

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİ İŞLETMELERİNDE GÜNLÜK İŞ
YAŞAMINDA UYGULANAN ERGONOMİ
METODLARININ İNCELENMESİ**

P.Ütğm. Deniz TURAN

FBE Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Programında

Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman Üye : Yrd. Doç. Dr. Zafer UTLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Semra BİRGÜN

Yrd.Doç.Dr: Vedat Zeki YENEN

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1.ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Endüstri Mühendisliği Tanımı.....	1
1.2. Endüstri mühendisliğinin tarihçesi ve gelişmesi	1
1.3. Endüstri Mühendisliğinin Ana Konuları	3
1.3.1. Üretim Planlama ve Kontrol.....	3
1.3.2. Yöneylem Araştırması.....	3
1.3.3. Sistem Simülasyonu	4
1.3.4. Kalite Kontrol.....	4
1.3.5. Tesis tasarımı.....	5
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	6
2.1. Antropometrik iş istasyonu Dizaynı ile ilgili Çalışmalar	6
2.2. Vücut Duruşlarının Analizi ile ilgili Çalışmalar	15
3. ERGONOMİ.....	19
3.1. Ergonominin Tanımı	19
3.2. Ergonominin Tarihçesi	20
3.3.Ergonomik olmayı belirleyen faktörler	22
3.4. Ergonominin Amacı	23
3.5. Ergonominin Dayandığı Bilim Dalları	24
3.6. Ergonomik İş Sistemi	25

4. İŞ İSTASYONU DİZAYNI.....	32
4.1. Antropometri	33
4.1.1. Statik ve Dinamik Antropometri	35
4.1.2. Çalışma çevresi koşulları.....	35
4.1.2.1. Hava Koşulları.....	36
4.1.2.2. Gürültü.....	37
4.1.2.3. Aydınlatma.....	39
4.1.2.4. Mekanik Titreşimler.....	41
4.1.2.5.Zararlı Maddeler.....	41
4.1.3. Antropometrik Ölçülere İlişkin Tanımlar ve Genel Kullanım Alanları	42
4.1.3.1. Antropometrik Verilerin Kullanımı.....	47
4.1.3.2. Antropometrik Dizayn Prosedürü.....	50
4.1.3.3. Uygun Çalışma Yüksekliklerinin Belirlenmesi.....	52
4.1.3.4. El ve Tezgah Yükseklikleri.....	54
4.1.4. Ergonomik Açından Malzeme Taşıma Yükseklikleri.....	56
4.1.4.1. Taşımada Kullanılan Araçlar.....	57
4.1.4.2. Malzeme Taşıma Araçlarının Seçimi	61
4.1.4.3. Taşıma Sistemi Yüksekliğinin Hesaplanması.....	63
4.1.4.4. Örnek Durum Çalışması.....	63
4.1.4.5. Klavye Yüksekliğinin Hesaplanması.....	66
4.1.4.6 Çalışma Düzeylerinin Hesaplanması.....	67
4.1.5. Tezgah Yüzeylerinin Tasarımı Prensipleri	72
4.1.6. Fizyolojik Açından Oturma ve Ayakta Durma Eylemi	74
4.2. Hareketli Çalışma Metotları	78
4.2.1. Vücut Duruşu ve Vücut Hali	79
4.2.2. ARBAN Metodu.....	82
4.2.2.1. ARBAN Metodunun Yapısı.....	83

4.2.2.2. ARBAN Metodunun Yararları.....	89
4.3. OWAS Metodu.....	90
4.3.1. OWAS Çalışma Duruşlarında Sistemikleşme.....	92
4.3.2. OWAS metodunun uygulanış tarzı.....	98
4.3.3. OWAS çalışma metodunun yararları	100
4.4. Değerlendirme.....	101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	103
6. KAYNAKLAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	110

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. İş çevresi, iş düzeni ve işlemler.....	10
Şekil 2.2. Ergonomi ve insan modeli.....	14
Şekil 3.1. İnsan-makine ara kesitinin analizi.....	29
Şekil 3.2. Dizayn Prosedürü	30
Şekil 4.1. Önemli antropometrik ölçüler.....	45
Şekil 4.2. Antropometrik ölçülerin gösterimi	47
Şekil 4.3. Normal dağılım eğrisi	48
Şekil 4.4. Kadın işgücüne ait dizayn aralığı (cm).....	49
Şekil 4.5. % 5 lik kadın ve %95 lik erkek operatörlerin oturma esnasında yükseklik ölçülerinin kıyaslanması	50
Şekil 4.6. Sandalye ve masa yüksekliğinin ayarlanabilirliğini hesaplamak için kullanılan antropometrik ölçüler	51
Şekil 4.7. Operatörlere göre hesaplanan antropometrik ölçüler	52
Şekil 4.8. Parçanın şekilsel yapısı ve el yüksekliği.....	54
Şekil 4.9. Ayakta çalışma esnasında tavsiye edilen yükseklikler.....	55
Şekil 4.10. Silindirik taşıyıcıların ve paletlerin uygun yerlerde kullanımı.....	58
Şekil 4.11. Malzeme taşımada kullanılan tekerlekli araçlar.....	59
Şekil 4.12. Endüstride kullanılan vinç örneği	59
Şekil 4.13. Motor bloklarının taşınması ve montaj işleri.....	60
Şekil 4.14. Tekerlekli çekmece ve kaplar.....	61
Şekil 4.15. Raflar ile diğer bir iş istasyonuna malzeme aktarımı.....	62
Şekil 4.16. Prosesin iyileştirme yapılmadan önceki resmi	64
Şekil 4.17. İşlemin iyileştirmeden önceki kaba taslak görünüşü.....	65
Şekil 4.18. Tasarımdan sonra prosesin tepeden, önden ve yandan görünüşü. İki ana bant arasına silindirik taşıma sistemi yerleştirilmiştir	65
Şekil 4.19. Sagittal (dikey) düzlemde kavrama hareketi eksenini. % 5 lik dilime ait kadın ve erkek çalışanların elverişli uzanma hareketi.....	68
Şekil 4.20. Tezgah üzerindeki normal ve maksimum uzanmaların sınırladığı çalışma alanlarının gösterimi	69
Şekil 4.21. % 50 lik kesimdeki erkek çalışanlar için Farley' in gösterdiği yatay çalışma alanı. Tüm boyutlar mm cinsindedir	71
Şekil 4.22. Squires' in % 10 luk dilimdeki erkek çalışanlar için belirlediği normal çalışma alanı eğrisi.....	72
Şekil 4.23. Sık kullanılan alet, materyal ve kontrol ekipmanlarının uygun yerleşim düzeni ..	73
Şekil 4.24. Hassas yapıdaki kontrol pedalları için optimal çalışma alanı (10 cm ²).	74
Şekil 4.25. CNC tezgahında çalışma	75

Şekil 4.26. Ayakta (a) ve oturma (b) esnasında lumbar bölgesi.....	76
Şekil 4.27. X ışını ile çekilmiş omur fotoğrafları	77
Şekil 4.28. Üç değişik oturma pozisyonu	78
Şekil 4.29. Omurga. Kötü postürlerden en çok etkilenen kısımdır	81
Şekil 4.30. ARBAN aşamalarının şematik gösterimi	84
Şekil 4.31.a Vücudun, eklem ve kemik yapısı dikkate alınarak fonksiyonel ünitelere ayrılması	85
Şekil 4.31.b Vücudun baş ve boyun bölgesi için değişik pozisyonların kodlanmış olarak gösterilmesi.....	86
Şekil 4.32. Vücudun dirsek ve ön kol bölgesi için değişik pozisyonlar	87
Şekil 4.33. Gözlemcilerin ve işçilerin Borg cetveline göre yapmış olduğu sınıflandırmaların karşılıklı ilişkisi; statik ve dinamik işler.....	89
Şekil 4.34. OWAS 4 haneli kodlama sırası	93
Şekil 4.35. OWAS çalışma durumuna ait kod tablosu	94
Şekil 4.36. Çalışma duruşu örnekleri ve OWAS metoduna göre sayı kodu.....	95
Şekil 4.37. Beş farklı OWAS baş duruşu	96
Şekil 4.38. 84 adet OWAS temel çalışma dıymışlarma ait matris	96
Şekil 4.39. Ek olarak OWAS çalışma duruşları.....	97

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Azalan etkenlik sırasında çözümler	11
Tablo 3.1. Temel etkileşimler ve değerlendirmeler.....	28
Tablo 3.2. İş yerinde bilgisayar kullanılırken ortaya çıkabilecek problemler	29
Tablo 4.1. İşitme yeteneği kaybı	38
Tablo 4.2. Gürültüye dayanma süresi.....	38
Tablo 4.3. Türk insanı için antropometrik ölçüler.....	44
Tablo 4.4. ABD' de endüstride çalışan sivil popülasyona ait vücut ölçüleri.....	46
Tablo 4.5. Faaliyetin genel yapısına göre tercih edilebilecek postürler	53
Tablo 4.6. İşin genel yapısı itibarı ile hesaplanan el yükseklikleri.....	56
Tablo 4.7. Kötü postürlere karşılık gelen rahatsızlık oluşması muhtemel bölgeler.....	80
Tablo 4.8. Matematiksel olarak tespit edilmiş fizyolojik streslerin Borg cetvelinde sözlü karşılığı.....	88
Tablo 4.9. OWAS formu	99
Tablo 4.10. Öneri sınıfları ve renk kodları.....	100
Tablo 4.11. ARBAN VE OWAS Metodu Arasındaki Farklar.....	101

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu yüksek lisans çalışmasında endüstri işletmelerinde günlük iş yaşamında ergonominin uygulanmasının ne kadar önemli olduğunu ve verimliliği arttırdığını yapılmış olan birçok araştırmayı baz alarak gösterdim.

Endüstri işletmelerinde ergonominin birçok şekilde göz önüne çıktığını ve üretim bantlarını yada üretimde özellikle insan orijinli işlerde ergonominin zaman-maliyet ve üretkenliği nasıl pozitif yönde optimize ettiğini belirttim.

Bu çalışmamda yardımlarını esirgemeyen ve bana devamlı bir yol gösterici olan Yrd.Doç.Dr. Zafer UTLU' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimde beni her aşamada destekleyen aileme, nişanlım Güliz AYDIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Teknolojik gelişimin sonucu olarak üretim aşamalarında işletmelerde makine kullanımı artmış ve otomasyon yaygınlaşmıştır. Bu gelişme içinde insanın diğer üretim faktörleri ve çalışma ortamı koşullarında yıpranmasını azaltmak, becerilerinden daha etkin yararlanmak amacı ile ergonomik uygulamaların yaygınlaşması zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışmada amaç; iş yönetiminin insancıl metotlarını araştıran disiplinler arası çok yönlü ergonomi biliminin, işletmelerde değerlendirilebilir, problem ve risklerinin yönlendirilebilir hale gelmesini sağlayacak yönetim sisteminin oluşturulmasıdır.

Sistemsel inceleme yapılmadığında problemlerin tespiti, önceliklerinin belirlenmesi, kaynak ayırımının temininde oluşan sorunlar, oluşturulan standart bir uygulama yöntemi ile, analiz formları, raporlandırma ve kayıt sistemi geliştirilmiş ve kolaylaştırılmış, sistemin bireye bağımlılıktan kurtulması sağlanmıştır.

Endüstriyel iş istasyonu dizaynına yönelik ergonomik yaklaşım, işgörenin ve sistemin verimini arttırmak için; işçinin kabiliyetleriyle iş gerekleri arasında denge kurmayı, işçinin fiziksel ve zihin sağlığının iyi olmasını, iş tatminini ve güvenliğini sağlamayı hedefler. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada, kötü dizaynın yol açtığı verimlilik kaybı ve mesleki sağlık problemlerine sebebiyet veren çalışma duruşları üzerinde durulmuştur. Uygun çalışma postürleri, çalışma yükseklikleri, normal ve maksimum çalışma alanlarının mevcut işgücüne göre belirlenmesi, sistematik bir şekilde anlatılmaktadır. Bir durum çalışması ile manuel işlemlerin söz konusu olduğu bir torna tezgahında video çekimleri yapılmış, insan-makina etkileşimi incelenmiştir. Sistematik ergonomik bir metot olan OWAS ile çalışma esnasındaki vücut duruşları ve bu duruşlardan kaynaklanan zorlanmalar belirlenmiştir. İstasyonda kötü postürlere neden olan etmenler ve bunların nasıl elimine edilmesi gerektiği ergonomik kriterlere dayanarak ortaya konmuştur. Sonuçta mevcut ve önerilen sistem arasındaki verimlilik farkı, yapılan bir benzetim programı ve istatistiksel analizlerle parça sayısındaki artış olarak gösterilmiştir.

ABSTRACT

As a result of technological development, machines and automation are widely used in production stages of the industrial plants. During this progress in order to protect employees against working environment and other production factors and benefit from their capabilities more efficiently, the application of ergonomics issues becomes mandatory.

The aim of this study is to install a system which can be evaluated in the industrial plants and provide all the problems and risks to be directed by managing ergonomics which is a multi-disciplinary science concerning all the disciplines which research humanist methods of business administration.

During determining the problems, designating the priorities and resources, all the problems which occurred due to not investigating systematically, are eliminated by using standard application methodology, analysis forms, reporting and registrations systems and consequently the system is provided to be free of dependence to individuals.

An ergonomics approach to the design of an industrial workstation attempts to achieve an appropriate balance between the worker capabilities and work requirements to optimize worker productivity and the total system, as well as provide worker physical and mental well-being, job satisfaction and safety. For this purpose, in this study, a decrease in productivity caused by inadequate design and working postures which resulted in occupational health hazards were pointed out. Determination of adequate working postures, working heights, normal and maximum working areas according to existing workforce was explained systematically. With a case study, video recordings were done and man-machine interaction was examined in a lathe workstation which includes mainly manual works. By using a systematic, ergonomic method named as OWAS, working postures and strains that were caused by these postures were examined. Factors causing inadequate postures and how these factors could be eliminated were demonstrated according to ergonomical criteria. As a result, the productivity difference between existing and suggested system was shown as an increase in the number of work pieces by using a simulation program and statistical analysis.

1.ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1.1. Endüstri Mühendisliği Tanımı

Endüstri mühendisliği işletmenin daha ekonomik çalışabilmesi ve işin insan onuruna yaraşır şekilde düzenlenmesi amacıyla, işletmelerde karışık ilişkilerin düzenlenmesine yönelik metot ve tecrübelerin kullanılmasını sağlayan hizmettir.

Endüstri mühendisliği insan, malzeme ve teçhizattan meydana gelmiş bütünleşmiş sistemlerin yapılandırılması, gelişmesi ve kuruluşu ile ilgilenir. Endüstri mühendisleri, matematik, fizik ve sosyal ilimlerindeki özel bilgi ve becerisini mühendisliğin gereği olan analiz ve kuruculuğunun metot ve prensipleriyle birleştirerek çeşitli sistemlerden elde edilecek neticeleri tespit, tahmin etmeye ve değerlendirmeye çalışır. Mamul ve hizmetlerin ortaya konulduğu çalışmalarda beşeri faktörler de dâhil olmak üzere bütün unsurları mühendislik bakış açısıyla değerlendirir.

Kısaca söylemek gerekirse endüstri mühendisliğinin amacı; çalışanların insanca çalışmasını sağlarken, ortaya koyduğu ve uyguladığı metotlarla üretimi artırmaktır. Gerekli araştırma, gözlem ve değerlendirmelerine dayalı olarak masrafları kontrol altına alma imkânını hazırlayarak ve detaylı olarak risklerin en düşük, kazancın ise en uygun seviyede tutulmasını sağlayarak yönetime değerli yardımlarda bulunur.

1.2. Endüstri Mühendisliğinin Tarihçesi ve Gelişmesi

Endüstri mühendisliğinin geçmişi, iş etüdü ve iş bölümü konularının ortaya çıkmasına dayanır. İş etüdü, işin yapılacağı zaman, mekân ve ücret ile konularda yapılan ön belirlemelerdir. İş bölümü ise bir işin farklı kısımlarının aynı kişi tarafından değil, uzmanlıklarına göre farklı kişilerce yapılmasıdır.

İş etüdü kavramı ile ilgili kayıtlara Babilon kralı HAMMURABI zamanında (M.Ö. 1728–1686) rastlanmaktadır. Hammurabi zamanında iş planı ve üretim kontrolü yapılmış, çalışma saatleri, çalışma süreleri ve asgari ücret esas alınarak ücret listeleri yapılmıştır.

İngiltere Tekstil Endüstrisinde çalışan Robert Owen (1717 – 1858) metot etüdünün temellerini atmada yardımcı olmuştur. Yerleştirme planı problemleriyle ilgilenen Owen daha iyi çalışma şartları getirebilecek yeni metotların bulunması ihtiyacını görmüştür. Ayrıca Owen bir işte fazla yorgunluğu önlemek kaydıyla gerekli istirahat paylarının verilmesini öngörmüştür.

İş bölümü ile ilgili geçmişe bakarsak, İngiliz Adam Smith işin ana fonksiyonlarının ayrı kişiler tarafından yapılmasıyla verimin ve dolayısıyla üretimin önemli ölçüde artacağını belirleyerek iş bölümü fikrini ortaya atmıştır. Charles Babbage üretim düzeninin organizasyonu ve ekonomisi üzerine etütler yapmış ve bunları " İş Tezgâhları ve imalatın Ekonomisi " adlı kitabında toplamıştır. Kitabında özellikle iş bölümü ve işçilere işe katkıları oranında ücret ödeme konularını işlemiştir.

Owen, Perronet ve Babbage gibi iş etüdü fikrinin öncülerini takiben Amerikalı bir araştırmacı Frederick W.Taylor önemli katkıları olmuştur; öncekilerden farklı olarak Taylor düşündüklerini fabrikalarda uygulama yoluna gitmiştir. Taylor 'un endüstri mühendisliği alanına kazandırdığı önemli yeniliklerden birisi de, çalışanların yaptıkları işlerin "bir merkezden planlanması" görüşüdür.

Sistematik usullerle hareket ve metot etütleri ilk olarak başka bir Amerikalı Frank B. Gilbreth tarafından başlatılmıştır. Frank Gilbreth psikolog olan eşiyle birlikte yaptığı çalışmaları sayesinde insan hareketlerinin kanunlarını ortaya çıkarıp "hareket ekonomisinin prensiplerine" erişmişlerdir. Gilbrethler 1917 yılında hareket etüdünü ilk defa olarak tanımlamışlardır. Bu tanıma göre, hareket etüdü; işi temel elemanlarına ayırmak, bu elemanları birbirinden ayrı ve birbiriyle kıyaslayarak incelemek, etüt edilen bu elemanların zamanlarını ölçerek en ekonomik metotları geliştirme safhalarını içine alır.

Diğer bir Amerikalı, Henry Gantt, bir zaman ölçeğine göre işin planlanması ve yürütülmesinde kullanılan Gantt şemalarının yaratıcısı olarak tanınır.

1930'lu yıllarda ortaya konan iki ilginç çalışmanın da endüstri mühendisliği çalışmalarında öncülük ettiği söylenebilir. Bunlardan bir tanesi "İstatistik Kalite Kontrolünün endüstriye sokulması"dır. Bu çalışma Walter A. Shewhart tarafından 1931 yılında gerçekleştirilmiştir. Diğeri de işten numune alma tekniğinin sanayi problemlerine uygulanmasıdır.

Daha sonraları bilgisayarların ortaya çıkışı ve hızlı gelişimi ile çok sayıda bilgiyi işleme, depolama, hızlı ve güvenli şekilde kullanabilmek mümkün olmuştur. Böylece Endüstri Mühendisliği birçok bilimsel yönteme sahip olmuştur ve bunları uygulayarak etkin kararlar alabilmekte ve üretim sistemlerinin verimliliklerini önemli ölçüde artırılabilmektedir.

1.3. Endüstri Mühendisliğinin Ana Konuları

1.3.1. Üretim Planlama ve Kontrol

Üretim planlama ve kontrolü genellikle üretim yönteminin organizasyon ve planlanmasını içine alır. Üretim planı belirli bir ürünün imalının başlangıç ve bitiş tarihlerini kesin olarak belirler ve buna bağlı diğer bilgileri ortaya koyar, özellikle iş akımının tayini, üretim terimlerinin tespiti, iş emirlerinin hazırlanması, dağıtım ve koordinasyonun muayenesinin planlanmasından, malzemeler makineler takımlar ve operasyon zamanlarının kontrolünden sorumludur.

Üretim planlama ve kontrolü, imalat program ve planının tayin edilip yürütülmeleri için talimatların çıkarıldığı ve imalatı plana göre kontrol etmek amacıyla verilerin toplanıp, kaydedildiği bir fonksiyondur.

Üretim planlama ve kontrolü olmaksızın, bir işletmenin yüksek bir verimlilik seviyesine ulaşmasına imkân yoktur. İyi bir planlama ve kontrolün sağlanabilmesi için; işyerinde yapılan işlerin planlanması, muhtelif işlerin ne kadar zaman alacağı, yapılacak işlere ne zaman başlanıp ne zaman biteceğinin tespiti, makine ve teçhizatın kapasitelerinin tayini, her iş için gerekli stok ve hammadde miktarlarının belirlenmesi, iyi bir kalite kontrol sisteminin uygulanması ve tüm olarak, yapılan işlerin daima kontrol edilerek planlarla mukayesesi gerekmektedir.

1.3.2. Yöneylem Araştırması

Yöneylem araştırması, karar verme problemlerini çözme sanatıdır. Bu amaçla karar verme problemlerini analiz eder, modelini kurar ve matematiksel tekniklerden yararlanarak çözer. Bir problemin gerçeğe en uygun şekilde modellenenebilmesi bir sanat, modelin çözümü ise ancak bilimi kullanılmasıyla gerçekleşir. Bu iki etmen bir bütündür; problem çözümünün her aşamasında birbirini etkiler. İşletme problemlerinin çözümünde de yöneylem araştırması yaygın olarak kullanılmaktadır.

Günümüzdeki yöneylem araştırmacılarının kullandıkları yöntemler arasında farklılıklar görülmektedir. Fakat genel olarak bir yöneylem araştırması çalışmasında aşağıdaki aşamalardan geçilir.

1. Problemi formüle etmek,
2. İncelenen sistemin matematik modelini kurmak,
3. Modelden yararlanarak bir çözüm bulmak,

4. Modeli ve modelden elde edilen çözümü kontrol etmek,
5. Çözümü uygulamak.

Bugün birçok alanda kullanılan çözüm yöntemlerinden başlıcaları; doğrusal (lineer) programlama proje planlama teknikleri, doğrusal olmayan (nonlinear) programlama, karar teorisi, oyunlar teorisi, döküm modelleri, markov zincirleri, kuyruk teorisi, simülasyon ve çeşitli sezgisel ve grafik tekniklerdir.

1.3.3. Sistem Simülasyonu

Bir sistemin simülasyonu bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Bu model temsil ettiği sistem üzerinde uygulanması çok pahalı olan veya mümkün olmayan işlemlerin yapılmasına olanak verir. Bu işlemler uygulanarak model incelenir. Buradan gerçek sistemin davranışları ile ilgili özellikler ve tepkiler öngörülür.

Simülasyon modeli lineer modeller gibi tek değildir. Bir konu üzerinde farklı modeller bulunabilir. İlk olarak model kurulur. Sonrada model işletilip yorumlanır. Model kurulduktan sonra modele etkiler verilir. Etkiler verildikten sonra tepkiler incelenir. Daha sonra davranış analizi yapılır. Problemlerin simülasyon yolu ile çözümünde bilgisayar kullanılır. Çünkü bu problemlerin elle çözümü çok uzun zaman alır ve gerçekçi sonuçlar almak zorlaşır.

1.3.4. Kalite Kontrol

Kalite kontrolü; bir teşkilat tarafından yapılan imalat ve hizmetlerin, müşteriye tamamen tatmin etmek şartıyla en ekonomik seviyede olması için, teşkilatın belirli grupları tarafından gösterilen gayretleri belirli bir kaliteye ulaştırmak, bunu muhafaza etmek ve geliştirmek üzere bir bütün haline getiren bir sistemdir.

Kalitenin istatistiksel kontrolü, istatistik prensip ve tekniklerinin faydalı ve pazarı olan bir mamulün en ekonomik şekilde imali gayesiyle imalatın bütün kademelerinde tatbikidir. Kalite kontrolünde Shewhart'ın bulduğu kontrol diyagramları üreticiler, kabul örnekleme ise tüketiciler tarafından kullanılır.

İmalatın akışı sırasında yaptığımız kontrollerde kalitenin kontrolümüz altında olup olmadığını gösteren istatistiksel araçlar kontrol diyagramlarıdır. Kabul örnekleme ise N tanelik bir hacimden n tane örnek alarak bu n'lik örneğin kalitesinin ölçülmesidir.

1.3.5. Tesis Tasarımı

Tesis tasarımı, endüstriyel mamul üreten işletmelerin ilk düşünce aşamasından başlayarak, ilk üretime geçilen ana kadar geçen süre içinde tüm yönleriyle oluşum sürecidir.

Bir tesisi tasarımılabilmek için öncelikle tesisin daha geniş sistem içinde oynadığı rolün belirlenmesi gerekir. Buna bağlı olarak tesisin dış dengeleri oluşturulabilir. Daha sonra tesisin amacının netleştirilmesi gerekir. Bu tesisin alt sistemlerinin belirlenip iç dengelerinin oluşturulabilmesine yardımcı olur.

Bir tesis üç ayrı çevrenin ara kesitinde yer alır: Ekonomik çevre, sosyal çevre, teknik (teknolojik) çevre. Bu durumda çevrenin tesis üzerindeki etkileri üç tür olacaktır: Ekonomik etki, sosyal etki ve teknik etki. Tesisin içsel yapısı, bu etkiler ve bunların oluşturduğu dış dengelerle uyumlu bir rolü üstlenecek biçimde tasarlanmalıdır. Tesisi oluşturan alt sistemler ise çevrenin ekonomik sosyal ve teknik etkilerinin oluşturduğu koşulları doyurucu bir yapıya kavuşturulmalıdır. Bu açıdan bakıldığında bir tesisin tasarımı üç temel boyut içerecektir.

- Ekonomik tasarım
- Sosyal tasarım
- Teknik tasarım

Tasarım bütünsel bir süreçtir. Bu nedenle ekonomik, sosyal ve teknik tasarımı birbirinden ayrı düşünmemek gerekir. Gerçekte bütünsel bir tasarım yapılmalıdır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde karşılaşılan iş istasyonlarının tasarımı ile ilgili ergonomik araştırmalar çok yönlü teorik ve uygulamalı durum çalışmalarından oluşmaktadır. İş istasyonu ile ilgili çalışmalar disiplinler arası bir yaklaşım tarzı ile ele alınmakta ve antropometrik, fizyolojik, psikolojik ve güvenlik tekniği açılarından incelenmektedir. Bu çalışmalarda vücut duruşlan, iş esnasında karşılaşılan oturma ve ayakta durma pozisyonları ve açısal değişiklikler, harcanan efor, hareketlerin tekrar sayısı vb. unsurlar iş istasyonlarında verimi, konforu, sağlık ve güvenliği artırma yönünde belirleyici ergonomik kriterler olarak göze çarpmaktadır.

Literatürde bulunan uygulamalı çalışmalar, herhangi bir iş yerindeki mevcut istasyonlarda insan makina ara kesitinin ergonomik kriterlerle ve tavsiyelere göre değerlendirilip gerçek durumdaki aksaklıkları ortaya koymaktadırlar. Yapılan durum çalışmalarında, var olan problemlere öneriler ya da sistematik çözümler getirilmiş ve ergonomik açıdan üretime katkısı üzerinde durulmuştur.

Teorik kapsamlı çalışmalarda ise insana ve tekniğe yönelik laboratuvar deneyleri ön plana çıkmaktadır. İnsanın antropometrik, fizyolojik ve sosyolojik özelliklerinin daha iyi belirlenip, buna göre vücut işlevlerini optimum gerçekleştirebileceği sistemlerin nasıl olması gerektiği öngörülür. Bu çerçevede insan vücut fonksiyonları, hareket ve davranışları, teknolojinin gerektirdiği yüksek seviyede teçhizatlar kullanılarak klinik ergonomik deneylerle araştırılmaktadır.

Tez çalışması ile doğrudan ilişkili olan; ergonomik iş istasyonu dizaynında kullanılan vücut duruşları analiz metotları ve antropometrik iş istasyonu dizaynı ue ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Tezde yararlanılan uygulamalı Çalışmalar da yer verilmektedir.

2.1. Antropometrik İş İstasyonu Dizaynı ile İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, iş istasyonlarında mevcut makina, alet ve ekipmanlarının insanın statik ve dinamik vücut ölçülerine göre çalışma alanının düzenlenmesi ile ilgili yapılan öncü niteliğindeki araştırmalar üzerinde durulmaktadır. Ayrıca tezde faydalanılan ve antropometrinin ön planda yer aldığı çalışmalar da bu bölümde mevcuttur. Bu çalışmaların amacı işgörenin veya popülasyonun antropometrik özelliklerine uygun yatay ve dikey düzlemdeki faaliyet alanlarını belirleyerek iş istasyonundaki alet ekipmanın yerleşimini optimize etmektir.

Grandjean, Osborne. McCormic, David ve Mandal muhtelif yıllarda yapmış oldukları araştırmalarda oturma ve ayakta çalışma için antropometrik özelliklere göre çalışma alanları ve yüksekliklerinin boyutlandırılması ile ilgili ergonomik tavsiyelerde bulunmaktadır.

1912 yılında Bay ve Bayan Gilbreth iş istasyonlarında kullanılan araç ve gereçlerin işgörenin kolay erişebileceği şekilde konuşlandırılması üzerinde ilk hareket etüdü çalışmalarını yapmışlardır.

Takip eden yıllarda, işgörenlerin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla değişik duruş ve oturuş biçimlerinde antropometrik tasarım konusundaki çalışmalar hız kazanmıştır (Helander, 1995).

Farley (1955), normal çalışma alanını sağ elin taramış olduğu açı itibarıyla incelemiştir. Bu çalışmada Farley, kadın ve erkek operatörler için yatay düzlemde ayrı ayrı çalışma alanları belirlemiştir.

Squires (1956), normal çalışma alanını belirlerken dirseğin sabit kalmadığını ve kolların hareketi esnasında dairesel yörüngeden sapmalar gösterdiğini vurgulamıştır. Bu çalışma %10 luk dilimdeki erkek çalışanlar baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

Konz ve Goel (1969) yatay düzlemde çalışma alanını ABD popülasyonunda %5, %50 ve %95 lik kadın ve erkek işgörelere göre belirlemeye çalışmışlardır. Fakat bulgulara göre Squires' in belirlediği eğriden, farklı yüzde dilimlerine ait gruplarda şekilsel sapmalar olduğu gözlenmiştir.

Handley (1969), Endüstriyel Güvenlik Elkitabında ergonomiyi "iş kuralları" olarak tanımlamıştır. Kişinin fiziksel ve ruhsal bakımdan rahat bir ortamda en uygun çalışma koşulları içinde çalışmasını, duygularını ve yeteneklerini en etkili biçimde kullanmasını sağlamayı amaçlayan; makine yada görevin bunu kullanan kişiye uygun duruma getirilmesini içeren bir sözcük olarak kullanmıştır.

Ayoub (1973), çalışma yeri yüksekliklerini, ağır ve hafif işler, yazma ve montaj işleri olmak üzere, iş gruplarına göre antropometrik yüzdeler dahilinde sınıflandırmıştır. Diz alanı ve ayaklar için bırakılması gereken mesafeleri çalışmasında belirtmiştir.

Roebuck ve arkadaşları (1975), antropometrik verilerin çoğunlukla normal dağılım özelliği taşıdığını göstermişlerdir. Normal ve en büyük çalışma alanlarının vücut ölçülerine göre belirlenmesinin antropometrik tasarımda önemini vurgulamışlardır (Nah and Kreifeldt, 1996).

Karayalçm (1977), iş bilim yada ergonomiyi; becerilerini en uygun ve verimli şekilde kullanarak çalışan bir kimsenin; anatomi, fizyoloji, psikoloji bilim dallarından yararlanılarak, insan-makine sistemi içinde sistematik bir incelemeye tabi tutulması olarak tanımlamıştır.

Erkan (1977), ergonomiyi insan ve kendi çalışma çevresi arasındaki ilişkinin bilimsel etüdü şeklinde tanımlamıştır. Buradaki çevre sözcüğü ile insanın içinde çalıştığı fiziksel çevreyi değil, aynı zamanda kullandığı araç, gereç, çalışma yöntemlerini ve işin örgütlenmesini değerlendirmeye almış, bütün etkenleri insanın bizzat kendi yapısı, yetenekleri, kapasitesi ve zayıf yönleri ile ilişkili değerlendirme gerekliliğini vurgulamıştır.

Tiftik ve Erkanlı (1977), Ergonomi'yi insanların anatomik özelliklerini, antropometrik karakteristiklerini, fizyolojik kapasite ve toleranslarını göz önünde tutarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm faktörlerin etkisi ile oluşabilecek, organik ve psikososyal stresler karşısında, sistem verimliliği ve insan-makine-çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koymaya çalışan bilim olarak tanımlamış, bu bilim dalının çok disiplinli olduğunu özellikle vurgulamıştır.

İncir (1980), ergonomi; çalışanların biyolojik, psikolojik özelliklerini ve kapasitesini göz önünde bulundurularak insan-makine-çevre uyumunun doğal ve teknolojik kanunlarını ortaya koyan çok disiplinli bir bilim dalı olarak tanımlamıştır. (Bengisu NAZİK,2003)

Das ve Grandy (1983), yatay düzlemdeki el hareketlerinin normal enerji gereksinimi ile normal çalışma alanı içinde yapılması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Buna bağlı olarak istasyonda kullanılan tüm alet ve ekipmanların bu alan içinde yer almasının iş yerinde üretkenliğin artması ile sonuçlanacağını belirtmişlerdir.

Doğan (1987), oluşturduğu modelde işyerinde yapılacak incelemelerde kullanılacak Çalışma Senaryosu Evrelerini tanımlamıştır. Kullanılan çalışma senaryosu evrelerini oluşturan başlıca faktörler aşağıda verilmiştir.

- Bir işin yapılabilmesi için en az bir İşçiye ve onun alet , makine v.b. gibi bir ekipmanına gerek vardır.
- İşçinin işine başlaması insanla donatım arasında bir ilişkiyi böylece işi veya iş sürecini ya da iş şeklini ortaya çıkarır.
- İş; çalışma ve fiziksel hareketlerin şekline göre belirli süre içinde oluşur. Böylece iş, zaman faktörüne bağlı olarak birbirini izleyen evreleri kapsar.

Artım (1987), iş kazalarının; neden ve sonuçlarını kolaylıkla tespit edilebildiğini oysa iş yerlerinin ortam koşullarından ileri gelen sağlık sorunlarının, ancak yıllar sonra kendini

gösterdiklerini vurgulamıştır. Bu nedenle çalışma ortamının, işçi sağlığı -iş hijyeni- açısından izlenmesi,değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasını, işçi sağlığı ve iş güvenliği sorumlularının temel görevi olarak nitelendirmiştir. (Bengisu NAZİK,2003)

Das (1987), iş istasyonlarında üretim etkinliğini ve operatörün zihinsel, bedensel açılardan uygun koşullarda çalışmasını artırıcı önlemlerin alınması gerektiği üzerinde durmuştur. Bu çalışmada, endüstriyel iş istasyonlarında normal çalışma alanının doğru belirlenmesinin önemi vurgulanmıştır.

Ercan (1987), çalışma yerlerinin ergonomik şekillendirilmesi çalışmasında, işin işçiye uyumunu sağlamak amacı ile, ergonomik iş yeri şekillendirme üzerinde durmuştur. Uyumun sağlanabilmesi için belirlenen temel değerlendirme şekillerini aşağıdaki şekilde üstelemiştir.

- Antropometrik açıdan (vücut ve iş yeri ölçüleri..),
- Fizyolojik açıdan (ihtiyaç duyulan kuvvet düzeyi,çevre etkileri...),
- Psikolojik açıdan (motivasyon..),
- Bilgi açısından (bilgi verici ekipmanlar..),
- Organizasyon açısından (molalar, ücretlendirme...)
- Emniyet açısından (talimatlar..),

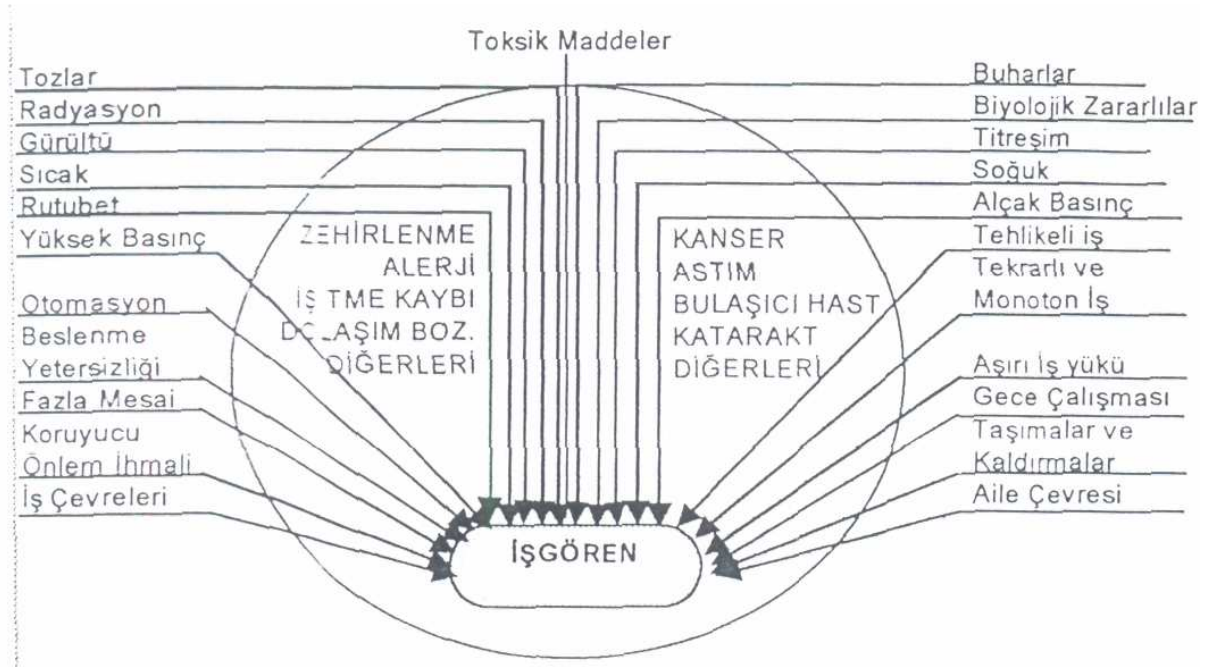
Battaloğlu (1988), çalışma yerlerinin ergonomik açıdan incelenmesi için kullanılabilir bir denetim listesi geliştirmiş, çalışma yerlerindeki çevre koşullarını, yer düzeni ve kullanılan araç-gereçleri puanlama yöntemine göre değerlendirerek çalışma yeri bazında ergonomik riskleri belirlemiştir.

