
De 3-traps put voor onderhoudswerk aan treinen en locomotieven

K. J. Peereboom¹

Summary

A new ergonomic design for a train maintenance workplace is presented which, to a great extent, solves postural problems as well as logistic problems in the current situation.

trefwoorden: ergonomie, treinonderhoud, houdingsregistratie

Inleiding

In de werkplaats voor treinonderhoud werken zo'n 145 elektrische-, mechanische- en dieselmonteurs. Zij houden zich dagelijks bezig met controle- en onderhoudswerkzaamheden aan diesellocomotieven en -treinen. In de huidige werkplaats worden treinen daartoe geplaatst op

1. Drs. Kees Peereboom is ergonomoombewegingswetenschapper, arbeids- & organisatiepsycholoog en fysiotherapeut en was tot voor kort werkzaam bij NS/Ergonomie. Sinds 1 oktober 1994 is hij adviseur bij van Voskamp Huppes Peereboom, Adviseurs in Arbo en rendement. VHP, Stationsweg 21a, 2515 BG 's-Gravenhage.

Samenvatting

Treinonderhoud vindt plaats onder ergonomische omstandigheden die ten dele vergelijkbaar zijn met die in automobielgarages: in werkputten. Knelpunten van de huidige put zijn: een hoge arm/schouder-, been- en rugbelasting en ongunstige logistieke omstandigheden. In het kader van een renovatie van een onderhoudswerkplaats voor treinen werden vijf alternatieven ontwikkeld, die op een tiental ergonomische items werden beoordeeld. Eén van deze alternatieven, een put met vier werkniveau's, is als uitgangspunt gebruikt voor een op de specifieke situatie toegespitst ontwerp. Dit ontwerp is de '3-traps put', een werkopstelling met drie werkniveau's. De '3-traps put' is beproefd tijdens een 'mock-up' onderzoek.

negen sporen met een lengte van ± 80 meter: in de locomotievenhal liggen vier sporen, in de treinenhal vijf. Acht sporen zijn geplaatst boven constructies die vergelijkbaar zijn met het put-concept zoals dat bekend is van automobielgarages. Eén spoor is een hefspoor; dit is een opstelling waarmee treinen in verticale richting gepositioneerd kunnen worden. Voor wat betreft de aard van de werkzaamheden verschilt de werkplaats van andere werkplaatsen van het bedrijf: er vinden geen complete revisies plaats maar er worden in een kort tijdsbestek controle- en onderhoudswerkzaamheden uitgevoerd. Het onderhoud aan de dieseltreinen brengt met zich mee dat het meeste

Figuur 1: Doorlooptraject ergonomische vraagstelling

1. vraagstelling klant
2. inventarisatie bestaande situatie
3. conclusies bestaande situatie
4. probleemstelling
5. ontwikkeling alternatieven
6. vergelijken alternatieven
7. keuze van een alternatief
8. optimaliseren keuze-alternatief ('desk-research')
9. beproevingsonderzoek ('fijnafstemming op mock-up')
10. ontwerp nieuwe situatie
11. implementatie

werk aan de zij- en onderkant van de trein uitgevoerd wordt (76%).

Ter vergelijking: bij een elektrische trein als de 'dubbel-dekker' wordt 60% van het werk in de trein zelf uitgevoerd. Daarnaast is de ruimte tussen de sporen in de werkplaats kleiner dan in andere werkplaatsen, hetgeen van logistiek belang is (denk b.v. aan manoeuvreerruimte voor heftrucks). De vraagstelling voor deze werkplaats was de volgende: hoe dienen treinen en locomotieven opgesteld te worden opdat werkplaatsmonteurs optimaal kunnen werken?

Methodie

De bij het beantwoorden van deze vraag toegepaste procedure is weergegeven in figuur 1.

Inventarisatie bestaande situatie

Deze inventarisatie is begonnen met een twaalfal sessies Taakgericht Werk Overleg (TWO). Tijdens deze sessies zijn alle monteurs in de gelegenheid gesteld ervaren knelpunten, ideeën en oplossingen betreffende de lichamelijke belasting van het werk te uiten. Vervolgens zijn op basis van interviews met het eerstelijnsmanagement en ervaren monteurs taakanalyses en een handelingsanalyse gemaakt.

