

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.

## DE GRENZEN VAN HET ARBEIDSTEMPO

Door: Hr. Z. Marek (?), Ljubiana d.d. 25-09-1977 (Vertaald uit het Duits door G. de Vrij)

### Deel 3

De eerste twee controles hebben enkel betrekking op de 8-urige ononderbroken arbeid. Als de belasting korter is, kan men de arbeid volgens een tabel die op de Wetten van Kennelly gebaseerd is, versnellen.

In bijlage 1 is een voorbeeld opgenomen, waarbij we de arbeidssnelheid bij het heffen en plaatsen van een 25 kg zware last vanaf de grond op een 500 mm hogere transportband, beoordelen.

*Een reconstructie van die taak vanuit de analyse in bijlage 1 is als volgt*

- *de last ligt op 40 cm van de hak/hiel*

*El. 7 stap van 60 cm, lichaamsbeweging (armen gelijktijdig strekken)*

*El. 8 stap van 40 cm, aansluitpas (armen al uitgestrekt)*

*El. 9 reiken naar de last over 50 cm met beenbeweging (heup?)*

*El. 1 grijpen van de last met vingerbeweging, (dus bijv. aan beugel, met 1 hand ?)*

*El. 2 heffen van de last over 50 cm m.b.v. beenbeweging (heup?)*

*El. 3 stap terug van 40 cm met last*

*El. 4 stap terug van 60 cm met last*

*El. 5 plaatsen last op transportband met armbeweging over 30 cm*

*El. 6 loslaten met vingerbeweging, (uit 1 hand ?)*

Volgens deze Work-Factor analyse kan een gemiddelde arbeider 11,5 lasten in één minuut heffen ( $10.000 / 866 = 11,55$ ). Die arbeidssnelheid is echter volgens onze controles te hoog. Volgens de eerste controle zouden we de arbeidssnelheid tot 8,8 heffingen per minuut moeten reduceren ( $11,55 \times 1350 / 1829,1 = 8,5$  ?) De tweede controle geeft aan, dat ook deze arbeidssnelheid te hoog is. We moeten de arbeidssnelheid tot 8,1 heffingen per minuut terugbrengen. De derde controle deden we onder de voorwaarde dat een arbeider slechts 4 uren werkt. In dat geval zouden er 13,8 heffingen per minuut kunnen plaats vinden.

De waarde van het voorbeeld is, dat het ons bewust maakt, hoe belangrijk het is, dat we de methode van de taak beheersen *en precies volgen*, als we t.a.v. vermoeiing niet in het donker willen blijven tasten. In het voorbeeld maakt de werker slechts 1 stap. Wanneer hij in plaats daarvan twee of meer stappen moet maken of wanneer de last op een hoogte van 400 mm of 600 mm moet heffen, of wanneer hij de last 300 mm of 500 mm voor zich moet houden, dan zijn de resultaten wezenlijk anders.

Indien we conventionele tabellen uit de literatuur over de voor de arbeid benodigde energie gebruiken, zijn wij in grote onzekerheid, omdat we niet weten op welke methode de auteur de tabel heeft gebaseerd.

Vanwege de beknoptheid hebben we veel details buiten de berekening/beschouwing gelaten. De bepaling van de correcties bij de arbeidssnelheid is zeker langdurig. Daarom bepalen we voor de arbeid houdbare grenzen en slechts in die gevallen waarin we de arbeid uit oogpunt van vermoeiing verdacht vinden.

### Vaststelling van grenzen aan de arbeidssnelheid in geval van verandering van de omgeving c.q. omstandigheden.

Tot nu toe hebben we de grenzen van de arbeidssnelheid berekend, waarbij de uitwisseling van warmte met de omgeving normaal is (*dus goed*) en onder de voorwaarde dat de werker uit de lucht genoeg/voldoende zuurstof kan halen en de zuurstof ongehinderd de cellen kan bereiken. Iedere ver-

andering die de warmtebalans t.o.v. de omgeving verandert of de toevoer van zuurstof hindert, kan de arbeidssnelheid t.o.v. de arbeidssnelheid onder normale omstandigheden wijzigen.

