



Herontwerp vermindert belasting van sjorders in de Rotterdamse haven

De moderne containerterminals zijn volledig geautomatiseerd. Uitzondering zijn de bovendeks gestapelde zeecontainers die handmatig gekoppeld en ontkoppeld worden. Dit werk wordt uitgevoerd door sjorders. Op verzoek van Matrans Marine Services is de fysieke belasting bij dit werk onderzocht. Deze bleek dusdanig hoog dat er verhoogde kans is op klachten aan rug, nek en schouders. In een vervolgproject is het gereedschap dat voor deze taak wordt gebruikt herontworpen. Het resultaat is een nieuwe siorstang met kantelmechanisme. Evaluatie van dit nieuwe gereedschap wijst uit dat de benodigde kracht met bijna 60% wordt gereduceerd. Hoewel de werkhouding nog niet optimaal is, is de fysieke belasting sterk verminderd. De sjorders zijn tevreden met het nieuwe gereedschap.

Marjolein Douwes, Reinier Könemann en Thomas Linders

Containers siorren: hangen aan de stokken

De moderne containerterminals zijn volledig geautomatiseerd. Al het handwerk lijkt uitgebannen. De sjorders vormen daarop een belangrijke uitzondering, omdat de bovendeks gestapelde zeecontainers nog steeds handmatig vastgezet en ontkoppeld moeten worden. Een deel van hun werk is om op de schepen met lange stokken de duizenden containers stuk voor stuk te ontgrendelen; zwaar werk dat ook in de nacht bij weer en wind moet gebeuren. Op elke hoek van de container zit een koppeling (twistlock) om de container met onder- en bovenstaande containers te verbinden. Met een haak trekken de sjorders aan een touwtje van de twistlock om deze te ontgrendelen. Er is een grote impulskracht nodig waarbij de sjorders soms met hun volle gewicht aan de meters lange stokken hangen. Het is duidelijk dat daarbij grote krachten optreden, maar hoe groot was niet precies bekend. Matrans Marine Services, een containeroverslagbedrijf in de Rotterdamse haven, vroeg TNO de fysieke belasting te onderzoeken en na te gaan hoe deze verminderd kon worden. In dit artikel beschrijven we het onderzoek naar de fysieke belasting, het herontwerpproces dat

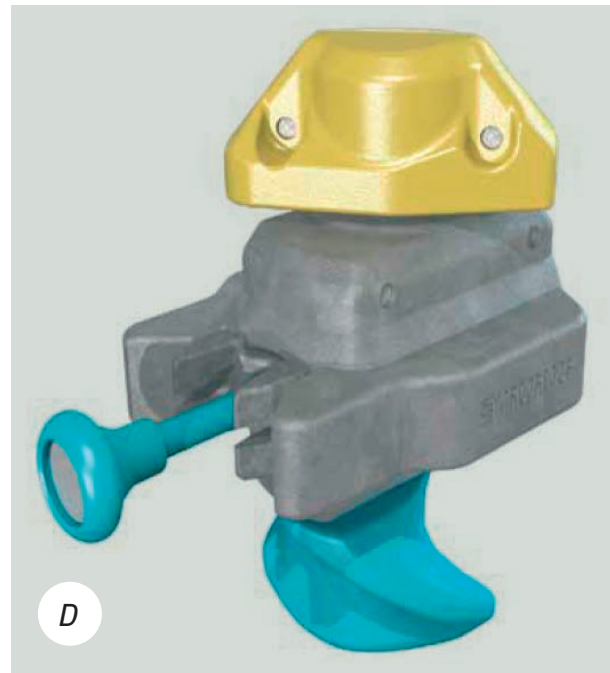
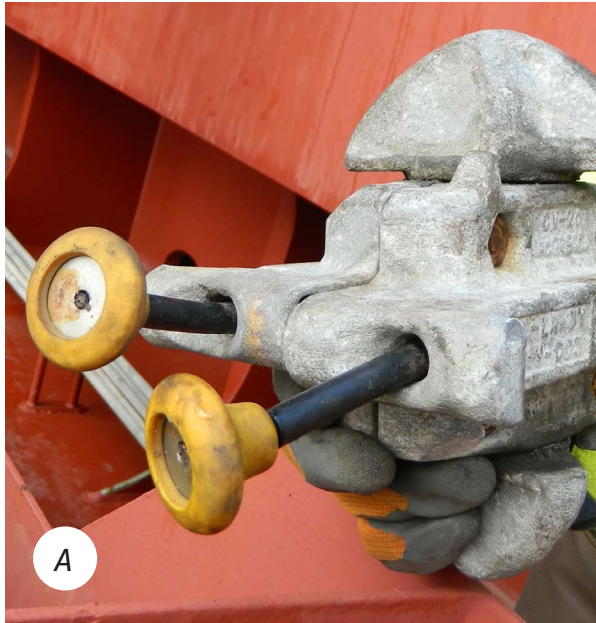
daarop volgde en de evaluatie van de nieuwe siorstang die werd ontwikkeld.

