

1. İNSAN VÜCUDU

ÖZELLİKLER:

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

Çözüm:

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

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

$$\text{Vücuttaki kan miktarı, ortalama} : \text{VKMo} = 3,7 \text{ litre}$$

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

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

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

$$1 \text{ litre} = 1000 \text{ cm}^3 \text{ ise;}$$

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

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

Örnek Problem (Kan dolaşımı): Bir erkeğin vücudunda 1 saatte akciğerlere basılan kan miktarı ortalama ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar?

Çözüm:

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

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

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

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

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

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

ERGONOMİ ÖRNEK PROBLEMLER

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

1 litre = 1000 cm³ ise;

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

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

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

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

Örnek Problem (Kan dolaşımı): 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 cm³/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 cm³/adet = **336500 cm³**

1 litre = 1000 cm³ ise;

Basılan kan miktarı, ortalama : 336000 cm³ / 1000 cm³/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**

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

Soru 2- Bir erkeğin vücudunda 1 saatte aorta basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

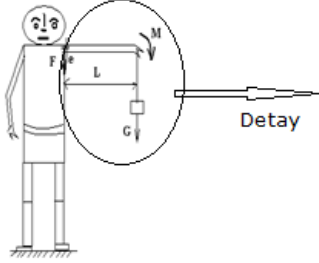
Soru 3- Bir kadının vücudunda 1 saatte akciğerlere basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

Soru 4- Bir kadının vücudunda 1 saatte aorta basılan kan miktarı minimum, ortalama ve maksimum ne kadardır? Bu süre içerisinde vücuttaki kan kaç devir yapar? Hesaplayınız.

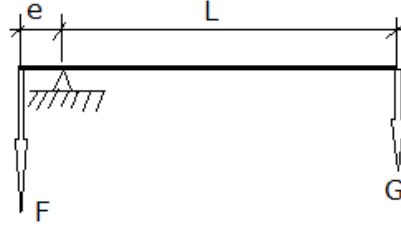
Kas mekaniği:

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

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



Şekil 1



Şekil 2

Örnek Problem (Kas mekaniği): 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:

$$L = 60 \text{ cm}$$

$$G = 10 \text{ kp}$$

$$e = 34 \text{ mm}$$

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

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

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

$$\text{Ele gelen moment: } M = G \times L$$

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

Omuza uygulanan kuvvet:

$$M = F \times e \text{ ile } F = M/e$$

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

$$1 \text{ kp} = 9.81 \text{ N; } F = 731/9.81 \text{ kp/N}$$

$$F = 176.5 \text{ kp}$$

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 mekaniği): 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.



Çözüm:

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

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

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

$$M = G L$$

$$M = F e$$

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

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

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

2. 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 Balık eti	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

Örnek Problem (Enerji Tüketimi Ve Dinlenme Süresi): 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 : $D = 0,1 \times T \left(\frac{E}{4} - 1 \right) = 0,1 \times 420 \text{ dak} \times \left(\frac{10}{4} - 1 \right) = \mathbf{63 \text{ dak}}$

Örnek Problem (Enerji Tüketimi Ve Dinlenme Süresi): Üretim ünitesinde işgörenlerce gerçekleştirilen faaliyetler aynı güçlük derecesinde ve orta işler düzeyinde enerji gerektirmektedir. İşçinin günlük zaman dağılımı şöyledir: 8 saat çalışma, 4 saat dinlenme, 4 saat araç kullanma ve 8 saat uyuma.

- İşgörenin çalışma periyodundaki dinlenme süresini Lehman'a göre hesaplayınız.
- Dinlenme süresini de dikkate alarak işgörenin enerji gereksinimini hesaplayınız.

Çözüm:

- İşgörenin çalışma periyodundaki dinlenme süresini Lehman'a göre hesaplayınız.

Rende işleri için $E = 8 \text{ KCal/dak}$

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

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

$D = 0,1 \times 480 \text{ dak} \times \left(\frac{8}{4} - 1 \right)$

$D = \mathbf{48 \text{ dak}}$

- Dinlenme süresini de dikkate alarak işgörenin enerji gereksinimini hesaplayınız.

Faaliyet	Süre (dak/gün)	Birim enerji (8 kCal/dak)	Toplam (kCal/gün)
(İÇ) Çalışma*	480 - 48 = (432)	8	3.840 (3.456)
(SÇ) Dinlenme*	240 + 48 = (288)	1,2	288 (345,6)
(SÇ) Araç kullanma	240	3	720
(TÇ) Uyku	480	1,2	576
Toplam*			5.424 (5.097,6)

Problem (Enerji Tüketimi ve Dinlenme Süresi): Ağır bir işte günde 9 saat çalışan bir işçinin çalışma süresince enerji tüketimini ve bu koşullarda dinlenme süresini hesaplayınız.

Çözüm:

Çok ağır işlerde çalışmada enerji ihtiyacı: $E = 7,5 \text{ KCal/dak}$

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

Enerji tüketimi: $ET = 7,5 \frac{\text{KCal}}{\text{dak}} \times 540 \text{ dak} = \mathbf{4.050 \text{ KCal}}$

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

$D = 0,1 \times 540 \text{ dak} \times \left(\frac{7,5}{4} - 1\right) \rightarrow \mathbf{D = 47,25 \text{ dak}}$

Problem (Enerji Tüketimi ve Dinlenme Süresi): 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.