**De warmte-uitwisseling is gehinderd. (Klimaatfactoren,  $k_n$ )**

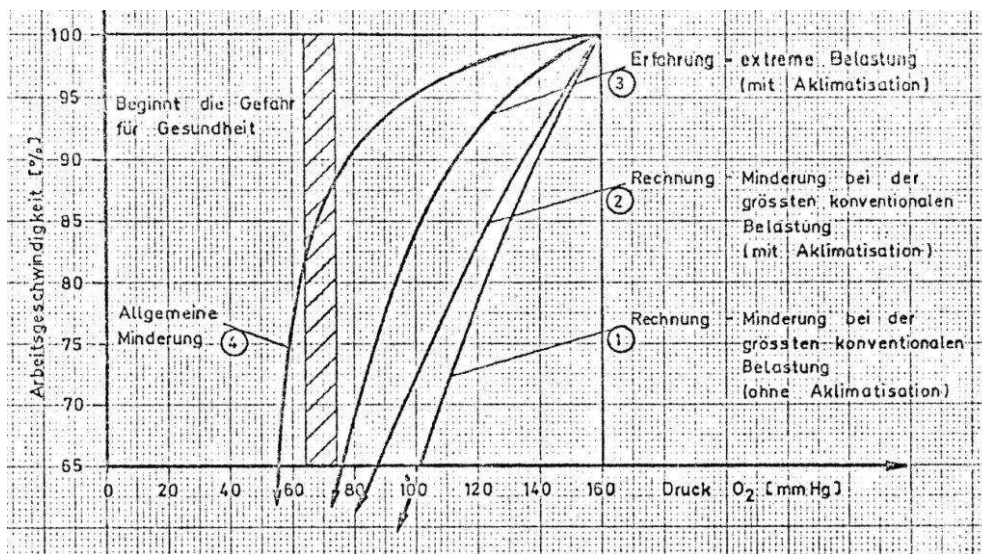
Principieel berekenen we de nieuwe arbeidssnelheid zo, dat we bij normale omstandigheden de warmteproductie berekenen. De totale voor het lichaam en voor de arbeid benodigde warmte moet de mogelijkheid hebben uit het lichaam te ontsnappen. We rekenen de warmtebalans uit. Indien de warmteproductie in het lichaam voor de afvoer van warmte te groot is, verminderen we enkel de productie van warmte voor de arbeid en wel zodanig dat in de warmtebalans (weer) evenwicht optreedt. We dienen nu op te passen dat de "aussearbeit" niet bijdraagt aan de warmteproductie.

In bijlage 2 tonen we enkele typische situaties, waar we de arbeidssnelheid moeten veranderen. In de vier tabellen onderkent men duidelijk 3 zones. In de eerste zone is geen wijziging van de arbeidssnelheid nodig ( $k_n = 1$ ). In de tweede zone tot  $k_n = 2,5$  kan men met een verlaagde arbeidssnelheid nog werken. In de derde zone ( $k_n > 2,5$ ) kan men principieel niet werken omdat de verstoring van de warmte-uitwisseling te groot is.

Met de warmtebalans werken we principieel ook in het geval van straling. In dat geval is het nog nodig de bloeddoorvoer in de berekening op te nemen., omdat het bloed de warmte van het bestraalde oppervlak naar de niet-bestraalde slechts zwak kan doorgeven. Voorbeelden kunnen we in het korte bestek van dit artikel niet tonen.

**De cellen van de musculatuur krijgen te weinig zuurstof.**

In dit geval werken we met 4 curven zoals in onderstaande figuur 4.



Figuur 4: Vermindering van de arbeidssnelheid in relatie tot de partiële druk van O<sub>2</sub> in de lucht.

De curven (1) en (2) werden berekend voor de grootste capaciteit niet geheel geacclimatiseerde gemiddelde werker, die bij normale zuurstoftoevoer 2000 kcal in 8 uur zou verbruiken. Met deze twee curven kunnen we, na het energieverbruik, de nieuwe arbeidssnelheid berekenen. Curve (2) is ook geschikt voor arbeid met maskers. Curve (3) is de curve voor geacclimatiseerde werkers bij grote inspanningen. Curve (4) is geldig voor de geacclimatiseerde werker die echter bij zijn arbeid weinig energie verbruikt.

