

İNSAN VÜCUDU

Kalbin kasılma sayısı erişkinler için dakikada 70–80 olup, her kasılıştaki aorta 60–70 cm³, akciğerlere de 60–70 cm³ olmak üzere, kalp her kasılmasında toplam 120–140 cm³ kan basılır ve enerji gerektiren hareketli işlerde bir miktar artar.

ÖRNEK PROBLEM (KAN DOLAŞIMI):

Bir kadının vücudunda 0.75 saatte aorta basılan kan miktarı ortalama ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar?

ÇÖZÜM:

Kalp kasılma sayısı, ortalama : $KKSo = \frac{70+80}{2} = 75 \text{ adet/dak}$

Her kasılıştaki basılan kan miktarı, ort.: $HKBKMo = \frac{60+70}{2} = 65 \text{ cm}^3/\text{adet}$

Vücuttaki kan miktarı, ortalama : $VKMo = 3.7 \text{ litre}$

İşlem süresi : $İS = 0.75 \text{ saat} \times \frac{60 \text{ dak}}{1 \text{ saat}} = 45 \text{ dak}$

Toplam kan basılma sayısı : $TKBS = 75 \frac{\text{adet}}{\text{dak}} \times 45 \text{ dak} = 3375 \text{ adet}$

Basılan kan miktarı, ortalama (cm³) : $BKMo = 3375 \text{ adet} \times 65 \text{ cm}^3/\text{adet}$
 $BKMo = 219375 \text{ cm}^3$

1 litre = 1000 cm³ ise;

Basılan kan miktarı, ortalama (l) : $BKMo = 219375 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ litre}}{1000 \text{ cm}^3}$
 $BKMo = 219.375 \text{ litre}$

Kan devir sayısı : $KDS = \frac{219.375 \text{ litre}}{3.7 \text{ litre}}$
 $KDS = 59.3 \text{ devir}$

ÖRNEK PROBLEM (KAN DOLAŞIMI):

Bir erkeğin vücudunda 1 saatte akciğerlere basılan kan miktarı ortalama ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar?

ÇÖZÜM:

Kalp kasılma sayısı, ortalama : $KKSo = \frac{70+80}{2} = 75 \text{ adet/dak}$

Her kasılıştaki basılan kan miktarı, ort.: $HKBKMo = \frac{60+70}{2} = 65 \text{ cm}^3/\text{adet}$

Vücuttaki kan miktarı, ortalama : $VKMo = 4.7 \text{ litre}$

İşlem süresi : $İS = 1 \text{ saat} \times \frac{60 \text{ dak}}{1 \text{ saat}} = 60 \text{ dak}$

Toplam kan basılma sayısı : $TKBS = 75 \frac{\text{adet}}{\text{dak}} \times 60 \text{ dak} = 4500 \text{ adet}$

Basılan kan miktarı, ortalama (cm^3) : $BKMo = 4500 \text{ adet} \times 65 \text{ cm}^3/\text{adet}$

$$BKMo = 292500 \text{ cm}^3$$

1 litre = 1000 cm^3 ise;

Basılan kan miktarı, ortalama (l) : $BKMo = 292500 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ litre}}{1000 \text{ cm}^3}$

$$BKMo = 292.5 \text{ litre}$$

Kan devir sayısı : $KDS = \frac{292.5 \text{ litre}}{4.7 \text{ litre}}$

$$KDS = 62 \text{ devir}$$

ÖRNEK PROBLEM (KAN DOLAŞIMI):

Bir erkeğin vücudunda 1 saatte akciğerlere basılan kan miktarı en çok ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan ençok/enaz kaç devir yapar?

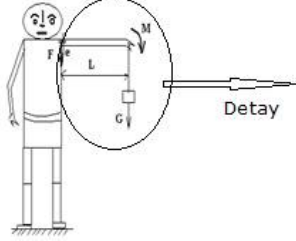
ÇÖZÜM:

Kalp kasılma sayısı, ençok	: 80 adet/dak.
Her kasılıştaki basılan kan miktarı, ençok	: 70 cm ³ /adet
Vücuttaki kan miktarı, en çok	: 4.7 litre + 1 litre = 5.7 litre
Vücuttaki kan miktarı, en az	: 4.7 litre - 1 litre = 3.7 litre
İşlem süresi = 1 saat x 60 dak/saat	: 60 dak.
Toplam kan basılma sayısı	: 80 adet/dak x 60 dak = 4800 adet
Basılan kan miktarı	: 4800 adet x 70 cm ³ /adet = 336500 cm³
1 litre = 1000 cm ³ ise;	
Basılan kan miktarı, ortalama	: 336000 cm ³ / 1000 cm ³ /litre = 336 litre
Kan devir sayısı, ençok	: 336/3.7 litre = 90.81 devir
Kan devir sayısı, enaz	: 336/5.7 litre = 58.95 devir

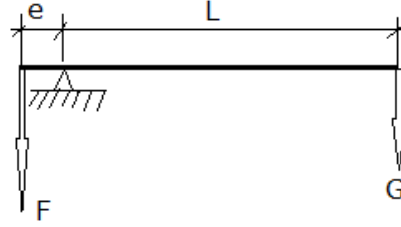
KAS MEKANİĞİ

Ele gelen moment : $M = G \times L$

Omuza uygulanan kuvvet : $M = F \times e$



Şekil 1



Şekil 2

ÖRNEK PROBLEM (KAS MEKANİĞİ):

Kolu yana açık ve 60 cm uzunluğunda olan birey bu konumda elinde 10 kp yük tutmaktadır. Omuz kas destek dokuları arasındaki mesafe (e) 34 mm'dir. Omuza etki eden kuvveti hesaplayınız. Omuza etki eden kuvvetin eldeki yüke oranı nedir?

