

De nieuwe NIOSH-methode (II)

Het toepassingsgebied, het beoordelen van enkele tiltaken, meerdere tiltaken en kortdurende tiltaken

P. Vink
P. Smitt
R. van den Berg

In dit artikel wordt een beschrijving gegeven van het door het NIOSH gehanteerde toepassingsgebied van de nieuwe NIOSH-methode en van de speciale procedure die gevolgd moet worden bij tiltaken die korter dan 15 minuten duren.

Verder wordt beschreven hoe met de nieuwe NIOSH-methode ook een combinatie van tiltaken beoordeeld kan worden.

Het principe van de beoordeling van een combinatie van tiltaken is eenvoudig, maar het berekenen ervan is complex en kost vrij veel tijd. In de praktijk zal waarschijnlijk de gebruiker eerder de methode voor een enkele taak gebruiken, waarbij de factoren geschat worden voor de slechtste situatie.

P. Vink en P. Smitt zijn werkzaam op de Afdeling Houdings- en Bewegingsonderzoek en R. van den Berg op de Afdeling Arbeidsomstandighedenonderzoek van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO (NIPG-TNO), Postbus 124, 2300 AC LEIDEN



In oktober 1992 is de nieuwe NIOSH-methode beschreven in het Tijdschrift voor Ergonomie (Vink e.a., 1992). In dit artikel

werd vermeld dat met de nieuwe NIOSH-methode ook een combinatie van tiltaken, die op één dag worden uitgevoerd, beoordeeld kan worden. In reacties naar aanleiding van dit artikel werd gevraagd naar de berekeningsmethode voor de beoordeling van gecombineerde tiltaken. Hier wordt beschreven hoe een combinatie van tiltaken beoordeeld kan worden met de nieuwe NIOSH-methode.

Daarnaast worden andere aanvullende gegevens verstrekt inzake het toepassingsgebied van de nieuwe NIOSH-methode en kortdurende tiltaken, zoals deze in mei 1993 bekend waren. Voorts wordt een rekenvoorbeeld gegeven, waarmee de beoordeling van de combinatie van tiltaken geoefend kan worden. In het rekenvoorbeeld 1 wordt ook het voorbeeld uit het voorgaande artikel (Vink e.a., 1992) anders weergegeven, omdat daarin een fout is geslopen en omdat de tiltaak in het voorbeeld uit het voorgaande artikel korter dan 15 minuten duurt en daarvoor een nieuwe procedure gehanteerd moet worden. Inmiddels is ook een officieel artikel over de onderbouwing van de NIOSH-methode verschenen in Ergonomics (Waters e.a. 1993), waarnaar verwezen kan worden. De methode heet officieel "the revised NIOSH equation" uit 1991.

Nieuws over het toepassingsgebied

In mei 1993 is de 'Applications manual for the revised NIOSH lifting equation' opgesteld door het NIOSH. De verwachting is dat het nog minimaal enige maanden duurt voordat deze handleiding uitkomt. In deze handleiding komen de volgende beperkingen te staan.

De NIOSH-methode mag niet gebruikt worden bij het beoordelen van tiltaken, waarin:

- gezeten wordt,

- kruiwagens of scheppen worden gehanteerd,
- ook nog substantieel ander zwaar werk aan de orde is, zoals dragen, duwen/trekken en klimmen,
- sprake is van uitglijden, vallen en onverwacht zware gewichten
- met één hand wordt getild,
- sprake is van een instabiele last,
- sprake is van snel tillen (normaal tillen duurt ongeveer 2 seconden),
- de horizontale afstand groter is dan 63 cm,
- de verticale afstand kleiner is dan 0 cm (onder de vloer) of groter is dan 175 cm,
- de asymmetrie groter is dan 135 graden.

Vervolgens worden aan de werkplek de volgende eisen gesteld. Er moet sprake zijn van tillen

- met een goed vloercontact (wrijvingscoëfficiënt > 0.4; dat is bijvoorbeeld een droge schone leren schoenzool op een zachte droge vloer),
- in een aangenaam klimaat (bij voorkeur tussen de 19 en 26 °C en vochtigheidsgraad tussen 35 en 50%).

Indien niet aan bovengenoemde voorwaarden voldaan wordt, kan het risico op rugschade of andere schade aan het bewegingsapparaat groter zijn en dienen aanvullende metingen uitgevoerd te worden, om het risico beter te schatten.

