

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.

In het WF-archief hebben we nog een interessant artikelje gevonden, interessant vanwege het idee, n.l. dat een spiergroep niet méér energie (lees arbeid) kan leveren (gevraagd vanwege de opgedragen taak) dan aan de spiergroep kan worden toegevoegd (via bloeddooivoer, lees zuurstof). We willen het u niet onthouden. Vertaald uit het Duits door G. de Vrij.

## DE GRENZEN VAN HET ARBEIDSTEMPO

Door: Hr. Z. Marek (?), Ljubliana d.d. 25-09-1977

### Deel 1

De arbeidstijdwaarden gelden per definitie voor een gemiddelde, geschikte en ingeleerde werker, die gemotiveerd en onder vastgestelde (goede) omstandigheden werkt. Het Work-Factor (DWF) arbeidstempo is voor 50% van de werkers te langzaam, voor 50% echter te snel.

Veelal is men van mening, dat het (intrinsieke) tempo van met Work-Factor bepaalde en voorgeschreven werktijden te hoog is. Deze mening wordt versterkt door ervaringen tijdens werkopdrachten, waarbij de werker lasten tilt of lange/grote bewegingen verricht. Zulke ervaringen brengen het gehele systeem van vooraf bepaalde tijden in twijfel. Die twijfel wordt soms nog versterkt door combinaties van bewegingen die geconcentreerd geïsoleerde spiersystemen belasten.

Om tegen die twijfel teweer te gaan, moeten wij t.a.v. het werktempo directe, niet slechts statistische grenzen, construeren. Met de statistiek kunnen we weliswaar vaststellen dat een bepaalde werker vermoeid zal zijn na het voltooien van een arbeidstaak, we hebben echter geen criterium dat een andere werker onder dezelfde omstandigheden, ook vermoeid zal zijn. Om dat vast te kunnen stellen, moeten we langdurige experimenten onder steeds dezelfde omstandigheden uitvoeren. Bepaalde waarden kunnen we eenvoudiger vaststellen doch slechts voor die omstandigheden waarvan we alle voor de vermoeiing belangrijke factoren, kennen en beheersen.

De bepalende grootte voor lichamelijke arbeid is de energie. De energie die het lichaam tijdens arbeid verbruikt, kunnen we zeer precies vaststellen, als we het volume van de ingeademde en uitgeademde lucht en zijn componenten meten. Theoretisch kunnen we een model voor mensen construeren, die vanuit het standpunt van de voor die arbeid ter beschikking staande energie een gemiddelde is.

De kwestie is echter niet zo eenvoudig. De arbeidstaak belast soms enkel geïsoleerde spiersystemen, die zich vermoeien, ondanks dat de gezamenlijk verbruikte hoeveelheid energie ver onder de toegestane hoeveelheid is. Omdat we de energie voor geïsoleerde spiersystemen niet kunnen meten, gebruiken veel ergonomen niet energie als een maat voor menselijke belasting, maar, meer nog als grond dat zij in de hartslag een gevoeliger maat zien. Bij een belasting van kleinere spiersystemen neemt de pols toe, terwijl de algemene doorbloeding zich niet wezenlijk verandert.

De mogelijkheid de benodigde energie vanuit de arbeidselementen van de Work-Factor Analyse te kunnen berekenen, zodat we het energieverbruik per spiersysteem kunnen analyseren, inspireert ons. (Zie WS Tips 70 – 72). Principieel is de route eenvoudig. Bij de omzetting van energie in de spieren moet er een evenwicht bestaan tussen de aanvoer en afvoer van energie. Wanneer het evenwicht wordt verstoord vanwege een tekort van de toevoer, moet het tot vermoeiing komen.

Bij lichamelijke arbeid werkt iedere elementaire beweging zodanig, dat de kracht van het spiersysteem de massa-traagheid van het lichaamsorgaan, soms inclusief de tegenkracht, evenaart. De voor de beweging benodigde energie is het product van de spierkracht (die verandert) en de afgelegde weg van het lichaamsorgaan (lichaamsdeel). De berekende energie is het passieve deel van de energetische balans. Het actieve deel kunnen we bepalen als we uitrekenen hoeveel energie het bloed in de spiersystemen kan vervangen, zonder dat het evenwicht voor langere tijd wordt verstoord. Wanneer

we slechts grofweg het mechanisme kennen dat de energie in het spiersysteem vervangt, kunnen we ook voor ieder spiersysteem dat bij de beweging een aandeel heeft, de grootste conventionele toevoer van energie binnen een tijdseenheid, berekenen. De toevoer van energie in het spiersysteem is de voor de arbeid beschikbare energie.