Situaties in dergelijke omgevingen hebben we echter niet geformaliseerd.

Alle berekeningen waarmee we de grenzen van de arbeidssnelheid van fysieke arbeid bepalen, berusten op vele vereenvoudigingen. Desondanks hebben we een tamelijk gevoelig instrument gecreëerd, dat op experimentele gegevens leunt en voor de arbeider de mogelijkheid biedt bij arbeid in veranderende situaties de arbeidssnelheid in te verdragen grenzen aan te reiken.

2 Bijlagen.

Bijlage 1. Toevoer en verbruik van energie bij arbeid, een voorbeeld.

Bijlage 2: Zie eveneens Tabel E: Klimaatfactor van AK-module voor Rust en Persoonlijke Verzorging.

In de praktijk brengen we bij "zware" arbeid niet het tempo c.q. de snelheid terug, maar rekenen we de "zwaarte" om in minuten extra rust. Dit doen we om bij opheffing van de "zwaarte" het oorspronkelijke tempo weer automatisch tot uitvoer te brengen. Zie de AK-module voor Rust en Persoonlijke Verzorging. Zie eveneens WS Tips 013 – 016.

In cursief toevoegingen door G. de Vrij ter verduidelijking.

### Oproep

Wie helpt ons aan een goede vertaling en begrip van Grenzzufluss, Grenzabfluss, Aussenarbeit?

Aussenarbeit = de kinetische en potentiële energie van het voorwerp?

Wat betekent de "E" in tabel 1?

Wie kent de "Wetten van Kennelly"?

Wie helpt ons verder de getallen 89,8, 68,6, 263,3 en 1565,8 van bijlage 1, te reproduceren?

Ik denk dat we, in bijlage 1, uit moeten gaan van een mannelijke uitvoerder van 70 kg.

Kinetische energie:  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$  [J]

Potentiële energie:  $E_p = m \cdot g \cdot h$  [J]

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)





Bailage 4.

spada k: _____ št. izdelka: _____ poz. _____ opor. _____ stran _____ Ornatba: _____		izdeja 0 1 2 3 4 5 6 7	analiza dela <b>Work-factor</b> ®	Dvosfranska B II naziv izdelka/poz. _____				
naziv operacije: <i>Železnica 25 kV v omrežju 400 mm v omrežju 500 mm v omrežju 500 mm v omrežju</i>								
LEVA STRAN								
zap. št.	element	analiza	čas		Ft	walk	andere	zap. št.
			pos. (T.U.)	kumul. (T.U.)				
1	<i>Greifen der Last</i>	<i>F 25 WWWW</i>	<i>40</i>	<i>40</i>				1
2	<i>Greifen 500 mm</i>	<i>L 500 WWWW</i>	<i>142</i>	<i>182</i>			<i>89,8</i>	2
3	<i>Schritt 400 mm</i>	<i>L 400 WWWW</i>	<i>153</i>	<i>335</i>			<i>7,06</i>	3
4	<i>Schritt 600 mm</i>	<i>L 600</i>	<i>73</i>	<i>408</i>			<i>19,59</i>	4
5	<i>Versezzen auf Transporteur</i>	<i>A 300 WWWW</i>	<i>132</i>	<i>540</i>				5
6	<i>Auslassen</i>	<i>F 25 W</i>	<i>23</i>	<i>563</i>				6
7	<i>Schritt 600 mm</i>	<i>L 600 WW</i>	<i>126</i>	<i>689</i>			<i>19,59</i>	7
8	<i>Schritt 400 mm</i>	<i>L 400</i>	<i>60</i>	<i>749</i>			<i>7,06</i>	8
9	<i>Greifen nach der Last</i>	<i>L 500 WW</i>	<i>117</i>	<i>866</i>			<i>68,6</i>	9
10							<i>353</i>	10
11							<i>155,7</i>	11
12	<i>Notige Energie [cal/min]</i>						<i>407,6</i>	12
13	<i>Energie zur Disposition [cal/min]</i>						<i>1360,0</i>	13
14								14
15								15
16								16
17								17
18								18
19								19
20								20