Onderzoek naar de fysieke belasting bij siorren

Doel en werkwijze van het onderzoek

Doel van het onderzoek was om te bepalen of de fysieke belasting te hoog was en, zo ja, wat de belangrijkste oorzaken daarvan waren. Om de fysieke belasting bij het siorren te bepalen, bezochten we elf containerschepen met verschillende typen twistlocks en twee lengtes stokken (3 en 5 meter). De twistlocks variëren vooral in het vergrendelmechanisme. In afbeelding 1 staat een aantal veel voorkomende twistlocks afgebeeld. Het mechanisme waarmee je de twistlocks opent of op slot kunt zetten zijn meestal 'touwtjes' die naar buiten getrokken moeten worden om de containers te ontgrendelen.

Gedurende twee dagen hebben we met totaal vier sjorders de elf verschillende boten afgelopen om metingen uit te voeren. De sjorders waren allen mannen, gemiddeld 35 jaar (28-40 jaar), gemiddeld 180 cm lang (175-186 cm) en hadden 5-16 jaar ervaring in het siorren.

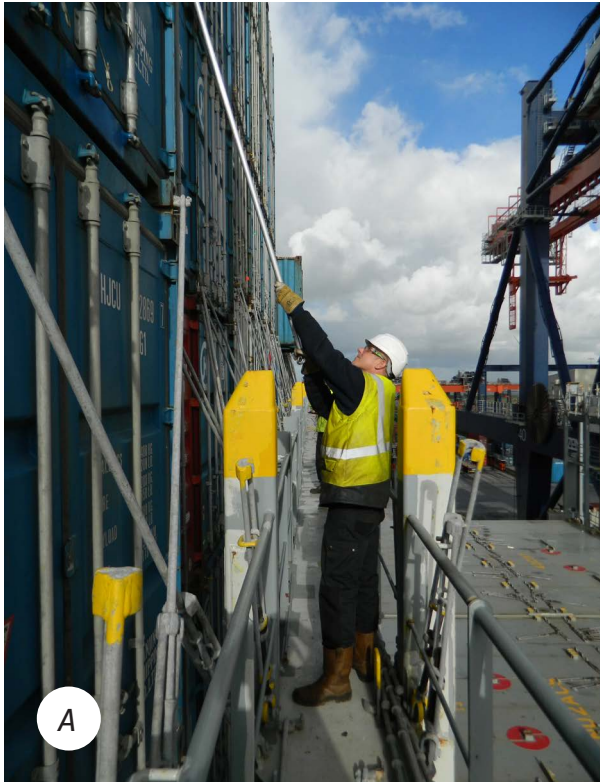


Afbeelding 1. Verschillende typen twistlocks: A. met twee touwtjes voor ontgrendeling; B. met één touwtje (twee versies: met kort/dik en dun/lang touwtje); C. met draaivergrendeling; D. semi-automatisch.

We voerden metingen uit bij verschillende werknemers door middel van:

- observaties van de werkmethode, -houdingen en -bewegingen; deze zijn op foto's (afbeelding 2) en video vastgelegd zodat ook achteraf houdingen via observatie konden worden vastgesteld;
- frequenties van sjoerhandelingen die werden afgeleid van productiegegevens (gemiddeld aantal te ontkoppelen containers per persoon per dag) en

- werkwijze; gemiddeld trekt een medewerker twee twistlocks per minuut los. De meeste twistlocks gaan in één poging los, maar bij 10-20% van de twistlocks zijn meerdere pogingen nodig;
- metingen van de handkrachten (afbeelding 2) die optraden bij het lostrekken van twistlocks en van de duur en frequentie van handelingen; de krachtmetingen deden we met een digitale krachtopnemer (Har-tech AFG 1000N);
- vragen aan werknemers over de ervaren belasting.