Erkan (1988), sistemlerin tasarımından başlayarak, üretimin her aşaması ve üretilen malların kalite kontrolünde, etkin değerlendirme yönteminin önemini vurgulamış, bunun için kullanılabilir insan faktörünün fonksiyonel veya sistemin topyekün değerlendirmesi için kullanılabilir kurgu ve benzetme modellerinin verimlilik optimizasyonu için önemli olduğunu belirtmiştir. Ergonomik değerlendirmelerde, sistem içinde yer alış ve davranışlarını değerlendirmek için; iş verimi, fizyolojik reaksiyonlar, fonksiyonel kapasiteler, sübjektif değerlendirme bulguları, kritik olaylar ve iş kazaları bulguları gibi yaklaşımların kullanımının değerlendirmenin performansını geliştirdiğini vurgulamıştır.

Yine aynı çalışmada endüstriyel kazaların izlenmesinde kullanılan istatistiksel kayıtları; kaza sayıları, nedenler, ölümcül kazalar, kazalarda yaralanma ve sakatlanmalar gibi bilgilerin edinilmesinin işçi sağlığı ve iş güvenliği ve kazalardan korunmada önemini vurgulamıştır.

Kaza nedeni olarak insanların unutkanlığının göz önünde bulundurulmaması, beklentileri karşılamayan tasarımlar, bilgi işlem yeteneği ve risk tahmininde oluşabilecek sorunlar ile algı organlarının kapasiteleri ve diğer ortam stresleri sebeplen ile değerlendirmede oluşan hatalar olarak belirlemiştir. İş kazalarının önlenmesi için tüm bu etkenlerin göz önünde bulundurulduğu tasarımlar yapılmasının önemini vurgulamıştır.

Erkan (1989), işletmelerde insan gücü verimliliği için işçi sağlığı, güvenliği ile ilgili çalışmada; Çalışanların mesai süreleri içinde buldukları çevre, yaptıkları iş, işleme tabii tuttıkları yarı mamul ya da mamul maddeler, iş düzeni, çevredeki araç, gereç ve makineler, iş ve işlemlerin hızı çalışma saatleri gibi etkileşim odakları incelenecek olursa; temelde fizyolojik stres etkeni olan ve iş görenlerin çeşitli organik reaksiyonları ile psikosomatik sorunlara neden olan tüm etkenleri saptamanın mümkün olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.1. İş çevresi, iş düzeni ve işlemler (Bengisu NAZİK,2003)

Şekil 2.1 de İş çevresi, iş düzeni ve işlemler yanında çok çeşitli zararlılar, işletme yönetiminin idari hatalarının, iş ve aile çevresinden gelen sorunların insan performansına etki eniği belirtilmiştir.

İş yaşamında stres faktörleri (ergonomik faktörler)

Reaksiyon

Sağlık sorunları, Kazalar, Uyum güçlükleri, İş hevesi kaybı, Bunalımlar, Yorgunluk ve organik yıpranma, Beceri yetmezliği, Başarısızlık, Ölüm

Uzun dönemde etki

Tüm işyeri ve işletmelerde önemli ölçüde, Verimlilik kayıpları, Ulusal ekonomi ve kalkınma Çabalarına yansıyan olumsuz etki

Anonymous (1991), iş etüdü gelişme olanağı yaratabilmek amacıyla, belirli bir olayı ya da etkinliği ekonomiklik ve etkenlik yönünden etkileyen tüm kaynakları, etmenleri dizgesel olarak inceleyen bir teknik olarak tanımlamıştır.

Sistem yaklaşımı ile iş yaşamı; bir veya daha fazla amaca ulaşmak üzere bir arada bulunan ve aralarında ilişkiler olan fiziksel ya da kavramsal birden çok bileşenin (öğenin) oluşturduğu bütün olarak tanımlanmıştır. İş etüdü tekniği ile sistem parçalara bölünerek incelenmiş, insana uygun sistemin oluşturulması olduğu için de Tablo 2.1'deki yöntemlerden birinin kullanımı ile çözüme ulaşılabileceği belirtilmiştir.

Tablo 2.1. Azalan etkenlik sırasında çözümler (Bengisu NAZİK,2003)

Azalan Etkenlik Sırasında Çözümler	1	TEHLİKE	BİREY	Tehlikenin Ortadan kaldırılması
	2	TEHLİKE	BİREY	Bireyin Tehlikeden uzaklaştırılması
	3	TEHLİKE	BİREY	Tehlikenin Yalıtılması
	4	TEHLİKE	BİREY	Bireyin Korunması

Günümüz çağdaş yönetim anlayışında örgütü başarılı ya da başarısız yapan en önemli unsurun insan olduğu gerçeği pek çok kişi ve örgüt tarafından kabul edilmiş olup, bu anlayışa bağlı olarak, çalışanların ruhsal durumu ve işle ilgili tutumu konusunda artan bir ilgi meydana geldiği belirtilmiştir. Çalışanların, zamanının büyük bölümünü işinde geçirmekte ve işinde mutlu olabildiği oranda üretkenliği arttığı, işin, insan için yalnızca kaçınılmaz bir zorunluluk değil, aynı zamanda insanı doğanın tutsaklığından kurtaran, toplumsal ve bağımsız kılan bir nitelik taşıdığı belirtilmiştir.

Aynı kitapta günümüzde işin insancillaştırılması kavramı en genel anlamda, insanın yalnızca bedensel değil, zihinsel, psikolojik ve sosyal gereksinimlerini de dikkate alarak, çalışma

koşullarının iyileştirilmesini de ifade ettiği, bu amaçla da iş sürecinin, çalışma koşullarının ve çevresinin insani gereksinimlere uygun olarak yeniden organize edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Yaşam kalitesinin yükseltilmesinin ise her alanda yaşam koşullarının niteliğinin geliştirilmesine bağlı olduğu belirtilmiştir.

Çalışma yaşamının insancillaştırılması, psikolojik bakış açısıyla, çalışan insanın çalışma yaşamındaki konumunu, kendi yapısına, yetenek ve beklentilerine daha uygun hale getirmek ve onu işi ile bütünleştirmek amacına yönelik bütün faaliyetleri içine alan, sürekli bir düşünce ve eylem konsepti olarak tanımlanmıştır.

Fernandez ve arkadaşlarının (1992) Güney Hindistan' da elektronik endüstrisinde çalışan erkek işçiler üzerinde yaptıkları araştırmada, iş istasyonlarındaki alet ve ekipmanların antropometrik özelliklere uygun bir biçimde seçilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu anlamda, 18-35 yaş arasındaki 128 çalışana ait 27 vücut ölçüsü alınarak yapılan çalışmalarda diğer ülkelerle olan antropometrik farklılıklar ortaya konmuştur. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Sarman (1993), endüstri mühendisliğini; insan makine ve teçhizattan meydana gelen tümleşik sistemlerin tasarımı, geliştirmesi ve uygulaması ile meşgul olan ve bu tip sistemlerden elde edilebilecek sonuçları belirlemek, değerlendirmek üzere mühendislik analizleri, prensipleri ve yöntemleri ile birlikte matematik, fizik ve sosyal bilimlerdeki uzmanlaşmış bilgi ve becerileri kullanan bir mühendislik bilimi olarak tanımlamıştır. Konusu içinde operasyonel bilim , üretim mühendisliği ve insan faktör mühendisliğini barındırması ile farklı bilim dallarını içine aldığı değerlendirmelerde avantaj sağladığını vurgulamıştır.

Onur ve Özok (1995), yaptıkları çalışmada, çeşitli üretim gruplarındaki çalışma yerlerinde ve iş istasyonlarında insan-makine, insan-araç, insan-malzeme, ve insan-çevre sistemleri, çalışanların doğrudan katılımlarının sağlandığı "Uygulamalı Ergonomi Projeleri" aracılığı ile incelenmiştir. Çalışmalar toplam kalite yönetimi felsefesi doğrultusunda desteklenerek gelişme hedeflenmiştir. Katılımcı yaklaşımın çalışanlarda gözle görülür motivasyon artışı sağladığı gözlenmiştir. (Bengisu NAZİK,2003)

Das ve Behera (1995), normal çalışma alanını %5, %50 ve %95 lik dilimlerdeki kadın ve erkek işçilere göre incelemiştir. Bu çalışmada dirseğin dinamik hareketleri parametrik denklemlerle ifade edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, Squires' in normal çalışma alanına oranla daha büyük bir eğri tespit edilmiştir.

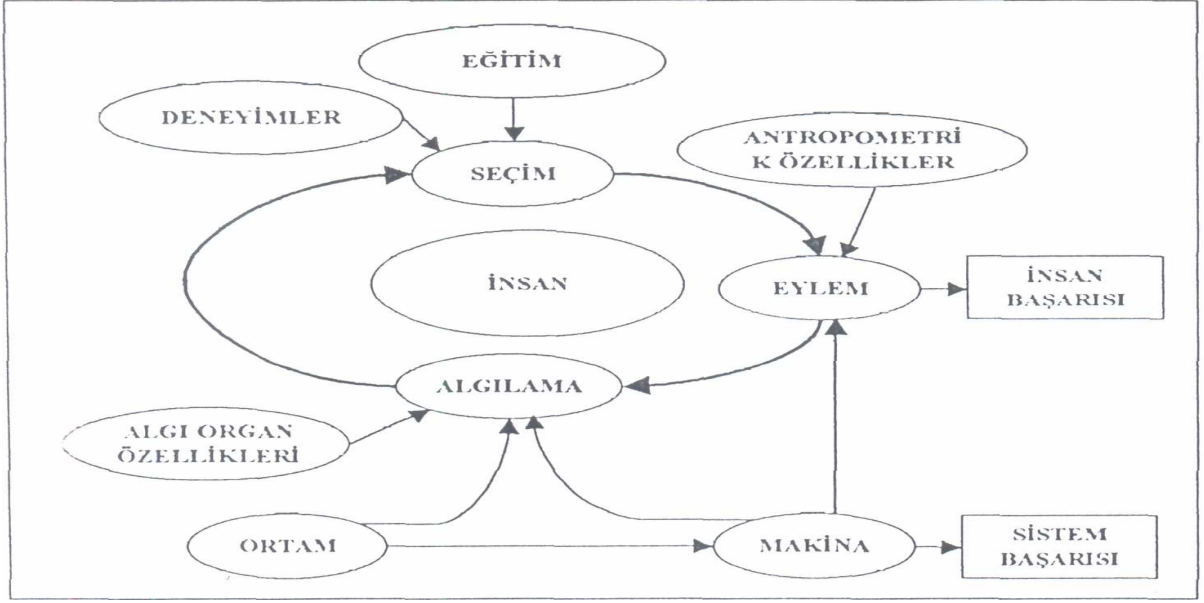
Şarman ve ark. (1995), yaptıkları çalışmada; endüstri iş hayatında işçilerin ergonomik tehlikelere maruz kalmasını azaltacak/ yok edecek şekilde ulusal boyutta "Ergonomik İş Güvenliği ve Sağlığı Yönetim Standardı" hazırlanmasının gerekliliğini vurgulamıştır. Bu araştırmada SSK tarafından yayınlanan 1993 istatistiki verilere göre meydana gelen iş kazaları kaza sayısı, nedenleri, kayıp gün sayılarına göre incelenerek sadece Ege bölgesinde iş kazası sebebi ile 431.541 gün, ülke genelinde ise 2.157.074 gün kaybı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada aynı zamanda iş güvenliği ile ilgili yasa hükümleri de incelenerek mevcut yönetmeliklerin konu ile ilgili yetersiz kaldığı vurgulanmıştır. Çalışmada işverenlerin bilgisayar destekli sistemleri çözüm için etkin bir seçenek olarak önerilmiştir.

Das ve Sengupta (1996), sistematik bir yaklaşım tarzı ile ergonomik iş istasyonu dizaynının gerçek hayatta nasıl uygulanması gerektiği ile ilgili prensipleri ortaya koymuşlardır. Süpermarket kasalarında işgörenlerin antropometrik özelliklerine göre yapılan düzenlemeler, bir uygulamalı durum çalışması olarak verilmektedir.

Sherif ve Frederick (1999), bir kümes hayvancılığı işletmesinde, kesim yapılan iş istasyonlarında bir bilgisayar animasyon programı uygulamışlardır. Bu istasyonlarda manuel olarak gerçekleştirilen kesme işlemleri sırasında işçilerin sürekli maruz kaldığı sağlık şikayetleri incelenmiştir. Üç boyutlu CAD modeli yapılarak iş istasyonunda işgörenin antropometrik özelliklere uygun modifikasyonlara gidilmiştir. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Sabancı (1999), teknolojik gelişimin üretim sistemlerinde insan işinin karakteristiğini değiştirdiğini, fiziksel iş yükünü azaltırken zihinsel yükün artmasına neden olduğunu vurgulamıştır. Bu değişimle beraber üretimde insana duyulan gereksinim nicelik olarak azalırken nitelik olarak arttığını belirtmiştir.

Ergonominin insanın fonksiyonlarını en uygun şekilde yapmasına çalışırken çevrenin, verimi olumlu yönde etkileyecek ve insan sağlığına en uygun biçimde oluşmasını sağlayacak şekilde düzenlenmesi amaçladığı bu çalışmada makine kullanan insanın makine ve ortamdan gelen bilgiyi sürekli kullanarak merkezi sinir sistemi aracılığı ile eylemlere aktardığı belirtilmiştir.



Şekil 2.2. Ergonomi ve insan modeli (Bengisu NAZİK,2003)

Modelde kullanılan prensiplere göre; ortam ve makineden alınan bilgiler algı organı vasıtası ile algılandığı, geçmiş tecrübeler ve alınmış eğitimler ile gelen bilgilerin değerlendirilerek seçimleri oluşturduğu; algılama ve seçimin çalışanlarda zihinsel yük yarattığı belirtilmiştir. Yapılan seçimin uygulanması ile sinir sistemi, iskelet ve kasların yardımı ile el, kol ve vücudun değişik hareketleri ile eylem haline dönüştüğü, yapılan eyleminde insanda fiziksel yük oluşturduğu gösterilmiştir. İnsanı yoran ve enerji tüketimine yol açan yükler sadece fiziksel yükler değil bugünkü teknolojik gelişmenin düzeyine bağlı olarak aynı zamanda zihinsel yükler olarak değerlendirilmiş performans gelişimi için her iki stres faktörünün de değerlendirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Yegül (2003), iş etüdünün temel basamaklarını belirlediği ders notlarında 8 ana basamak tanımlamıştır. Bunlar;

1. Etüdü yapılacak işin seçimi
2. En uygun kayıt tekniğini kullanarak doğrudan gözlemlerle, oluşan her olayın kaydedilmesi. Böylelikle elde edilen veriler incelenmeye en uygun şekli alırlar.
3. Kaydedilen olayların eleştirilerek incelenmesi ve yapılan her şeyin sırası ile işin amacı, yapıldığı yer, yapılma sırası, yapan kişi, yapıldığı yol bakımından gözden geçirilmesi,
4. Bütün koşulları hesaba katarak en ekonomik yöntemin geliştirilmesi,
5. Seçilen yöntemin kapsadığı iş miktarının ölçülmesi ve bu işin yapılması için gerekli standart zamanın hesaplanması,

6. Yeni yöntemin ayrılan süre ile birlikte onaylanarak standar uygulama olarak yerleştirilmesi

7. Yeni standardın iyi bir denetimle sürdürülmesi,

İlk üç basamak metot etüdünün ve iş ölçümünün ortak basamakları olup geri kalanlar içinde 5. ve 6. basamaklar iş ölçümünün diğerleri metot etüdünün basamaklarıdır.

2.2. Vücut Duruşlarının Analizi ile ilgili Çalışmalar

Literatürde vücut duruşları çeşitli analiz yöntemleri ile incelenmektedir. Bu analiz yöntemleri ve uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda verilmektedir. İş yerlerinde dizayna yönelik yapılan postür analizi çalışmaları manuel kaydetme tekniğine veya film analiz yöntemine dayanmaktadır. Kodlanan postürler bilgisayar tarafından analiz edilirse çalışmaya artı bir puan kazandırır (Corlett, Madeley and Manenica, 1979).

Wely (1970), çalışmasında ergonominin amacının verimlilik ve konforu arttırmak olduğunu belirtmiştir. Sağlık faktörünün de aynı derecede önem taşıdığını istatistiksel bir çalışma ile göstermiştir. Eindhoven'da bulunan bir fabrikada iş esnasında sergilenen postürleri, örnek resimlerle göstererek, bu postürler sonucunda ortaya çıkan rahatsızlıkları bir rapor halinde sunmuştur. İşletmenin üretim ve ofis bölümünde çekilen fotoğraflarla kötü dizaynın yol açtığı duruşlar belirtilmiştir. Wely çalışmasında 11 adet ergonomik öneri getirmektedir.

Madeley (1974), İngiltere'nin Birmingham Üniversitesinin, Üretim mühendisliği bölümünde " Duruş Hedeflemesi Metodu" adı altında teorik bir çalışma yapmıştır. Bu teknikte, vücudun 10 ayrı bölgesinde hareket tarzlarını ve yönünü tespit etmeye yarayan bir diyagram kullanılmaktadır. Vücut diyagramı üzerinde bulunan hedef tahtası biçimindeki yerlere işaretleme yapılarak hareketin yönü ve açısı tespit edilir. Corlett, Madeley ve Manenica' nın 1979 yılında yapmış oldukları çalışmada, postürlerin zaman sırasının, işin tamamlanma süresinin ve gün boyunca belirli postür sayısının önem teşkil ettiği belirtilmektedir.(Mustafa Akın ERDEM,2000)

Ovako (1974), Finlandiya ağır sanayinde işgörenlerin çalışma esnasındaki fotoğrafları çekilmiş ve bunlar 84 farklı çalışma duruşu altında, şematik hale getirilmiştir. Bu çalışma duruşları daha sonra standartlaştırılmış ve "OWAS Çalışma Duruşları" olarak endüstride tatbik edilmiştir. OWAS metodu iş etütçülerine hizmet etmeye yarayan bir analiz aracı olarak tasarlanmıştır ve her postürde geçen zamanlara dayalı bir iş örnekleme aracıdır.

Kansi and Kuaorinka (1977), Bu metotla postürler sınıflandırılır ve işgöreni rahatsız edici unsurları ortadan kaldırmak amacı ile dizayna yönelik sistematik çalışmalar yapılır.

Voigt (1976), iki adet senkronize video kamera yardımıyla çalışma duruşlarının ergonomik matizini yapmıştır. Voigt. işin gerektirdiği gücü analiz etmeye yarayan sistematik ergonomik bir metot olan ARBAN' in mimarıdır. Hotzmann 1982 yılında AR3AN metodunun uygulanış tarzını ve metotla yapılan istatistikleri çalışmasında belirtmiştir.

Daha sonra **Holzmann ve Wangenheim** (1983), bu metot dahilinde ilk raporları ortaya koymuşlardır.

O'Brien ve Paradise (1976), Nottingham Üniversitesi. Üretim Mühendisliği ve Yönetimi Bölümünde insanın çalışma esnasında vücuduna yerleştirilen tellerin esneme durumlarını ölçerek, maruz kalınan yükü ölçen bir metot geliştirdiler. Çelik telli transdüserler (strain-gauge transducers) kullanılan bu metotta civa doldurulmuş silikon boncuklar ve tel yardımı ile elektrik akımı ölçülmektedir. Çalışmada her mafsalda meydana gelen esnemenin ölçümü yapılmıştır. Teller 20 cm ve 40 cm ye kadar esnetilebilmiştir. Devam eden gelişmelerden biri, İngiliz otomotiv endüstrisinde test edilmiştir. Bu ölçümlerden pratik çalışma esnasında vücut hareketlerinde fazla abartılı, eklemleri zorlayacak hareketleri yapmanın iyi bir özellik olmadığı ortaya çıkmıştır.

Davis, Stubbs ve Ridd (1977), Surrey Üniversitesi, İnsan Biyolojisi ve Sağlığı Bölümünde sırt yükünü analiz etmeye yarayan "Endoradiosond" metodunu geliştirmişlerdir. Bu çalışmada işgörelere telsiz-baskı pilleri yutturulmuş ve karın-baskı değerleri ölçülerek, maruz kalınan sırt yükünün derecesi tespit edilmiştir. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Mitchelson (1977), Loughborough' daki Teknoloji Üniversitesinin İnsan Bilimleri Bölümünde, çalışma esnasındaki duruş ve hareketleri geliştirmek için 3 boyutlu kayıt metodunu ortaya koymuştur. İnsan vücudunun fonksiyonel birimlerine yerleştirilen infrared (kızılötesi) lambalarla x, y ve z ekseninde her durumda alınan sinyalleri bir kamera ile tespit ederek uygun çalışma hareketlerinin geliştirilmesi amacı doğrultusunda incelemelerde bulunmuştur. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Bern ve Milner (1979), İsveç ağır sanayinde yapmış oldukları çalışmalar ve gözlemler neticesinde teorik bir çalışma metodu geliştinmişlerdir. Bu, yüksek gereksinimli teçhizat ve ekipmana gerek duymaksızın gözlemlere dayalı bir metottur(Leskine, et al., 1997).

Winkel (1980), Lulea'da Teknik Yüksek Okulunda bir metot denemiştir. Bu metotta işgörenlerin yük altında çalışma esnasındaki duruşları filme alınmıştır. Yük altındaki çalışma durumları kaydedilen filmlerde incelenmiş ve sonra işçilerin elektromiyografisi (EMG) alınmıştır. Böylelikle işgörenlerin maruz kaldığı zorlanma, çeşitli kas gruplarındaki elektiriksel aktivite ölçülerek tespit edilmiştir. Vorschlag Von Tonson tarafından, duruş analizinde ilk defa film ve EMG birlikte kullanılmıştır. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Corlett ve Manenica (1980), çalışmalarında postürlerin kayıt ve değerlendirmeleri ile ilgili OWAS ve Duruş Hedeflemesi metotları üzerinde durmuştur. Fiziksel aktivite ve kaslardaki zorlanmanın ölçülmesinde EMG nin iyi bir araç olduğunu belirtmektedir. Endüstriyel iş ortamında, işyeri boyutlarının çalışana uygun olmadığı zaman konforun azalacağı ve kötü çalışma postürlerinin ortaya çıkacağı vurgulanmaktadır. Nokta kaynak ve presleme iş istasyonlarında örnek dizayn problemlerine çalışmada yer verilmiştir.

Kant, Notermans ve Borm (1990). OWAS metodunu kullanarak 42 araba tamirhanesinde çalışan işçileri gözlemlemiştir. Her tamirhanede iki işgören rassal olarak seçilmiştir ve her biri için 42 dakika kayıt yapılmıştır. Faaliyetlere göre değişiklik gösteren vücut duruşları ve gün boyunca tekrarlanma sıklıkları bilgisayar kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçta araba tamir işlerinde, uygun yükseklik sınırları belirlenmiştir.

Mossink (1990), bir paketleme iş istasyonunda mevcut değişik tipteki problemlerle ilgili bir durum çalışması yapmıştır. Bu çalışmada makina, endüstri ve sağlık personelinden oluşan disiplinler arası bir proje takımı kurulmuş ve sonuçta iş istasyonunun yeni bir prototipi geliştirilmiştir. Araştırmada çalışma esnasındaki iş postürleri ve işin kalitesi bir çok ergonomik açıdan değerlendirilmiştir.

Mattila, Kanwowski ve Vilkki (1993). inşaat işlerinde çekiç kullanımı sırasında oluşan kötü postürleri. bilgisayarlı OWAS metodu adı altında yapmış oldukları çalışmada analiz etmişlerdir. El aletlerinin kullanımından doğan sakatlanmaları bu metotla incelemiştir. Postürlere ait kodları bilgisayara aktarıp, labratuvar ortamında analiz etmişlerdir. Bu metotta 15 ve 5 saniyelik aralıklarla video görüntülerinden elde edilen resimler bilgisayar ortamında analiz edilmiş olup 6 adet öneri sınıfına göre değerlendirme yapılmıştır.(Bengisu NAZİK,2003)

Buchholz ve arkadaşları (1996), bir otoyol inşaatında çalışanların sergilediği vücut duruşlarını OWAS metodunun temelini oluşturduğu PATH metodu ile analiz etmişlerdir. Spesifik bir metot olan PATH iş örnekleme ile ağır işlerden oluşan, statik kassal yüklenmenin postürel açıdan incelenmesine dayanmaktadır. OWAS kodlamaya göre PATH

postürleri türetilmiştir.

Luis ve arkadaşları (1996), araştırmalarında artan üretimin, iş istasyonlarının verimliliği artırıcı yönde, ergonomik dizayn edilmesiyle doğrudan ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında aşırı yüklenme, motivasyon kaybı ve buna bağlı olarak üretim verimliliğindeki düşüşün önlenmesi için iş istasyonlarında ergonomik adaptasyonun sağlanması üzerinde durulmuştur. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Scott ve Lanbe (1996), OWAS çalışma metodunu Britanya' da bulunan bir gıda fabrikasında uygulamışlardır. Çalışma esnasında işgörenleri filme kaydederek uygun olma-an vücut duruşlarını metoda göre tespit etmişler ve mevcut sisteme öneriler getirmişlerdir.

Bao, Winkel Mathiassen ve Houshang (1997), iş istasyonlarında çalışanların mesleki sağlık yakınmaları üzerinde durmuşlardır. Çin ve İsveç' deki montaj hatlarında omuz ve boyundaki rahatsızlıklar ergonomik iş istasyonu dizaynı kapsamında ele alınmıştır. Çalışmada, montaj hattı dengelemesi ve duyarlılık analizi ile üretim çıktısının, ergonomik iş istasyonu dizaynı ile ilişkisi ortaya konmuştur. Fabrika genelinde yürütülen ergonomik dizayn faaliyetleri ile iş istasyonlarıyla sağlıklı vücut duruşlarının, buna bağlı kol hareketleri verimliliğinin arttığı ve boş zamanların azaldığı gözlenmiştir.

Gill ve Ruffle (1998), bilgisayar destekli ergonomik insan modellerinin ergonomik değerlendirme aracı olarak uygulanabilirliğini çalışmalarında araştırmışlardır. Biyomekanik açıdan insan hareketlerinin simulasyonu ile proses simulasyonunu beraberinde bulduran bilgisayar modellerinin yakın gelecekte, üretimde karşılaşılan dizayn problemlerini çözme konusunda önemli yer tutacağı üzerinde durulmaktadır. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

Tichauer ve Gilad (1999), video kaydı ve bilgisayar destekli ölçümlerle, kadın ve erkek çalışanların dinamik kaldırma esnasında harcadığı eforu ve omurganın gösterdiği açısız değişiklikleri, yapılan bir dizi laboratuvar çalışması ile analiz etmişlerdir. Bu çalışmada, çalışma yerlerinin sırt ağrılarına meydan vermeeyecek şekilde dizaynının önemi vurgulanmaktadır. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

3. ERGONOMİ

Ergonomi kelimesi Yunanca ergo(iş) ve nomi(kural) sözcüklerinin birleşiminden türemiştir. İlk defa ergonomi kelimesi Wojciech Jastrzebowski tarafından 1857 yılında Polonya'daki bir gazetede kullanılmıştır. ABD' de "İnsan Faktörü Mühendisliği" veya "İnsan Faktörü" birbirleri ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadırlar. Avrupa'da ergonominin kökü iş psikolojisi, biyomekanik ve iş istasyonu dizaynına dayanmaktadır. Diğer yandan insan faktörünün kökü, deney psikolojisinden ve odak noktası da insan performansından, sistem dizaynından gelmektedir (Helander, 1995).

3.1. Ergonominin Tanımı

Ergonomi, iş başındaki insanın; güvenlik, fiziksel ve fizyolojik koşullarını, biyolojik süreç, işin içeriği, değerlendirme faktörleri, işe karşı gösterilen istek gibi psikolojik koşulların oluşturduğu çok yönlü bir çevre içinde inceleyen, iş gücünün etkinliğini artırıcı yeni koşulları belirleyen ve bu koşulların uygulanmasında yardımcı olan bir iş incelemesi olarak kabul edilebilir. İşletmede, insan ve diğer üretim faktörlerinin teknik yönden incelenmesine yer verilerek suretiyle sağlıklı ve verimli bir çalışma ortamının kurulması mümkün olmaktadır.

Teknik ilerlemenin sonucu olarak ürün gelişirken, endüstri gittikçe makineleşmiş, otomatikleşmiştir. Bu gelişine içinde, insan faktörünün yıpranmasını ve makineler karşısında yetersiz kalmasını azaltmak, insanın becerilerinden en verimli biçimde yararlanmak amacıyla ergonomi bilimi hızla gelişmek zorunda kalmıştır. Ergonomi, çalışanla iş arasında uyumlu bir ilişki kurmak için çalışma süresince iş ile ilgili bilgilerin en hızlı, açık ve anlaşılabilir biçimde alınmasını, algılanmasını, tatmin edici biçimde yargıya varılmasını, en uygun kararların alınmasını ve alınan kararların bilgi ile ilgili olarak yapılacak kontrolün doğru ve kolay uygulanabilir olmasını sağlamak amacını güder.

Bu bilim dalı, anatomik, fizyolojik, psikolojik, sosyolojik ve teknik bilgilerden yararlanarak, insan işinin, yapılabilirlik ve dayanılabilirlik sınırlarının belirlenmesi için yöntemler geliştirir. Ergonominin görevi, insana yönelik bir iş düzenlemesinin temel bilgilerini sağlamaktır. Böylelikle ergonomi işin insana ve insanın işe uyumu için gerekli koşulları belirler (MPM-REFA, 1988).

3.2. Ergonominin Tarihçesi

Endüstride ergonominin önemi; teknolojik gelişmenin işçiler üzerinde genellikle önceden tahmin edilmeyen etkiler yapmasından kaynaklanır. Buradan iki önemli sonuç çıkar. Birincisi,

uzun süre stres altında çalışan insan vücudunun hayatın geriye kalan kısmında etkinliğini ve niteliklerini kaybedilmesidir. İkincisi, bir işin gereklerinin işçiyle uyuşmamasının üretimde çıktı miktarını azaltabilmesi ya da daha olumsuz bir sonuç olarak bazı rahatsızlıklara neden olabilmesidir.

Ergonominin önemi yavaş yavaş fark edilmeye başlanmıştır. Bunun üç temel nedeni vardır. Bu nedenler aşağıda sıralanmıştır. (Anonymous, 2003)

- İnsanlar oldukça tutucudurlar. Kısa dönemde çalışma koşullarında değişiklik yapmak istemezler. Olumsuz uygulama ve tasarımlar çoğu zaman kaçınılmaz olarak kabullenebilir,
- İnsanla uğraşan kişilerin tümü, insan hakkında her şeyi bildiklerine inanırlar. Yeni buluş ve gelişmelerden kaynaklanan bilgileri kabullenmek istemezler,
- İnsan vücudu birçok şeye kolayca uyum sağlamak ve çeşitli güçlüklerle kazanabilmektedir,

Bu nedenlerden dolayı stresin insan üzerindeki etkileri ancak yıllar sonra değerlendirilmiştir. Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde mal ve hizmet üretiminde optimum performansın, insan ve makinenin birlikte uyumu ve bu sistemin optimum çevrede kullanılması ile elde edilebileceği gerçeği vardır (Smith ve Smith, 1982) İnsanı iş basında bilimsel olarak inceleyen ergonomi; insanları yetenekleri dahilinde en uygun işe yerleştirerek çalışmalarını sağlamayı ve böylece insan-makine sisteminin verimini arttırırken, insanın en rahat ve uygun çevre koşullarında çalışmasını amaçlar. İnsanın çalışma süresinde fizyolojik, psikolojik ve sosyal özelliklerinin iyi bilinmesi oranında insan-makine sisteminin verimliliğinin, dolayısıyla üretimin, arttırılması mümkün olur. Ayrıca çağdaş insancıl düşüncelerin gereği olarak insana çalışma koşullarının sağlanması da, ancak ergonomi sayesinde gerçekleştirilebilir. Buna günümüzde işin insana ulaştırılması adı verilir. (Mc Cormick ve Sanders, 1982).

Türkçe'ye; işbilim veya çalışma bilimi adları ile aktarılan ergonomi kavramı Amerika Birleşik Devletlerinde "Human Factors Engineering", İngiltere'de "Applied Psychology", Alman dilinde "Arbeitswissenschaft" olarak kullanılmaktadır. (Anonymous , 2003)

Ergonominin tarihçesini incelenirken; bir bilim dalı olarak kabul edilip, gerekli önem verilinceye kadar çeşitli evrelerden geçtiğini belirtmiştir. İnsanın çalışma koşullarını bir örgüt tarafından inceleyen bilimsel araştırmalar, Birinci Dünya Savaşı sonuna kadar yapılmamıştır. Savaş sonrasında "Endüstriyel Yorgunluk Araştırma Komitesi" (İFRB) kurularak ilk kez beşeri bilimlerde eğitilmiş insanlar, insanı işbaşında incelemeye başlamışlar, insan

performansı üzerine yeni standartlar koymuşlardır. İnsanın çalışma çevresinin, insan ve makinenin birlikte çalışmasının incelenmesi psikometrik testlerle dayanılarak orduya personel seçiminde büyük başarılar sağlamıştır. İnsanı işe uydurma yolunda yapılan çabalar, gerekli personelin seçimi ve eğitilmesinin zaman almasından dolayı teknik gelişmenin hızına ayak uyduramamıştır. Bunun üzerine işi insana uydurma zorunluluğuyla karşılaşmıştır. Bu amaçla bilim adamları, anatomi, fizyoloji ve psikiyatri uzmanları mühendislerle çalışarak elektrikli ve mekanik donatım tasarımı için tavsiyeden çok, giyinme, aydınlatma, iletişim tasarımı, vücudun kaldırma ve taşımada kullanılması, ısı, nem, gürültü ve titreşime karşı streslerin belirlenmesi ve kontrol edilmesiyle uğraşmışlardır. (Erkan, 1988)

1920'de Uluslararası Endüstri Psikoloji Enstitüsü kurulmuş, iki örgüt; ortak çalışmalar sonucunda konuya ilişkin 61 rapor hazırlamıştır. Ancak aynı dönemde ekonomide istihdam olanaklarının azalması ile beraber insan gücünün etkin kullanılması ile ilgili çalışmaların sayısında önemli düşüş yaşanmıştır.

İkinci Dünya Savaşı sonunda Askeri alanda hızlı gelişmeler görülmüştür. Bu dönemde endüstride kullanılan donatım cihazları daha karmaşık hale gelerek hızlanmış ve insanın uyum sağlaması daha zor hale gelmiş, çalışan verimliliği ve performans limitleri konuları tekrar ön plana çıkmıştır. Bunun sonucu olarak başta askeri alanlara dönük olmak üzere Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere'de araştırma üniteleri kurularak yoğun programlar uygulanmıştır.(Singleton, 1972)

Başlangıçta, askeri alanda yürütülen ve geniş hükümet desteği gören çalışmaları yürüten araştırmacılar zamanla kendi ilgi alanlarında ayrı gruplar halinde çalışmalarının daha yararlı olacağı kanısına vardılar. Ancak bu kez de birbirinden bağımsız çalışmanın sakıncaları gittikçe belirgin hale gelmeye başlamıştır. Çünkü böyle bir çalışma yöntemi bir yandan araştırma için ayrılan fonların dağılmasına, diğer yandan aynı konu üzerinde gereksiz yere birçok araştırmanın yoğunlaşmasına yol açmış bulunmaktaydı. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak amacıyla 1949 yılı Temmuz'unda K.F. Murrell'in ofisinde bir toplantı yapılmıştır. Böylece insanın yaptığı işle ilgili olan disiplinler arası grup oluşturulmuştur. Bu grubun ilk toplantısı aynı yıl Oxford'da yapılmış, birçok ilgili disiplinlerden uzmanlar toplantıya katılmışlardır. Toplantı sonucunda anatomist, fizyolojist, psikiyatrist, endüstriyel tıpçılar, sağlık uzmanları, tasarım mühendisleri, iş etüdü mühendisleri, mimarlar, aydınlatma ve ısıtma mühendislerini bir araya getirecek bir topluluk kurulması kararına varılmıştır (Murrell, 1975) İnsan performansı için çalışan bu disiplinliler arası alan için Yunancada iş anlamına gelen "ergos" ve doğal kanunlar anlamına gelen "nomos" sözcükleri değerlendirilerek

"Ergonomics" adı verilen yeni bilim dalı belirlenmiştir. Bu kolay bir kelimeydi ve diğer dillere çevrime olanak veriyordu. En önemlisi, biri diğerinden daha önemli bir disiplini de belirtmiyordu. 1949'da Murrell'nin çabası ile kurulan Ergonomi Araştırma Derneği "Ergonomic Research Society (ERS)" hızla gelmiş, iki yıllık bir dönem içinde hemen hemen tüm dünya ülkelerinden bilim adamları bu derneğe üye olmuşlardır. 1956 yılında Avrupa Verimlilik Ajansı (EPA) derneğe bir grup yollamış, bu grup 1957 yılında Levden'de bir teknik seminer düzenlemiştir. Daha sonraları 1959 yılında Zürih'te bir konferans yapılmıştır. 1961 'de Liege'de mühendislik öğretim üyeleri için bir seminer yapılmış ve bu seminerin sonucunda Uluslararası Ergonomi Derneği (International Ergonomics Association) kurulmuştur. Dernek ilk toplantısını aynı yıl Stockholm'da toplantıda ergonomi; insanlar ve insanların yaptığı işler arasındaki ilişkilerin bilimsel incelenişi olarak tanımlanmıştır

3.3.Ergonomik olmayı belirleyen faktörler

Bir çalışma sisteminin ergonomik olması, diğer bir deyişle insancılığ, araştırmacı Rohmert' e göre birbirini izleyen dört ölçüte göre belirlenir:

Yapılabilirlik: Bu ölçüt, bir çalışma sisteminin ergonomik olup olmadığını belirleyen birinci basamaktaki ölçüttür. Bir çalışmanın ergonomik, diğer bir tanımla insanca olabilmesi için her şeyden önce bu çalışmanın gerektirdiği işlemlerin ve yüklenmelerin insanın biyolojik yeteneklerinin sınırları içinde olması gerekir.

Dayanılabilirlik:Ergonomik çözümlemenin ikinci basamağını oluşturan bu ölçüt, yapılabilirlik ölçütünün zaman boyutuyla ilişkilendirilmiş biçimindedir. Bu ölçüte göre bir çalışma sisteminin ergonomik olabilmesi için o çalışma sisteminin insandan istediği yetenek düzeyinin, "sürdürülebilir iş başarımı sınırı içinde olması gerekir. Sürdürülebilir iş başarımı (performans) düzeyi genç ve sağlıklı bir insanın belli bir süre boyunca sürdürebileceği en üst (maksimum) iş başarısını anlatmaktadır.

Kabul edilebilirlik: Bu ölçüt ergonomik değerlendirmenin üçüncü basamağını oluşturur ve "beklenebilirlik" olarak da isimlendirilir. Bu ölçüte göre dayanılabilirlik sınırları içindeki koşulların toplumsal değer yargılarına uygun ve çalışanlar tarafından kabul edilebilir olması gerekir.

