

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.

## Bepaling van de toeslagfactor voor R&PV m.b.v. Energieverbruik en Work-Factor

### Deel 1

De vragen die steeds terugkeren in de fabrieken hebben betrekking op de fysieke mogelijkheden van de mens.

- Hoeveel rust moet de uitvoerder gegeven worden als hij “dat-en-dat” werk doet?
- Wat kan de man dragen en hoeveel rust moet hem worden gegeven?

De vragen zijn eenvoudig, de antwoorden zijn minder eenvoudig te geven.

Elke WF-analist weet dat het WF-systeem een grens stelt aan het verplaatsen van gewichten. Deze grens ligt weliswaar aan de zeer veilige kant, doch ze geeft ons wel een reden tot nadenken als we bij het analyseren van een zwaar werk buiten de WF-tijdentabel raken.

Als we een voorwerp dat minder dan één kg weegt over 35 cm nemen, verplaatsen en op tafel zetten, dan “kost” dat 0,9 sec (T80). Weegt dat voorwerp 5 kg, dan hebben we 2,0 sec (T80) nodig voor dezelfde handeling. De WF-analyses besparen we u nu even.

Men ziet dat bij gewichtstoename de tijd van de handeling toeneemt. Er kunnen dan minder van die handelingen worden uitgevoerd in eenzelfde tijdsbestek. Ook voor andere moeilijkheidsgraden, zoals bij fijne montages, geldt dat de toegekende tijd toeneemt met de graad van de moeilijkheid. Work-Factor beschermt de mens tegen overbelasting.

De 1<sup>ste</sup> stap ter bepaling van de TF voor R&PV is de vaststelling van de belangrijke parameters. De mens heeft zuurstof nodig voor de levering van energie aan de spieren om handelingen te verrichten. Het blijkt dat de rusttijd afhangt van de verbruikte energie voor een bepaalde handeling. Het zuurstofverbruik tijdens een handeling is vrij nauwkeurig te meten. Dr. Van Wely beschrijft in zijn boek “Mens en Werk” de formules van Böhler en Spitzer, waarmee de benodigde rusttijd voor werk van fysieke aard berekend kan worden.

Deze (eenvoudige) formule luidt:  $R = (\text{Energieverbruik in Kcal/min} / 4,0 \text{ Kcal/min} - 1) \times 100\%$

R is een percentage dat men aan de cyclustijd moet toevoegen voor rust ten gevolge van fysieke arbeid. 4,0 Kcal/min is de grens van de continue belastbaarheid, exclusief ca 1,2 Kcal/min basaal metabolisme. Tevens gaat men uit van gemiddeld ca 400 Kcal verbruik voor vrije tijd en vervoer van en naar het werk. Totaal per 24 uur komt men dan op ca:  $480 \times 4 + 24 \times 60 \times 1,2 + 400 = \text{ca } 4100 \text{ Kcal}$ , voor een “normale” werkdag.

Zonder nu op de waarde in de formule in te gaan, zeggen Böhler en Spitzer dat er geen rust t.g.v. fysieke arbeid nodig is als het energiegebruik kleiner of gelijk is aan de waarde in de noemer. Dit is een belangrijk gegeven. Dus als het energieverbruik lager of gelijk is aan 4,0 Kcal per minuut (Dauerleistungsgrenze) dan heeft men geen rust nodig om te recupereren van de spiervermoeidheid; e.e.a ook volgens Lehmann.

De gemiddelde man kan per minuut 4,0 Kcal arbeidsenergie leveren. Dit houdt verband met de zuurstofopname per minuut. Daarboven verbruikt de man 1,2 Kcal per minuut voor de levensfuncties, basaal metabolisme genoemd. (Edholm)

De vrouw heeft gemiddeld een kleinere longinhoud. Zij heeft gemiddeld 3,2 Kcal (ook wel tussen 2,63 – 2,87 ingeschaald, vanwege haar huishoudelijke taken naast haar werk) arbeidsenergie per minuut ter beschikking.

Dus als de rusttoeslag voor een vrouwelijke werknemer moet worden bepaald, dan dient men de 4,0 Kcal/min in de noemer van de formule van Böhler en Spitzer door 3,2 Kcal/min te vervangen.

Nu geldt echter deze gemiddelde beschikbare energie alleen bij gebruik van alle spiergroepen. Spitzer en Hettinger vermelden in hun boek “Calorieëntabellen” – Uitgever Acco – Leuven, dat bij gebruik van kleine spiergroepen de waarde van het gemiddelde energieverbruik bij het werken met 1 arm of hand 1,2 Kcal per minuut bedraagt en bij het werken met 2 armen of handen 2,5 Kcal per minuut bedraagt.