A



B



C

Afbeelding 2. Typische houding bij het sjorren: A. met een lange stok; B. met een korte stok; C. metingen van de krachtoefening bij lostrekken van de twistlocks.

Op de schepen zijn per sjorder minimaal drie foto's gemaakt van hun werkhouding op het moment van lostrekken van de twistlock (zonder krachtmeter). Voor de krachtmetingen werd de krachtmeter onder aan de stang in een oog gehaakt en trok de sjorder aan de handvaten van de krachtmeter (afbeelding 2C). De sjorders kregen de instructie om met voor hen gebruikelijke krachtinzet aan de krachtmeter te trekken. Per persoon en type twistlock zijn gemiddeld zestien krachtmetingen uitgevoerd. Elke meting werd bij een nog niet losgetrokken twistlock uitgevoerd.

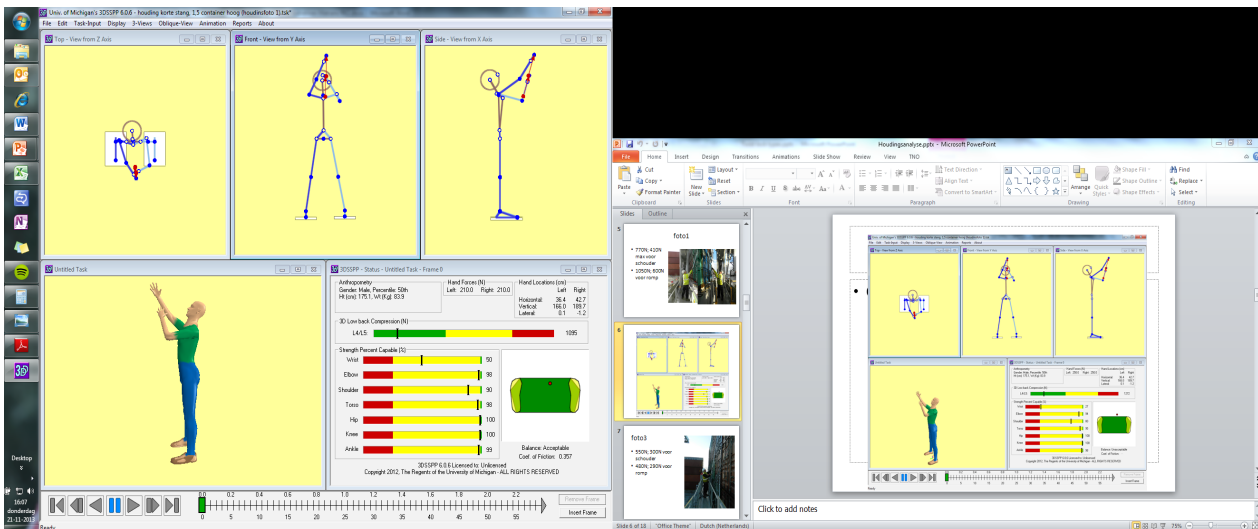
Beoordeling van de fysieke belasting

Met de verzamelde gegevens beoordeelden we de fysieke belasting. Omdat er geen standaard werkwijze is voor deze beoordeling berekenden we de maximale kracht ($F_{max,T}$) die bij het lostrekken van twistlocks zonder risico's op klachten aan het bewegingsapparaat kan worden uitgeoefend als volgt:

Maximale kracht omlaag bij het lostrekken van twistlocks:

$$F_{max,T} = F_{max,0} \cdot rf_F \cdot rf_D \cdot rf_B$$

waarbij $F_{max,0}$ de maximale kracht is bij de geobserveerde werkhouding en krachtrichting (schuin omlaag) zoals berekend met behulp van het 3D Static Strength Prediction Program (3DSSPP; Chaffin e.a., 1999; afbeelding 3). Het criterium was p90 voor de groengeel grenswaarde (90% van de populatie kan deze kracht uitoefenen) en p25 voor de geel-rood grenswaarde (25% van de populatie kan deze kracht



