklemler, statik zorlanmaya maruz kaldıklarında hasarı önleyebilmek için eklemi koruyucu destek mekanizmaları devreye girerek, kapsül bantları ve kaslar gerginleşmektedir. Bu kaslar görevlerini yerine getirebilmek için çok daha fazla enerji harcamakta, verimleri de daha düşük olmakta, bu nedenle statik yük altında dinamik yüke nazaran daha çabuk yorulmaktadırlar.

Eklemlerde karşılaşılan hareketlere örnek olarak:

1. Abdüksiyon: Kollar yana sarkık ve el ayası vücuda dönük duruşta kolun yandan omuz yüksekliğine kaldırılması.
2. Addüksiyon: Yana kaldırılmış kolun aşağı indirilerek gövdeye yaklaştırılması.
3. Fleksiyon: Dirsek ekleminde, kalça ekleminde eğme bükme hareketi
4. Ekstansiyon: Dirsek ve kalçayı düz konumda germe hareketi
5. Rotasyon: Kolun veya bacağın içe veya dışa döndürülmesi verilebilmektedir (Babalık, 2005).

Vücudumuzdaki eklemlerin hareketliliği Şekil 3.1’de görülmektedir. Eklem noktalarındaki sayılar, ilgili eklem için kaç doğrultuda hareket edebildiğini göstermektedir. Eklem noktalarındaki küreler üzerindeki kronik çukurlar, eklem hareket boyutlarını temsil etmektedir.

Hareketli eklemler, konumlarına göre bir, iki ya da üç planda hareket edebilmektedir. Her hareketli eklem için, eklem başının merkezinden geçtiği kabul edilen bir ekseni bulunmaktadır. Eklem hareket özelliklerine göre hareket ekseni



Şekil 3.1: Eklemlerin hareketliliği (Özkan, 2005)



Şekil 3.2: Üst ve alt etraf eklemlerinin hareketlilik dereceleri (Erkan, 2003)

belirlenebilmektedir. Eklemlerin hareketleri goniometre ve primetre gibi basit araçlarla saptanabildiği gibi daha incelikli ölçüler için çok yönlü film analizleri de kullanılmaktadır. Bu alanda çeşitli araştırmalar yapılmış ve 39 askerden oluşan denek grubu üzerinde yapılan bir araştırma sonucunda elde edilen değerler de Şekil 3.2’de verilmektedir. Bu şekilde her eklem için bulunan istatistik ortalamalar ortadaki rakamlarla gösterilmektedir. Üstteki sayılar deneklerin 5’inci ve alttaki sayılar 95’inci dağılım yüzdelerindeki açılma değerleri göstermektedir (Erkan, 2003).

3.3 Kaslar

Vücudumuzun her tarafına yayılmış bulunan kaslar, hareket sistemimizin kuvvet kollarıdır. Kemikler ve eklemlerin hareket edebilmeleri ancak kaslarla mümkün olmaktadır. Kaslar, hareket sistemimizin kuvvet ile işlevsel bir birim oluşturan kas hücrelerinden oluşmakta ve kasılmaları çeki kuvvetini doğurmaktadır. Kaslar vücut ağırlığının %40’ını meydana getirmektedir (Babalık, 2005).

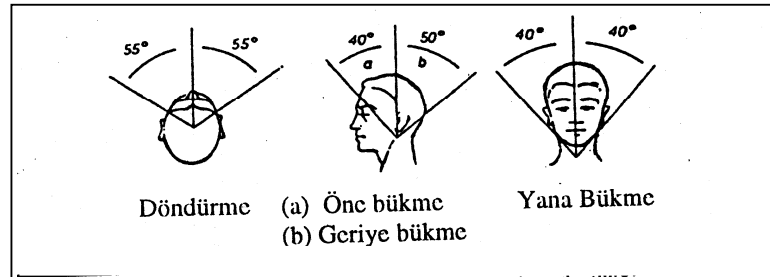
Kaslar yapılarına ve çalışma şekillerine bağlı olarak üç grupta incelenebilmektedir: Birinci grupta, isteğe bağlı olarak çalışan çizgili kaslar yer almaktadır. İkinci grupta, otonom sinir sistemi altında çalışan düz kaslar bulunmaktadır. Üçüncü grup ise, yapı olarak birinci gruba, çalışma şekli bakımından da ikinci gruba benzeyen kalbin çizgili kaslarından oluşmaktadır. Ergonomik açıdan, en önemli kas grubu isteğe bağlı olarak çalışan çizgili kaslardır. Kas dokusunun en önemli özelliği, kasılabilme yeteneğidir. Bir kas, normal boyunun yarısı kadar kasılabilmektedir. Dolayısıyla, tam olarak kasılmış bir kasın iş yapabilme gücü kasın orijinal boyu ile orantılıdır. Her kas lifi belirli bir kuvvet ile kasılmaktadır. Bir lif demetinde kasılan kasların kasılma kuvvetlerinin toplamı, kasın toplam kasılma kuvvetini vermektedir. Bir insandaki maksimum kas kasılması, kasın her cm² için yaklaşık 40 N 'dur. Kasılmanın başlangıcında maksimum olan kas kuvveti, kasın boyu kısaltıldıkça azalmaktadır. Kasılma kuvveti, sadece liflerin uzunluğuna bağlı olmamaktadır. Aynı zamanda aktif olarak kasılan lif gruplarının sayısına da bağlı olmaktadır. Uzun süreli kasılmalarda, lif grupları nöbetleşe kasılarak, tüm kas sistemine ait kasılmanın sürekli olmasını sağlamaktadır. Bu şekilde, kasılma sırasında lif gruplarının bir düzen içinde birbirlerini dinlendirmeleri sağlanmaktadır (Özkan, 2005).

3.4 İnsan Hareketlerinin Sınırları ve Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi

İnsan hareketlerinin sınırları incelendiğinde, anatomik özelliklerin önemli etkisi kolayca görülmektedir. Hareket sınırları; eklem kapsülünün yapısına, eklem etrafındaki dokulara ve yapılan hareketin doğrultusuna göre değişik boyutlar göstermektedir. Ayrıca yaş, cinsiyet, kalıtsal özellikler, çeşitli hastalıklar ve yaralanmalar gibi etkenler de hareket sınırlarında değişiklikler yapabilmektedir. Bu nedenle hareket sınırları alanında yapılacak araştırmaların yeterli örnekleme ile ve bulguların istatistik dağılımının da dikkate alınarak saptanması gerekmektedir.

3.4.1 Baş hareketleri

Baş hareketlerinin açısal boyutları Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Baş rotasyon hareketleri dikkate alındığı zaman, sağa ve sola dönüşlerin açısal ortalamasının 55° olduğu görülmektedir. Ergonomik yaklaşımlarda bu harekete, gözlerin yuvalarında dönme hareketleri de dikkate alınarak, daha geniş açılarda bir hareket boyutu varsayımı ile yaklaşılmaktadır. Başın sağa ve sola dönüşü şüphesiz, boyun omurlarının işlevi ve boyundaki kas ve bağ dokularının esnekliğine bağlı olmaktadır. Göz hareketleri ise burada önemli bir kolaylık ve avantaj sağlayabilmektedir.



Şekil 3.3: Başın boyun ekleminde hareketliliği (Erkan, 2003)

Başın geriye bükülmesi ortalama 50° gibi değerlere ulaşabilmesine rağmen, ergonomik açıdan başın, bu ölçülerde geriye bükülmüş duruşu herhangi bir yarar sağlamamaktadır. Nitekim zorlanarak geriye bükülen baş pozisyonunda yutkunma güçleşmekte ve başı uzun süre bu pozisyonda tutmak rahatsız edici bir boyuta ulaşmaktadır. Başın öne bükülmesi daha rahat bir pozisyonudur fakat yine de gözle takip gerektiren göstergelerin, baş hareketlerini zorlamayacak bir şekilde göz bakış

açılarına göre yerleştirilmesi prensip kabul edilmektedir. Özellikle, uzun süreli izleme gerektiren göstergeler hiç bir zaman normal göz bakış açılarının dışına yerleştirilmemelidir (Erkan, 2003).

3.4.2 Gövde ve el kol hareketleri

El kol hareketlerinin büyük bir bölümünde gövde hareket hudutlarının da kullanılarak çalışılması söz konusudur. Gövdenin sağa ve sola dönüş hareketleri 40° civarındadır. Ancak, bu tür gövde döndürme hareketleri statik bir şekilde ve uzun süreli olmamalıdır. Gövdenin öne ve geriye bükülmesi konusunda da aynı sakınca söz konusudur. Özellikle, gövdenin öne bükülüş durumunda, sağa ve sola döndürme hareketleri ve kuvvet gerektiren kas zorlamaları yapmak sakıncalı olmaktadır. Bu tür zorlamalarda kalıcı sakatlıklara neden olan eklem zedelenmeleri görülebilmektedir.

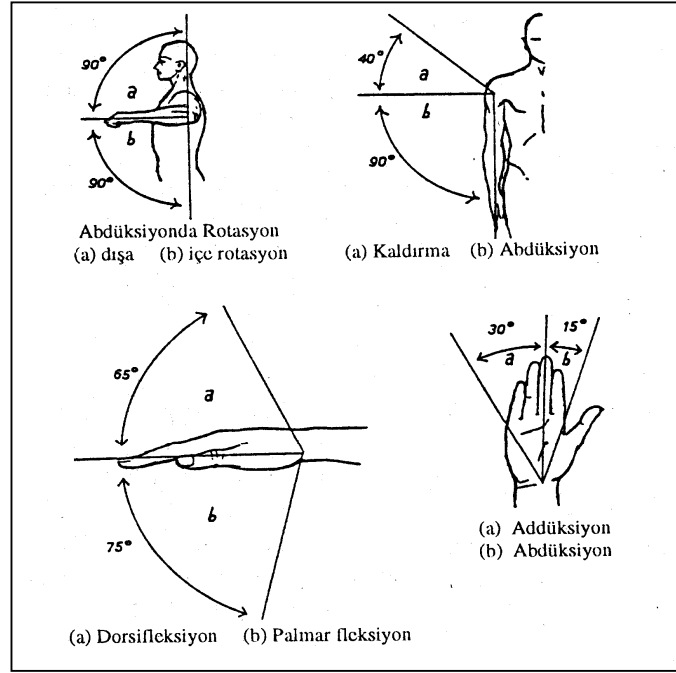
Omuz eklemine yuvarlak eklem başı ve oldukça düz eklem yuvası, bu eklem geniş açılabilir hareketini kolaylaştırmaktadır. Omuz eklemi hareketine dirsek ve el bileği hareketleri de katıldığı takdirde, gövde etrafında geniş bir erişim alanı oluşmaktadır. Ancak, el ve kol hareketleriyle ve duyarlı bir şekilde gerçekleştirilebilen hareketlerin uygulama alanı sınırlıdır. El ve kolların hareketi söz konusu olunca, hareket etkinlik alanı oldukça daralmaktadır. Omuz, dirsek ve el bileğinin ortalama hareket açıları Şekil 3.4'te gösterilmektedir.

Normal olarak kolların duruşu, omuzdan sarkık ve avuç içi gövdeye dönük bir duruştur. Oturan bir insanın rahat çalışma pozisyonu ayrıca değerlendirilmelidir. Çünkü bu duruş kolun dirsekte 90° bükülü, alttan desteklenmiş ve parmakların hafifçe bükülü ve avuç içlerinin de birbirine dönük olduğu bir duruştur (Erkan, 2003).

3.4.3 Ayak ve bacak hareketleri

Ayakta dururken dizlerin normal duruşu, vücut ağırlığını taşıyan kemiklerin düşey doğrultuda tutulabilmesi için tam gergin bir duruştur. Oysa otururken ve sırtüstü

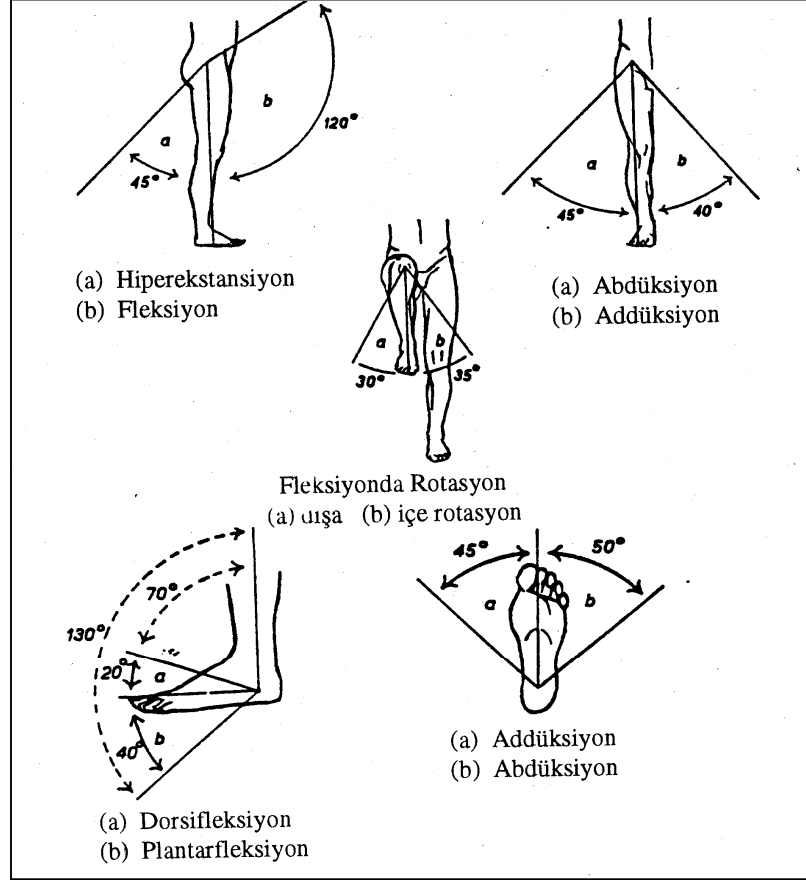
yatarken dizlerin en rahat pozisyonu 70° - 130° açılar içinde fleksiyon halindeki duruşudur.



Şekil 3.4: El ve kol hareketlerinin boyutları (Erkan, 2003)

Kalça eklemının eklem kapsülü derin olduğu için, omuz eklemi ile kıyaslandığında hareketlerinin önemli ölçülerde sınırlı olduğu görülmektedir. Bacağın, kalça ekleminden fleksiyon hareketi 120° civarındadır. Ancak, çoğu insan bu hareketi diz bükülü iken gerçekleştirebilmektedir. Kalçadan gerçekleştirilebilen hiperekstansiyon (geriye bükülme) ise 45° civarındadır. Şekil 3.5'te görülen kalça, diz ve bilek eklemi hareketleri ergonomik tasarımlar açısından önemlidir. Oturan bir makine operatörünün ayaklarda kuvvet uygulamaları, diz ve kalçadan fleksiyon hareketlerinin desteğinde, oldukça geniş bir tasarım alanı ve hacmi sağlamaktadır. Ayakta duran bir insanın bir kontrol pedalı üzerinde yaratabileceği kuvvet kişinin ağırlığı ile bağlantılı olduğu gibi, ayak pedallarının yerleştirme alanı da sınırlı olmaktadır. Oturan bir operatörün sırt bölgesine iyi bir destek sağlandığında, diz ve kalça açılarının farklı değerlerinde, oldukça önemli ölçülerde kuvvet uygulanabilmektedir. Örneğin; otururken, dizin 165° 'lik bir açı içinde tutulduğunda, ayak pedalına 350 kilogram kadar kuvvet uygulanabilmektedir. Diz açısı değiştiğinde bu kuvvet azalmaktadır. Ergonomik açıdan önemli olan sadece kuvvet uygulaması değildir. Eklemlerin hareketliliğine göre, reaksiyon zamanı en kısa uygulama

pozisyonu, en uzun süre uygulamalarla elverişli noktalar gibi gereksinimler de dikkate alındığından, el ve ayakların çeşitli eklem açıları içinde hareketleri bu yaklaşımlarla da incelenmektedir (Erkan, 2003).

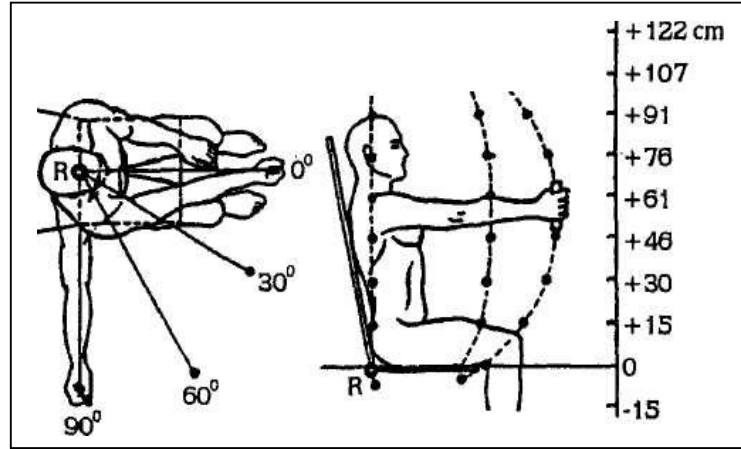


Şekil 3.5: Ayak ve bacak hareketlerinin boyutları (Erkan, 2003)

3.4.4 Maksimum kavrama noktaları

İnsanların üst etraf boyutları ve eklemlerinin işlerliği ile orantılı olan maksimum kavrama noktaları, ergonomik yaklaşıma bir örnek teşkil etmekte ve endüstriyel uygulamalar açısından da önemli tasarım boyutlarını ortaya koymaktadır. Bu konuda sistematik araştırmalar 1950'lerde tamamlanmıştır. Şekil 3.6'da şematize edilen ölçme yaklaşımları ile sınırlı sayıda denek üzerinde yapılan çalışmaları değerlendiren Hertzberg, elde edilen değerlerin istatistik dağılımını da yaparak, işyeri tasarımı açısından önemli veriler ortaya koymuştur. Hertzberg ve onu izleyen araştırmacıların en önemli katkısı insan - makine ara kesitine fonksiyonel anatomi yaklaşımını

getirmeleridir. Hertzberg'in 1956 yılında yapmış olduğu çalışmadaki deneklerin R referans noktası ve 0° ekseninden çeşitli açısıl doğrultularda (0°, 30°, 60°, 90°) ve oturma düzleminde çeşitli yükseklikte (-15 ile +122 cm arası) normal gergin kol ile erişebildikleri kavrama noktaları Tablo 3.1'de görülmektedir (Erkan, 2003).



Şekil 3.6: Kavrama Noktaları (Erkan, 2003)

Tablo 3.1: Kavrama Noktaları (Erkan, 2003)

| "R" referans noktasından yükseklik | % 5 (cm.) | | | | Ortalama (cm.) | | | | %95 (cm.) | | | |
|------------------------------------|-----------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|
| | 0° | 30° | 60° | 90° | 0° | 30° | 60° | 90° | 0° | 30° | 60° | 90° |
| - 15cm | | | | | | | | | | | | 30 |
| + 0 | - | - | 45 | 47 | - | 44 | 51 | 53 | - | 54 | 60 | 63 |
| + 15cm | 43 | - | 60 | 65 | 50 | 58 | 66 | 69 | 56 | 65 | 73 | 77 |
| + 30 cm | 49 | 60 | 69 | 71 | 57 | 66 | 72 | 76 | 64 | 73 | 79 | 84 |
| + 46 cm | 54 | 65 | 71 | 76 | 61 | 69 | 76 | 81 | 68 | 76 | 83 | 88 |
| + 61 cm | 55 | 63 | 71 | 76 | 62 | 70 | 77 | 83 | 67 | 76 | 84 | 89 |
| + 76 cm | 51 | 60 | 70 | 74 | 60 | 68 | 75 | 80 | 66 | 75 | 81 | 87 |
| + 91 cm | 44 | 51 | 61 | 66 | 53 | 62 | 69 | 74 | 62 | 71 | 75 | 81 |
| + 107 cm | 32 | 35 | 49 | 54 | 43 | 50 | 58 | 65 | 53 | 62 | 67 | 74 |
| + 122 cm | - | - | - | - | 28 | 34 | 40 | 46 | 39 | 46 | 51 | 56 |

3.5 Yük Kaldırma ve Taşıma

Pek çok meslekte işgören, sık sık el ile ağır bir yükü hareket ettirme zorunluluğu ile karşılaşmaktadır. Taşıma, işletmelerin günlük faaliyetlerinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Depolama alanlarından çalışma alanlarına ve bir iş istasyonundan diğer bir iş istasyonuna yapılacak taşımanın düzenli olması, işyerinin verimliliği için ön koşuldur. Taşıma derken tutmak, kaldırmak, taşımak, yerine koyuncaya kadar elde tutmak, indirmek, yerine koymak ve bırakmak hareketlerinin tümü kastedilmektedir.

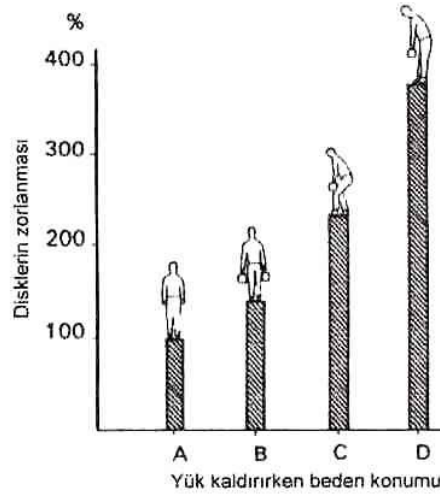
Bir kütleyi kaldırma, tutma ve taşıma tamamen statik bir iş ya da statik iş oranı yüksek bir iş olup çok fazla g gerektirdiğinden ağır iş grubuna girmektedir. Bu tür işlerde ana sorun fazla güç gereksinimi ve kasların fazla zorlanmasından ziyade omurlar arası disklerin zorlanıp aşınması, hasara uğraması, sırt ve bel hastalıkları oluşmasıdır.

Diskteki zorlanmalardan doğan sırt ve bel hastalıkları şiddetli ağrıların yanı sıra hareket yeteneğini sınırlar, bu hastalıkların tedavisi uzun sürer, işçi işine uzun süre devam edememekte, hastalık dikkat edilmediği takdirde kolay tekrar edebilmekte ve işçinin erken yaşıta malulen emekliliğini gerektirebilmektedir. Ağır işlerde çalışanlarda, transport işi yapanlarda, yatak hastalarının bakımıyla görevli hastabakıcılarda disk rahatsızlıkları daha sık görülmektedir.

Omurlara ve aralarındaki disklere gelen yük yukarıdan başlayarak aşığıya doğru gittikçe artmakta, en çok yük, dolayısıyla da gerilme en son beş omurda maksimum değere ulaşmaktadır. Disklere gelen basınç sadece taşınılan yüke değil aynı zamanda çalışanın konumuna, duruş şekline de bağlıdır. Bir insan eğildiğinde kaldır etkisinden dolayı bel omurlarına büyük kuvvetler gelmektedir. Yük kaldırırken sırt düzlemi yatay konuma gelecek derecede eğilen bir kişide moment kolu uzunluğunun büyümesi nedeniyle disklere gelen bası kuvveti artmaktadır. Ortalama olarak belden yukarısı vücut 45 kg, moment kolu mesafesi de (yükü kaldıran kollar ve eğim noktasını oluşturan disk arası) 35 cm de alındığında sadece kişinin kendi ağırlığından dolayı bel omurlarına 1000-2000 N arası bir kuvvet gelmektedir. Bir de buna

kaldırılacak yükün etkisi eklendiğinde omurlar arası diske gelen kuvvet 6000 N'a kadar çıkabilmektedir. Bu yük, sırtı kamburlaştırmadan düz tutularak kaldırılırsa basınç diske her noktasını eşit zorlayacak şekilde dağılmakta, aksi takdirde zorlanma dağılımı eşit olmadığından maksimum zorlanma hasar verecek düzeye çıkmaktadır.

Herhangi bir yük taşımayan kişinin ayakta dik dururken L3-L4 diskleri arasındaki basınç 100 birim ise, her elinde 10 kg yükü yine dik durarak taşıyan kişide aynı noktadaki basınç 140 birim, 20 kg ağırlığındaki bir kütleyi dizlerinin kırarak ve sırtı dik olarak (doğru biçimde) kaldıran kişide basınç 230 birim, yine 20 kg'lık yükü kırılmamış düz diz ve eğik sırt ile (hatalı biçimde) kaldıran kişide basınç 375 birimdir. Şekil 3.7'den de görüldüğü gibi yük kaldırırken sırtın eğilmesi omurlar arası diske basınç üzerinde büyük oranda zorlayıcı etki yapmaktadır. Bu nedenle yük kaldırma işinde mutlaka dizler kırılarak yere çömelinmeli ve sırtın dik konumda kalmasına dikkat edilmelidir.



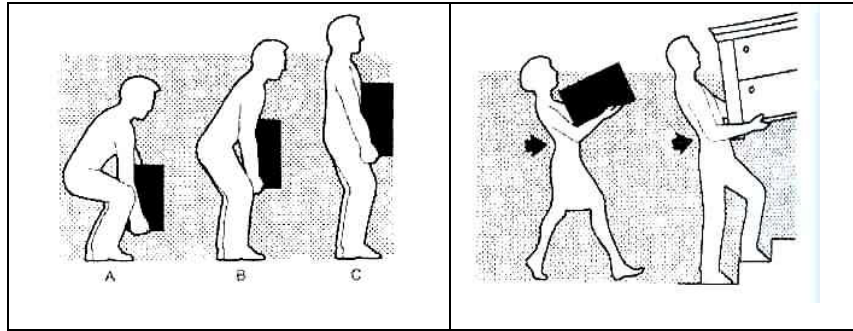
Şekil 3.7: Beden konumunun disk zorlanmasına etkisi (Babalık, 2005)

3.5.1 Sağlığa uygun yük kaldırma ve taşıma yöntemleri

Yanlış biçimde yük kaldırma ve taşıma iskelette ve kaslarda telafisi mümkün olmayan hasarlara neden olabilmektedir. Bu nedenle bir yükün kaldırılması esnasında kişide hasar oluşturmaması için aşağıdaki kural ve önerilere işgörenlerin mutlaka uyması sağlanmalıdır.

Yük kaldırırken: Şekil 3.8’de görüldüğü gibi hafif açılmış bacaklarla denge sağlanacak şekilde çömelinmekte ve kaldırılacak kütleyle mümkün olduğunca yaklaşarak yük ellerle sağlamca tutulmakta, yük kaldırılmadan önce sırt düz hale getirilmektedir. Karın ve sırt kasları gerginleştirilerek omurga desteklenmektedir (A). Yük yukarıya doğru kaldırılırken önce bacaklar dikleşmekte (B) ardından da tüm vücut dik konuma getirilmektedir.

- Yükün herhangi bir engele takılmadan kaldırılıp kaldırılamayacağı önceden kontrol edilmelidir.
- Yükün tutulacağı nokta, kulp veya tutamak, yerden 40-50 cm yukarıda olmalı, yüklerin yerleştirildiği platform, rampa, masa v.b. buna uygun boyutlandırılmalı; tutamak yok ise halat, kanca v.b. yük kaldırma araçlarında da tutma yüksekliği benzer değerde olmalıdır.
- Hacmi ağırlığı büyük yükler ya teknik yardımcı düzeneklerle ya da birden fazla kişi ile kaldırılmalıdır.
- Yük hiçbir zaman aniden kaldırılmamalıdır.
- Bel içbükey konuma getirilmemelidir (Şekil 3.8).
- Yük kaldırılırken bel döndürülmemelidir (Şekil 3.8).