Het beoordelen van tiltaken waarbij men minder dan 15 minuten continu tilt

Een tiltaak, waarbij men minder dan 15 minuten tilt, komt nogal eens voor en is moeilijk te beoordelen met de huidige NIOSH-methode. Het NIOSH heeft hiervoor een speciale procedure ontwikkeld. Deze werkt als volgt:

- Bereken het totale aantal tilhandelingen in 15 minuten.
- Deel dit door 15 en benoem dit als F (de frequentie van tillen).
- Zoek de Ff in tabel 1 op behorend bij het berekende getal.

De berekening van een enkelvoudige tiltaak

De RWL (=recommended weight limit) dient altijd berekend te worden voor het begin van de tiltaak, zoals in het voorgaande artikel is beschreven (Vink e.a., 1992; zie ook rekenvoorbeeld 1). De RWL dient ook voor het eind van de tiltaak berekend te worden als:

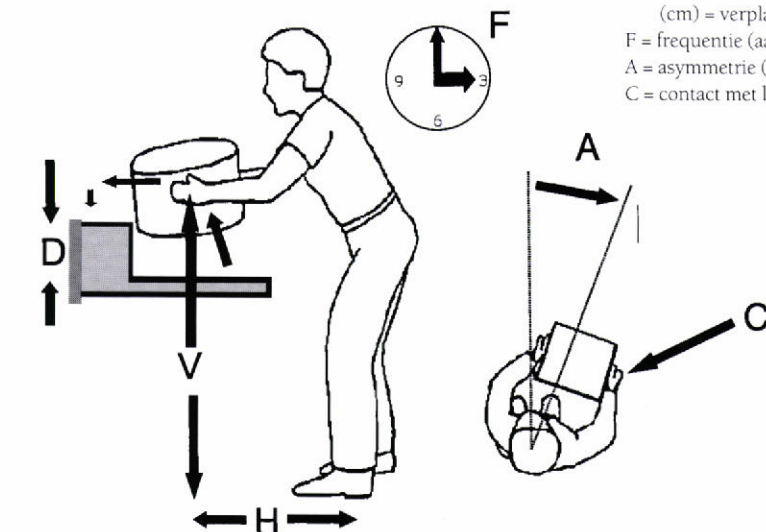
- de werknemer de last opnieuw moet vastpakken,
- de werknemer tijdelijk het object moet stilhouden bij het eind van de tilhandeling, of
- de werknemer het object nauwkeurig moet geleiden of plaatsen aan het eind van de tilhandeling.

Nieuw ten opzichte van het voorgaande artikel is dus dat het einde van de tilhandeling niet altijd beoordeeld hoeft te worden.

De berekening bij meerdere tiltaken

Voordat besloten wordt om het tillen te gaan beoordelen met de combinatie van tiltaken, dient volgens het NIOSH nagegaan te worden of zulke gedetailleerde informatie nodig is. Een schatting van de factoren en het gewicht kan voldoende zijn. Verder is het van belang dat degene die de analyse uitvoert begrijpt wat er gebeurt bij het beoordelen van de combinatie van tiltaken.

Naast de gegevens, die nodig zijn om de factoren te kunnen bepalen (H, V, D, A, F en C), is een schatting van het gemiddeld getilde gewicht per taak en het maximaal getilde gewicht per taak nodig. Per taak worden een FIRWL (= Frequency Independent RWL) en een STRWL (= Single Task RWL) berekend. De STRWL is een RWL, waarbij de frequentie gedefinieerd is als het aantal tilhandelingen van de taak gedeeld door de totale tijd van de combinatie van tiltaken. Met deze gegevens wordt ook voor alle deeltaken een RWL berekend, terwijl de frequentiefactor op 1.0 wordt gesteld (dit is de FIRWL). Daarna wordt het maximaal getilde gewicht gedeeld door de FIRWL. Dit resultaat heet



Figuur 1: Zes factoren (H, V, D, A, F en C) die bekend moeten zijn om de tilsituatie te kunnen beoordelen.

de frequentie onafhankelijke lifting index (FILI = Frequency-Independent Lifting Index). Indien een FILI van één van de taken hoger is dan 1 zijn ergonomische aanpassingen verplicht volgens het NIOSH. Om na te gaan welke taak prioriteit heeft om verbeterd te worden, wordt de LI berekend met het gemiddelde gewicht. Dit wordt de Single Task Lifting Index (= STLI) genoemd. Dit is het gemiddelde gewicht van de taak gedeeld door de RWL van die taak.