Afbeelding 3. Biomechanische analyse van een typische houding bij het lostrekken van een twistlock.

uitoefenen); rf_f de reductiefactor is voor de frequentie van de krachtuitoefening (het aantal krachtuitoefeningen per minuut); deze werd afgeleid van de Mital-tabellen voor duw- en trekkrachten (Mital e.a. 1997); rf_d de reductiefactor is voor de taakduur conform de NEN-EN 1005-3 (2008), waarbij we een reductiefactor hanteerden van 1 bij taakduur ≤ 1 uur, van 0,8 bij taakduur 1-2 uur, en van 0,5 bij taakduur 2-8 uur; rf_b de reductiefactor is voor de mate van beweging conform de NEN-EN 1005-3 (2008), waarbij we een vermenigvuldigingsfactor hanteerden van 0,8 indien sprake was van duidelijke beweging.

De maximale trekkrachten zijn berekend voor de geobserveerde, meest voorkomende houdingen en uitgaande van de mannelijke populatie. In een deel van de houdingen is de schouder de beperkende factor en in andere houdingen de romp. De belastende werkhoudingen zijn via observatie door een ervaren bewegingswetenschapper vastgesteld uit de foto's (afbeelding 2A en 2B) en video-opnamen. Voor de beoordeling van de werkhoudingen maakten we gebruik van de NEN-EN1005-4 (Menselijke fysieke belasting; deel 4: Evaluatie van werkhoudingen en bewegingen bij machinewerkzaamheden uit 2008). Deze methode houdt rekening met de werkhouding, de frequentie en de tijdsduur dat deze houding voorkomt (zowel de tijdsduur achtereen als de taakduur), en de mogelijkheid steunpunten te gebruiken.

Resultaten van het onderzoek

Krachtuitoefeningen: Er is gekeken naar de benodigde kracht om het touwtje van de twistlocks los te trekken met de oude stang. Daarvoor is een neerwaartse kracht nodig. De hoeveelheid gemeten kracht bij het lostrekken van de verschillende typen twistlocks met de oude stang ($F_{max,0}$) bedraagt gemiddeld 635 (SD 246) N. De frequentie is 2 keer per minuut zodat de reductiefactor voor frequentie (rf_f) 0,75 bedraagt.

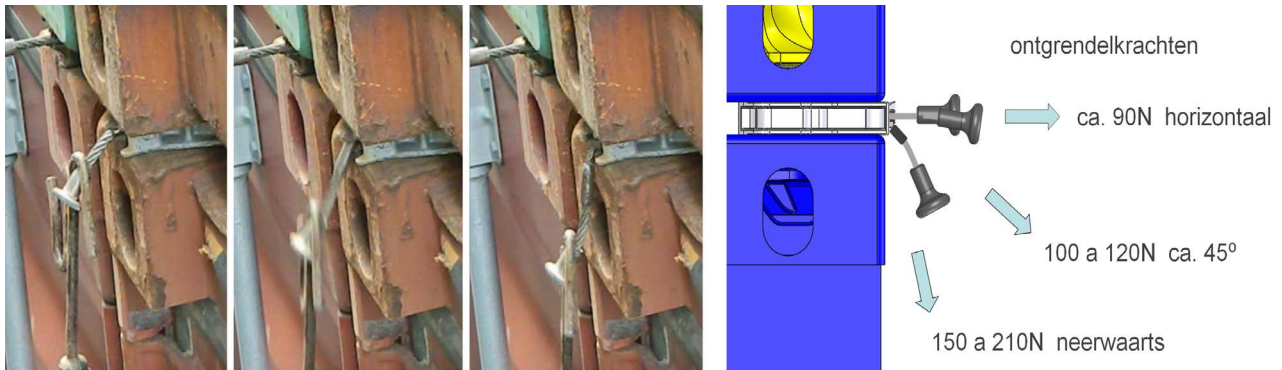
Vanwege een taakduur van meer dan 2 uur per dag bedraagt de reductiefactor voor taakduur (rf_d) 0,5. Omdat er sprake is van een duidelijke beweging bij de sjarhandeling bedraagt de reductiefactor voor mate van beweging (rf_b) 0,8. Wanneer we de waarden invullen in de formules, krijgen we de volgende grenswaarden: groen/geel-grens (p90) van 268 N; geel/rood-grens (p25) van 485 N. Omdat de gemiddelde benodigde handkracht (635 N) boven de geel/rood-grens van 268 N ligt, is de beoordeling 'rood: deze handeling brengt risico's met zich mee voor klachten aan het bewegingsapparaat'.