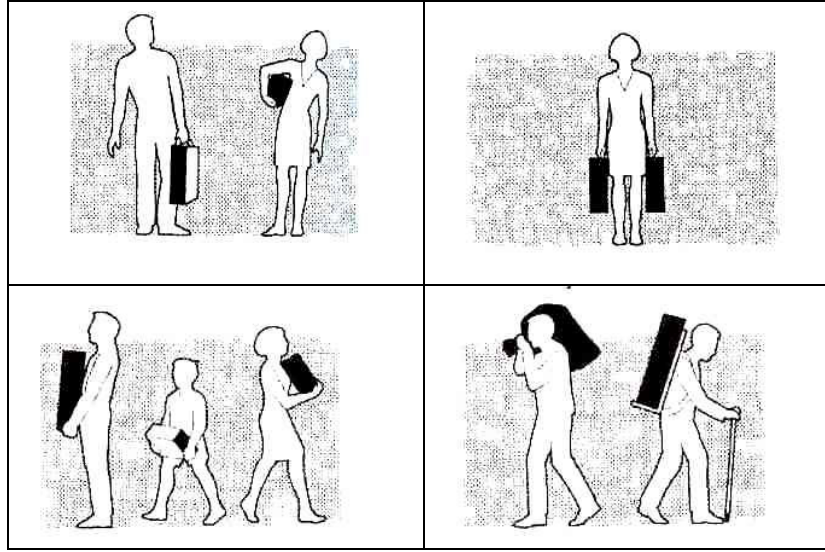
Şekil 3.8: Yük kaldırma hareketleri (Babalık, 2005)

Yükü indirirken:

- Sırt yükü kaldırırken nasıl düzgün duruyor ise indirirken de sırt düzgün, mümkün olduğunca dik ve kambursuz olmalıdır.
- Yük düzgün ve yavaş yere indirilmelidir.
- Yük yere konmak üzereyken tekrar yakalamaya çalışılmamalıdır.
- Yük, parmakların ezilmesini önleyecek bir platform üzerine indirilmelidir.

Yükü taşıırken:

- Tek yönlü yük taşıma (Şekil 3.9) omurgayı yana eğilmeye zorlar ve zorlanmayı artırır. Bu yüzden yükün simetrik dağılımına dikkat edilmelidir (Şekil 3.9).
- Yük dik konumda taşınmalıdır.
- Yük vücuttan uzak taşınmamalı, kollar çok açık konumda kalmak zorunda olmamalıdır. Yük vücuda temas ederek destek alınmalıdır (Şekil 3.9).
- Mümkünse yük, sırtta veya omuzda taşınmalıdır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Yük taşımada doğru hareketler (Babalık, 2005)

Yük taşıırken bedenin ağırlık merkezinin üstünde taşınırsa, vücudu dengeleme işi azalmakta, kasların dengeleme için yapması gereken gereksiz statik iş engellenmiş olmaktadır. Yükü omuzlardan geçen bir yuvarlak taşıyıcının iki ucuna asarak taşımak bu nedenle fizyolojik açıdan en uygun yük taşıma şeklidir.

3.5.2 Yük kaldırma ve taşımada sınır değerleri hesaplama yöntemleri

Yük kaldırma, tutma ve taşıma insanı en çabuk yoran, en çok zorlayan ve sağlık sorunlarına neden olan bir iş olduğu için bu konuda çok sayıda araştırma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir. Araştırmacılar deneylerine hesaplarına göre farklı sınır değerler önermişlerdir. Bu çalışmaların çoğunda bir tek kriter dikkate alındığı için alınan kritere göre hemen hemen her çalışmanın sonucu da farklı olmaktadır.

İşçinin cinsiyeti, yaşı, kaldırılacak yükün geometrisi, kişinin hareket serbestliği, yükü tutmaya yarayacak tutamakların oluşu ve bunların şekilleri yük kaldırmada sınır değerleri belirleyen faktörlerdir. İş yeri ve iş akışını düzenlemekle görevli mühendis, mevcut yöntemler arasında kendi koşullarına en yakın olan yöntemle göre sınır değer hesaplarını yapabilmektedir. Ancak burada elde edilecek sonuçların da kesin matematiksel sonuçlar gibi bir sonuç olmadığı, kişilerin individüel (kişiden kişiye) ve intravidüel (iki zaman dilimi arasında) performans farklılıklarını daima göz önünde tutmak gerektiği unutulmamalıdır. Özellikle iş yüklerinin düzeyini belirleyip, işçilerin performansını birbiriyle karşılaştırmada ve sağlık sorunları oluşturacak aşırı zorlanmaları önceden görüp engellemede bu yöntemlerden yararlanmak gerekmektedir.

Refa Önerileri: Yükün bedene yakın, orta uzaklıkta veya uzak olması da yük sınırını etkilemektedir. İşgörenin cinsiyetinin önemli olduğu, kadın ve erkek arasında sürekli performans sınır farklılığı bilinen gerçeklerdir. REFA'nın da önerdiği, kadınlar ve erkekler için yaşları da dikkate alınarak kaldırmaları ve/veya taşımalarına izin verilecek maksimum yük, Hettinger tarafından Tablo 3.2'deki gibi verilmektedir. Bu listedeki değerler belirlenirken kadınların jinekolojik özellikleri dikkate alınmıştır.

Erkelerde de “ender” ve “tekrarlayan” sütunlarındaki değerler omurganın ve kaslarının zorlanma sınırı “çok sık” sütunundaki değerler ise kalp ve dolaşım sisteminin sınırları değerlendirilerek belirlenmektedir. Tablo 3.2'den görüldüğü üzere erkeklerde çok sık tekrarlanan kaldırma hareketlerinde 25 kg sınırı geçilmemelidir. İnşaat şantiyelerindeki büyük yapı taşları, ya da çimento torbaları 25 kg dan çoğu zaman fazladır, bu durumda bunların teknik alet yardımı olmadan elle tutulup kaldırılması sağlığa zarar vermektedir. Çıracık ya da genç işçi statüsünde çalıştırılan 14-16 yaş arası gençlerde omurganın gelişimi daha tamamlanmamıştır. Bu kişiler yük kaldırırken daha kolay zarar görebilmektedirler. Bu nedenle bu grup için yük sınırı alçak tutulmalıdır. Genç erkeklerde bu sınır çok az yapılan işlerde 20 kg arada bir tekrarlanan işlerde 13 kg; genç bayanlarda ise 13 ve 9 kg'dır.

Genç işçilerin yanı sıra bir başka dikkat edilmesi gereken işçi grubu hamile kadınlardır. Hamile işçiler çok az yapılan işlerde en çok 10 kg, tekrarlanan işlerde ise 5 kg kaldırmakta ve taşıyabilmektedirler.

Tablo 3.2: Sırtın dik konumunda maksimum kuvvet uygulayarak yük kaldırma ve taşımada sınır değerler (Babalık, 2005)

| Transport şekli | Cinsiyet | Yaş | Yükün kütlesi (kg) | | |
|-----------------|----------|-------|--------------------|-------------|---------|
| | | | Ender | Tekrarlayan | Çok sık |
| Kaldırma | Erkek | 16-19 | 35 | 25 | 20 |
| | | 19-45 | 55 | 30 | 25 |
| | | >45 | 50 | 25 | 20 |
| | Kadın | 16-19 | 13 | 9 | 8 |
| | | 19-45 | 15 | 10 | 9 |
| | | >45 | 13 | 9 | 8 |
| Yatay taşıma | Erkek | 16-19 | 30 | 20 | 15 |
| | | 19-45 | 50 | 30 | 20 |
| | | >45 | 40 | 25 | 15 |
| | Kadın | 16-19 | 13 | 9 | 8 |
| | | 19-45 | 15 | 10 | 10 |
| | | >45 | 13 | 9 | 8 |

NIOSH Yöntemi ile Maksimum Yük Hesabı: İş alanının darlığı nedeni ile rahat hareket edilemediği, beden konumu uygun pozisyonu alamadığı durumlarda, sınır değerler çalışanlar için çok yüksek olmaktadır. Bu gibi iş koşullarını da dikkate alarak işçinin yük kaldırma sınırını belirleyen çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) tarafından önerilmiştir. NIOSH yöntemi Şekil 3.10'a göre kaldırılacak yükün sınır değeri SD aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$SD = 40 * (15/H) * (1 - 0,004 * |V - 75|) * (0,7 + 7,5/D) * (1 - f/f_{maks}) \quad (3.1)$$

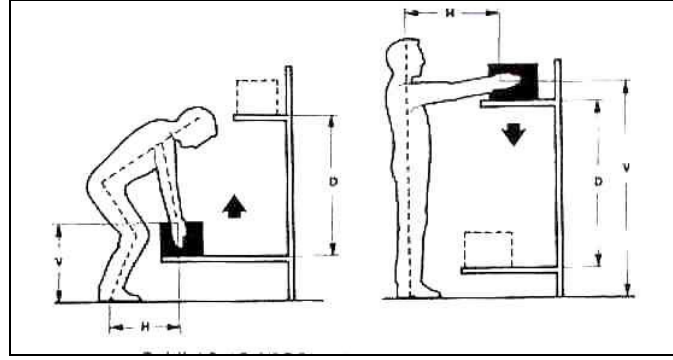
Bu denklemde:

H :Yükü tutma anında ellerin beden ekseninden yatay uzaklığı (cm)

V :Tutma anında el ile basılan taban arasındaki dikey mesafe (cm) (0-175 cm arası olabilir)

D :Yükün kaldıracağı yükseklik 25 cm ile (200-V) cm arasında olabilir. Bu değer 25 cm'nin altındaysa D=25 alınmalıdır.

f : Dakikada yük kaldırma sayısı. f 0,2 ile f_{maks} arasında olabilmektedir. ($f=0,2$ olması 5 dakikada bir defa yük kaldırıldığını ifade etmektedir. Daha küçük değerlerde $f=0$ alınmaktadır).



Şekil 3.10: NIOSH yönteminde boyutlar (Babalık, 2005)

f_{maks} değeri ise işin süresi ve beden konumuna göre Tablo 3.3'ten okunmaktadır.

Tablo 3.3 Beden konumu ve işin süresine göre dakikada maksimum yük kaldırma sayısı (Babalık, 2005)

| İş süresi | Beden Konumu | |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|
| | Dik $V > 75$ cm | Eğilmiş $V < 75$ cm |
| 1 saate kadar (zaman zaman) | 18 | 15 |
| 8 saate kadar (sürekli) | 15 | 12 |

Eğer kaldırılacak yük sınır değer SD 'nin altında ise, L5-S1 omurları arasındaki diske gelen bası yükü 2500 N'dan azdır, dolayısıyla sakatlanma, hasar görme söz konusu olmamaktadır. Bu şekilde hesaplanan yük erkeklerin hemen hemen tamamı için geçerli iken, kadınların sadece %75'i sınır değere eşit yükü kaldırabilmektedir.

Çok güçlü, kuvvetli insanlar için ise NIOSH bu değer oldukça üstünde olan bir başka sınır, "izin verilen üst sınır" belirlemiştir. Kaldırılacak yük SD 'nin altındaysa herhangi bir sorun çıkmayacaktır. Sınır değeri aşıyorsa, ya kaldırma işlemi için işçiye teknik kaldırma aparatları, yardımcı aletler verilmeli, ya da iş düzenlemesinde yapılacak değişikliklerle yük aşağıya çekilmelidir. Bunlar mümkün değilse ancak işçinin yük kaldırma kabiliyeti hekim tarafından bilimsel yöntemlerle tespit ettirilip,

gücü uygun ise yukarıda bahsedilen “ izin verilen üst sınır” yönünde kaldırılacak yük arttırılabilmektedir (Babalık, 2005).

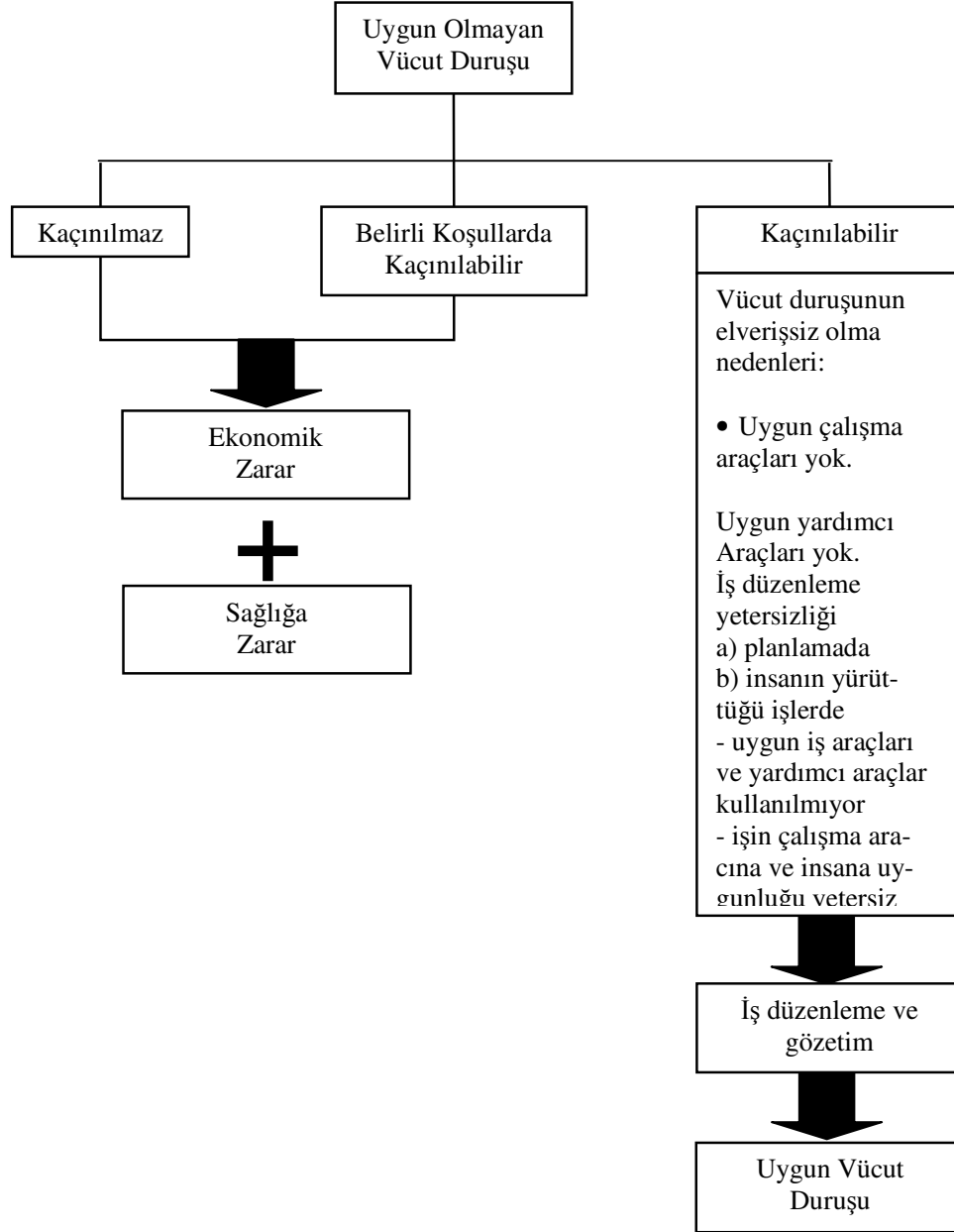
3.6 Çalışma Duruşu ve Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

En genel tanımıyla duruş (postür); “vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacak bölümlerinin hareket esnasındaki konumları” olarak tanımlanmaktadır. Çalışma duruşu ise bu tanıma bağlı olarak, vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacakların yapılan işe ve işin özelliklerine göre konumlanması şeklinde tanımlanmaktadır (Haslegrave, 1994). Uygun olmayan duruşlar ise bir veya birden fazla uzvun, hareketsiz vücut duruşundan sapsması olarak tanımlanmaktadır (Westgaard,1984). İyi bir çalışma duruşunun önemi 18.yy’ın başlarında Ramazzini’nin düzensiz ve şiddetli çalışma hareketlerinin ve doğal olmayan vücut duruşlarının, çalışanlar için nasıl zararlı sonuçlar doğurduğunu açıklamasıyla anlaşılmıştır. Bu çalışma ayrıca çeşitli kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının, yüksek oranda durağan görevler yapan operatörlerde ortaya çıktığını ve hatta bunların uzun dönemde ciddi rahatsızlıklara sebep olacağını belirtmektedir.

Duruş, stres ve iş sırasında duyulan rahatsızlığın minimize edilmesi ve sağlıklı çalışmayı sağlamak, işin performans değeri kadar önemlidir. Eğer duruş doğru değilse, bu operatöre stres, yorgunluk ve ağrı olarak geri dönmektedir. Çalışan kasları kendini yenileyene kadar çalışmasına ara vermek zorunda kalmaktadır. Uygun olmayan çalışma duruşlarını endüstride önemli kılan faktörler kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları ve bu rahatsızlıkların verimliliğe, kaliteye ve maliyete yansımalarıdır (Akay, 2003).

Çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak eski zamanlardan beri işletme yöneticilerinin sorumluluğundadır. Ergonomi çalışmaları, hangi duruşların çalışan sağlığı açısından daha riskli olduğunu belirlemeye yardımcı olmaktadır (Santos ve diğ. 2007). Çalışanlar yetersiz ergonomik görev tasarımları ve antropometrik karakteristiklerin dikkate alınmadığı işyeri tasarımları sonucunda genellikle uygun olmayan vücut duruşları ile çalışmak zorunda kalmaktadırlar. Sürekli işlerdeki riskli duruşlar kas-iskelet rahatsızlıkları ile sonuçlanmaktadır (Vedder, 1998). Uygun

olmayan vücut duruşundan doğan sonuçlar ise Şekil 3.11’de gösterilmektedir. Uygun çalışma duruşlarının, çalışanların kas-iskelet sistemi üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır. Bu duruşlar, çalışma performansının etkili bir şekilde kontrol edilmesini ve mesleki kazaların azaltılmasını sağlamaktadır (Mattila ve diğ. 1993).



Şekil 3.11: Vücut duruşunun elverişsiz olmasından doğan sonuçlar (MPM-REFA, 1988)

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Komisyonu'nun da tanımladığı gibi kas-iskelet sisteminde oluşan ve işten

kaynaklanan rahatsızlıklar veya hastalıklardır. “İşten kaynaklanan” terimi Dünya Sağlık Örgütü tarafından iş performansı ve iş çevresi gibi iki faktörün etkisiyle başlayan çok etkenli bir hastalığın bilimsel nedenini tanımlamak için kullanılmıştır.

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları; kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, kıkırdakta, bağlarda, birleşme noktalarında ve disklerde (omurga) meydana gelen rahatsızlıklardır. İskelet ve kas sistemi sendromları eğilme, doğrulma, tutma, kavrama, bükme ve uzanma gibi sıradan vücut hareketlerinden meydana gelmektedir. Bu hareketler günlük yaşamda zararlı hareketler değildirler. Bu hareketleri zararlı yapan, iş yaşamındaki sürekli tekrarlar, güç gerektiren davranışlar ve hızlı hareketlerdir. İskelet ve kas sistemi sendromları anında gelişen bir rahatsızlık değil derece derece, yavaş yavaş gelişen travmalardır (Cohen ve diğ. 1997).

Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarını oluşturan risk faktörleri;

- Tekrarlama,
- Bedenin uygunsuz duruşu,
- Statik duruş,
- Düşük sıcaklıklarda çalışma,
- Aşırı yüklenme,
- Titreşim,
- Sıkışma,
- Yetersiz iyileştirme ve düzenleme

çalışmaları olarak sayılabilmektedir. Tablo 3.4 risk faktörleri ve kas iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Kas-iskelet sistemi yaralanma ve hastalıkları toplumda sık görülmekte ve büyük sağlık ve sosyal kaynak tüketimine neden olmaktadır. Bu hastalıklar uzun dönem ağır ve fiziksel sakatlıkların en önde gelen sebebini oluşturmaktadır. Travma hariç bırakıldığında, batı toplumlarında tüm sağlık harcamalarının %25’i kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları için yapılmaktadır. Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları işgücü kayıpları bakımından ilk sırada yer alan hastalık grubunu oluşturmakta ve erken emeklilik nedenleri arasında %60’la ilk sırada gelmektedir.

Tablo 3.4: Risk faktörleri ve kas iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişki (NIOSH, 1997)

| Vücut Bölgesi Risk Faktörü | Güçlü İlişki (+++) | İlişki (++) | Yetersiz İlişki (+/0) | İlişki yok (-) |
|---------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------|
| Boyun ve Boyun/Omuz | | | | |
| Tekrar | | X | | |
| Güç | | X | | |
| Duruş | X | | | |
| Titreşim | | | X | |
| Omuz | | | | |
| Duruş | | X | | |
| Güç | | | X | |
| Tekrar | | X | | |
| Titreşim | | | X | |
| Dirsek | | | | |
| Tekrar | | | X | |
| Güç | | X | | |
| Duruş | | | X | |
| Kombinasyon | X | | | |
| El / Bilek | | | | |
| Karpal Tunel Sendromu | | | | |
| Tekrar | | X | | |
| Güç | | X | | |
| Duruş | | | X | |
| Titreşim | | X | | |
| Kombinasyon | X | | | |
| Tendon Enflamasyonu | | | | |
| Tekrar | | X | | |
| Güç | | X | | |
| Duruş | | X | | |
| Kombinasyon | X | | | |
| El Kol Titreşim Sendromu | | | | |
| Titreşim | X | | | |
| Sırt | | | | |
| Kaldırma/Kuvvetli Hareketler | X | | | |
| Uygunsuz duruş | | X | | |
| Ağır fiziksel yük | | X | | |
| Bütün vücut titreşimi | X | | | |
| Statik iş duruşu | | | X | |

Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarını etkileyen kişisel faktörler altı gruba ayrılabilir:

- Yaş,
- Cinsiyet,
- Sigara kullanımı,
- Antropometri,
- Mesleki olmayan fiziksel aktiviteler,
- Harcanan fiziksel güç miktarı

Endüstride en sık görülen Kas-iskelet Sistemi Rahatsızlıkları; bel ve sırt ağrıları (Miyofasyal ağrı sendromu, kas kuvveti dengesizlikleri, ligamentteki stres gibi özellikle lomber bölgede karşılaşılan sorunlar), karpal tünel sendromu, gergin boyun sendromudur. Amerika'da yapılan bir araştırma, 1997 yılında kas-iskelet sistemi hastalıklarının endüstriye getirdiği direkt ve indirekt maliyetler toplamının \$13-\$14 milyar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Meslek hastalıklarının %42 gibi büyük bir oranını da kas-iskelet sistemi hastalıkları oluşturmaktadır (NIOSH, 1997).

3.6.1 Bel Ağrısı

Bel ağrısı gelişmiş toplumlarda fonksiyonel yetmezlik ve sakatlık yapan en önemli nedenlerden biri olarak tanınmaktadır. Yetişkinlerin %80 inde, yaşamlarının bir döneminde önemli derecede bel ağrısı görülmektedir. Bel ağrısı, işgücü kaybına neden olan ve insan faaliyetlerini etkileyen en önemli sağlık sorunlarından birisidir. Belle ilgili zedelenmeler, işyerinde çalışanlar arasında görülen toplam yaralanma ve hastalıkların yaklaşık %20 sini oluşturmaktadır. Bel ağrısı risk faktörlerini 3 grupta toplamak mümkündür:

1. Meslekle İlgili Faktörler

- Ağır kaldırmamak
- Uzun süre aynı pozisyonda çalışmak
- Öne eğilerek çalışmak
- Ayaklar sabit dönmek
- Uzun süreli araba kullanmak

2. Kişi ile İlgili Faktörler

- Şişmanlık
- Çok doğum yapmak
- Spor ve düzenli egzersiz yapmamak
- Sigara içmek

3. Psikolojik Faktörler

- İşinden memnun olmama
- Takdir edilmeme
- İşini sevmeme
- İş yeri stresi

3.6.2 Boyun Ağrısı

Boyun bölgesi ağrıları, bel ağrılarında sonra en sık karşılaşılan kas iskelet sistemi rahatsızlığıdır. Boyun ağrılarının görülme sıklığının %5-10 dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Boyun ağrıları bel ağrıları kadar sık görülmemekle birlikte, her yaş grubunda karşılaşılabilen, yaşam kalitesini düşürüp iş gücü kaybına neden olabilen önemli bir sorundur.

Yanlış duruş, psikolojik stres, soğuğa maruz kalmak, yorgunluk gibi etkenler boyun bölgesindeki ağrı nedenleridir. En sık karşılaşılan boyun ağrısı nedeni myofasial ağrı sendromu olarak adlandırılan kas gerilme ağrılarıdır. Myofasial ağrılar, boynun uygunsuz pozisyonda aşırı kullanılmasına bağlı olarak kas gerilmelerinden kaynaklanmaktadır. Tipik olarak bilgisayar kullanımı, başın uzun süre öne eğilerek yapılan ofis çalışmaları en sık karşılaşılan myofasial ağrı sebeplerini oluşturmaktadır. Bundan dolayı bilgisayarla uzun süreli çalışan ve ofis ortamlarında çalışanlarda boyun ağrıları sık görülmektedir.

3.6.3 Sırt Ağrısı

Sırtın fonksiyonel yapısı; on iki omur, arkada faset eklemleri, omurlar arasında önde disk denen yastıkçılar ve arkada deliklerden çıkan spinal sinirlerden oluşmaktadır.

Sırt omurga hareketleri; göğüs kafesinden dolayı, boyun ve bel omurga hareketlerine göre daha az olmaktadır.

Sırt ağrılarının nedeni omurganın her iki yanında bulunan kasların gerilmesidir. Bu gerilmenin en önemli nedeni strestir. Strese maruz kalındığında ilk önce boyun kasları gerilmektedir. Bu gerilme sonucunda "C" harfine benzeyen boyun omurgası düzleşmekte, omuz ve sırtta giden sinirlerin çıkışları daralmakta, sinirler baskı altında kalmaktadır. Bu baskı ile birlikte sırttaki kaslar gerilmektedir. Kasların uzun süre gergin halde kalması kas topaklarına tıpta fibrozit denilen oluşumlara neden olmaktadır. Bu fibrozitler en ufak bir yorgunlukta, ağır kaldırma sonucunda, klima veya vantilatör altında uzun süre kalmada ağrılar yaratmaktadır.

3.6.4 Karpal Tünel Sendromu

Karpal Tünel, el bileğinden geçen geçittir. Yunanca bilek anlamındaki karpalisten gelmektedir. Kemikler ve bağlarla çevrelenmiş olan bu geçit ele uzanan sinir ve tendonları korumaktadır. Bu tüneli meydana getiren dokular şişliği veya iltihaplandığı zaman, medyan sinir basınç altında kalmaktadır. Bu temel sinir başparmak, işaret parmağı, orta ve yüzük parmaklarınıza duyu sağladığı için bunun üzerine gelen basınç, bu sendromun özelliğini veren uyuşukluk ve ağrıyı doğurmaktadır. Çoğu zaman her iki bilek de etkilenmektedir. Nedenleri arasında genetik yatkınlık, yaşam ve çalışma biçiminin önemli olduğu bilinmektedir.

Bu sendrom, el bileğinin tekrarlanan zorlamalara maruz kaldığı özellikle bilek eğik tutularak kavrama hareketi yapılan belirli mesleklerde yaygın olarak görülmektedir. Böylece, demir işçilerinin (demirci, nalbant) geleneksel olarak bu hastalığa tutulma yüzdeleri yüksektir. Daktilo yazanlar, marangozlar, tezgâhtarlar, fabrika işçileri, et kesme işleri yapanlar, viyolonistler ve sık görülmemekle birlikte golf oynayanlar da bu sendromla karşı karşıya kalabilmektedirler.