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

Çözüm:

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

Ağır işler için $E = 7,5 \text{ KCal/dak}$

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

$D = 0,1 \times 480 \times \left(\frac{7,5}{4} - 1\right) \rightarrow \mathbf{D = 42 \text{ dak}}$

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

Çalışma süresi içindeki dinlenme süresi dikkate alınmadan;

Faaliyet	Süre (dak/gün)	E (8 KCal/dak)	ET (KCal/gün)
(İÇ) Çalışma/ağır iş	8 x 60 = 480	7,5	3.600
(SÇ) Ofis işleri	4 x 60 = 240	2	480
(SÇ) Normal yürüme	4 x 60 = 240	5	1.200
(TÇ) Uyku	8 x 60 = 480	1,2	576
Toplam			5.856

ERGONOMİ ÖRNEK PROBLEMLER

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)
(İÇ) Çalışma/ağır iş	$8 \times 60 - 42 = 438$	7,5	3.285
(SÇ) Dinlenme*	42	1,2	50
(SÇ) Ofis işleri	$4 \times 60 = 240$	2	480
(SÇ) Normal yürüme	$4 \times 60 = 240$	5	1.200
(TÇ) Uyku	$8 \times 60 = 480$	1,2	576
Toplam			5.591

Dolayısıyla, $42 * (7,5 - 1,2) = 265$ KCal/gün daha eksik enerji talebi olacaktır.

3. UYGULAMALI ANTROPOMETRİ

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.

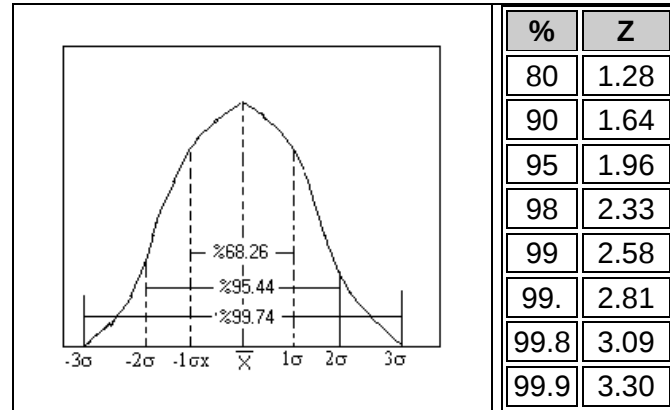
Sınırlı hacimlerin kullanımı halinde, işlerin normal giyimle ya da özel teçhizat ile yapılabileceği hacimler antropometrik teknikler kullanılarak belirlenir.

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.

Normal dağılım eğrisi ve değerleri



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

ERGONOMİ ÖRNEK PROBLEMLER

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

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

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.

Problem (Taşıt Koltuğu ve Gösterge Tasarımı): 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

Tablo 2. Hesap değerleri

Operatör	Baldır yüksekliği (mm)	Göz yüksekliği (mm)
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 değer 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.

Problem (Telefon Kabini Tasarımı): 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

Tablo: Hesap değerleri

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)
$\bar{x}^*$	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;

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

4. FİZİKSEL ÇEVRE FAKTÖRLERİ

Problem (Isı tutumu): Bir kişide 94 KCal ısı tutumu oluşmuştur. Bu kişinin vücut sıcaklığındaki muhtemel artışı hesaplayınız.

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

$$\text{KJ cinsinden toplam ısı tutumu} = 94 \text{ KCal} \times 4,186 \text{ KJ/KCal} = 393,5 \text{ KJ}$$

$$225 \text{ KJ ısı tutumu karşılığı vücut sıcaklığındaki artış } 1^\circ\text{C'dir.}$$

$$\text{Vücut sıcaklığındaki artış} = 393,5 \text{ KJ} / 225 \text{ KJ}^\circ\text{C} = 1,75^\circ\text{C}$$

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

S ısı tutumu,

M metabolizma,

C iletim,

R radyasyon ve

E buharlaşma ısısidir.

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

Problem (Kontrast/Yansıtma katsayısı): Bir operatörün çalıştığı makinanın yansıtma katsayısı % 76'dır. Operatörün tezgahı uygun biçimde ayırt edebilmesi için zeminin yansıtma katsayısı en çok ne olmalıdır?

$$\frac{K_C - K_Z}{K_Z} > 1 \rightarrow K_C > 2 K_Z$$

$$K_Z = \frac{K_C}{2}$$

$$K_Z = \frac{76}{2} = 38$$

$$K_Z < \%38$$

Problem (Kontrast/Yansıtma katsayısı): Bir operatörün çalıştığı makinanın yerleştirildiği zeminin yansıtma katsayısı % 42'dir. Operatörün tezgahı uygun biçimde ayırt edebilmesi için tezgahın yansıtma katsayısı en az ne olmalıdır?

$$\frac{K_C - K_Z}{K_Z} > 1 \rightarrow K_C > 2 K_Z$$

$$K_C > 2 * 42$$

$$K_C > \%84$$

Problem (Havalandırma): 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 (Katalog):

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

Problem (Havalandırma): Mevcut bir dersliğin boyutları 20 m x 15 m x 4 m'dir. Sözkonusu dersliğin uygun öğrenci kapasitesi en çok/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