Hoşnutluk:Bu ölçüt Rohmert'e göre insancılık ölçütlerinin son basamağını oluşturur. Bir çalışmanın insanca olabilmesi için, o çalışmanın, çalışmayı yapan kişinin hoşuna gitmesi gerekir. Bir çalışmanın, kişide hoşnutluk duygusu yaratması için her şeyden önce, çalışmanın kişinin yeteneklerine uygun olması, öte yandan onun beklentilerini ve özlemlerini yanıtlaması

gerekir. Ergonomik ölçütlere son yıllarda eklenen beşinci ölçüt "kendini gerçekleştirebilirlik" ölçütüdür. Bu ölçüte göre bir çalışmanın ergonomik olabilmesi için o çalışmanın, insanın kendisini geliştirmesine katkıda bulunması gerekir. Çalışma, kişinin tüm yeteneklerini kullanmasına ve geliştirmesine, kendine gerçekleştirmesine olanak sağlamalıdır (İncir, 1998).

3.4. Ergonominin Amacı

Ergonomi, çalışanların beden ve yapı özelliklerinin gözetilmesini, insan bedeninin boyutları (Antropometri) gözetilerek iş düzeni kurulmasını ve insana uygun bir yerleşim sağlanmasını amaçlar. Ergonomi, çalışan insanların fizyolojik kapasite ve toleranslarını gözeterek, iş ortamındaki tüm stres etkenlerini kontrol altına almayı ve çalışanların fizyolojik kapasitelerinin korunmasını ve mümkünse yükseltilmesini hedef alır.

Ergonomi, insan faktörünün yerinde, sağlıklı bir ortamda ve psikosomatik sorunlardan uzak bulundurulmasını ve verimliliğin artırılmasını amaçlar. Ayrıca sistem içinde insan, makine ve çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koyarak, iş dünyasında en uygun sağlık ve güvenlik koşulları için insancıl bir düzen almasını amaçlar (Erkan, 1989).

İnsanın üretim ya da hizmet amacıyla birlikte çalıştığı basit veya karmaşık her türü, tezgâh, araç, gereç vb. makine olarak isimlendirirsek ergonominin en önemli uğraş alanının insan-makine sistemleri olduğu görülür. Bu sistemlere literatürde "iş sistemleri" ya da "sosyoteknik" sistemler adı verilir. Sistem içinde sistemin amacını gerçeklemek üzere (örneğin iş parçasının bir tezgâhta işlenmesi gibi), insan ve makineye belirli görevler düşer. Bu görüşle insan ve makinenin sistem içindeki kısmi fonksiyonlarını teşkil ederler. Sistemin basit veya karmaşık oluşuna göre bu fonksiyonlar da basit veya karmaşık olabilir. Örneğin insan ile bir tornavida, insan ile bir torna tezgahı veya insan ile bilgisayar, insan-makine sistemlerine birer örnektirler.

Ergonominin uğraş alanı görüldüğü gibi insan-makine sisteminin incelenmesini oluşturmaktadır. İnsan makine sistemini kurmak ve bu sistemin en iyi biçimde çalışmasını sağlamak ergonominin temel uğraş alanıdır. Ergonomi, sistemi oluşturan etmenleri birbirine uyumunu sağlamaya çalışır.

Sistemi çalıştıracak olan insanın, fizyolojik ve psikososyal yönlerden, sistemle iyi uyuşmasına çaba harcamak, ergonominin asıl görevidir. Ergonomi yöntemler geliştirerek vücut işlevlerinin en uygun biçimde gerçekleştirilmesine çalışır. Öte yandan ergonomi, sistemin içinde bulunduğu çalışma çevresinin, verimi olumlu yönde etkileyerek, insan sağlığına sakıncalı olmayacak ve insanın huzur içinde çalışmasını sağlayacak biçimde düzenlenmesinde

çaba harcar.

Ergonomi, iş sistemi içinde insanı incelerken daha yüksek performansa ulaşmasıyla, çalışan kişiden istenen zorlanma arasında en uygun bir bileşim elde etmeyi amaçlar, zorlanma aşın artırılmadan, insanın performansının yükseleceği ilk kez ergonomik araştırmalarla gösterilmiştir (Şimşek, 1994).

3.5. Ergonominin Dayandığı Bilim Dalları

Çeşitli bilim dalları ile daima ilişki halinde olan ergonominin en çok ilişkili olduğu bilim dalları: fizik, tasarım, matematik, psikoloji, fizyoloji ve anatomidir. Bunlardan fizik, tasarım ve matematik mühendislik bilimleri, psikoloji, fizyoloji ve anatomi ise insan bilimleri olarak sınıflandırılır.

Anatomi, insan iskeleti, vücut duruşu, kasların kullanımı konularıyla ilgilenir. Eklemlerin hareket sınırları ve yönü, kuvvet uygularken kasların etkinliğini ve direncini arttıran en elverişli duruş ve konumlar, parmakların, kol ve bacakların yapısal özellikleri bu açıdan önemli konulardır.

Antropometri, bir bilim olarak doğrudan insan vücudunun boyutsal nitelikleriyle ilgilidir. İnsanların vücut ölçüleri, cinsiyetlerine ve yaşadıkları bölgelere göre farklı olabilmektedir. Antropometri bu konularda ayrıntılı veriler sağlar.

Fizyoloji, organ, doku ve hücrelerin aktivitelerini inceler. İş fizyolojisi, bulunulan ortam içinde çalışan insan bedenini oluşturan organların işleyişini ele alır. Çalışan insan organlarının, ortam ve çalışma koşullarına bağlı olarak, gelen çeşitli etkilere karşı gösterdikleri tepkiler ve bu tepkilerin ölçülmesi, bu bilim dalının en önemli çalışma alanını oluşturur. Bu tepkilerin bilimsel yöntemlerle analizi ile çalışma koşullarının elde edilen verilere göre düzenlenmesi yine iş fizyolojisinin konusu olmaktadır. Bu yolla daha rahat, yorucu olmayan, hem zorlanmayan hem de yetenek israfına yol açmayan, dengeli ve uyumlu bir ilişki sağlanarak işte verimliliğin uzun bir süre sürdürülmesi sağlanabilir.

Psikoloji, beyinsel ve duygusal açıdan insan davranışlarını bütün yönleriyle konu edinir. Tasarımcılar psikolojinin dikkat, bilgi alma ve işleme, karar verme alanlarını içeren mühendislik psikolojisiyle daha çok ilgilenirler.

Ergonomi çalışmalarında, bu bilim dallarının verilerinden daima yararlanılmalıdır. Ancak bu bilgilerin ışığı altında, insanın fiziksel ve zihinsel zorlanmasına meydan vermeden en iyi makine ve çevre tasarımına doğru ve bilinçli olarak gidilebilir (Şimşek, 1994).

3.6. Ergonomik İş Sistemi

Genel bir yaklaşımla, aralarında belirli bir ilişki bulunan, belirli bir amaç doğrultusunda bir araya gelmiş, bir sınır ile dış çevreden ayrılan, fiziki veya fiziki olmayan elemanların oluşturduğu topluluğa (bütünlüğe) sistem olarak tarif edilir. Bu tanımdan hareket ederek tek bir çalışma yerini, bütün işletmeyi, bir kuruluşu ve hatta ekonomiyi bir sistem olarak tanımlamak mümkündür. Sistem, endüstriyel faaliyetleri, hem yönetim kademesindeki işleri, hem de hizmet dalındaki çalışma yerleri için geçerliliği olan bir kavramdır (Bridger, 1995).

Endüstriyel faaliyetlerde ele alınan sistemlerin hemen hemen tümü sosyoteknik sistemlerdir: İş sistemlerinde görevlerin gerçekleştirilmesi sürecinde insan ve üretim araçları girdiye etki ederek, muhtemel çevre koşulları altında çıktının oluşmasını sağlarlar.

İnsan ve üretim araçları sistemi oluşturan öğeler arasındadırlar. İş sisteminin kapladığı alana girer girmez sisteminin elemanları olarak sayılırlar. İş sistemlerinde aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere 7 adet temel eleman mevcuttur.

1- Görev: Çalışana, belirli bir amaca erişilmesini sağlayacak etkinlikte bulunması için verilen yönergedir. Görev genelde çıktının ne olduğunu belirten bir isimle adlandırılır ve etkinliğin ne olduğunu açıklayan bir fiille tanımlanır. Görev, bir çalışan tarafından donanım, araç ve gereçler yardımıyla girdileri çıktıya dönüştürmek için yapılan faaliyetler bütünüdür. Görev içerisinde yer alan faaliyetler fiziksel veya mantıksal olabilir. İş kavramı, çalışana atanan görevlerin bütününe temsil etmektedir.

2- İş akışı: İş akışı sistemin süreç veya zaman içindeki davranışı olarak tanımlanabilir. İş akışında girdinin nerede (hangi atölyede veya hangi çalışma yerinde), ne zaman (hangi zaman sırasına göre), ne ile (hangi insanlarla ve hangi üretim araçlarıyla) göreve uygun olarak değiştirileceği veya kullanılacağı belirtilir.

3- Girdi: İş sisteminin girdisi genellikle işin konusunu oluşturan nesnelere dir. Girdiler göreve göre hal, biçim ve durum değişikliğine uğrar veya kullanılırlar. Sistemin nesnelere olan hammaddeler, yarı mamuller, malzeme ya da veriler girdi olarak adlandırılırlar.

4- Çıktı: İş sistemlerinden göreve göre, hal, durum, biçim değişikliğine uğramış ya da kullanılmış olarak sistemi terk eden elemanlara verilen addır.

5- İnsan ve üretim aracı: İş sisteminde girdiyi çıktıya dönüştüren kapasite olarak tanımlanabilir. İş sisteminde görevin yerine getirilmesinde herhangi bir şekilde katkısı olan alet veya makineler en genel anlamıyla üretim aracı veya çalışma aracı olarak adlandırılırlar.

6- Çevre koşulları: Çevre koşulları iş sistemini etkileyen ve bazı durumlarda da iş sistemi tarafından üretilen fiziksel, örgütsel ve de sosyal etmenler olarak sınıflandırılır. İklim, gürültü ve titreşim, aydınlatma seviyesi çalışma koşullarına verilebilecek örneklerdir. Çalışma koşullarındaki değişiklikler sistemin özelliklerini (girdi, çıktı, çalışan insan ve iş akışı) etkiler (MPM-REFA 1988).

Çalışma yerlerinde karşılaşılan çoğu ergonomik problemler sistem yaklaşımı dâhilinde incelenebilir. Endüstriyel üretim sistemlerinde ergonomi bazlı 3 temel alt sistemle mevcuttur. Bunlar çevre, operatör ve kontroldür. Çevre alt sistemi, makine, faaliyet ve organizasyon olmak üzere temel 3 bölümde incelenebilir. Operatör alt sistemi algılama, çalışanın karar vermesi ve kararların elle veya sözlü olarak aktarılması; diğer bir deyişle cevap verme işlemlerinden oluşmaktadır. Kontrol alt sistemi ise otomatik olarak veya operatör tarafından sistem içerisinde gerçekleştirilir.

Çalışma çevresi alt sistemi kapsamına giren değişik faktörlere örnekler aşağıda sıralanmıştır:

- Görme ve işitme ile ilgili bilgiler
- Faaliyetlerin işçilere, makine/bilgisayara atanması faaliyetleri
- Çalışanın vücut rahatını ve konforunu sağlayacak bir biçimde iş istasyonunun ve metodun incelenmesi
- Aydınlatma, gürültü ve iklim gibi parametrelerin tespiti
- Yetki ve sorumlulukların dağıtımı, iş gücü becerisini arttırmaya yönelik eğitimler, kazalara karşı önlemlerin alınması, çalışma saatleri, iletişim sisteminin optimizasyonu gibi organizasyon ile ilgili faktörler.

Operatör alt sistemi çerçevesinde ergonomik açıdan iş sistemine bakıldığında ise;

- Yetenek, uzmanlık, motivasyon faktörleri, yaş ve cinsiyet gibi değişkenleri modüle etmek
- Stresten meydana gelen bilgi kaybını ve metodun operatör üzerinde oluşturduğu stresi elimine etmek gibi değişik tipteki problemlerle karşılaşılır (Helander, 1997).

Ergonomik sistemler sosyoteknik karakterde olduğundan bulunan birçok değişik faktör etkisi, sistemin elemanlarını da değişik şekillerde etkilemektedirler. Bu yüzden ergonomik açıdan iş sistemlerini incelemek, disiplinler arası bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır (Bridger, 1995). Farklı bilimsel alanlardaki çalışmalar ergonominin temelini oluşturduğu için sistemdeki çok yönlü etkileşimlerin değerlendirilmesi ve karşılaşılabilecek muhtelif problemlere çözümler

üretilmesi de ekip çalışmasını gerekli kılmaktadır. Modern üretimde kompleks kararların verilmesi ve iş sisteminin değerlendirilmesi mühendisler, yöneticiler, işçiler ve farklı medikal alanlarda çalışan kişiler arasından oluşturulan bir grup tarafından gerçekleştirilmelidir (Helander, 1995).

Ergonomik iş sistemlerinin temel amacı sistemin üretkenliğini ve güvenliğini optimize etmektir. Bu amaçlar doğrultusunda sistem, verimli, güvenli, konforlu ve operatörün hoşnutluğunu arttırıcı yönde tasarlanmalıdır. Bu da ergonomistin operatör ve makine arasındaki etkileşimi iyi gözlemlemesi ve değerlendirmesi ile mümkündür. Eğer istenen performans, operatörün performans limitlerinden daha fazla ise aşırı yüklenmeden dolayı sakatlanma ve kazaların meydana gelme ihtimali artar (Helander, 1997)

Tablo 3.1. Temel etkileşimler ve değerlendirmeler. (Mustafa Akın ERDEM,2000)

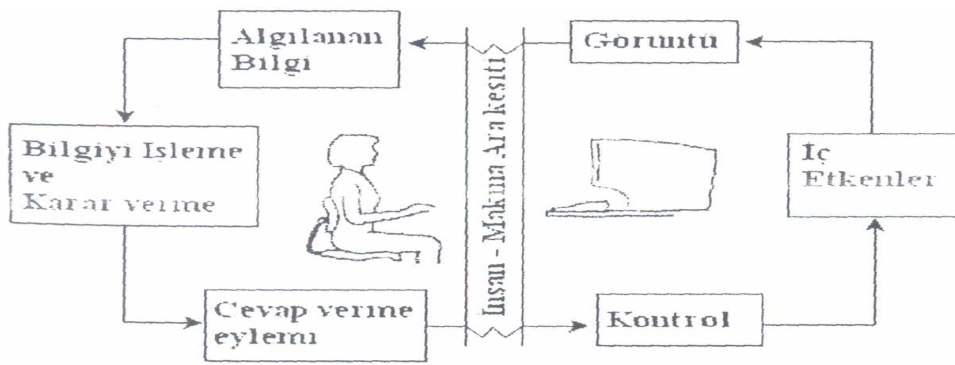
Etkileşim	Değerlendirme
<p>H > M ; İnsanın makine üzerinde gerçekleştirdiği temel kontrol faaliyetleri. Yüksek güç kullanımı, makine üzerinde işlemin gerektirdiği ayarların yapılması, işlem görece parçaların hazırlanması, makine bakım vb.</p>	<p>Anatomik: Vücut, el kol ve bacakların duruş şekilleri ve hareketleri, hareketlerin frekansı ve zamanı, kassal yorgunluk vb.</p> <p>Fizyolojik: Çalışma oranları (oksijen tüketimi, nabız sayısı), iş gücünün bedensel özellikleri, fiziksel yorgunluk.</p> <p>Psikolojik: Beceri gereksinimi, zihinsel yüklenme, iş gereklerine uyum derecesi</p>
<p>H > E ; İnsanın çalışma çevresine etkisi. İnsanın ortama yaydığı ısı, gürültü ve karbon-dioksit.</p>	<p>Fiziksel: İş çevresinde objektif ölçümler, önceden belirlenmiş standartlar doğrultusunda hareket etme.</p>
<p>M > H ; Geri besleme ve bilgilerin görüntülenmesi,makineden kaynaklanan titreşimin çalışan üzerinde yarattığı güç ve ivme. Makine yüzeyinin insan sağlığını tehdit edecek derecede sıcak veya soğuk olması vb.</p>	<p>Anatomik: Makine aletlerinin ve kontrollerinin insana uygun tasarımı Fiziksel: Titreşimin, güçlü makineleri reaksiyon kuvvetinin, gürültü ve yüzey sıcaklığının ölçümü.</p> <p>Fizyolojik: Fizyolojik olarak algılamada belirli sınırların aşılıp aşılmadığının araştırılması.</p> <p>Psikolojik: Panellerin, grafik göstergelerin gruplandırılması. Bilgi yüklenmesi. İnsanın beklentilerine uygunluk</p>
<p>E > H ; Makine, çalışma çevresini gürültü, sıcaklık ve zararlı gazlar yaratarak etkileyebilir.</p>	<p>Fiziksel-Fizyolojik: Gürültü, aydınlatma ve sıcaklık değerleri bir bütün olarak değerlendirilmeli ve ölçümler yapılmalıdır.</p>
<p>E > M ; Çevresel koşullar, makinenin fonksiyonlarını etkileyebilir. Makine parçalarının aşırı ısınması, donması, kir ve tozdan etkilenmesi vb.</p>	<p>Endüstri mühendisleri, makine personeli ve servis hizmetleri dahilinde ele alınmalıdır.</p>

(H: İnsan, M: Makine, → : etkileşim yönünü göstermektedir)

Geniş bir bakış açısı gerektiren iş sistemlerinde olası problemler mevcuttur. Bilginin tipi ve insan psikolojisi açısından ergonomi ve insan faktörü arasındaki farklılıklara rağmen iki yaklaşım tarzı iç içe geçmiştir, Örnek olarak iş yerinde bilgisayara bakış, çeşitli tasarım problemlerini içermektedir (Tablo 3.2). Problemi şekil 3.1 deki gibi gösterebiliriz. Burada ekrandaki bilgileri algılayan bir operatör görülmektedir. Bilgiler yorumlanmakta ve uygun hareket seçilmektedir. Kontrol girdisi olarak hareket elle yerine getirilmekte ve buna bağlı olarak ekrandaki bilginin durumu değişmektedir.

Tablo 3.2. İş yerinde bilgisayar kullanılırken ortaya çıkabilecek problemler (Helander, 1995)

Problem	Problemi Çözmek İçin Gerekli Bilgi
İş duruşu	Biyomekanik
Klavye konumu	Biyomekanik
Ekranda görünen karakterlerin büyüklüğü	Algılama, görüş araştırmaları
Ekrandaki bilgilerin görünümü	Ruh psikolojisi, ruh bilimi
Yeni bir sistemin tasarlanması	Sistem dizaynı
Dış faktörler	Gürültü, sıcaklık ve soğuktan doğan stres



Şekil 3.1. İnsan-makine ara kesitinin analizi. (Halender,1995)

Etkileşimi değerlendirmek disiplinler arası biyomekanik, psikoloji ve sistem dizayn metodoloji bilgilerini gerekli kılar (Helander, 1995)

Şekildeki geri döngü ise , dizaynın hiç bitmeyen bir faaliyet olduğunu ifade eder. Çünkü gelişmelere ya da modifikasyona her zaman elverişli durumlar mevcuttur.

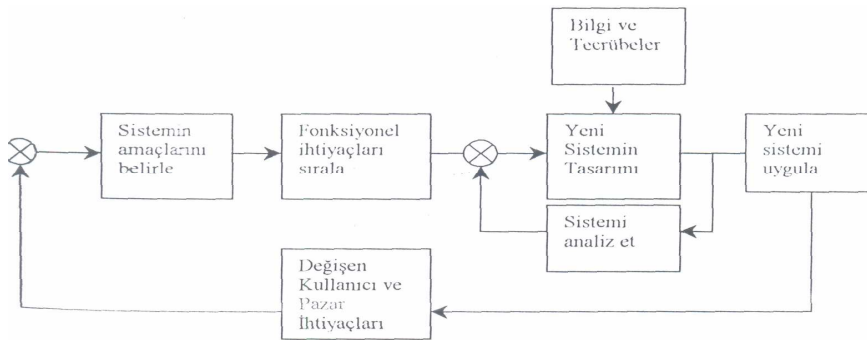
Ekran görüntüleri, oturma şeklinin çalışan üzerindeki etkisi, çalışma esnasında maruz kalınan radyasyon düzeyi, aydınlatma ve ekran düzenlemesi gibi ofis ortamlarında karşılaşılan dizayn problemlerine yönelik olarak yapılan araştırmalara literatürde sıkça karşılaşılmaktadır. Bunlar "görsel görüntü terminalleri" (visual display terminals) veya "VDT iş istasyonları" olarak adlandırılmaktadırlar. Çağdaş üretim tekniklerinin kullanıldığı fabrikalarda, VDT'lerin kullanımına ürerimin her aşamasında rastlanmaktadır.

Faaliyetleri ve çalışan insanı etkileyen dış faktörleri her zaman göz önünde bulundurmak gerekir; çünkü bunlar performans ve iş tatmini üzerinde büyük etki oluştururlar. Çevre koşulları bilindiği üzere, gürültü ve titreşim, sıcaklık ve soğukluk, dinlenme aralıkları, organizasyonel olmak üzere değişik faktörlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

İş yeri ile ilgili problemleri etkin bir biçimde çözmek için, ergonomist değişik tipteki problemleri analiz edebilmeli ve alternatif çözümler önerebilmelidir. Ergonomik tasarımda bu birincil amaçtır.

İlk olarak mevcut durum analiz edilmeli, tasarım çözümleri üretilmeli ve bu dizayn çözümleri arasından uygun olanı seçilmelidir. Dizayn işlemi şekil 3.2 deki gibi geri döngüye sahip olan bir şema ile gösterilebilir. İzlenilen yol şöyledir:

1. Sistemin amaçlarının belirlenmesi
2. Fonksiyonel ihtiyaçların belirlenmesi
3. Yeni sistemin dizaynı
4. Sistemin uygulanması



Şekil 3.2. Dizayn Prosedürü (Helander, 1995)

Ergonomistlerin ortak senaryosu şu olmalıdır: Şekil 3.1 deki sistemin yeniden tasarlanacağını düşünelim. Belki iki tane görüntüye ihtiyaç olacak, belki de insan tarafından yapılan bilgi

işleme bilgisayar tarafından yapılacak veya bilgisayar sistemine elle giriş, bilgisayar ses algılaması ile gerçekleştirilecek. Sistemin yeniden tasarlanmasında ergonomist birçok kısıtı göz önünde bulundurmalıdır.

Ergonomik kısıtlar, firma kısıtları, faaliyetlerin atamalarından dolayı meydana gelen kısıtlar ve bazen de işçi sendika kısıtlamaları olarak ortaya çıkabilir. Ergonomist sistemin içindeki kişilerden veya benzer bir sistemden bunlar hakkında bilgiler toplayabilir. Ders kitaplarına ve bilimsel makalelere başvurularak sonuçta hızlı bir prototipleme veya sistemin kullanıcılarıyla beraber deney ortamını oluşturarak, çeşitli alternatifler arasından objektif seçim yapar. Ergonomist sistem dizaynı ve tasarımında disiplinler arası ve sistematik bir yaklaşım takip etmelidir (Helander, 1995).

4. İŞ İSTASYONU DİZAYNI

Üretim prosesini tasarlayan mühendisler büyük sorumluluk altındadırlar. İşletmelerde, üretim planlamanın ve ürün tasarımının yanı sıra iş istasyonlarının çalışanlara uygun dizaynının da aynı önem derecesi ile dikkate alınması gerekmektedir. Durum böyle olmasına rağmen çoğu mühendis, üretim planlarının öncelikli konumda tutar ve çalışana göre iş istasyonunun tasarımı faaliyetlerini arka plana atarlar (Helander, 1995).

Ergonominin ön gördüğü iş istasyonu boyutları, antropometrik veriler dahilinde tasarlanmalıdır. Endüstride genelde iş istasyonu tasarım faaliyetleri keyfi olarak yürütülür ve çalışanın antropometrik özellikleri aşağı yukarı tahmin edilerek, iş yerinin boyutlandırılmasına gidilir. Bu durum, kullanışlı dizayn parametrelerinin diğer bir deyişle çalışanlara özgü boyutların göz ardı edilmesi sonucu verimlilik kaybına, operatörün mental ve fiziksel açıdan zorlanmasına sebebiyet verir (Grandjean, 1988).

İş istasyonu boyutlandırılmasında yapılan küçük değişikliklerin bile, işçinin üretkenliği ve mesleki sağlık açısından büyük önem taşıdığı unutulmamalıdır (Wely, 1970).

Sistematik bir yaklaşım tarzı ile iş istasyonu tasarım adımları ve dikkat edilmesi gereken temel faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) İş performansı üzerinde etkili olan, ekipman, çalışma postürleri ve çevresel faktörler hakkında bilgileri direkt gözlem, video kayıt ve sistemin kullanıcıları ile görüşerek elde etmek.
- 2) İş istasyonlarında çalışan popülasyonun antropometrik ölçülerinin tespit edilmesi veya antropometrik (araştırmalar yapan) çevreden istatistiksel verilerin kullanılması gerekir. Bu esnada toplanan antropometrik boyutlarda giyim, kuşam ve insanın doğal kambur duruşu gibi faktörler iş istasyonlarının boyutlandırılmasında göz önünde tutulmalıdır.
- 3) İlk önce dikey düzlem dahilinde iş istasyonunda düzenlemelere gitmek gerekir. Diğer bir deyişle istasyonlarda çalışma yüksekliğine ilişkin sınırların antropometrik ölçüleri ve işin genel yapısı itibarı ile belirlenmelidir. Bu anlamda yükseklik ayarlı sandalye, ızgara ve tezgahların kullanımı ve çalışanlara göre düzenlenmesi söz konusudur.
- 4) El aletleri, kontroller ve kutular iş istasyonlarında kullanılma sıklıklarına ve önem derecelerine göre tanzim edilmelidir. Bu çalışmalar genelde yatay düzlemde yapılan dizayn

faaliyetleri kapsamına girer. Çalışma yüzeyleri, belirli güç gerektiren operasyonlarda kontrol ve el duruşları göz önüne alınarak en avantajlı şekilde dizayn edilmelidir.

5) İş istasyonu dizaynında, serbest hareketlerde elin bel hizasında olması ve rahat postürlerin sergilenmesine imkan tanınmasına önem verilmelidir.

6) Gösterge ve ekran görüntülerinin normal görüş açısı içerisinde yer almalarını sağlamak gerekir.

7) Malzeme ve bilgi akışı ihtiyaçları operatörler ve fonksiyonel üniteler göz önüne alarak dizayn faaliyetleri yürütülmelidir.

8) Düzenlenecek iş istasyonunun ölçekli yerleşim planını çizerek ve operatör tarafından kullanılan bileşenlerin yerleşimini kontrol edilmelidir.

9) Yapılacak dizayn hakkında; operatörlerden, kullanıcı gruplarından, dizayn için gerekli ekipmanların temin edileceği fabrikalardan, sağlık ve güvenlik ile ilgili kuruluşlardan, geri besleme bilgilerini eldesi ve operatör iş istasyonu arakesitinin bu bilgiler ışığında optimizasyonu sağlanmalıdır.

10) Dizaynın son aşamasında iş istasyonuna ait bir prototipi kurularak uygulamaya geçilir.

Bu on önemli husus, her endüstriyel iş istasyonu tasarımında harfi harfine geçerli olmayabilir. İş istasyonlarının genel yapısı gözetilerek yukarıdaki adımlardan faydalanılabilir. Spesifik dizayn problemlerinde bu aşamalara eklenebilecek veya çıkartılabilecek unsurlar mevcuttur.

Tasarımcı, dizayn faaliyetlerinde, teknolojik ve finansal faktörleri, mesafeleri, kullanılabilir alanları, çevreyi, yardımcı ekipmanların boyutlarını hesaba katmalıdır. Bunların bilinmesi ve hesap edilmesinde bir takım toleranslarda bırakılmak zorundadır. Dizaynı gerçekleştirilen iş istasyonu, çalışanın biyolojik ve psikolojik ihtiyaçları ile bir uyum içinde olmalıdır. Bu uyum antropometriyle ve diğer yaklaşımlardaki duruş, ulaşma, görme, hijyen, korunma esaslarıyla, makina insan sistemi tasarımı ile sağlanır (Das and Sengupta, 1996).

Bu bölümde iş istasyonlarının ergonomik tasarımı çerçevesinde, çalışma esnasında meydana gelebilecek kötü postürel duruşları engellemek maksadıyla iş istasyonlarının boyutlandırılması, değişik faktörler çerçevesinde incelenmiş ve konu ile ilgili tanımlamalar verilmiştir.

4.1. Antropometri

İnsanın vücut ölçülerinin belirlenmesi ve iş yerinin insana uygun düzenlenmesi ile uğraşan bir bilim dalıdır. Antropometrinin kökü Yunancada antropo (insan) ve metrikos (ölçme)

sözcüklerinden türetilmiştir. Vücut ölçüleri bilimi olan antropometri, çalışma yeri dizaynının temelini oluşturmaktadır. Genel bir yaklaşım asıyla antropometri, insanlar tarafından kendisine yardım ve hizmet etmesi için yaratılmış, bütün eşya ve araç tasarımının ayrılmaz bir parçasıdır (Tanrıtanır, 1995).

Antropometrik veriler ; ırk, yaş, cinsiyet, beslenme, sağlık, spor ve benzeri gibi faktörlere göre değişmektedir. Örneğin; erkekler ortalama olarak kadınlardan yaklaşık 13 cm daha uzundur. Ülkeden, ülkeye bireylerin genetik farklılıklar söz konusudur. Örneğin; ABD’de erkeklerin ortalama boyu 167 cm iken, uzak doğudaki erkeklerde 152 cm dir. Fakat genetik haricindeki faktörler de vücut ölçülerinde değişmelerin olmasına sebebiyet verir. Örneğin son yirmi senede Japonların yeme alışkanlıklarının değişmesi gibi dış unsurların etkisinden dolayı, yapılan istatistiklerde ortalama boyun 2 cm civarında arttığı tespit edilmiştir. Bu anlamda antropometri bilimi, fertler ve gruplar arasındaki anatomik farklılıkları ve benzerlikleri saptamak amacıyla vücut ölçülerinin bilinmesi ve değerlendirilmesiyle ilgilenir. (Helander, 1995).

İnsanın vücut ölçülerinin sistematik olarak incelenmesine 18. yüzyılın sonlarında başlanmıştır. Bu araştırmalardaki amaç, genellikle ticari ürünlerin tasarımı, tıbbi kayıtlar elde etme veya asker seçimi gibi belli alanlarda yoğunlaşmıştır. Askeri amaçla yapılan çalışmaların bir bölümü de vücut ölçülerinin veya genel olarak vücut yapısının, araç ve gereç tasarımına etkisini incelemek için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, psikoloji, antropoloji, fizyoloji ve tıp disiplinlerinin mühendislikle birleşmesine yol açmıştır.

Antropometri mühendisliği dalında uygulamaya yönelik bilimsel çalışmaların ilki 1912 yılında Bay ve Bayan Gilbreth' in iş verimini artırmak amacıyla gerçekleştirdikleri hareket etüdüdür. Bu etüdler sayesinde, yapılacak iş için kullanılacak araç gerecin, işçinin kolayca erişebileceği bir yerde bulundurulmasının değeri anlaşılmış; bunun sonucu olarak da iş yeri ve atölyelerin bilimsel olarak tasarımına gidilmiştir. İlk kez 1926 yılında, çalışanların daha az yorulmasını sağlamak amacıyla, vücut ölçüleri değişik duruş ve oturuş biçimlerine göre oturakların daha uygun tasarlanmasında kullanılmıştır. Legros ve Weston tarafından gerçekleştirilen bu uygulamadan sonra, Lay ve Fisher (1940) "oturma rahatlığı ve rahatlık açısı", Hooton (1945) de "araba koltuğu tasarım kriterleri" konularında ayrıntılı çalışmalar yapmışlardır (Grandjean, 1988).

Günümüzde gelişmiş ülkeler kendi insanların standart vücut ölçülerini belirleyerek, iş istasyonu tasarımını bu ölçülere göre en uygun boyut, biçim, kullanım ve hareket serbestliği sağlayacak şekilde gerçekleştirmektedirler.

4.1.1. Statik ve Dinamik Antropometri

Ergonomik amaçlı antropometri yaklaşımlarında statik ve dinamik antropometri olarak bilinen iki temel inceleme alanı mevcuttur.

Statik Antropometri: Statik antropometrik veriler eşyaların, kullanıcıyla birebir ilişkide bulunan ve kullanıcının doğrudan dokunarak tanımlamak durumunda olduğu kısımlarının boyutlandırılmasında kullanılır.

Statik antropometri, duran vücudun fiziksel öğelerinin ve karakteristiklerinin ölçülmesiyle ilgilidir. Yapılan ölçümlerde elde edilen verilerin ayrıntılı olması, uygulama alanlarında önemlidir. Ölçümlerde örnek hacminin geniş tutulması, elde edilecek sonuçlar açısından iyi olmasına rağmen, zaman ve maliyet açısından güçlük yaratır (Erkan, 1996).

Dinamik Antropometri: Dinamik vücut ölçüleri, vücut hareketleri ile değişen bir özellik gösterir. Kişi fiziksel bir hareket yaparken vücudun her bir parçası bağımsız olarak değil, belli bir uyum içinde çalışır. Örneğin kolun uzanma limiti, sadece kol uzunluğuna değil, aynı zamanda omuz hareketine, gövdenin kısmi dönüşüne, sırtın eğilmesine ve yapılan işin niteliğine bağlıdır. İş istasyonu tasarımında, dinamik boyutların hesaplanmasında en çok kullanılan vücut ölçüleri kol ve bacak uzunluklarıdır (Helander, 1995; Erkan, 1996).

Dinamik antropometrik veriler, vücudun belli bir hareket esnasında kazandığı biçimlerin boyutsal niteliklerini ortaya koyar ve iş istasyonu boyutlarını da bu ilişkiler çerçevesinde etkiler. Kullanılan sandalyelerde, arkalık ve oturma yüksekliği ile oturma derinliği statik antropometrik verilere göre mekanik olarak uyarlanır. Fakat oturma yerinin normal çalışma pozisyonuna geçiş esnasındaki vücut hareketlerine uyum sağlayabilecek formlara kolayca girebilmesi için gerekli açısal değişikliklerde, insana yönelik dinamik antropometrik veriler kullanılır.

4.1.2. Çalışma çevresi koşulları

Bir işletmede ergonomik tasarım yapılırken çevre koşullarının insan performansını en yüksek düzeyde tutacak şekilde oluşturulması verim ve üretkenliğin artmasında önemli rol oynar, özellikle yeni kapalı alanların yapımında olumsuz çevre koşullarını en aza indirecek tedbirler alınmalıdır.

Çevre koşulları ile ilgili olarak, hava koşulları, gürültü, mekanik titreşimler, aydınlatma ve zararlı maddeler incelenmelidir.

4.1.2.1. Hava Koşulları

İnsanlar beden iç ısısında değişikliklere neden olabilecek; işyeri, genel çevre ya da iklim değişikliklerine pek dayanıklı değildirler. Çalışanlar kendilerini rahat hissettikleri iş koşullarında verimli çalışabilirler ve her türlü ortam streslerinden etkilendiklerinde bu verimli çalışma aksamaya başlar. İklim değişiklikleri yanında; kapalı yerlerde çalışmak, büyük ölçüde ısı yayan ocak ya da fırınlar karşısında görev yapmak veya tam tersine, soğuk iklim koşullarında ya da soğutulmuş tesislerde çalışmak gibi etkenler önemli ölçülerde stres yaratır. Bu nedenle, insanların rahat çalışabildikleri ortam koşullarını iyi tanımlamak ve çeşitli stres hallerinde de tolerans sınırlarını bilmek önemlidir. Aşırı ısı ortamında çalışırken, terlemeye bağlı su ve tuz kayıplarının kapatılması gerektiği bilinmekle beraber, bu konuda da insanlar arasında önemli farklar görülmektedir. Bu arada iş ortamında aşırı ısının genel organik direnci azalttığı, iş verimini düşürdüğü, kramplar ve ısı çarpması gibi etkileri olduğu bilinmektedir.

Ortamın normalin üstünde sıcak olması ile bıkkınlık, sinirlilik, dikkatsizlik, hataların yoğunlaşması, zihinsel çalışmalarda verim düşüklüğü, yetenek ve becerilerin azalması, iş kazalarının fazlalaşması, ağır bedensel işlerde verim düşüklüğü, vücutta su ve asit-tuz dengesinin bozulması, kan dolaşımının zorlaşması ve yorgunluk gibi olumsuz özellikler ortaya çıkar.

Soğuk iş ortamına ait sorunlar, aşırı ısı ortamına bakarak daha kolay halledilmektedir. Nitekim, vücut ısısının sınırlı ölçülerde düşüşüne, organizma uzun süreler dayanabildiği halde, aynı ölçülerde ısı yükselmesi kesinlikle ısı stresi etkisi yapmaktadır. Ancak çalışanların vücut ısısındaki düşüşlerde göz ardı edilmemelidir. Çalışanlara uygun giyim ve kuşam sağlandığında, ortam soğuk etkisine karşı korunabilirler. Ancak, el ve ayak parmaklarını, burun ve kulakları soğuktan korumak oldukça güçtür. Soğuktan etkilenen el parmakları incelikli iş yapma ve işleklik yeteneklerini kaybederler. Dokunma duyuları duyarlılığını kaybeder, iş verimi düşer ve en önemlisi de kazaların riski artar. Soğuktan korunmak için giyilen elbiseler ile her türlü teçhizatın kalın, ağır ve hantal olması nedeniyle, soğuktan korunmakla beraber, iş verimi üzerinde olumsuz etkiler yapar.

Çalışma yerindeki hava koşulları değerlendirilirken hava sıcaklığı, havadaki bağıl nem oranı, radyasyon sıcaklığı ve havanın akım hızı ölçülmelidir. Hava koşullarının insana etkisi değerlendirilirken", bu koşulların tek tek ölçülmesi ve değerlendirilmesi yeterli olmamaktadır. Tüm hava koşullarının, insana olan ortak ve bileşik etkisinin incelenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla efektif sıcaklık değeri kullanılmaktadır. Efektif sıcaklık, havadaki nem oranı, hava hareketi ve ortam sıcaklığının etkisi altında, bir kişinin hissettiği sıcaklıktır.

Bazı işlerde olması gereken efektif sıcaklıklar aşağıda verilmiştir.

- Oturarak yapılan işler 19 C
- Ayakta yapılan işler 17°C
- Ağır bedensel işler 12° C
- Bürolar 20°C
- Alışveriş salonları 19°C (Cemal BEDESTENCİ,1993)

Çalışılan işyerleri iyi bir havalandırmayı gerektirir, özellikle küçük odalarda veya çalışanların fazla olduğu yerlerde havalandırmanın önemi büyüktür.Yapılan işe göre gerekli en az hava miktarları şöyledir:

- Oturarak yapılan işler 12 m³ /kişi
- Ayakta yapılan işler 15 m³ /kişi
- Ağır bedensel işler 18 m³ /kişi (Cemal BEDESTENCİ,1993)

4.1.2.2. Gürültü

Genel olarak maddenin titreşimi ve bu titreşimin hava, su gibi bir ortam içinde iletilerek kulağa gelmesi "ses", hoşla gitmeyen ve rahatsız edici sesler ise "gürültü" olarak tanımlanır. Endüstride gürültü üç temel nedenle önemlidir; çalışanlar gürültüden rahatsız olur ve hoşlanmazlar, gürültü işitme kayıplarına neden olur ve son olarak gürültü, iş verimliliği üzerinde olumsuz etkiler yapar. Gürültünün etkileri hemen görülmez. Psikolojik etkilerin gürültüye bağlı olup olmadığını anlamak güçtür. Gürültüye bağlı işitme kayıpları ise, oldukça karmaşık ve incelenmesi zaman alan bir durum yaratır. İnsanların gürültüye duyarlılığı da çok farklı ölçülerde olmaktadır.