De taakanalyses zijn gebaseerd op de Vragenlijst 'Werken Gezondheid' (Hildebrandt, 1991). Per taak is zowel gevraagd naar tijdsbesteding als naar ervaren lichamelijke belasting. Deze vragenlijst is door 122 monteurs ingevuld (respons: 85%).

De handelingsanalyse omvat het in 10 categorieën onderverdelen van de werkhandelingen (bijv. tillen onderdelen, tillen gereedschappen, tillen onderdelen en gereedschappen, sleutelen, reinigen/poetsen etcetera). Naast dit 'subjectief' instrument is een gecomputeriseerde toepassing van basic OWAS als meer 'objectief' instrument gebruikt (Borm & Kant, 1991). Observatiegegevens en vooraf geregistreerde informatie-items (plaats waar gewerkt wordt/soort trein/soort monteur/soort opstelling/soort handeling et cetera) zijn zodanig verwerkt dat het mogelijk is per item een uitspraak te doen. De handelingsanalyse is opgenomen in deze OWAS toepassing.

Op deze wijze kan men het tillen onder de trein vergelijken met het tillen naast de trein. Ook kan men bijv. het werken in de trein vergelijken met het werken onder de trein. Met OWAS is een steekproef van handelingen in een gemiddeld werkpakket gemaakt (n = 3584). Hiertoe hebben twee observatoren 'at random' enkele weken gedurende periodes van 30 minuten monteurs geobserveerd.

Daarnaast zijn – op basis van gegevens ontleend aan de vragenlijst en het TWO – de handelingen in een zwaar werkpakket geobserveerd voor elk van de drie monteurssoorten (n = 1494).

De bestaande situatie is weergegeven in figuur 2 a.