Als laatste wordt de lifting index van de combinatie van tiltaken berekend. Dit wordt de CLI genoemd (CLI = Composite Lifting Index). Deze CLI mag, net als de LI, niet boven de één uitkomen.

De berekening in stappen

Berekening van CLI voor een combinatie van tiltaken in stappen

- Bepaal H_f , V_f , D_f , F_f , A_f en C_f en het maximale en gemiddelde gewicht per taak.
- Stel $F_f = 1.0$ en bereken FIRWL per taak: $FIRWL = 23 \times H_f \times V_f \times D_f \times 1.0 \times A_f \times C_f$
- Bereken de STRWL per taak: $STRWL = FIRWL \times F_f$
- Bereken de FILI per taak: $FILI = \text{max gewicht} / FIRWL$
- Bereken de STLI per taak: $STLI = \text{gemiddelde gewicht} / STRWL$
- Zet de taken in rangorde naar STLI, de hoogste STLI eerst, de laagste STLI als

H = horizontale afstand (cm)
V = verticale afstand (cm)
D = verticale reis afstand (cm) = verplaatsing
F = frequentie (aantal/min)
A = asymmetrie (graden)
C = contact met last

laatst en nummer de FILI's ook zo.

- Bereken CLI, waarbij F_{1+2} het aantal tilhandelingen van de eerste twee taken volgens de rangorde is, gedeeld door de totale tijd van deze combinatie van tilhandelingen, etc. Zoek F_{1+2} op van deze F_{1+2} in tabel 1, etc.

$$CLI = STLI_1 + \partial FILI_2 + \partial FILI_3 + \partial FILI_4 \dots$$

$$\partial FILI_2 = FILI_2 \times (1/F_{1+2} - 1/F_{f1})$$

$$\partial FILI_3 = FILI_3 \times (1/F_{1+2+3} - 1/F_{f1+2})$$

etc.

Rekenvoorbeelden

Voorbeeld 1:

De beoordeling van één tiltaak

Stel dat een persoon voorwerpen van de grond moet oprapen en deze op een plank in een stelling moet leggen, die één meter hoog is. Het midden van de voorwerpen ligt 30 cm voor het midden van de enkels bij oppakken en 30 cm bij wegzetten. De persoon tilt symmetrisch twee maal per dag gedurende 20 minuten 80 voorwerpen. Er is een uur pauze tussen beide tilperioden. Het te tillen object is niet doosvormig, het contact voelt niet comfortabel, maar de vingers kunnen 90 graden gebogen worden onder het voorwerp. Welk gewicht mag iemand maximaal tillen in deze situatie volgens de NIOSH-methode?

Ter herinnering, de Recommended Weight Limit wordt bepaald met de volgende formule (zie figuur 1):

Frequentie	Duur van de Tilarbeid					
Tilhandelingen/minuut	≤ 8 uur		≤ 2 uur		≤ 1 uur	
	1 V < 75	2 V ≥ 75	3 V < 75	4 V ≥ 75	5 V < 75	6 V ≥ 75
0.2	0.85	0.85	0.95	0.95	1.00	1.00
0.5	0.81	0.81	0.92	0.92	0.97	0.97
1	0.75	0.75	0.88	0.88	0.94	0.94
2	0.65	0.65	0.84	0.84	0.91	0.91
3	0.55	0.55	0.79	0.79	0.88	0.88
4	0.45	0.45	0.72	0.72	0.84	0.84
5	0.35	0.35	0.60	0.60	0.80	0.80
6	0.27	0.27	0.50	0.50	0.75	0.75
7	0.22	0.22	0.42	0.42	0.70	0.70
8	0.18	0.18	0.35	0.35	0.60	0.60
9	0.00	0.15	0.30	0.30	0.52	0.52
10	0.00	0.13	0.26	0.26	0.45	0.45
11	0.00	0.00	0.00	0.23	0.41	0.41
12	0.00	0.00	0.00	0.21	0.37	0.37
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 1: Tabel om de frequentie factor (Ff) te bepalen. Wanneer men minder dan een uur tilt en minimaal 120% rusttijd heeft van de getilde tijd dan gelden kolommen 5 en 6 in tabel 1. Indien men langer dan een uur tilt en minder dan twee uur tilt en er is daarna een rustperiode van minimaal 30% van de tiltijd, dan gelden kolommen 3 en 4. Kolommen 3 en 4 gelden ook wanneer men minder dan een uur tilt en de rusttijd minder dan 120 % van de tiltijd is. Bij langer dan 2 uur tillen (tot en met 8 uur) en bij minder dan 30 % rust van de tiltijd bij twee uur of korter tillen gelden de eerste twee kolommen. Wanneer de verticale afstand van de handen tijdens tillen minder dan 75 cm van de vloer is verwijderd gelden kolommen 1, 3 en 5. Bij grotere hoogten gelden kolommen 2, 4 en 6. Bij tussenliggende frequenties kan geïnterpoleerd worden. Waarden van V zijn in centimeters.