Ses dalgalarının şiddeti ve yoğunluğu gürültü düzeyini tayin eder. Sesi, dolayısıyla gürültüyü dB (desibel) denilen bir birimle ölçeriz. Desibel ses yoğunluğu ölçüsüdür. Böylece kaynağından yayılırken sesin yayıldığı ortamda doğurduğu basınç bize sesin şiddet ve yoğunluğunu değerlendirme olanağını verir. Genel olarak 80 dB'den sonraki gürültü değerlerinin insan sağlığı için zararlı olduğu söylenebilir. Tablo 2.6'da maruz kalınan gürültüye göre (dB cinsinden) işitme yeteneği kaybı görülmektedir. Tablo 2.7'de de kişinin belirli bir düzeydeki gürültüye de ne kadar zaman tahammül edebileceği verilmiştir.

Tablo 4.1. İşitme yeteneği kaybı (Cemal BEDESTENCİ,1993)

Gürültü düzeyi	İşitme yeteneği kaybı (%)		
	5 yılsonra	10 yıl sonra	20 yıl Sonra
80	0	0	0
90	4	10	16
100	12	29	42
120	26	55	78
	5 yılsonra	10 yıl sonra	20 yıl Sonra

Tablo 4.2. Gürültüye dayanma süresi (Cemal BEDESTENCİ,1993)

Gürültü düzeyi (dB)	Dayanma süresi
90	8 saat/gün
100	8 dak/gün
110	5 dak/gün
115	1.5 dak/gün
120	28 saniye/gün

Gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkileri:

1. Psikolojik bozukluklara sebep olabilir.
2. İleri yaşlarda özellikle tiz seslere karşı işitme duşunda eksilme.
3. Ani gürültüler damarların büzülmesine, kan basıncının ve solunumun artmasına neden olur.
4. Kısa sürede aşırı gürültüye maruz kalanlarda geçici sağırılık olabilir.

Gürültünün zararlarını azaltmak veya önlemek için aşağıdaki tedbirler alınabilir:

1. Gürültü kaynağında yokedilir. Bunun için makinalar sürekli bakımdan geçirilir ve eskiyen parçaları değıştirilir, makinalar daha gürültüsüz tasarlanır, gerekli yağlama işlemleri yapılır ve makinalarda ses emici maddeler kullanılır.
2. Gürültünün yayılması önlenir. Bu amaçla gürültülü makinalar başka bir odaya tecrit edilebilir, ses geçirmez örtülerle örtülebilir ya da gürültülü makinalarm hepsi bir araya toplanıp, orada çalışanlara koruyucu önlemler alınabilir.
3. Pamuk tıkaç veya kulaklık gibi kulak koruyucuları kullanılabilir.
4. Gürültülü ortamlarda çalışanlara daha sık ve uzun dinlenme araları vermek gibi organizasyon tedbirleri alınabilir.

4.1.2.3. Aydınlatma

İşyerlerinde, her türlü işlemin kusursuz yapılabilmesi ve en önemlisi de işgörenlerin göz sağlığının korunması iyi bir aydınlatma tekniğini gerektirir. Aydınlatma öncelikle, yapılan iş ve işlemlerde kalite standartlarının gerektirdiğı tüm detayın görülebilmesi için gereklidir. Çalışanların, optimal aydınlatma koşullarında çalıştırılması da onların göz sağlığı ve görme netliğini koruduğı için aynı amaca hizmet eder.

İyi bir aydınlatma sistemi tasarlayabilmek için öncelikle bazı kavramların bilinmesi gerekir.

Işık: Elektromanyetik spektrumun göz tarafından algılanabilen kısmıdır.

Işıyan akı: Birim zamanda ışınım şeklinde yayılan enerji Miktarıdır (watt).

Işıklı akı: Birim zamanda tüm doğrultularda görülebilen ışınım şeklinde yayılan enerji miktarıdır (lümen).

Işık şiddeti: Bir kaynak tarafından belirli bir doğrultuda görülebilen ışınım şeklinde yayılan enerji miktarıdır (mum).

Aydınlanma: Bir yüzey tarafından alınan ışıklı akıdır (lümen*m = lüks).

örnek olarak aydınlanma hassas mekanik işlerde 1000 lüks, otomobilde 500 lüks. boyama işlerinde 750 lüks olmalıdır. Aydınlanma genç ve yaşlılar arasında fark eder. Örneğin; genç için 300 lüks aydınlanmanın yeterli olduğu bir işte yaşlı için 550 lüks aydınlanma gerekir.

üzerinde işlem yapılan cisim ve yüzeylerin parlaması, esas yapılan işin görülmesini güçleştireceği gibi göz uyumunu da zorlayacağından parlamalar önlenmelidir. Parlama; aydınlatılmış yüzeylerden bir bölümünün diğerlerine bakarak daha fazla ışık yansıtması, aşırı ışıklı görünmesi ya da kaynaktan yansıyan ışığın doğrudan göze yansıtması olarak açıklanabilir. Parlama, yansıtma özelliği daha az olan renklerle boyama, bölgesel aydınlatma veya ışık kaynağının yerinin değiştirilmesi ile önenebilir.

Bir malzemenin üzerine düşen ışığın geliş doğrultusunu değiştirerek, bazı kısımların -daha kesin hatları ile - görünmesini sağlamak ya da bazı kısımların göz alıcı,keskin görüntüsünü matlaştırmak mümkündür. Modelleme olarak bilinen böyle bir işlem, endüstride ve özellikle kalite kontrol hizmetlerinde detayların görülmesini kolaylaştıran bir yaklaşımdır.

Renkli bir yüzeyin iyi görülebilmesi, o yüzeyden yansıyan ışınların yeterli yoğunlukta olmasına bağlıdır. Ayrıca ortam aydınlatmasının yapay olduğu hallerde çeşitli renkler, gümüşü altındaki görüntülerinden bir ölçüde de olsa farklı tonda görülebilirler, renk görmenin önemli olduğu kalite kontrol gibi hizmetlerde doğal renk algılamasını sağlayabilecek bir aydınlatma önemlidir.

İşyeri aydınlatmasında iç düzen, dekorasyon ve yerleşik sistemlerin ışıklılık etkileri de dikkate alınmalıdır. Gerekirse fabrikanın yerleşimi tamamlandıktan sonra yapılacak ölçme ve değerlendirmeler ardından, ortam aydınlatmasının optimizasyonu için önlemler alınmalıdır.

İyi bir aydınlatma tasarımı için aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

1. Aydınlatma türü seçimi.
2. Aydınlatma araçlarının ve lamba türünün seçimi.
3. Gerekli lamba sayılarının belirlenmesi.
4. Aydınlatma noktalarının saptanması.
5. Kamaşmanın sınırlandırılması.
6. Aydınlatma düzeni alındıktan sonra çalışma yerlerinin lüksmetre ile kontrolünün yapılması.

4.1.2.4. Mekanik titreşimler

Mekanik titreşim denildiğinde, cismin sistematik hareketi anlaşılmaktadır. Kısa uzanımli titreşimlere ise vibrasyon denir. Titreşimin insan üzerindeki rahatsız edici etkisi; doğrultusu, frekansı, süresi ve şiddeti ile önem kazanır. Düşük frekanslı titreşimler hava ve deniz tutması şeklinde etki eder. Esas itibariyle rahatsızlık yaratan titreşim frekanslarının sınırları 1-100 Hz arasında değişmektedir.

İnsan organizması mekanik titreşimlere karşı koymak için çaba sarfeder ve dinlenmek suretiyle kısa zamanda normale döner. Yatay titreşimler, dikey titreşimlere nazaran insan tarafından daha kolaylıkla soğurulabilir.

Kuvvetli, dikey yöndeki mekanik titreşimin oturan üzerinde nefes zorluğu, boyun ağrıları, göğüs ağrıları, kas kasılmaları, bel ağrıları, sırt ağrıları, kol ağrıları başağrısı, sindirim bozukluğu, iştahsızlık ve genel yorgunluk etkisi vardır.

Titreşim etkilerinden korunmak için, titreşimi kaynaktan kesmek, taşıtlarda oturma yerinin süspansiyon düzeninin, titreşim yapan el cihazlarının ve motorlu aletleri kullananların sık sık değiştirilerek çalıştırılması gibi önlemler önerilir.

4.1.2.5. Zararlı maddeler

Endüstride ve çeşitli işyerlerinde, işçi sağlığı bakımından önemli sakıncaları bulunan; tozlar, mikroplar, zehirli maddeler ve giderek daha çok işitmeye başladığımız radyasyon gibi faktörler, ergonomik açıdan büyük önem taşırlar. Ortam zararlıları, özellikle gelişme yolundaki ülkelerde pek çok işçinin hastalanmasına, işgücünü yitirmesine ve önemli sayılarda da ölümlere sebep olmaktadır. En zararlıların ilk etkisi, fizyolojik güç ve kapasite kayıpları olduğu için işgörenlerin verimliliği üzerinde olumsuz etkileri ile önemlidirler. Bu arada, ortam zararlılarına maruziyet, sık sık hastalanmaya ve işten uzak kalmaya neden olduğu için de olumsuz bir etkendir.

Zararlı maddelere karşı aşağıdaki tedbirler alınabilir.

- A. Zararlı madde oluşumunu önlemek: Zararsız materyal kullanılır, iş metodu değiştirilir.
- B. Zararlı madde yayılışını önlemek: Kapalı sistem uygulanır, emme sistemi geliştirilir, havalandırma sisteminden faydalanılır.
- C. Zararlı maddenin insana ulaşmasını önlemek: Nefes maskesi kullanılır, eldiven kullanılır, koruyucu gözlük kullanılır, emniyetli ayakkabı giyilir, önlük takılır, koruyucu elbise giyilir.

4.1.3. Antropometrik Ölçülere İlişkin Tanımlar ve Genel Kullanım Alanları

İş istasyonu dizaynı için toplanan antropometrik veriler yüzdeler şeklinde ifade edilirler. Aşağıda dizaynda kullanılan temel ölçüler ve bunlara ilişkin genel kullanım alanları verilmiştir (Grandjean, 1988).

A- Boy: Birey başı dik, gözler karşıya bakarken, yerden başın en yüksek noktasına kadar olan dikey mesafe. Bu veri kapılar ve açıklıkların minimum yüksekliklerini belirlemeyi sağlar. Genellikle kullanıcı grubunun %99 luk dilime giren değeri kullanılır.

B- Dirsek yüksekliği: Kol dirsekten bükülü iken, ön kol ve üst kolun kesişme noktalarının yerden dikey mesafesi. Bu veri, birey ayakta çalışırken, iş yükseklikleri ve diğer iş tezgahları için uygun yükseklik sağlamada gerekir. Dik pozisyonda kullanılan masa ve sandalye gibi çalışma yüzeyleri bu veri dahilinde tasarlanır.

C-Kalçadan Yukarı Yükseklik: Birey dik durumda iken, oturma yerinin üst yüzeyi ile başın en yüksek noktası arasındaki dikey mesafe. Oturma yüksekliği olarak da ifade edilir. Veri, iç mekan düzenlemelerinde, oturma pozisyonunda iken ekipmanların erişmeye uygun olan yerleşiminde, sarkan donanım malzemelerinin yerden yüksekliklerinin saptanmasında, sandalye arkalıklarının tasarımında ve donanımın yerden kazandırılacak şekilde dizayn edilmesinde kullanılır.

Ölçümlemede, oturma yeri eğimi, döşemenin esnekliği, giyim gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

D-Kalçadan Dirsek Yüksekliği: Sağ dirseğin alt kısmı ile oturma yerinin üst yüzeyi arasındaki dikey mesafe. Veri, iç mekan düzenlemelerinde, oturma materyallerinin kol destekleri ile çalışma tezgahları, sıralar, masalar ve özel ekipmanların yüksekliklerini belirlemede kullanılır. Oturma materyalinin dokumasının, eğiminin ve oturma postürünün ölçümlerde göz önüne alınması gerekir. Dizaynda %50 lik değerlerin kullanılması uygundur.

E- Kalçadan Göz Yüksekliği: Oturma yerinin üst yüzeyinden gözün dış kenarına olan dikey mesafe. Veri, kulak ve göze hitap eden görüntü terminallerinin kolay görülebilecek şekilde dizayn edilmesinde kullanılır. Ayrıca ekipmanların, operatör tarafından algılanması rahat, yerleşim düzeninin seçilmesinde kullanılır. %5-95 arasında ya da daha yüksek değerler kullanılarak uygun düzenleme sağlanabilir.

F- Zeminden Diz Yüksekliği: Diz kapağının orta noktasından yere olan dikey mesafe. Veri, iç mekan düzenlemelerinde, sıra masa tezgah altı açıklıklarının belirlenmesinde kullanılır. Ölçümde oturma materyalinin döşemesinin esnekliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Dizaynda gerekli açıklığı sağlamak için %95 lik değer kullanılabilir.

G- Zeminden Kalça Altına Olan Yükseklik: Diz arkasının en uç noktasından yere olan dikey mesafesi. Veri, oturma yeri üst yüzeyinin yerden yüksekliğini belirlemede kullanılır. Dizayn aşamasında, oturma yerinin yüzey materyallerinin göz önünde bulundurulması gerekir. Oturma yerinin yüksekliğini belirlemede %5 lik değer kullanılabilir.

H- Kalça-Bacak Açıklığı: Alt bacağın en geri noktası ile kalçanın en gerideki noktası arasındaki yatay mesafe. Veri, iç mekan yerleşim düzenlemelerinde ve oturma yeri derinliği ölçülerinin belirlenmesinde kullanılır. Ölçümlerde oturma yerinin açısının göz önünde bulundurulması gerekir. Dizaynda %5 lik değer kullanılması, çalışanların büyük çoğunluğuna uygun olabilir.

I- Omuz Genişliği: Her iki taraftaki deltoid kaslar arasındaki maksimum mesafe.

Veri, ekipman tasarımında, koridor ve kapı genişlikleri ve açıklıkların belirlenmesinde, oturma yeri arkalıklarının ve sıra tasarımında kullanılır.

Dizaynda %95 lik veriler kullanılabilir.

L- Bacak Kalınlığı: Oturma yeri ve masa yüksekliklerinin belirlenmesinde ve sandalye tezgah arası mesafenin tespitinde kullanılır.

M- El Uzunluğu: Kavraması gereken nesnelere olan uzaklığın belirlenmesinde kullanılır.

N- El Genişliği: kapanması gereken nesnelere ölçülendirilmesinde kullanılır.

P- Omuz-Dirsek Arası: Aralık yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılır.

R- Dirsek-Bilek Arası: Kolçak boyunun belirlenmesinde kullanılır (Gönen, 1993);

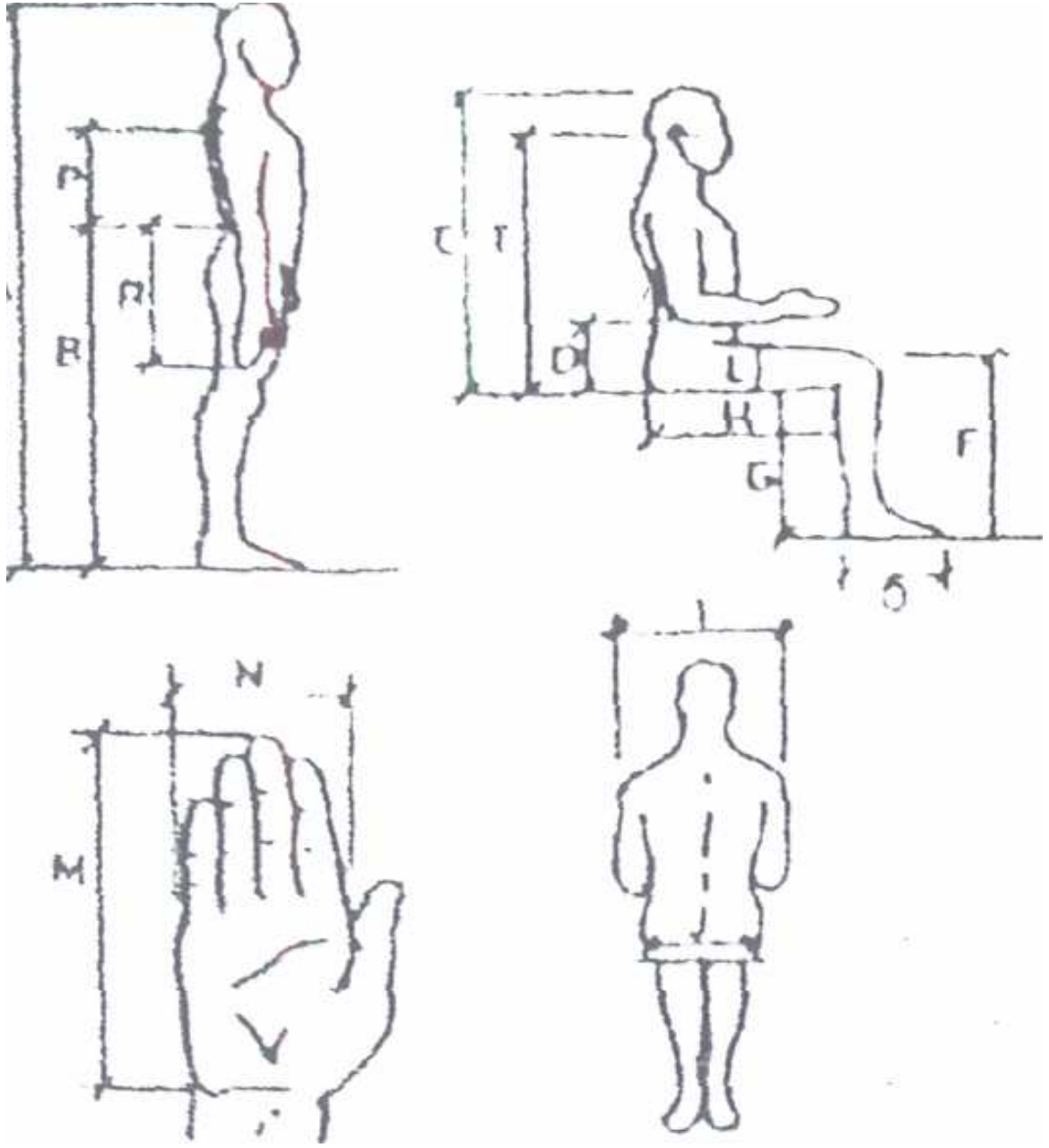
Üretim ve iş istasyonlarında kullanılan araç, gereç ve iş yeri düzeninin çalışanların fiziki özelliklerine uygun olarak tasarlanabilmesi amacıyla, insan vücudunun çeşitli boyutlarına ve bu boyutlardaki değişkenlere ilişkin çeşitli çevreler tarafından antropometrik veri tabloları düzenlenmiştir. Geçmişte düzenlenen verilerin toplanma amaçları, doğruluk derecesi, zaman içerisinde değişen ölçü alma ve değerlendirme yöntemlerindeki farklılıklar, bunların iş istasyonu tasarımında kullanılmasında bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu amaçla işletmelerin kendi çalışanlarına ait ölçüleri iş istasyonu tasarımında kullanması daha güvenilir sonuçlar verir.

Türk insanına ait antropometrik veriler, yetersiz olmakla beraber sınırlı sayıda vatandaş

üzerinde yapılmıştır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre çizelge 4.1 ve şekil 4.1de antropometrik ölçüler ve bunlara ilişkin değerler belirtilmiştir (Tanrıtanır, 1995).

Tablo 4.3. Türk insanı için antropometrik ölçüler (Tanrıtanır, 1995)

ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER	ERKEK					KADIN				
	Dağılım ölçüleri					Dağılım ölçüleri				
	1%	5%	50%	95%	99%	1%	5%	50%	95%	99%
A-Boy	157,6	160,6	169,0	179,2	182,4	144,2	147,8	156,6	165,4	169,0
B-Dirsek Yüksekliği	97,0	98,7	105,4	112,8	116,4	77,0	79,2	84,3	98,4	91,6
C-Kalçadan Yukarı Yükseklik	93,1	84,8	89,6	95,1	97,3	-	-	-	-	-
D-Kalçadan Dirsek Yüksekliği	16,6	18,2	22,4	26,4	28,2	-	-	-	-	-
E-Kalçadan Göz Yüksekliği	70,7	72,4	77,5	82,6	84,9	-	-	-	-	-
F-Zeminden Diz Yüksekliği	47,5	48,7	51,1	56,4	57,8	34,9	36,7	41,4	46,1	47,9
G-Zeminden Kalça Altına Olan Yükselik	36,4	37,7	41,1	44,9	46,6	-	-	-	-	-
H-Kalça-Bacak Açıklığı	41,4	43,3	47,4	51,7	54,0	-	-	-	-	-
I-Omuz Genişliği	40,0	41,5	45,0	49,2	51,2	31,9	33,1	35,9	39,7	39,0
J-Oturmuş Halde Kalça Genişliği	30,1	31,1	34,0	37,1	33,6	-	-	-	-	-
K-Göğüs Derinliği	20,0	20,7	22,9	25,7	27,4	12,9	13,9	16,3	16,7	19,2
L-Bacak Kalınlığı	12,1	12,8	14,5	16,7	17,7	-	-	-	-	-
M-EI Uzunluğu	17,0	17,5	18,8	20,3	28,8	14,8	15,2	16,2	17,4	15,3
N-EI Genişliği	7,6	8,0	8,6	9,4	9,6	6,6	6,8	7,4	8,0	8,3
O-Ayak Uzunluğu	23,8	24,5	26,2	28,0	28,9	20,5	21,2	22,8	24,4	25,5
P-Omuz-Dirsek Arası						21,4	23,0	26,7	30,4	32,0
R-Dirsek-Bilek Arası						17,3	19,0	22,0	26,6	28,1



Şekil 4.1. Önemli antropometrik ölçüler (Tanrıtanır, 1995)

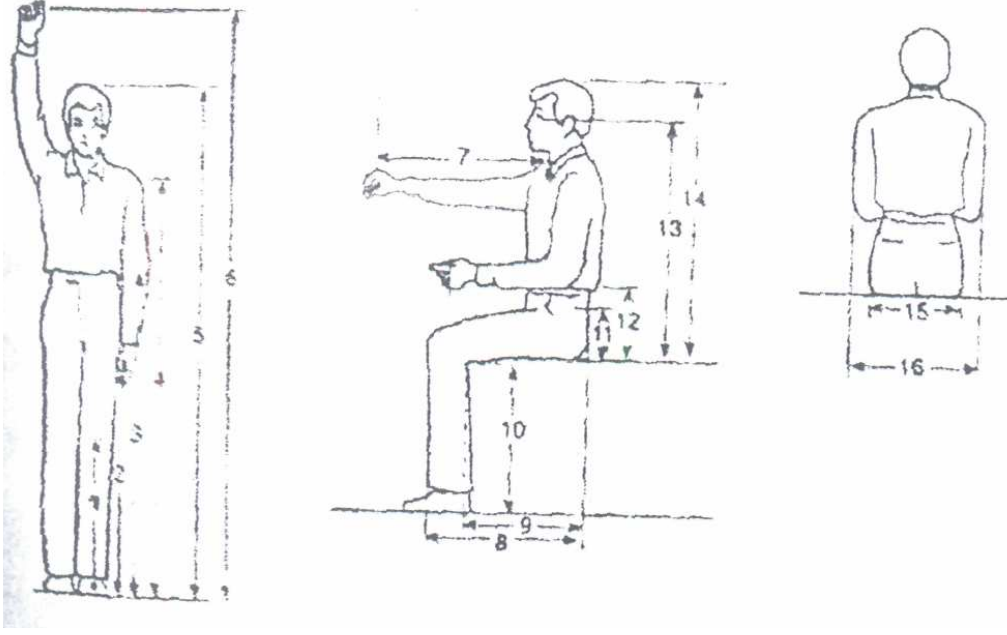
En kapsamlı antropometrik ölçüler NASA tarafından 1978 yılında yayınlanmıştır. Bu referans yayında, dünyanın muhtelif yerlerinde bulunan 91 farklı popülasyona ait, 306 değişik vücut ölçüsüne ilişkin veriler bulunmaktadır. Araştırma sırasında, popülasyonun yarısından çoğu uçak pilotlarından oluşmaktaydı ve örnek popülasyondan toplanan veriler kokpit tasarımı açısından büyük önem taşımaktaydı. Amerikan Havacılık ve Uzay Sanayi' nin yapmış olduğu araştırmalar bir çok ülke tarafından da desteklenmiştir.

McConville ve arkadaşları 1981 yılında askeri çevreler tarafından toplanan ve sivil

popülasyona ait vücut verilerini düzenlemişlerdir. Çizelge 4.2 ve şekil 4.2 de bu ölçüler ve bunlara ilişkin değerler yer almaktadır (Helander, 1995).

Tablo 4.4. ABD' de endüstride çalışan sivil popülasyona ait vücut ölçüleri. Ölçüler cm cinsinden verilmiştir, ayakkabı yüksekliği gereken değerlere ilave edilmelidir (Helander, 1995)

ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER	KADIN			ERKEK		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
AYAKTA						
1 Yerden dize kadar olan yükseklik	38,1	42,0	46,0	41,0	45,6	50,2
2 El yüksekliği (yerden)	64,3	70,2	75,9	69,8	75,4	80,4
3 Dirsek yüksekliği (yerden)	93,6	101,9	108,8	100,0	109,9	119,0
4 Omuz yüksekliği	121,1	131,1	141,9	132,3	142,8	152,4
5 Boy	149,5	160,5	171,3	161,8	173,6	184,4
6 Kol ile yukarı uzanma mesafesi	185,0	199,2	213,4	195,6	209,6	223,6
OTURMA						
7 Fonksiyonel ileri doğru uzanma	64,0	71,0	79,0	76,3	82,5	88,3
8 Kalça diz ucu mesafesi	51,8	56,9	62,5	54,0	59,4	64,2
9 Kalça bacak açıklığı	43,0	78,1	53,5	44,2	49,5	54,8
10 Zeminden kalça altına olan yükseklik	35,5	39,8	44,3	39,2	44,2	48,8
11 Bacak kalınlığı	10,6	13,7	17,5	11,4	14,4	17,7
12 Kalçadan diz yüksekliği	18,1	23,3	28,1	19,0	24,3	29,4
13 Kalçadan göz yüksekliği	67,5	73,7	78,5	72,6	78,6	84,4
14 Üst vücut yüksekliği	78,2	85,0	90,7	84,2	90,6	96,7
15 Kalça genişliği	31,2	36,4	43,7	30,8	35,4	40,6
16 Dirsek arası mesafe	31,5	38,4	49,1	35,0	41,7	50,6



Şekil 4.2. Antropometrik ölçülerin gösterimi (Helander, 1995)

4.1.3.1 Antropometrik Verilerin Kullanımı

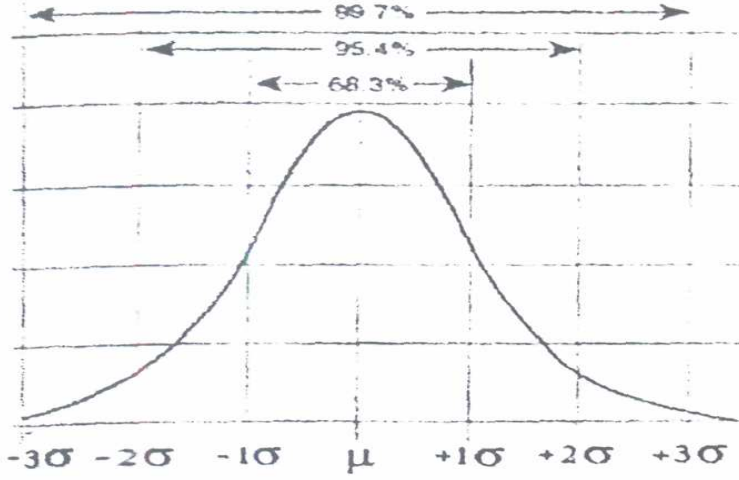
Çoğu kitaplarda veya bazı standart işlerde öngörölmüş olan boyutlar uygulamada değişkenlik gösterirler. İş istasyonları ile ilgili standartlar ergonomi, ekonomi, endüstriyel çevreler ve işçi sendikaları tarafından belirlenir. Hazırlanan öneriler ve raporlar bir çok durum için geçerli ve uygun gözükmemektedir. Fakat bu belirlenen standartların pratikte testi yapılmadığı için ergonomik bazlı alan çalışmaları ve pratik deneyimler genellikle önerilen standartlara uyum sağlamazlar (Grandjeau. 1988).

Tasarım etkinliklerinde ortalama ölçülerden ziyade dağılım ölçüleri göz önünde bulundurulur. Bu ölçüler, dağılımı en azından %90 lık kısmını içine almalıdır. Genelde antropometrik ölçüler yüzdeler olarak ifade edilir. En çok bilinen ve kullanılanlar 5, 50 ve 95 lik yüzde oranlarıdır.

Roebuck ve arkadaşları 1975 yılında antropometrik verilerin çoğunlukla normal dağılım özelliği taşıdığını göstermişlerdir. Normal dağılım varsayımı boy, omuz ve dirsek yüksekliği gibi vücudun kemik uzunlukları baz alınarak hesaplanan ölçüler için geçerlidir. Bel kalınlığı ve göğüs kafesi gibi vücudun etli bölgeleri, simetrik olmayan ve genelde yukarı doğru yükselen dağılım özelliklerini taşırlar (Nah and Kreifeldt. 1996).

Bilindiği üzere normal dağılım, ortalaması μ . ve varyansı σ^2 olarak, $N(\mu, \sigma^2)$ şeklinde ifade edilir. Normal dağılım ortalamaya göre simetriktir. Şekil 4.3 de gösterildiği gibi gözlemlerin %68,3 ü ortalamadan 1 standart sapma uzaklıkta, % 95,4 ü ortalamadan 2

standart sapma uzaklıkta ve %99,7 si de ortalamadan 3 standart sapma uzaklıktaki alan içinde yer alır (Montgomery, 1990).



Şekil 4.3. Normal dağılım eğrisi (Helander, 1995)

Normal dağılımda tek tek değerlerin dağılım içindeki yeri (ortalamadan uzaklıkları) standart sapma olarak gösterilir. Eğer dağılımın ortalaması ve standart sapması belli ise, her hangi bir antropometrik ölçümün dağılım içindeki yeri aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$z = (\text{uzunluk} - \text{ortalama}) / \text{standart sapma} \quad z = (x_i - \mu) / \sigma \quad (4.1)$$

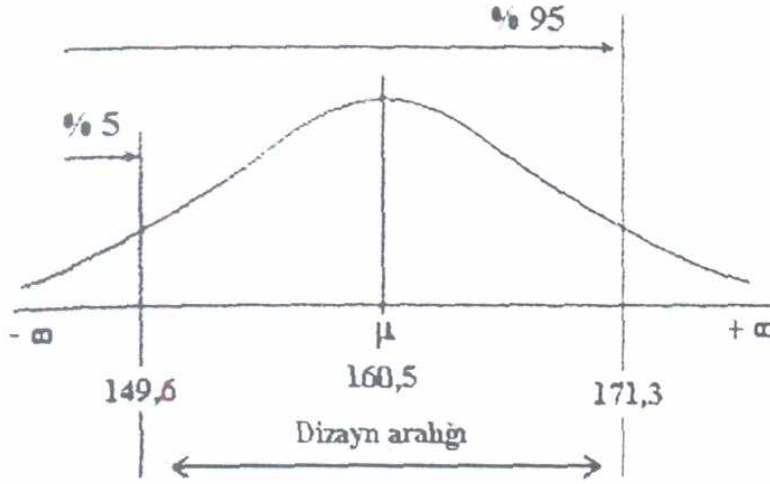
Örneğin kadın çalışanların boy ortalamasının 160,5 cm ve standart sapmasının 6,55 cm olduğu bilindiğinde istenilen dizayn aralığındaki sınırları, antropometrik ölçülerin normal dağıldığı varsayımı ile hesaplayabiliriz. %5-95 lik kadın çalışanların boy ölçülerine göre dizayn aralığını seçtiğimiz takdirde, normal dağılım tablosunda 0,95 olasılığa karşılık gelen z değeri yaklaşık 1,65 olarak bulunur. Dağılımın simetri özelliğinden dizayn aralığı aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\text{Dizayn aralığı} = \mu \pm z\sigma$$

$$\text{Üst sınır} = 160,5 + 1,65 \times 6,55 = 171,3 \text{ cm}$$

$$\text{Altsınır} = 160,5 - 1,65 \times 6,55 = 149,6 \text{ cm}$$

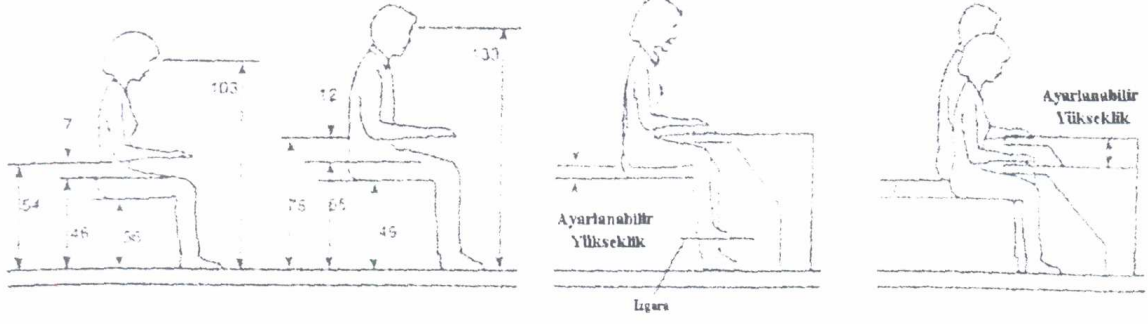
Böylelikle kadın işgücünün %5-95 lik yüzde sınırları göz önüne alınarak tasarım. 149,6 cm ile 171,3 cm arasındaki değişken boy ölçülerine göre yapılır.



Şekil 4.4. Kadın işgücüne ait dizayn aralığı (cm) (Mustafa Akın ERDEM,2000)

İş yerindeki fiziksel boyut sorunlarına yaklaşımda, tüm çalışanların ve her tip insanın kullanımı söz konusu yer ve düzeneklerin bulunacağına dikkat edilmelidir. Makinaların boyutlandırılması en uzun insana göre ayarlanmalı, fakat makina kontrol yerleri her insanın kullanabileceği seviyede tutulmalıdır. Makina üzerindeki kontrol kollarının operatöre uzaklığı tüm kullanıcılara göre tasarlanırken, istatistik bulguların % 1-5 gibi dağılım değerleri dikkate alınmalıdır. Diğer bir deyişle kısa insanların erişebileceği mesafelere göre kontrol yerleri dizayn edilmelidir.

Benzer yaklaşımla, iş istasyonlarında kullanılan sandalye ve masa yüksekliklerinin ayarlanması gerekir. Mevcut işgücündeki antropometrik farklılıkları ortadan kaldırmak için iki yol mevcuttur. Bunlardan ilki ayarlanabilir sandalye ile beraber ayağın dinlendirilmesi için bir ızgara kullanılmasıdır. İkincisi ise yüksekliği ayarlanabilir masa ve sandalyeyi beraber kullanmaktır. Her iki yol da sandalyenin sırtı desteklemesini ve masa seviyesi ile dirseğin aynı hizada olmasını sağlar. Yüksekliği ayarlanabilir masa kullanmak, basit bir ızgara kullanmaktan çok daha Pahalıdır fakat daha ergonomiktir.



Şekil 4.5. % 5 lik kadın ve %95 lik erkek operatörlerin oturma esnasında yükseklik ölçülerinin kıyaslanması (Helander, 1995)

İşletme içinde, ergonomik iş istasyonu tasarımı doğrultusunda toplanan antropometrik veriler değerlendirilirken, hangi yüzde oranının kullanılacağına işletme politikası çerçevesinde karar verilir. Çünkü dizayn aralığı arttığı zaman maliyette buna bağlı olarak artar. Örneğin %1-99 arası verilere göre yapılan dizaynın maliyeti, %5-95 arasına oranla çok daha fazladır. Genelde en çok kullanılan %5 (kısa operatör) ile %95 (uzun boylu operatör) arasındaki verilere göre iş istasyonlarının boyutlandırılmasıdır.

4.1.3.2 Antropometrik Dizayn Prosedürü

Aşağıda verilen 4 temel adımlı dizayn prosedürü dahilinde ayarlanabilir sandalye ve masa yüksekliklerinin, nasıl hesaplandığı bir örnekle gösterilmiştir. Kullanılan örnekte dirsek ve kolun aynı seviyede olduğu varsayılmaktadır.

1. Mevcut popülasyonda antropometrik veriler var mı? Eğer antropometrik veriler varsa bu veriler mevcut popülasyonu yansıtıyor mu? Eğer uygun veriler yoksa varolan iş gücü hakkındaki ölçümleri yaparak bir veri tabanında topla. Veriler toplanırken, ölçüm hatalarını azaltmak için erkek ve kadın çalışanların giyim kuşamı dikkate alınmalıdır. Endüstriyel çevrede çalışanların çoğu oturma ve ayakta durma esnasında rahat postürler sergilerler. Bu nedenden dolayı postürel eğilmeyi diğer bir değişle bozulmayı tolere etmek için ayakta durma yüksekliğinden yaklaşık 2 cm ve oturma yüksekliğinden ise 4.5 cm çıkartılabilir Aynı yaklaşım tarzı ile ayakkabı yüksekliğinden kaynaklanan farkta (3 ile 4 en arasında) dikkate alınmalıdır.
2. İş istasyonlarında kullanılan mevcut iş gücü için yüzde sınırlarını tespit et. İş gücü dağılımında çoğunluğu erkekler sağlıyorsa, erkek boyutlarını baz al. Ters durumda kadın boyutlarına göre yüzde sınırını seç.
3. Erkek ve kadın sayısı hemen hemen aynı ise her iki ölçüm değeride baz alınmalıdır. Örneğin erkeklerin baskın olduğu popülasyonda, %5-95 erkeklere, tam tersi durumda

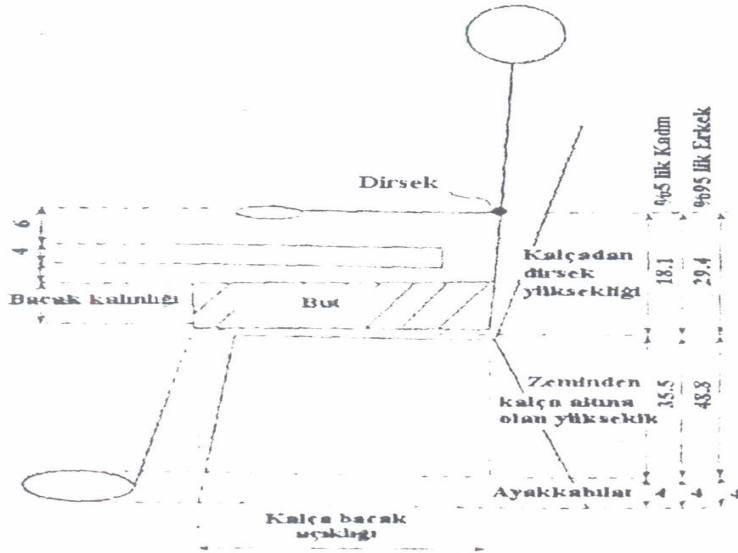
%5-95 kadınlara, her ikisinde baskın olduğu durumda ise %5 kadınlara. %95 erkeklere göre sınırlar belirlenmelidir.