4. FİZİKSEL AĞIRLIKLİ ÇALIŞMALARIN ANALİZİ

Son 40 yıl boyunca fiziksel yetenekler azalmakta bu da fiziksel çaba gerektiren mavi yakalı işlerde iş kapasitesinin ve performansın zayıflamasına neden olmaktadır. Fiziksel iş yükü; çalışanları aşırı zorlama, yorgunluk, hastalık ve sakatlıktan korumak amacıyla bireye özgü olarak ayarlanmalıdır. Prensip olarak fiziksel iş yükü, yaşlanmayla birlikte gerileyen fiziksel iş kapasitesinden dolayı artmaktadır. Verimsiz çalışmanın en önemli sebeplerinden biri iş yükü faktörleri ile çalışanların bireysel kapasiteleri ve ihtiyaçları arasında uyumlu bir ilişkinin olmamasıdır. Eğer işlerin fiziksel, fizyolojik ve sosyal gereklilikleri yeterli olarak karşılanmazsa iş yetenekleri azalmaktadır. (Louhevaara, 1999).

Mevcut sağlık riskleri belirlenerek, iş yeri tasarımlarının ve aktivitelerin işçilerin fiziksel ve psikolojik yetenekleri ve ihtiyaçlarıyla uyumu sağlanarak çalışma koşullarında iyileşmeler elde edilmektedir. Buradaki belli başlı araç ergonomik analizdir. Ergonomik analiz, iş yerindeki mevcut problemlerin teşhisini kolaylaştırmada kullanılan bir yöntemdir. Sistematik kayıt prosesi aracılığıyla işin yapılışının, çalışan üzerindeki etkilerinin, ergonomik eksikliklerin, olası sağlık risklerinin belirlenebilmesi ve ortadan kaldırılabilmesi amacıyla ergonomik iş analizlerinin yapılması gerekmektedir. Günümüzde bu amaçlarla kullanılan birçok iş analizi metodu bulunmaktadır. Uygun metodun seçiminde birçok faktör dikkate alınmalıdır. İlk aşama analizin amacının belirlenmesi olmalıdır. Analizin amacı,

1. Çalışma çevresinin, iş yerinin, çalışma süreçlerinin, donanımların tasarımı veya iyileştirilmesi,
2. İş yaralanmalarının, işle ilgili sağlık sorunlarının ve sakatlıkların önlenmesi,
3. Mevcut işgücünün devamının sağlanması veya yaşlı ve sakat çalışanların yerine geçirilmesi,
4. Mesleki yaralanmalar ve rahatsızlıklar için ödenen tazminatların nedenlerinin belirlenmesi,

5. İşin ve iş karakteristiklerinin değerlendirilmesine dayalı olan ölçülerin yer aldığı sağlık koruma ve araştırma programlarının planlanması olabilmektedir.

Elde edilen bilgilerin gerçeği yansıtırma derecesi ve doğruluk seviyesi analizin amacı ile ilişkili olmaktadır. Bunlar, araştırma ve geçerli amaçlar için makul büyüklükte olmalıdır fakat uygulamalı problemlerin çözümü için işin daha az kaydı yeterli olabilmektedir.

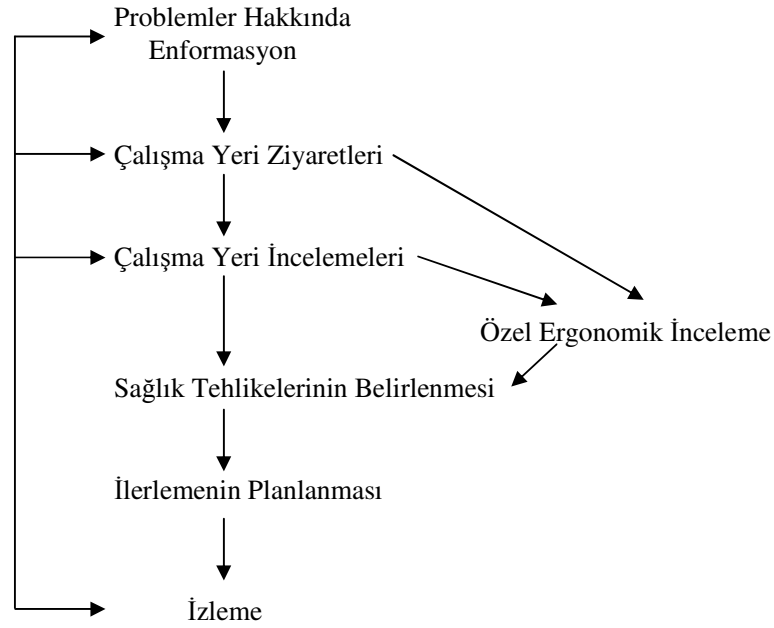
Seçilen metodun güvenilirliği ve geçerliliği olabildiği oranda iyi olmalıdır. Güvenilirlik her bir analizci tarafından değerlendirilmeli eğer gerekli ise kabul seviyesinin değeri artırılmalıdır. Ölçü donanımlarının ve özel test bataryalarının ergonomik analizler için kullanımı üzerinde dikkatli bir şekilde düşünülmesi gereken bir konudur. Bunlar kolayca temin edilse bile kullanımları çeşitli problemler yaratmaktadır. Eğer ergonomik analiz boyunca özel metotlar ve aletler kullanılacaksa bunların dikkatli bir şekilde kalibrasyonu ve bakımı yapılmalıdır.

Elde edilen bilgilerin ve sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanmasında seçilen metot dikkate alınmalıdır. Uygulama sonuçlarının kaynak olarak kullanılabilmesi alınan kararların iş yerlerinde uygulanabilir tedbirlere dönüşebilmesi için araştırma sonucunda elde edilen bilgilerin açık ve kapsamlı olması gerekmektedir. Birçok ülkede araştırmalara dayalı bazı ergonomik tavsiyelerin genel geçerliliği kabul edilmektedir (örneğin kaldırma prensipleri NIOSH 1981). Bunlar kişisel yüklemelerin ve ergonomik eksikliklerin değerlendirilmesinde veri olarak kullanılmaktadır. Ergonomik İş Analizi Metotları, çalışmanın amacına göre iki ana sınıfa ayrılabilir:

1. Sorularla yüklenmeye sebep olan işlerin kaydedilmesi ve analizi üzerinde odaklanmış metotlar.
2. Kişinin çalışması sırasındaki iş yükünün etkilerini belirleme amacına yönelik metotlar.

Uygulamada bu iki sınıf metot karışabilmekte ve birini ortaya çıkarmak için diğeri kullanılabilir. Çalışma yerinde yapılan analizin genel yapısı Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Her aşama her bir durum için ayrı olarak değerlendirilmektedir.

Fakat bir ergonomik incelemede çalışma koşulları, tüm ilgili faktörlerin dikkate alınabilmesi için hem teknik hem de insan açısından incelenmelidir. Bu iki kategoriye giren ergonomik analiz metotları, Helsinki'deki "The Institute of Occupational Health"teki araştırma çalışmalarında başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu metotlar, yeni ve değişik bir metodun planlanmasına yardımcı olarak kullanılabilirler (Loupajärvi, 1990).



Şekil 4.1: Çalışma yerinde yapılan analiz (Loupajärvi, 1990)

Fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizinde kullanılan metotlar; Kontrol Listeleri, İş Analizi, Çalışanın Kendi Kendine Analizini Sağlayan Kontrol Listeleri, Fizyolojik Ölçümler, Çalışma Duruş ve Hareketlerinin Gözlemlenmesi olmak üzere 4 ana başlık altında incelenebilmektedir.

4.1. Kontrol Listeleri

Bir işyerinin tümünde veya iş sürecinin herhangi bir aşamasında veya kullanılan araçlarda ergonomik prensiplere uyulup uyulmadığını kontrol edebilmek, var ise eksiklikleri ve hataları kolayca bulabilmek için sürekli geliştirilen kontrol listeleri kullanılmaktadır.

- “International Ergonomics Association” tarafından hazırlanan kapsamlı kontrol listesi temel alınarak oluşturulan bir kontrol listesinde; Genel, Çalışma-Yeri ve Fiziksel İstekler, Çalışma-Yeri ve Zihinsel İstekler, Çalışma-Metodu ve Fiziksel İstekler, Çalışma-Metodu ve Zihinsel İstekler, Çevresel Yük başlıkları altında incelemeler yapılmaktadır.
- Kavrama (Handling) görevlerini araştırmak için NIOSH (National Institute of Safety and Health) tarafından uzman çalışmasına bağlı olarak geliştirilmiş bir kontrol listesi ise temel olarak; Genel, Kavrama Görevleri, Çalışanlar, Ekipman Çalışma-Yeri ve Çevre, Seçim ve Eğitim, Denetleme ve İş Organizasyonu konu başlıklarında inceleme yapmaktadır.

Bu iki kontrol listesi, ergonomi ve durumsal yükün analizi için çok çeşitli konuların incelenmesini sağlamaktadırlar. Bu tür kontrol listelerinin kullanımı, ergonomiyi ve uygulamalarını anlama ve temel bilgiye sahip olmaya dayanmaktadır.

4.2. İş Analizi

Ergonomik iş analizi, çalışma yerindeki verileri kaydetmek için; çalışma yerindeki gözlemleri ve çalışanlar, denetçiler ve iş güvenliği temsilcileri ile görüşmeleri kapsamaktadır. Araştırmalara başlamadan önce analist, iş yerinde bulunmayışlar, kazalar, meslek hastalıkları ve yaş, cinsiyet, eğitim gereksinimleri gibi karakteristikler hakkındaki firma kayıtlarından ön bilgi toplanmaktadır.

Örneğin Helsinki' deki Mesleki Sağlık Enstitü'sünde geliştirilen Ergonomik İş Analizi Metodu çalışma yeri karakteristiklerini; çalışma mekânı, genel fiziksel hareketler, kaldırma, çalışma pozisyonu ve hareketler, kaza riski, iş kapsamı, iş kısıtlamaları, çalışan iletişimi / personel etkileşimi, karar vermede zorluk, yapılan işin tekrarlılığı, dikkatlilik, aydınlatma, gürültü ve hava sıcaklığı olmak üzere 14 başlıkta incelemektedir.

Ergonomik koşullar beş seviyeli bir skalada değerlendirilmektedir. Seviye 3, kabul edilebilir ve oldukça normal, 1 ve 2 seviyeleri ise sırasıyla "ortalamanın üstünde" ve "tatminkar" olarak nitelenmektedir. En çok yüklenilmiş alanlar ve profilde acil

önlemler alınmasını gerektiren seviyeler 4 ve 5 olmaktadır. 4 ve 5. seviyeler önemli ergonomik teşhislerin ve sağlık risklerinin olduğunu ve derhal veya mümkün olduğunca çabuk ele alınması gereken bir problem olduğunu ifade etmektedir.

AET, Ergonomik İş Analizi Süreci (Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse - Ergonomic Job Analysis Procedure), oldukça özel iş analizi metoduna bir örnektir. Almanya'da Rohmert ve Landau tarafından geliştirilmiş ve 1976'dan bu yana atölyeden yönetime kadar 4000'ün üzerinde farklı endüstriyel durumlara uygulanmıştır.

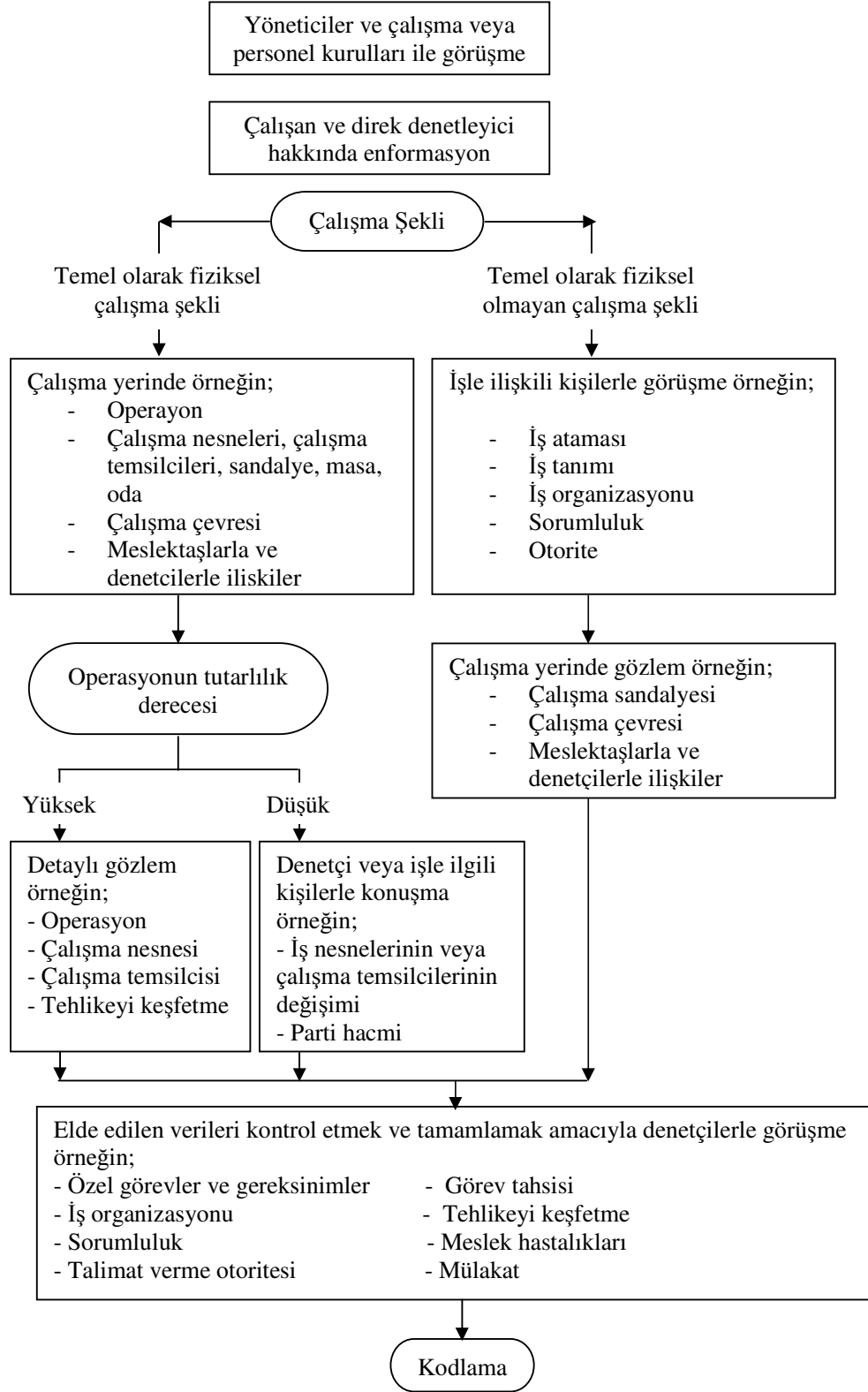
Rohmert ve Landau'ya göre AET, kuvvet üretiminden enformasyon üretimine kadar uzanan bir iş kapsamı içerisindeki iş sistemlerinin genel analizini yapmak için geliştirilmiştir: Süreçler, iş sınıflandırması, rehabilitasyon, iş tasarımı, mesleki tıp, iş güvenliği vb. gibi konuların yanında seçim, yerleştirme ve çalışanların eğitimi içinde de kullanılabilir. AET metodu Şekil 4.2'de gösterildiği gibi üç ana başlık içermektedir:

- a) İş Sistemi Analizi, çalışma nesnelere, çalışmada kullanılan donanım ve fiziksel, organizasyonel ve sosyal çalışma çevresinin tip ve özellikleri ile ilgilenmektedir.
- b) Görev Analizi, çalışmanın davranışsal gereksinimlerini içermektedir.
- c) İş Talebi Analizi, çalışan kişiye bağlı sonuçlandırıcı istekleri tanımlamaktadır.

Analiz, analistin işi gözlemlerine, çalışanla yaptığı görüşmelere, denetlemesine ve birleştirici temsillerine dayalı olmaktadır. Şekil 4.3'te herhangi bir AET'nin genel akışı gösterilmektedir. Tam analiz programı 216 görev karakteristiği içermektedir. Kümeleme metodunun uygulanmasıyla elde edilen veriler daha pratik miktarlara indirgenmektedir. Sonuçlar, ulaşılan neticelerin güvenilirliğini geliştirecek şekilde istatistiksel olarak incelenebilmekte ve değerlendirilebilmektedir.

- A- İŞ SİSTEMİ ANALİZİ
1. İŞ OBJELERİ
 - 1.1 Malzeme (fiziksel koşullar, yüzey kalitesi, manipülasyon inceliği, şekil, boyut, ağırlık, tehlike)
 - 1.2 Enerji
 - 1.3 Enformasyon
 - 1.4 İnsan, hayvan, bitki
 2. DONANIM
 - 2.1 Çalışma donanımı
 - 2.1.1 Ekipman, araçlar, iş nesnelerinin özelliklerini değiştirme makineleri
 - 2.1.2 Ulaşım
 - 2.1.3 Kontroller
 - 2.2 Diğer donanımlar
 - 2.2.1 Göstergeler, ölçüm araçları
 - 2.2.2 İnsanm duyu organlarını destekleyici teknik yardımlar
 - 2.2.3 Çalışma sandalyesi, masası, odası
 3. ÇALIŞMA ÇEVRESİ
 - 3.1 Fiziksel çevre
 - 3.1.1 Çevresel etkiler
 - 3.1.2 İş-tehlikesi ve meslek hastalığı riski
 - 3.2 Organizasyonel ve sosyal çevre
 - 3.2.1 Geçici (Temporal) iş organizasyonu
 - 3.2.2 İş sırasının iş organizasyonu içindeki yeri
 - 3.2.3 Organizasyondaki hiyerarşik pozisyon
 - 3.2.4 İletişim sistemindeki durum
 - 3.3 Mükafat prensip ve metotları
 - 3.3.1 Mükafat prensipleri
 - 3.3.2 Mükafat metotları
- B- GÖREV ANALİZİ
1. Malzemelerle (material work objects) ilgili görevler
 2. Soyut iş objeleri ile ilgili görevler
 3. İnsanla ilgili görevler
 4. Görevlerin sayısı ve tekrarlılığı
- C- İŞ TALEBİ ANALİZİ
1. Algı ile ilgili istekler
 - 1.1 Algı modu
 - 1.1.1 Görsel
 - 1.1.2 Duymaya ait
 - 1.1.3 Dokunma duyusuna ait
 - 1.1.4 Koklamaya ait
 - 1.1.5 Proprioceptive
 - 1.2 Algılanan enformasyonun mutlak/görelî değerlendirilmesi
 - 1.3 Algının doğruluğu
 2. Karar istekleri
 - 2.1 Kararın karmaşıklığı
 - 2.2 Zaman Baskısı
 - 2.3 Gerekli bilgi
 3. Cevap/aktivite istekleri
 - 3.1 Vücut pozisyonu
 - 3.2 Statik çalışma
 - 3.3 Ağır kassal çalışma
 - 3.4 Hafif kassal çalışma, aktif hafif çalışma
 - 3.5 Hareketin gayretliliği ve sıklığı

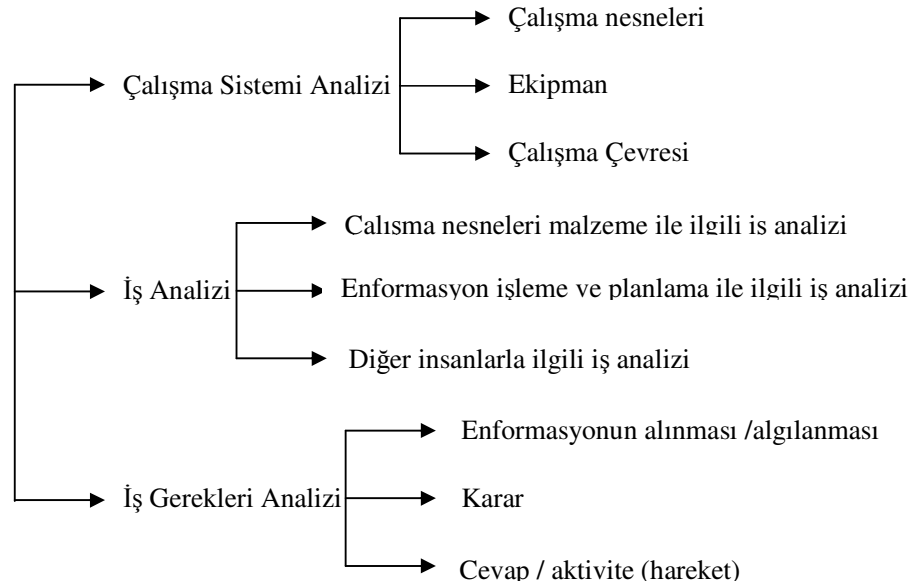
Şekil 4.2: AET analizi metodunun içeriği (Loupajärvi, 1990)



Şekil 4.3: AET analizinin akış şeması (Loupajärvi, 1990)

Ergonomik analizin bu metodu Helsinki'de, iş, sağlık ve belediyeye ait mesleklerde emeklilik yaşı ile ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Belediyeye ait 88 mesleğin iş kapsamları ve talepleri, 62 kadın ve 71 erkek çalışan üzerinden elde edilmiştir. AET metodu, farklı karakteristik gruplarındaki meslekleri sınıflamada ve statik çalışma miktarını incelemeye tatminkâr sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir (Fırlı, 1997).

Landau ve diğ. (1996), bir ergonomik iş analizi süreci olan AET tarafından toplanan bir yüklenme analizleri veri tabanı geliştirmişlerdir. Bu veri tabanı, 1979-1993 yılları arasında, 350 organizasyonda, ergonomi konusunda eğitimli 150 analist tarafından oluşturulmuştur ve 3893 iş analizini ve 216 yüklenme faktörünü içermektedir. Bu çalışmada profiller ve sıklık analizleri kullanılmaktadır. Yüklenme faktörleri "çalışma pozisyonu, ağır dinamik ve aktif hafif çalışma, statik çalışma, enformasyon algılama ve işleme, fiziksel ve kimyasal çalışma çevreleri" ekonomik sektörler ve cinsiyet açısından incelenmektedir. Şekil 4.4'te üç parçadan oluşan AET yapısı gösterilmektedir.



Şekil 4.4: AET'nin yapısı (Landau ve diğ. 1996)

İlk bölümde, çalışma nesnelerinin, kullanılan ekipmanın ve fiziksel, sosyal ve organizasyonel çevrenin tipleri ve özellikleri incelenerek nominal ve sayısal

skalalarda puanlandırılmaktadır. İkinci bölümde, çalışandan istenen aktiviteler yer almaktadır. İkinci bölümde ortaya çıkarılan işin, ilk bölümde belirlenen koşullar altındaki performansı, üçüncü bölümde iş gerekleri açısından üç kısımda sonuçlandırılmaktadır.

AET çalışma sistemini analistlerin yaptığı gözlemler ve görüşmeler sayesinde çok sayıda kriter içerisinde, görevlere ve iş gereklerine ayırmaktadırlar. İncelenen kriterler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır:

Çalışma Pozisyonu

- Normal oturma
- Eğik oturma
- Normal ayakta durma
- Diz çökme, çömelme, ayakta eğilme
- Ayakta çok eğilme

Kassal Yüklenme

- Statik çalışma
- Ağır dinamik çalışma
- Aktif hafif çalışma

Enformasyon Algılama

- Enformasyonu görsel olarak algılama
- Enformasyonu duyararak algılama
- Proprioceptive enformasyon girdisi

Enformasyon İşleme

- Algılanan enformasyonun doğruluğu
- Kararın karmaşıklığı
- Kararın zamansal boyutu

Fiziksel Çevre

- Aydınlatma
- Titreşim
- İklim
- Gürültü

Tüm bu faktörler hem sektörlere hem de cinsiyete göre sıklık grafikleri şeklinde ifade edilmektedir. Analiz sonuçları çeşitli pozisyonların tipleri ve süreçleri arasında, hem kabul edilebilir ve zorlayıcı, hem de ekonominin belirli sektörlerindeki işler için, net bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Cinsiyet için de bir korelasyon söz konusu olmaktadır. İki cinsiyete yüklenmiş yerleşik roller, erkekler ve kadınlar tarafından yapılan iş tiplerini belirleme eğilimindedir.

4.3. Çalışanın Kendi Kendine Analizini Sağlayan Kontrol Listesi

Ergonominin uygulanması ile ilgili problem çoğunlukla çok az sayıda ergonomik uzman veya girişimcinin olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca çalışanlar dışarıdan gelenlere karşı ilgisiz kalmaktadırlar. Bu nedenle birçok çalışma programı başarısızlıkla sonuçlanmakta veya kısmen başarılmaktadır. Çalışan katkısını ve katılımını teşvik etmenin bir yolu kendi kendine analiz kontrol listelerini geliştirmektir. Bu metot çalışanların, görevlerin fiziksel ve psikososyal karakteristiklerinin, genel çalışma merkezinin ve mevcut ekonomik koşulların nasıl iyileştirilebileceği hakkındaki bazı basit önerileri ifade edebilecekleri ve hataları ortaya çıkaracak kriterleri belirleyebilecekleri bölümlerden oluşan küçük bir kitapçığı kapsamaktadır (Fırlalı, 1997).

4.4. Fizyolojik Ölçümler

İnsan, çalışması sırasında maruz kaldığı faktörlere ya da koşullara göre fizyolojik, biyokimyasal ve psikolojik açılardan çeşitli tepkiler göstermektedir. Bu değerlerdeki değişim yapılan işin özellikleri ile ilgili ipuçları vermektedir.

Fizyolojik ölçümler sırasında operatörden sürekli enformasyon alınmaktadır. İş yükünü belirlemek için laboratuvar ortamında, simülatörler aracılığıyla veya gerçek çalışma çevrelerinde ölçümler yapılabilmektedir. Yazılım ve donanım yapılarında kaydedilen gelişmeler her ortamda ölçümlerin ve analizlerin daha kolay yapılabilmesini sağlamaktadır (Fırlalı, 1997).

Fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizinde kullanılan fizyolojik ölçümler; Fizyolojik, Elektro-Fizyolojik, Biyokimyasal, Psiko-Fizyolojik ve Psikolojik Göstergeler olmak üzere aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (MPM-REFA, 1988):

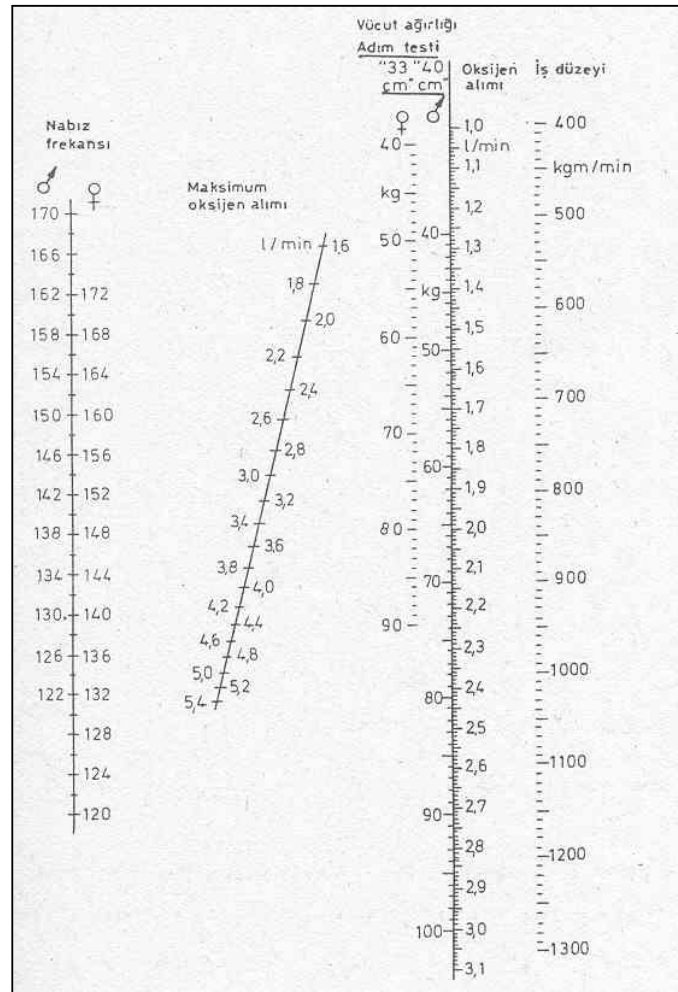
- Fizyolojik Göstergeler: Nabız frekansı, nabız aritmisini, solunum sıklığı, tansiyon değişiklikleri, vücut sıcaklığı, cilt sıcaklığı, titreme, deri direnci, oksijen tüketimi
- Elektro-Fizyolojik Göstergeler: Elektrokardiyogram (EKG), Elektroensefalogram (EEG), Elektromiyogram (EMG), Göz Aktivitesi (EOG)
- Biyokimyasal Göstergeler: Vücut salgılarının (ter, kan, idrar) kimyasal analizleri
- Psiko-Fizyolojik Göstergeler: Kırpışma eşiği frekansı
- Psikolojik Göstergeler: Mülakat, anket, zorlanmanın derecelendirilmesi

Kaslara sevk edilen kan için indirekt bir ölçü olan nabız frekansı yöntemi, ölçümünün kolay ve sürekli olması; ayrıca dinamik çalışmalar dışında statik ve zihinsel ağırlıklı çalışmalara da uygulanabilmesi nedeniyle son yıllarda iş ağırlığının ölçümünde büyük önem kazanmaktadır. Nabız frekansı, işin ağırlığı ile belirli ölçüde orantılı olarak artmaktadır. Oksijen alımı yeterli olduğu sürece, işe dönüş miktarı ile nabız atışı arasındaki doğrusal olmaktadır. Öte yandan, çalışma şiddeti sabit kaldığı sürece, çalışma sırasındaki nabız frekansı da sabit kalmaktadır. Çalışma sırasında kasların oksijen ihtiyacının karşılanamaması durumunda, çalışma şiddeti sabit dahi olsa çalışma sırasında nabız frekansı sürekli artış göstermektedir. Karşılanmayan oksijen miktarı ne kadar fazla ise, nabız frekansındaki artış o kadar dik yükselmektedir. Ayrıca bu durumda, işin bitiminden sonra dinlenme durumuna gelinceye kadar uzun zaman geçmektedir. Çalışma sırasında insanın yüklenmesi, belirli zamanda alınan oksijen miktarının artmasına neden olduğu gibi, nabız frekansının artmasına da neden olmaktadır. Bunlar arasındaki ilişki, Şekil 4.5'teki nomogramda görülmektedir. Bu nomogramdan yararlanarak, maksimum altı zorlanmalı işlerdeki oksijen alımı ve nabız frekansından gidilerek maksimum oksijen alma yeteneği de bulunabilmektedir. İnsanın iş yapabilme yeteneği, yüklenmeye bağlı olarak değişmektedir. Ne var ki, devamlı güç sınırının üzerine çıkan yüklenmeler, zorlanmaların ve dolayısıyla yorulmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Öte yandan bedensel zorlanışların derecesi; oksijen alımını, nabız

frekansını etkilediği gibi vücut sıcaklığını da etkilemektedir. Bununla ilgili ölçme değerleri Tablo 4.1’de görülmektedir (Yavuzcan ve Yavuzcan, 1993).

Tablo 4.1: Oksijen alımına, nabız frekansına ve vücut sıcaklığına göre vücutsal zorlanmaların sınıflandırılması (Yavuzcan ve Yavuzcan, 1993)

| Bedensel zorlanış | Oksijen alımı lt /dk | Nabız frekansı | Vücut sıcaklığı °C |
|-------------------|----------------------|----------------|--------------------|
| Çok az | <0,5 | <75 / dk | - |
| Az | 0,5...1,0 | 75...100 | <37,5 |
| Orta | 1,0...1,5 | 100...125 | 37,5...38,0 |
| Fazla | 1,5...2,0 | 125...150 | 38,0...38,5 |
| Çok fazla | 2,0...2,5 | 150...175 | 38,5...39,0 |



Şekil 4.5: Maksimum altı zorlanmalardaki oksijen alımından ve nabız frekansından giderek maksimum oksijen alma yeteneğinin hesaplanmasına ilişkin nomogram (Yavuzcan ve Yavuzcan, 1993)

Fizyolojik iş yükü, taşınabilir monitörle kaydedilen kalp atış hızına (HR) dayalı olarak direk hesaplanabilmektedir (Polar S610). Bu alette, kalpten bilek alıcısına iletilen sinyalleri saptamak için çalışanın göğüslerine yerleştirilen elektrotlar bulunmaktadır. Elektrotlar çalışana bağlandıktan sonra çalışanın kalp hızının iş yükünün olmadığı normal seviyeye ulaşması için 15 dakika oturması sağlanmaktadır. Daha sonra çalışma aktiviteleri boyunca kalp atış hızı monitörden görüntülenerek kaydedilmektedir. Eğer monitörün bilgisayar ara yüzü yoksa kalp hızı her 5 dakikada bir monitörden okunarak kaydedilmektedir. Astrand ve Rodahl'ın 1986 yılında önerdikleri iş yükü sınıflandırma metotları; oksijen çekişine, en yüksek kalp hızına ve ortalama kalp atış hızına dayanmaktadır. Bu parametreler yaş, kilo, sağlık durumu gibi bireysel farklılıklara duyarlılık göstermektedir. Bu bireysel farklılıkların etkisini azaltmak için fizyolojik iş yükü analizinde benimsenmiş ana kriter kalp atış hızı yüksekliğidir (HRE). Bu değer, çalışırkenki kalp atış hızı ortalaması ile dinlenme esnasındaki kalp atış hızı arasındaki dakika başına vuruş farklılığını belirtmektedir. Kroemer ve Grandjean 2000 yılında yaptıkları çalışmalarında sürekli işlerde çalışan erkek işçiler için kabul edilebilir seviyenin 35 HRE olduğunu öne sürmektedirler. Kalp atış hızı yüksekliğine ek olarak fizyolojik iş yükü değerlendirmesinde kullanılan bir diğer kriter, kabul edilebilir kalp atış hızı aralığıdır (PHRR). Bu oran yapılan iş için genellikle maksimum aerobik çalışma kapasitesinin belli bir yüzdesi olarak hesaplanmaktadır.

$$PHRR = \frac{\text{Çalışırkenki kalp atış hızı ortalaması} - \text{Dinlenme halindeki kalp atış hızı}}{\text{Maksimum kalp atış hızı} - \text{Dinlenme halindeki kalp atış hızı}} \quad (4.1)$$

$$\text{Maksimum kalp atış hızı} = 220 - \text{Yaş} \quad (4.2)$$

Eastman Kodak'ın 1986 yılında yaptığı çalışmaya göre 8 saatlik vardiya göz önüne alındığında PHRR değerinin %33'ü birçok endüstriyel çalışan için uygun üst limit olarak gösterilmektedir (Saurin ve de Macedo Guimarães, 2006).

Denklem 4.1'de verilen kabul edilebilir kalp atış hızı aralığını; Toupin ve diğ. (2006) göreceli kalp atış hızı (RHR) olarak, Perkiö-Mäkelä ve Hentilä (2005) ise göreceli kalp atış hızı farkı (HRR) olarak çalışmalarında sunmaktadırlar.

Zorlanmanın derecelendirilmesinde kullanılan skalalar, fiziksel ağırlıklı çalışmalarda iş yükünü belirlemek için kullanılan fizyolojik ölçümler kapsamında değerlendirilen psikolojik göstergelerden biridir. Skalalardan en çok kullanılan ve kabul görmüş olanı Borg Skalası'dır. Skala, çalışma esnasındaki algılanan zorlanmanın belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Algılanan zorlanma, her bir iş görevinin Borg RPE-20 skalasında 6-20 arasında sınıflandırılmasıyla değerlendirilmektedir. Çalışanlardan görevlerini yerine getirdikten sonra algıladıkları zorlanmaları Tablo 4.2'de verilmiş olan sözel tanımlamaları kullanarak ifade etmeleri istenmektedir. Böylece çalışanların kişisel düşünceleri elde edilmektedir. Bu yöntem, kişinin fiziksel aktivite boyunca maruz kaldığı kalp hızı, solunum ve terleme artışı ile kas yorgunluğu gibi fiziksel duyarlılıklara dayalıdır (Perkilö-Mäkelä ve Hentilä, 2005).

Tablo 4.2: Borg RPE-20 skalasında kullanılan zorluk dereceleri

| | |
|----|---|
| 6 | Herhangi bir zorlanma yok (No exertion at all) |
| 7 | Son derece hafif bir zorlanma (Extremely light) |
| 8 | (7.5) (7.5) |
| 9 | Çok hafif zorlanma (Very light) |
| 10 | |
| 11 | Hafif zorlanma (Light) |
| 12 | |
| 13 | Biraz zorlanma (Somewhat hard) |
| 14 | |
| 15 | Orta düzeyde zorlanma (Hard heavy) |
| 16 | |
| 17 | Çok zorlanma (Very hard) |
| 18 | |
| 19 | Son derece fazla zorlanma (Extremely hard) |
| 20 | Maksimum zorlanma (Maximal exertion) |

4.5. Çalışma Duruş ve Hareketlerinin Gözlemlenmesi

Çalışma pozisyonlarını ve hareketlerini gözlemek ve kaydetmek çalışma analizi teknikleri arasında yer almaktadır. Gözlemler eski Tibet, Mısır ve Çin yazıtlarında duruş sembolleri olarak bulunmuştur ve en azından iki veya üç bin yıl öncesine kadar

bilinmektedir. Günümüzde çeşitli gözlem metotları bulunmaktadır. Bazı metotlar (kalem ve kağıt teknikleri) direkt gözleme dayalıdır, fakat gelişmiş ve bilgisayar desteği ile veri kaydetme ve işleme ile bilimsel olarak yönlendirilmiş metotlar da geliştirilmiştir. Fotoğraf çekme ve video kaydı yapma gözleme yardımcı araçlar olarak kullanılmaktadır. Video çekimi durum sıralarını ve kavrama zamanlarını ölçmede daha doğru gözlem yapma olanağı sağlamaktadır.

OWAS Ovako Çalışma Duruşu Analiz Sistemi (OWAS - Ovako Working Posture Analysing System) metodu 1974 yılında, Finlandiya'da bir Çelik Fabrikasında günlük çalışmada iş etüdü mühendisleri tarafından geliştirilmiştir. Bu firmada çalışanlar işlerini yaparken fotoğrafları çekilmiş ve bu fotoğrafların analizi sonucunda da 84 farklı duruş belirlenmiştir. Zorlanmaya neden olanları incelemek için duruşlar, rahatsızlık ve muhtemel sağlık etkilerinin seviyesine göre hem çelik çalışanları hem de ergonomistler tarafından puanlandırılmıştır. İlk önceleri OWAS metodu; sırt, üst organlar ve alt organların duruşları için inceleme yapabilmekteyken daha sonraları bu metot ile duruşlar, görevin genel özellikleri dikkate alınarak ayakta durma, oturma ve sırt, kol ve bacak duruşlarına göre gruplandırılmıştır. OWAS metodu, yetersiz çalışma pozisyonlarının kayıt edilmesi ve tanımlanmasını, çalışma metotlarının ve yerlerinin yeniden tasarlanmasını amaçlamaktadır. Bu sistemde, ihtiyaç duyulan ergonomik ilerlemelere göre duruşlar dört operasyonel sınıfa ayrılmaktadır:

1. Dikkat gerektirmeyen normal duruşlar (özel vakalar hariç).
2. Çalışma metodunun bir sonraki düzenli kontrolunda dikkat edilmesi gereken duruşlar.
3. Yakın bir gelecekte ilgilenilmesi şart olan duruşlar.
4. Acil iyileştirme gerektiren duruşlar.

Analiz boyunca yapılan gözlemler, her bir duruşun aralığını ve sıklığını veren iş örneklemesine dayanmaktadır. Değişik iş duruşları içeren görevlere dayalı güvenilir bir analize ihtiyaç duyan gözlem sayıları önceden belirlenmelidir. Daha karmaşık ve değişik bir görev, daha uzun gözlem zamanına ve daha fazla gözlem sayısına sahip olmalıdır. İşyerindeki anlık gözlemler özel formlara kaydedilmektedir. Aşırı

yüklemenin ve uygunsuz duruşların değerlendirilmesinde, 4 operasyonel sınıfın bulunduğu bir kodlama sistemi kullanılmaktadır.

İlk olarak çelik endüstrisinde kullanılan OWAS metodu, birçok endüstri dalında geniş olarak uygulanmaktadır. Ayrıca metot, ergonomik problemlerin iyileştirilmesinde kolaylık sağlamaktadır (Loupajärvi, 1990).

RULA (Rapid Upper Limb Assessment); duruşlardan, kas fonksiyonlarından ve sarf edilen güçten dolayı çalışanların kas-iskelet sistemleri üzerinde oluşan yüklenmenin değerlendirmesini yapabilmek amacıyla geliştirilmiş bir metottur. Bu metot, üst organ rahatsızlıklarına neden olan kas-iskelet yüklenmelerine maruz kalan çalışanları değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. RULA metodunda, vücut bölgelerinin maruz kaldığı yüklenme seviyelerini belirtebilmeyi sağlayan puanlandırma sistemi bulunmaktadır. Bu metot çok sayıdaki çalışanın gösterimini hızlı bir şekilde yapabilmek avantajına sahiptir. Bu metot da, OWAS metodunda olduğu gibi herhangi bir ek donanıma ihtiyaç duymaksızın çalışma duruşlarının değerlendirmesini güvenilir bir şekilde yapmaktadır. Metoda göre üst organ, boyun, sırt ve bacak duruşlarının önceden belirlenmiş sınıflandırmaları ve sayısal değerleri gözlenen duruşun risk puanını belirlemek için kullanılmaktadır. Risk puanı 1, bu benimsenen duruşun en iyi nötral duruş olduğunu risk puanı 4 ise benimsenen duruşun en kötü duruşu olduğunu göstermektedir (Hoy ve diğ. 2005).

Diğer gözlem metotlarından olan Pozisyon Hedefleme, durumsal yük analizi metotlarından biridir ve Corlett ve diğ, (1979) tarafından geliştirilmiştir. Metot, ayakta durma duruşunda vücudun farklı bölümlerini niteleyecek şekilde daha önceden hazırlanmış on hedef içermektedir. Düşey yerleştirmeler, hedef merkezinden 45, 90, 135 olarak numaralı bir skala ile ortak merkezli daireler yardımıyla kaydedilmektedir. Chaffin, video-bilgisayar tabanlı metotlar geliştirmiştir. İsveç'te Holzman tarafından geliştirilen ARBAN da bu tür metotlar arasında yer almaktadır. Bu metotlar genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır:

1. Çalışma yerinin durumunu videoya veya filme kaydetmek,
2. Pozisyon ve yük durumunu bir seri dondurulmuş durumlarla kodlamak,
3. Bilgisayara aktarmak,

4. Sonuçları değerlendirme.

Metotlar, tercihen iki video kamera gerektirmekte ve oldukça karmaşık olmaktadır. Sonuçlar, tüm vücut üzerinde mümkün olduğu kadar da vücudun farklı bölümleri üzerindeki toplam ergonomik yük şeklinde bir bilgisayar tarafından hesaplanmaktadır. Ergonomik yük/zaman eğrisi olarak sunulmaktadır. Ağır yük durumları eğride en üst durumları göstermektedir.

Fizyoterapistler için yararlı olabilecek bir diğer yaklaşım, Finlandiya'da Meslek Sağlık Enstitüsü (Institute of Occupational Health in Finland) tarafından geliştirilen "Ergoshape" sistemidir. Sistem, dünyada en çok kullanılan CAD programı olan AotuCAD üzerine kurulmuştur. Ergoshape sistemi, 3 parçadan oluşmaktadır (Loupajärvi, 1990).

1. Çalışma alanlarının, uygun insan boyutlarının ve hareket gerekliliklerinin değerlendirilmesine yardımcı olan "Antropometrik İnsan Modelleri",
2. Malzeme taşıma ve statik duruşları gerektiren iş koşullarının analizinde veya tasarımındaki duruş streslerini değerlendirmeyi sağlayan "Biyomekanik Hesaplamalar",
3. Özel iş durumları ve işyerlerine tasarım kuralları sunan "Tavsiye Grafikleri".

Fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizinde çok karmaşık olmayan, özel donanımlar ve uzun eğitimler gerektirmeyen basit metotlar seçilmektedir. Çoğu zaman da bu metotlar probleme çözüm getirmekte yeterli olmakla birlikte maliyetin düşük seviyelerde kalmasını sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizi için çalışma duruş ve hareketlerinin gözlemlenmesi metotlarından; literatürde çok çeşitli uygulamalarına rastlanan, özel donanım ve uzun eğitimler gerektirmeyen, kabul görmüş OWAS metodu seçilmiştir. Çalışmanın 5. bölümünde bu metodun uygulama aşamalarına ve literatürdeki çeşitli uygulamalarına ayrıntılı olarak yer verilmiş altıncı bölümünde ise seçilen fiziksel ağırlıklı çalışmalardaki çalışma duruşları OWAS metodu kullanılarak analiz edilmiştir.
















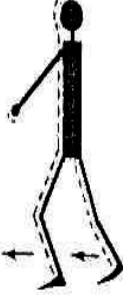
5. OWAS VE LİTERATÜRDEKİ UYGULAMALARI

OWAS (Ovako Working Posture Analysing System), çalışanın kas-iskelet sistemindeki yüklenmeyi ve sistemin neden olduğu kötü duruşları belirlemeye yarayan, gözleme dayalı bir çalışma duruşu analiz metodudur. OWAS metodu, iş etütçülerine hizmet etmeye yarayan bir analiz aracı olarak tasarlanmış olup her duruşta oluşan zamanlara dayalı bir iş örnekleme aracıdır (Akay ve diğ., 2003). İlk olarak çelik endüstrisinde kullanılan OWAS metodu, birçok endüstri dalında geniş olarak uygulanmaktadır (Luopajarvi, 1990). İlk uygulamaları özel basılı formlar ve elle hesaplamalar kullanılarak yapılmış olan bu metodun, günümüzdeki uygulamaları için yarı bilgisayarlı sistemler geliştirilmiştir (Pinzke ve Kopp, 2001). Günümüzde bu analiz metodu ile duruşların kaydedilmesi aşamasında video-kamera kullanılabilen ve görüntüler incelenen işe göre farklı zaman aralıkları ile incelenmektedir (Mattila ve diğ. 1993).

İşgörenlerin çalışma esnasındaki duruşları standartlaştırılarak “OWAS Çalışma Duruşları” olarak endüstride uygulanmıştır. OWAS metodu kullanılarak sınıflandırılan sırt, kol ve ayak duruşları Şekil 5.1’de gösterilmektedir. OWAS metodu kötü duruşların ve faaliyetlerin tespit edilmesine, tekrarlanan sistemin çalışmanı ne kadar zorladığının ortaya çıkarılmasına ve optimal iş metodlarının tahmin edilmesine imkan vermektedir. Ayrıca, iş yerinin verimlilik, konfor ve mesleki sağlık açısından değerlendirilmesini ve insan makine ara kesitinin sistematik bir biçimde incelenmesini sağlamaktadır. Bu metoda göre duruşlar sınıflandırılmakta ve işgöreni rahatsız edici unsurları ortadan kaldırmak amacı ile tasarıma yönelik sistematik iyileştirmeler ve geliştirmeler yapılmaktadır (Akay ve diğ. 2003).

Değişik endüstriyel uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanılan OWAS metodu;

- Duruşsal yükün ergonomik olarak değerlendirilmesi ve kas-iskelet sistemindeki yüklenmelerinin azaltılması,

| | | | | |
|----------------|--|--|---|---|
| Sırt Duruşları | 1  | 2  | 3  | 4  |
| Kol Duruşları | 1  | 2  | 3  | Sırt Duruşu:2 Kol Duruşu:1 Bacak Duruşu:6  |
| Ayak Duruşları | 1  | 2  | 3  |  |
| | 4  | 5  | 6  | 7  |

Şekil 5.1: OWAS ile duruşların sınıflandırılması (Louparjari, 1990)

- Çalışma ortamlarının, çalışma metotlarının, makine ve kullanılan araçların geliştirilmesi ve planlanması,
 - Mesleki sağlık incelemeleri,
 - Güvenlik ve verimliliğin sağlanması
- amacıyla uygulanmaktadır (Mattila ve diğ. 1993).

Bu metotta analist gözlemler yoluyla sırt, kollar ve eller için kullanılan çalışma duruşlarını ve maruz kalınan yükün ağırlığını değerlendirerek çalışma prosesleri boyunca çalışan hareketlerinin kalitatif analizini gerçekleştirmektedir. Çalışanların vücut duruşları sarf edilen güce bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. OWAS metodu direk gözlemlerle gerçekleştirildiği için zaman alıcı olmaktadır (Jin ve diğ. 2002).

Riskli çalışma duruşlarını tanımlamak ve değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan OWAS metodunda 4 sırt, 3 kol, 7 ayak duruşu ve 3 farklı yük seviyesi dikkate alındığında 252 standart duruş ve yük kombinasyonu elde edilmektedir. Bu metodun kullanımı ile yapılan analiz kapsamında her bir duruş için harcanan zaman ve o duruşun görülme sıklığı değerlendirilmektedir (Pinzke ve Kopp, 2001).

Metodun uygulanmasında duruşlar Şekil 5.2’de gösterilen 4 haneli kodlama sistemine uygun olarak kaydedilmektedir. Analizin her bir aşamasındaki yüksek kod numaraları arzu edilmeyen duruşları temsil etmektedir (Hoy ve diğ. 2005).

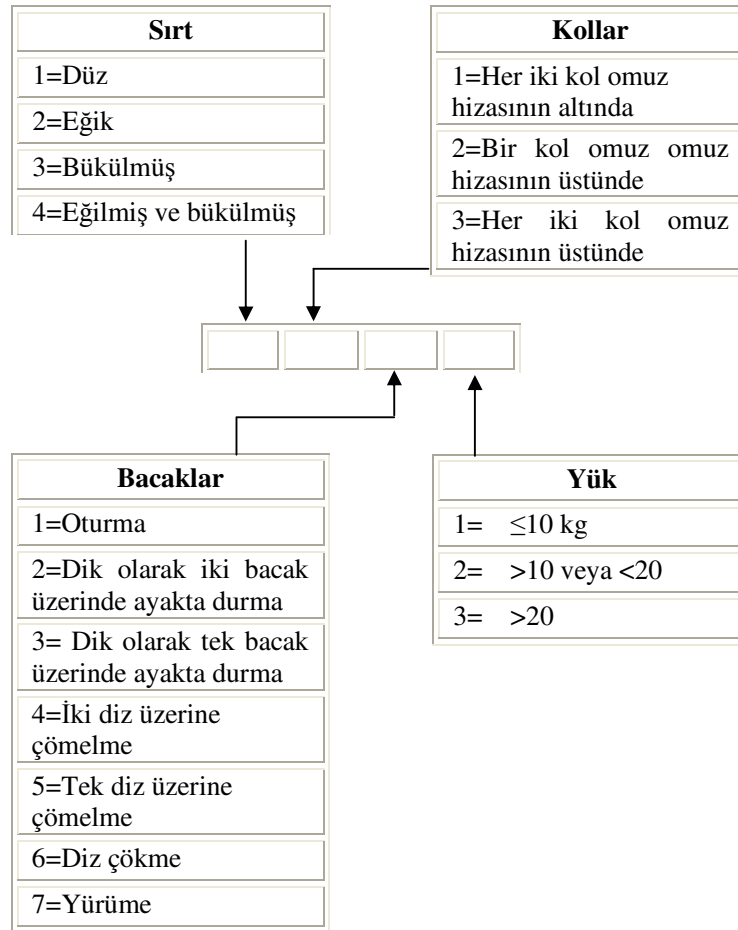
Gözlenen duruş kombinasyonları, 4 risk kategorisine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma, her bir çalışma duruşunun ve duruş kombinasyonunun kas-iskelet sistemi üzerinde oluşturduğu sağlık risklerinin uzmanlar tarafından öngörülmesine dayanmaktadır. Riskli duruşların düzeltilmesindeki öncelik durumlarını belirleyen risk kategorileri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

Kategori 1: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde herhangi bir zararlı etki bulunmamaktadır. Bu duruşlar için, ergonomik düzenleme gerekmemektedir.

Kategori 2: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde bazı zararlı etkileri mevcuttur. Gerekli ergonomik düzenlemelerin gelecek planları içerisinde yer alması gerekmektedir.

Kategori 3: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde açıkça zararlı etkileri mevcuttur. Mümkün olan en kısa sürede çalışma duruşlarında gerekli ergonomik düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

Kategori 4: Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde oldukça zararlı etkileri mevcuttur. Bu duruşlar için gerekli ergonomik düzenlemelerin derhal yapılması gerekmektedir (Mattila ve diğ. 1993).



Şekil 5.2: OWAS metodu ile duruşların kodlanması (Hoy ve diğ. 2005)

Literatürde OWAS metodu ile çalışma duruşlarının değerlendirilmesine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar inşaat sektöründen otomotiv sektörüne, tamir bakım işlerinden ev işlerine, sağlık hizmetlerinden büyükbaş hayvan

yetiştiriciliğine kadar çok yaygın bir uygulama alanını kapsamaktadır. Bu alanlarda yapılan çalışmalara ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

Mevcut istatistiklere dayanarak kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının önemli bir sebebinin uygunsuz vücut duruşları olduğunu belirten Kivi ve Mattila (1991), fiziksel iş yükü gerektiren ve ergonomik açıdan problemlili olan işler için detaylı analizlerin yapılması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Çalışmalarında OWAS'ı daha önce uygulanmamış bir sektör olan İnşaat Sektörü'nde kullanılmaktadırlar. Çalışmada inşaat sektöründeki 39 temel görev gerektiren 12 iş seçilmekte ve bu görevlere ait çalışma duruşları OWAS metodu kullanılarak analiz edilmektedir. Her bir görev için toplam gözlem periyodu 1,5 saat olarak belirlenmekte ve gözlemler 30 saniyelik aralıklar kullanılarak elde edilmektedir. Toplam olarak 12 iş için, 6457 duruş gözlemlenmektedir. Çalışmada ayrıca sahada yapılan gözlemlerin anında kodlanabileceği ve daha sonra bir arayüzle analiz yapılarak bilgisayara aktarılabilceği, taşınabilir bilgisayar sistemi kullanılmaktadır. Çalışmalarının sonucunda uygunsuz çalışma duruşlarının en çok çimento işlerinde ortaya çıktığını vurgulamaktadırlar. Bu ve diğer uygunsuz çalışma duruşlarını ve üretim metotlarını iyileştirmek için firma tarafından özel bir grup kurulması sağlanmakta ve grubun çalışmaları sonucunda ortaya çıkan 58 düzeltici faaliyet sunulmaktadır. Tuğla örme ustasının uygun yükseklik ile çalışabilmesi için hidrolik iskele kullanması bu düzeltici faaliyetlerden bir tanesi olarak aktarılmaktadır. Bu çalışma sonucunda elde edilen tüm verilerin firma tarafından eğitim materyali olarak kullanılması sağlanmaktadır.