Werkhoudingen: Hoewel steeds van korte duur, is de werkhouding niet optimaal. Bij het aanhaken van de stang aan het touwtje (op 3-6 meter hoogte) kijkt men 3-5 seconde omhoog waarbij het hoofd sterk achterover gebogen is en de armen vaak sterk geheven zijn ($>60^\circ$). Dit zorgt voor statische nek- en schouderbelasting (afbeelding 2).

Ervaren belasting: Uit de ervaringen van de sjorders leren we dat de mate van onderhoud van de twistlocks sterk uiteenloopt. Bij slecht onderhoud is er veel kracht nodig voor het lostrekken van alle twistlocks op de betreffende boot waardoor de belasting langdurig hoog is. Ook weersomstandigheden spelen een grote rol bij de ervaren belasting, aangezien het werk 24 uur per dag, 365 dagen per jaar door gaat. Medewerkers geven aan dat het 's nachts en onder koude en natte omstandigheden fysiek meer moeite kost om twistlocks los te trekken.

Conclusies van het onderzoek

De combinatie van de hoge trekkracht en extreme werkhoudingen leidt tot de conclusie dat de fysieke belasting te hoog is en een risico vormt voor klachten aan het bewegingsapparaat. Vanwege deze conclusie werd besloten om de mogelijkheden voor herontwerp



Afbeelding 4. Probleemanalyse huidige siorstang.

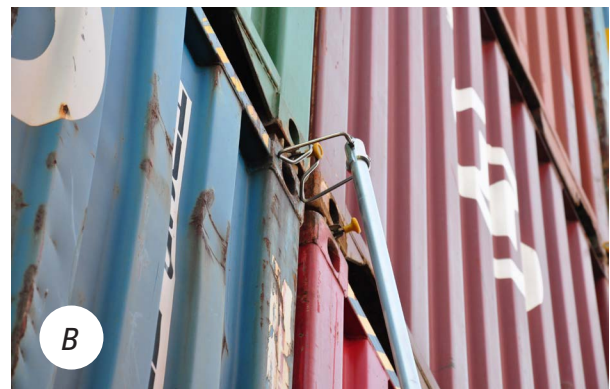
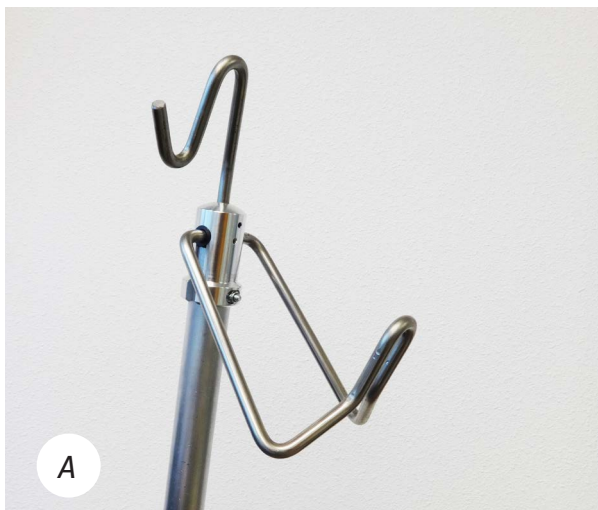
van de siorstang te onderzoeken. Daarvoor zocht TNO samenwerking met MAX designers, een bureau dat gespecialiseerd is in ergonomische productontwikkeling.