Conclusies bestaande situatie

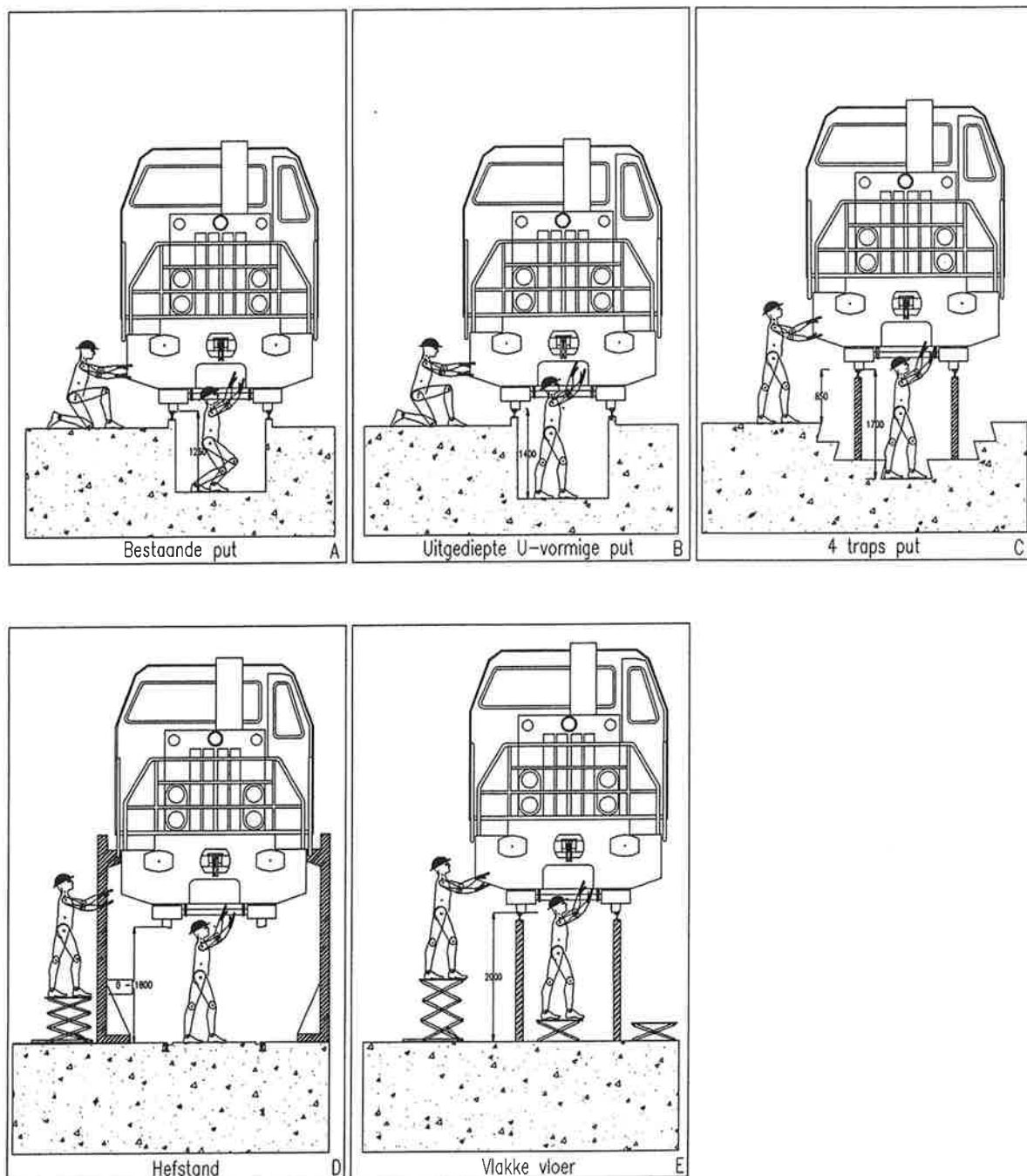
Driekwart van het werk wordt aan de onder- of zijkant van de trein uitgevoerd. In de huidige 'U-vormige' put (bouwjaar: 1954) bevinden onderdelen aan de onderzijde van treinen zich op 1500 tot 2300 mm boven de bodem van de put (zie figuur 2 a). De vrije loophoogte is circa 1650 mm. Dit betekent dat gedurende het gedeelte van de werkdag dat een monteur zich onder de trein bevindt (+ 25%) deze veel met zowel gebogen knieën als een gebogen rug werkt. Daarnaast heeft deze put alleen aan de kopse kanten een in- en uitstap mogelijkheid. Men verplaatst zich in gebukte houding onder de trein om op de werkplek te komen. Vooral het transporteren van onderdelen en gereedschappen naar de werkplek is daardoor lichamelijk zwaar te noemen. Indien men werkzaamheden aan een relatief hoog gepositioneerd onderdeel moet verrichten, dient men daarentegen te reiken. Het gros van de hulpmiddelen ligt in het magazijn. Het feit dat het magazijn zich buiten de reparatiehallen bevindt, draagt er toe bij dat hulpmiddelen niet altijd gebruikt worden. Aan de zijkant van de trein bevindt het perron zich 260 mm onder de bovenkant van de spoorstaaf (= BS). In de praktijk betekent dit dat veel werkzaamheden aan de zij/onderkant van de trein knielend of in een voorovergebogen houding zittend op een kruk uitgevoerd worden.

Naar een probleemstelling

Om te kunnen bepalen in welke mate het wenselijk is de huidige 'U-vormige' put te verbeteren dan wel over te gaan tot het inpassen van een nieuw concept zijn drie reeds bestaande alternatieven vergeleken en in een nader onderzoek beproefd. Deze drie opstellingen zijn de huidige putconstructie, de hefstand en de 4-trapsput in een andere werkplaats. Aangezien geconstateerde knelpunten met name het aspect werkhoudingen betreffen, dient een goed alternatief in eerste instantie op dit aspect een voldoende te scoren. Bij het beproevingsonderzoek werden OWAS registraties uitgevoerd bij dezelfde diesel-, elektrische en mechanische monteurs terwijl deze hetzelfde zware werkpakket in dezelfde volgorde met gebruik van hetzelfde gereedschap uitvoeren op drie verschillende opstellingen (n = 2769). Er zijn werkzaamheden aan twee soorten treinen en één soort locomotief geobserveerd. De resultaten van dit beproevingsonderzoek tonen aan dat overbelastende werkhoudingen volgens de OWAS-normering tijdens het werken met de huidige 'U-vormige put' ongeveer drie maal zoveel voorkomen in vergelijking met het werken met de hefstand en de 4-traps-put (Peereboom & Peters, 1991). Tijdens het werken met de 'U-vormige put' komen overbelastende werkhoudingen vooral voor tijdens het in gebukte houdingen onder de trein werken. Het werken met de hefstand brengt het probleem met zich mee dat men een werkhooft in kan stellen terwijl er veelal drie monteurs gelijktijdig werken. Bij de 4-trapsput is de armbelasting tijdens het werken onder de trein ongunstig. Geen van deze drie alternatieven voldoet aan de OWAS-normering.