ÇÖZÜM:

Veriler: $L = 60 \text{ cm}$, $G = 10 \text{ kp}$, $e = 34 \text{ mm}$

Eldeki yük: $G = 10 \text{ kp}$; $1 \text{ kp} = 9.81 \text{ N} \Rightarrow G = 10 \text{ kp} \times 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kp}} \Rightarrow G = 98.1 \text{ N}$

Kuvvet kolu uzunluğu: $L = 60 \text{ cm} = 0.60 \text{ m}$

Yük kolu uzunluğu: $e = 34 \text{ mm} = 0.034 \text{ m}$

Ele gelen moment: $M = G \times L$

$M = 98.1 \text{ N} \times 0.60 \text{ m} \Rightarrow M = 58.86 \text{ Nm}$

Omuza uygulanan kuvvet: $M = F \times e$ ile $F = M/e$

$F = 58.86 \text{ Nm} / 0.034 \text{ m} \Rightarrow F = 1731 \text{ N}$

$1 \text{ kp} = 9.81 \text{ N}$; $F = 1731 / 9.81 \text{ kp/N}$; $F = 176.5 \text{ kp}$

Omuza uygulanan kuvvet için; kaldıraç mekaniği denklemi yardımıyla doğrudan hesaplanabilir.

$$F = \frac{G \times L}{e}$$

$$F = \frac{10 \text{ kp} \times 0.60 \text{ m}}{0.034 \text{ m}} \rightarrow F = 176.5 \text{ kp}$$

$$\frac{F}{G} = \frac{176.5 \text{ kp}}{10 \text{ kp}} \cong 18$$

ÖRNEK PROBLEM (KAS MEKANİĞİ):

Pazusu vücudu ile paralel bir işgörenin ön kol uzunluğu 32 cm olup, ön kol yere paralel olmak üzere elinde 12 kp yük taşımaktadır. İşgörenin dirseğine gelen kuvvet 96 kp olduğuna göre dirsek kas destek dokuları arası mesafesini hesaplayınız.



Şekil 3.

ÇÖZÜM:

$$L = 32 \text{ cm} = 0.32 \text{ m}$$

$$G = 12 \text{ kp}$$

$$F = 120 \text{ kp}$$

$$M = G L$$

$$M = F e$$

$$G L = F e \rightarrow e = \frac{G}{F} L$$

$$e = \frac{12 \text{ kp}}{96 \text{ kp}} \times 0.32 \text{ m}$$

$$e = 0.04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

İNSANLARIN ENERJİ GEREKSİNİMİ

BESİNLERİN DEĞERLERİ

PROTEİN LİSTESİ

Besin maddesi	Protein (g)	Karbonhidrat (g)	Yağ (g)
100 gram az yağlı Yoğurt	5	7	1.5
1 bardak (200ml) yağlı süt	7	10	7
200 ml (1 bardak) kesik süt	1.7	8	0
1 adet tam yumurta	6-7	0	5
100 gram Tavuk eti	20	1	3
100 gram Baliketi	4	1	2
100 gram koyun peyniri	17	0	18
100 gram Sazan balığı	20	0	4
100 gram Sığır eti	30	1	12
100 gram Koyun eti	27	0	8
100 gram Keçi eti	26	0	4

KARBONHİDRAT LİSTESİ

Besin maddesi	Protein (g)	Karbonhidrat (g)	Yağ (g)
1 büyük patates	60	7	0
1 orta boy Elma	25	0	0
1 bardak portakal suyu (200ml):	22	0	0
100 gram buğdaylı çavdar ekmeği	61	11	2
100 gram Yulaf Ezmesi	63	12	7
100 gram Pirinç pilavı	70	7	1
100 gram Bulgur pilavı	64	10	0
100 gram patlamış mısır	67	11	5
100 gram Domates	3	1	0
125 gram Nohut	27	6	1.5

ENERJİ GEREKSİNİMİ TABLOLARI

Tablo 4.1. Ek enerji gereksinimi (Lehman)

İş yaparken pozisyon ve hareketler	Ek enerji gereksinimi (kJ/dak)
Otururken	1.26
Dizüstü duruşta	1.67
Bağdaş kurma	2.10
Ayakta durmak	2.51
Ayakta ve eğilerek çalışmak	3.35
Ayakta ve gezinerek çalışmak	7.12 – 14.65

Tablo 4.2. Çeşitli işlerde enerji gereksinimi (ILO)

Faaliyet	Enerji gereksinimi	
	kCal/dak	kJ/dak
Tam istirahat	1	4.19
Ofis işleri	2	8.37
Araç kullanma	3	12.56
Araç – gereç ile çalışma	4	16.74
Normal yürüme	5	20.93
Toprak atma	6	25.12
Çekiçle çalışma	7	29.30
Rende işleri	8	33.49
Çelik işleri – yüksek fırın temizleme	9	37.67

Tablo 4.3. Çeşitli işlerde enerji gereksinimleri ile kalp atış sayısı ilişkisi

İşin Niteliği	Toplam Enerji Harcamı		Kalp Atış Sayısı
	kCal/dak	kJ/dak	
Hafif işler	2.5	10.47	90 veya daha az
Orta işler	5.0	20.93	100
Ağır işler	7.5	31.40	120
Çok ağır işler	10.0	41.86	140
Ekstra ağır işler	12.5	52.33	160 veya daha fazla

ÖRNEK PROBLEM (ENERJİ TÜKETİMİ VE DİNLENME SÜRESİ):

Çok ağır bir işte günde 7 saat çalışan bir işçinin çalışma süresince enerji tüketimini ve bu koşullarda dinlenme süresini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Çok ağır işlerde çalışmada enerji ihtiyacı: $E = 10 \text{ kCal/dak}$

Toplam çalışma süresi : $T = 7 \text{ saat} \times 60 \frac{\text{dak}}{\text{saat}} = 420 \text{ dak}$