Herontwerp van de siorstang

Voor het herontwerp zijn eerst de taak en de werking van het huidige gereedschap goed bestudeerd. Al snel werd duidelijk dat de oplossing gezocht moest worden in de krachtrichting: een horizontale kracht op het touwtje is effectiever om de twistlock te ontgrendelen dan de bijna verticale kracht die nu met de stokken wordt uitgeoefend (afbeelding 4). Er is een testopstelling gemaakt waarin de trekkrachten op enkele twistlocks zijn gemeten in verschillende trekrichtingen. In de gangbare neerwaartse richting (10 tot 20 graden ten opzichte van de verticaal) werden trekkrachten van 150 tot 210 N gemeten. In horizontale richting werden constantere krachten van circa 90 N gemeten (afbeelding 4). De horizontale trekrichting levert aanzienlijk minder wrijving binnen het twistlockmechanisme. Met de huidige siorstang was dit niet mogelijk, omdat je soms enkele meters onder de twistlock staat en geen afstand kan nemen tot de containers door de smalle paden. Het nieuwe ontwerp mocht niet veel zwaarder worden dan de huidige stang en kop. Vooral het gewicht van de kop moest zo laag

mogelijk blijven omdat deze soms wel 5 meter hoog gebalanceerd moet worden bij het aanhaken aan een touwtje.

MAX designers ontwierp een concept voor de kop van de stang, voorzien van een kantelmechanisme om de verticale kracht van de siorder om te zetten naar een horizontale ontgrendelkracht bij het touwtje dat naar buiten getrokken moet worden (de 'zwaaihaak'; afbeelding 5A). Het kantelmechanisme heeft daarnaast een hefboomeffect, waardoor de uit te oefenen kracht verder gereduceerd wordt. Krachtanalyses van de nieuw ontworpen siorstang lieten zien dat de twistlock met veel minder verticale handkracht losgetrokken kon worden. Tevens kon met de V-vorm van de haak een touwtje makkelijker 'gevangen' worden. De enige beperking van het ontwerp was dat het alleen voor twistlocks met één gecentreerd touwtje werkt, hoewel dit type twistlock het meest voorkomt en bovendien de hoogste gemiddelde trekkrachten vereist. Van de nieuwe siorstang werden eerst eenvoudige modellen in draadstaal gemaakt om de werking te kunnen testen. De haak werd vervaardigd uit RVS304 met behulp van een CNC draadbuigmachine. Eerste testen waren veelbelovend. Toch bleek het nog een flinke klus om het gereedschap geschikt te maken voor de



Afbeelding 5. Nieuwe ontwerpen siorstang met kantelmechanisme: A. het eerste prototype van het kantelmechanisme, de 'zwaaihaak'; B. het tweede prototype van de nieuwe stand die is gebruikt voor de evaluatie.

verschillende twistlocks die in de praktijk in gebruik zijn. De gele trekknop wordt in verschillende typen kunststof geleverd en is bovendien vaak beschadigd (afbeelding 5B). Daardoor was de grip van het eerste prototype (afbeelding 5A) op het touwtje niet in alle situaties voldoende. In een iteratief proces werd het zwaaihaak-concept verder uitgewerkt, getest en verbeterd. Dit resulteerde in een extra knik in de vorm van een zwaaihaak (afbeelding 5B), waardoor de grip in alle situaties is gewaarborgd, onafhankelijk van de wrijving van de gele trekknop.

Er is in het ontwerp ook aandacht besteed aan de stijfheid en het handvat van de stang. Een iets stijvere stang geeft meer controle bij het 'vangen' van het touwtje. Een optimale diameter en een rubber kous om het laatste deel van de aluminium stang geven veel grip voor het uitoefenen van de trekkracht. De ontwikkelde stang is vervolgens in beperkte oplage in gebruik genomen door de sjorders. Om vast te stellen of de nieuwe stang leidt tot minder hoge fysieke belasting heeft TNO ten slotte een evaluatie-onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek beschrijven we hierna.