Op basis van deze uitkomst zijn twee nieuwe alternatieven toegevoegd. In figuur 2 zijn vijf alternatieven voor het opstellen van treinen weergegeven: de huidige put (A), een uitgediepte versie daarvan (B), een getrapte putconstructie met vier werkniveaus (C), een opstelling waarmee de trein in verticale richting gepositioneerd kan worden (een hefstand) (D) en een verdiepte vlakke vloer met rails op pilaren (E). De vlakke vloer is bij NS niet in gebruik, maar wordt veel toegepast in diverse industrieën. Het ontwerpprobleem bestaat uit het kiezen van een van deze vijf alternatieven, dat vervolgens geoptimaliseerd zal worden.

Figuur 2. Globale maatvoering van vijf alternatieven voor opstellingen voor treinen (monteurs P 95; lichaamslengte: 1900 mm). Bron lichaamsmaten: DINED tabel, (Molenbroek & Dirken, 1986).



Het kiezen van een alternatief

Het ergonomisch programma van eisen is globaal weergegeven in de vorm van een beoordelingsmatrix (tabel 1). Elk van de items is een eis en moet minimaal een voldoende scoren (6). De wens is een zo hoog mogelijk cijfer.

Tabel 1 geeft een sterkte/zwakte analyse per opstelling weer. Alle items zijn op basis van de onderzoeksresultaten onafhankelijk door drie ergonomen beoordeeld. Indien sprake was van een verschil van twee punten of meer, is het betreffende item gezamenlijk nogmaals beoordeeld. De huidige opstelling voldoet – naast het feit dat de arm-belasting relatief gunstig is – op vrijwel geen enkel punt. Bij de uitgediepte versie is met name de beperkte in- en uitstap en de dichte putwand problematisch. Hierdoor kan men lastig rondom de wielen werken. Tevens is het werken aan de zijkant van de trein dan niet verbeterd t.o.v. de huidige put. De hefstand is qua ergonomie vergelijkbaar met de 4-trapsput en rechtvaardigt derhalve niet

de veel hogere bouwkosten. Bovendien vergt hij een strakker organisatie en aanschaf van meer hulpmiddelen als meerdere monteurs gelijktijdig werken. Dit alternatief is – na overleg met de opdrachtgever – buiten beschouwing gelaten. Er bestaat een klein verschil tussen de 4-traps put en het vlakke vloer alternatief, deze laatste heeft echter als nadeel dat een veelvoud aan hulpmiddelen in de vorm van bordessen e. d. nodig zijn. Gezien de vrijwel gelijke totaalbeoordeling en de veel hogere kosten van een vlakke vloer toepassing (dieper de bodem in, meer hulpmiddelen/bordessen inzetten), is gekozen voor een strategie waarbij de zwakke punten van de 4-traps put zodanig verbeterd worden dat een ontwerp ontstaat dat ergonomisch gezien minimaal gelijkwaardig is aan de vlakke vloer.

Optimalisatie van het keuze-alternatief

Drie maten staan daarbij centraal:
 – De afstand van de putvloer tot de onderkant van de

trein gerelateerd aan BS (de putdiepte-maat).
 – De afstand van de vlakke vloer tot de zij/onderkant van het materieel gerelateerd aan BS (de zij-maat).
 – De dimensionering van de in- en uitstap mogelijkheden. Hiervoor is een concept-ontwerp als 'mock-up' rondom de hefstand gebouwd. Wederom heeft een beproevingsonderzoek plaatsgevonden. Van elk van de drie monteurscategorieën hebben een kleine monteur (ongeveer 165 cm) en een lange monteur (ongeveer 191 cm) hetzelfde werkpakket van meer dan gemiddelde zwaarte uitgevoerd waarbij op drie verschillende werkhoogtes zowel onder als naast de trein gewerkt is. Door middel van een soortgelijke beoordelingsmatrix als weergegeven is in tabel 1 zijn de ergonomische items per werkhoogte beoordeeld. Vervolgens zijn treinen op de mock-up geplaatst zodat andere monteurs hun normale werkpakket op deze opstelling kunnen uitvoeren en middels evaluatie-formulieren hun mening konden geven. Het beproevingsonderzoek naar de maatvoering is uitgevoerd op de tot 'mock-up' omgebouwde hefstand. De argumentatie die tot dit ontwerp geleid heeft wordt hierna toegelicht.