Enerji tüketimi: $ET = 10 \frac{\text{kCal}}{\text{dak}} \times 420 \text{ dak} = \mathbf{4.200 \text{ kCal}}$

Dinlenme süresi: $D = 0,1 \times T \left(\frac{E}{4} - 1 \right) = 0,1 \times 420 \text{ dak} \times \left(\frac{10}{4} - 1 \right)$

D = 63 dak

ÖRNEK PROBLEM (ENERJİ TÜKETİMİ VE DİNLENME SÜRESİ):

Üretim ünitesinde işgörenlerce gerçekleştirilen faaliyetler aynı güçlük derecesinde ve ağır işler düzeyinde enerji gerektirmektedir. İşçinin günlük zaman dağılımı şöyledir: 8 saat çalışma, 4 saat dinlenme, 4 saat araç kullanma ve 8 saat uyuma.

- a) İşgörenin çalışma peryodundaki dinlenme süresini Lehman'a göre hesaplayınız.
- b) İşgörenin enerji gereksinimini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

- a) İşgörenin çalışma peryodundaki Lehman'a göre dinlenme süresi:

Rende işleri için $E = 7.5 \text{ kCal/dak}$

İş süresi: $T = 8 \times 60 \frac{\text{dak}}{\text{saat}} = 480 \text{ dak}$

Dinlenme süresi: $D = 0.1 \times T \left(\frac{E}{4} - 1 \right) [\text{dak}]$

$D = 0.1 \times 480 \text{ dak} \times \left(\frac{7.5 \text{ kCal/dak}}{4} - 1 \right)$

D = 42 dak

- b) İşgörenin enerji gereksinimi:

Faaliyet	Süre (dak/gün)	Birim enerji gereksinimi (kCal/dak)	Toplam (kCal/gün)
Çalışma	8 saat x 60 dak/saat = 480	7.5	3600
Dinlenme	4 saat x 60 dak/saat = 240	1.2	288
Araç kullanma	4 saat x 60 dak/saat = 240	3	720
Uyku	8 saat x 60 dak/saat = 480	1.2	576
Toplam enerji gereksinimi			5184

ÖRNEK PROBLEM (ENERJİ TÜKETİMİ VE DİNLENME SÜRESİ):

Çok ağır bir işte 08.00 – 17.00 saatleri arasında 9 saat çalışan bir işçinin çalışma süresince enerji tüketimini ve bu koşullarda dinlenme süresini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Çok ağır işlerde çalışmada enerji ihtiyacı:

$$E = 10 \text{ kCal/dak}$$

$$\text{Toplam çalışma süresi: } T = 9 \text{ saat} \times 60 \frac{\text{dak}}{\text{saat}} = 540 \text{ dak}$$

$$\text{Enerji tüketimi: } ET = 10 \frac{\text{kCal}}{\text{dak}} \times 540 \text{ dak} = \mathbf{5400 \text{ kCal}}$$

$$\text{Dinlenme süresi: } D = 0.1 \times T \times \left(\frac{E}{4} - 1 \right)$$

$$D = 0.1 \times 540 \text{ dak} \times \left(\frac{10 \text{ kCal/dak}}{4} - 1 \right); \mathbf{D = 81 \text{ dak}}$$

Dinlenme saatleri örnek uygulama:

Mesai süresi dörde bölünür:

$$\frac{9}{4} = 2.25 \text{ saat} = 2 \text{ saat } 15 \text{ dak}$$

Mesai saatlerinin ortası bulunur:

$$08.00 + \frac{9}{2} = 12.30$$

1. Dinlenme: 08.00 + 2.15 = 10.15'de 40 dakika
2. Dinlenme: 12.30 + 2.15 = 14.45'de 40 dakika

ÖRNEK PROBLEM (ENERJİ TÜKETİMİ VE DİNLENME SÜRESİ):

Ağır iş kategorisine değerlendirilen X işini yapan işçinin günlük zaman dağılımı şöyledir: 8 saat X işçiliği, 4 saat ofis işi, 4 saat normal yürüme ve 8 saat uyku.

- a) İşçinin X işini yaparken gerekli dinlenme süresini Lehman'a göre hesaplayınız.
b) İşçinin günlük enerji tüketimini, dinlenme süresini de dikkate alarak, hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

- a) İşçinin X işini yaparken gerekli dinlenme süresini Lehman'a göre hesaplayınız.

Ağır işler için $E = 7.5 \text{ kCal/dak}$

Dinlenme süresi: $D = 0.1 \times T \times \left(\frac{E}{4} - 1 \right) [\text{dak}]$

$$D = 0.1 \times 480 \times \left(\frac{7.5}{4} - 1 \right) \rightarrow D = 42 \text{ dak}$$

- b) İşçinin günlük enerji tüketimini (ET), dinlenme süresini de dikkate alarak, hesaplayınız.

Çalışma süresi içindeki dinlenme süresi dikkate alınmadan;

Faaliyet	Süre (dak/gün)	E (kCal/dak)	ET (kCal/gün)
Çalışma/ağır iş	$8 \times 60 = 480$	7.5	3600
Ofis işleri	$4 \times 60 = 240$	2	480
Normal yürüme	$4 \times 60 = 240$	5	1200
Uyku	$8 \times 60 = 480$	1.2	576
Toplam			5856

Aslında 42 dakika dinlenme süresi uygulanırsa; X işi için 480 dakika yerine 438 dakika kullanılır.

Faaliyet	Süre (dak/gün)	E (8 kCal/dak)	ET (kCal/gün)
Çalışma/ağır iş	$8 \times 60 - 42 = 438$	7.5	3285
Dinlenme*	42	1.2	50
Ofis işleri	$4 \times 60 = 240$	2	480
Normal yürüme	$4 \times 60 = 240$	5	1200
Uyku	$8 \times 60 = 480$	1.2	576
Toplam			5591

* Dolayısıyla, $42 \times (7.5 - 1.2) = 265 \text{ kCal/gün}$ daha eksik enerji talebi olacaktır.