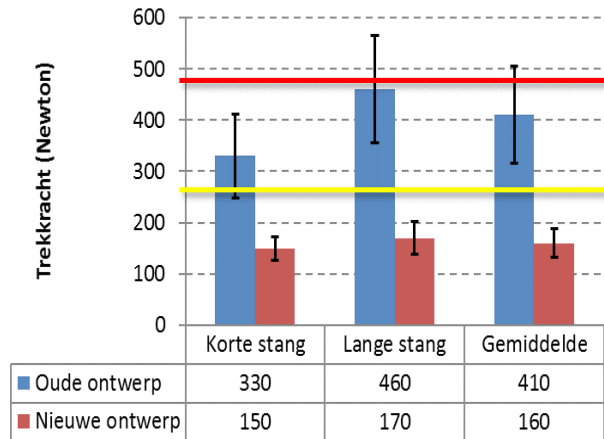
Evaluatie van de nieuwe siorstang

Doel en werkwijze evaluatie

Om na te gaan of de nieuwe stang het gewenste effect had – namelijk, een afname van de fysieke belasting – hebben we de metingen zoals uitgevoerd tijdens het vooronderzoek herhaald. Daarvoor bezochten we drie verschillende schepen met twee typen veel voorkomende twistlocks, namelijk die met één dik of dun touwtje (afbeelding 1B). We hebben in deze situaties de handelingen van drie sjorders met ruime werkervaring (> 5 jaar) geëvalueerd, die zowel met de korte als met de lange stang de twistlocks hanteerden. Zowel bij gebruik van de oude als de nieuwe siorstang zijn krachtmetingen uitgevoerd en is informatie verzameld over werkhoudingen en ervaringen van de sjorders. Voor de beoordeling zijn we uitgegaan van de frequentie, taakduur en mate van beweging in de oude situatie. Ook hebben we de sjorders gevraagd naar de ervaren belasting en hun ervaringen met de nieuwe stang ten opzichte van de oude (ervaren voor- en nadelen).

Resultaten

Krachtuitoefening: Met de oude stang was een aantal twistlocks niet direct los te trekken, maar moest men het touwtje door een draaihandeling op spanning brengen voordat de twistlock losgetrokken kon worden. Met de nieuwe stang trekt men alle twistlocks in één handeling los, waardoor de handeling bij vastzittende twistlocks minder tijd en kracht kost. Dit zien we terug in de resultaten van het onderzoek: de benodigde kracht voor het lostrekken van de twistlocks is gemiddeld met bijna 60% verminderd (afbeelding 6).



Afbeelding 6. Gemiddelde trekkrachten (N) met de standaard deviatie voor het oude en nieuwe ontwerp en de korte en lange versie van de stang (2 en 3 m hoog, respectievelijk) en het gemiddelde. Grenswaarden groen/geel (gele lijn) en geel/rood (rode lijn).

Omdat de houding waarin de trekkracht wordt geleverd ongeveer gelijk blijft, hanteren we de grenswaarden van het vooronderzoek: groen/geel-grens (p90) van 268 N; geel/rood-grens (p25) van 485 N. De gemeten kracht ligt nu onder de geel-groengrens wat leidt tot de beoordeling: 'groen: geen verhoogd risico op klachten aan het bewegingsapparaat'.

Werkhoudingen en ervaren belasting: Ook de armhouding is verbeterd: de armen worden minder hoog geheven. De nekbelasting blijft gelijk omdat omhoog kijken bij het aanhaken van de stang onvermijdelijk is. De meeste sjorders reageren enthousiast: 'Een heerlijk ding, met twee vingers kan je het nu lostrekken. Gaat perfect!' Andere voordelen die men noemt zijn: men heeft bij slechte weersomstandigheden goede grip op het rubber handvat, en er is meer flexibiliteit in de positie waar men staat ten opzichte van de containers doordat het kantelmechanisme elke grofweg verticale trekkracht omzet in een horizontale ontgrendelbeweging. Er zijn ook sjorders met weerstand tegen de nieuwe stang, bijvoorbeeld omdat hij nog niet voor alle typen twistlocks werkt, vanwege twijfel over de robuustheid van de stang, de iets zwaardere stok die moeilijker te positioneren is, en de nieuwe stok die moeilijker aan het touwtje aan te haken is.

Discussie

Het lostrekken van twistlocks met de oude stang zorgde voor een zodanig hoge krachtoefening dat deze een risico vormde voor het ontwikkelen van klachten aan het bewegingsapparaat. Na herontwerp van de haak is de krachtoefening met 60% gereduceerd. Deze krachtreductie is voornamelijk gerealiseerd door de kantelkop van de nieuwe stang die ervoor zorgt dat de hoek waaronder je trekt niet uitmaakt voor de trekrichting bij het touwtje.