- $RWL = 23 \times Hf \times Vf \times Df \times Af \times Ff \times Cf$
- $Hf = 25/H$ (H in cm);
- $Vf = 1 - 0.003 \times \text{abs}[V - 75]$ (V in cm);
- $Df = 0.82 + 4.5/D$ (D in cm);
- $Af = 1 - 0.0032 A$ (A in graden);

Ff en Cf worden opgezocht in tabel 1 en 2. De waarde van de factor mag niet groter zijn dan 1.0. Als de waarde van één van de factoren boven de 1.0 uitkomt, wordt deze op 1.0 gesteld.

Alleen de begintilhandeling hoeft geanalyseerd te worden:

- H = 30 cm, omdat het midden van de

voorwerpen 30 cm voor het midden van de enkels ligt. $Hf = 25/30 = 0.83$

- $V = 0$ cm, $Vf = 1 - 0.003 \times [0 - 75] = 0.78$.
- D = 100 cm, de afstand die het voorwerp in verticale richting aflegt.
- $Df = 0.82 + 4.5/100 = 0.87$.
- F : de persoon tilt twee maal per dag met 1 uur pauze daartussen gedurende 20 minuten 80 voorwerpen. Het aantal tilhandelingen per minuut is dan 4. De rustpauze is 300% van de tilduur. Dit houdt in dat kolommen 5 en 6 van tabel 1 gelden. Ff wordt dan 0.84.
- A = 0, omdat de persoon symmetrisch

tilt. Af = 1.

- C : het contact is gewoon, de vingers kunnen 90 graden gebogen worden onder het voorwerp. Cf wordt dan 0.95 aan het begin van de tilhandeling en 1 aan het eind (zie tabel 2).

Het maximale tilgewicht (de RWL waarde) is in dit geval:

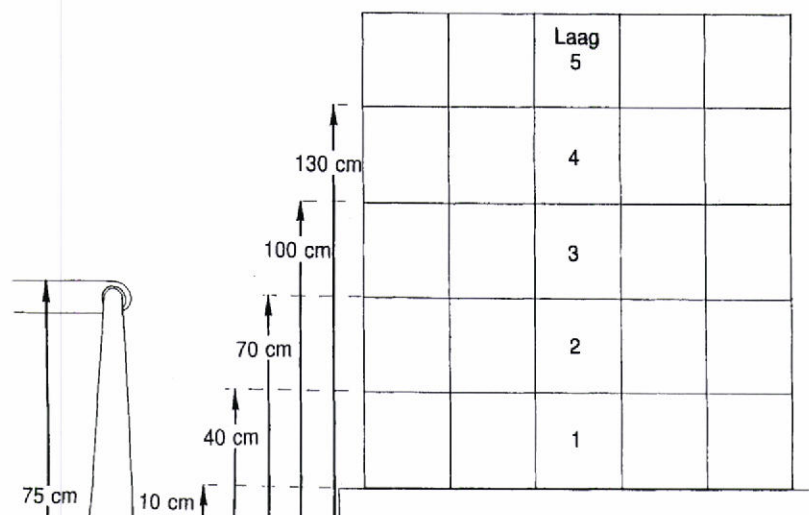
$23 \times .83 \times .78 \times .87 \times 1 \times .84 \times .95 = 10.3$ kg.
In deze situatie mag iemand dus niet meer dan 10.3 kg tillen.