4. Analiz edilecek iş istasyonu için; kısa insanlara göre uzanma boyutlarını (%5 lik kısım), iri yapılı insanlara göre (%95 lik kısım) kalçadan dirsek yüksekliğini belirle.

Örnek olarak şekil 4.6 daki üretim faaliyetinde operatör elleri dirsek seviyesinde, işlem gören parçayı masa seviyesinden 6cm yukarda tutarak oturmaktadır. Burada önemli olan uzanım ölçüleri, kalça bacak açıklığı ve zeminden kalça altına olan yüksekliktir (bkz. Şekil 4.2). En kısa operatör sandalyeye oturduğu zaman ayaklarını yere tam olarak basabilmelidir. Aksi takdirde operatör ayaklarını zemine basmak için uzatır ve böylelikle sandalye arkılığı operatörün sırtını desteklemez.

5. İş istasyonuna uyan antropometrik ölçüleri bul.

Şekil 4.6 da çizelge 4.2 ye uyan, kadın operatörler için %5 lik, erkek operatörlerin %95 lik dilimdeki değerler gösterilmektedir. Antropometrik ölçüler zemin seviyesinden itibaren hesaplanır. Zeminden kalça altına olan yüksekliğe ayakkabı kalınlığı da eklenirse; ayarlanabilir sandalye yüksekliğinin alt sınırı $35,5 + 4 = 39,5$ cm, üst sınırı ise $48,8+4 = 52,8$ cm olarak bulunur.



Şekil 4.6. Sandalye ve masa yüksekliğinin ayarlanabilirliğini hesaplamak için kullanılan antropometrik ölçüler (Helander, 1995)

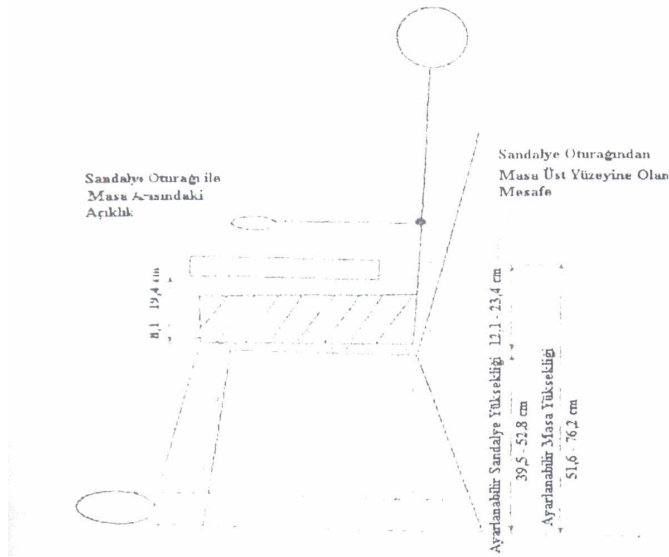
%5 lik dilimdeki operatör için kalçadan dirsek yüksekliği 18,1 cm iken, %95 lik dilimdeki operatör için 29,4 cm dir. Kalçadan dirseğe olan yükseklikten parça yüksekliği (6 cm) çıkartılır. Bulunan değer sandalye oturduğundan, masa üst yüzeyine olan mesafenin %5 lik

dilimdeki operatör için 12,1 cm ve %95 lik dilimdeki operatör için ise 23,4 cm olduğunu gösterir. Bu değerlerin oturak yüksekliği değerleri ile toplanmasıyla ayarlanabilir masa yüksekliği 51,6 ile 76,2 cm arasında bulunur.

Otururken dirsek yüksekliği bilindiğine göre, masa kalınlığı da (4 cm) göz önünde tutularak, çıkartma işlemi ile sandalye oturağı ile masa arasındaki açıklık %5 lik dilime giren operatörler için 8,1 cm, %95 lik dilimdeki operatör için 19,4 cm olarak hesaplanır (Şekil 4.7).

Çizelge 4.2 ye göre bacak kalınlığı %5 lik için 10,6 ve %95 lik için için 17,7 cm olduğundan, küçük yapıda bir kadın operatöre göre iş istasyonu ölçüleri ayarlandığı takdirde, operatör otururken zorlanacaktır.

Çoğu endüstriyel faaliyetlerde çoklu vardiya çalışması mevcut olduğundan, günümüzde iş istasyonlarında ayarlanabilir masa ve sandalye kullanımı zorunlu bir hale gelmiştir.



Şekil 4.7. Operatörlere göre hesaplanan antropometrik ölçüler

4.1.3.3 Uygun Çalışma Yüksekliklerinin Belirlenmesi

Bilindiği üzere faaliyetlerin türüne dayalı olarak iş istasyonlarında çalışanlar temel olarak oturarak, ayakta veya her iki duruma ait çeşitli postürler sergilerler. Ergonomi literatüründe oturma ve ayakta durma eylemi ile ilgili standartlaşmış tavsiyelere sık sık rastlanmaktadır.

İlk varsayımları ortaya koymamızı kolaylaştırır. Daha detaylı olarak yapılan iş analizleri, işin avantaj ve dez avantajlarını öğrenerek, çeşitli tipteki dizayn parametreleri dahilinde iyileştirmelere gitmemizi sağlar.

Tablo 4.5. Faaliyetin genel yapısına göre tercih edilebilecek postürler (Helander, 1995)

İşin genel yapısı	Uygun iş postürü	
	İlk tercih	İkinci tercih
5 kg den fazla kaldırma	Ayakta	Yarı oturma
Dirsek seviyesinin altında çalışma (ör. Paketleme ve montaj)	Ayakta	Yarı oturma
Yatay seviyede uzanım	Ayakta	Yarı oturma
Tekrarlı hareketlerle gerçekleştirilen hafif parçaların montaj işlemleri	Oturarak	Yarı oturma
Dikkat gerektiren faaliyetler	Oturarak	Yarı oturma
Gözle muayene ve ekran karşısında çalışma	Oturarak	Yarı oturma
Çevrede dolaşma	Yarı oturma	Ayakta

Objelerin dirsek seviyesinin altında, dikey olarak hareket ettirildiği paketleme ve benzeri işlerde ayakta veya yarı oturma postürü tercih edilmelidir. Oturarak çalışma bu tip faaliyetler için uygun değildir, çünkü eller çalışma esnasında aşağı konumda olduğundan, tezgah yüksekliği ve operatörün bacak ölçüleri göz önüne alındığı takdirde, oturarak uygun çalışma duruşu elde edilemez.

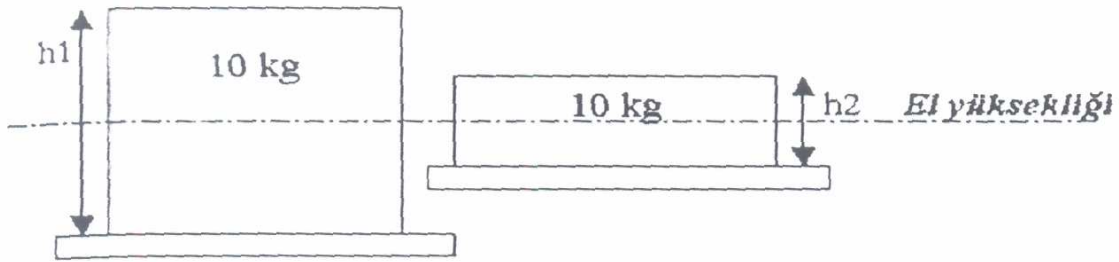
Operatör tekrarlı uzanım hareketleri sergiliyorsa bu durumda oturma veya yan oturma konumu çalışan için uygun olur. Hafif parçaların montaj işlemleri genelde tekrarlı hareketlerden oluşur ve genelde oturarak işin yapılması bu tip endüstriyel faaliyetlerde uygun görülür. Parça kutularının, montajda kullanılan alet ve takımların, tezgah yüzeyindeki yerlerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Tekrarlı hareketlerden vücudun zarar görmesini engellemek amacı ile çeşitli önlemler alınır. Dikkat gerektiren faaliyetlerde genellikle operatörler kolun alt kısmını destekleme ihtiyacı duyarlar. Oturma postürü bu durumda tercih edilmelidir.

Gözle muayene ve monitör karşısında yapılan işlerde verim, en iyi oturarak elde edilir. Oturma postürü faaliyete daha iyi odaklanmayı sağlar. Bununla birlikte, eğer yapılan iş değişik tipteki alt faaliyetlerden oluşuyorsa ve bunun gereği operatörün çalışma çevresinde hareketi söz konusu ise, genelde yarı oturma konumu tercih edilir.

Uzun süreli oturma ve ayakta durmanın fizyolojik açıdan olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacı ile operatörün oturabileceği veya ayakta durabileceği, uygun yerlerin çalışma çevresinde bulundurulması gerekmektedir.

4.1.3.4 El ve Tezgah Yükseklikleri

Tezgah yüksekliğini belirlemede göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerden biri parçaların şekilsel yapısıdır. Şekil 4.9 da gösterildiği üzere, boylamasına uzun olan parçaların işlendiği tezgah yükseklikleri, yassı ve enlemesine olan parçaların işlendiği tezgahlardan daha alçakta tutulur. Böylelikle çalışanın el yüksekliği, postürel bozulmaya sebebiyet vermez.



Şekil 4.8. Parçanın şekilsel yapısı ve el yüksekliği. (Halender, 1995)

Parçaların orta eksenlerinden maniple edildiği veya tutulduğu varsayımından hareketle, masa yüksekliği kısmen işlem gören parça yüksekliği ve elin yerden yüksekliğine göre belirlenir (Halender, 1995)

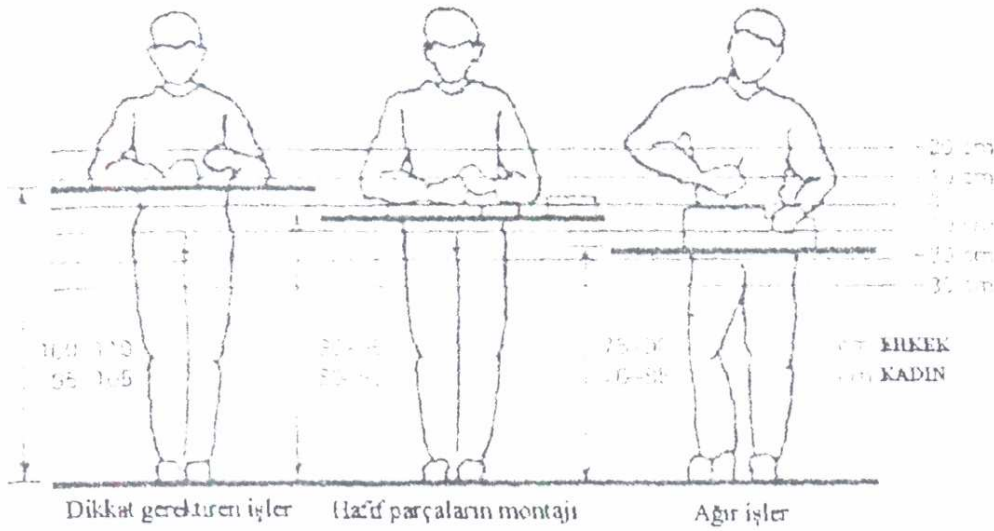
Ağır işlerde elin dirsek seviyesinden yaklaşık 15 cm aşağıda durması operatöre rahat çalışma imkanı tanır ve bu sayede kolun hareket etkinliği artar.

Hafif parçaların montajında ise kolun kaldıraç kuvveti (manivelası) göz önüne alınarak faaliyetin dirsek seviyesinden yaklaşık 5 cm aşağıda tutularak gerçekleştirilmesi gerekir.

Daktilo ve bilgisayar kullanırken elin 3 cm dirsek seviyesinden aşağıda tutulması tercih edilir. Dikkat gerektiren işlemlerde ise dirseği veya kolun alt kısmını desteklemek faaliyetin daha verimli şekilde sürdürülmesini mümkün kılar. Bu tip işlerde el yüksekliğinin dirsekten 8 cm yukarıda tutulması önerilmektedir. Bunun gerekçelerinden biri ise küçük parçaların ve

detayların göz tarafından rahat algılanmasını sağlamaktır.

İşletme genelinde toplanan antropometrik ölçüler doğrultusunda değişik tipteki iş istasyonlarında, tezgah yüksekliklerinin hangi değerler arasında olması gerektiği, işin karakteristikleri dahilinde tespit edilebilir. Çizelge 4.4 de, ABD de çalışan topluma ait vücut ölçülerinden hareketle (bkz. Çizelge 4.2) işin yapısına göre tercih edilebilecek yerden el yükseklikleri hesaplanmıştır. Çizelgede %5 ve %95 lik operatörler arasındaki değerler uygun el yüksekliğinin çıkartılması veya toplanması ile elde edilmiştir. Ayakkabı yüksekliği olarak 3 cm dikkate alınmıştır. Oturma esnasındaki değerler, zeminden kalça altına olan yükseklikle, kalçadan dirsek yüksekliğinin toplanması ile bulunmuştur.



Şekil 4.9. Ayakta çalışma esnasında tavsiye edilen yükseklikler. Referans çizgisi (± 0) ile yerden ortalama dirsek yüksekliği seviyesi ve sapmalar (Grandjean, 1988)

Aynı yaklaşım tarzı ile işletmelerde çalışanların antropometrik özellikleri bilindiğinde yerden el yükseklikleri spesifik olarak hesaplanabilir. Bu değerler işletmede yürütülen ergonomik dizayn faaliyetleri kapsamında verimliliği artırıcı yönde, etkin bir şekilde kullanılabilir.

Tablo 4.6. İşin genel yapısı itibarı ile hesaplanan el yükseklikleri (Mustafa Akın ERDEM,2000)

İşin Genel Yapısı	±Dirsek seviyesi	Yerden El Yüksekliği (cm)			
		Ayakla (%5-95)		Oturarak (%5-95)	
		Erkek	Kadın	Erkek	Kadın
Ağır İşler	-15	88-107	81,6-96,8	önerilmemektedir	
Hafif Parçaların Montajı	-5	108-117	91,6-106,8	56,2-76,2	51,6-70,4
Klavye kullanım	+3	116-125	99,6-104,8	64,2-84,2	59,6-78,4
Dikkat Gerektiren İşler	+6	önerilmemektedir		69,2-89,2	64,6-83,4

Çalışma esnasındaki vücut duruşlarında bireysel tercihler de söz konusudur. Örneğin; bilgisayarda yazı yazarken bazı çalışanlar klavyeyi kol seviyesinin altında tutarlar. Bazıları ise klavyeyi yüksek seviyede tutmayı tercih ederler. 5 lik ve 95 lik yüzde oranları dizaynın ölçüleri ve kişisel tercihler dikkate alındığında gerçekten çok büyük bir değer aralığı karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle masa yüksekliği veya tezgah yüksekliğinin tespitinde anlamlı ve kullanışlı verilere ulaşabilmek için elin konumu dikkate alınmalıdır.

4.1.4 Ergonomik Açıdan Malzeme Taşıma Sistemleri

Endüstride çok değişik tipte malzeme taşıma sistemleri kullanılmaktadır. İş istasyonları, kalite kontrol noktaları ve depolar arasında mamul veya yarı mamullerin taşınmasında kullanılan araçların, verimlilik ve işin insancillaştırılması yönlerinden seçimi, mühendisin yaratıcılığı ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin; dikey yönde elle taşımaların azaltılması ve bu amaç dahilinde kötü postürel duruşların iptal edilmesi hakkında yapılan durum çalışmaları, literatürde karşımıza sıkça çıkmaktadır. Bu çalışmaların en önemli özelliği, üretim planlaması ve ergonominin, çağdaş anlayış tarzı ile beraber değerlendirilmesidir. İş yerlerinde malzemelerin bir yerden başka bir yere taşınması nedeniyle önemli bir zaman ve çaba harcanmaktadır. Bu

taşımalar çoğu zaman masraflı olmakta ve ürünün değerine hiçbir katkıda bulunmamaktadır. Bu nedenle aslında hiçbir taşıma ve aktarma işleminin olmaması ideal sayılmaktadır. Fakat bu hemen hemen imkansızdır. En akılcı yol, malzemelerin, işçi sağlığı ve iş güvenliğide gözetilerek, olanaklı olan en düşük maliyetli, en uygun yöntem ve araçlarla taşınması olacaktır. Bu hedefe, taşımayı ortadan kaldırarak ya da azaltarak, taşıma etkinliğini artırarak ve malzeme taşıma araçlarını doğru seçerek ulaşılabilir (ILO, i 1997).

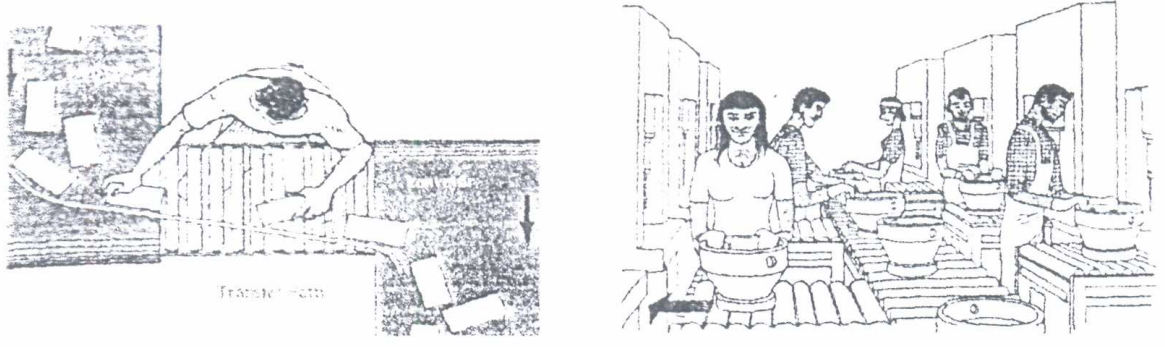
Endüstride üretilen mamulün çeşitine ve işin gereğine göre taşıma sistemleriyle iç içe geçmiş iş istasyonları mevcuttur. İşin karakteristikleri ve çalışanların antropometrik özellikleri göz önüne alınarak yürütülen dizayn faaliyetlerinde, verimliliğin artırılması ve insana uygun çalışma ortamlarının işletmeye kazandırılması amaçlanır. Antropometrik verilere dayalı yükseklik ayarlamaları, temel amaçlar itibarı ile taşıma sistemlerinde de üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Bu nedenlerden ötürü taşıma sistemlerine, iş istasyonu dizaynı ana başlığı altında yer verilmiştir.

4.1.4.1. Taşımada kullanılan araçlar

Endüstride taşımada kullanılan araçların bir çok çeşiti mevcuttur ve bunlar konveyör, endüstriyel arabalar, vinçler, kaplar olmak üzere genelde dört sınıf altında toplanabilir.

Konveyörler: Üretimde çok kullanılan, taşıma işlevinin yanı sıra montaj hatlarında geçici stokların üzerinde bulunduğu, birbirlerine bağlı sistemlerdir. Konveyör ya da genel adıyla taşıyıcılar, malzemelerin durağan iki iş istasyonu arasında sürekli ya da aralıklı olarak taşınmasında yararlı olmaktadır. Bunlar özellikle kitle üretimlerinde ya da sürekli üretimlerde kullanılmaktadır. Gerçekte az ya da çok değişmezlik gösteren işlemlerin çoğu için yararlıdır. Çok çeşitli taşıyıcı türleri vardır. Bantlı, tekerlek ya da makara kullanılarak düzenlenen taşıyıcılar yanında, kendi kendine dönen ya da motorla çalışan türler de vardır.

Taşıyıcıların kullanılmasına ilişkin kararlar alınırken çok dikkatli olunmalıdır, çünkü taşıyıcı düzeninin korunması çok masraflıdır, ayrıca bunların esnekliği çok azdır ve iki ya da daha çok taşıyıcı kullanılması durumunda iki taşıyıcının hızlarının birbirlerine göre ayarlanması gerekmektedir

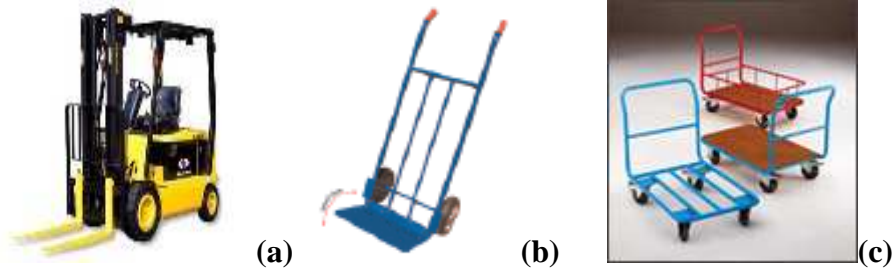


Şekil 4.10. Silindirik taşıyıcıların ve paletlerin uygun yerlerde kullanımı. Taşıma durumunda operatörün doğal vücut duruşunun bozulmaması gerekmektedir. (ILO, 1996)

Endüstriyel Yük Arabaları: Taşıyıcılara nazaran daha esnektir. Bunlar sürekli olarak bir yere bağlı değildirler ve çeşitli istasyonlar arasında hareket edebilirler. Bu nedenle kesikli üretimler ve çeşitli büyüklükteki ve biçimdeki malzemelerin taşınmasında daha uygundur. Yakıtla, elektrikle ve insan gücü ile çalışan çok çeşitli araba türleri vardır. Bunların en büyük yararı çok geniş kullanılma olanakları olmasıdır. Bu özellik, arabaların çok değişik ve çeşitli biçimlerde malzeme taşıyabilme olanaklarını arttırmaktadır. Şekil 4.12 de değişik tipteki endüstriyel yük arabalarına örnekler gösterilmiştir.

Malzeme taşıma hattı üzerinde rahat bir ulaşımın sağlanması ve yük arabalarının kolay geçişini temin etmek için gereken önemlerin alınması şarttır. Materyallerin akışı, değişik biçimlerdeki araçlarla sağlanabilir. Bu araçların tekerleklerinin çapının büyük olması, uzun mesafelerde taşımayı kolaylaştırır; kavuçok ve benzeri materyallerden oluşan tekerlekler gürültü bakımından tercih edilmelidir.

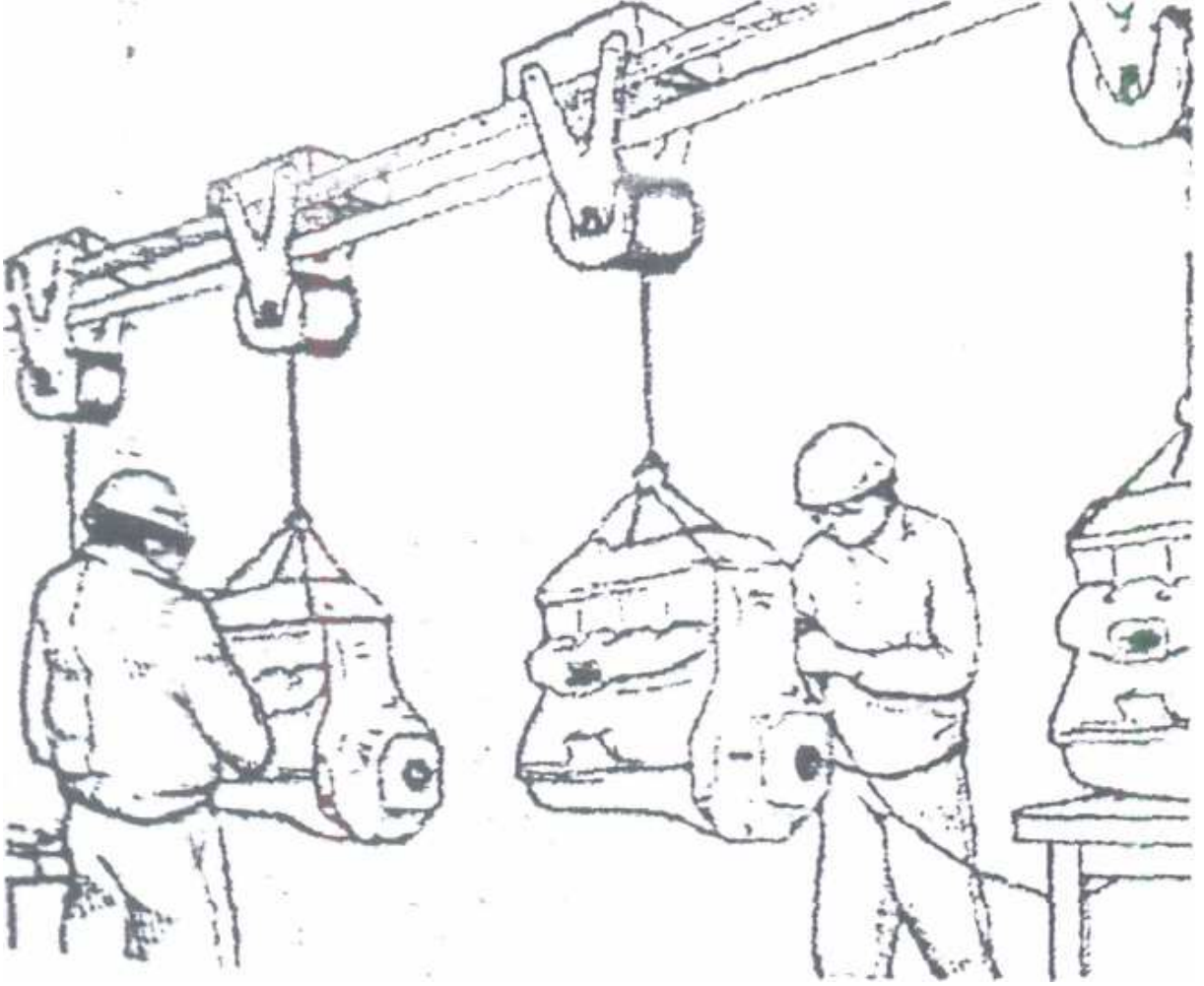
Vinçler: Konveyör ve endüstriyel yük arabalarına ek olarak, vinçler ve diğer kaldırıncıların en büyük yararı ağır malzemelerin yukarıdan taşınmasını sağlamalarıdır. Vinçler ve kaldırıncıların da çok çeşitli türleri vardır ve her tür kendi içinde değişik taşıma kapasitesine sahiptir. Yükleme boşaltma ve depolama gibi faaliyetlerde işçilerin harcadığı zamandan, üretken işlere ayırmak amacı ile işin yapısı gereği vinçler tercih edilebilir. Bu anlamda ne tür bir mekanik aksamın kullanılması gerektiği düşünülmelidir.



Şekil 4.11. Malzeme taşımada kullanılan tekerlekli araçlar, (a) Çatallı forklift. (b) ağır parçaları kaldırmaya yarayan iki tekerlekli el arabası, (c) Kısa mesafelerde kullanılan ve zemin seviyesine yakın taşımayı sağlayan araç. (ILO, 1996)

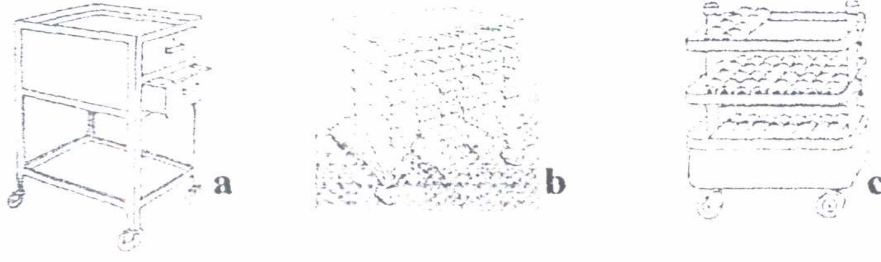


Şekil 4.12. Endüstride kullanılan vinç örneği Yüğü belli bir yükseklikte tutabilen motorlu elektronik kontrollü ve etkin taşımaya yarayan zincirli vinç (ILO, 1996)



Şekil 4.13. Motor bloklarının taşınması ve montaj işleri. Ayakta çalışma yüksekliği operatörlere uygun olarak ayarlanmalıdır (ILO, 1996)

Kaplar: Diğer bir malzeme taşıma aracında kaplardır. Kaplar "ölü" ya da "canlı" olarak adlandırılırlar. Ölü kaplara taşınacak malzeme konur ve saklanır, fakat bunlar hareketli değildir. Karton kutular, bidonlar, paletler kızaklar ve altlıklar gibi. Canlı kaplar ise (vagonlar ve el arabaları gibi) hem malzeme konur hem de hareketli oldukları için malzemenin taşınmasında kullanılırlar ve genellikle elle yönetilirler (ILO, 1997).



Şekil 4.14. Tekerlekli çekmece ve kaplar, (a) Parça ve takımların kolay taşınmasını sağlayan tekerlekli çekmece, (b) Küçük kaplardan oluşan, birden fazla işlemlerin yürütüldüğü iş istasyonlarına problemsiz akış imkanı tanıyan mobil malzeme aracı, (c) Ayarlanabilir raflardan oluşan motor ve makinelerin tamir bakımında için kullanılabilir yük arabası (ILO, 1996)

4.1.4.2 Malzeme taşıma araçlarının seçimi

İş istasyonlarının düzenlenmesinde malzeme araçlarının seçimi temel olarak dört kriter göz önüne alınarak yapılır.

a- Malzeme Özellikleri: Taşınacak malzemenin sıvı, katı ya da gaz olması, büyüklüğü, biçimi ve ağırlığı önemlidir ve bu özellikler ilk anda mevcut taşıma araçları arasında bir elemeye gidilmesine yol açarlar. Aynı şekilde, eğer malzeme kırılabilir, toksik ya da paslanan bir malzeme ise bu da belirli taşıma yöntemlerinin ve kapların seçiminde önemli bir etmen olacaktır. Bu doğrultuda, işçilerle doğrudan görüşme ile malzemelerin taşınmasının nasıl gerçekleştirilmesi gerektiği hakkında görüşleri alınır. Farklı üretim alanlarına taşımının etkinliğinin artırılması ile ilgili daha iyi ve pratik çözümler getirilebilir.

b- Bina Özellikleri ve Yerleştirme Düzeni: Başka bir kısıtlayıcı etmen taşıma için ayrılan alandır. Alçak tavanlar vinç ve asansörlerin kullanılmasını önleyebilir ve uygunsuz yerlere konulmuş olan destek kolonlar, malzeme taşıma araçlarının büyüklüğünü etkiler. Eğer bina çok katlı ise endüstriyel arabaların kullanılabilmesi için yükleme rampalarından ya da kaydırma oluklarından yararlanılabilir. Yerleştirme düzeninin kendisi, üretim tipinin seçimini (sürekli, kesikli durağan ya da grup konumlu) ve ayrıca diğerlerine göre çok daha uygun olan taşıma araçlarını belirleyen bir etmendir.

Çoğu materyalin taşınması sırasında ergonomik koşulların yetersizliğinden ötürü işgücü kaybı ve mesleki sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır. Bunun önlenmesi için itme ve çekme yerine tekerlekli taşıma sistemlerinin ve endüstriyel yük arabalarının kullanılması tercih edilmelidir.

Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri operatöre göre düzenlenmeli ve taşımada kullanılan araçların birbirleri ile uyumu sağlanmalıdır.

c- Üretim Akışı: Eğer akış iki durağan nokta arasında kesinlikle durağansa ve değişme olasılığı yoksa, taşıyıcılar ve kaydırma olukları gibi durağan araçlar başıyla kullanılabilir. Ama diğer yönden, akış durağan değilse ve aynı anda çok çeşitli ürünler üretiliyorsa, akış yönü sık sık bir noktadan diğerine değişiyorsa, daha çok el arabaları gibi hareketli araçlar tercih edilmelidir.

Bir iş istasyonundan diğerine parçaların direkt olarak geçişlerine imkan tanıyacak şekilde dizayn gerçekleştirilmelidir. Bu konuda iş akışı göz önünde tutulmalıdır. Birbirini takip eden operasyonların zamanlarının kıyaslanması ile ne tip bir taşımaya gerek olduğu ortaya konulur (Şekil 4.18).

Endüstride genellikle, diğer bir iş istasyonuna ulaştırılması gereken çok sayıda ekipman ve mamul söz konusudur. Malzemelerin zarar görmemesi, etkin ara stok kontrolü, operatörün yorgunluğunu azaltmak ve kazalara meydan vermemek için mobil raflar kullanılabilir. Böylelikle yükleme ve boşaltma işlemlerinden meydana gelebilecek kayıp zamanlar azaltılmış olur.



Şekil 4.15. Raflar ile diğer bir iş istasyonuna malzeme aktarımı (ILO, 1996)

d- Maliyet: Maliyet ise, nihayi kararların alınmasında en önemli faktörlerden biridir. Aynı yükün taşınması amacıyla kullanılabilir çeşitli araçlar arasında bir karşılaştırma yapılırken bir çok maliyet unsurunun ve düşünülmesi gerekmektedir. Satın alma maliyeti, vergi ve faiz ödenmesi gibi bir çok maliyet kaleminin hesaplanarak ve alınabilecek diğer alternatif araçların maliyetleri ile karşılaştırılmalıdır. Dizaynda yapılan bu ve benzeri gibi değişikliklerin ergonomi ve verimlilik açısından getirişi hesaplanmalıdır (ILO, 1996).

4.1.4.3. Taşıma sistemi yüksekliğinin hesaplanması

Fabrika genelinde konveyör yüksekliğinin sabit seviyede tutulması çoğu mühendisin ortak görüşüdür. Öngörülen yükseklik 92 cm dir. Bu değer ağır olmayan parçaların işlendiği iş istasyonlarının tezgah yüksekliği iye aynıdır. Fabrikayı dizayn eden mühendislerin belirlediği bu tip değerler her zaman çalışanlara uygun olmayabilir. Bantın üzerinde gerçekleştirilen işlerin genel yapısı dahilinde, taşınan parça yüksekliği ve operatörlerin antropometrik ölçütleri dikkate alınmalıdır.

Örneğin; 25 kg ağırlığındaki kutuların konveyör üzerinde taşındığını ve operatörün bu kutuların her iki tarafında etiketlemek için çevirdiğini düşünelim. Kutuların boyunun 50 cm olduğu takdirde, taşıyıcı bant üzerinde çalışan 5 lik ve 95 lik yüzde sınırlarını kullanarak, erkek operatörlere göre yerden bant yüksekliğinin hangi değerler arasında olması gerektiğini hesaplayalım.

Parçanın ağırlığından anlaşılacağı üzere faaliyet, genel yapısı itibarı ile ağır iş kategorisine girmektedir. Ayakta çalışarak gerçekleştirilen ve endüstride benzerine sıkça rastlanan bu tip ağır işlerde elin dirsek seviyesinden yaklaşık 15 cm aşağıda durması uygun görülmektedir. Kutuların orta eksenlerinden tutulduğu ve çevrildiği dikkate alınırsa elin, banttan 25 cm yükseklikte olması düşünülebilir.

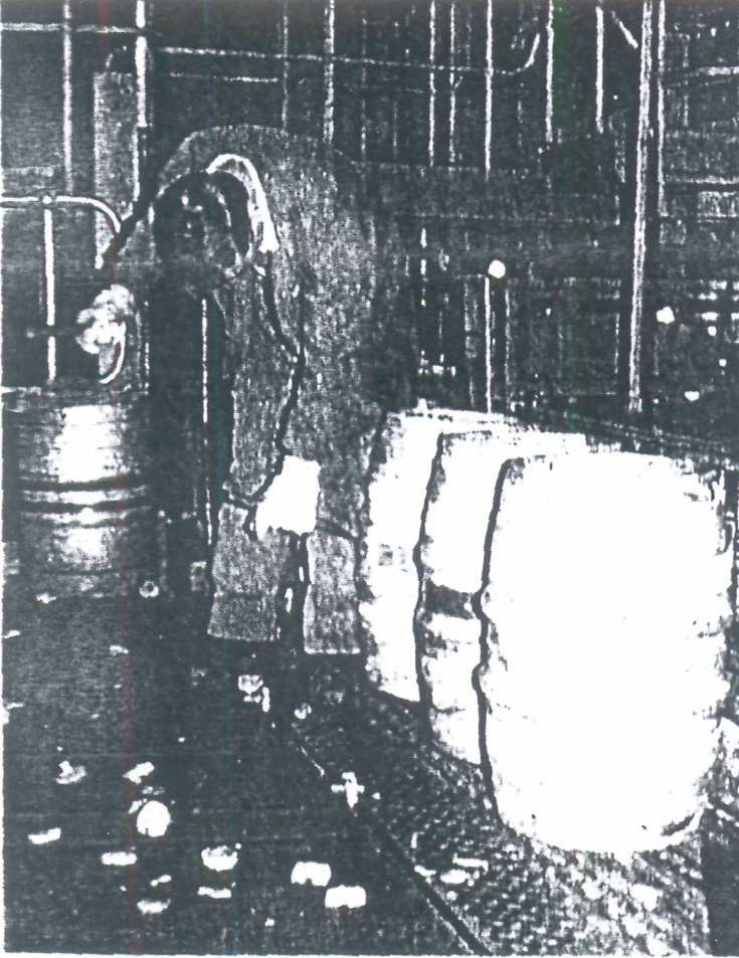
Erkek operatörlerin ayakta durma esnasındaki yerden dirsek yüksekliği %5 lik dilim için 100 cm, %95 lik dilim için 119 cm dir (bkz. Çizelge 4.2). Bu değerlerden 15 cm çıkartıldığında dizayn aralığı 85 cm ile 104 cm arasında bulunur. 3 cm ayakkabı yüksekliği dizayn sınırlarına eklenirse çizelge 4.4 deki değerler bulunur. 25 cm elin konumu çıkartılırsa taşıyıcı bantın yüksekliğinin iş için 63-82 cm arasında olması gerektiği ortaya çıkar.