Resultaten

Globaal

Het ontwerp van de nieuwe situatie: de 3-trapspuit

De 3-trapspuit is opgebouwd uit:

- Niveau 1: Het loopniveau (–1790 mm BS)
- Niveau 2: Het inspectieniveau (–1490 mm BS)
- Niveau 3: De vlakke vloer (–850 mm BS)

- Instelbaar werkniveau: verrijdbaar hefplateau (breedte: 1350 mm, lengte 1000 mm) met voetbediening
- In- en uitstapmogelijkheden
- Pilaren ter ondersteuning van de spoorstaven.

De putdiepte-maat

Uitgangspunt voor de keuze van deze maat is het principe dat iedere monteur (incl. helm en schoeisel) rechtop onder de trein door kan lopen. Aan dit uitgangspunt ligt de volgende argumentatie ten grondslag:

– Naar schatting 20% van de tijd dat een monteur zich onder de trein bevindt, is hij bezig met het zich verplaatsen. Al bij enkele graden vooroverbuiging van de romp neemt de belasting van de rug aanzienlijk toe. De beenbelasting neemt sterk toe als men tijdens lopen het kniegewricht van het standbeen slechts een paar graden buigt. Genoemde belastingen zijn groter als men gereedschappen en onderdelen handmatig tilt (ongeveer 25% van de werktijd).

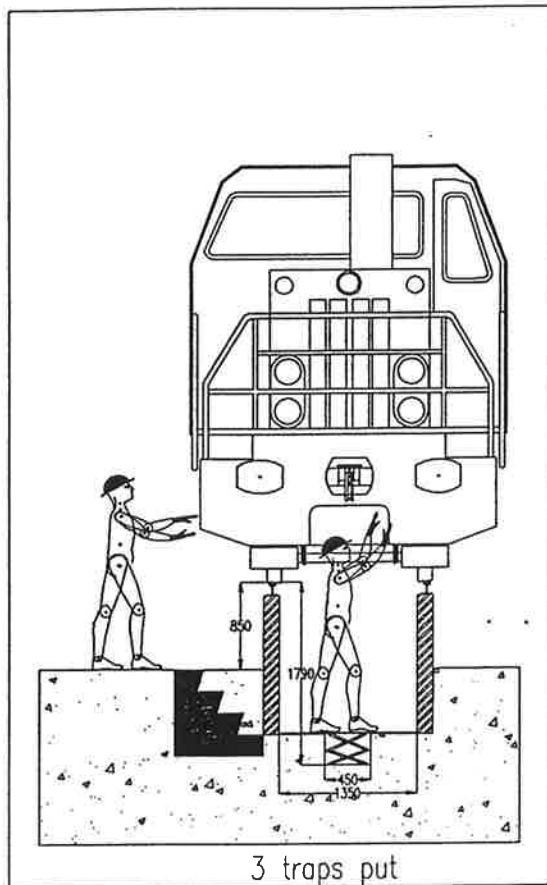
– Het bereik waarin onderdelen gepositioneerd zijn aan de onderzijde van de trein kent een variatie in hoogte van ± 800 mm. Dit betekent dat het niet mogelijk is om voor de putvloer een ideale diepte t.o.v. de trein vast te stellen. De optimale werkhoogte varieert afhankelijk van het te behandelen onderdeel, de lichaamsmaten van de monteur en het gebruikte hulpmiddel. Door te kiezen voor een putdiepte-maat waarbij iedere monteur rechtop onder de trein kan lopen en het tegelijkertijd beschikbaar stellen van hefplateau's kan men zich zowel goed verplaatsen als op optimale hoogte aan de trein werken. De putdiepte is zo gekozen dat gebruik van een hefplateau nodig is. De

Tabel 1. Beoordelingsmatrix (Kepner en Tregoe, 1990) voor vier opstellingen.