Mattila ve diğ. (1993) inşaat sektöründe çekiçle yapılan görevlerdeki çalışma duruşlarını analiz etmek, çekiçle yapılan farklı görevlerde en çok karşılaşılan sorunlu davranışları ve bu görevler ile ilgili işyeri faktörlerini belirlemek, inşaat sektöründe bu görevlerin iyileştirilmesinde kullanılabilecek öneriler geliştirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmaya 3 farklı firmadan yaş ortalamaları 41.6 olan 18 inşaat işçisi katılmaktadır. 3 farklı çeşit (0.45 kg, 0.57 kg, 0.62 kg) çekiç kullanılarak yapılan görevler 2 ay boyunca gözlemlenmektedir. Çalışmada bazı görevler 5 saniye bazıları ise 15 saniye gözlem aralığı kullanılarak analiz edilmektedir. Toplamda 18 işçiye ait 593 duruş elde edilmektedir. Duruşların gözlemlenmesine ek olarak her bir

çalışana görevleri ile ilgili ergonomik faktörler hakkında sorular sorulmakta, rahatsızlıkları ile ilgili şikayetleri ve son 3 yılda geçirmiş oldukları hastalıkları belirtmeleri istenmektedir. Ayrıca yerine getirdikleri görevlerde çekiç kullanmalarından dolayı hissettikleri kol zorlanmalarını, verilen 6 skalaya göre ifade etmeleri istenmektedir. 593 çalışma duruşunun OWAS metodu ile analizinde uygunsuz duruşlar en sık olarak çatı kızaklıklarının yapılması görevinde görülmektedir. Bu uygunsuz duruşların ortadan kaldırılabilmesi için işyerlerinin yeniden dizayn edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Çalışmada çekiçle yapılan işlerin farklı firmalarda benzer olduğu fakat görevlerin ve çalışma koşullarının değiştiği vurgulanmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan tüm analizler sonucunda, uygunsuz çalışma duruşlarının dikkatsiz bir biçimde çekiç kullanımından ortaya çıktığı ve duruşların değerlendirilmesi açısından çalışmada kullanılan çekiçler arasında bir fark olmadığı ortaya konmaktadır.

Engström ve Medbo (1997), el ile ilgili işlerle ilgili veri toplamak ve bu işleri analiz etmek için otomobil kapılarının imal edildiği montaj hatlarında kişisel bilgisayar ve video kayıt tekniklerini kullanarak bir çalışma yapmaktadırlar. Çalışmada; analiz sırasında kişisel bilgisayar ve video kaydının aynı anda kullanılmasının, üretim bölümüne ait gerçek verilerin toplanmasını kolaylaştırmanın yanında ergonomik durumları ve çalışma performanslarını da içeren bir analiz prosedürü oluşturulmasını sağladığı belirtilmektedir. Bu çalışmada; araba kapılarında kullanılan metal tabakaların preslenmesi işlemine ait verilerin toplanması ve analizi için bir ekipman prototipi yapılmakta ve çalışma duruşlarının ergonomik analizi ile kayıp analizinin nasıl entegre edilebileceği üzerinde durulmaktadır. Bu entegrasyon için OWAS metodundan yararlanılmaktadır. Çalışmada sunulan ekipman sayesinde elde edilen yeni deneysel veriler aracılığıyla farklı montaj sistemi tasarımları değerlendirilmekte ve video analiz zamanının büyük ölçüde azaldığı vurgulanmaktadır.

De Joode ve diğ. (1997) ise çalışmalarında, 2 bakım şirketinde görev yapan 32 bakım çalışanın maruz kaldığı fiziksel yüklenmeleri ölçmek için OWAS metodunu kullanarak bir işyeri incelemesi yapmaktadırlar. Çalışma duruşlarının değerlendirilebilmesi amacıyla günün 3 farklı zamanında toplam 1,5 saat gözlem alınmaktadır. Yapılan duruş analizi sonuçlarına göre gemi bakım işlerinde aşırı

derece uygunsuz duruşlar ile çalışıldığı, itme, çekme ve kaldırma faaliyetlerinde sarf edilen gücün olması gerekenden fazla olduğu belirtilmekte gemi bakım faaliyetlerinin çalışanın özellikle sırt, boyun ve omuz bölgelerinin kas- iskelet rahatsızlıkları açısından risk oluşturduğu savunulmuştur. Gemi bakım işlerinde görülen toplam fiziksel yüklenme, fiziksel çaba gerektiren işlerle (çimento işçiliği, balıkçılık, araba tamiri) karşılaştırıldığında orta düzeyde çıkmaktadır. Gemi omurgası altında çalışmak ve yüksek basınçlı su ile temizlik yapmak fiziksel yüklenmenin önemli belirleyici faktörleri olarak tespit edilmektedir. Risk değerlendirme sonuçları gemi bakım işlerinin güç ve enerji sarf etmeyi gerektiren işler olduğu ve bu işler için ergonomik iyileştirmelerin gerektiği vurgulanmaktadır.

Brujin ve diğ. (1998) çalışmalarında, OWAS gözlemlerinin güvenilirliğini değerlendirmek için geliştirdikleri basit metodu aktarmaktadırlar. Bu metotta, gözlemciler arasındaki güvenilirliği değerlendirmek için 2 gözlemciye 45 resim gösterilerek birbirinden ayrı olarak kodlamaları istenmektedir. Gözlemcilerin kendi iç güvenilirliklerini değerlendirmek için ise kodlamış oldukları resimleri 4 hafta sonra tekrar kodlamaları istenmektedir. İkinci kodlamada hatırlama etkisinden sakınmak için resimler gözlemciye karıştırılarak sunulmaktadır. Ayrıca birinci ve ikinci kodlama arasında geçen sürede gözlemcinin OWAS metodu ile ilgili bir eğitim almamasına dikkat edilmektedir. Çalışma boyunca ek uygulama yapmanın gözlemcilerin kendi iç güvenilirliklerine olan etkisini değerlendirmek için daha uzun vadeli bir çalışma yapılmaktadır. Gözlemcinin ilk kodlaması ile ikinci kodlaması arasında 3.5 ay geçmektedir. Elde edilen tüm verilere kapa istatistik testi uygulanmıştır. Çalışmada gözlemciler arası güvenilirliğin %89, gözlemcilerin kendi içlerindeki güvenilirliğin kısa zaman aralığında (4 hafta) %91, uzun zaman aralığında (3.5 ay) ise %90 olarak bulunduğu aktarılmaktadır.

Engels ve diğ. (1998), ergonomik eğitim kurslarının hemşireler üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında zararlı duruşlar ile ergonomik ve biyomekanik hataları ergonomik eğitim kursu öncesinde ve sonrasında değerlendirmektedirler. Çalışmada ayrıca algılanan fiziksel çaba üzerinde de durulmaktadır. Kursa katılan 12 hemşire ve eğitim almamış olan 12 hemşire standart görevlerini yaparken videoya kaydedilmekte ve hemşireler aynı hastane koğuşundan

seçilmektedir. Hemşirelerin çalışmaları ilk olarak kurstan 1-2 hafta önce daha sonra ise kurstan 3 ay ve 15 ay sonra kayda alınmaktadır. Zararlı duruşlar OWAS metodu ile, yapılan hatalar kontrol listeleri ile, algılanan çaba ise Borg CR-10 skalası kullanılarak ölçülmektedir. Çalışmadaki ölçümlerin eğitim öncesi ve eğitim sonrası değerleri karşılaştırıldığında zararlı duruş ile ergonomik ve biyomekanik hataların sayı ve yüzdelerinde önemli bir iyileşme olduğu savunulmaktadır. Ergonomik eğitim kursu sonrasında farklı çalışma yöntemlerinden dolayı algılanan fiziksel çabada bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Pohjonen ve diğ. (1998) çalışmalarında, ev işlerinde yüklenme ve zorlanmanın azaltılmasında katılımcı ergonominin etkilerini araştırmaktadırlar. Bu amaçla yapılan çalışmaya Helsinki’de yaşayan ve yaşları 42 ± 5 olan 70 bayan katılmaktadır. Katılımcıların 34’ü deney grubunda 36’sı ise kontrol grubunda yer almıştır. Ev işlerindeki statik duruşların ve algılanan yüklenmenin ölçülmesi için anket, iş örnekleme çalışması ve fizyolojik iş ölçümlerinden oluşan bir çalışma yöntemi izlenmektedir. Statik duruş yüklenmelerinin gözlenmesi ve değerlendirilmesi OWAS metodu ile yapılmakta ve gözlemler 63 dakikalık bir periyotta ve 30 saniyelik örnek aralığı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Elde edilen veriler OWASAN programı aracılığıyla analiz edilmektedir. Deneklerin kalp atış hızları, 8 saatlik süre boyunca “Sport Tester PM 3000” sistemi kullanılarak 15 saniyede bir düzenli olarak kaydedilmektedir. Ayrıca deneklere işin psikososyal faktörlerini içeren bir anket uygulanmaktadır. Elde edilen tüm çalışma sonuçları katılımcı ergonominin; ev işlerinde çalışan bayanların fiziksel ağırlıklı görevlerindeki iş yüklenmelerini azaltan, iş memnuniyetlerini arttıran etkili ve uygulanabilir bir metot olduğunu göstermektedir.

Vedder (1998) çalışmasında, fiber iplik üretimindeki duruş risklerini belirlemek için videoya dayalı olay örnekleme metodunu kullanmaktadır. Fabrikada 12 gündüz ve 12 gece vardiyasında sabit kamera kullanılarak kayıt yapılmaktadır. Bu video kayıtlarından, olay örnekleme kullanılarak elde edilen 8130 adet duruş OWAS metodu ile kodlanmaktadır. OWAS metodundaki kritik duruşları değerlendirmek için kullanılan 4 kategorili sistem yerine 3 renk bölgenin olduğu bir sistem geliştirilmektedir. Geliştirilen sistemde OWAS metodundaki kategori 1 yeşil renk,

kategori 2 sarı renk, kategori 3 ve 4 ise kırmızı renk kullanılarak tanımlanmaktadır. Çalışmada işçilerin olası şikayetlerini belirlemek amacıyla bir anket düzenlenmektedir. Anket sonuçlarına göre çalışanların %70'i bel ağrısı, %40'ı boyun ve omuz ağrısı çektiklerini belirtmektedir. Riskli duruşların ve yapılan anketin değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar uygunsuz duruşların kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına katkıda bulunan bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca sağlık riskleri ve çalışma koşulları arasında çok yönlü ve kompleks bir ilişkinin var olduğu belirtilerek kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını ortadan kaldırmak veya azaltmak için kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır.

Wright ve Halsam (1999), içecek dağıtım merkezindeki malzeme taşıma risklerini anlattıkları çalışmalarında yarı yapılandırılmış görüşme, doküman analizi, eğitim analizi, OWAS duruş analizi ve NIOSH denklemini kullanmaktadırlar. Çalışmada depo operatörleri ve sevkiyat sürücüleri ele alınmakta ve palet veya kafes içeren iki farklı taşıma metodu karşılaştırılmaktadır. Yapılan analizler sonucunda zararlı duruşlar açısından bu iki metot arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Palet kullanılan yöntemde, kafes kullanılan yöntemde göre depo operatörlerinin daha uygunsuz vücut duruşları ile çalışmaya maruz kaldıkları, sevkiyat sürücüleri açısından bakıldığında ise iki yöntem arasında çok fark olmamakla birlikte palet kullanımının çalışan sağlığı açısından daha zararlı olduğu ortaya konulmaktadır. Çalışmada elde edilen veriler ışığında depo ve sevkiyat alanlarındaki malzeme taşıma riskleri bulunmakta ve bazıları NIOSH denklemine göre aşırı olarak nitelendirilmektedir.

Louhevaara (1999), inşaat işinde ve araç kontrolünde çalışan mavi yakalı işçilerde fiziksel iş yükünü ölçmek ve 45 yaş üstü çalışanlar ile genç çalışanlar arasında iş yükü faktörlerini karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmaktadır. Çalışmaya katılan genç işçilerin yaş ortalaması 33, yaşlı işçilerin yaş ortalaması ise 52'dir. Çalışmada işyerindeki dinamik iş yükü (Edholm skalası ve kalp atış hızı), statik iş yükü (OWAS metodu) ve algılanan iş yükü değerlendirilmektedir. Enerji harcama, kalp atış hızı ve uygunsuz vücut duruşlarının oranı genç ve yaşlı çalışanlarda kendi mesleki grupları içinde karşılaştırıldığında benzer sonuçlar ortaya çıktığı vurgulanmaktadır. OWAS metodu ile yapılan analiz sonucunda uygunsuz duruşlar, inşaat işçilerinde en çok sırt

bölgesinde, araç kontrolünde çalışan işçilerde ise boyun-kol bölgesinde görülmektedir. Çalışmanın sonucunda, verimsizliğin en önemli sebeplerinden biri olarak iş yükü faktörleri ile çalışanların bireysel kapasiteleri ve ihtiyaçları arasında uyumlu bir ilişkinin olmaması gösterilmektedir. İş yeteneklerini desteklemek için; yeni mesleki yeteneklerin hayat boyu öğrenilmesi, çeşitli ergonomik, iş organizasyonu ile ilgili ve bireysel ölçülerin uygun bir şekilde bir araya getirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Pinzke ve Kopp (2001) çalışmalarında, OWAS duruşlarının video filmlerinden otomatik olarak kayıt edilebilmesi için görüntü analizinde işaretleyici kullanılmayan (marker-less) farklı yaklaşımların kullanılabilirliğini test etmek için 2 deney yapmaktadırlar. Deney 1’de OWAS duruşlarının belirlenebilmesi amacıyla, video kayıtları alınan kişilerin şekilleri ile ilişki kurmak ve arka planları kişinin görüntüsünden ayırmak için, görüntü analizine dayalı parametrik bir metot geliştirilmektedir. Bu metotta örnekler 1 saniyelik gözlem aralığı kullanılarak elde edilmektedir. Deney 1 kapsamında geliştirilen metot ile ele alınan görüntü 12 aşamada analiz edilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Bu metot özellikle sırtın eğilmiş olduğu durumlarda kol pozisyonlarını tanımlamada başarılı sonuçlar vermemektedir. Deney 2’de ise kişi görüntülerinin OWAS duruşları ile ilişkilendirilebilmesi için bilgisayar sinir ağı 53 görüntü ile eğitilmektedir. Başlangıç (eşik) değerinin 0.85 olarak kabul edildiği ilk testte 138 görüntüden 18’i tanımlanamamakta 13’ü ise yanlış tanımlanmaktadır. Başlangıç (eşik) değerinin 0.84 olarak kabul edildiği ikinci testte 138 görüntüden 15’i tanımlanamamakta 15’i ise yanlış tanımlanmaktadır. Başlangıç (eşik) değerinin 0.65’e düşürüldüğü son testte ise 138 görüntüden 1’i tanımlanamamakta 21’ü ise yanlış tanımlanmaktadır. Bu çalışmada yürütülen deneylerden elde edilen sonuçlar, çalışma duruşlarının izlenmesi ve değerlendirilmesinde görüntü analizi kullanımının umut verici olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada ayrıca, OWAS metodu ile uygunsuz çalışma duruşlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesinin daha kullanışlı olabilmesi için farklı insan modellerinin ve sinir ağlarının test edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Akay ve diğ. (2003) çalışma duruşlarının ergonomik analizini yapabilmek amacıyla önce çalışma duruşlarının tanımını yapmakta daha sonra kas-iskelet sistemi

rahatsızlıklarının ve verimlik-kalite-maliyet üçgeninin çalışma duruşlarını endüstride önemli kılan faktörler olduğunu belirtmektedirler. Oto-servis istasyonunda çalışma duruşlarının ergonomik analizi kapsamında OWAS metodu kullanılarak çalışma duruşları sınıflandırılmakta ve işgöreni rahatsız eden duruşları ortadan kaldırmak için sistematik bir çalışma yapılmaktadır. Çalışmada 2 bakım görevlisinin 1 saat 45 dakika boyunca 30 saniye zaman aralıklarında gözlemlenmesi sonucunda elde edilen 420 duruş, WinOWAS paket programı kullanılarak analiz edilmektedir. Oto-servis istasyonunda çalışma duruşlarının iyileştirilebilmesi amacıyla kaldırma kullanımının, iş rotasyonu uygulamasının ve çalışan eğitimlerinin gerekliliği vurgulanmaktadır.

White ve Kirby (2003), sağlık hizmetleri çalışanlarının tekerlekli sandalyeleri katlama ve açma işlemlerinde çeşitli metotları kullandıkları ve bu metotların birçoğunun, incinme riskinin yüksek olduğu, eğilmiş ve bükülmüş sırt duruşlarını içerdiği hipotezlerini test etmek amacıyla 20 sağlık çalışanın katıldığı bir çalışma yapmaktadırlar. Çalışmaya katılanların yaş, cinsiyet, eğitim, deneyim ve geçmiş rahatsızlıklarını belirlemek amacıyla anket düzenlenmektedir. Daha sonra sağlık çalışanları kendi metotlarını kullanarak tekerlekli sandalyeleri katlama ve açma işlemlerini yaparken video kaydı alınmaktadır. Objektif bir değerlendirme yapabilmek için görsel analog skalası (VAS) kullanarak kişilerin algıladıkları çabayı ve sırt zorlanmalarını rakamlarla ifade etmeleri sağlanmaktadır. Video kayıtları aracılığı ile çalışma duruşları OWAS metodu kullanılarak kodlanmakta ve analiz edilmektedir. Elde edilen tüm veriler kullanılarak yapılan istatistiksel analiz sonuçları, test edilen hipotezleri doğrulamaktadır. Ayrıca sağlık çalışanları tarafından yaygın olarak 3 metodun (çömelme metodu, yana yatırma metodu ve yukarı kaldırma metodu) kullanıldığı ortaya konmaktadır. Gelecek çalışmalarda bu metotların kullanımının etkili olup olmadığının, tekerlekli sandalye kullanımı ile ilişkili olan incinmeleri azaltıp azaltmadığının daha büyük örnek hacmi kullanılarak test edilebilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Hoy ve diğ. (2005), forklift sürücülerinde bel ağrısının görülme yaygınlığını belirlemek, sürücüler tarafından benimsenmiş farklı duruşların risklerini değerlendirmek ve forkliftlerde görülen titreşimi ölçmek amacıyla bir çalışma yapmaktadırlar. Çalışmada sürücülerin geçmiş sağlık bilgilerini (genel bilgi, kas-

iskelet sağlığı bilgileri, iş çevresi bilgileri, iş memnuniyeti) elde etmek amacıyla bir anket dzenlenmektedir. Çalışma duruşlarının analizi OWAS metodu ve RULA (Rapid upper limb assessment) tekniği kullanılarak yapılmaktadır. Çalışanların oturduğu koltukta ortaya çıkan titreşimler, gerçek çalışma koşulları altında ISO 2631-1'e uygun olarak 3 ekseninde lmlektedir. Çalışma sonuçlarına göre bel ağrısının forklift sürücülerinde yaygın olarak görüldüğü, gövdenin eğilmiş ya da bükülmüş olduğu sürüş duruşlarının bel ağrısı için büyük risk oluşturduğu, forkliftlerin x ve y eksenlerinde görülen titreşimin kabul edilebilir seviyenin (0.5 m/s²) altında, z ekseninde ise bu seviyeyi aştığı ortaya konmaktadır.

Perkil-Mkel ve Hentil (2005), ahır alışanlarında oluşan fiziksel yüklenme ve zorlanmanın belirlenebilmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında süt sağma, hayvanların yemlenmesi ve temizlik işlerinde fiziksel yüklenme ve zorlanma, kalp atış hızı (HR) ile çalışma duruşları ise OWAS metodu ile analiz edilmektedir. Çalışmaya sağlıklı ve bu konularda deneyimli 10 bayan ile 10 erkek ahır çalışanı katılmaktadır. Kalp atış hızı "Polar S810 Sport Tester" cihazı kullanılarak lmlektedir. Algılanan çaba, yapılan her görevin ardından Borg RPE-20 skalası kullanılarak belirlenmektedir. Çalışma duruşları OWAS metodu ile 10 saniyelik gözlem aralıkları kullanılarak analiz edilmektedir. Çalışma sonuçları süt sağmanın en hafif iş, hayvanların yemlenmesinin ise kısmen daha ağır bir iş olduğunu göstermektedir. Ayrıca buzağıların yemlenmesi ve gübrelerinin taşınması işlerindeki duruşların sırt için en fazla yüklenmeye neden olan çalışma duruşları olduğu saptanmaktadır. Çalışmanın sonuç bölümünde otomasyonun, ahır çalışanlarının fiziksel iş yükünü azaltacağı belirtilmekte ve bunun için yeni bir ahır inşa edilirken hayvanların otomatik beslenmeleri ve temizlik sistemleri için yeterli alan bırakılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Saurin ve de Macedo Guimares (2006), farklı boyut ve tertibata sahip askıya alınmış hafif ve ağır yapı iskelelerinin değerlendirmesini yapmaktadırlar. İş koşulları hakkında çalışanların algıları, yüzey kaplama aktiviteleri ve yapı iskelesi operasyonları boyunca benimsenen çalışma duruşları (OWAS metodu), her iki aktivite için fiziksel iş yükü (kalp atış hızı yksekligi HRE), iskele hızının kestirimi ve iskele kaldıralarındaki operasyonlar süresince hareket tekrarlarının ölümü

değerlendirme parametreleri olarak belirlenmektedir. İş koşulları hakkında çalışanların algılarının tespit edilebilmesi amacıyla çalışanlar ile görüşme ve anket yapılarak, çalışanların maruz kaldıkları problemleri önceliklendirmeleri sağlanmaktadır. Çalışma duruşlarının değerlendirilmesi için OWAS metodu kullanılmaktadır. 25 dakikalık gözlem boyunca 15 saniyede bir örnek alınmaktadır. Kalp atış hızı ve kabul edilebilir kalp atış hızı aralığı (PHRR) kullanılarak fiziksel iş yükü ölçümü yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre her iki yapı iskelesi ile çalışmada oldukça fazla fiziksel iş yüküne maruz kaldığı ve uygunsuz vücut duruşları ile çalışıldığı ortaya konmaktadır. Yapı iskelesi kullanımında çalışma şartlarını iyileştirmek için iş istasyonu dizaynı, iş organizasyonu ve ürün geliştirme yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Yücel ve diğ. (2006), çalışmalarında Kütahya ilinde bir kiremit fabrikasının yükleme bölümünde, işgörenler üzerindeki potansiyel yüklenmeleri değerlendirmek için, OWAS metodunu kullanmaktadırlar. Yükleme bölümünde işgörenlerin duruşları sınıflandırılmakta ve yapılan çalışma sonucunda potansiyel yüklenmenin işgörenlerin sağlığını etkilediği gözlemlenmektedir. Ayrıca işgörenlerinin sağlığını korumaya yönelik ergonomik bir çalışma yapılmaktadır. Bu ergonomik çalışma kapsamında yükleme bölümündeki işgörelere çalışma duruşlarının iyileştirilebilmesi için elle yapılan yükleme yerine forklift yardımıyla yükleme yapılması önerilmekte ve bu önerilen metodun kullanımı ile işgören sağlığı açısından riskli duruşlar için yaklaşık %10'luk bir iyileştirme sağlandığı vurgulanmaktadır.

Santos ve diğ. (2007), çalışmalarını parça çeşit hacimlerinde büyük değişkenliğe sahip, küçük partiler halinde üretim yapan mobilya imalat sektöründe faaliyet gösteren bir KOBİ'de gerçekleştirmektedirler. Ergonomik analiz öncesinde her bir çalışanın hareketleri MTM-1 görev sınıflandırmasına uygun bir şekilde kodlanarak MTM çalışması gerçekleştirilmektedir. Daha sonra 3 farklı ergonomik analiz (OWAS, Burondt-Schultetus Hand-Arm Forced Analysis, LIFT Analysis) yapılmaktadır. OWAS metodu, yüksek güç gerektiren hareketlerin çalışan sağlığı için tehlikeli olduğunu ispatlamaktadır. Ayrıca OWAS kullanımı, simülasyon esnasında duruşların analiz edilmesini ve etkilerinin görsel olarak sunulmasını sağlamaktadır. Burondt-Schultetus El-Kol Zorlanma Analizi (Burondt-Schultetus

Hand-Arm Forced Analysis), ne ellerin ne de kolların dikkate alınan süreç boyunca zarar görmediğini göstermektedir. Yük analizi (LIFT Analysis) sonucunda ise çalışanların kaldırabilecekleri en fazla yük miktarı belirlenmektedir. Mevcut durumda kaldırma indeksinin %50'yi geçmediği ortaya çıkmaktadır. MTM ve bu 3 ergonomik analiz tekniğinin uygulanması sonucunda yeni bir çalışma metodu geliştirilmiş ve simülasyon modeli oluşturulmaktadır. Önerilen modelin kullanımı, mevcut durum üzerinde çeşitli senaryoları deneme olanağı sağlamasının yanı sıra yeni süreçlerin uygulanmasından önce test edilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmada KOBİ'lerin özdeş parçalar üretmediği ve her bir parçanın çevrim süresinin farklı olduğu belirtilmektedir. KOBİ'lerde ergonomik ve verimlilik problemlerinin tekrarlı üretimin yapıldığı firmalarla benzer olduğu fakat her bir üretim çevriminin farklı olmasından dolayı modelleme sürecinin zahmetli olduğu vurgulanmaktadır.

Literatürde OWAS metodu ile çalışma duruşlarının değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalarda seçilen gözlem süresi ve gözlem aralık değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde hemen hemen her çalışmada farklı bir gözlem süresi ve gözlem aralığı seçilmiş olduğu göze çarpmaktadır. Seçilmiş olan bu sürelerin yapılan analizin sonuçlarına olan etkisini belirlemek amacıyla literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu nedenle, bu tez kapsamında çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığı araştırılmaktadır.

Tablo 5.1: OWAS metodu ile yapılmış çalışmalar

| Çalışmanın Adı | Çalışmanın Konusu | Gözlem Süresi (dk/örnek) | Gözlem Aralığı (sn) |
|---|------------------------------------|--------------------------|---------------------|
| İnşaat endüstrisindeki çalışma duruşlarının analizi ve geliştirilmesi: Bilgisayarlı OWAS metodunun uygulanması Kivi ve Mattila (1991) | İnşaat Sektörü | 90 | 30 |
| İnşaat sektöründe çekiç kullanılarak yapılan görevler için çalışma duruşlarının bilgisayarlı OWAS metodu ile analizi Mattila ve diğ. (1993) | İnşaat Sektörü | 593 örnek | 5/15 |
| El ile yapılan işlerle ilgili verilerin video kaydı ve kişisel bilgisayar teknikleri kullanılarak toplanması ve analizi Engström ve Medbo (1997) | Montaj Hattı (Otomotiv Sektörü) | - | - |
| Gemi bakımında fiziksel yük: İşyeri incelemesi aracılığıyla risk değerlendirme De Joode ve diğ. (1997) | Tamir Bakım İşleri | 90 | 20 |
| OWAS gözlem(lerinin) güvenilirliğinin basit bir metot ile değerlendirilmesi Brujin ve diğ. (1998) | Teorik | 45 örnek | 30 |
| Ergonomik eğitim kurslarının etkisi Engels ve diğ. (1998) | Sağlık Çalışanları (Hemşire) | - | 30 |
| Ev işlerinde yüklenme ve zorlanmanın azaltılması için katılımcı ergonomi Pohjonen ve diğ. (1998) | Ev İşleri | 63 | 30 |
| Video kayıtlarına dayalı olay örnekleme ile duruşsal risklerin belirlenmesi Vedder (1998) | Fiber İplik Üretimi | - | - |
| Alkolsüz içecek dağıtım merkezindeki malzeme taşıma riskleri Wright ve Haslam (1999) | Lojistik Sektörü (Dağıtım merkezi) | 100 örnek | 20 |
| Genç ve yaşlı mavi yakalı çalışanlarda fiziksel iş yükü eşit midir? Louhevaara (1999) | İnşaat İşçiliği | - | - |

Tablo 5.1 (Devam): OWAS metodu ile yapılmış çalışmalar

| Çalışmanın Adı | Çalışmanın Konusu | Gözlem Süresi (dk/örnek) | Gözlem Aralığı (sn) |
|---|---------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Çalışma duruşlarının izlenmesi için işaretleyici kullanılmayan (Marker-less) sistemleri-İki deneyin sonuçları Pinzke ve Kopp (2001) | Teorik (Model Geliştirme) | 138 örnek | 1/0.5 |
| Çalışma duruşlarının ergonomik analizi Akay ve diğ. (2003) | Oto-Servis İstasyonu | 105 | 30 |
| Sağlık hizmetleri çalışanları için tekerlekli sandalyeleri katlama ve açma işlemlerinin ergonomik açıdan değerlendirmesi White ve Kirby (2003) | Sağlık Hizmetleri | - | - |
| Forklift sürücülerinde görülen bel ağrıları için risk faktörü oluşturan vücut titreşimi ve duruşları Hoy ve diğ. (2005) | Kağıt Fabrikası | - | - |
| Büyükbaş hayvancılıkta ahır çalışanlarında oluşan fiziksel zorlanma Perkiö-Mäkelä ve Hentilä (2005) | Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliği | 120 | 10 |
| Askıya alınmış yapı iskelelerinin ergonomik değerlendirmesi Saurin ve diğ. (2006) | İnşaat Sektöründe | 25 | 15 |
| Çalışma esnasında potansiyel yüklenmenin OWAS metodu ile incelenmesi Yücel ve diğ. (2006) | Kiremit Fabrikası | 60 | - |
| Tekrarlanmayan üretim proseslerinde ergonomik yazılım kullanımı: Bir örnek olay Santos ve diğ. (2007) | Mobilya Üretim Sektörü | - | - |

6. GÖZLEM SÜRE VE ARALIKLARININ ANALİZ SONUÇLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ÖRNEK BİR İŞ İLE İNCELENMESİ

Beşinci bölümde (bir önceki bölümde) detaylı olarak incelenen OWAS metodu ile çalışma duruşlarının değerlendirilmesine yönelik literatürde yapılan çalışmalarda seçilen gözlem süresi ve gözlem aralık değerlerinin hemen hemen her çalışmada farklı olduğu göze çarpmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasının amacı, çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığının araştırılması olarak belirlenmiştir. OWAS metodu, iş etütçülerine hizmet etmeye yarayan bir analiz aracı olarak tasarlanmış olup her duruşta oluşan zamanlara dayalı bir iş örnekleme aracıdır (Heinsalmi, 1986). Çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizi boyunca yapılan gözlemler, her bir duruşun aralığını ve sıklığını veren iş örneklemesine dayanmaktadır (Loupajärvi, 1990).