4.1.4.4 Örnek durum çalışması

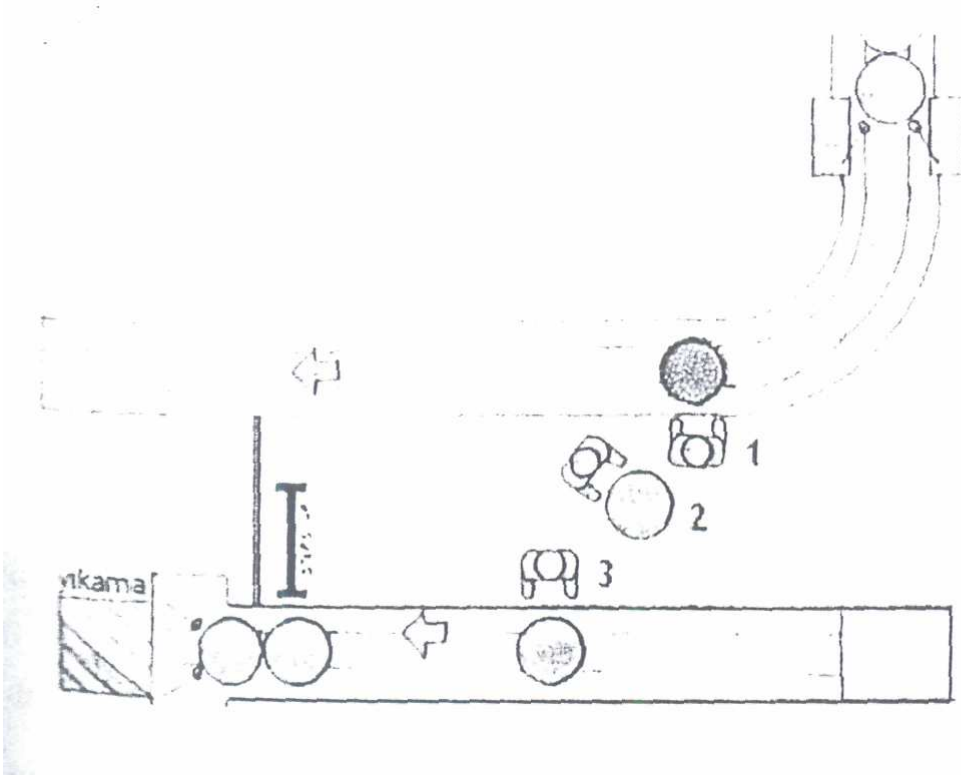
Alüminyum fiçilerin üzerinden tahta tıpların parçalanarak çıkartılması operasyonu endüstride sık görülen geleneksel bir işlemdir. Bu işlemde tıplar çekiç ve keski yardımı ile

parçalanarak elle olarak çıkartılmaktadır (Şekil 4.16).

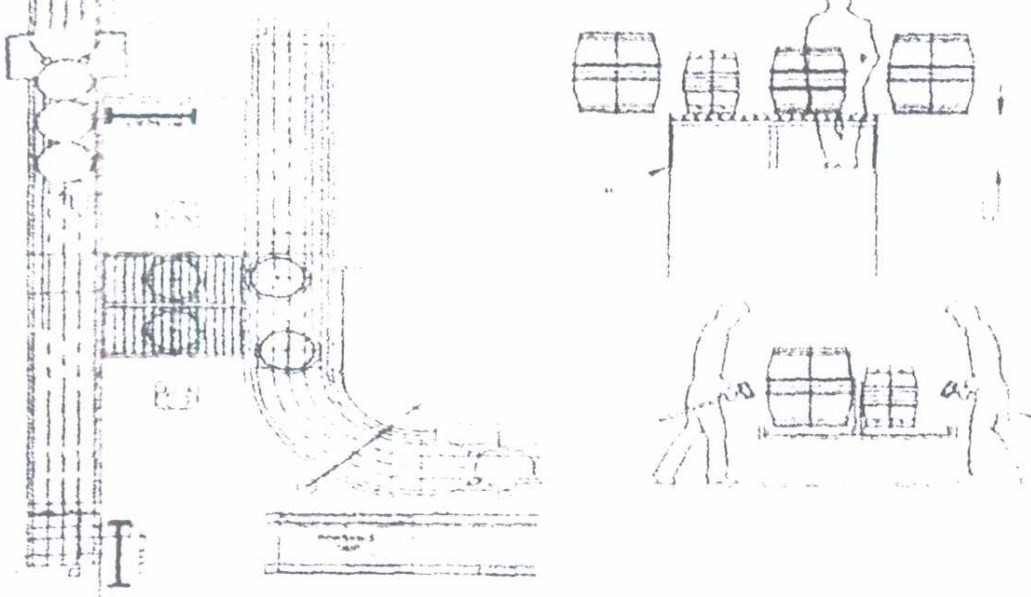
İlk olarak fiçılar operatörün sağ tarafından ve zemin seviyesinde istasyona ulaşmaktadır. Daha sonra, operatör fiçiyi banttıan çekerek metal platformun berine taşımaktadır. Operatör çekiç ve keski ile tıpayı çıkartmaktadır. Operatör, fiçının kımıldamasını önlemek için vücut ağırlığını fiçının üzerine vermektedir. Bu esnada istenmeyen kambur vücut duruşu neticesinde dizlerde aşırı yüklenme meydana gelmektedir. Bu işlem bittikten sonra fiçı ekseni etrafında döndürülerek ikinci banda aktarılmaktadır. İkinci bant üzerinden fiçılar bir sonraki üretim prosesi olan yıkama bölümüne gelmektedir (Şekil 4.17). 11, 22, 36 galonluk işlem gören üç tip fiçı bulunmaktadır.



Şekil 4.16. Prosesin iyileştirme yapılmadan önceki resmi (Mitchell, 1997)



Şekil 4.17. İşlemin iyileştirmeden önceki kaba taslak görünüşü (Mitchell, 1997).



Şekil 4.18. Tasarımdan sonra prosesin tepeden, önden ve yandan görünüşü. İki ana bant arasında silindirik taşıma sistemi yerleştirilmiştir (Mitchell, 1997)

İyileştirmenin sisteme getirdiği faydalar:

- Üretim 71% oranında artmıştır. Saatte 210 tıpa çıkartılırken yeni durumda saatte 360 tıpa çıkartılmaktadır.
- İşlemin etkinliği artmıştır. Ortalama 3-6 çekiç darbesi ile yapılan iş, yeni durumda ortalama 2-3 vuruşla gerçekleştirilmektedir.
- Uygun vücut duruşu ve görüş açısı sayesinde fiçinin zarar görmesi önlenmiştir.
- İşlem sırasında fiçinin etrafını saran kuşağın zarar görmesi azaltılmıştır. Değişiklikten dört ay önce kuşak tamirine ödenen miktar £ 24 000 iken bu maliyet değişiklikten dört ay sonra £ 500 civarına inmiştir.
- Yeni dizaynda tıpların üzerine basıp kayma ve düşme tehlikesi azalmıştır.
- Yeni vücut duruşu sayesinde kambur duruş önlenmiştir ve sırtta binen statik yüklenme azalmıştır. Fıçıyı iki elle taşıma ortadan kaldırılmıştır. Uygun görüş açısı sağlanmıştır.
- Değişikliğin maliyeti £ 5000 dur. (Mitchell, 1997)

Bu durum çalışmasında, işlem gören fiçilerin ağırlığı, yüksekliği ve çalışanların antropometrik özellikleri taşıma yüksekliğinin belirlenmesinde en önemli belirleyici faktörler olarak görülmektedir. Dizayn aralığı belirlenirken 3 değişik tipteki fiçinin fiziksel özelliklerine göre ayrı ayrı yükseklik sınırları bulunmalı ve bunların kesişim değerleri dizayn aralığını oluşturmalıdır. Bunun yanı sıra fiçilerin geçiş imkanının kolaylaştırılması, işin insancillaştırılması bakımından göze çarpmaktadır.

4.1.4.5. Klavye Yüksekliğinin Hesaplanması

Ekran karşısında çalışmanın ergonomik açıdan değerlendirilmesine ve dizaynına yönelik yapılan araştırmalara literatürde sıkça karşılaşılr. Tezgah ve bant yüksekliğinin hesaplanmasında olduğu gibi ekran karşısında çalışma esnasındaki masa yüksekliğinin ayarlanabilir sınırları hesaplanabilir.

Örneğin; %5 lik kadın ve % 95 lik erkek operatörlere göre klavyenin 3 cm kalınlıkta olduğunu dikkate alarak ayarlanabilir masa yüksekliğini hesaplayalım.

Kadın ve erkek operatörler için oturma konumundaki dirsek seviyesi, zeminden kalça altına olan yükseklikle, kalçadan diz yüksekliği toplanarak elde edilir

Oturma konumunda = Zeminden kalça altına + Kalçadan diz

Yerden dirsek seviyesi olan yükseklik yüksekliği

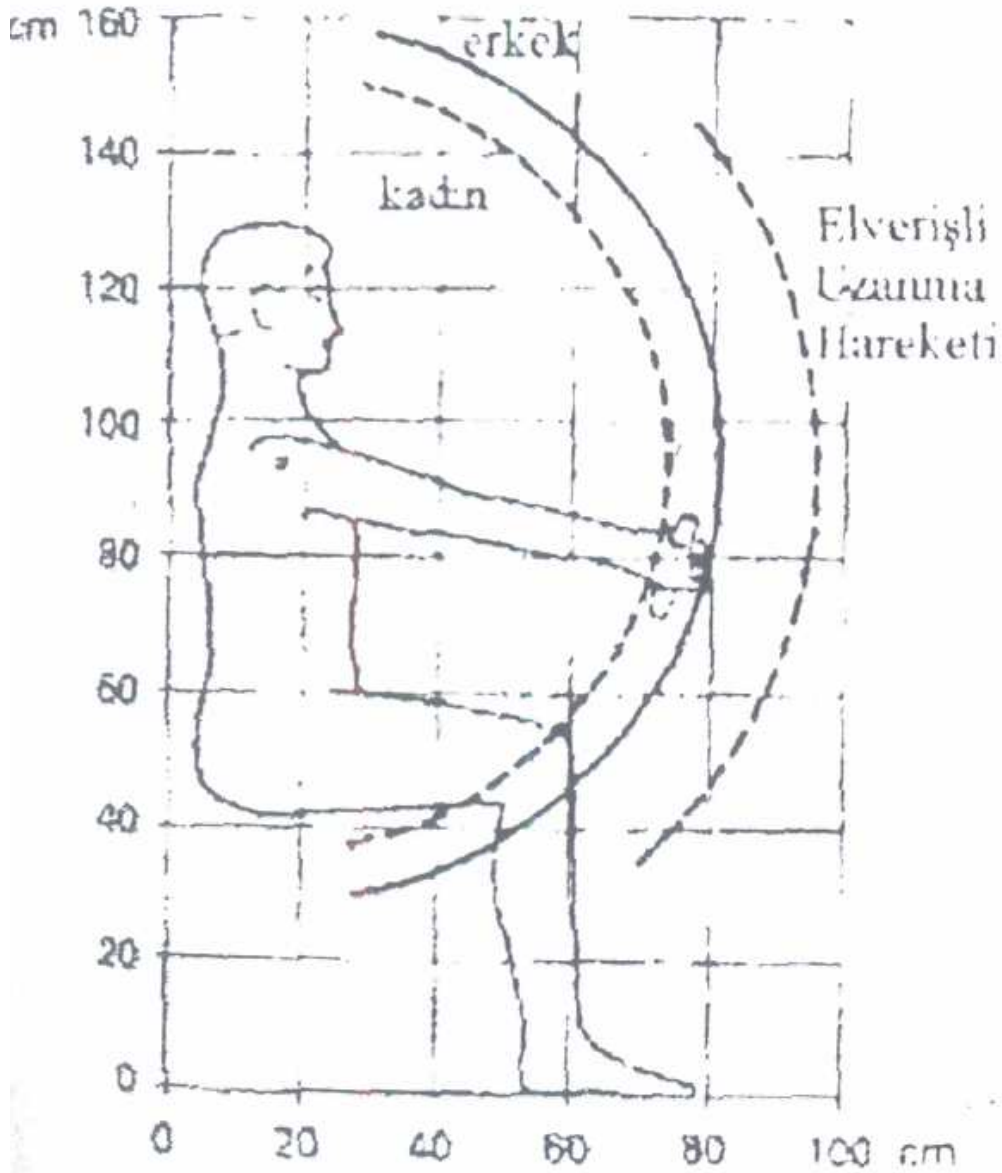
% 5 lik kadın operatörün dirsek seviyesi = 35,5 + 18,1 = 53,6 cm

% 95 lik erkek operatörün dirsek seviyesi = 48,4 + 29,4 = 77,8 cm

Önceden de belirtildiği üzere, yazı yazma, bilgi işlem gibi faaliyetlerin yürütüldüğü görsel iş istasyonlarında elin dirsek seviyesinden 3 cm yukarıda tutulması tercih edilir. Elin konumunun kalvyeden 3cm yükseklikte olacağı ve ayakkabı yüksekliğinin dikkate alınması ile sonuç olarak masa yüksekliği sınırları 56,6 ile 80,8 cm değerleri arasında bulunur.

4.1.4.6 Çalışma Yüzeylerinin Düzenlenmesi

Önceki konularda iş istasyonlarının dikey düzenlemesinin, antropometrik veriler dahilinde nasıl yapıldığı irdelenmiştir. Çok çeşitli aletlerin nerelere konulacağı, kontrollerin planlanması gibi konularda el ve kolun hareket alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışanın aşırı derecede ileriye doğru uzanması, gövdenin aşırı hareketi belde ve omuzlarda riskli ağırlara sebebiyet verir. Bu anlamda dikey yönde kavrama alanı göz önünde bulundurulmalıdır. Dikey yönde kavrama, kolun dikey yönde taradığı çap olarak ifade edilir. Burada belirleyici faktör; omuz eklemi ve bu eklemden kapalı durumda bulunan ele olan uzaklıktır (Grandjean, 1988).



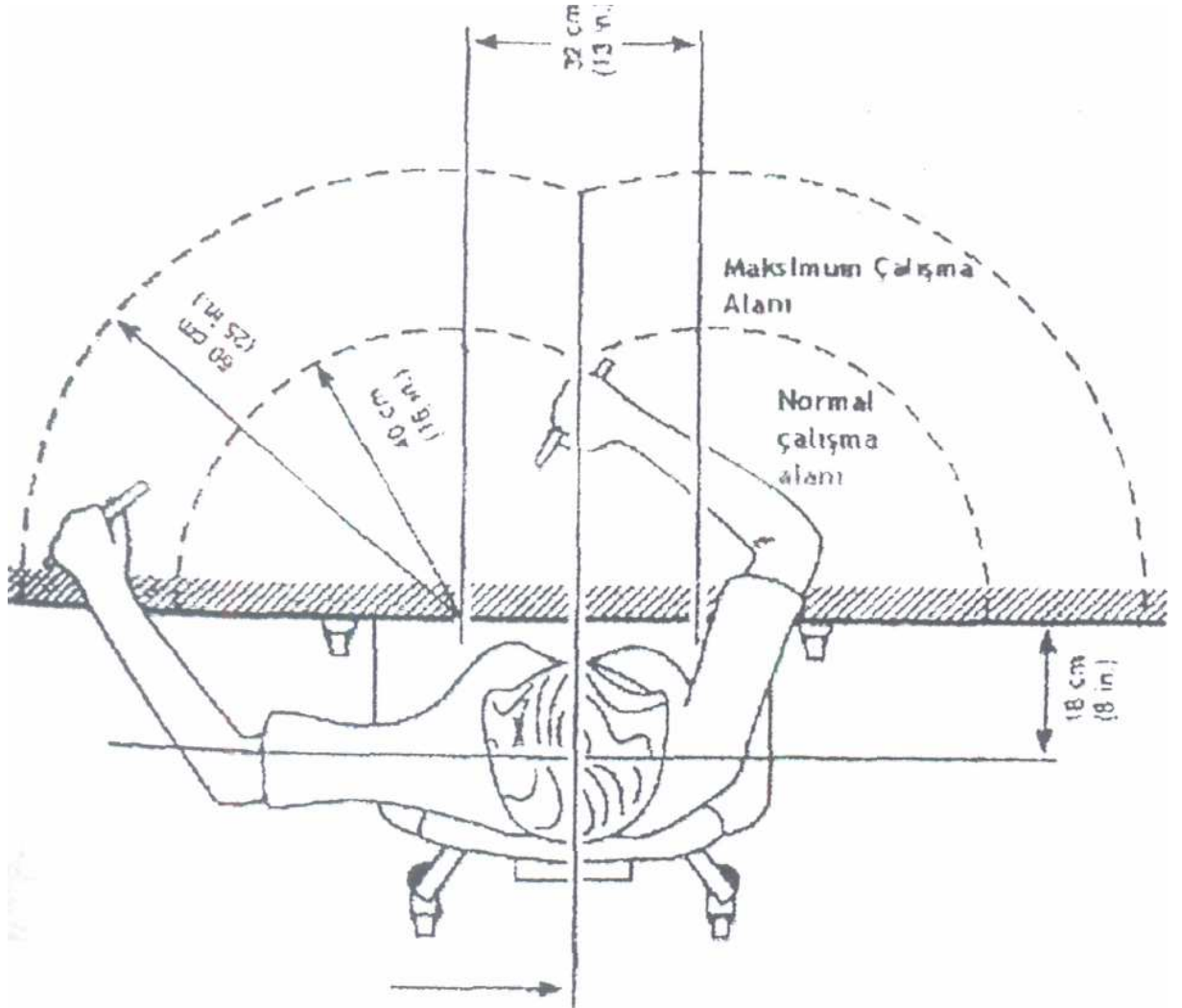
Şekil 4.19. Sagital (dikey) düzlemde kavrama hareketi eksenini. % 5 lik dilime ait kadın ve erkek çalışanların elverişli uzanma hareketi (Grandjean, 1988)

Çalışanların statik ve dinamik kassal zorlanmalara maruz kalmadan etkin bir şekilde görevlerini yerine getirebilmeleri için iş istasyonlarında yatay düzlemde de düzenlemelere gitmek gerekir. Endüstriyel iş istasyonu tasarımı ile hedeflenen, popülasyonun büyük bir bölümünün kötü postür oluşumuna maruz kalmadan, çalışmalarını sürdürmelerini temin etmektir. İş istasyonlarının fiziksel dizaynının temel amacı doğrultusunda; normal ve maksimum ileri doğru uzanma boyutları çalışma yüzeylerinin dizaynında büyük önem taşımaktadır.

Normal Uzanma: Tezgah üzerinde, kolun dirsek ve bilek arasındaki bölümü (forearm) bir dairesel hareket yaparken, baş parmağın uç kısmının taradığı yoldur. Bu hareket esnasında kolun dirsekten omuz arasındaki bölümü (upperarm) aşağı doğru rahat pozisyonda tutulur.

Maksimum Uzanma: Operatörün gövdesi bükülmeye maruz kalmadan ulaşabileceği mesafe olarak düşünülür. Özellikle oturarak çalışmada sırtın belirli bir esnemeye maruz kalması pratikte söz konusudur.

Yanal Açıklık: Minimum yanal açıklıklar omuz seviyesinden her iki tarafa da 5 cm eklenerek ya da kalça genişliğine 10 cm eklenerek bulunur. İş istasyonlarının her ölçüdeki insana uygun olması için % 5 lik kullanıcı gurubuna göre uzanım ihtiyaçlarının düzenlenmesi, % 95 lik dilime girenlere göre de açıklıkların dizaynı gerekir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Tezgah üzerindeki normal ve maksimum uzanmaların sınırladığı çalışma alanlarının gösterimi (Helander, 1995)

Tekrarlı hareketlerden oluşan işlerde el normal çalışma alanı tutulmalıdır. Kontroller ve el aletleri normal çalışma alanı dışında yer almalıdır. Bununla birlikte maksimum çalışma alanı içinde yer alabilirler. Biomekanik yaklaşım tarzı ile, uygun olmayan uzanmalar omuzda büyük kassal zorlanmaya ve ek olarak lomber disklerinde strese yol açar. Maksimum çalışma alanı dışına çıkan hareketlerin sürekli tekrarlanması durumunda sırt ağrılarının yakınmalarının artması kaçınılmazdır.

Das, Grandy ve Behara, işçinin yatay düzlemdeki çalışma alanını matematiksel bir model dahilinde incelemişlerdir. Yapmış oldukları araştırmalarda, iş istasyonunda en iyi çalışma alanı, normal uzanımların sergilendiği alan olarak ifade edilmektedir. Uzanma gereksinmelerinin maksimum erişme bölgesinin sınırları dışına çıkması durumunda kötü postür oluşumu nedeniyle vücudun muhtelif yerlerinde ağrılara neden olacağı belirtilmiştir.

Das ve arkadaşlarının yapmış olduğu araştırmalar sonucu dirsek seviyesi dikkate alınarak elin erişebileceği maksimum çalışma alanı antropometrik ölçüler ile hesaplanabilir. Aşağıdaki eşitlikte maksimum uzanma noktası diğer bir değişle taranan dairesel alanın yarıçapı R ile gösterilmiştir. Omuzla kolun birleştiği nokta, elin taradığı dairenin merkezini teşkil etmektedir (Das and Sengupta, 1996).

$$R = \sqrt{\{K^2 - (E - L)^2\}}$$

R : Maksimum uzanma mesafesi

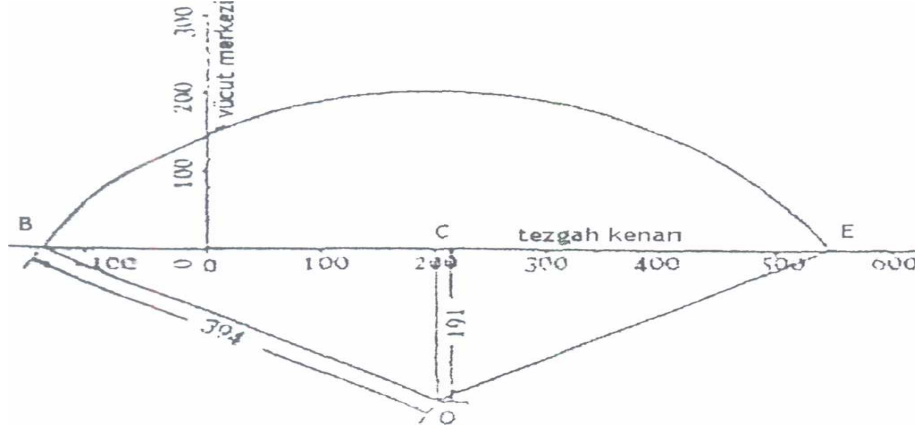
K : Kol uzunluğu

E : Omuz yüksekliği

L : Dirsek yüksekliği (yerden)

Formülde dirsek yüksekliğinin işin kategorisine göre değişebileceği dikkate bulmalıdır. Uygun dirsek yüksekliği ağır işe, hafif parçaların montajına, yazı yazma işlerine ve hatta işlem gören parçanın boyutuna göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenden dolayı önce iş istasyonu yüksekliklerinin belirlenmesi, uygun çalışma alanlarının hesaplanmasından önce yer almalıdır. Kol uzunluğu ve omuz yüksekliği ise antropometrik ölçümlerle belirlenen sabit değerlerdir. Ek olarak işin oturarak mı yoksa ayakta mı gerçekleştirilmesinin postürel açıdan uygunluğunun belirlenmesi ve ona göre çalışma yüzeyi sınırlan dizayn edilmelidir.

Yatay düzlemde, sağ , sol ve her iki elin birlikte kullanılmasına ilişkin çalışmalar mevcuttur. 1955 yılında Farley, normal çalışma alanını sağ elin taramış olduğu açı itibariyle incelemiştir. Çalışmasında, normal çalışma alanını, kolu dirseğe kadar dik tutup, dirsek ile parmak arası uzunluğun yatay düzlemde oluşturdukları eğrinin alanına eşit olduğunu göstermiştir. Farley çalışmasında kadın ve erkek operatörler için ayrı ayrı çalışma alanları belirlemiştir.



Şekil 4.21. % 50 lik kesimdeki erkek çalışanlar için Farley' in gösterdiği yatay çalışma alanı. Tüm boyutlar mm cinsindedir (Das ve Behara, 1995)

Squires 1956' da, normal çalışma alanını belirlerken dirseğin sabit kalmadığını ve kolların hareketi esnasında dairesel yörüngeden içeri ve dışarı doğru sapmalar gösterdiğini vurgulamıştır. Ayrıca fonksiyonel uzanmanın ortalama operatöre göre belirlenmesinin doğru olmadığını belirterek, normal yatay çalışma alanını % 10 luk dilimdeki erkek çalışanlar için belirlemiştir. Squires' a göre hareket esnasında elin çizdiği yol elipse benzemektedir (Şekil 4.22). Aşağıdaki eşitliklerde yatay ve düşey uzanımların, kolun hareketi sırasında yaptığı açılardan yararlanarak hesaplanması gösterilmektedir.

$$X = S \cos \theta^{\circ} + J \cos [65^{\circ} + (73^{\circ} / 90^{\circ}) \theta^{\circ}]$$

$$Y = S \sin \theta^{\circ} + J \sin [65^{\circ} - (73^{\circ} / 90^{\circ}) \theta^{\circ}]$$

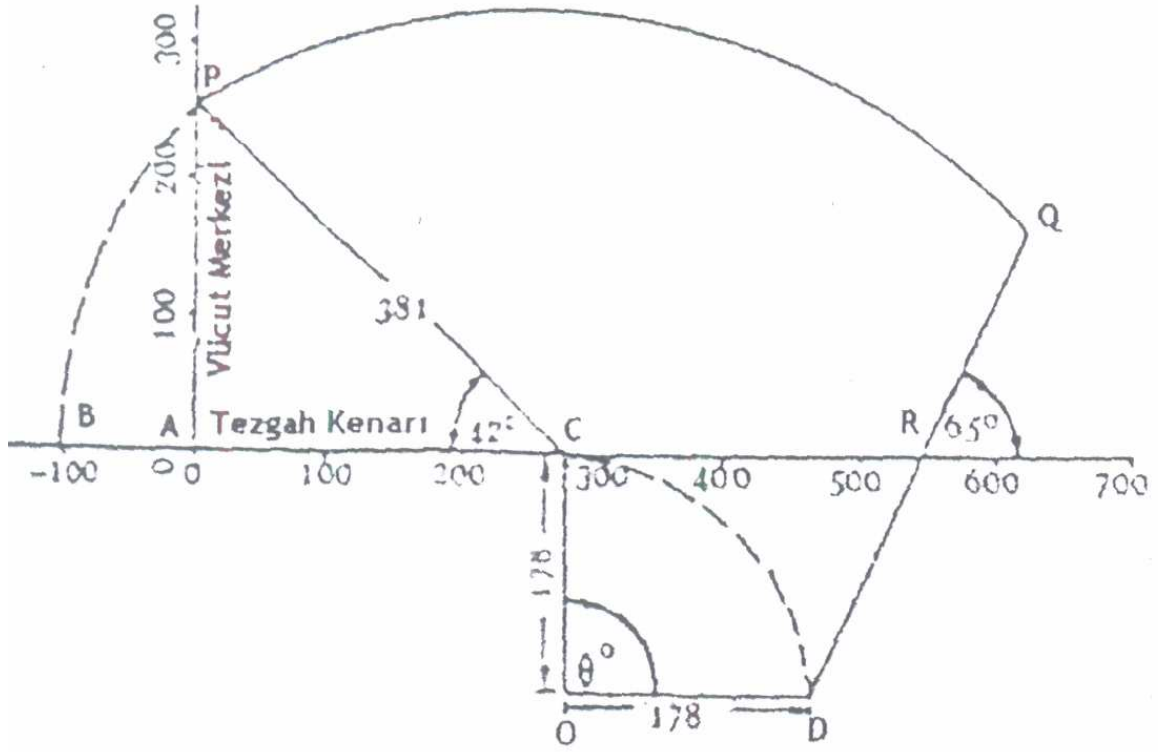
X: Yatay uzanma mesafesi

Y: Düşey uzanma mesafesi

S: Dirsek omuz referans noktası ile tezgah kenarına olan mesafe(OC)

J : Dirsekten baş parmağın ucuna kadar olan mesafe(CP)

θ : Dirseğin taramış olduğu açı



Şekil 4.22. Squires' in % 10 luk dilimdeki erkek çalışanlar için belirlediği normal çalışma alanı eğrisi. Tüm boyutlar mm cinsindedir (Das and Behara, 1995)

Squires' in normal çalışma alanı ile ilgili araştırmaları Das ve Behara tarafından geliştirilerek yeni bir model oluşturulmuştur. Bu modelde, çalışma yüzeyinde dirseğin sadece öne doğru serbest hareketi değil, sağa ve sola doğru hareketi de göz önüne alınmaktadır. Bu metodla %5, % 50 ve %95' lik dilimdeki kadın ve erkek çalışanlar için yatay çalışma alanı doğru olarak belirlenmektedir.

4.1.5. Tezgah Yüzeylerinin Tasarımı Prensipleri

1. Operatörün kullandığı el aletlerinin minimizasyonu sağlanmalıdır. Değişik tipte kullanılan parçaların ve kontrollerin sayısı mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Araçların ve ekipmanların sayısı üretilen ürüne bağlı olarak endüstride değişiklik göstermektedir. Bu konuda ürün tasarımcılarına da görevler düşmektedir. " Neden iki değişik tipteki vida yeterli olmasına rağmen beş değişik tipte vida kullanılıyor? " şeklinde sorularla alternatifler aranmalıdır.
2. Operatörün postürel bakımdan rahatının sağlanması için, kontrol, el aletleri ve parçaların yerlerinin düzenlenmesi gerekir.



Şekil 4.23. Sık kullanılan alet, materyal ve kontrol ekipmanlarının uygun yerleşim düzeni (ILO. 1996)

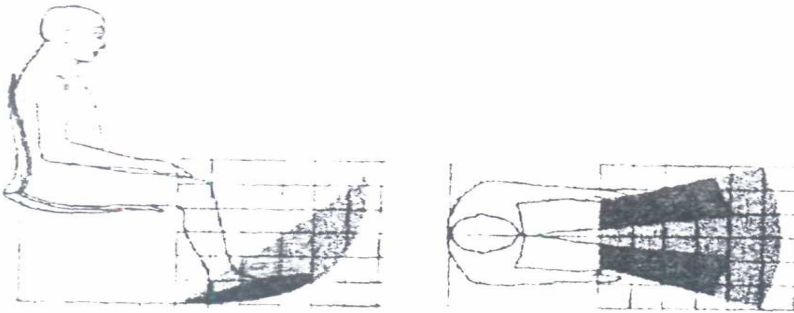
3. Operatörün el hareketlerinin uyumu araştırılmalıdır. İnsanlar ellerini yatay ve dikey kullanmaktan ziyade dairesel biçimlerde kullanarak daha etkin ve hızlı çalışabilirler. Örneğin, bir kalemle kağıt üzerine düz bir çizgi çekmek istediğimizde, kağıdın konumunun masa yüzeyinde belirli bir açı ile durmasını tercih ederiz. Bunun sebebi insanın kol anatomisi düşünüldüğünde, kol hareketini dikey ve yatay doğrultuda hareket ettirecek eklem sayısının az olduğudur. Belirli tor beceri ve tecrübe gerektiren işlerde, operatörün sağ elini veya sol elini daha çok çalışma esnasında kullandığına dikkat edilmelidir.

4. İş istasyonundaki parçaların organizasyonu sağlanmalıdır:

- a. Birincil ve ikincil derecede olmak üzere parçalar ayırt edilir. Birincil derecede öneme sahip parçalar operasyon sırasında en sık kullanılanlardır. İkincil derecedeki parçalar ise diğerine nazaran daha pasiftirler. Kısa süreli işlerde bu ayrımın yapılması o kadar önemli olmayabilir. Fakat karışık yapıya sahip işler için kaçınılmazdır.
- b. İş istasyonundaki işler alt faaliyetlere bölünmelidir. Alt faaliyetlerin her biri bir mantıksal birim oluşturmalıdır. Kısa işler için bu önemli olmayabilir. Fakat kompleks yapıdakiler için kaçınılmazdır.
- c. Her alt faaliyet için tezgah yüzeyini çeşitli düzlemsel bölgelere ayırmak gerekir. Parçaların birbirlerine göre ilişkilerine ve işlem sırasına göre bu düzenleme yapılmalıdır. Komplike yapıda olmayan faaliyetler için bu tanzim pratik olmayabilir. Bu dizayn faaliyeti operatörün zihinsel yorulmasını önler.

- d. Tezgah üzerinde birincil ve ikincil derecede hareket alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. % 5 lik bayan operatörler için fonksiyonel (normal) uzanma yaklaşık 40 cm dir ve bu değer birincil çalışma alanının sınırlarını belirler (bkz. Şekil 4.23).
- e. Alet ve ekipmanlar alt faaliyetlerin sırasına göre yer almalıdırlar. Prosedür tarzında hazırlanan, yazılan görevler operatörün işe kolay adaptasyonunu sağlar, daha süratli ve verimli çalışmayı teşvik eder. Parçaların, el aletlerinin ve kontrollerin önem derecesine göre sınıflandırılması iş istasyonu dizayn faaliyetlerini kolaylaştırır (Helander. 1995).

İş istasyonu dizaynında unutulmaması gereken konulardan bir tanesinde ayakların hareket alanıdır. Çeşitli tiplerdeki pedal kontrolleri için uygun hareket alanları göz önünde bulundurulmalıdır (Şekil 4.24).



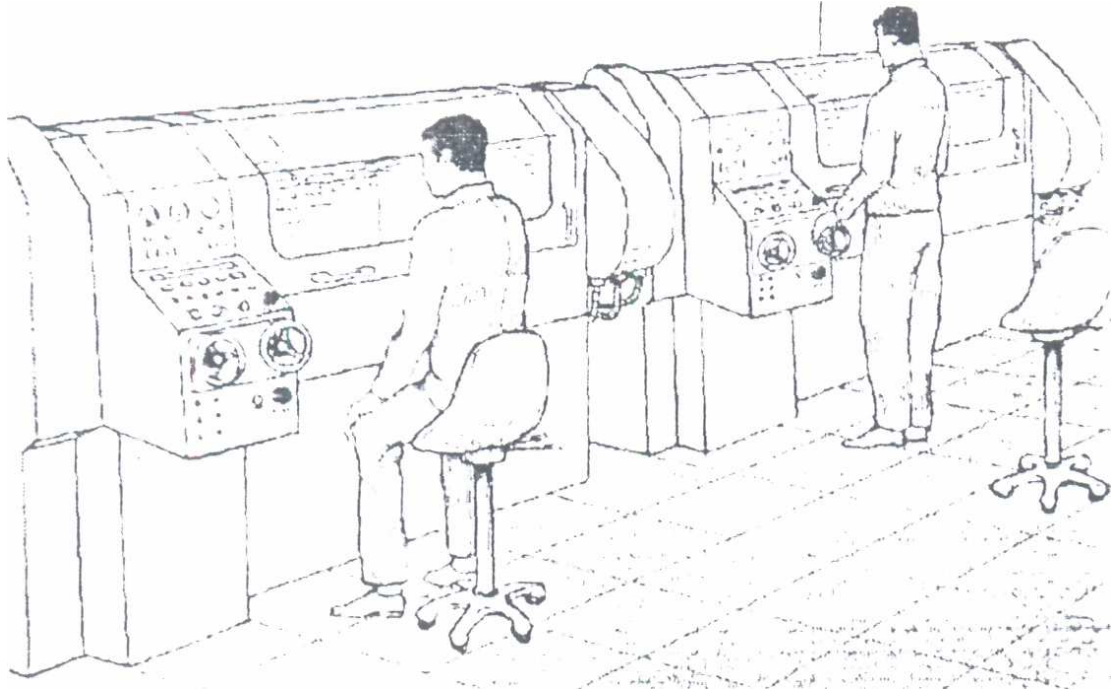
Şekil 4.24. Hassas yapıdaki kontrol pedalları için optimal çalışma alanı (10 cm²). Koyu renkle belirtilen bölgeler minimum efor gerektirmektedir (Grandjean, 1988)

4.1.6. Fizyolojik Açıdan Oturma ve Ayakta Durma Eylemi

Günümüzde, gelişmiş ülkelerinde endüstride ve ofislerde işgörenlerin yaklaşık $\frac{3}{4}$ ' ü oturarak çalışmaktadırlar. Oturarak yapılan işlerde, ayakta yapılan işlere nazaran, insanın daha az yorulduğu bilindiğinden bu yana, iş yerlerinde oturarak çalışmanın önemi artmış ve yaygınlaşmıştır. Çalışma süresince oturarak çalışan kişilerin daha verimli olduğu, dolaşım ve duruş bozukluklarından korunduğu, yerine getirdiği faaliyetlerin kolaylaştığı ve sonuçta daha az yorulduğu yapılan birçok bilimsel araştırmada ortaya konmuştur. Bu sonuç fizyolojik olarak şöyle açıklanabilir: İnsan ayakta durma konumunda ayak diz ve kalça eklemlerini sabitleyebilmek için statik kasları sürekli çalıştırmak zorunda kalmaktadır. Buna karşılık oturarak çalışmada bu kaslara herhangi bir yük gelmediğinden tanımlanan yorgunluk söz konusu olmamaktadır.

Çalışma yeri düzenlemelerinde, işin gereğine bağlı olarak ayakta çalışan işgörenlerin oturarak çalışmasını mümkün kılacak düzenlemelerin yapılıp yapılamayacağı dikkate alınmalıdır. Örneğin CNC tezgahlarında çalışanların, iş parçası makinada işlem görürken dönüşümlü olarak oturması, gün boyu ayakta durmanın yaratacağı stresi ve olumsuz etkileri elimine eder (Şekil 4.25).

Kitle üretiminin yapıldığı işletmelerden, hizmet sektöründeki işletmelere kadar büyük çoğunluğunda mevcut olan oturma yerleri ya yapılan faaliyetlere uygun bulunmamakta ya da yanlış kullanılmaktadır. Oturma yerleri tasarımı konusunda birçok araştırmanın yapılmasına karşın, çalışanların büyük bir çoğunluğu hala kötü tasarlanmış, genellikle çok yüksek ve rahatsızlık veren çalışma sandalye ve koltuklarında oturmaktadır.



Şekil 4.25. CNC tezgahında çalışma (ILO, 1996)

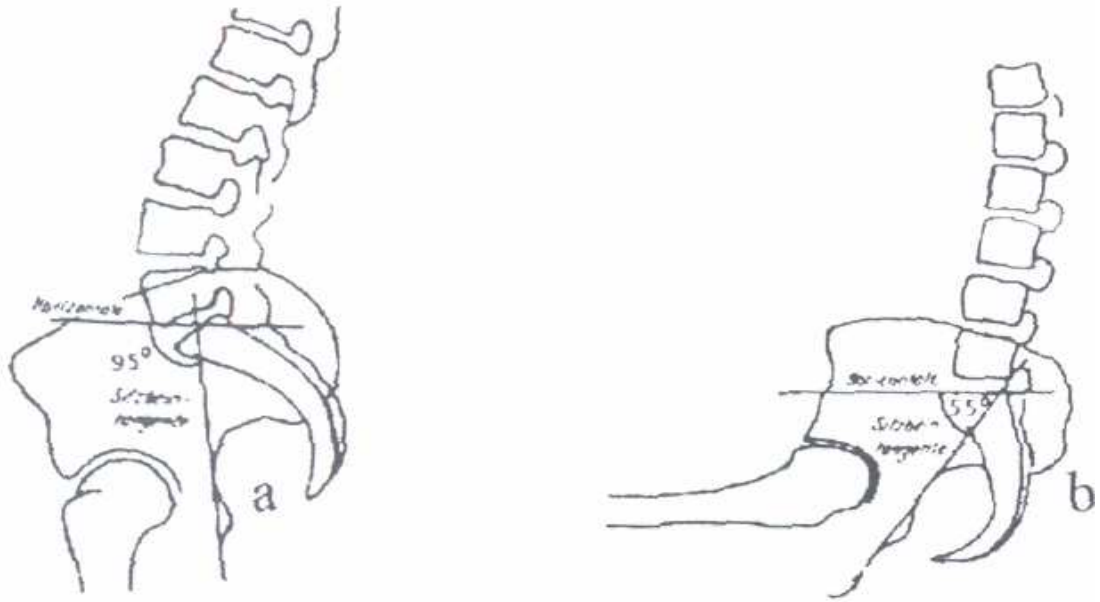
Çalışanların, antropometrik özelliklerine uymayan yerlerde oturmak zorunda kalmalarının en önemli nedenlerinden biri, oturma yüksekliklerinin daha çok çalışma masası, tezgah veya çalışma yüzeylerinin yüksekliğine göre belirlenmesindedir. Durum böyle olunca da oturma yerleri uygun pozisyon ve yüksekliklerde kullanılamamaktadır. Uzun süre oturmayı gerektiren masa ve tezgah başı çalışmalarda, insan ölçü ve fizyolojisine uymayan oturma yerlerinde ise, kambur durumda tutulan omuzlarda ve boyunda ağrı, yorgunluk oluştuğu, bu durumda da boyun omurlarında dejenerasyonların meydana geldiği çoğu araştırmada belirtilmektedir.

Dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan araştırmalar neticesinde, doğru açı ve dik pozisyonlardaki

oturma postürleri temel standartlar ve antropometrik ölçüler tasarımcıların tarafından belirlenmiştir. Fakat, fabrikalarda ve ofislerde bulunan sandalyeler, dik durmaya yönelik tasarlanmıştır. Diz, kalça, ayak bileği duruşları tamamen dik açı esasına göre düşünülerek oturma yerleri dizayn edilmiştir.

Geçen zamana kadar 90 derece açı ile oturmanın, insanların bel kemiğinin konkavlığını (lordosis) koruduğu için sağlıklı olduğu düşünülmekteydi. Dik durma postürü görünüş itibarı ile göze hoş gelebilir fakat bu türlü bir duruşun hiç bir bilimsel dayanak noktası yoktur ve bu durumda uzun süre oturmak imkansızdır. Dik oturarak oturma iki üç dakikadan fazla sürdürülemez ve genellikle rahatsızlık ve kötü postür oluşumu ile sonuçlanır.

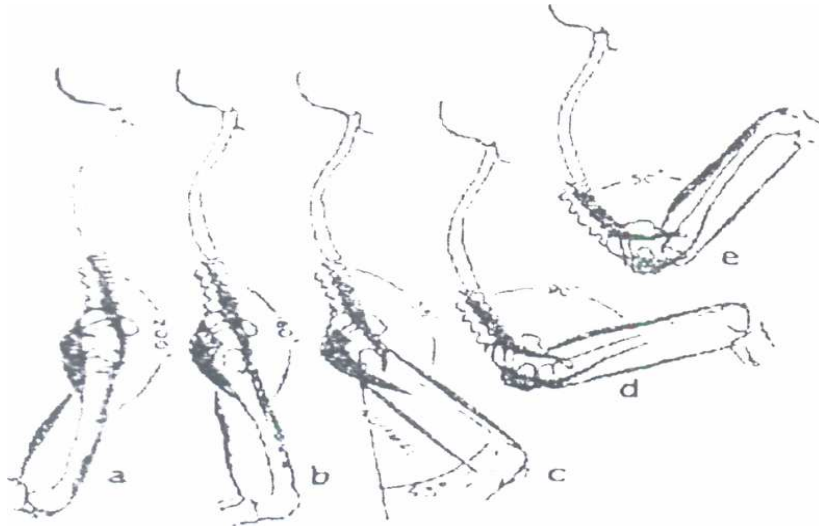
1962' de, Alman ortopedik cerrahı olan Hanns Schoberth, çalışma esnasındaki oturma postürlerinin x-ışınları ile çekilmiş fotoğraflarını kullanmıştır. Araştırmalar neticesinde şekil 4.26 daki gibi leğen (pelvis) ile omurga arasındaki açının 90 derece değil, en fazla yaklaşık 60 derece kadar bir açı yapabildiğini ispatlanmıştır. Ayakta dururken (lordosis), dik oturma pozisyonuna geçildiği anda insanın kalça kemiği 60 derecelik bir açı yapar, pelvis geriye doğru döner, 30 derecelik açıyla lumbar kıvrımı yassı pozisyon alır, bel kasları bu esnada zorlanır (Mandal, 1986).



Şekil 4.26. Ayakta (a) ve oturma (b) esnasında lumbar bölgesi(Mandal, 1986).

Amerikan ortopedik cerrahı JJ. Keegan 1953 de x ışınları kullanarak insanların uyku esnasında yana doğru yatış durumlarını incelemiştir. Çok sayıda hareketler bu çalışmada dökümanite edilerek bel kemiğinin çeşitli pozisyonları değerlendirilmiştir. Uyku esnasında omurların

almış olduğu pozisyonlar, gerçek iş hayatında karşılaşılan, ayakta durma, dik oturma ve kambur duruş şekilleri ile kıyaslanarak gözlemlenmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. X ışını ile çekilmiş omur fotoğrafları, (a) ve (b) pozisyonlarında ön bölgedeki kaslar stres altındadır. Buna karşılık sırt bölgesindekiler gevşek durumdadır, (d) ve (e) için bu durumun tam tersi söz konusudur, (c) konumunda kaslar doğal dinlenme durumundan ve en iyi denge sağlanmıştır (Mandal, 1986)

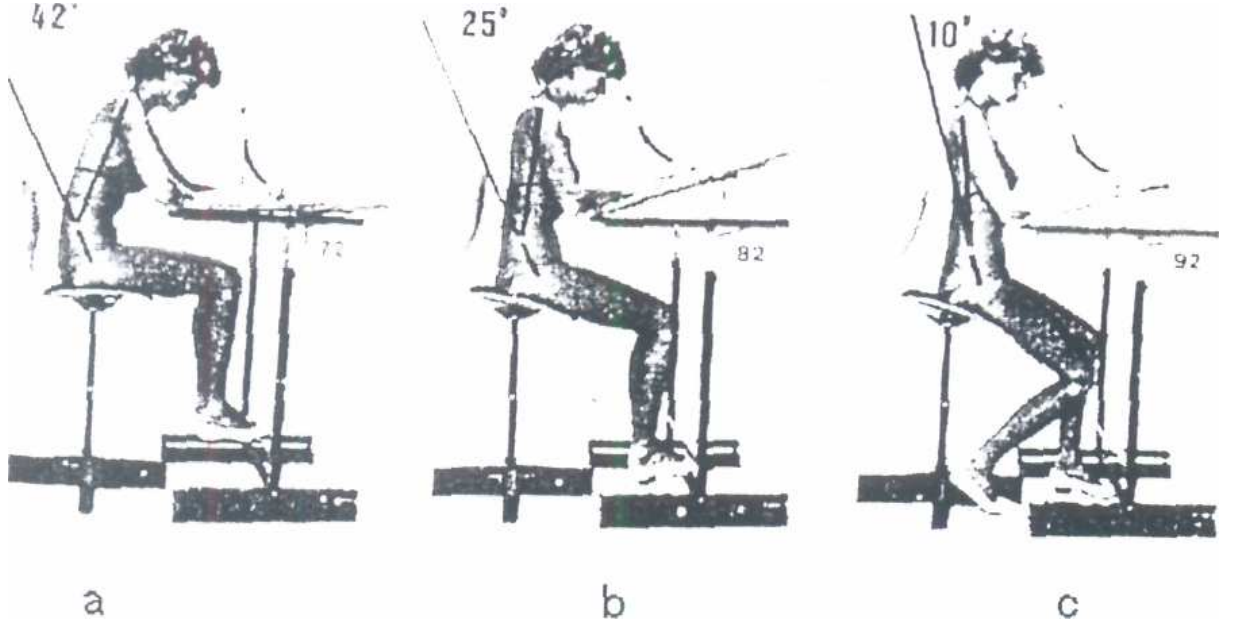
Bu araştırmanın sonucunda, sağ ya da sol tarafa doğru yatan insanın en rahat konumda ve uzun süreli kaldığı pozisyonun belin doğal eğiminin korunduğu ve kasların gevşek olduğu durum tespit edilmiştir. Bu durum "dengeli oturma" olarak ifade edilmiştir. Şöyle ki bu doğal dinlenme postürüne yaklaşan oturma biçimleri daha uygundur ve omurların vücut ağırlığını daha rahat taşımasını sağlar. Dengeli oturma konumunda daha yüksek hareket kabiliyeti sağlanır; bu sayede akciğer ve mide üzerindeki basınç ortadan kalkar.

Örnek olarak çoğu çalışan sandalye üzerinde öne doğru eğilerek sırt basıncını farkında olmadan azaltırlar. Böylece sırt bükülmez, ön ve arka kaslar gevşek durumda kalır. Dengeli oturma sayesinde dik duran sırtlara nazaran daha rahat bir oturuş sağlanır.

Uzun süre oturmayı gerektiren çalışmalarda dengeli oturma en uygun pozisyonudur. Dengeli oturma postürünü sağlayan, öne doğru eğimi ayarlanabilen koltuk ve yüksekliği ayarlanabilen masa kullanılarak sırttaki zorlanmalar azaltılır ve kronik sırt ağrısı önemli ölçüde engellenmiş olur.

Öne doğru eğimi sandalye kullanımı sayesinde karşıt durumdaki kas gruplarında stres oluşumu önlenir ve lumbar kavisi korunur. Hareket rahatlığı sağlanır, akciğer ve midedeki basınç azalır.

Mandal, 1986 da yapmış olduğu deneyde diz, kalça eklemleri, dördüncü lumbar diski ve omuz bağlarında değişkenlik gösteren esnemeyi bir video kamera kullanarak incelemiştir. Bu deneyde birey sabit yükseklikte oturulmuş, masa yüksekliği ve eğimi, ayakların pozisyonları üç değişik şekilde gözlemlenmiştir (Şekil 4.28). On gün boyunca kamera ile 50 görüntü alınarak bu üç pozisyona ait kayıtlar yapılmıştır.



Şekil 4.28. Üç değişik oturma pozisyonu, (b) ve (c) de masanın eğimi 15° dir (Mandal, 1986).

Sonuç olarak şekil 4.28 deki (c) pozisyonun yüksek sandalye ve masa kullanımı sırasında gözlemlenen postürün, dengeli oturma ile aynı olduğu, uzun süre yazı yazma ve dikkat gerektiren işler için en uygun duruş olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada, ayarlanabilen sandalye yüksekliğinin çalışanın boyun üçte biri ve masa yüksekliğinin ise boyun yarısı ölçülerinde olması önerilmektedir.

4.2. Hareketli Çalışma Metotları

Bu bölümde, hareketli çalışma metotlarından ARBAN ve OWAS çalışma metotları üzerinde durulmuştur. Bu metotların uygulanış tarzları ayrı ayrı incelenmiştir. İş esnasında oluşan çalışma duruşlarını analiz etmek için kullanılan bu iki metodun özellikleri, yararları, uygulanış tarzı bu bölümde anlatılmaktadır.

Endüstride kullanılan analitik metotlar şu özelliklere sahip olmalıdır:

- Ergonomik açıdan eğitilmemiş personel tarafından kullanılabilir kadar basit olmalıdır

- b. Karışık yapıdaki problemler için uygulandığında, belirgin cevaplar elde edilebilmelidir
- c. İş etütçüleri ve diğer personel tarafından sürekli kullanılabilen bir analitik araç özelliği taşımalıdır (Karhu, Kansı and Kuorinka, 1977).

Bu bakımdan yukarıdaki özellikleri taşıyan OWAS ve ARBAN metotları üzerinde durulmuştur.

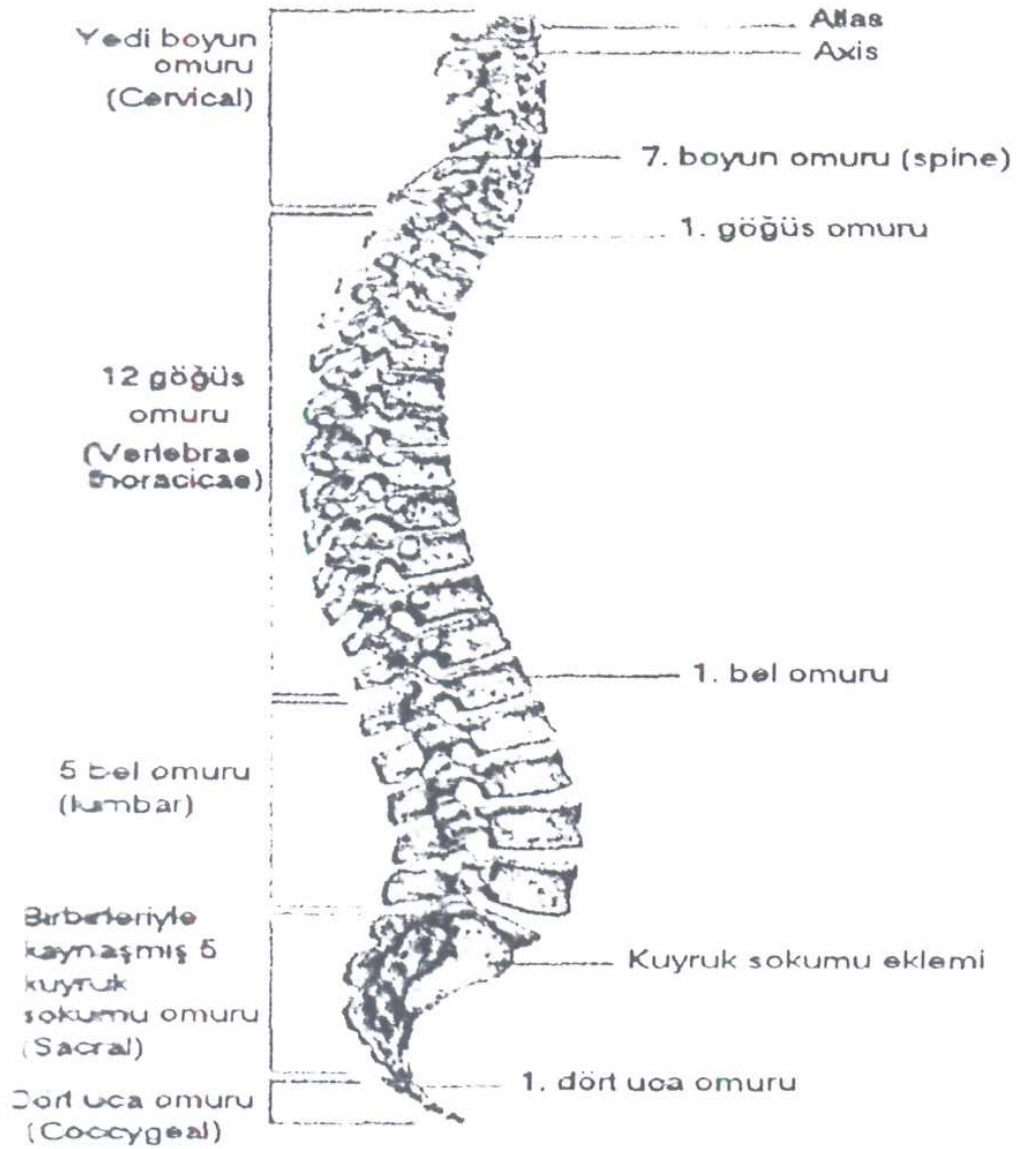
4.2.1 Vücut Duruşu ve Vücut Hali

Çalışma esnasında insan vücudu, yatay durumda, oturma, dik durma, diz çökme ve çömelme gibi farklı temel duruşları sergiler. Bunlar "Vücut duruşları" diye literatürde adlandırılmaktadır. Belirli bir vücut duruşu esnasında vücudun farklı kısımları, farklı durumlar alır. Örneğin diz çökme esnasında öne doğru belirli bir açı ile sırtın eğilmesi gözlemlenebilir. Normal durumda, bir insanın vücut duruşuna en az yük binmektedir. İş yerlerinde sık sık rastlanıldığı gibi; hareketli bir aletle iş yaparken vücut duruşu nedeniyle, vücudun kemik ve kas yapısı, işin gereğine göre değişik tipte yüklenmelere maruz kalır. Farklı iş yerlerinde bu durumlar çeşitlilik arz ederler. İşletmelerde, fabrikalarda, ergonomik kuralların hiç girmemiş olduğu ya da maksada uymayan çalışma araç ve materyallerin uygun şekilde düzenlenmemiş olduğu yerlerde, insan vücudunun özelliklerine şiddetle aykırı düşen ya da bireysel çalışma tarzına uygun düşmeyen modası geçmiş çalışma metodları mevcuttur. Endüstride çalışanlar, görevlerini tam olarak yerine getirebilmek için tüm gün boyunca çalışmaktadırlar ve bu insanlar bazen aynı işte yıllarını, hatta hayatlarını geçirmektedirler. Bu nedenle, çalışma esnasında karşılaşılan postürlerin uzun zaman zarfında işgörenin bünyesini ve kas yapısını etkilemesi kaçınılmazdır (Corlett and Manenica, 1980).

Anlaşılabacağı üzere, iş postürü ile mesleki rahatsızlıklar arasında sıkı bir ilişki vardır ve bu rahatsızlıkların sebepleri iş yerinin uygun olmayan fiziki özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Wely, 1970).

Tablo 4.7. Kötü postürlere karşılık gelen rahatsızlık oluşması muhtemel bölgeler (Wely, 1970)

Kötü Postürler	Sağlık problemi oluşması muhtemel bölgeler
Ayakta durma (özellikle öne doğru eğilerek durma)	Ayaklar ve lomber bölgesi
Limbann desteklenmediği durumda oturuş	Lomber bölgesi
Sırtın desteksiz konumda olduğu oturuşlar	Bel kemiği kasları
Ayak konulacak ızgaralann uygun yükseklikte olmadığı oturuşlar	Diz, bacaklar ve lomber bölgesi
Çalışma yüzeyinin çok yüksek olduğu oturuşlar	Omuzların altında, kürek kemiğinin
Üst kolun dikey yönde desteksiz ve asılı konumda durması	üstünde yer alan kaslar
Kolun yukarı doğru uzanması	Omuzlar ve üst kol
Başın geriye doğru eğik olduğu durumlar	Omuzlar ve üst kol
Gövde öne doğru eğik kambur duruş	Boyun omurları
Sırt öne eğik ağırlık kaldırma	Bel omurları ve kasları
Herhangi kasılı bir pozisyonda durma	Bel omurları ve kasları
Herhangi bir eklemin uzun süre zorlanması	İlgili kas grupları



Şekil 4.29. Omurga. Kötü postürlerden en çok etkilenen kısımdır (Hay and Reid, 1988)

1970 yılında Soman isimindeki bir araştırmacı; elverişsiz çalışma duruşlarını, karakteristik özelliklerini ve etkilerini araştırmıştır. Buna göre yük altında 14 çalışma durumu belirlenmiştir. Bu çalışma durumları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- 1) Kollar sakın, sırt üstü yatay durumda
- 2) Normal oturma
- 3) Normal dik durma
- 4) Eğilmiş bir şekilde oturma
- 5) Eğilmiş bir şekilde dik oturma

- 6) Normal çömelme
- 7) Normal diz çökme
- 8) Kuvvetli bükülmüş bir şekilde dik durma
- 9) Eğilmiş bir şekilde diz çökme
- 10) Kollar başın üstünde düz oturma
- 11) Kollar düz olarak başın üstünde dik durma
- 12) Kollar başın üstünde sırtüstü yatay durma
- 13) Kollar başın üstünde çömelme
- 14) Kollar başın üstünde diz çökme

4.2.2. ARBAN Metodu

ARBAN, işin gerektirdiği gücü analiz etmeye yarayan sistematik ergonomik bir metottur. Bu metot 1976 yılında İsveç Yapı Endüstrisi alanında çalışan Voigt tarafından keşfedilmiştir. Bu metotta iki adet senkronize video kamera yardımıyla çalışma durumlarının ergonomik analizi yapılmıştır. Bunu takiben 1982 yılında Holzmann, 1983 yılında da Wangenheim ve Holzmann tarafından proje dahilinde ilk raporlar ortaya konmuştur. Daha sonra yapılan çok sayıdaki durum çalışması ve araştırmalar neticesinde metot bugünkü haline kavuşmuştur. ARBAN, bu günkü anlamıyla fiziksel ölçümler, psikolojik ve fizyolojik ölçüm metotları arasında bir köprü oluşturan, insana uyumu araştıran bir metottur (Wangenheim et. al.. 1986).

ARBAN'ın amacı, çalışma esnasındaki muhtelif duruşlarını, basit ve güvenilir bir şekilde ergonomik açıdan incelemektir. Deneyimli ergonomistler veya sınırlı ergonomik bilgiye sahip kişiler bir ARBAN kursuna giderek rahatlıkla nitelikli ergonomik analizleri uygulayabilecek düzeye gelebilirler (Holzmann, 1982).

ARBAN metodu ile toplanan veriler, çalışanın iş esnasında karşılaştığı problemlerin net bir görüntüsünü ortaya koyar ve ileride işin üzerinde gerçekleştirilebilecek düzeltici önlemler ve değerlendirmelere bir temel oluşturur.

Bir ARBAN analizi şu çalışmaları bünyesinde bulundurmalıdır:

- a) Tekrarlı hareketlerin analizine imkan veren zaman etüdü çalışmaları
- b) Tekrarlı hareketlerin video film kayıtları
- c) Kısa aralıklarla filmin dondurularak incelenmesi

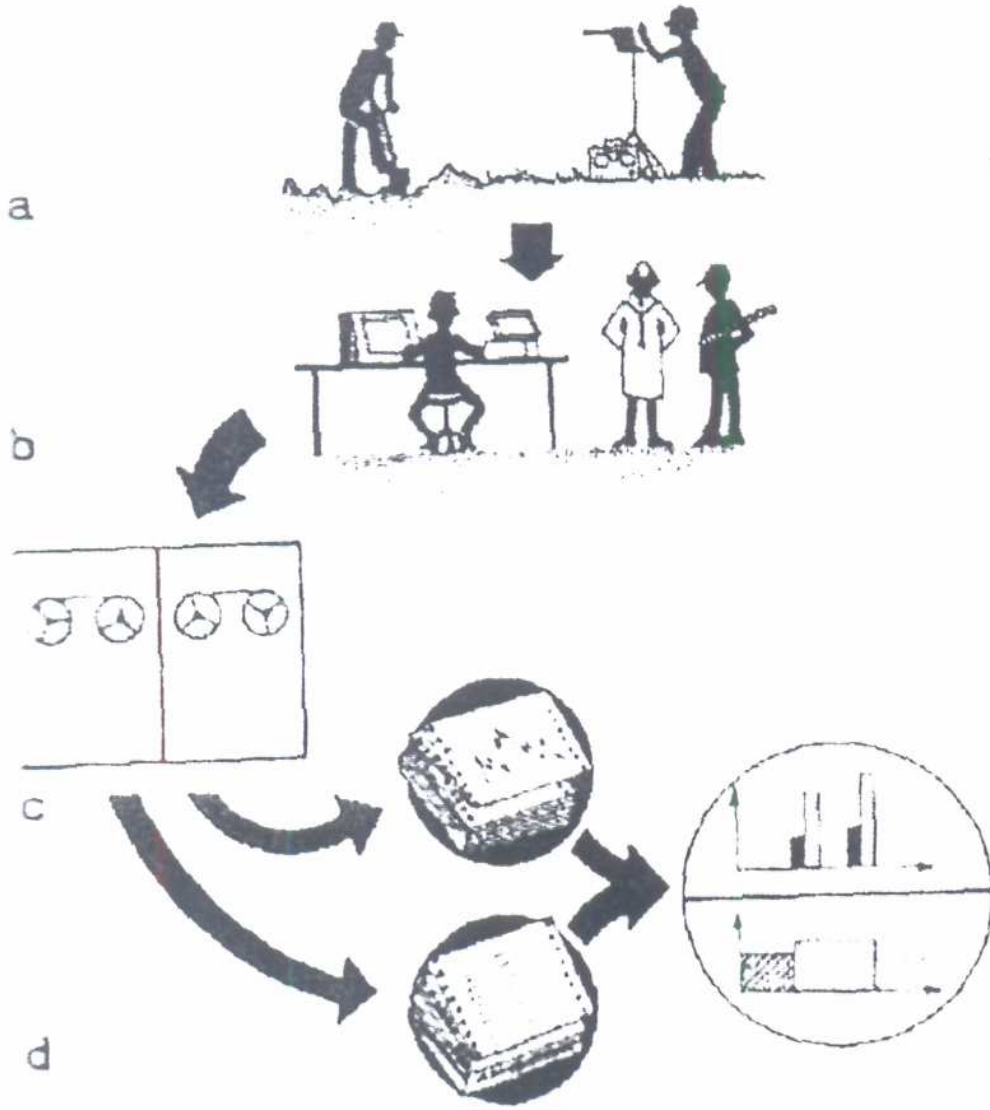
- d) Gözlemsel analiz ve vücut duruşuna karşılık gelen postürün, statik yüklenmenin ergonomik temeller dahilinde incelenmesi
- e) Bir bilgisayar programı ile tekrarlı hareketlerin ve tüm resimlerin yorumlanması

Bu metod, iş yerlerinde karşılaşılan problemleri tanımlamada, üretim hatlarının planlanması ve optimize edilmesinde, ürün ve makina dizaynında rahatlıkla kullanılacak bir sistem dizaynı aracıdır. Bu yöntem dahilinde mühendisler, tasarımcılar ve sağlık güvenlik personeli tarafından yorumlanabilecek sonuçlar ortaya konur.

4.2.2.1 ARBAN metodunun yapısı

ARBAN metodu, geniş kapsamlı zaman etüdü çalışmasını kapsayan bir çalışmadır. Yapılan iş, ayrı ayrı safhalara ve elemanlara ayrıştırılır. Böylelikle uygulanan iş tekniği hakkında detaylı bilgi edinilir. İncelenen faaliyetler tüm gün boyunca tekrarlı olsa bile, tekrarlı hareketler esnasında meydana gelen değişiklikler diğer bir deyişle varyanslar, görüntülerin bir bilgisayar programında derlenmesi ile tespit edilir ve kaydedilir.

Dokümantasyon işlemleri, işçiyi rahatsız etmeden 2 adet video kamera çekimiyle gerçekleştirilir. İki farklı açıdan yapılan bu çekimler, vücut postürünün güvenilir "U" biçimde analizinin yapılmasına imkan tanır. İki kameranında zaman ayarları senkronize bir biçimde çalıştırılır. Bu yöntem sayesinde ses ve antropometrik ölçüler ile ilgili çok çeşitli bilgiler elde etmek mümkündür. Elde edilen bilgiler daha sonra değerlendirme safhasında incelenir (Wangenheim et. al., 1986).



Şekil 4.30. ARBAN aşamalarının şematik gösterimi, (a) İş yerinde film çekimi, (b) Filmin laboratuvarında değerlendirilmesi, (c) Bilgisayar çıktılarının alınması ve (d) sonuçların değerlendirilmesi (Holzmann, 1982)

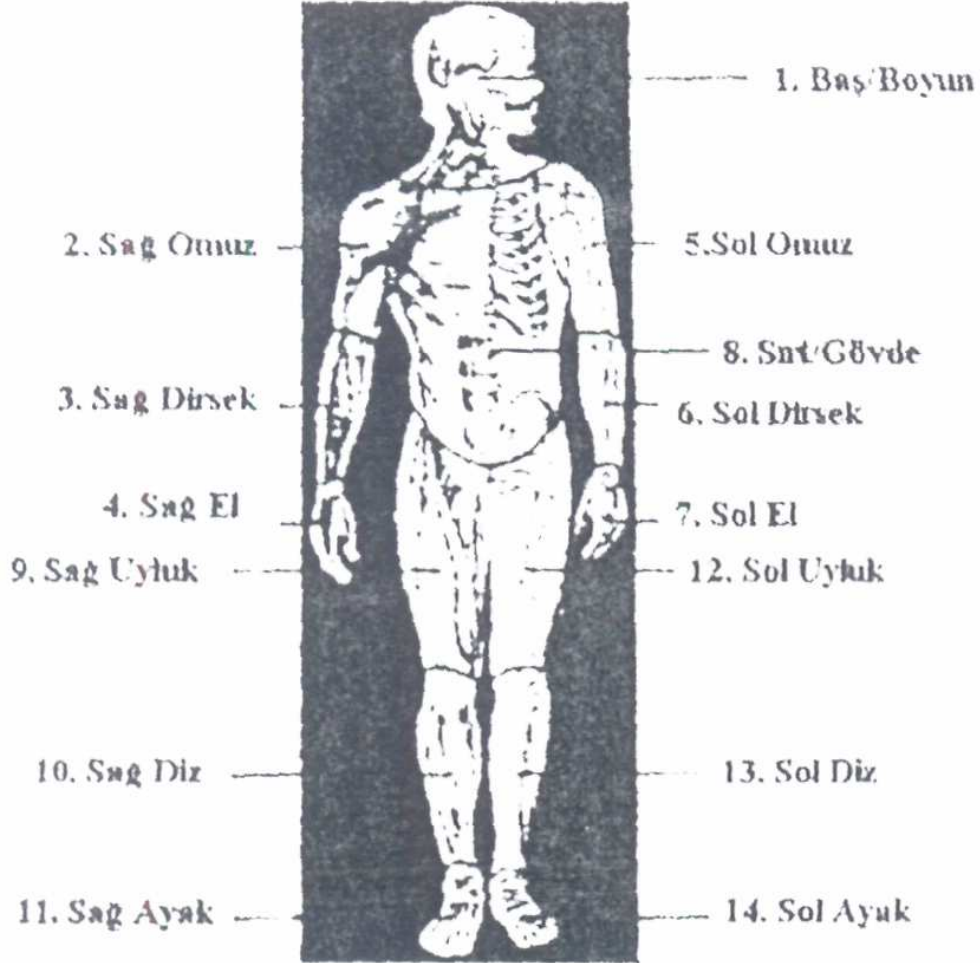
Miktar, birim başına düşen işlem zamanı, işlem gören parçanın büyüklüğü ve ağırlığı, üretim maliyeti, çalışma esnasında kullanılan üretim aracı ve insan ile ilgili bilgiler görüşmeler neticesinde elde edilir ve görüntüleri değerlendirirken göz önünde bulundurulur.

Ayrıca kaydedilen film analiz edilirken, işçinin de bu esnada bulunması, işin değerlendirilmesinde çalışan insanın bakış açısından yararlanma bakımından büyük önem taşımaktadır. İşçinin beklentileri, tavsiyeleri bu esnada kendisinden öğrenilir.

Görüntülerin analizi işin belirli bir safhasını, bölümünü incelemekle başlar. Önce normal süratle, sonra yavaşlatılmış çekimlerde iş akışı gözlemlenir. Böylelikle işin dinamik

elementleri hakkında bilgiler toplanır ve işin tam olarak ne olduğunu tanımlamak daha kolay bir hale gelir. Hangi görüntülerin hangi zaman dilimi çerçevesinde resmedileceği tespit edilir. Genellikle yüksek tempolu faaliyetler için 0,5 saniye ve yavaş hareketlerden oluşan döngüler için 2 saniye civarında bu zaman aralığı değişmektedir.

ARBAN metodunda vücut, fonksiyonel ünite olarak adlandırılan 14 parça halinde incelenir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31.a Vücudun, eklem ve kemik yapısı dikkate alınarak fonksiyonel ünitelere ayrılması (Wangenheim, 1986)

İş esnasında oluşan vücut duruşları ve postürel yüklenmeler, çeşitli çalışma duruşlarını kapsayan bir kod tablosu yardımı ile değerlendirilebilir. Aşağıdaki gibi farklı faktörler üzerinde yoğunlaşarak çalışma esnasındaki olaylar incelenir:

- a. Oluşan vücut duruşları
- b. Yük taşıma esnasında güç sarfıyatı

- c. Titreşim
- d. Vücutta oluşan farklı dinamik ve statik yüklenmeler
- e. Statik yüklenmelerden sonra vücut üzerinde kalan stres..vb.

Çalışma duruşlarını kapsayan kod tablolarının literatürde iki farklı gösterimi mevcuttur. Bunlardan ilkinde normal dinlenme pozisyonu tablonun ortasında yer alır ve tabloda merkezden uzaklaştıkça hareketin, postürün zorlanma derecesi artar (Şekil 4.31). Diğerinde ise vücudun fonksiyonel birimlerinin hareketine göre, matris formunda tablolanmış bir şekilde çalışma duruşları karakterize edilir (Şekil 4.32).



Şekil 4.31.b Vücudun baş ve boyun bölgesi için değişik pozisyonların kodlanmış olarak gösterilmesi (Wangenheim, 1986)

Her resimde gösterilen güç sarfiyatı rakamları, insan anatomisi, fizyolojisi ve biyomekaniği göz önüne alınarak klinik deneylerle belirlenmiştir. Sıfırdan ona (0-10) kadar olan bu değerler stres kategorisi olarak adlandırılır ve Borg cetvelinde sözlü olarak ifade edilir (Çizelge 5.2). Antropometrik ve teknik veriler, dökümanite safhasında güç sarfiyatını belirlemek amacıyla dondurulan görüntüler üzerinde acelele yapılırken dikkate alınır. Mümkünse dinamometre ve benzeri kuvvet ölçen aletlerin, maksimum güç sarfiyatını belirlemede kullanılması tercih edilmelidir. Eğer bu mümkün değilse video ses ve görüntülerinden, geçmiş veri ve gözlemlerden yararlanarak Borg cetveli kullanılarak değerlendirilmeler yapılır. (Wangenheim

et. al., 1986). Postüre karşılık gelen efor, dinamik ve statik kassal yüklenmeler, titreşim gibi faktörlerin oluşturduğu toplam stres vücudun büyük bir kısmı veya tamamına göre değerlendirilir (Holzmann, 1982).



Şekil 4.32. Vücudun dirsek ve ön kol bölgesi için değişik pozisyonlar. Her dikey seride üst kol ve ön kol arasındaki açı aynıdır. Üst serilerde kolda maksimum esneme söz konusudur (Wangenheim et. al., 1986)

Tablo 4.8. Matematiksel olarak tespit edilmiş fizyolojik streslerin Borg cetvelinde sözlü karşılığı (Wangenheim et. al., 1986)

Borg Cetveli	Stres kategorisi
0	Yok
0,5	Oldukça zayıf
1	Çok zayıf
2	Zayıf (hafif)
3	Orta
4	Biraz güçlü
5	Güçlü (ağır)
6	-
7	Çok güçlü
8	Oldukça güçlü (nerdeyse maksimum)
9	-
10	Maksimum

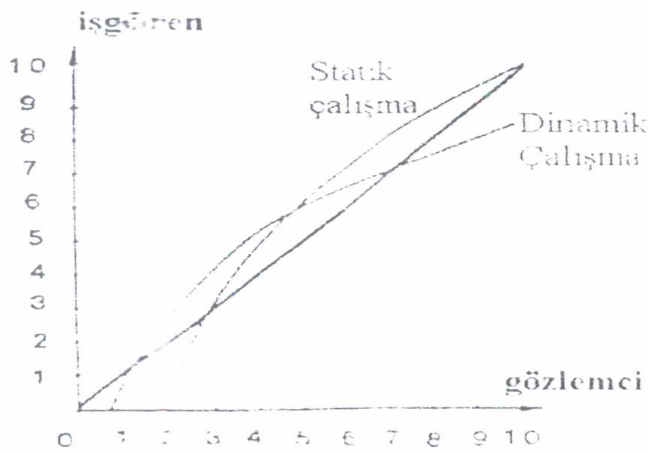
ARBAN metoduna dayalı, çalışma esnasındaki subjektif sınıflandırma, Borg cetvelinde işçinin kendi değerlendirmesi ve tahminleri de dikkate alınarak yapılır.

Ergonomik açıdan gözlemlenen kaslardaki zorlanma ve işçinin kendi kendini sorgulayarak çalışma esnasında karşılaştığı yüklenmeler, beraber değerlendirilir. ARBAN metodunda ilk önce, sabit duruşlardaki yüklenmeler (iki elle kaldırma gibi) faaliyetler incelenir. Daha sonra farklı ağırlıktaki kutuların kaldırılması esnasında farklı kuvvet uygulamaları ve dinamik çalışmalar üzerinde ayrıntılı olarak durulur. Son olarak da tüm bir çalışma günü montaj hatlarında maruz kalınan stresi kapsayan değerlendirmeler yapılır. ARBAN metodu ile yapılan çalışmalar, her çeşit stres durumunu ve farklı yüklenmelerin gözlemciler tarafından

ayırt edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Benzer işlerin farklı metotlarla gerçekleştirilmesi diğer bir deyişle sistemler arasındaki farklılıklar güç sarfiyatı oranları ile ortaya konur. İki alternatif üretim prosesi üretilen parça sayısı ve benzeri verimlilik ölçütleri kullanılarak karşılaştırılabilir. Analiz, bir zaman etüdü çalışması ile tamamlanabilir, sonuçta işleri oluşturan alt faaliyetlerin herhangi bir strese sebebiyet vermeyeceğinden emin olunmalıdır (Holzmann, 1982).

ARBAN çalışmalarında gözlemcilerin ve çalışanların sınıflandırmasının çeşitli logaritmik fonksiyon özellikleri gösterdiği ortaya konmuştur. Gözlemcilerin tahminlerinin işçilerin maruz kaldığı stresten daha düşük düzeylerde olduğu görülmüştür. Fakat yüksek stres altında yapılan faaliyetlerdeki tahminler birbirlerine çok yakındır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Gözlemcilerin ve işçilerin Borg cetveline göre yapmış olduğu sınıflandırmaların karşılıklı ilişkisi; statik ve dinamik işler (Wangenheim et, al., 1986)

4.2.2.2 ARBAN çalışma metodunun yararları

ARBAN temelli yapılan durum çalışmaları, çalışma yerlerinde değişik faktörlerin incelenmesini ve iş esnasında postürel güç kullanımını analiz etmeye imkan tanır. İşyerlerinde hem erkekler hem de kadınlar için kullanılabilir.

ARBAN, ilk başlarda ağır sanayideki işçilerin duruşlarını incelemek üzere geliştirilmiştir. Daha sonra yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde ağır sanayi haricindeki iş yerlerindeki postürlerde değerlendirilerek kapsamı genişletilmiştir.

ARBAN, iş duruşlarına kesin çözümler öneren bir metot olmamakla beraber, bilgisayar teknolojisinin kullanımı ile karar verme sürecinde kullanılabilir iyi bir iş sistemi analiz aracıdır.

ARBAN bazlı yapılan durum çalışmaları:

Alternatif iş metotlarının karşılaştırılmasında ve bu çerçevede mevcut sistem üzerinde yapılabilecek iyileştirmelerin tasarlanmasına imkan verir.

Ergonomistlerin sistem tasarımı aşamalarında daha kolay ve etkin karar vermelerini sağlar. İnsan-üretim aracı (makina) arakesitinin optimal kombinasyonlarının tespitini ve işin insancillaştırılması çalışmalarını kolaylaştırır . Ürün geliştirme çalışmalarında ARBAN verileri bir rehber olarak kullanılabilir. (Holzmann. 1982; Wangenheim et al., 1986).