Voorbeeld 2: Beoordelen van palletiseren

Een werknemer pakt kartonnen dozen van 5 kg (30 x 30 x 30 cm) van een pallet en plaatst deze op een 75 cm hoge lopende band (zie fig. 2). Torsie is niet nodig omdat de werknemer voldoende ruimte heeft om de voeten goed te plaatsen. De handen worden aan de onderkant van de dozen geplaatst. De horizontale afstand is

Contact	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
goed	1.00	1.00
gewoon	0.95	1.00
slecht	0.90	0.90

Tabel 2: Tabel om de contact-factor (Cf) te kunnen bepalen.



Figuur 2: De gegevens voor de verticale factor (V) bij het leeghalen van een pallet van voorbeeld 2.

40 cm bij het wegzetten en pakken voor de bovenste vier lagen en 45 cm bij het pakken van de onderste laag. De medewerker doet dit werk gedurende een uur per dag en leegt daarbij 25 pallets (625 dozen). De rest van de dag is er geen zware arbeid.

(i)

De waarde van de verschillende factoren is weergegeven in tabel 3 en is gebaseerd op:

- H = 40 cm voor de bovenste vier lagen en 45 cm voor de onderste.
- V = 130, 100, 70, 40 en 10 voor respectievelijk laag 5, 4, 3, 2 en 1.
- D = 55, 25, 5, 35 en 65 voor respectievelijk laag 5, 4, 3, 2 en 1.
- F: De persoon tilt 625 dozen per 60 min. De frequentie is 10.4/min voor alle lagen en per laag 2.08/min, voor laag 1 en 2 is dit 4.16/min. Dat betekent dat voor de bepaling van F_{f1+2} 4.16 in tabel 1 gehanteerd moet worden. Voor laag 1, 2 en 3 is dit 6.24/min etc.
- A = 0 bij alle lagen.
- C: het contact is gewoon, er zijn geen handvatten of uitsparingen en de vingers kunnen 90 graden gebogen worden onder het voorwerp (zie tabel 2).

(ii)

- De FIRWL voor laag 5 is:

$$23 \times .63 \times .84 \times .90 \times 1 \times 1 \times 1 = 11$$

- De FIRWL voor laag 4 is:

$$23 \times .63 \times .93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 13.5$$

- De FIRWL voor laag 3 is:

$$23 \times .63 \times .99 \times 1 \times 1 \times 1 \times .95 = 13.6$$

- De FIRWL voor laag 2 is:

$$23 \times .63 \times .90 \times .95 \times 1 \times 1 \times .95 = 11.8$$

- De FIRWL voor laag 1 is:

$$23 \times .56 \times .81 \times .89 \times 1 \times 1 \times .95 = 8.8$$

(iii)

$$F = 2.08; F_f = 0.91 \text{ (zie tabel 1)}$$

- De STRWL voor laag 5 is:

$$0.91 \times 11 = 10 \text{ kg}$$

- De STRWL voor laag 4 is:

$$0.91 \times 13.5 = 12.3 \text{ kg}$$

- De STRWL voor laag 3 is:

$$0.91 \times 13.6 = 12.4 \text{ kg}$$

- STRWL voor laag 2 is:

$$0.91 \times 11.8 = 10.7 \text{ kg}$$

laag	5	4	3	2	1
Hf	0.63	0.63	0.63	0.63	0.56
Vf	0.84	0.93	0.99	0.9	0.81
Df	0.9	1	1	0.95	0.89
Ff	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Af	1	1	1	1	1
Cf	1	1	0.95	0.95	0.95

Tabel 3:
Waarde van de verschillende factoren uit voorbeeld 2

- De STRWL voor laag 1 is:

$$0.91 \times 8.8 = 8 \text{ kg}$$

(iv)

- FILI laag 5 is: $5 / 11 = 0.45$
- FILI laag 4 is: $5 / 13.5 = 0.37$
- FILI laag 3 is: $5 / 13.6 = 0.37$
- FILI laag 2 is: $5 / 11.8 = 0.42$
- FILI laag 1 is: $5 / 8.8 = 0.57$

(v)

- STLI laag 5 is: $5 / 10 = 0.5$
- STLI laag 4 is: $5 / 12.3 = 0.41$
- STLI laag 3 is: $5 / 12.4 = 0.40$
- STLI laag 2 is: $5 / 10.7 = 0.47$
- STLI laag 1 is: $5 / 8 = 0.63$

(vi)