Herhangi bir konu ile ilgili araştırma yapılmak istendiğinde öncelikle veri toplama işi gündeme gelmektedir. Veriler tam sayım veya örnekleme yöntemi ile toplanabilmektedir. Hakkında bilgi edinilmek istenen topluluğu oluşturan bütün birimlerin gözlenmesine tam sayım denilmektedir. Günümüzde bütün alanlarda çok fazla veri bulunmaktadır. Bu nedenle zorunlu olmadıkça tam sayım yöntemine başvurulmamaktadır. Bir diğer veri toplama yöntemi olan örnekleme, bir ana kütle rassal olarak seçilmiş ve daha az sayıda birimden oluşan bir örnekleme inceleyerek ana kütle hakkında genel yargılara varma işlemidir (Aytaç, 1999). Örnekleme sayesinde tamamının gözlenmesi mümkün olmayan sonsuz yığınlar ile zaman ve masraftan tasarruf amacıyla tamamı gözlenemeyen büyük sonlu yığınların istatistik ölçülerinin tahmini yapılabilmekte veya yığınların bu ölçüleri hakkındaki iddiaların geçerliliği araştırılabilmektedir (Öztürkcan, 2002).

Tam sayım yöntemi ana kütle hakkında tam ve kesin bir fikir verse de zor ve pahalı bir yöntem olması nedeniyle bazı durumlarda uygulanması mümkün olmamaktadır.

Bu nedenle daha ucuz, daha kolay ve daha çabuk bilgi edinme gibi yararları sebebi ile örnekleme çok yaygın bir alanda kullanılmaktadır (Aytaç, 1999). Örneklemede en önemli konulardan biri örnek hacminin seçimidir. Örnek hacminin alındığı ana kütle temsil etmesi önde gelen koşuldur. Örneklemede belirsizlik tam olarak ortadan kaldırılamayacağına göre hatalı karar verme olasılığı az da olsa daima mevcuttur. Dolayısı ile örneklemenin temel amacı doğru karar verme olasılığını arttırmaktır (Öztürkcan, 2002). Eğer alınan örnek yeter derecede elamandan oluşuyorsa örneğin karakteristikleri ana kütle karakteristiklerine yaklaşmaktadır. Diğer bir ifade ile örnek hacmi arttıkça örnek karakteristikleri ile ana kütle karakteristikleri arasındaki fark azalmaktadır (Özok, 1973). Fakat her zaman örnek hacmi istenilen büyüklükte alınamamaktadır. Bu nedenle örneklemede daha az örnek içeren fakat ana kütle temsil yeteneği yüksek olan örnek hacimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla tez çalışmasında yapılan analiz kapsamında seçilen işi en iyi temsil edecek gözlem sayısı, farklı gözlem süre (20 dak.–120 dak.) ve gözlem aralık (5 sn–30 sn) kombinasyonları kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılan kabuller aşağıdaki gibidir:

1. OWAS metodu, iş örnekleme prensiplerine göre analiz yapan bir metottur.
2. Örneklemede, örnek hacminin alınabildiği ölçüde büyük seçilmesi ana kütle temsil yeteneğini arttırmakta ve hatalı karar verme olasılığını azaltmaktadır.
3. Gözlemlenen işte işgören her zaman aynı iş akışı ile çalışmaktadır.
4. OWAS metodu ile çalışma duruşlarının değerlendirilmesine yönelik literatürde yapılan çalışmalarda en kısa gözlem süresi 25 dakika gözlem aralığı 5 saniye, en uzun gözlem süresi 120 dakika gözlem aralığı ise 30 saniye olarak seçilmiştir. Bu değerlerden hareketle literatürdeki tüm değerleri kapsamı ve seçilen işi en iyi temsil edecek örnek (gözlem) sayısının belirlenmesi amacıyla bu çalışmada farklı gözlem süre (20–40–60–80–120 dak.) ve gözlem aralık (5–10–15–20–25–30 sn) kombinasyon sonuçları ile bu gözlem aralıklarının rassal kullanım sonuçları değerlendirilmiştir.

6.1 Çalışma Planı

Çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığının araştırılması amacıyla bu çalışmada aşağıdaki çalışma planı takip edilmiştir. Örnek iş olarak kayrak taşı kaplama işi seçilmiştir.

1. İşin video kamera kullanılarak 120 dakika boyunca kaydedilmesi,
2. Kaydedilen işin 5 saniye aralıklarla durdurulması sonucunda film karelerinin elde edilmesi,
3. 5 saniye aralıklarla elde edilen film kareleri kullanılarak farklı gözlem süre (20–40–60–80–120 dak) ve gözlem aralık (5–10–15–20–25–30 sn) kombinasyonları için film kareleri elde edilerek tüm bu kombinasyonlara ait duruşların WinOWAS paket programı ile kodlanarak analiz edilmesi sonucunda risk kategori yüzdelerinin elde edilmesi,
4. Kaydedilen işin 5–10–15–20–25–30 sn gözlem aralıklarının rassal olarak seçilmesiyle elde edilen film karelerine ait duruşların WinOWAS paket programı (Bakınız 6.2) ile kodlanarak analiz edilmesi sonucunda risk kategori yüzdelerinin elde edilmesi,
5. Tüm analiz sonuçlarının istatistiksel olarak seçilen işi ne kadar temsil ettiğini ortaya koyabilmek amacıyla istatistiksel testlerin yapılması,
6. İstatistiksel testler sonucunda elde edilen sonuçların yorumlanması.

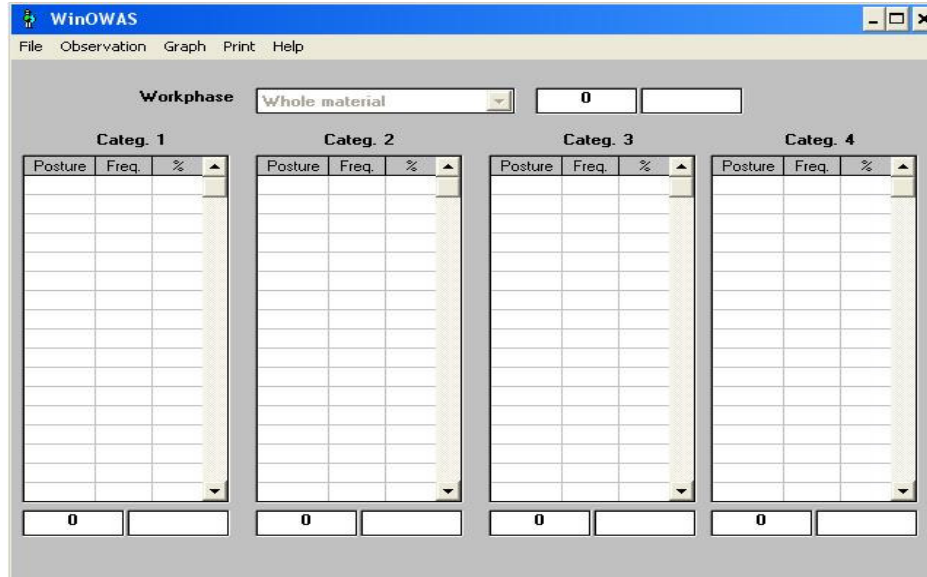
6.2 OWAS Metodu İle Yapılan Analizde Kullanılan Yazılım (WinOWAS)

WinOWAS, OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) analizinde kullanılmak amacıyla “Tampere University of Technology” tarafından 1996 yılında kullanıma sunulmaktadır. WinOWAS programı Microsoft Windows tabanlı işletim sistemlerinde çalışabilmektedir. Programın çalışabilmesi için istenen işletim sistemi gereksinimleri Tablo 6.1’de gösterilmektedir.

Tablo 6.1: WinOWAS Programı İçin İşletim Sistemi Gereksinimleri

| | Windows 3.1x | Windows 95 | Windows NT |
|----------------------------|--------------|------------|---------------|
| İşlemci | 386 | 486 | 486 (Pentium) |
| RAM; Mb | 8 | 16 (8) | 16(24) |
| Hard Disk Alanı; Mb | 1 Mb | 1 Mb | 1 Mb |

WinOWAS programında gözlemlere başlanmadan önce analiz bilgilerinin girilmesi gerekmektedir. Program çalıştırıldığında Şekil 6.1’de gösterilen ana arayüz açılmaktadır.

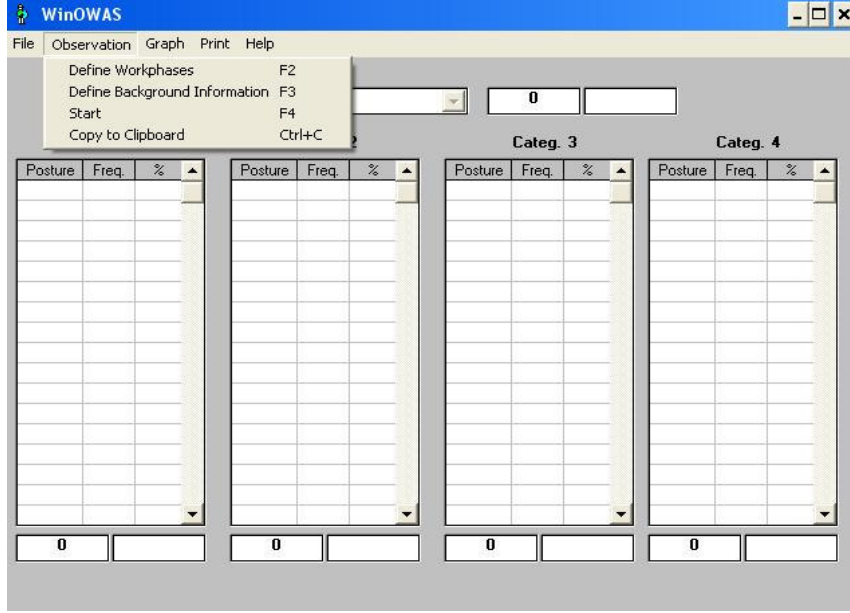


Şekil 6.1: WinOWAS programının ana arayüzü

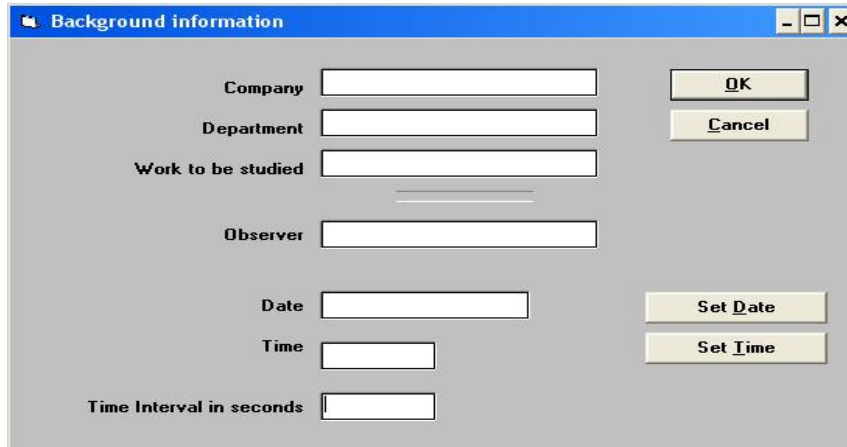
Bu arayüzdeki “Gözlem” (Observation) menüsü altında yer alan “Çalışma Bilgilerinin Tanımlanması” (Define Background Information) sekmesi Şekil 6.2’de gösterildiği gibi tıklandığında gözlemin yapıldığı yer, işin adı, gözlemcinin adı, tarih, zaman ve gözlem aralıklarının (sn) programa girilebileceği Şekil 6.3’te gösterilen arayüz ekrana gelmektedir.

Program gözlenen işin, iş adımlarına bölünmesine olanak tanımaktadır. Analiz istenirse bir bütün halinde istenirse adım adım yapılabilir. WinOWAS programı, işin en fazla 10 iş adımına bölünmesini sağlamaktadır. Her bir iş adımı

Şekil 6.4'te görüldüğü gibi isimlendirilmekte ve 0-9 arasında numaralandırılmaktadır.

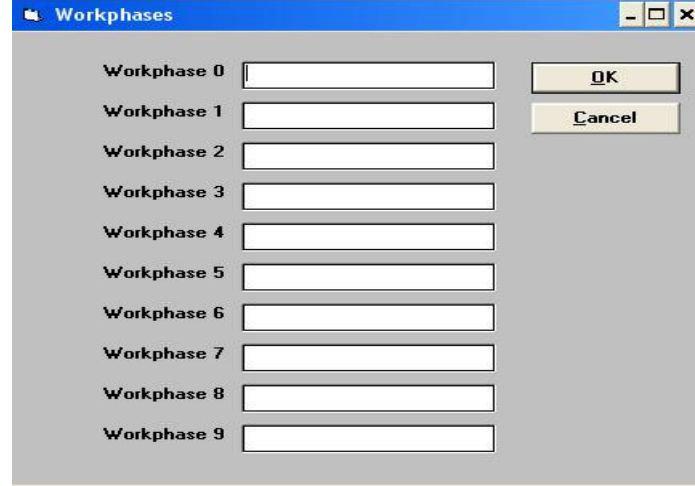


Şekil 6.2: WinOWAS programının gözlem menüsü



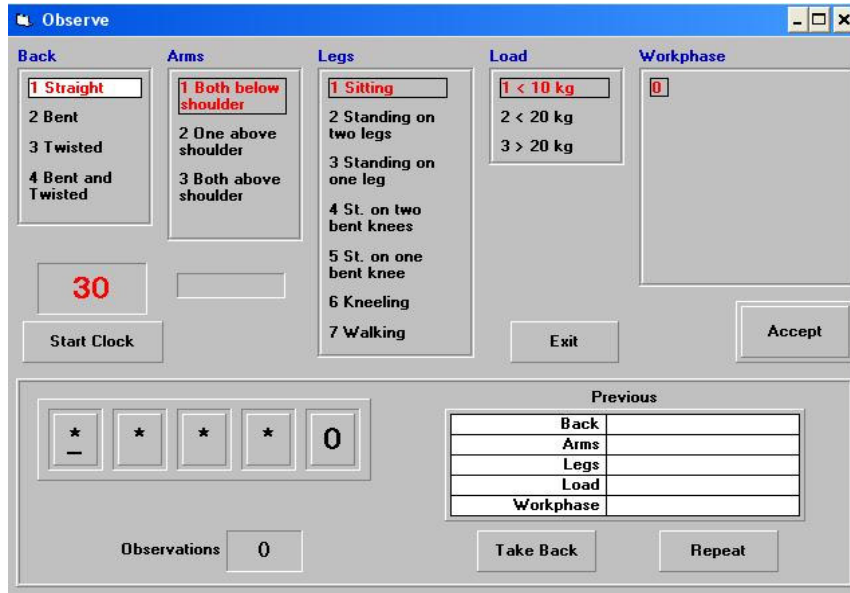
Şekil 6.3: WinOWAS programında çalışma bilgilerinin tanımlanması

Gözlemci, çalışma duruşlarını gözlemlemeye hazır olduğunda gözlem menüsü altında yer alan “Başla” (Start) sekmesi tıklanarak programı çalıştırılmaktadır. Programın çalışmasıyla ekranda Şekil 6.5'te görülen pencere açılmaktadır. Açılan bu pencerede OWAS metoduna göre çalışma duruşlarının kod numaraları, yüklemeleri ve iş adımları görüntülenmektedir.



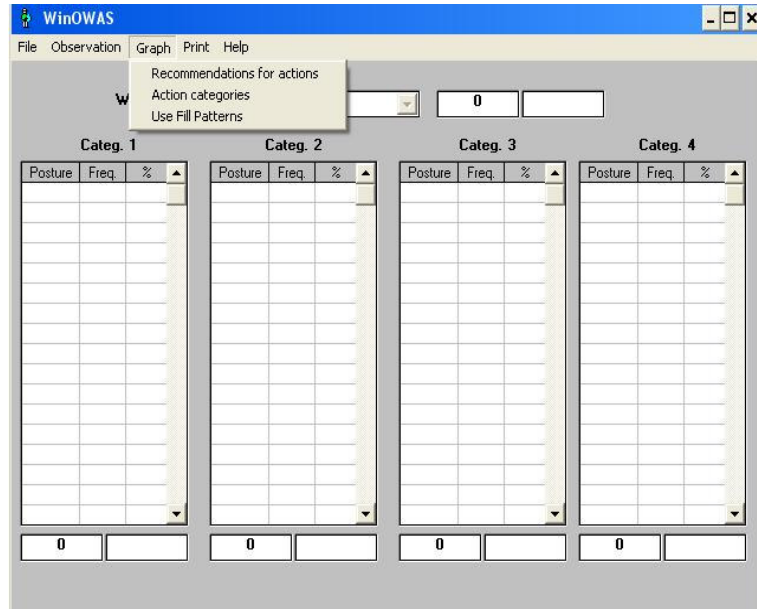
Şekil 6.4: WinOWAS programında iş adımlarının tanımlanması

Gözlemler 5 haneli kodla tanımlanmaktadır (*****). Kodun ilk hanesine arka duruşlarının kodları (1-4), ikinci hanesine kol duruşlarının kodları (1-3), üçüncü hanesine bacak duruşlarının kodları (1-7), dördüncü hanesine maruz kalınan yük kodu (1-3), sonuncu haneye ise iş adımının numarası yazılmaktadır. Mevcut seçimde “Geri Al” (Take Back) tuşu ile yapılan gözlem silinebilmekte veya “Tekrar” (Repeat) tuşu ile en son yapılmış olan gözlem aynen tekrarlanabilmektedir.



Şekil 6.5: WinOWAS programında çalışma duruşlarının kodlanması

Programda ayrıca gözlem adımlarını ölçmekte kullanılan zamanlayıcı yer almaktadır. Eğer programa gözlem aralığı girilmişse program gözlemciyi sesli sinyal vererek uyarmaktadır. Gözlemler “Saati Başlat”(Start Clock) tuşuna basılarak başlatılabilmektedir. Gözlenen çalışma duruşu için uygun kodlar fare veya sayısal tuşlar kullanılarak girilebilmektedir. Tüm gözlemler girildiğinde “Çıkış” (Exit) tuşuna basıldığında ekrana analiz sonuçlarının yer aldığı ana kullanıcı arayüzü gelmektedir. Analizin sonuçları “Dosya” (File) menüsü altında yer alan “Kaydet” (Save) sekmesi ile kaydedilebilmektedir. Ana ekranda her bir çalışma duruş kodunun üzerine tıklanarak kodun detaylı açıklaması görülebilmektedir.

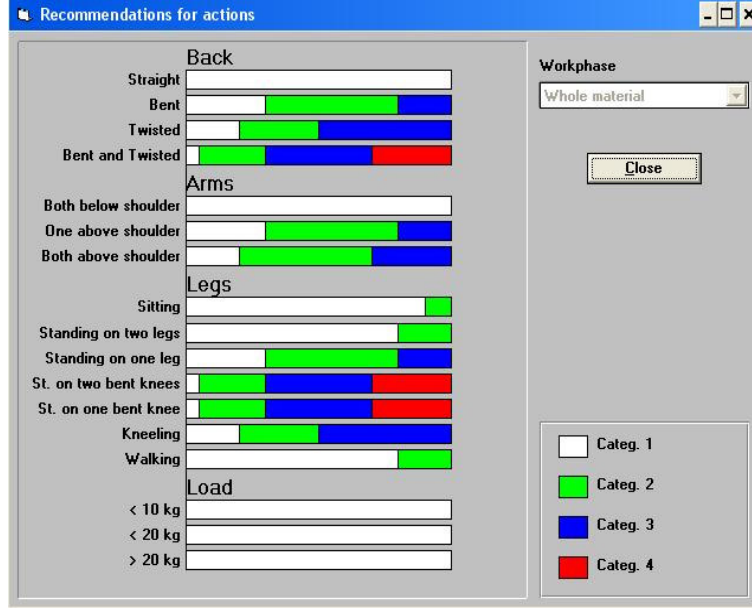


Şekil 6.6: WinOWAS programının grafik menüsü

Şekil 6.6'daki “Grafik” (Graph) menüsü altında yer alan “Riskler İçin Tavsiyeler” (Recommendations for Actions) sekmesi aracılığıyla tüm risk kategorileri şekilsel olarak görüntülenebilmektedir. Gözlemler bir bütün halinde veya iş adımları ayrı ayrı analiz edilebilmektedir. Şekil 6.7'de verilen şekillerdeki bar uzunlukları risk kategorilerini göstermektedir.

Grafik menüsünden “Risk Kategorileri” (Action Categories) sekmesi seçilerek her bir kategorinin miktarları ve yüzdeleri görülebilmektedir. Program, sadece 3. ve 4.

kategorilerin(acil ergonomik iyileştirme gerektiren duruşlar) görüntülenmesine de olanak tanımaktadır.



Şekil 6.7: WinOWAS programında risk kategorilerinin gösterimi

6.3 Seçilen Örnek İşteki Çalışma Duruşlarının Analizi

Çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde gözlem süre ve aralıklarının analiz sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir etkisinin olup olmadığının araştırılması amacıyla bu çalışmada örnek iş olarak kayrak taşı kaplama işi seçilmiştir. Bu işte işgören, ilk olarak Şekil 6.8’de görüldüğü gibi taş kaplama için gerekli olan harcı hazırlamaktadır. Daha sonra yerde bulunan kayrak taşı almakta ve harçla kaplamaktadır (Şekil 6.9). Son olarak ise bu taşı duvara yapıştırmakta ve gerekli düzeltmeleri yapmaktadır (Şekil 6.10). Duvara kayrak taşı kaplayan ustanın çalışması video kamera kullanılarak 120 dakika boyunca kaydedilmiştir. Kaydedilen iş 5 saniye aralıklarla durdurularak film kareleri elde edilmiştir. Seçilen işi en iyi temsil edecek örnek (gözlem) sayısının belirlenmesi amacıyla bu çalışmada farklı gözlem süre (20–40–60–80–120 dak.) ve gözlem aralık (5–10–15–20–25–30 sn) kombinasyonları ile bu gözlem aralıklarının rassal kullanımı ele alınmıştır. Bu kombinasyonların kullanılması durumunda elde edilen örnek (gözlem) sayıları Tablo 6.2’de verilmektedir.



Şekil 6.8: Kayrak taşı kaplama işinde harç hazırlama



Şekil 6.9: Kayrak taşı kaplama işinde taşın harçla kaplanması



Şekil 6.10: Kayrak taşı kaplama işinde taşın duvara yapıştırılması

Tablo 6.2: Seçilen gözlem süresi ve gözlem aralığına göre alınan örnek sayısı

| Gözlem Aralığı | Gözlem Süresi | | | | | |
|----------------|---------------|---------|---------|--------|----------|----------|
| | 20 dak | 40 dak. | 60 dak. | 80 dak | 100 dak. | 120 dak. |
| 5 sn | 240 | 480 | 720 | 960 | 1200 | 1440 |
| 10 sn | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 |
| 15 sn | 80 | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 |
| 20 sn | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
| 25 sn | 48 | 96 | 144 | 192 | 240 | 288 |
| 30 sn | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 |

Örneklemede, örnek hacminin alınabildiği ölçüde büyük seçilmesi ana kütleyi temsil yeteneğini arttırmakta ve hatalı karar verme olasılığını azaltmaktadır varsayımından hareketle bu çalışmada 120 dakika gözlem süresi boyunca 5 saniye aralıklarla örnek (gözlem) almanın kayrak taşı kaplama işini en iyi temsil ettiği kabul edilmektedir. Bu durumda duruşların risk kategorilerine göre dağılımı Şekil 6.11’de gösterilmektedir.

| Categ. 1 | | | Categ. 2 | | | Categ. 3 | | | Categ. 4 | | |
|------------|-------------|---|------------|-------------|----|------------|-------------|----|------------|-------------|---|
| Posture | Freq. | % | Posture | Freq. | % | Posture | Freq. | % | Posture | Freq. | % |
| 1121 | 108 | 8 | 2131 | 205 | 14 | 2141 | 186 | 13 | 4141 | 85 | 6 |
| 1131 | 107 | 7 | 4131 | 128 | 9 | 2151 | 77 | 5 | 4151 | 40 | 3 |
| 3131 | 47 | 3 | 2121 | 95 | 7 | 4231 | 41 | 3 | 4161 | 6 | 0 |
| 1171 | 42 | 3 | 4121 | 20 | 1 | 3141 | 7 | 0 | 4251 | 6 | 0 |
| 1221 | 33 | 2 | 2161 | 17 | 1 | 3261 | 4 | 0 | 4241 | 2 | 0 |
| 1231 | 25 | 2 | 1141 | 15 | 1 | | | | 2351 | 1 | 0 |
| 3231 | 23 | 2 | 2231 | 8 | 1 | | | | 3151 | 1 | 0 |
| 3121 | 21 | 1 | 1151 | 6 | 0 | | | | | | |
| 1321 | 20 | 1 | 3331 | 6 | 0 | | | | | | |
| 1161 | 16 | 1 | 1241 | 4 | 0 | | | | | | |
| 1331 | 13 | 1 | 2221 | 4 | 0 | | | | | | |
| 3221 | 9 | 1 | 1351 | 1 | 0 | | | | | | |
| 3161 | 8 | 1 | | | | | | | | | |
| 1261 | 1 | 0 | | | | | | | | | |
| 1311 | 1 | 0 | | | | | | | | | |
| 3321 | 1 | 0 | | | | | | | | | |
| 475 | 33 % | | 509 | 35 % | | 315 | 22 % | | 141 | 10 % | |

Click code with mouse to get explanation

Şekil 6.11: 5 sn gözlem aralığı ve 120 dakika gözlem süresi kullanılması durumunda duruşların risk kategorilerine göre dağılımı

Tablo 6.3: Seçilen gözlem süresi ve gözlem aralığına göre 3. ve 4. risk kategorilerine giren çalışma duruşu yüzdeleri

| Gözlem Aralığı | Gözlem Süresi | 20 dak. | | | 40 dak. | | | 60 dak. | | | 80 dak. | | | 100 dak. | | | 120 dak. | | |
|----------------|---------------------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|
| | | 4.RK | 3.RK | Top. | 4.RK | 3.RK | Top. | 4.RK | 3.RK | Top. | 4.RK | 3.RK | Top. | 4.RK | 3.RK | Top. | 4.RK | 3.RK | Top. |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 16 | 27 | 43 | 16 | 28 | 44 | 13 | 25 | 38 | 11 | 23 | 34 | 10 | 22 | 32 | 10 | 22 | 32 |
| | Gözlem Sayısı | 240 | 480 | 720 | 480 | 960 | 1440 | 720 | 1200 | 1440 | 480 | 960 | 1440 | 480 | 960 | 1440 | 480 | 960 | 1440 |
| 10 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 14 | 29 | 43 | 15 | 28 | 43 | 16 | 29 | 45 | 14 | 27 | 41 | 12 | 26 | 38 | 11 | 24 | 35 |
| | Gözlem Sayısı | 120 | 240 | 360 | 240 | 480 | 720 | 360 | 720 | 1080 | 480 | 960 | 1440 | 480 | 960 | 1440 | 480 | 960 | 1440 |
| 15 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 16 | 27 | 43 | 14 | 31 | 45 | 13 | 30 | 43 | 15 | 30 | 45 | 13 | 28 | 38 | 12 | 26 | 38 |
| | Gözlem Sayısı | 80 | 160 | 240 | 160 | 320 | 480 | 240 | 480 | 720 | 320 | 640 | 960 | 480 | 960 | 1440 | 320 | 640 | 960 |
| 20 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 15 | 27 | 42 | 13 | 33 | 46 | 13 | 31 | 44 | 13 | 30 | 43 | 14 | 30 | 44 | 13 | 28 | 41 |
| | Gözlem Sayısı | 60 | 120 | 180 | 120 | 240 | 360 | 180 | 360 | 540 | 240 | 480 | 720 | 300 | 600 | 900 | 360 | 720 | 1080 |
| 25 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 15 | 27 | 42 | 11 | 31 | 42 | 11 | 30 | 41 | 12 | 32 | 43 | 13 | 31 | 44 | 13 | 31 | 44 |
| | Gözlem Sayısı | 48 | 96 | 144 | 96 | 192 | 288 | 144 | 288 | 432 | 192 | 384 | 576 | 240 | 480 | 720 | 288 | 576 | 864 |
| 30 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 15 | 35 | 50 | 14 | 39 | 53 | 13 | 38 | 51 | 14 | 36 | 50 | 12 | 33 | 46 | 13 | 33 | 46 |
| | Gözlem Sayısı | 40 | 80 | 120 | 80 | 160 | 240 | 120 | 240 | 360 | 160 | 320 | 480 | 200 | 400 | 600 | 240 | 480 | 720 |

Tüm gözlem süre ve gözlem aralık kombinasyonların WinOWAS paket programı ile kodlanarak analiz edilmesi sonucunda 3. ve 4. risk kategorilerine giren çalışma duruş yüzdeleri Tablo 6.3'te, 5–10–15–20–25–30 sn rassal gözlem aralığı kullanılması durumunda gözlem sayılarına göre 3. ve 4. risk kategorilerine giren çalışma duruş yüzdeleri ise Tablo 6.4'te gösterilmektedir. 5–10–15–20–25–30 sn gözlem aralıklarının rassal olarak kullanıldığı çalışmada elde edilen sonuçların farklı gözlem süre ve gözlem aralık kombinasyonlarının kullanımı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilmesi amacıyla aynı gözlem sayıları kullanılarak analiz yapılmıştır.