AH AV H F T L  
 72 831 689 4,4 24  
 Elemente des Hebens (2) und (3)  
 Kinetische Energie beim Ziehen 263,3 cal/min  
 Potentielle Energie beim Ziehen 1565,8 cal/min  
 1829,1 cal/min

Minute: \_\_\_\_\_  
 Dno: 04.07.18.20

Beilage 2

VERMINDERUNG DER ARBEITSGESCHWINDIGKEIT WEGEN DER TEMPERATUR IN DER UMGEBUNG

Ausgerechneter Verbrauch 500 cal/min (brutto Verbrauch 2500 cal/min)

Feuchte [%]	Temperatur der Umgebung [°C]												
	17	20	25	28	30	32	34	36					
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
60	1	1	1	1	1	1,01	1,00	1,16	1,00	1,42	1,60		
80	1	1	1	1,04	1,00	1,25	1,00	1,71	1,00	5,00	1,13	-	1,61
90	1	1	1	1,26	1,00	1,76	1,00	-	1,19	-	1,92	-	-
100	1	1	1,04	1,0	1,58	1,00	2,58	1,36	-	-	-	-	-

Ausgerechneter Verbrauch 1000 cal/min (brutto Verbrauch 3750 cal/min)

Feuchte [%]	Temperatur der Umgebung [°C]													
	17	20	25	28	30	32	34	36						
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
40	1	1	1	1	1,03	1,00	1,09	1,00	1,17	1,00	1,25	1,00		
60	1	1	1	1,01	1,00	1,13	1,00	1,23	1,00	1,39	1,00	1,61	1,07	
80	1	1	1,15	1,00	1,39	1,00	1,69	1,05	2,24	1,23	5,00	1,51	-	2,29
90	1	1	1,26	1,00	1,64	1,07	2,24	1,25	5,99	1,58	-	2,59	-	-
100	1	1	1,37	1,01	1,98	1,29	3,73	1,73	-	4,03	-	-	-	-

Ausgerechneter Verbrauch 1300 cal/min (brutto Verbrauch 4500 cal/min)

Feuchte [%]	Temperatur der Umgebung [°C]													
	17	20	25	28	30	32	34	36						
20	1	1	1	1	1	1,05	1,00	1,09	1,00	1,14	1,00	1,14	1,00	
40	1	1	1	1,08	1,00	1,14	1,00	1,22	1,00	1,32	1,00	1,45	1,00	
60	1	1	1,10	1,00	1,24	1,00	1,36	1,00	1,53	1,01	1,80	1,10	2,27	1,22
80	1	1	1,23	1,00	1,49	1,04	1,78	1,17	2,37	1,37	4,62	1,70	-	2,67
90	1	1,04	1,00	1,34	1,00	1,72	1,16	2,29	1,36	4,65	1,71	-	2,66	-
100	1	1,07	1,00	1,41	1,07	1,99	1,36	3,23	1,80	-	3,47	-	-	-

Ausgerechneter Verbrauch 1580 cal/min (brutto Verbrauch 5200 cal/min)

Feuchte [%]	Temperatur der Umgebung [°C]															
	17	20	25	28	30	32	34	36								
20		1	1,02	1,00	1,07	1,00	1,11	1,00	1,15	1,00	1,20	1,00	1,26	1,00		
40	1	1	1,10	1,00	1,19	1,00	1,26	1,00	1,35	1,00	1,45	1,00	1,60	1,01		
60	1	1,04	1,00	1,21	1,00	1,36	1,00	1,50	1,03	1,69	1,11	1,99	1,21	2,50	1,35	
80	1,01	1,00	1,11	1,00	1,36	1,01	1,64	1,15	1,96	1,29	2,61	1,51	5,31	1,88	-	2,67
90	1,03	1,00	1,15	1,00	1,47	1,07	1,89	1,27	2,52	1,49	5,13	1,69	-	2,93	-	-
100	1,05	1,00	1,18	1,00	1,55	1,17	2,19	1,50	3,17	1,99	-	3,02	-	-	-	-

Die erste Nummer ist für die Luftgeschwindigkeit  $v = 0,1$  m/s  
 Die zweite Nummer ist für die Luftgeschwindigkeit  $v = 1$  m/s