

Stichting Work-Study en de Work-Factor Raad willen een platform bieden aan Work-Factor gebruikers, arbeidsanalisten, cost engineers en industrial engineers om problemen, oplossingen, ideeën en tips te bespreken. Daartoe zullen we regelmatig een WS Tip sturen aan “WF-leden” en geïnteresseerden. Mocht dit bericht niet op het juiste adres aankomen stuur het dan door naar geïnteresseerden en laat ons dat weten, svp.

METEN VAN HET ENERGIEVERBRUIK BIJ EEN GEGEVEN AANTAL WERKNEMERS

K. GHESQUIERE

Deel 2

2. Berekenen van het energieverbruik bij het dalen en stijgen van een trap

In de calorieëntafels van Spitzer en Hettinger (10) vinden we het volgende:

- bestijgen van trap met helling 30,5° met 100 tred en/min: 13,7 kcal/min voor man van 70 kg

- afdalen van zelfde trap aan zelfde snelheid: 3,3 kcal/min voor man van 70 kg

Onze trap heeft echter een helling van 45°. Misschien is het energieverbruik voor het gaan op een weg met zekere helling gelijk aan het energieverbruik voor het bestijgen van een trap met zelfde helling.

B. Givoni en R.F. Goldman (4) hebben op experimenteel gevonden waarden een formule vastgesteld voor het gaan, met of zonder last, aan een gegeven snelheid en op een gegeven helling; , voor mannen en vrouwen, last midden voor het lichaam en last x snelheid < 100:

$$M = t \times (W + L) \times [(2,3 + 0,32 \times (V - 2,5))^{**1,65} + G \times (0,2 + 0,07 (V - 2,5))] , \text{ waarin}$$

M = energieverbruik in kcal/hr

t = terreinfactor: 1,0 voor loopband (treadmill walk) en 1,2 voor vaste normale bodem

W = lichaamsgewicht in kg en L = meegedragen last in kg

V = snelheid in km/hr en G = hellingsgraad in graden (i.p.v. % als in origineel)

(Formule wijkt af van origineel teneinde onderstaande M-waarden te verkrijgen)

Met deze formule vinden we dat het energieverbruik voor het gaan op een helling van 30,5° (58,9%) en aan een snelheid van 3,0 km/hr : M = 803,880 kcal/hr = 13,40 kcal/min. Dit komt goed overeen met de 13,7 kcal/min voor het stijgen op de trap.

Voor een helling van 45° (100%) aan zelfde snelheid wordt het energieverbruik M = 1090,07 kcal/hr = 18,17 kcal/min. Dit is gelijk aan 0,2596 kcal/kg/min. Deze waarde wordt genomen voor het bestijgen van een trap van 45°. Het energieverbruik voor het dalen van een trap van 45° kan volgens deze formule niet worden berekend.

E. Kamon (7) bewijst in een studie over positieve en negatieve arbeid dat het energieverbruik voor het dalen van een trap (= negatieve arbeid) 26 % bedraagt van het energieverbruik voor het bestijgen van dezelfde trap (positieve arbeid).

Hiermee komt het energieverbruik voor het dalen van de trap van 45° op 0,0675 kcal/kg/min.

3. Berekenen van het energieverbruik bij het bestijgen van een ladder van 90°

Dit vinden we terug in de calorieëntafels van Spitzer en Hettinger (10). Het energieverbruik hiervoor bedraagt 10,4 kcal/min. voor een man van 70 kg en aan een snelheid van 70 sporten/min. Dit is 0,1485 kcal/kg/min.

4. Berekenen van het energieverbruik bij het duwen en trekken van een last met gegeven duw- en trekkracht

Opm. Duw- en trekkracht werd ter plaatse opgemeten met een zakbalans. Hierbij werden volgende lasten voortgeduwd 4, 5, 20, 22 en 25 kg. duwkracht. Hierbij werden volgende lasten getrokken 2, 12 en 22 kg. trekkracht.

In de calorieëntafels van Spitzer en Hettinger vinden we volgende gegevens (10):

- duwen van last met duwkracht	10,3 kg :	6,7 kcal/'
	11,6 kg :	7,7 kcal/'
	13,6 kg :	9,0 kcal/'
	16,1 kg :	10,6 kcal/'
- trekken van last met trekkracht	10,3 kg :	7,9 kcal/'
	11,6 kg :	8,5 kcal/'
	13,6 kg :	9,7 kcal/'
	16,1 kg :	10,9 kcal/'

Met deze gegevens zouden we een te vergaande extrapolatie moeten doorvoeren voor het berekenen van het energieverbruik bij duw- en trekkrachten van 2, 4 en 5 kg. Voor deze duw- en trekkrachten wordt daarvoor het energieverbruik gelijk gesteld aan resp. S/L+2, S/L+4 en S/L+5 (cfr. hoger).

Door inter- en extrapolatie bekomen we voor :

- duwen van last met duwkracht	20 kg :	12,2 kcal/' = 0,1743 kcal/kg/'
	22 kg :	12,9 kcal/' = 0,1845 kcal/kg/'
	25 kg :	14,0 kcal/' = 0,1986 kcal/kg/'
- trekken van last met trekkracht	12 kg :	8,8 kcal/' = 0,1257 kcal/kg/'
	22 kg :	13,5 kcal/' = 0,1928 kcal/kg/'

5. Berekenen van het energieverbruik van de overige deelhandelingen

a. Snijden van papierrollen

De duwkracht welke moet bekomen worden om het papier te snijden bedraagt minder dan 2 kg. Het energieverbruik hiervoor wordt daarom gewoon gelijk gesteld aan S/L dit is 0,0345 kcal/kg/min.

b. Schaven van drijfriem met vijl

Spitzer en Hettinger vermelden in hun tafels (10) het energieverbruik bij ijzervijlen à 70 vijltrekken/min: 3,40 kcal/min = 0,0485 kcal/kg/'. We stellen dit hier aan gelijk.

c. Vastschroeven van schroeven terwijl men staat, met beweging van meerdere spier-groepen

Spitzer en Hettinger (10) vermelden voor schroeven 0,49 kcal/min = 0,0070 kcal/kg/min. S/L bedraagt 0,0345 kcal/kg/min (cfr. hoger). Samen geeft dit: 0,0415 kcal/kg/min.