ÖRNEK PROBLEM (ENERJİ TÜKETİMİ VE DİNLENME SİRESİ): Bir demir-çelik tesisinde saat 08.00’de işbaşı yapılmakta ve çalışan işçi iş saatlerinin dışında kalan süreyi 4 saat araç-gereç ile çalışma, 4 saat hafif işler yapmak ve 8 saat uyku ile geçirmektedir. İşçinin günlük enerji tüketimini, beslenme programını, demir-çelik işleri sürecinde dinlenme süresini ve dinlenme programını belirleyiniz.

Enerji Tüketimi (ET): $ET = E_i \times t_i$

Faaliyetler	E_i [kCal/dak]	t_i [dak]	ET_i [kCal/gün]
Demir-çelik işleri	9	480	4.320
Araç-gereç ile çalışma	4	240	960
Hafif işler	2.5	240	600
Uyku	1.2	480	576
Toplam ET [kCal/gün]			6.456

Beslenme programı örneği:

Sabah	20%	0,20	1291.2
Ara	10%	0,10	645.6
Öğle	30%	0,30	1936.8
Ara	10%	0,10	645.6
Akşam	20%	0,20	1291.2
Ara	10%	0,10	645.6
Toplam	100%	100%	6456

Dinlenme süresi:

$$D=0.1T(E/4-1) = 0.1 \times 480(9/4-1) = 60 \text{ dak}$$

Dinlenme programı

Sabah 10.00-10.30
Öğle Sonrası 15.00-15.30

UYGULAMALI ANTROPOMETRİ

Çalışan insanların fiziksel rahatlıkları ve beden yeteneklerini etkin bir şekilde kullanabilmeleri kullandıkları malzemeler, çalışma yüzeyleri ve hacimlerinin kendi boyutları ile uygun olması ile mümkündür. Böyle bir yaklaşımda antropometrik yaklaşımlar kullanılır.

Antropometri, insan vücudunun boyutları ile ilgilenen özel bir bilim dalıdır. Bu boyutlar; uzunluk, genişlik, yükseklik, ağırlık, çevre boyutları gibi farklı boyutlardır.

Oturarak çalışan işgörenlerin kullandığı hacim genellikle sınırlı ölçüde değişir. Bu hacimler, kol, bacak ve gövdenin dinamik antropometrik ölçüleri esas alınarak tasarlanmalıdır.

Oturan ya da ayakta duran bir işgörenin omurgası, omuz eklemi, kalçası ya da ayak basma noktaları sabit iken hareket hacimleri ve çeşitli açılarda uzanma ve kavrama mesafeleri iş ve insan uyumu için önemli boyutları verirler. Dinamik antropometri ölçüleri zaman zaman dinamometrik ölçümlerle (en kolay erişilen, en rahat kavrama yapılan, en güçlü kavrama yapılabilecek noktaların belirlenmesi) desteklenir. Ayrıca, eklemleri zorlamayacak, mekanik açıdan avantajlı ve uzun süre işlem yapılabilecek işlem alanlarının incelenmesi gerekir.

Sınırlı hacimlerin kullanımı halinde, işlerin normal giyimle ya da özel teçhizat ile yapılabileceği hacimler antropometrik teknikler kullanılarak belirlenir.

Bütün antropometrik yaklaşımlarda ölçülerin, tasarımı sözkonusu araç, gereç ve makineyi kullanacak kişilerden istatistik yöntemlerle alınmalıdır.

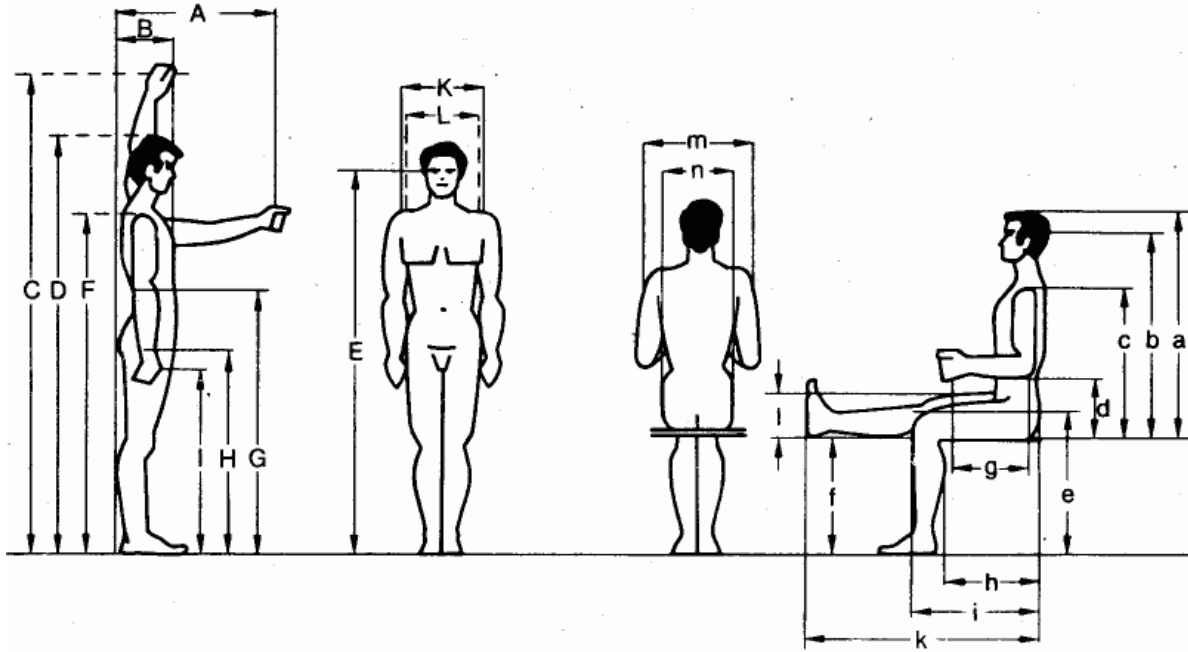
Antropometrik tasarım sırasında hacim ölçüleri için en büyük ölçüye (% 95) göre, uzanma alanı tasarımında ise en küçük ölçüye (% 5) göre ayarlamalar yapılmalıdır. Ayarlanabilir sandalye ve masa gibi yardımcı araçların ayar aralıkları % 5 - % 95 arasında olmalıdır.