Heeft men dus te maken met zittend montage werk, dan moeten deze waarden in de noemer van de Böhler en Spitzer formule ingevoerd worden ter vervanging van de 4,0 Kcal/min. Ook dit is een belangrijk gegeven ter bepaling van het percentage rust dat men geven moet bij enkel hand en armwerk. Ook hier spreken we over de beschikbare arbeidsenergie.

Als 2<sup>o</sup> stap kunnen we ons afvragen hoe het benodigde energieverbruik van een bepaalde arbeid c.q. werk te berekenen is.

H. van der Sluys en M. Dirken, beiden verbonden aan TNO – Praeventieve Geneeskunde, publiceerden het onderzoek naar “Het Calorieverbruik van de Nederlandse Industrie arbeider”. Uit deze publicatie kan een formule worden gedestilleerd voor het benodigde energieverbruik per minuut.

Deze formule in vereenvoudigde vorm luidt:  $E = m \times (G + L) \times s$

E is het energieverbruik in Kcal per minuut

m = het energieverbruik in Kcal/min per kg lichaamsgewicht bij normtempo

G = lichaamsgewicht in kg

L = last of gewicht van het gehanteerde voorwerp in kg

s = het tempo waarop wordt gewerkt t.o.v. normtempo

De 3<sup>o</sup> stap bestaat uit het bepalen van de waarden voor s en m.

Het tempo waarop dient te worden gewerkt is het zogenaamde “optimale” tempo. In het werk van hr. A.V. Bolijn getiteld “Biologie van de Arbeid” wordt het arbeidskundig optimale tempo gelijk gesteld aan het fysiologisch kritische tempo. Het optimale tempo noemt men in de arbeidskunde “Tempo 80” op de Bedaux-schaal. Volgens Bedaux ligt dit tempo 33% hoger dan het “normaal” tempo 60. Bolijn verklaart dat werken met het normaal tempo geen rust vereist. De waarde van s wordt dan 1,33.

De waarde van m in de formule wordt gegeven in de publicatie van Van der Sluys en Dirken voor de basishoudingen van de werkende mens. De voor ons belangrijke basishoudingen zijn: slapen/dromen (D), liggen (L), zitten (Z), staan (S) en lopen/gaan (G) terwijl onderscheid wordt gemaakt tussen onbelaste handeling en belaste hand, arm of lichaam. De waarden van m zijn uitgedrukt in Kcal/min/kg.

De volgende waarden voor “m” zijn zuivere arbeidscalorieën:

Basishouding	Liggen	Zitten	Staan	Gaan-Lopen*)				
Slapen/dromen	D	0,0011						
Basaal metabolisme	B	0,0171						
Onbelast	L/O	0,0019	Z/O	0,0058	S/O	0,0069	G/O	0,0361
Belast – Hand	L/H	0,0024	Z/H	0,0076	S/H	0,0089	G/H	0,0390
Belast – Arm	L/A	0,0037	Z/A	0,0160	S/A	0,0154	G/A	0,0543
Belast – Lichaam	L/L	0,0045	Z/L	0,0279	S/L	0,0345	G/L	0,0750
Trap – Onbelast								0,1957
Trap – Belast								0,2716
Fietsen – 15 km/h								0,0575
Fietsen – 16 km/h								0,0743

\*) Gaan: 100 stappen per minuut overeenkomend met 3,96 km/u, 66 cm per stap, tempo 50 Bdx. Aangenomen wordt dat de overige waarden horen bij tempo 60 Bdx. Voor het overige wordt uitgegaan van een gemiddelde man van 70 kg.

We kunnen nu de benodigde energie voor een bepaalde arbeid/werk vaststellen. Hierbij laten we het lopen, belast of onbelast op hellingen buiten beschouwing. Indien het energieverbruik voor dit soort werk nodig is, dan wordt verwezen naar de publicatie van Givoni - Goldman "Predicting metabolic energy cost".

De enige ontbrekende schakel en 4<sup>e</sup> stap voor de bepaling van het gewogen gemiddelde energieverbruik is het vaststellen van de tijd per deelhandeling. We zullen daarvoor RWF gebruiken.

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](mailto:work-study@onsmail.nl) of [info@work-factor.nl](mailto:info@work-factor.nl)

Website: [www.work-factor.nl](http://www.work-factor.nl)