4.3. OWAS Metodu

1974 yılında Finli demir sanayicisi Ovako, çalışma duruşlarının bir şemaya dökülüp dökülemeyeceğini düşünmeye başladı. Bu doğrultuda iş yerlerinde 700 adet değişik tipte çalışma fotoğrafı çekilmiş ve 84 farklı çalışma durumu bulunmuştur. Daha sonra bu çalışma duruşları standartlaştırılmıştır (Heinsalmi. 1986).

O: Ovako

W: Working Posture

A: Analysing

S: System

Farklı insan grupları ve farklı iş sahaları için çalışma duruşu hal ve vaziyetleri doğrultusunda elde edilen kavramlar ve değerlendirmeler “OWAS Çalışma Duruşları” ismi altında toplanmıştır.

İyi bir ergonomik analiz aracı olan OWAS, Finli bilim adamlarının tavsiyeleri doğrultusunda ekonomi ve zirai alanlarda da uygulanmaya başlanmıştır. Maden ocakları, kerestecilik, temel gıda maddeleri, makina, inşaat ve tekstil endüstrilerinde bu metot çalışanlara tatbik edilmiştir (Scott and Lambe, 1996).

OWAS, çalışanın iskelet-kas sistemindeki yüklenmeyi ve sitemin neden olduğu kötü postürleri belirlemeye yarayan bir metottur. Bir iş örneklemesine dayanan OWAS, çalışma esnasında postürlerin sergilenme sıklıklarını ve bu sırada geçen zamanı tespit etmeyi sağlar. OWAS metodu, kötü postürlerin ve faaliyetlerin tespit edilmesi, işgücünün harcadığı efora göre farklı sistemlerinin karşılaştırılması ve optimal iş metotlarının tahmin edilmesinde kullanılabilir. Ayrıca iş yerinin verimlilik, konfor ve mesleki sağlık açısından değerlendirilmesi, insan-makina ara kesitinin sistematik bir biçimde incelenmesine imkan verir. Bu amaçlar doğrultusunda yapılan bilgisayarla veri analizi sayesinde sistemin çalışan

üzerindeki olumsuz etkileri tespit edilebilir (Kant, Notermans and Bonn, 1990).

Postürel hareketlerin gözlemlenmesinde video kullanılabilir ve görüntüler incelenen işe göre farklı zaman aralıkları ile incelenir. Analiz safhasında uzun süreli faaliyetlerde 15 saniye, daha küçük zaman diliminden oluşan faaliyetlerde ise 5 saniye önerilmektedir. Ancak işin yapısına ve sergilenen postürlere göre zaman aralıkları değişebilir (Mattila, Karwowski and Vilkki, 1993).

OWAS metodu; bir matris kullanarak çalışma durumlarını şematik olarak gösterir. Dört rakamlı kod kullanarak dört değişik tarzda sırtın çalışma pozisyonu, üç durumlu kollar, yedi artı üç durumlu ayaklar ve üç ihtimal dahilinde de güç kullanma postürünün gözlemlenmesi sonucu muhtemel duruşların kayıt ve analizi yapılır. Beş baş pozisyonu da ek olarak analiz edilebilir (Kant, Notermans and Borm. 1990)

Vücudun organlarının muhtemel pozisyonları, 120 olası vücut duruşu olarak bu analiz neticesinde incelenir. Analiz, ferdin pozisyonlarını oran yüzdeleri cinsinden ifade eder. Artan strese ve zorlanmaya göre bu çalışma dört seviyede incelenir. Stresli vücut pozisyonlarını bertaraf edecek tedbirler acil bir şekilde şemalarla gösterilerek uygulamaya konulur.

OWAS metodu uygulama açısından "Temel OWAS Metodu" ve "Noktalı OWAS Metodu" olmak üzere ikiye ayrılır:

1- Temel OWAS Metodu: Çalışma esnasında bütün vücudu hareket halinde olan kişilere uygulanan metottur.

Temel duruş tipleri şunlardır:

- a) Uygulanmış çalışma duruş tipi
- b) Dolaylı katılımlı özel çalışma duruş tipi
- c) İş akışı olan bölümlerdeki çalışma duruş tipi
- d) Çalışma esnasında özel tedbirler alınmış, özel çalışma duruş tipi
- e) Çalışma duruşunun vücut kısımlarına dağıtılan duruş şekli
- f) Ağırlık ve güç ihtiyacı sonucu yüklerin artışına göre oluşan, çalışma duruşu şekli

2-Noktalı OWAS Metodu: Çalışan kişi çalışma esnasında sabit bir yerde oturan ve çalışma esnasında temel olarak ellerini kullanan kişilere uygulanır. Noktalı OWAS metodunda ise çalışma esnasında şu hususlar üzerinde durulmaktadır:

- a) Çalışma esnasında vücudun kendine özgü özel bir kısmının duruşu
- b) Vücudun bir kısmının çalışma ortamına dolaylı katılımı sonucu meydana gelen duruş şekli
- c) Vücut duruşuna ait çalışma yeri
- d) Statik ve dinamik çalışmalar arasındaki dağılım
- e) Dağılmış duruşlar esnasında alınması gereken tedbirler
- f) Çalışma duruşları esnasında ağırlık ve güç ihtiyacının yüksekliğinin artışı.

4.3.1. OWAS çalışma duruşlarında sistematikleşme

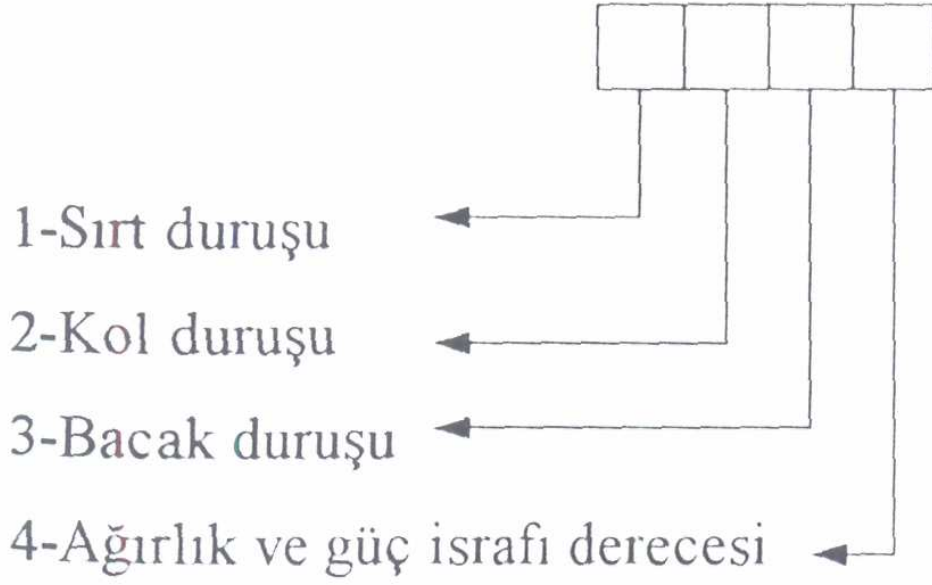
Temel OWAS metodunda, insan vücudu aşağıda belirtilen vücut kısımlarından oluşur:

- a) Sırt
- b) Üst üyeler (kollar: eller, alt kollar, üst kollar)
- c) Alt Üyeler (bacaklar: ayaklar, alt bacaklar, üst bacaklar)
- d) Kafa (baş)
- e) Ağırlık veya güç sarfiyatı (güç kaybı da dikkate alınmalıdır).

Bu metotta 4 sırt duruşu, 3 kol duruşu ve 7 bacak duruşu olmak üzere toplamda 14 duruş söz konusudur. Böylelikle bu postürlerin kombinasyonundan $4 \times 3 \times 7 = 84$ adet temel çalışma duruşu elde edilir.

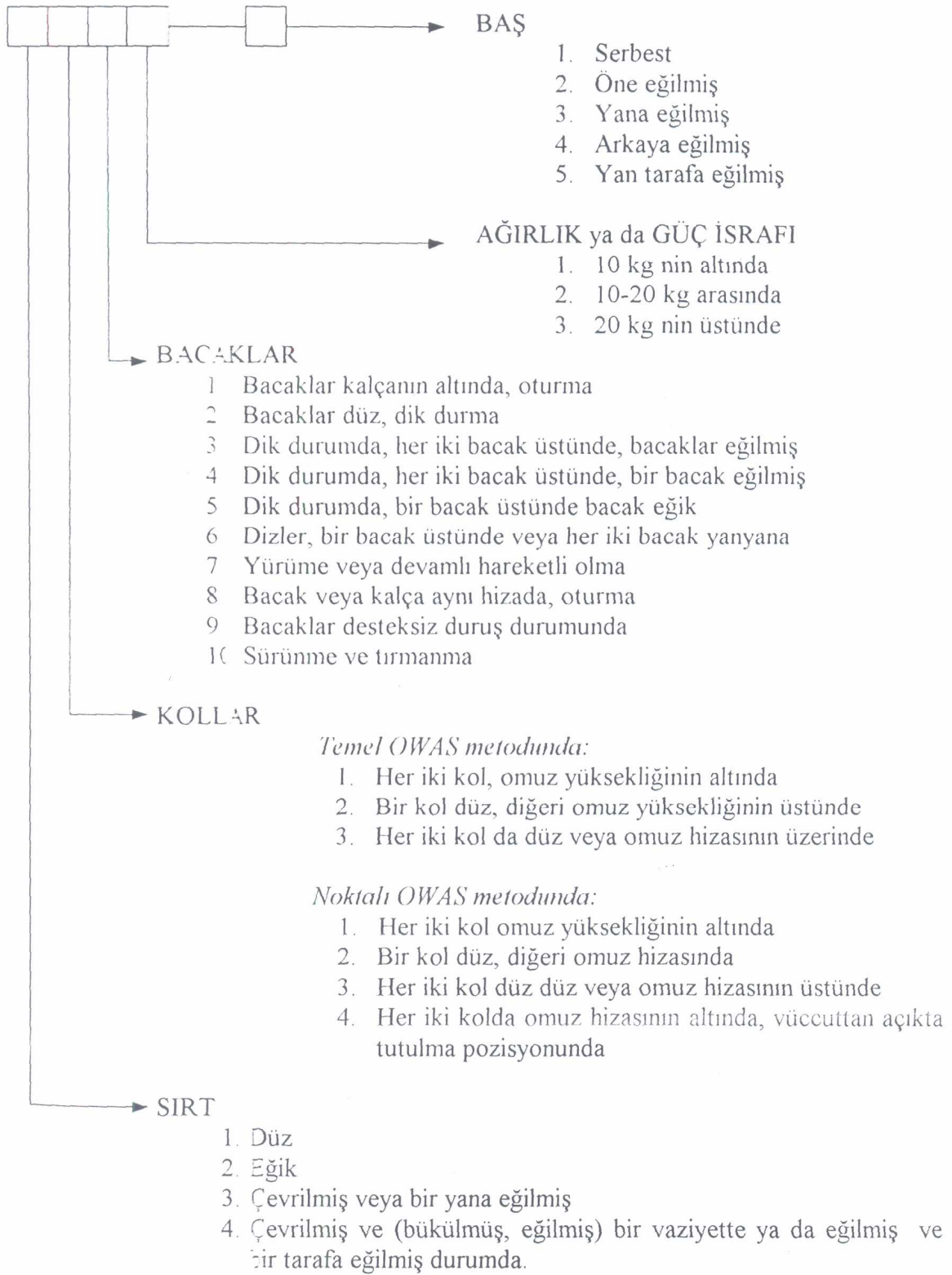
Bir iş esnasında harcanan güç sarfiyatı, diğer bir deyişle 10 kg altında, 10 ile 20 kg arasında ve 20 kg nin üzerindeki üç deyişken yük kategorisi kullanılarak $84 \times 3 = 252$ temel çalışma duruşuna ulaşılır. 7 bacak duruşlarına, bacak ve kalça aynı hizada oturma, bacaklar desteksiz duruş durumunda, sürünme ve tırmanma postürleri de ilave edilirse 10 adet bacak duruşu elde edilir. Böylelikle $4 \times 4 \times 3 = 36$ adet ilave çalışma durumu ortaya çıkar. 3 deyişik güç sarfiyatı da göz önüne alındığında $36 \times 3 = 108$ adet çalışma duruşu elde edilir.

Başın her zaman beş duruşu birbirinden ayrı olarak analiz edilmelidir. Temel OWAS metodu $252 \times 108 = 27216$ çalışma durumu ve 5 baş duruşunu içermektedir.



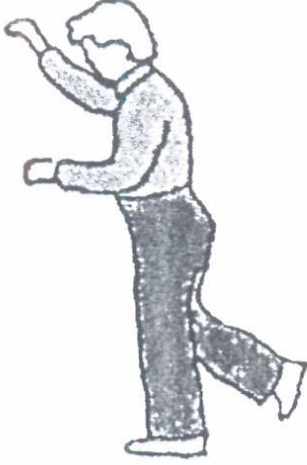
Şekil 4.34. OWAS 4 haneli kodlama sırası(Kant,Notermans ve Borm,1990)

Vücut postürü göz önünde tutularak, sırasıyla sırt, kollar, bacaklar olmak üzere ağırlık israfı 4 haneli kod yerine okunaklı olarak kaydedilir. Ağırlık ya da güç israfı 10 kg nin altında ise 4. sayının kodlamasından vazgeçilebilir.



Şekil 4.35. OWAS çalışma durumuna ait kod tablosu(Kant,Notermans ve Borm,1990)

Çalışma duruş tipi sayısı 1111' den 4373' e kadar devam eder. Temel çalışma duruşlarının hesabının yapılması şekil 4.35 ile gösterilmiştir.



1231 veya 123



2152



3111 veya 311

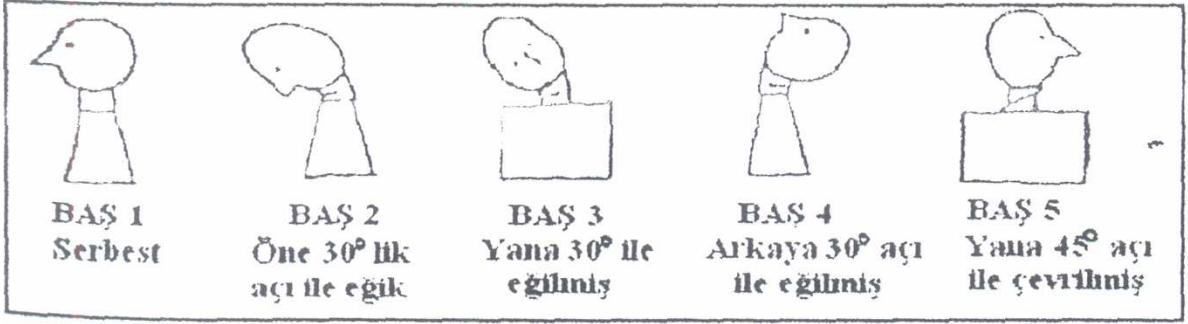
- 1 Sırt diz
- 2 Bir kolüste, diğeri omuz hizasının üstünde
- 3 Bir bacak (düz) yere basılı diğeri havaya kalkık
- 1 10 kg run altında güç sarfı

- 2 Pırt eğik
- 1 Her iki kol omuz hizasının altında
- 5 Bir bacak eğik şekilde yere basıyor
- 2 10-20 kg arasında ağırlık

- 3 Sırt yana çevrili (donmuş)
- 1 Kollar omuz yüksekliğinin altında
- 1 Oturma durumunda

Şekil 4.36. Çalışma duruşu örnekleri ve OWAS metoduna göre sayı kodu (Mustafa Akın ERDEM,2000)












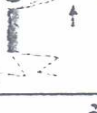










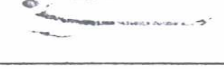
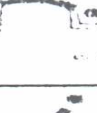






















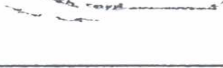
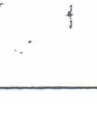
84 adet OWAS çalışma duruşlarına ait matris şekil 4.38 de ve buna ilaveten 8, 9, 10 nolu bacak duruşlarına ait matris şekil 4.37 de gösterilmiştir. 10 nolu bacak duruşu tek hane ile kodlamanın kolaylığı ve karışıklığa meydan vermemesi için 0 (sıfır) rakamı ile kodlanmıştır. Şekil 4.36 de ise farklı olarak ele alınan 5 baş duruşu mevcuttur.



Şekil 4.37. Beş farklı OWAS baş duruşu(Mustafa Akın ERDEM, 2000)

84 Adet OWAS Temel Çalışma Duruşlarına ait Matris		Bacaklar 1	Bacaklar 2	Bacaklar 3	Bacaklar 4	Bacaklar 5	Bacaklar 6	Bacaklar 7
SIRT 1	KOL 1							
	KOL 2							
	KOL 3							
SIRT 2	KOL 1							
	KOL 2							
	KOL 3							
SIRT 3	KOL 1							
	KOL 2							
	KOL 3							
SIRT 4	KOL 1							
	KOL 2							
	KOL 3							

Şekil 4.38. 84 adet OWAS temel çalışma dımışlarına ait matris(Mustafa Akın ERDEM, 2000)

Ek olarak OWAS Çalışma Duruşları		Bacaklar 8	Bacaklar 9	Bacaklar 0
		OTURMA (Bacaklar ve kollar aynı yükseklkte)	Sırtüstü yatarak belin üst kısmı hareket ederek yapılan çalışma (karın ve sırt dahil)	TIRMANMA, ENKİLEME ve SÜRÜNME
SIRT 1		 118	 119	 110
		 128	 129	 120
		 138	 139	 130
SIRT 2		 218	 219	 210
		 228	 229	 220
		 238	 239	 230
SIRT 3		 318	 319	 310
		 328	 329	 320
		 338	 339	 330
SIRT 4		 418	 419	 410
		 428	 429	 420
		 438	 439	 430

Şekil 4.39. Ek olarak OWAS çalışma duruşları(Mustafa Akın ERDEM, 2000)

4.3.2. OWAS metodunun uygulanış tarzı

Çalışma durumuna bir veya birden fazla kişi hazırlanır. Çalışma durumum hazırlanan kişi veya kişilerin çalışma esnasındaki hareketleri 0,5 dakikalık aralıklarla resmedilir ve kaydedilir. İki farklı OWAS metoduna göre; çalışma duruşuna ait çalışma pozisyonunun şekli kaydedilir ve hareketlerin krokisi çizilir.

Her duruşun incelenmesi esnasında kollar, bacaklar ve kafa duruşlarına göre hareketlerin krokisi ortaya çıkartılır.

OWAS görüntü yöntemi ile elde edilen çalışma duruş tipi değerlendirilerek matristen diğer bir değişle OWAS formundan harekete ait kodlama yapılır. Matriste 4 değişik sırt duruşu, her bir sırt duruşuna ait 3 kol hareketi mevcuttur. 10 adet bacak duruşunun her biri için üç değişik ağırlık sınıflandırması yer almaktadır. Ayrıca 5 değişik baş duruşu için beş değişik kutucuk tabloda bulunur (Şekil 5.14).

"Noktalı OWAS Metodu" ile "Temel OWAS Metodu" hemen hemen aynıdır. Noktalı OWAS metodunda temel farklılık şu başlıklar altında toplanabilir:

- 1- Üst kol duruşu
- 2- Kafa duruşu
- 3- Vücut kısmının statik duruşu

Bu hususlara dikkat edildiği takdirde temel OWAS metodu ile yapılmış olan bir çalışma, noktalı OWAS metodunu da kapsadığı için gerçeği yansıtır.

OWAS formu doldurulduktan sonra olaylar (gözlemlenen postürler) ilgili kutucuklara işaretlenir.

Değerlendirme esnasında zorlanma ve vücudun muhtelif yüklerle maruz kaldığı durumlar, formdaki kutucukların 4 değişik renge boyanması ile karakterize edilir. Bu dört değişik renk; işçiler, uzman işçiler, işçi psikologları, hafif ve ağır sanayiden uzmanlar tarafından kanıtlanmış farklı yük gruplarını gösterir. Bu yük gruplarına "öneri sınıfı" denir.

Tablo 4.10. Öneri sınıfları ve renk kodları(Kant, Notermans ve Borm,1990)

Önem SINIFI	Vücut DURUŞU	Renk KODU
1	Normal	MAVİ
2	Yüklü konumda	YEŞİL
3	Açıkça yüklenmiş	MENEKŞE
4	Açıkça ağır yüklenmiş	BEYAZ

Yukarıdaki çizelgeye göre 4 nolu sınıfa ait vücut duruşu için acil tedbirlerin işletme tarafından alınması ve hemen harekete geçilmesi şarttır. 3. sınıfa giren vücut duruşaları için, daha iyi bir çalışma duruşu sürdürülmesi için en kısa zamanda gerekli tedbirler alınmalıdır. 2. kategorideki postürler hemen hemen normale yakındır.

Bu renkler dışında bir de turuncu renk kullanılmaktadır. Genelde turuncu renk 8,9, 10 no lu bacak duruşları için kullanılır. Bu sınıfa dahil olan hareketler tetkik edilmezdir (Kant, Notermans and Bonn, 1990).

4.3.3. OWAS çalışma metodunun yararları

- İş yerindeki duruş tiplerini, çalışma esnasında oluşan pozisyonları sistematik bir biçimde gözlemlene imkanı verdiği için ergonomistin karar verme sürecini kolaylaştırır
- Ergonomik bakış açısı ile iş yerinde üretkenliği artırıcı ve insancıl tedbirlerin alınmasını kolaylaştırır
- İşçinin çalışma tarzı hakkında detaylı bilgilerin edinilmesi ve bu sayede zaman performans ve çalışma ortamı hakkındaki verilerin gerçeğe uygunluğunu değerlendirme imkanı ergonomiste tanınır
- OWAS metodu bilinen problemlere hazır çözüm sunan bir yöntem değildir.

- OWAS araştırma, sonuca gitmeyi kolaylaştıran ve işçi sağlığının korunmasına dolaylı yoldan hizmet eden bir yöntemdir (Karhu, Kansu and Kuorinka. 1977).

4.4. Değerlendirme

İncelenen ARBAN ve OWAS metodlarının arasındaki farklar Tablo 4.11. de gösterilmiştir.

Tablo 4.11. ARBAN VE OWAS Metodu Arasındaki Farklar.

ARBAN METODU	OWAS METODU
işin gerektirdiği gücü analiz etmeye yarayan sistematik ergonomik bir metottur	Farklı insan grupları ve farklı iş sahaları için çalışma duruşu hal ve vaziyetleri doğrultusunda elde edilen kavramlar ve değerlendirmelerdir.
Bilgisayar teknolojisinin kullanımı ile karar verme sürecinde kullanılacak iyi bir iş sistemi analiz aracıdır	Bir matris kullanarak çalışma durumlarını şematik olarak gösterir. Kesin sonuçlar değil fikir ve öneriler verir.
Analiz safhasında tempolu faaliyetler için 0,5 saniye ve yavaş hareketlerden oluşan döngüler için 2 saniye civarında bu zaman aralığı değişmektedir.	Analiz safhasında uzun süreli faaliyetlerde 15 saniye, daha küçük zaman diliminden oluşan faaliyetlerde ise 5 saniye önerilmektedir.
Mevcut hareketi gözlemler ve müteakiben analiz safhasında düzeltilmesi gereken hareketi veya uygulamayı bir bütün olarak düzeltir.	Vucudu 5 ana kısma ayırmıştır ve bunları da kendi alt kısımlarında parçalar halinde incelemiştir ve bu ana ve alt kısımlardan oluşan hareketlerin kombinasyonu ile uygun hareketler elde edilmiştir.
İnsan-üretim aracı (makina) arakesitinin optimal kombinasyonlarının tespitini ve işin insancillaştırılması çalışmalarını kolaylaştırır	Ergonomik bakış açısı ile iş yerinde üretkenliği artırıcı ve insancıl tedbirlerin alınmasını kolaylaştırır
Ürün geliştirme çalışmalarında ARBAN verileri bir rehber olarak kullanılabilir.	OWAS metodu bilinen problemlere hazır çözüm sunan bir yöntem değildir.

Bu metodlardan hareketle ele alacağımız FNSS NUROL şirketi tarafından T.S.K.' ne tedariki yapılan Geliştirilmiş Zırhlı Personel Taşıyıcı (GZPT) aracının şoför mahalinin incelenmesi sonucu;

Şoför mahalinin oturak sisteminin 2 kademeli yükseklik ayarının olduğunu gördüm. Bunun aracın üst kapağının açılması durumunda şoför koltuğu yükselterek aracı omuz ve baş seviyesi aracın dışında kalacak şekilde kullanma ihtiyacından kaynaklanmış olduğunu tespit ettim. Bu aracı kullanırken OWAS metodunda belirtilen vucudun ana kısımlarından alt kısmın ayak kısmını kullanarak aracın gaz ve fren pedalına hükmettiğini tespit ettim. Yalnız oturma yeri alçak konuma alınması gerektiğinde,yani üst kapak kapandığında, gaz ve fren kontrolü yapması gereken ana alt kısmın sadece ayak değil bu sefer ayağa ek olarak alt bacak kısmında bir güç harcaması gerektiğini tespit ettim. Temelde bu durumun ergonomik açıdan uygun olmadığını düşünürsek, aracın ana amacının mümkün olduğunca küçük boyutta, mevcut motorun gücü ile maksimum hareket kabiliyetine sahip olması göz önüne alınması gerektiğinde unutulmamalıdır. Aracın üst kapağı kapalı olduğunda ve içerideki personelin tamamı içeride olduğunda, şoför 4 ayrı periskoptan gideceği istikameti gözetleyebilmektedir. Bu sebeplede sağa sola dönüşleri kolay olması için, az bir kuvvet kaybı ile gaz ve fren pedalına üst konumdan farklı olarak alt bacak ve ayak kısmının aynı anda güç harcaması tercih edilmiştir.

Sonuç olarak bu örnekte,aracın iç kabinin ergonomisinde, OWAS metodunun insanın hareket eden bölgelerini baz alan yapısı ile ARBAN metodunun işi yapabilmede harcanan gücü optimize etme amacının toplanmasını görmekteyiz.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İş yerlerinde çalışma çevresinin sağlıklı ve güvenilir hale getirilmesi, çok disiplinli ve karmaşık yaklaşımları beraberinde getirmektedir. İdari kadrolar, mühendisler, kimyacılar, iş yeri ve koruyucu hekimlik uzmanları, yardımcı sağlık personeli, psikologlar ve ergonomistler gibi çok çeşitli uğraş alanlarından gelen pek çok uzmanın birlikte çalışması, kaçınılmaz bir zorunluluktur. Ergonomik iş istasyonu dizaynının temel amacı, sistemin üretkenliğini ve güvenilirliğini optimize etmektir. Bu amaçlar doğrultusunda sistem, verimli, güvenli, konforlu ve operatörün hoşnutluğunu arttırıcı yönde tasarlanmalıdır. Bu da operatör ve makina arasındaki etkileşimin iyi gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi ile mümkündür. Eğer istenen performans gerekleri, operatörün performans limitlerinden daha fazla ise aşırı yüklenmeden dolayı sakatlanma ve kazaların meydana gelme oranları yükselir.

Bu tezde yapılan çalışma, sistematik ergonomik yaklaşımın, üretim artışını nasıl olumlu yönde etkilediğini göstermek amaçlıdır. Bu çalışma da özellikle OWAS metodu incelenmiş ve çeşitli iş alanlarında çalışma esnasında oluşan vücut duruşları üzerinde durulmuştur. İstasyonda, kötü dizayndan kaynaklanan, verimlilik kaybına yol açan etmenler araştırılmıştır. Ergonomik düzenlemelerin performans artışında ne denli etkili olduğu ve önerilen sistemin uygulanması ile verimlilik, konfor ve sağlık üçgeninin birbirlerini optimum düzeyde tamamlayacağı sonucuna varılmıştır. İş istasyonlarında karşılaşılan problemlerde optimum çözümlere gitmenin, ancak disiplinler arası ergonomik yaklaşım tarzı ile mümkün olduğu görülmüştür.

Ergonomik iş istasyonu dizaynında, insan faktörünün gözardı edilmemesi ve çalışma esnasındaki muhtelif duruşların antropometrik veriler dahilinde sistematik ve güvenilir bir şekilde incelenmesi gerekir. İş esnasında oluşan vücut duruşları ve postürel yüklenmeler sistematik ergonomik metotlar kullanılarak analiz edilmelidir. Bu metotlarla, insan-üretim aracının optimal kombinasyonları tespit edilir, düzenlemelere yönelik alternatif öneriler getirilir, zaman, performans ve çalışma ortamı ile ilgili insancıl tedbirlerin alınması sağlanır.

Firma bünyesinde ergonomik düzenlemelere ilişkin çalışmalar periyodik aralıklarla sürdürülmeli ve dizaynın hiç bitmeyen bir aktivite olduğu unutulmamalıdır. İnsan faktörünü ön planda tutan analiz ve metotlar kullanılarak daha verimli, güvenli ve konforlu bir çalışma ortamı elde etmek mümkündür.

Gerekli tanımların yapılması sonrasında, iş yerinde alınacak basit önlemler dahi işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından büyük faydalar sağlar. Bunun için iş çevresinin incelenmesi, makine ve

malzemelerin sağlığa zararlı etkilerinin dikkate alınması, çalışana etki eden tüm faktörlerin ayrı ayrı incelenerek değerlendirilmesi gereklidir. İnceleme, uygulama aşamalarına ek olarak düzenli sürdürülecek eğitim çalışmaları ve denetimler, gelişmenin sürekliliğinin sağlanabilmesi için önem taşımaktadır. İş nitelikleri ve sonuçları bakımından ergonomik problemler etkilerinin her zaman direkt görülebildiği problemler olmaması sebebi ile tüm ihtimal ve sorunların detaylı incelenmesi, uygulanabilirliklerine göre sıralanarak özümlenmesi, iş verimliliği ve işçi sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak teknolojik gelişmenin çalışanlar üzerinde etkilerinin daha tasarım aşamasında iken tespit ve zm önemlidir. Rekabetin hızla arttığı günümüz koşullarında, mal ve hizmet üretiminde performansın; insan ve makine uyumunun ancak uygun evre koşullarında gerçekleşebileceğinin gösterilmesi, bu çalışmalara verilen önemin artması beklenmelidir. Konunun bir çok bilim dalını kapsamaması ve etki alanının fazla olması nedeniyle, sorunun analizi ve üzüm uygulamaları, yönetimi zorlaştırmaktadır. Ergonomi Yönetim sistemi ile sorunun sistemli bir şekilde parçalara bölünerek incelenmesi, detayların atlanmasını engelleyeceği gibi ulaşılacak zmn ekonomik olmasını sağlayacaktır.

İş istasyonu, operatöre yüksek konfor ve iş tatmini sağlamalıdır. İstasyonda operatöre rahat hareket etme imkanı veren, parçalara ulaşmayı kolaylaştıran düzeneklere yer verilmelidir. Ancak, iş yerlerinin kötü dizaynı, uygun olmayan çalışma, araç ve materyallerinin kullanılması, endüstride çalışanlar için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Durum böyle olunca, kötü postürlere bağlı muhtemel mesleki sağlık problemlerinin ortaya çıkması kaçınılmazdır.

İşletmelerde, alışan popülasyonun antropometrik ölçülerinin tespit edilmesi ve bu amaçla antropometrik istatistiksel verilerin bir veri tabanı altında toplanması gerekmektedir. Bu esnada toplanan antropometrik boyutlarda giyim, kuşam ve insanın doğal kambur duruşu gibi faktörler iş istasyonlarının boyutlandırılmasında göz önünde tutulmalıdır. Bu toplanan veriler, istasyonlarda çalışma yksekliliğine ilişkin sınırların belirlenmesi, ykseklilik ayarlı sandalye, ızgara ve tezgahların ergonomik dizaynı, maksimum ve normal çalışma alanlarının belirlenmesi ve benzeri düzenlemelerde kullanılabilir. Böylelikle işletme içinde ergonomik standardizasyon ve verimlilik artışı sağlanır.

6. KAYNAKLAR

Anonymous, 1991, İş Etüdü, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara

Anonymous, (2003). "Ergonomics", <http://www.cdc.gov/od/ohs/ergonomics/ergohome>

Anonymous, (2003). "Ergonomics", <http://www.ergoweb.com/>

Tanrıtanır, Mobilya Tasarımı ve Antropometri (Arş.Gör.T. Dilik ile), 1995. V. Ergonomi Kongresi, MPM Yayınları No: 570, s. 214-224, 15-17 Kasım 1995, İTÜ, Maçka-İstanbul.

Battaloğlu, C., 1988. Çalışma Yerleri İçin Bir İşbilimsel Denetim Listesi Geliştirilmesi ve Çalışma Yerlerinin Değerlendirilmesi, 1. Ulusal Ergonomi Kongresi, MPM, Ankara

Bedestenci, C., 1993. Yeni kurulan bir işletmede metot geliştirme ve ergonomik tasarım, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Binyıldırım, T., 2001, Kaza Piramidi, İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi, 2-25, Adana

Bridger, R.S., 1995. Introduction to Ergonomics, M.C. Graw Hill Inc., 1-15, New York.

Corlett, E.N., Madeley, S.J. ve Manenica, I., 1979. Posture targetting: a technique for recording working postures, Ergonomics, 22, 3, 357-366.

Corlett, E.N. and Manenica, I., 1980. The effects and measurement of working postures, Applied Ergonomics, 11, 1, 7-16.

Çilingir, C. ve Şen, T., 1992. Ergonomik Yaklaşım ve İş Analizi Eğitim Semineri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sürekli eğitim Merkezi, Ankara.

Das, B. ve Sengupta, A.K., 1996. Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach, *Applied Ergonomics*, 27, 3, 157-163.

Das, B. ve Behara, D.N., 1995. Determination of the normal horizontal working area: a new model and method, *Ergonomics*, 38, 4, 734-748.

Doğan, Ü., 1987, Verimlilik Analizleri ve Verimlilik-Ergonomi ilişkileri. İzmir Ticaret Borsası Yayınları, No: 31. s:272, İzmir

Erdem, M.A., 2000. Ergonomik iş istasyonu dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Erkan, N., 1988. Ergonomi, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:373, 75-98, Ankara.

Erkan, N., 1989. İşletmelerde İnsan Gücü Verimliliği İçin İşçi Sağlığı, İş Güvenliği. Kazalardan Korunma, Acil Yardım ve İlgili Mevzuat, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No:384, 35, Ankara.

Erkan, N., 1996. Ergonomi Verimlilik Sağlık ve İş Güvenliği İçin İnsan Faktörü Mühendisliği, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No.373, 13-56, Ankara.

Fernandez, J.E., et.al., 1992. Anthropometry of South Indian industrial workmen, *Ergonomics*, 35, 1393-1398.

Gül. S.A. and Ruddle, R.A., 1998. Using virtual humans to solve real ergonomic design

problem. IEE Conference Publication, 457, 223-229.

Gönen, E., 1993. Üniversiteye devam eden kız öğrencilerin boyutsal ölçülerinin incelenmesi, 4. Ergonomi kongresi MPM, 93-106.

Grandjean, E., 1988. Fitting the Task to the Man, Taylor & Francis, 36-65, London.

Hay, J. G. and Reid, J. G., 1988. Anatomy, Mechanics and Human Motion, Practice Hall, Englewood Cliffs, 52-53, New Jersey.

Heinsalmi, P., 1986. Method to measure working posture loads at working sites (OWAS). , The Ergonomics of Working Postures (Taylor & Francis),100-154.

Helander, M.G., 1997. A systematic definition of ergonomics, 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA'97), 3-5, Finland.

Helander, M.G., 1995. A Guide to Ergonomics of Manufacturing, Taylor & Francis, 7-63, London.

Holzmann, P., 1982. ARBAN- A new method for analysis of ergonomic effort, Applied Ergonomics, 13, 2, 82-86.

ILO, 1996. Ergonomic Checkpoints: Easy to Implement Solutions for Improving Safety. Health and Work Conditions, International Labour Office, 119-151. Geneva.

ILO, 1997. Etüdü, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, No.29, 163-188 Ankara.

İncir. G., 1998. Çoklu Vardiya Çalışmasının Ergonomik Tasarımı, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No.624, 29-38. Ankara.

Kant. I., Notermans, J.H.W. and Borm, P.J.A., 1990. Observations of working postures in garages using the Ovako working posture analysing system (OWAS) consequent work load reduction reccomendations, Ergonomics, 33,

Karayalçın, İ., 1986. Endüstri Mühendisliği ve Üretim Yönetimi El Kitabı. Çağlayan Basımevi, İstanbul.

Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., 1977. Correcting working postures in industry a practical method for analysis, Applied Ergonomics, 8, 4, 199-201.

Leskinen, T. et al., 1997. Validation of portable ergonomic observation method using optoelevtronic and video recordings, Applied Ergonomics, 28, 2, 75-83.

Mandal,A.C., 1986, Investigation of The Lumbar Flexion of Office Workers, The Ergonomics of Working Postures,(Taylor ve Francis) 345-354.

Mitchell, E.C., 1997, Do Ergonomists Believe in Ergonomics?, Ceontemporary Ergonomics (Taylor ve Francis), 45-50, London

Murrel, K.F.H., 1975. Ergonomics, Man in His Working Environment, Chapman and Hail, London, S9 .

Melikşah, Y., 1989. İş Etüdü ve Planlaması, İstanbul üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Nah K. ve Kreifeldt,J.G., 1996, The Use of Computer- Generated Bivariate Charts in Anthropometric Design,Applied Ergonomics,27,6,397-406

Nazik, B., 2003. İşletmelerde çalışma senaryosu modeli kullanılarak ergonomik sorunların belirlenmesi ve çözüm oluşturulması üzerine bir çalışma, Yüksek lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Özok, A. F., 2002. Türk Sanayi işçileri üzerine Antropometrik Bir Araştırma, Doğa Bilim dergisi, Cilt 5.

Pulat, B.M. & Alexander, D.C., 1991. Industrial Ergonomics, Case Studies. McGaw-Hill Pub. Cem., New York.

Sabancı, A., 1999. Ergonomi. Baki Kitabevi, Yayın no:13, s:593, Adana.

Singleton, W.T., 1972. Introduction to Ergonomics, World Health Organization, İsviçre

Smith, L.A. & Smith J.L., 1982. "How can an I.E. Justify a Human Factors Activities Program to Managent" Industrial Engineering, Volume 14, No:2, February, S39.

Şarman, S., 1993. Mühendislik Bilimi ve Endüstri Mühendisliği, D.E.Ü. Basım evi, İzmir, S:7

Tiftik, Y. & Erkanlı, T., 1977. İşletmelerde Verimliliği Arttırmak İçin Çalışma Metodlarının Geliştirilmesi, İstanbul , S69

Yegül, F., (2003). "İş Etüdü Ders Notları", <http://www.qafqaz.edu.az/akademikpersonel/feihyegul/>

Wely. P, 1970, Design ve disease, Applied Ergonomics, 1,5,262-269.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	30.04.1982
Doğum yeri	Ankara
Lise 1996-2000	Bursa Işıklar Askeri Lisesi
Lisans 2000-2004	Kara Harp Okulu
2004-2005	Tuzla Piyade Okulu

Çalıştığı kurumlar

2005-2007	Edirne 54. Mekanize Piyade Tugayı
-----------	-----------------------------------