İşyerlerinde antropometrik bulguların üst değerleri kullanılmalıdır. Örneğin, geçitler, kapılar. Bazı makinalarda ise, operatörlerin % 95 ve % 99'unun rahat kullanacağı uygun mesafeler dikkate alınır.

Koltuk gibi bazı düzenekler, koltukta oturacak herhangi birinin rahat ve etkin görev yapacağı şekilde ayarlanabilir şekilde tasarımlanır. Bunun için % 5 alt sınır ve % 95 üst sınır değerleri dikkate alınır.

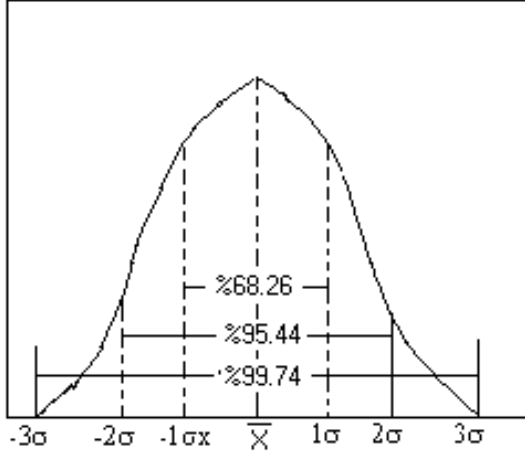
Hacimle ilgili tasarımlarda %95'lik dağılım değeri; (2) denklemi, erişimle ilgili tasarımlarda ise %5'lik dağılım değeri; (1) denklemi dikkate alınır.

Alt sınır için $L_{\min} = \bar{x} - \sigma * Z$ (1)	Dağılımların ortalaması $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ (4)
Üst sınır için $L_{\max} = \bar{x} + \sigma * Z$ (2)	Standart sapma $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ (5)
Ortalama $L = \bar{x}$ (3)	



Tanımı	erkek			kadın		
	alt sınır	ortalama değer	üst sınır	alt sınır	ortalama değer	üst sınır
Ayakta						
A Öne doğru uzanma mesafesi	622	722	787	616	690	762
B Göğüs derinliği, ayakta	233	276	318	238	285	357
C İki kol ile yukarı doğru uzanma mesafesi	1910	2051	2210	1748	1870	2000
D Boy	1629	1733	1841	1510	1619	1725
E Göz yüksekliği	1509	1613	1721	1402	1502	1596
F Omuz yüksekliği	1349	1445	1542	1234	1339	1436
G Dirsek yüksekliği (ayakta, yerden)	1021	1096	1179	957	1030	1100
H Yerden ayağı arasına kadar olan mesafe	752	816	886	-	-	-
I El yüksekliği (yerden)	728	767	828	664	738	803
K Omuz (çıkıntıları arası) genişliği	367	398	428	323	355	388
L Kalça genişliği (ayakta)	310	344	368	314	358	405
Oturarak						
a Üst vücut yüksekliği	849	907	962	805	857	914
b Göz yüksekliği (oturarak)	739	790	844	680	735	785
c Omuz yüksekliği (oturarak)	561	610	655	538	585	631
d Dirsek yüksekliği (oturarak)	193	230	280	191	233	278
e Diz yüksekliği	493	535	574	462	500	542
f Baldır yüksekliği (ayak dahil)	399	442	480	351	395	434
g Dirsek, avuç (kavrama eksen) mesafesi	327	362	389	292	322	364
h Vücut derinliği (otururken)	452	500	552	426	484	532
i Kalça - diz ucu mesafesi	554	599	645	530	587	631
k Kalça - ayak tabanı mesafesi	964	1035	1125	955	1044	1126
l Uyluk kalınlığı	117	136	157	118	144	173
m Dirsek arası mesafe	399	451	512	370	456	544
n Kalça genişliği (otururken)	325	362	391	340	387	451

Şekil 4. Endüstride ergonomik amaçlarla statik antropometri araştırmalarında kullanılan boyut ölçüleri ve dağılım tablosu



%	Z
80	1.28
90	1.64
95	1.96
98	2.33
99	2.58
99.	2.81
99.8	3.09
99.9	3.30

Şekil 5. Normal dağılım eğrisi ve değerleri

Üretim ve satış yerlerinde rafların yüksekliği, istatistik ortalama değerlere göre ayarlanır.

Bir tezgah üzerinde çalışmada, tezgah yüksekliği belirlenirken, çalışma yüksekliği için parça yüksekliğinin yarısı dikkate alınır. Genel yaklaşım, tezgah yüksekliğinin, parça yüksekliğinin yarısı kadar düşük seviyede olmasıdır.

ÖRNEK PROBLEM (TAŞIT KOLTUĞU VE GÖSTERGE TASARIMI):

Bir işletmede özel amaçla kullanılacak bir taşıtın koltuğu ve önde bir göstergesinin konumu taşıtı kullanacak olan 6 operatöre göre belirlenecektir. Taşıtı kullanacak 6 elemanın ayak dahil baldır yükseklikleri ile ayak dahil göz yükseklikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Koltuğun ayarlanabilir olacağı istendiğine göre; % 90 güvenle alt ve üst sınır değerleri ile gösterge yüksekliğini hesaplayınız. Operatörlere ilişkin baldır yüksekliği ve göz yüksekliği Tablo 1’de verilmiştir.