Tablo 6.4: Rassal gözlem aralığı kullanılması durumunda gözlem sayılarına göre 3. ve 4. risk kategorilerine giren çalışma duruşu yüzdeleri

| Gözlem Sayısı/ Gözlem Süresi (dakika) | | Duruş Yüzdeleri (%) | | | Gözlem Sayısı/ Gözlem Süresi (dakika) | | Duruş Yüzdeleri (%) | | |
|---|----|---------------------|------|------|---|-----|---------------------|------|------|
| | | Top. | 3.RK | 4.RK | | | Top. | 3.RK | 4.RK |
| 40 | 12 | 43 | 25 | 18 | 288 | 86 | 34 | 25 | 9 |
| 48 | 15 | 44 | 29 | 15 | 300 | 89 | 34 | 25 | 9 |
| 60 | 18 | 40 | 27 | 15 | 320 | 95 | 35 | 26 | 9 |
| 80 | 25 | 45 | 30 | 15 | 360 | 106 | 34 | 24 | 10 |
| 96 | 29 | 47 | 29 | 18 | 400 | 117 | 34 | 24 | 10 |
| 120 | 36 | 48 | 33 | 15 | 480 | 140 | 34 | 23 | 11 |
| 144 | 43 | 49 | 34 | 15 | 600 | 175 | 36 | 24 | 12 |
| 160 | 47 | 46 | 33 | 13 | 720 | 211 | 33 | 23 | 10 |
| 180 | 55 | 43 | 31 | 12 | 960 | 282 | 34 | 23 | 11 |
| 192 | 58 | 40 | 29 | 11 | 1200 | 349 | 32 | 22 | 10 |
| 200 | 60 | 43 | 31 | 12 | 1440 | 421 | 32 | 22 | 10 |
| 240 | 73 | 39 | 28 | 11 | | | | | |

6.4 İstatistiksel Analiz

Bu çalışma kapsamında yapılan istatistiksel analizin amacı seçilen örnek işteki çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizi sonucunda elde edilen tüm değerlerin istatistiksel olarak, seçilen işi ne kadar temsil ettiğinin belirlenmesi ve tüm

kombinasyonlar arasından (daha az örnek olarak), işi 1440 örnek (Bu çalışmada 120 dakika gözlem süresi boyunca 5 saniye aralıklarla 1440 örnek (gözlem) alınan kayrak taşı kaplama işini en iyi temsil ettiği kabul edilmektedir.) alma durumundakine yakın temsil eden gözlem sayısına ulaşmaktır. Bu nedenle gözlem süre (20–40–60–80–120 dakika) ve gözlem aralık (5–10–15–20–25–30 sn) kombinasyonları ile bu gözlem aralıklarının rassal kullanımı ile elde edilen çalışma duruş yüzdeleri, 1440 örnek (gözlem) alınması durumunda elde edilen çalışma duruş yüzdeleri ile ikili olarak karşılaştırılmıştır. İkili karşılaştırmalar için ele alınan tüm örnekler büyük olup n_1p_1 , $n_1(1-p_1)$, n_2p_2 , $n_2(1-p_2)$ değerlerinin [n =gözlem sayısı, p = elde edilen çalışma duruşu yüzdesi] hepsi teker teker en az 5 şartını sağladığından p_1-p_2 'nin her birisi ve bunların farkları p_1-p_2 yaklaşık olarak normal dağılıma uymaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında 5–10–15–20–25–30 sn gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımı ve farklı gözlem süre ve gözlem aralık kombinasyonlarının kullanımı ile elde edilen çalışma duruş yüzdeleri arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olup olmadığının belirlenebilmesi amacıyla “İki Yığın Arasındaki Farkla İlgili Büyük Örneklerde Tümevarım” yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntem ile ilgili detaylı bilgi bölüm 6.4.1’de, seçilen örnek işteki çalışma duruşlarının analizinde elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirmesi ise bölüm 6.4.2’de sunulmaktadır.

6.4.1 İki yığın arasındaki farkla ilgili büyük örneklerde tümevarım

Zaman zaman bir yığındaki başarı oranı ile başka bir yığındaki başarı oranı karşılaştırılmak istenmektedir. Yığındaki bireylerin belli bir özelliğe ait oranlarını (başarı) veren gerçek oranı gösteren sembol olarak π kullanılmaktadır. π değeri ile ilgili tümevarımlar başarının örnek oranı olan p ye dayanmaktadır. Başarı oranına göre iki yığın karşılaştırıldığında, iki yığın oranı arasındaki fark olan $\pi_1 - \pi_2$ değeri göz önüne alınmaktadır. π_1 'in tahmini olarak p_1 ve π_2 'nin tahmini olarak p_2 alındığından $\pi_1 - \pi_2$ 'nin tahmini için de p_1-p_2 alınmaktadır. p_1-p_2 örnekleme dağılımının özellikleri şunlardır:

- $\mu_{p_1-p_2} = \pi_1 - \pi_2$ (6.1)

Burada p_1-p_2 'nin örnekleme dağılımının $\pi_1 - \pi_2$ 'de merkezleştiği ve böylece $\pi_1 - \pi_2$ 'yi tahmin için p_1-p_2 'nin bir yansız istatistik olduğu anlaşılmaktadır.

$$\bullet \quad \sigma^2_{p_1 - p_2} = \sigma^2_{p_1} + \sigma^2_{p_2} = \frac{\pi_1(1-\pi_1)}{n_1} + \frac{\pi_2(1-\pi_2)}{n_2} \quad (6.2)$$

$$\bullet \quad \sigma_{p_1 - p_2} = \sqrt{\frac{\pi_1(1-\pi_1)}{n_1} + \frac{\pi_2(1-\pi_2)}{n_2}} \quad (6.3)$$

- n_1 ve n_2 'nin her ikisi de büyük ise [$n_1\pi_1 \geq 5$, $n_1(1-\pi_1) \geq 5$, $n_2\pi_2 \geq 5$ ve $n_2(1-\pi_2) \geq 5$ ise] p_1-p_2 'nin her birisi yaklaşık olarak normal dağılıma sahiptir. Böylece bunların farkları p_1-p_2 'de yaklaşık olarak normal bir örnekleme dağılımına sahiptir.

Yukarıdaki özelliklere göre, örnekler bağımsız olarak seçildiğinde ve iki örnek çapı da büyük olduğunda, standartlaşmış değişkenin dağılımı,

$$z = \frac{p_1 - p_2 - (\pi_1 - \pi_2)}{\sqrt{\frac{\pi_1(1-\pi_1)}{n_1} + \frac{\pi_2(1-\pi_2)}{n_2}}} \quad (6.4)$$

olacak şekilde yaklaşık standart normal z eğrisi olarak tanımlanmaktadır.

π_1 ve π_2 arasındaki karşılaştırmada, örnekler büyük ve bağımsız olarak seçilmiş şekilde kabul edilmektedir. Bu konudaki en genel boş hipotez aşağıdaki gibidir:

$$H_0: \pi_1 - \pi_2 = \text{hipotez değeri} \quad (6.5)$$

Her ne kadar hipotez değerinin sıfırdan farklı olduğu durumlarda test istatistiği $H_0: \pi_1 - \pi_2 = 0$ test edilmesinden farklı olacağına da bu çalışmada test istatistiği hipotez değeri sıfır olacak şekilde alınacaktır.

Test yaparken ana ilke, Tip I hata olasılığı olan α 'yı kontrol edecek bir yöntem kullanmaktır. Bunu için de H_0 doğru olduğunda bilinen örnekleme dağılımıyla test istatistiği kullanmayı gerektirmektedir. Bir başka deyişle test istatistiği $\pi_1 = \pi_2$ varsayımı altında (boş hipotezde belirtilen $\pi_1 - \pi_2 = 0$ olduğu gibi) geliştirilmelidir. Bu durumda π iki yığının ortak değerini gösterecek şekilde kullanılabilir. p_1-p_2 standartlaştırılarak elde edilen z değişkeni bu durumda,

$$z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n_1} + \frac{\pi(1-\pi)}{n_2}}} = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\pi(1-\pi)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (6.6)$$

olarak basitleşir. Ancak π değeri bilinemediği için payda hesaplanamayacağından bu değişken test istatistiği olarak işe yaramaz. Test istatistiği önce örnek verilerden π 'nin tahmin edilmesi ve bu tahmin değerinin z'nin paydasının yerine koyarak elde edilebilir. $\pi_1 - \pi_2$ olduğunda, p_1 veya p_2 'den her biri ayrı ayrı ortak oran π için bir tahmin değeri vermektedir. Buna göre iyi bir tahmin her iki oranın tartılı ortalamasını hesaplayarak elde edilmektedir. Buna göre örnek çapı daha büyük olan örnek oranına daha fazla ağırlık verilebilir.

Yığın (ana kütle) ortak oranının bileşik tahmini,

$$p_c = \left(\frac{n_1}{n_1 + n_2}\right)p_1 + \left(\frac{n_2}{n_1 + n_2}\right)p_2 \quad (6.7)$$

olarak yazılabilmektedir.

$H_0: \pi_1 - \pi_2 = 0$ hipotez testi için test istatistiği, standartlaşmış z değişkeninde π yerine p_c alınarak yapılmaktadır. Bu z istatistiği H_0 doğru olduğunda yaklaşık bir standart normal dağılıma sahiptir, böylece test için ret bölgesi istenilen bir α önem düzeyine göre uygun z kritik değeri kullanılarak bulunmektedir. $\pi_1 - \pi_2$ için büyük örnek z testi özeti Tablo 6.5'te verilmektedir. Bu test, örneklerin büyük olmasını gerektirmekte olup $n_1 p_1$, $n_1(1-p_1)$, $n_2 p_2$, $n_2(1-p_2)$ değerlerinin hepsinin teker teker en az 5 olduğu zaman geçerli olmaktadır (Öztürkcan, 2002).

Tablo 6.5: $\pi_1 - \pi_2$ için büyük örnek z testi özeti (Öztürkcan, 2002)

| | |
|-----------------------------|---|
| Boş Hipotez | $H_0: \pi_1 - \pi_2 = 0$ |
| Test İstatistiği | $z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p_c(1-p_c)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$ |
| Alternatif Hipotez | Ret Bölgesi |
| $H_a: \pi_1 - \pi_2 > 0$ | $z > z$ kritik değeri ise H_0 ret (sağ kuyruk testi) |
| $H_a: \pi_1 - \pi_2 < 0$ | $-z < -z$ kritik değeri ise H_0 ret (sol kuyruk testi) |
| $H_a: \pi_1 - \pi_2 \neq 0$ | $z > z$ kritik değeri veya $-z < -z$ kritik değeri ise H_0 ret |

6.4.2 Seçilen örnek işteki çalışma duruşlarının analizinde elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi

OWAS metodu, iş örnekleme prensiplerine göre analiz yapan bir metottur. Dolayısıyla istatistiksel analizlere geçmeden önce iş örnekleme hakkında bilgi verilmesi gerekmektedir. İş örnekleme, sınırlı ya da sınırsız eleman içeren bir ana kütlede (yığın) karakteri ana kütlede karakterine mümkün olduğu kadar yakın olan belli sayıda elemanın alınmasıdır. Eğer alınan örnek yeter derecede elemandan oluşuyorsa örneğin karakteristikleri ana kütlede karakteristiklerine yaklaşmaktadır. Diğer bir ifade ile örnek hacmi arttıkça örnek karakteristikleri ile ana kütle karakteristikleri arasındaki fark azalmaktadır (Özok, 1973). İş örneklemeinde alınması gereken örnek (gözlem) sayısı 6.8’de verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$n = z^2 \frac{p(1-p)}{(h_p)^2} \quad (6.8)$$

n: Gözlem sayısı

p: Göz önüne alınan iş elemanının oranı

h_p : İstenen hata oranı ($0,01 \leq h_p \leq 0,05$)

z: Güven düzeyi için kritik değerler

Güven düzeyinin saptanması için normal dağılım eğrisinden yararlanılmaktadır. Normal dağılım eğrisi yardımıyla istenilen güven düzeyine ait kritik değer (z) tespit

edilmektedir. Formülün uygulanabilmesi için öncelikle p değerinin tespit edilmesi yani bir miktar gözlem yapılmış olması gerekmektedir. Bu oran daha önce yapılmış çalışmalardan alınabilmektedir. Bu ilk gözlemler sırasında elde edilen iş elemanı oranı formülde yerine yerleştirilerek alınması gereken örnek (gözlem) sayısı bulunmaktadır. Bulunan örnek (gözlem) sayısına ulaşıncaya kadar gözlem yapmaya devam edilmektedir. h_p hata payını dolayısıyla hassasiyeti göstermektedir. Dolayısıyla istenen güven düzeyi (Tablo 6.6) ve istenen hassasiyet (daha az hata aralığı) arttıkça yapılması gereken gözlem sayısı da artacaktır (Tanyaş, 1995).

Tablo 6.6: Güven düzeyleri için $Z_{kritisik}$ değerleri

| | |
|--|----------------------|
| %90 Güven Düzeyinde (α önem düzeyi=0,10) | $Z_{kritisik}=1,645$ |
| %95 Güven Düzeyinde (α önem düzeyi =0,05) | $Z_{kritisik}=1,960$ |
| %99 Güven Düzeyinde (α önem düzeyi =0,01) | $Z_{kritisik}=2,576$ |

OWAS metodu, iş örnekleme prensiplerine göre analiz yapan bir metot olması nedeniyle iş örneklemeinde alınması gereken gözlem sayısı OWAS metodunda da kullanılabilir. Çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde alınan örneklerin (gözlem) seçilen işi temsil etmesi için alınması gereken en düşük gözlem sayısı Formül 6.8'den hesaplanabilmektedir. Alınması gereken en düşük gözlem sayısı bulunmak istendiği için en düşük güvenilirlik düzeyi (%90) ve en yüksek hata oranı (%5) dikkate alınmaktadır. Ayrıca iş elemanı oranının ön tahmininde bu çalışma kapsamında dikkate alınan en küçük gözlem sayısı olan 40 gözleme ait olan çalışma duruşu yüzdesi ($p=0,50$ Bakınız Tablo 6.9) kullanılmaktadır.

$$n = (1,645)^2 \frac{0,50(1 - 0,50)}{(0,05)^2} = 271 \quad (6.9)$$

Elde edilen sonuca göre yapılan analizde alınan örneklerin (gözlem) seçilen işi temsil etmesi için alınması gereken en düşük gözlem sayısı (kritik gözlem sayısı) 271'dir. Bu nedenle 271 gözlemden daha düşük gözlem sayısına sahip gözlem süre ve aralık

kombinasyonları istatistiksel olarak incelemeye alınmamıştır. İncelemeye alınmayan bu gözlem sayıları Tablo 6.7’den de görülebileceği gibi gözlem süresi-gözlem aralığı matrisine ait köşegenin altında kalan değerlerdir.

Tablo 6.7: Gözlem süresi ve gözlem aralıklarına göre incelenen gözlem sayıları

| Gözlem Aralığı | Gözlem Süresi | | | | | |
|----------------|---------------|---------|---------|--------|----------|----------|
| | 20 dak | 40 dak. | 60 dak. | 80 dak | 100 dak. | 120 dak. |
| 5 sn | 240 | 480 | 720 | 960 | 1200 | 1440 |
| 10 sn | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 |
| 15 sn | 80 | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 |
| 20 sn | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
| 25 sn | 48 | 96 | 144 | 192 | 240 | 288 |
| 30 sn | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 |

Kayrak taşı kaplama işindeki çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizi sonucunda elde edilen değerlerin (271’den daha fazla gözlem içeren gözlem süresi gözlem aralığı kombinasyonlarına ait toplam çalışma duruşu yüzdelerinin Tablo 6.8 ve Tablo 6.9) seçilen işi istatistiksel olarak ne kadar temsil ettiğini ortaya koyabilmek amacıyla hipotez testleri yapılmıştır.

Tablo 6.8: Rassal gözlem aralığı kullanılması durumunda istatistiksel olarak incelenmesi gereken gözlem sayılarına ait çalışma duruşu yüzdeleri

| Gözlem Sayısı | Duruş Yüzdeleri (%) | | | Gözlem Sayısı | Duruş Yüzdeleri (%) | | |
|---------------|---------------------|------|------|---------------|---------------------|------|------|
| | Toplam | 3.RK | 4.RK | | Toplam | 3.RK | 4.RK |
| 288 | 34 | 25 | 9 | 600 | 36 | 24 | 12 |
| 300 | 34 | 25 | 9 | 720 | 33 | 23 | 10 |
| 320 | 35 | 26 | 9 | 960 | 34 | 23 | 11 |
| 360 | 34 | 24 | 10 | 1200 | 32 | 22 | 10 |
| 400 | 34 | 24 | 10 | 1440 | 32 | 22 | 10 |
| 480 | 34 | 23 | 11 | | | | |

Tablo 6.9: Gözlem süresi ve gözlem aralığı kombinasyonlarından istatistiksel olarak incelenmesi gereken gözlem sayılarına ait çalışma duruşu yüzdeleri

| Gözlem Aralığı | Gözlem Süresi | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|------|
| | 20 dak. | | | 40 dak. | | | 60 dak. | | | 80 dak. | | | 100 dak. | | | 120 dak. | | | |
| | Top. | 3.RK | 4.RK | Top. | 3.RK | 4.RK | Top. | 3.RK | 4.RK | Top. | 3.RK | 4.RK | Top. | 3.RK | 4.RK | Top. | 3.RK | 4.RK | |
| 5 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 16 | 27 | 43 | 16 | 28 | 44 | 16 | 28 | 44 | 13 | 25 | 38 | 11 | 23 | 34 | 10 | 22 | 32 |
| | Gözlem Sayısı | 240 | 240 | 240 | 480 | 480 | 720 | 720 | 960 | 960 | 1200 | 1200 | 1440 | 1440 | 1440 | 1440 | 1440 | 1440 | 1440 |
| 10 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 14 | 29 | 43 | 15 | 28 | 43 | 16 | 29 | 45 | 13 | 29 | 45 | 14 | 27 | 41 | 12 | 24 | 35 |
| | Gözlem Sayısı | 120 | 120 | 120 | 240 | 240 | 360 | 360 | 480 | 480 | 600 | 600 | 720 | 720 | 840 | 840 | 960 | 960 | 1080 |
| 15 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 16 | 27 | 43 | 14 | 31 | 45 | 13 | 30 | 43 | 13 | 30 | 43 | 15 | 30 | 45 | 13 | 26 | 38 |
| | Gözlem Sayısı | 80 | 80 | 80 | 160 | 160 | 240 | 240 | 320 | 320 | 400 | 400 | 480 | 480 | 560 | 560 | 640 | 640 | 720 |
| 20 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 15 | 27 | 42 | 13 | 33 | 46 | 13 | 31 | 44 | 13 | 31 | 44 | 13 | 30 | 44 | 14 | 28 | 41 |
| | Gözlem Sayısı | 60 | 60 | 60 | 120 | 120 | 180 | 180 | 240 | 240 | 300 | 300 | 360 | 360 | 420 | 420 | 480 | 480 | 540 |
| 25 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 15 | 27 | 42 | 11 | 31 | 42 | 11 | 30 | 41 | 11 | 30 | 41 | 12 | 32 | 43 | 13 | 31 | 44 |
| | Gözlem Sayısı | 48 | 48 | 48 | 96 | 96 | 144 | 144 | 192 | 192 | 240 | 240 | 288 | 288 | 336 | 336 | 384 | 384 | 432 |
| 30 sn | Duruş Yüzdeleri (%) | 15 | 35 | 50 | 14 | 39 | 53 | 13 | 38 | 51 | 13 | 38 | 51 | 14 | 36 | 50 | 12 | 33 | 46 |
| | Gözlem Sayısı | 40 | 40 | 40 | 80 | 80 | 120 | 120 | 160 | 160 | 200 | 200 | 240 | 240 | 280 | 280 | 320 | 320 | 360 |

Daha önce de nedenleriyle birlikte belirtildiği gibi bu çalışmada, 120 dakika gözlem süresi boyunca 5 saniye aralıklarla 1440 örnek (gözlem) almanın, kayrak taşı kaplama işini en iyi temsil ettiği kabul edilmektedir. Bu nedenle kritik gözlem sayısından daha fazla gözleme sahip gözlem süre ve gözlem aralık kombinasyonları ile bu gözlem aralıklarının (5–10–15–20–25–30 sn) rassal kullanımı ile elde edilen toplam çalışma duruş yüzdelerinin her biri 1440 örnek (gözlem) alınması durumunda elde edilen toplam çalışma duruş yüzdesi ile ikili olarak karşılaştırılmıştır.

100 dakika gözlem süresi boyunca 5 saniye gözlem aralıkları kullanılarak elde edilen (1200 gözlem) çalışma duruşu yüzdesi ile kayrak taşı kaplama işini en iyi temsil eden 1440 gözlem sonucunda elde edilen çalışma duruşu arasında anlamlı bir fark olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kurulan çift kuyruk testindeki boş ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0: \pi_1 - \pi_2 = 0$ (Alınan iki örnek arasında fark yoktur.)

$H_a: \pi_1 - \pi_2 \neq 0$ (Alınan iki örnek arasında fark vardır.)

Test istatistiği $z > z_{\text{kritik}}$ veya $-z < -z_{\text{kritik}}$ değeri ise H_0 hipotezi reddedilmektedir. Aksi durumlarda H_0 hipotezi reddedilemez. H_0 hipotezinin reddedilmesi 1200 gözlem alma ve 1440 gözlem alma arasında işi temsil etme açısından fark olduğunu H_0 hipotezinin reddedilmemesi ise fark olmadığını göstermektedir.

Ana kütlelerin ortak oranı;

$$p_c = \left(\frac{n_1}{n_1 + n_2} \right) p_1 + \left(\frac{n_2}{n_1 + n_2} \right) p_2 = \left(\frac{1200}{2640} \right) 0,32 + \left(\frac{1440}{2640} \right) 0,32 = 0,32 \quad (6.10)$$

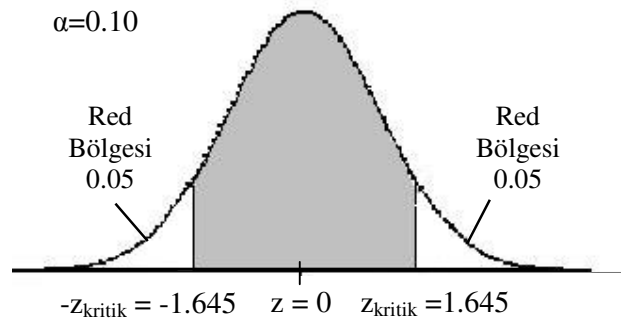
$$\text{Test istatistiği } z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p_c(1-p_c) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = \frac{0,32 - 0,32}{\sqrt{0,32 - 0,68 \left(\frac{1}{1200} + \frac{1}{1440} \right)}} = 0 \quad (6.11)$$

Elde edilen test istatistiği %1, %5 ve %10 önem düzeylerine ait kritik z değeri ile karşılaştırılmaktadır.

$\alpha = 0,10$ önem düzeyinde $z_{\text{kritik}} = 1,645$

Test istatistiğine ait $z=0$

$0 < 1,645$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilemez. %10 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisinden de (Şekil 6.13) görüldüğü gibi $z=0$ değeri red bölgesi içinde yer almamaktadır.

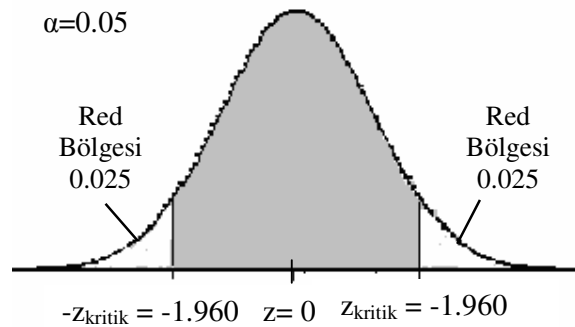


Şekil 6.13: %10 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisi

$\alpha = 0,05$ önem düzeyinde $z_{\text{kritik}} = 1,960$

Test istatistiğine ait $z=0$

$0 < 1,960$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilemez. %5 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisinden de (Şekil 6.14) görüldüğü gibi $z=0$ değeri red bölgesi içinde yer almamaktadır.