De informatie voor de afvoer en toevoer van energie in het spiersysteem kunnen we onderling vergelijken en de energetische balans samenstellen. Als die balans passief is, betekent dat, dat het spiersysteem zich vermoeit, terwijl de energieafvoer de conventionele grens van de energietoevoer te boven gaat.

Bij het vaststellen van de parameters welke invloed hebben op de energieberekening, waren vereenvoudigingen nodig. De essentiële zijn:

- het vaststellen van de middenwaarde c.q. gemiddelde
- het buitensluiten van die parameters die niet wezenlijk de in het model gebruikte processen beïnvloeden.

### De afvoer van energie uit de spiersystemen tijdens de beweging van het arbeidsorgaan.

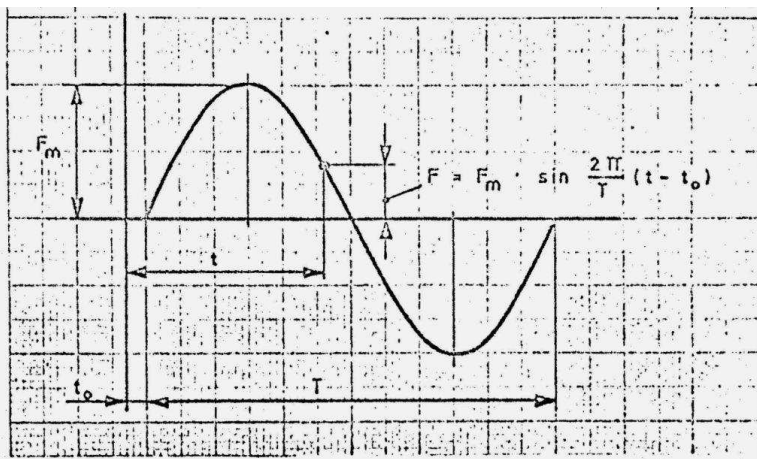
Elke arbeidsbeweging is een verplaatsing van het lichaamsdeel van de begintoestand naar de eindtoestand, die in de tijdanalyse gedefinieerd zijn. Wanneer het lichaamsdeel uit rust in beweging is gebracht, moet zijn massa versneld worden. Dat is de taak van een spiersysteem. In het tweede deel van de beweging moet de beweging weer vertraagd worden. Dat is de taak van een ander spiersysteem. Beide spiersystemen verrichten een arbeid die uitgerekend kan worden.

Die regelingen in het lichaam volgen wetmatigheden, doch niet idealiter. Daarom hebben we bij de bepaling ervan vereenvoudigingen nodig.

Een eerste vereenvoudiging is dat de boog van de beweging wordt vervangen door een rechte lijn.

De tweede vereenvoudiging is de kromme, waarnaar de spierkracht toeneemt en afneemt. Terwijl het reguleringsproces zich voortdurend afwikkelt, zo neemt de kracht voortduren toe en af. Onder de mogelijke modellen hebben we twee gekozen, die het beste de werkelijkheid benaderen.

- Het eerste model is voor de ontplooiing van de kracht in het geval wanneer enkel de traagheidsmassa van de beweging overwonnen moet worden (horizontale beweging zonder tegenkracht). Zie figuur 1.



Figuur 1: Model 1: Relatie: Versnelling – Tijd

$a_m = F_m \times g / (G_u + G)$ . In de figuur zijn

t ..... tijd van de beweging

$t_0$  .... tijd van de beslissing

T .... cyclustijd van de beweging.

a .... versnelling van het lichaamsdeel

$a_m$  ... maximale versnelling van het lichaamsdeel

$F_m$  ... maximale kracht van het spiersysteem

$G_u$  ... gewicht van het lichaamsdeel

G .... gewicht van de last, die versneld wordt

De voor de beweging benodigde energie wordt gegeven door:  $W_p = a_m \times F_m \times (T/\pi)^2$