Önce ilgili ölçülerin ortalamaları alınır. Bunun için (4) denklemi kullanılır. İlgili ölçülere ilişkin ortalamalar hesaplanarak veri tablosunda gösterilmiştir.

Tablo 1. Operatör ölçüleri

Operatör	Baldır yüksekliği (mm)	Göz yüksekliği (mm)
A	445	1230
B	435	1200
C	430	1220
D	440	1210
E	450	1240
F	455	1235
Ortalama	442.5*	1222.5*
σ	8.54*	14.07*

** Hesaplanan değerler*

Ortalama baldır yüksekliği;

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{445 + 435 + 430 + 440 + 450 + 455}{6} = 442.5mm$$

Ortalama göz yüksekliği;

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{1230 + 1200 + 1220 + 1210 + 1240 + 1235}{6} = 1222.5mm$$

Standart sapma değerleri (5) denklemi ile hesaplanır.

Baldır yüksekliği standart sapma değeri;

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(445 - 442,5)^2 + (435 - 442,5)^2 + (430 - 442,5)^2 + \dots}{6}} \sigma_1 = 8.54mm$$

Göz yüksekliği standart sapma değeri;

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(1230 - 1222,5)^2 + (1200 - 1222,5)^2 + (1220 - 1222,5)^2 + \dots}{6}}$$

$$\sigma_2 = 14.07mm$$

%90 güven düzeyinde; Z=1.64 kullanılır.

Koltuk ölçüleri;

$$\text{Alt sınırı} \quad L_{\min} = \bar{x} - \sigma * Z = 442.5 - 8.54 * 1.64 = 428.50mm$$

$$\text{Üst sınır için} \quad L_{\max} = \bar{x} + \sigma * Z = 442.5 + 8.54 * 1.64 = 456.50mm$$

Koltuk 428.50 mm ile 456.50 mm arasında hareketli ayarlanabilir olacaktır.

Gösterge yüksekliği; küçük boylularında görmesini sağlayacak, bu durumda uzun boyluların bir ölçüde aşağı bakmasının sorun yaratmayacağı düşünülürse, alt sınır değeri olarak (1) denklemi ile hesaplanabileceği düşünülebilir. Bu varsayımla gösterge yüksekliği

$$L_{\min} = \bar{x} - \sigma * Z = 1222.5 - 14.07 * 1.64 = 1199.43mm$$

olarak hesaplanır.

Ancak, bu durumlarda ortalama değerin alınmasının daha doğru olacağı, uzun ve kısa boylu insanların aynı ölçüde zorlanarak göstergeyi izleyeceği gerçeğinden hareketle, gösterge yüksekliği ortalama göz yüksekliğinde de alınabilir.

$$L = 1222.5mm$$

Bu gibi durumlarda ölçülendirme kısa boylu insanlara göre yapılmakla birlikte, ölçülerin buradaki gibi dağılımı düzgün ve standart sapma küçük olursa uygulamada önemli sorun yaratmayacağı düşünülebilir, bu durum makine tasarımı açısından bir esneklik olarak avantaja dönüştürülebilir. Diğer yandan operatörün görüş alanının kesilmemesi önkoşuldur.



Şekil 6. Koltuk tasarımı

ÖRNEK PROBLEM (TELEFON KABİNİ TASARIMI):

Bir telefon kabini ve telefon cihazının yerleşimi tasarlanacaktır. Tasarımla ilgili olarak telefonu kullanacaklara ilişkin boy, dirsekler arası mesafe, öne doğru uzanma mesafesi ve göz yüksekliği aşağıdaki tabloda verilmiştir.

% 95 güvenle telefon kabini boyutlarını ve telefon cihazı yüksekliğini hesaplayarak, şekli ölçekli olarak çiziniz. Telefon kabini için ayrıca hareket boşluğu önerecek misiniz?

Tablo: Kullanıcı ölçüleri

Kullanıcı	Boy (D) x ₁ (cm)	Dirsekler arası (m) x ₂ (cm)	Öne doğru uzanma (A) x ₃ (cm)	Göz yüksekliği (E) x ₄ (cm)
1	170	45	70	160
2	180	48	75	165
3	155	40	65	145
4	185	50	80	170
5	160	45	70	150
6	175	49	83	165
7	165	55	70	160
8	190	60	85	180
$\bar{x}^*$	172.5	49.0	74.8	161.9
σ^*	11.4	5.8	6.7	10.3

** Hesaplanan değerler*

Ortalama boy yüksekliği;

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{170 + 180 + 155 + 185 + 160 + 175 + 165 + 190}{8} = 172.5cm$$

Ortalama dirsekler arası mesafe;

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{45 + 48 + 40 + 50 + 45 + 49 + 55 + 60}{8} = 49.0cm$$

Ortalama öne doğru uzanma mesafesi

$$\bar{x}_3 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{70 + 75 + 65 + 80 + 70 + 83 + 70 + 85}{8} = 74.8cm$$

Ortalama göz yüksekliği

$$\bar{x}_4 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{160 + 165 + 145 + 170 + 150 + 165 + 160 + 180}{8} = 161.9cm$$

Standart sapma değerleri (5) denklemi ile hesaplanır.

Boy standart sapma değeri;

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 11.4cm$$

Dirsekler arası standart sapma değeri;

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 5.8cm$$

Öne doğru uzanma standart sapma;

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 6.7cm$$

Göz yüksekliği standart sapma;

$$\sigma_4 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 10.3cm$$

%95 güven düzeyinde; Z=1.96 kullanılır.