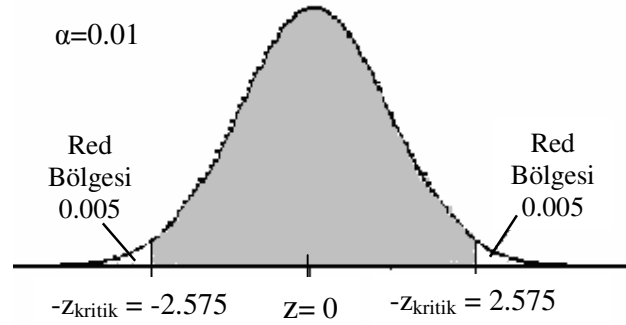


Şekil 6.14: %5 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisi

$\alpha = 0,01$ önem düzeyinde $z_{\text{kritik}} = 2,576$

Test istatistiğine ait $z=0$

$0 < 2,576$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilemez. %01 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisinden de (Şekil 6.15) görüldüğü gibi $z=0$ değeri red bölgesi içinde yer almamaktadır.



Şekil 6.15: %01 önem düzeyine ait normal dağılım eğrisi

Görüldüğü gibi üç önem düzeyi için de H_0 hipotezi reddedilememektedir. 100 dakika gözlem süresi boyunca 5 saniye gözlem aralıkları kullanılarak 1200 gözlem ile 120 dakika gözlem süresi boyunca 5 saniye aralıklarla 1440 gözlem alma arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu sonuç, 5 saniye gözlem aralığı kullanılması durumunda 120 dakika gözlem alma ve 100 dakika gözlem alma arasında kayrak taşı kaplama işini temsil etme açısından herhangi bir fark bulunmadığını göstermektedir.

Gözlem süresi ve gözlem aralığı kombinasyonlarından istatistiksel olarak incelenmesi gereken gözlem sayılarına ait hipotez test sonuçları Tablo 6.10'da, rassal gözlem aralığı kullanılması durumunda istatistiksel olarak incelenmesi gereken gözlem sayılarına ait hipotez test sonuçları Tablo 6.11'de verilmektedir.

Tablo 6.10'daki sonuçlar incelendiğinde 5 saniye aralıklarla 80 dakika gözlem alma (960 gözlem), 5 saniye aralıklarla 100 dakika gözlem alma (1200 gözlem), 10 saniye aralıklarla 120 dakika gözlem alma (720 gözlem) analizlerindeki boş hipotez (H_0) her üç önem düzeyi için reddedilememektedir.

Tablo 6.10: Belirlenen önem düzeylerine göre hipotez testlerinin sonuçları

| 5 sn -120 dk | | | | | |
|---------------|----------------|------------------------------|---------------|----------------|------------------------------|
| 5 sn- 40 dk | z = 4,773554 | | 5 sn- 60 dk | z =2,774984 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. |
| 5 sn -120 dk | | | | | |
| 5 sn- 80 dk | z =1,022397 | | 5 sn-100 dk | z =0 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk | | | | | |
| 10 sn- 60 dk | z =4,637807 | | 10 sn- 80 dk | z =3,598451 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. |
| 5 sn -120 dk | | | | | |
| 10 sn- 100 dk | z =2,61106 | | 10 sn- 120 dk | z =1,397808 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk | | | | | |
| 15 sn- 80 dk | z =4,429161 | | 15 sn- 100 dk | z =3,362546 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. |
| 5 sn -120 dk | | | | | |
| 15 sn- 120 dk | z =2,411955 | | 20 sn- 100 dk | z =3,989552 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. |
| 5 sn -120 dk | | | | | |
| 20 sn- 120 dk | z =3,228876 | | 25 sn- 120 dk | z =3,92442 | |
| | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,01$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,05$ | H ₀ reddedilir. |
| | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha =0,10$ | H ₀ reddedilir. |

Tablo 6.11: Rassel gözlem aralığı kullanımında belirlenen önem düzeylerine göre hipotez testlerinin sonuçları

| 5 sn -120 dk (1440 gözlem) | | | | | |
|----------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------|
| 288 gözlem | z = 0,662404 | | 300 gözlem | z = 0,673666 | |
| | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk (1440 gözlem) | | | | | |
| 320 gözlem | z = 1,036025 | | 360 gözlem | z = 0,725238 | |
| | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk (1440 gözlem) | | | | | |
| 400 gözlem | z = 0,755902 | | 480 gözlem | z = 0,810191 | |
| | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk (1440 gözlem) | | | | | |
| 600 gözlem | z = 1,748324 | | 720 gözlem | z = 0,46839 | |
| | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilir. | | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk (1440 gözlem) | | | | | |
| 960 gözlem | z = 1,022397 | | 1200 gözlem | z = 0 | |
| | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. |
| | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. |
| 5 sn -120 dk (1440 gözlem) | | | | | |
| 1440 gözlem | z = 0 | | | | |
| | $\alpha = 0,01$ | H ₀ reddedilemez. | | | |
| | $\alpha = 0,05$ | H ₀ reddedilemez. | | | |
| | $\alpha = 0,10$ | H ₀ reddedilemez. | | | |

H₀ hipotezinin reddedilememesi, bu üç analiz ve 5 saniye aralıklarla 120 dakika boyunca 1440 gözlem alınan analiz arasında seçilen işi temsil etme açısından bir fark bulunmadığını göstermektedir. Bu 3 gözlem süresi gözlem aralığı kombinasyonu

dışındaki tüm analizlerde H_0 hipotezi reddedilmektedir. Ortaya çıkan sonuç, bu üç gözlem süresi gözlem aralığı kombinasyonu dışındaki kombinasyonların kullanıldığı analizlerin seçilen işi en iyi şekilde temsil edemediğini göstermektedir.

Tablo 6.11'deki sonuçlar incelendiğinde istatistiksel olarak incelemeye alınan tüm gözlem sayılarının (kritik gözlem sayısı olarak belirlenen 271'den daha fazla gözlem sayıları) kullanıldığı analizlere ait H_0 hipotezlerinin reddedilemediği görülmektedir. Bu durum, tüm bu analiz sonuçlarının seçilen işi temsil etme açısından 5 saniye aralıklarla 120 dakika boyunca 1440 gözlem alınan analiz sonucu ile aralarında bir fark olmadığını ortaya koymaktadır.

İş örneklemeinde alınması gereken gözlem sayısı (%90 güven düzeyi ve %5 hata payı ile) formül 6.8'den 271 olarak bulunmuştur. 271'den daha az gözlem sayısının kullanıldığı analizler sonucunda elde edilen çalışma duruşlarının, işi en iyi temsil eden analize ait çalışma duruşundan farklı olduğu ve bu analiz sonuçlarının seçilen işi temsil etmediği görülmektedir (Bakınız Tablo6.3, Tablo 6.4). Bu gözlem sayısı, OWAS metodunun iş örnekleme prensiplerine göre çalıştığı göz önüne alınarak kritik gözlem sayısı olarak belirlenmiştir.

5–10–15–20–25–30 saniye gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımında, belirlenen kritik gözlem sayısının üstünde olmak koşulu ile az sayıda gözlem ile seçilen işi temsil eden güvenilir sonuçlara ulaşılabilmektedir. Bu sonuç, Tablo 6.11'deki tüm analizlere ait hipotez testlerinin reddedilememesinden de görülmektedir.

Yapılan analizlerde aynı gözlem sayısı kullanılması koşulu ile mümkün olan en uzun gözlem süresinde gözlemleri daha seyrek almak (daha uzun gözlem aralığı) seçilen işi temsil etme açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Tablo 6.12'den de görüldüğü gibi iki farklı gözlem süresi gözlem aralığı kombinasyonunda da 720 gözlem alınmaktadır. Aynı gözlem sayılarının kullanıldığı bu iki analizde farklı analiz sonuçları elde edilmektedir. Bu analizlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda 120 dakikalık gözlem süresi boyunca 10 saniye gözlem aralıkları kullanılarak yapılan analiz seçilen işi temsil ederken, 60 dakikalık gözlem süresi

boyunca 5 saniye gözlem aralıkları kullanılarak yapılan analiz seçilen işi temsil etmemektedir (Bakınız Tablo 6.10).

Tablo 6.12: 720 gözlemin alındığı analizlerde elde edilen çalışma duruşu yüzdelerinin 3. ve 4. risk kategorilerine göre dağılımı

| Gözlem Süresi | Gözlem Aralığı | Gözlem Sayısı | Çalışma Duruşu Yüzdesi | | |
|---------------|----------------|---------------|------------------------|------|------|
| | | | Toplam | 3.RK | 4.RK |
| 60 dakika | 5 saniye | 720 | %38 | %24 | %16 |
| 120 dakika | 10 saniye | 720 | %35 | %28 | %11 |

5–10–15–20–25–30 saniye gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımı ile elde edilen sonuçlar bu tez kapsamında ele alınan gözlem süre ve aralık kombinasyonlarının kullanımı sonucunda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında aynı sayıda gözlem almak koşulu ile gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımının seçilen işi daha iyi temsil ettiği görülmektedir (Tablo 6.13).

Tablo 6.13: Rassal ve belirli gözlem aralıkları için elde edilen sonuçlar

| Rassal Gözlem Aralığı | | | | Belirli Gözlem Aralıkları | | | |
|-----------------------|------------------------------|------|------|---------------------------|------------------------------|------|------|
| Gözlem Sayısı | Çalışma Duruşu Yüzdeleri (%) | | | Gözlem Sayısı | Çalışma Duruşu Yüzdeleri (%) | | |
| | Toplam | 3.RK | 4.RK | | Toplam | 3.RK | 4.RK |
| 288 | 34 | 25 | 9 | 288 | 44 | 31 | 13 |
| 300 | 34 | 25 | 9 | 300 | 44 | 30 | 14 |
| 320 | 35 | 26 | 9 | 320 | 45 | 30 | 15 |
| 360 | 34 | 24 | 10 | 360 | 41 | 28 | 13 |
| 400 | 34 | 24 | 10 | 400 | 41 | 28 | 13 |
| 480 | 34 | 23 | 11 | 480 | 38 | 26 | 12 |
| 600 | 36 | 24 | 12 | 600 | 38 | 26 | 12 |
| 720 | 33 | 23 | 10 | 720 | 35 | 24 | 11 |
| 960 | 34 | 23 | 11 | 960 | 34 | 23 | 11 |
| 1200 | 32 | 22 | 10 | 1200 | 32 | 22 | 10 |
| 1440 | 32 | 22 | 10 | 1440 | 32 | 22 | 10 |

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında fiziksel ağırlıklı çalışmaların analizinde kullanılan çalışma duruş ve hareketlerinin gözlemlenmesi metotlarından, literatürde çok çeşitli uygulamalarına rastlanan kabul görmüş OWAS metodu ile yapılan analizlerde gözlem süre ve aralıklarının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda tez çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1) OWAS metodunun iş örnekleme prensiplerine göre çalıştığı göz önüne alındığında çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde en az 271 gözlem (iş örneklemeinde %90 güven düzeyi ve %5 hata payı ile belirlenen kritik gözlem sayısı) alınması gerekmektedir.
- 2) Yapılan analizlerde aynı gözlem sayısı kullanılması koşulu ile mümkün olan en uzun gözlem süresinde gözlemleri daha seyrek almak (daha uzun gözlem aralığı) seçilen işi temsil etme açısından daha iyi sonuçlar vermektedir.
- 3) 5–10–15–20–25–30 saniye gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımında, belirlenen kritik gözlem sayısının üstünde olmak koşulu ile az sayıda gözlem ile seçilen işi temsil eden güvenilir sonuçlara ulaşılabilmektedir.
- 4) 5–10–15–20–25–30 saniye gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımı ile elde edilen sonuçlar bu tez kapsamında ele alınan gözlem süre ve aralık kombinasyonlarının kullanımı sonucunda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında aynı sayıda gözlem almak koşulu ile 5–10–15–20–25–30 saniye gözlem aralıklarının rassal olarak kullanımının seçilen işi daha iyi temsil ettiği görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm sonuçların genelleştirilebilmesi için bu analizlerin çeşitli iş grupları için yapılması ve aynı iş grubunda daha fazla örnek iş seçilerek yapılması gerekmektedir.

Çok kısa çevrim süresine sahip işlerdeki çalışma duruşlarının güvenilir olarak analizini sağlayacak gözlem aralığının belirlenebilmesi amacıyla çok sayıda iş

üzerinde çok daha kısa süreli gözlem aralıkları kullanmak veya her bir görüntü karesinin analizinin yapılması gerekmektedir.

OWAS analizi için kullanılan WinOWAS yazılımı yarı bilgisayar tabanlı bir yazılımdır. Bu yazılımda çalışma duruşlarının incelenmesi, uygun kodların seçilmesi ve programa girilmesi gözlemci tarafından yapılmaktadır. WinOWAS yazılımı ise bu verileri değerlendirerek bu duruşların risk kategorilerine göre dağılımını sağlamaktadır. Çalışma duruşlarının görüntü tanımada işaretleyiciler kullanılarak bilgisayar yardımı ile belirlenebilmesi ve doğrudan programa girilmesi ile mevcut yazılım tam bilgisayar tabanlı hale getirilebilir.

Bu tez kapsamında kullanılan rassal gözlem aralıkları, literatürdeki çalışmalarda kullanılan gözlem aralıkları dikkate alınarak ve tekrar gözlem yapmamak, mevcut görüntülerden yararlanabilmek amacıyla 5-10-15-20-25-30 saniye olarak belirlenmiştir. Rassal gözlem aralığı kullanımı ile ilgili sonuçların geliştirilebilmesi için çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizinde rassallık denemesi bu zamanların dışındaki değerleri de içerecek şekilde yapılabilir.

Bu tez çalışmasının ana inceleme konusu olmamakla birlikte kayrak taşı kaplama işindeki çalışma duruşlarının OWAS metodu ile analizi sonucunda elde edilen 3. ve 4. risk kategorisine giren, bu iş için uygunsuz olarak ifade edilen duruşların ortadan kaldırılması için çalışma yeri ve koşullarına ait aşağıdaki iyileştirmeler önerilmektedir.

- Çalışma alanı, taşıma mesafesini en aza indirecek ve yük kaldırma görevine uygun olacak tasarlanmalıdır.
- Vücudun eğilmesini engellemek için depolama yapılan yer bel hizasında veya daha yukarda olmalıdır. Taşlar yerden 75 cm yükseklikte olmalıdır.
- Taşların taşıma esnasında vücuda yakın taşınmasına dikkat edilmelidir.
- Tek elle yük taşımaktan kaçınılmalı ve taşlar iki elle kaldırılmalıdır.
- Taşların kaldırılması ve taşınması esnasında vücut eğilmemelidir.
- Taşların kaldırma sıklığı 5 dakikada bir kaldırmadan daha az olmalıdır.
- Taşları kaldırma görevi bir saatten fazla sürmemelidir.

- Taşıma esnasında vücudun dönmesi engellenmelidir.
- Yük daima vücudun önünde bulunmalıdır.
- Yere eğilmelerde dizler bükülmelidir.
- Taşların kaldırılması ve taşınması esnasında işgörenin eldiven kullanımı sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M., “Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 18, No 3, 73-84, (2003).

Aytaç, M., “Matematiksel İstatistik”, *Ceylan Ofset*, 343-344, (1999).

Babalık, F.C., “Mühendisler için Ergonomi İşbilim”, *Nobel Basımevi*, 20-379, (2005).

Bel Ağrıları [online], <http://www.belveboyun.com/belag.htm>, (**Ziyaret Tarihi: 10 Mart 2007**).

Boyun Fıtığı [online], <http://www.hekimce.com/index.php?kiid=475>, (**Ziyaret Tarihi: 10 Mart 2007**).

Cohen, A.L., Gjessing, C.C., Fine, L.J., Bernard, B.P., McGlothlin, J.D., *Elements of Ergonomics: A Primer Based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders*, DHHS (NIOSH) Publication No. 97-117, (1997).

De Brujin, I., Engels, J.A., Van Der Gulden, J.W.J., “A Simple Method to Evaluate the Reliability of OWAS Observations”, *Applied Ergonomics*, Vol. 29, No. 4, 281-283, (1998).

Engels, J.A., Van Der Gulden, J.W.J., Senden, T.F., Kolk, J.J., Binkhorst, R.A., “The Effects of an Ergonomic-Educational Course”, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 71, No. 5, 336-342, (1998).

Engström, T., Medbo, P., “Data Collection and Analysis of Manual Work Using Video Recording and Personal Computer Techniques”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 19, 291-298, (1997).

Erkan, N., “Verimlilik, Sağlık ve Güvenlik İçin İnsan Faktörü Mühendisliği Ergonomi”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:373, *Mert Matbaası*, 25-39, (2003).

Fıçlalı, N., 2003, *Zihinsel Çalışma ve Zihinsel İş Yükü* [online], İstanbul Teknik Üniversitesi Ergonomi Kulübü, <http://www.students.itu.edu.tr/~ergonomi/webdergi/default.html> (**Ziyaret Tarihi: 22 Şubat 2007**)

Güreşçi, F., “F-16 Pilotlarının Farklı Görev Tiplerine Göre Zihinsel İşyüklerinin Ölçülmesi ve Karşılaştırılması”, *Hava Harp Okulu Komutanlığı Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü*, İstanbul, 5-6, (2004).

Haslegrave, C.M., “What do we mean by a working posture?”, *Ergonomics*, Vol. 37, No. 4, 781-799, (1994).

Heinsalmi, P., “Method to Measure Working Postures Load at Working Sites (OWAS)”, *The First Occupational Ergonomics Symposium*, 100-104, Zadar, Yugoslavia, 15-17 April (1985).

Hoy, J., Mubarak, N., Nelson, S., Sweerts de Landas, M., Magnusson, M., Okunribido, O., Pope, M., “Whole Body Vibration and Posture As Risk Factors for Low Back Pain Among Forklift Truck Drivers”, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 284, 933-946, (2005).

İnşaatı İş Sağlığı ve Güvenliği Kampanyası-2006, İnşaat Sektöründe Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları [online], http://insaat.calisma.gov.tr/dokumanlar/kas_iskelet_sistemi_rahatsizliklari.pdf (Ziyaret Tarihi :10 Mart 2007)

Jin, K., Lei, L., Sorock, G., Courtney, T.K., Ge, L., Liang, Y., “Postural Assessment with Revised OWAS System”, *The Third International Cyberspace Conference on Ergonomics 2002*, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa, 15 September-15 October (2002).

Karpal Tunel Sendromu [online], <http://www.hekimce.com/index.php?kiid=550>, (Ziyaret Tarihi: 10 Mart 2007).

Kivi, P., Mattila, M., “Analysis and Improvement of Work Postures in the Building Industry: Application of the Computerised OWAS Method”, *Applied Ergonomics*, Vol. 22, 43-48, (1991).

Landau, K., Imhof-Gildein, B., Mücke, S., “On the Analysis of Sector-Related and Gender Related Stress at the Workplace – An Analysis of AET Data Bank”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 17, 175-186, (1996).

Louhevaara, V., “Is the Physical Work Load Equal for Ageing and Young Blue-collar Workers?”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 24, 559-564, (1999).

Loupajarvi, T., “Ergonomic Analysis of Workplace and Postural Load, Ergonomics”, Ed. By Bullock, M.I., *Longman Publishers*, UK, 51-78, (1990).

Mattila, M., Karwowski, W., Vilkki, M., “Analysis of Working Postures in Hammering Tasks on Building Construction Sites Using the Computerized OWAS Method”, *Applied Ergonomics*, Vol. 24, No. 6, 405-412, (1993).

MPM-REFA, “İş Etüdünün Temelleri”, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:544*, sayfa 131-180 (1988).

NIOSH, *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity and Low Back*, Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 97-141, (1997).

Özata, T., Ateş, H., Öner, F., “Ergonomi”, Endüstri Mühendisliği Projesi, *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmit, 11, (2006).

Özkan, C., “İnsan-Makina Sistemlerinin Güvenilirliğinde İnsanın Rolü”, *4.Ergonomi Kongresi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 240-249, 20-22 Ekim (1993).

Özkan, E., “Ergonomi”, Endüstri Mühendisliği Projesi, *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmit, 11-19, (2005).

Öztürkcan, M., “İstatistik Ders Notları”, *Kocaeli Üniversitesi Matbaası*, 163-168, (2002).

Özok, A.F., “İşten Numune Alma (İş Örnekleme) Metodunda Optimum Gözlem Sayısı ve Relatif Hatanın Hesabı”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi*, İstanbul, 6, (1973).

Perkiö-Mäkelä, M., Hentilä, H., “Physical Work Strain of Dairy Farming in Loose Housing Barns”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 35, 57-65, (2005).

Pinzke, S., Kopp, L., “Marker-less Systems for Tracking Working Postures – Results from Two Experiments”, *Applied Ergonomics*, Vol. 32, 461-471, (2001).

Pohjonen, T., Punakallio, A., Louhevaara, V., “Participatory Ergonomics for Reducing Load and Strain in Home Care Work”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 21, 345-352, (1998).

Santos, J., Sarriegi, J.M., Serrano, N., Torres, J.M., “Using Ergonomic Software in Non-Repetitive Manufacturing Processes: A Case Study”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 37, 267-275, (2007).

Saurin, T.A., De Macedo Guimarães, L.B., “Ergonomics Assessment of Suspended Scaffolds”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 36, 229-237, (2006).

Sırt Ağrıları [online], <http://www.belveboyun.com/sirt.htm>, (**Ziyaret Tarihi: 10 Mart 2007**).

Software for OWAS Analysis – Win OWAS [online], <http://turva1.me.tut.fi/owas>, (**Ziyaret Tarihi: 21 Şubat 2007**).

Su, B.A., “Ergonomi”, Atılım Üniversitesi Yayınları No 5, *Pano Ofset*, 6-48, (2001).

Tanyaş, M., “Endüstri Mühendisliğine Giriş”, *İrfan Yayıncılık ve Tanıtım Limited Şirketi*, 93-94, (1995).

Toupin, D., Lebel, L., Dubeau, D., Bouthillier, L., “Measuring the Productivity and Physical Workload of Brushcutters within the Context of a Production-Based Pay System”, *Forest Policy and Economics*, (basımda).

Van Wendel de Joode, B., Burdorf, A., Verspuy, C., “Physical Load in Ship Maintenance: Hazard Evaluation by means of a Workplace Survey”, *Applied Ergonomics*, Vol. 28, No. 3, 213-219, (1997).

Vedder, J., “Identifying Postural Hazards with a Video-based Occurrence Sampling Method”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 22, 373-380, (1998).

Westgaard, R.H., Aaras, A., “Postural Muscle Strain as a Casual Factor in the Development of Musculo-Skeletal Illness”, *Applied Ergonomics*, Vol. 15, No. 3, 162-174, (1984).

White, H.A., Kirby, R.L., “Folding and Unfolding Manual Wheelchairs: An Ergonomic Evaluation of Health-Care Workers”, *Applied Ergonomics*, Vol. 34, 571-579, (2003).

Wright, E.J., Haslam, R.A., “Manual Handling Risks and Controls in a Soft Drinks Distribution Centre”, *Applied Ergonomics*, Vol. 30, 311-318, (1999).

Yapıcıoğlu (Fıçlalı), N., “Zihinsel Ağırlıklı İşler İçin Bilişsel İş Analizi Yöntemi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11-38, (1997).

Yavuz, F.M., “Ergonomik Tedbirler ve İyileştirmeler”, Endüstri Mühendisliği Projesi, *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmit, 22-23, (2006).

Yavuzcan, G., Yavuzcan, G., “Ergonomiye İlişkin Ölçme ve Değerlendirme Metotları”, *4.Ergonomi Kongresi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 108-117, 20-22 Ekim (1993).

Ek-A

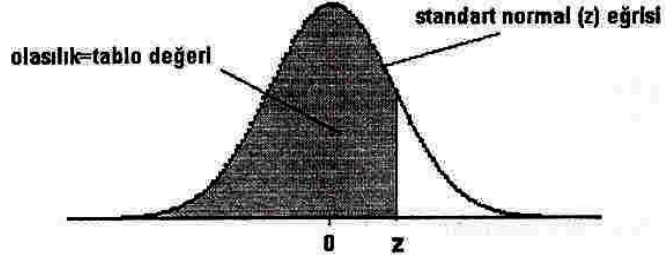
OWAS metodunda rassal gözlem aralığı (5–10–15–20–25–30 sn) kullanımı

| Alınan Örnek Sayısı | Üretilen Rassal Sayı (1-6) | Üretilen Rassal Sayıya Göre Alınan Gözlem Aralığı (sn) | Duruş No | Duruş Kodu |
|---------------------|----------------------------|--|----------|------------|
| 1 | 3 | 15 | 3 | 13210 |
| 2 | 1 | 5 | 4 | 31410 |
| 3 | 2 | 10 | 6 | 13310 |
| 4 | 2 | 10 | 8 | 13310 |
| 5 | 6 | 30 | 14 | 21510 |
| 6 | 2 | 10 | 16 | 21510 |
| 7 | 2 | 10 | 18 | 21510 |
| 8 | 3 | 15 | 21 | 21410 |
| 9 | 6 | 30 | 27 | 21210 |
| 10 | 2 | 10 | 29 | 41510 |
| 11 | 4 | 20 | 33 | 31310 |
| 12 | 3 | 15 | 36 | 41510 |
| 13 | 2 | 10 | 38 | 21310 |
| 14 | 3 | 15 | 41 | 41510 |
| 15 | 6 | 30 | 47 | 31210 |
| 16 | 5 | 25 | 52 | 12210 |
| 17 | 6 | 30 | 58 | 41410 |
| 18 | 3 | 15 | 61 | 31310 |
| 19 | 5 | 25 | 66 | 12210 |
| 20 | 1 | 5 | 67 | 11310 |
| 21 | 1 | 5 | 68 | 31310 |
| 22 | 3 | 15 | 71 | 12310 |
| 23 | 3 | 15 | 74 | 41310 |
| 24 | 3 | 15 | 77 | 12310 |
| 25 | 6 | 30 | 83 | 41310 |
| 26 | 3 | 15 | 86 | 31310 |
| 27 | 2 | 10 | 88 | 31310 |
| 28 | 4 | 20 | 92 | 41510 |
| 29 | 4 | 20 | 96 | 32310 |
| 30 | 1 | 5 | 97 | 42510 |
| 31 | 3 | 15 | 100 | 32310 |

Ek-B

Standart Normal Dağılım Tablosu

Standart Normal Olasılıklar



| z | 0.0 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0 | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 |
| 0.1 | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 |
| 0.2 | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 |
| 0.3 | 0,6179 | 0,6217 | 0,6256 | 0,6293 | 0,6331 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 |
| 0.4 | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 |
| 0.5 | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 |
| 0.6 | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7517 | 0,7549 |
| 0.7 | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7823 | 0,7852 |
| 0.8 | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 |
| 0.9 | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 |
| 1.0 | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 |
| 1.1 | 0,8643 | 0,8665 | 0,8686 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 |
| 1.2 | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 |
| 1.3 | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 |
| 1.4 | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 |
| 1.5 | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 |
| 1.6 | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 |
| 1.7 | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 |
| 1.8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9708 |
| 1.9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 |
| 2.0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,9812 | 0,9817 |
| 2.1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 |
| 2.2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,9887 | 0,9890 |
| 2.3 | 0,9893 | 0,9896 | 0,9898 | 0,9901 | 0,9904 | 0,9906 | 0,9909 | 0,9911 | 0,9913 | 0,9916 |
| 2.4 | 0,9918 | 0,9920 | 0,9922 | 0,9925 | 0,9927 | 0,9929 | 0,9931 | 0,9932 | 0,9934 | 0,9936 |
| 2.5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 | 0,9951 | 0,9952 |
| 2.6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,9963 | 0,9964 |
| 2.7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 |
| 2.8 | 0,9974 | 0,9975 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9978 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9981 |
| 2.9 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9983 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 |
| 3.0 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9988 | 0,9988 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9990 | 0,9990 |
| 3.1 | 0,9990 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9993 | 0,9993 |
| 3.2 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 |
| 3.3 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9997 |
| 3.4 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9998 |
| 3.5 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 |

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Kocaeli’nde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’nde tamamladı. 2001 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden 2005 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2005 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.