Het onderzoek is uitgevoerd in de praktijk, waarbij enkele pragmatische keuzes gemaakt moesten worden die de resultaten mogelijk hebben beïnvloed. De beschikbaarheid van schepen bepaalde het type en de onderhoudsstaat van de twistlocks. Zo zijn de situaties waarbij de fysieke belasting werd gemeten mogelijk niet representatief wat betreft de twistlocks. Dit blijkt ook uit het verschil in gemeten handkrachten tussen de voor- en nameting: deze krachten lagen in de nameting veel lager. Dit discussiepunt is ondervangen door krachtmetingen bij de nameting zowel bij gebruik van de nieuwe als de oude siorstang uit te voeren en verschillen in percentages uit te drukken. Over de gemeten krachten met de oude stang moet worden opgemerkt dat deze sterk kunnen verschillen door het verschil in de staat van onderhoud van twistlocks. Omdat deze staat van onderhoud per boot kan verschillen, is de fysieke belasting op sommige dagen veel hoger dan op andere dagen. We zijn bij de beoordeling uitgegaan van een gemiddelde kracht. In de evaluatie is niet gekeken naar een mogelijk effect op de werksnelheid. Mogelijk gaat de werksnelheid, en daarmee de frequentie van handelingen, omhoog met de nieuwe stang omdat twistlocks sneller los komen. In dat geval zal de vermindering van fysieke belasting met de nieuwe stang iets minder sterk zijn. Ten slotte is het belangrijk te vermelden dat de werkhouding niet is veranderd, waardoor de nek- en schouderbelasting (door omhoog kijken) hoog blijven. Er is in het onderzoek niet gekeken naar de invloed van de nieuwe siorstang op de duur van die werkhouding; mogelijk gaat het aanhaken sneller dan bij de oude stang waardoor de belasting vermindert. Het is van belang hier in een volgend onderzoek aandacht aan te besteden.

Conclusies

Al met al concluderen we dat de nieuwe siorstang een substantiële vermindering van de fysieke belasting met zich brengt en daarmee ook een vermindering van de kans op gezondheidsklachten. Voor volledige acceptatie van de nieuwe stang door de sjorders is het van belang dat enkele negatieve evaluatiepunten worden weggewerkt. Met name vermindering van het gewicht van de stang is daarvoor van belang. Ook is het voor de werkgever van belang wat de invloed van de nieuwe siorstang is op de werksnelheid. Voor een bredere toepasbaarheid heeft MAX designers inmiddels een nieuwe versie siorstang ontwikkeld die geschikt is voor twistlocks met zowel een enkel als een dubbel touwtje, waardoor het gereedschap op meerdere schepen kan worden ingezet.

Abstract

Modern container terminals are fully automated with the exception of stacked sea containers which need to be locked and unlocked manually. This work is being done by lashers. At the request of Matrans Marine

Services, the physical workload of this work was assessed and found to be too high. Because of the increased risk of back, neck and shoulder symptoms, a project was started to redesign the equipment that is used for this task. The project resulted in a new lashing tool to unlock the containers. An evaluation of the redesigned equipment showed that the hand force needed to unlock the containers was reduced with almost 60%. Although the neck posture still is a matter of concern, the physical workload when using the new equipment is substantially lower than when using the old equipment. The lashers are positive about their new equipment.

Referenties

- Chaffin D.B., Andersson G.B.J., Martin B.J. (1999). *Occupational Biomechanics. Third edition ed.* New York: John Wiley & Sons.
- Mital A., Nicholson A.S., Ayoub M.M. (1997). *A guide to manual materials handling.* London: Taylor & Francis.
- NEN-EN 1005-3 (2008). *Veiligheid van machines - Menselijke fysieke belasting - Deel 3: Aanbevolen maximale krachten bij machinewerkzaamheden (en).*
- NEN-EN 1005-4+A1 (en), (2008). *Safety of machinery - Human physical performance - Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery.*

Over de auteurs



Drs. M. Douwes
Senior Scientist
Work Health Technology
TNO
marjolein.douwes@tno.nl



Drs. R. Könemann
Research Scientist
Sustainable Productivity and
Employability
TNO



Ir. T. Linders
Designer
MAX designers