Kabin yüksekliği;

$$\text{Üst sınır için } L_{\max 1} = \bar{x}_1 + \sigma_1 * Z = 194.8cm$$

Kabin genişliği;

$$\text{Üst sınır için } L_{\max 2} = \bar{x}_2 + \sigma_2 * Z = 60.4cm$$

Kabin derinliği;

$$\text{Üst sınır için } L_{\max 3} = \bar{x}_3 + \sigma_3 * Z = 87.9cm$$

Telefon cihazı yüksekliği;

$$\text{Alt sınır için } L_{\min 4} = \bar{x}_4 - \sigma_4 * Z = 141.7cm$$



Şekil 7. Telefon kabini

ÖRNEK PROBLEM (KOLTUK VE GÖSTERGE TASARIMI): Bir işletmede kullanılan taşıma aracının koltuğu ve önde bir göstergesinin konumu taşıtı kullanacak olan 8 operatöre göre belirlenecektir. Taşıtı kullanacak 8 elemanın ayak dahil baldır yükseklikleri ile ayak dahil göz yükseklikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Koltuğun ayarlanabilir olacağı istendiğine göre; % 90 güvenle koltuk alt ve üst sınır değerleri ile gösterge yüksekliğini hesaplayınız. Sonuçlara göre sözkonusu tasarımı tartışınız.

%90 için $Z = 1.62$

Operatör	Baldır yüksekliği X1 (cm)	Göz yüksekliği X2 (cm)
A	450	1300
B	460	1320
C	420	1250
D	400	1200
E	430	1300
F	440	1330
G	410	1280
H	470	1400
Toplam	3480	10380
$\bar{X}$	435	1297.5
σ	24	59
X_{min}	395	
X_{max}	475	

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Koltuk yüksekliği: $X_1 = 395 - 475 \text{ mm aralığında}$

Gösterge yüksekliği: $X_2 = 1297.5 \text{ mm}$

ISI TUTUMU/TEMEL ÇEVİRİM

$$\pm S = M \pm C \pm R - E$$

S ısı tutumu,

M metabolizma,

C iletim,

R radyasyon ve

E buharlaşma ısıdır.

Isı tutumunun (S) pozitif değerler göstermesi vücut ısısında artışları, negatif değerler alması ise azalışları ifade eder. Böylece, vücut sıcaklığı da artar ya da azalır.

ÖRNEK PROBLEM (ISI TUTUMU):

Bir kişide 94 kCal ısı tutumu oluşmuştur. Bu kişinin vücut sıcaklığındaki muhtemel artışı hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Toplam ısı tutumu $S = 55 \text{ KCal} + 39 \text{ KCal} = 94 \text{ KCal}$

KJ cinsinden toplam ısı tutumu $= 94 \text{ KCal} \times 4.186 \text{ KJ/KCal} = 393.5 \text{ KJ}$

225 KJ ısı tutumu karşılığı vücut sıcaklığındaki artış 1°C 'dir.

Vücut sıcaklığındaki artış $= 393.5 \text{ KJ} / 225 \text{ KJ}/^\circ\text{C} = 1.75^\circ\text{C}$

ÖRNEK PROBLEM (KONTRAST/YANSITMA KATSAYISI):

Bir operatörün çalıştığı makinanın yansıtma katsayısı % 76'dır. Operatörün tezgahı uygun biçimde ayırt edebilmesi için zeminin yansıtma katsayısı en çok ne olmalıdır?

$$\frac{K_c - K_z}{K_z} > 1 \text{ ise; } K_c > 2K_z \text{ olmalıdır. Eşitlik hali için; } K_z = K_c / 2 = 76 / 2 = 38$$

Buna göre, zeminin yansıtma katsayısı $K_z < \% 38$ olmalıdır.

ÖRNEK PROBLEM (KONTRAST/YANSITMA KATSAYISI):

Bir operatörün çalıştığı makinanın yerleştirildiği zeminin yansıtma katsayısı % 42'dir. Operatörün tezgahı uygun biçimde ayırt edebilmesi için tezgahın yansıtma katsayısı en az ne olmalıdır?

$$\frac{K_c - K_z}{K_z} > 1 \text{ ise; } K_c > 2K_z \text{ olmalıdır. Eşitlik hali için; } K_c = 2K_z = 2 \times 42 = 84$$

Buna göre, makinanın yansıtma katsayısı $K_c > \% 84$ olmalıdır.

ÖRNEK PROBLEM (KONTRAST): A ve B diye ifade edilen iki ayrı ortamdan A ortamında cismin yansıtma oranı % 80, zeminin yansıtma oranı % 45; B ortamında ise cismin yansıtma oranı % 60 ve zeminin yansıtma oranı % 25'dir. Her iki ortam için kontrastlık derecesini hesaplayınız. Sözkonusu ortamların aydınlatılmasını kontrastlık derecelerine göre değerlendiriniz.

$$\frac{K_c - K_z}{K_z} > 1$$

A ortamında;

$$K_c - K_z > K_z \rightarrow K_c > 2 K_z \rightarrow 80 > 2 * 45 \rightarrow 80 > 90 \text{ Uygun değil; aydınlatma uygulanmalıdır.}$$

B ortamında

$$K_c - K_z > K_z \rightarrow K_c > 2 K_z \rightarrow 60 > 2 * 25 \rightarrow 60 > 50 \text{ Uygun; görülebilir.}$$

HAVALANDIRMA

Tablo 7.4. İşin ağırlığına göre kişi başına hava ihtiyacı ve hacmi

İş tipi	Kişi başı gerekli hacim (m ³)		Kişi başı gerekli hava ihtiyacı (m ³ /h)	
	Minimum	Öneri	Minimum	Öneri
Çok hafif bedensel iş (büro elemanı, saatçi)	10	15	30	45
Hafif bedensel iş (çizim, laboratuvar çalışması, ince mekanik işler, vb.)	12	18	35	53
Orta ağır bedeni iş (Tornacılık, kaynakçılık, marangozluk)	15	23	50	75
Ağır bedeni iş (Kalıp, döküm, temizleme, tamir, tesfiye işleri)	18	27	60	90

ÖRNEK PROBLEM (HAVALANDIRMA):

80 öğrenci kapasiteli bir dersliğin minimum ve tavsiye edilen hacmini ve uygun boyutlarını belirleyiniz. Hava yenileme katsayısını 3 kabul ederek minimum ve tavsiye edilen toplam hava ihtiyacını hesaplayınız.