De volgorde van STLI wordt:

- $STLI_1 = 0.63$; $STLI_2 = 0.5$; $STLI_3 = 0.47$
- $STLI_4 = 0.41$; $STLI_5 = 0.4$
- $FILI_1 = 0.57$; $FILI_2 = 0.45$; $FILI_3 = 0.42$
- $FILI_4 = 0.37$; $FILI_5 = 0.37$

(vii)

$$F_{f1} = 0.91; F_{f1+2} = 0.83; F_{f1+2+3} = 0.74$$

$$F_{f1+2+3+4} = 0.58; F_{f1+2+3+4+5} = 0.43$$

Omdat de CLI groter is dan 1.0, is deze combinatie van tiltaken niet acceptabel. Met kleine aanpassingen is deze situatie acceptabel te maken. Door het gewicht naar 4 kg terug te brengen wordt de CLI bijvoorbeeld 0.88. Of door de pallet minder hoog op te stapelen (4 lagen) en deze 15 cm van de grond te zetten.

Wanneer de genoemde taak beoordeeld zou worden volgens de slechtste enkele taak, wat volgens NIOSH alleen schatten-derwijs gehanteerd mag worden, wordt de $RWL = 23 \times .56 \times .81 \times .89 \times .43 \times 1 \times .95 = 3.78$; $LI = 1.32$ ($F = 625$ dozen/60 min = 10.4). Dan is het verschil met de CLI niet erg groot. Het is de vraag of dit kleine verschil wetenschappelijk onderbouwd kan worden met experimentele gegevens.

Conclusie

Het principe van het beoordelen van een combinatie van tiltaken is vrij eenvoudig. In feite wordt de LI berekend, waarbij taken met een hoge frequentie meer invloed hebben. Het uitvoeren van de berekening kost echter vrij veel tijd en is ingewikkeld. In het voorbeeld is het leeghalen van een pallet nog eenvoudig gehouden. In werkelijkheid moet de pallet in drie dimensies geleegd worden. Dat houdt in dat de horizontale en de verticale afstand voor 25 deeltaken berekend zouden moeten worden. Het is ook begrijpelijk dat er veel kritiek is op dit deel van de NIOSH-methode. De vraag is dan ook of het combineren van tiltaken een officieel onderdeel wordt van de NIOSH-methode. Het combineren van tiltaken zal waarschijnlijk minder toegepast worden dan de beoordeling van enkelvoudige taken door practici, tenzij men de beschikking heeft over geschikte software. Er zijn diverse software pakketten, die de nieuwe NIOSH-methode bevatten, (bijvoorbeeld til-calc en til-ADVISEUR), maar de combinatie van tiltaken ontbreekt vaak en hier zou juist software goed gebruikt kunnen worden. In het pakket til-ADVISEUR, dat in opdracht van het Directoraat Generaal van de Arbeid is gemaakt, is inmiddels ook de mogelijkheid om een combinatie van tiltaken te beoordelen opgenomen. ■

Lijst met afkortingen

Af = de asymmetriefactor
Cf = de contactfactor

CLI = Composite Lifting Index
Df = de verticale reisafstand factor
Ff = de frequentie factor
FILI = Frequency Independent Lifting Index
FIRWL = Frequency Independent Recommended Weight Limit
Hf = de horizontale factor
LI = Lifting Index, een risico-indicator
NIOSH = National Institute for Occupational Safety & Health
NIPG = Nederlands Instituut voor Preventieve Gezondheidszorg TNO
RWL = Recommended Weight Limit, het aanbevolen maximale tilgewicht volgens de nieuwe NIOSH-methode
STRWL = Single Task Recommended Weight Limit
Vf = verticale factor

Literatuur

- Vink, P., Berg, R. van den en Dul, J.
1992 Het beoordelen van tillen met de nieuwe NIOSH-methode. Tijdschrift voor Ergonomie oktober, pp. 2-9.
- Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A. en Fine, L.J.
1993 Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics, in press.

Summary

In this paper restrictions and limitations of the new NIOSH method are described, as well as an additional procedure for lifting tasks performed for less than 15 minutes.

Also, it is described how to analyze jobs with multiple lifting tasks with the revised NIOSH equation.

The principle of analyzing an entire job with multiple tasks is simple. However, it is time consuming to compute the different values. The single task method with average values for the worst case will probably be used more by practitioners.