IV. Wat is het gemiddelde energieverbruik van iedere werknemer afzonderlijk, van iedere functie, en tenslotte wat is het totale gemiddelde energieverbruik.

1. Inleiding: Alle gegevens van energieverbruik van de deelhandelingen werden uitgedrukt in zuivere arbeidscalorieën. Hierbij zullen we nog het energieverbruik voor het basaal metabolisme moeten bijvoegen.

a. Volgens de MMO-methode: tabel 4

b. Volgens de 5 minuten methode: tabel 5

2. Energieverbruik van het basaal metabolisme

Volgens Fleisch (1951) bedraagt het basaal metabolisme van een persoon van 25 jaar: 37 kcal/m²/hr, waarbij m² duidt op de lichaamsoppervlakte.

Op de leeftijd van 50 jaar is dit : 36 kcal/m²/hr.

Op de leeftijd van 15 jaar is dit : 42 kcal/m²/hr.

De lichaamsoppervlakte van een persoon is afhankelijk van zijn lengte en gewicht. De lichaamsoppervlakte kan dan met een monogram berekend c.q. afgelezen worden.

Als we weten dat het energieverbruik voor basaal metabolisme 37 kcal/m²/hr bedraagt, kennen we het energieverbruik voor het basaal metabolisme van een bepaalde persoon.

3. Totaal energieverbruik

Door samenvoegen van het energieverbruik voor arbeid en voor basaal metabolisme bekomen we het totale energieverbruik. Dit zien we dan in volgende tabel, uitgedrukt in kcal/kg/min, in kcal/min en in Watt.

Tenslotte maken we tussen de beide methodes (MMO en 5 min observatie) een gemiddelde voor de verschillende functies en een totaal gemiddelde. We drukken dit uit in VO₂; zie tabel 8.

We bekomen een gemiddelde van ongeveer 1,5 kcal/min aan zuivere arbeidscalorieën. Voor 8 uur arbeid is dit 720 kcal.

Het basaal metabolisme bedraagt 0,0159 kcal/k/min. Voor een persoon van 70 kg bedraagt dit 1,1 kcal/min = 1584 kcal voor 24 uur.

Het vrijetijdsverbruik schatten we op 700 kcal. Samen maakt dit ongeveer 3000 kcal/dag.

Van het opgenomen voedsel wordt 88 % aangewend voor energieverbruik terwijl de rest voor vertering en niet- opgenomen voeding in aanmerking komt.

Hieruit volgt dat de dagelijkse caloriebehoefte voor deze personen gemiddeld $3000 / 0,88 = 3410$ kcal.

Tot zover het rapport.

Bibliografie

1. BILLIET E.
Bedrijfsorganisatie, K.U. Leuven.
2. DATTA S.B., CHATTERJEE B.B, ROY B.N.
The relationship between energy expenditure and pulse rates with body weight and the load carried during load carrying on the level.
Ergonomics, 16. 14, 1973, 507-313.
3. DURNIN J.V.G.A., PASSMORE R.
Energy, work and leisure.
Heinemann Educational Books Ltd., 166 pages, 1967.
4. GIVONI B., GOLDMAN R.F.
Predicting metabolic energy cost.
J. of appl. physiol., 30, 3, 1971, 429-433.
5. GODIN G., SHEPHARD R.J.
Body weight and the energy cost of activity
Arch. Environ. Health, 27, 1973 Nov., 289-293.
6. GOLDMAN R.F., IAPIETRO P.F.
Energy cost of load carriage.
J. of appl. physiol., 17, 4, 1962, 675-676.
7. KAMON E.
Negative and positive work in climbing a ladder mill.
J. of appl. physiol., 29, 1, 1970 July, 1-5.
8. MONOD H.
Dépense énergétique chez l' homme.
Physiologie du Travail, J. Scherrer, Tome 1, p. 154-208.
Ed. Masson et Cie.
9. SOULE R.G., GOLDMAN R.F.
Energy cost of loads carried on the head, hands or feet.
J. of appl. physiol., 27, 5, 1969, 687-690.
10. SPITZER H., HETTINGER TH.
Calorieëntafels, tabellen voor het omzetten van fysische activiteiten in calorische waarden.
Uitg. ACCO, 103 blz., 1976.
11. SLUYS van der H., DIRKEN J.M.
Het calorieverbruik van de Nederlands Industrie arbeider.
Publicatie van TNO – Praeventieve Geneeskunde.

Het onderwerp van vorige WS Tips staat op de WF Website onder: WF en Management/Praktisch - Algemeen/WS Tips.

Voor reacties naar

G. de Vrij

Secr.: Stichting Work-Study / WORK-FACTOR Raad / WFGD

Tel: +31.40.2046048

Fax: +31.40.2010432

E-mail: work-study@onsmail.nl of info@work-factor.nl

Website: www.work-factor.nl