Kişi başına hava hacmi:

Minimum : 12 m³/kişi

Tavsiye edilen: 18 m³/kişi

Derslik hacmi:

Minimum = 12 m³/kişi x 80 kişi = 960 m³

Önerilen = 18 m³/kişi x 80 kişi = 1.440 m³

Derslik boyutları:

Minimum = 20 m x 12 m x 4 m

Tavsiye edilen= 24 m x 15 m x 4 m

Hava ihtiyacı:

Minimum = 3 adet/saat x 960 m³ = 2.880 m³/saat

Tavsiye edilen = 3 adet/saat x 1.440 m³ = 4.320 m³/saat

ÖRNEK PROBLEM (HAVALANDIRMA):

Mevcut bir dersliğin boyutları 20 m x 15 m x 4 m'dir. Sözkonusu dersliğin uygun öğrenci kapasitesi ençok/en az ne kadar olabilir. Öğrenci kapasite değerlerine göre minimum ve tavsiye edilen toplam hava ihtiyacını hesaplayınız.

Kişi başına hava hacmi:

Minimum : 12 m³/kişi

Tavsiye edilen: 18 m³/kişi

Kişi başına hava ihtiyacı:

Minimum : 35 m³/saat-kişi

Tavsiye edilen : 53 m³/saat-kişi

Derslik hacmi = 20 m x 15 m x 4 m = 1.200 m³

Öğrenci kapasitesi:

Minimum (en çok) = 1.200 m³ / 12 m³/kişi = 100 kişi

Tavsiye edilen (en az) = 1.200 m³ / 18 m³/kişi = 67 kişi

Hava ihtiyacı:

Minimum = 35 m³/saat-kişi x 100 kişi = 3.500 m³/saat

= 35 m³/saat-kişi x 67 kişi = 2.345 m³/saat

Tavsiye edilen= 53 m³/saat-kişi x 100 kişi = 5.300 m³/saat

= 53 m³/saat-kişi x 67 kişi = 3.551 m³/saat

EV ÖDEVİ:

PROBLEM: Bir erkeğin vücudunda 1 saatte akciğerlere basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

PROBLEM: Bir erkeğin vücudunda 1 saatte aorta basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

PROBLEM: Bir kadının vücudunda 1 saatte akciğerlere basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

PROBLEM: Bir kadının vücudunda 1 saatte aorta basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

PROBLEM: 12 kCal/dak enerji gerektiren bir işte 10 saat boyunca yapılan iş için ne kadar dinlenme süresi verilmelidir?

PROBLEM: 40 x 40 cm boyutlarında bir ürünün montajının yapıldığı bir montaj hattının tasarımı yapılmaktadır. Çalışan işgörenlerin gerekli ölçüleri aşağıda verildiğine göre, işçilerin %95 güvenle bu hattı rahat kullanabilmeleri ve %10 hata payını gözönüne alarak uygun montaj hattı yüksekliğini hesaplayınız. Uyguladığınız yöntemi yorumlayınız.

İşgören	Dirsek yüksekliği (mm)
A	1050
B	1080
C	1100
D	1110
E	1120
F	1130
G	1130
H	1140
İ	1150
J	1160

PROBLEM: Bir mobilya tesisinde rende işleri yapan bir işçinin 10 saatlik bir çalışma süresi boyunca net çalışma süresini hesaplayınız. Bu işçinin günlük enerji tüketimi ne kadar olmalıdır?

PROBLEM: A ve B diye ifade edilen iki ayrı ortamdan A ortamında cismin yansıtma oranı % 90, zeminin yansıtma oranı % 50; B ortamında ise cismin yansıtma oranı % 50 ve zeminin

yansıtma oranı % 20'dur. Her iki ortam için kontrastlık derecesini hesaplayınız. Sözkonusu ortamların aydınlatılmasını kontrastlık derecelerine göre değerlendiriniz.

PROBLEM: Ölçülen ses basıncı 0.88914 Pa (standart ses basıncı 5×10^{-5} Pa) ise ses şiddetini hesaplayınız. Bu sesin hangi gürültü kategorisinde yer aldığını ve hangi çalışma ortamları için önlem gerektireceğini belirtiniz.

PROBLEM: Bir dersliğin boyutları 20 m x 12 m x 4 m'dir. Sözkonusu dersliğin uygun öğrenci kapasitesi ençok/en az ne kadar olabilir? Öğrenci kapasite değerlerine göre minimum/tavsiye edilen toplam hava ihtiyacını hesaplayınız.

OEM Kestane, Gürgen, Ceviz ve Ardiç dersliklerinin öğrenci kapasitesini belirleyiniz ve mevcut kapasiteleri ile karşılaştırınız.

PROBLEM: Bir erkeğin vücudunda 1 saatte aorta basılan kan miktarı ortalama ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

PROBLEM: Ağır bir işte günde 9 saat çalışan bir işgörenin çalışma süresince enerji tüketimini ve bu koşullarda dinlenme süresini hesaplayınız. İşgörenin net çalışma süresi ne kadardır?

PROBLEM: Günlük enerji tüketiminizi belirleyiniz ve uyguladığınız yöntemi tartışınız.