ergonomische items	wegings factor	U-vormige put	uitgediepte U-vormige put	4 traps put	vlakke vloer
1. werkhouding/bereikbaarheid	10	2	7	10	10
2. bewegingsruimte/plaats	8	3	4	8	9
3. logistiek/mobiliteit	8	2	2	6	7
4. krachtoefening/outillage	7	4	4	10	7
5. flexibiliteit t.a.v. treinsoorten	5	4	4	7	10
6. onderhoudswerk	5	5	8	10	8
7. herstellingswerk	4	4	6	8	10
8. inspectiewerk	3	3	5	10	6
9. vloerkwaliteit	2	10	10	10	8
10. (dag)licht	1	2	3	7	10
totaalscore	530	180	227	456	459
	max				
% van maximum score	100%	34%	52%	86%	87%

Elk van de ergonomische items is gewogen. Per alternatief is een beoordeling gegeven middels een rapportcijfer (1 = abominabel t/m 10 = uitmuntend). De beoordelingen zijn per item vermenigvuldigd met de wegingsfactor, de som hiervan levert een totaal score op.

Figuur 3. Ontwerp 3-trapsput



filosofie is: 'Als men toch de werkhoogte in moet stellen, stelt men hem juist in'. Goed ontwerpen bevordert zo verantwoord bewegingsgedrag. Monteurs van verschillende lichaamslengtes kunnen probleemloos samenwerken en er hoeft niet meer in de put getild te worden. Alle onderdelen en de standaard gereedschapskisten (gewicht: ongeveer 25 kg) kunnen van opzij op het hefplatform geschoven worden.

De putdiepte van -1790 mm BS is bedoeld voor het zich onder de trein verplaatsen en wordt derhalve 'looptniveau' genoemd. Voor een dergelijk looptniveau is een breedte van 450 mm afdoende. Iedere monteur kan op deze wijze zonder problemen heen en weer lopen en zich omdraaien. Naast het niveau van -1790 mm BS is aan weerszijden gekozen voor een werkhoogte van -1490 mm BS. Dit tweede niveau ('inspectieniveau'), is bedoeld voor het uitvoeren van inspectiewerkzaamheden. Het inspectieniveau is 600 mm breed. Ter hoogte van de pilaren waarop het spoor rust is deze breedte 450 mm. Bij inspectiewerkzaamheden is een iets grotere afstand van het object (>500 mm) juist gewenst. Tevens dient men een zodanig blikveld te hebben dat men ook de bovenzijde van onderdelen kan zien en dient het steeds weer instellen en verplaatsen van een hefplatform te worden vermeden. Dit is in de werkplaats van belang omdat bij iedere binnenkomende trein eerst een vooropname verricht wordt om de noodzaak tot reparatie en onderhoud te bepalen. Uit figuur 2 en 3 blijkt dat het derde niveau van de 4-trapsput vervallen is. Dit niveau is tijdens onderhoud aan dieseltreinen niet of nauwelijks nodig. Daarentegen heeft men nu 600 mm breedte om op te staan tijdens inspectiewerk en kunnen bovendien andere gewenste werkhoogtes met het hefplatform ingesteld worden.

De zij-maat

Uitgangspunt voor de keuze van deze maat is dat monteurs – hetzij zittend, hetzij staand – qua lichamelijke belasting en bereikbaarheid ergonomisch verantwoord aan de zij/onderkant van de trein kunnen werken. Dit niveau is de vlakke vloer. Aan dit uitgangspunt ligt de volgende argumentatie ten grondslag:

- Bij het werken aan de zij/onderkant van trein veroorzaakt reeds een geringe buiging van de rug forse overbelasting. Dit hangt samen met het feit dat aan de zijkant relatief veel werk in statische werkhoudingen uitgevoerd wordt.
- Het blijkt dat hulpmiddelen als kniebeschermers, krukjes e.d. onvoldoende gebruikt worden. De zij-maat is zo gekozen dat men een minimum aan hulpmiddelen nodig heeft om maximaal verantwoord te kunnen werken. D.w.z. dat men staand werk zoveel mogelijk op of rond ellebooghoogte uit kan voeren.
- voor een goede logistiek dient de ruimte tussen de sporen te worden vrijgehouden (bijv. voor heftruck gebruik). Krukjes, karren e.d. kunnen onder de zijkant van de trein geplaatst worden.

De in- en uitstap

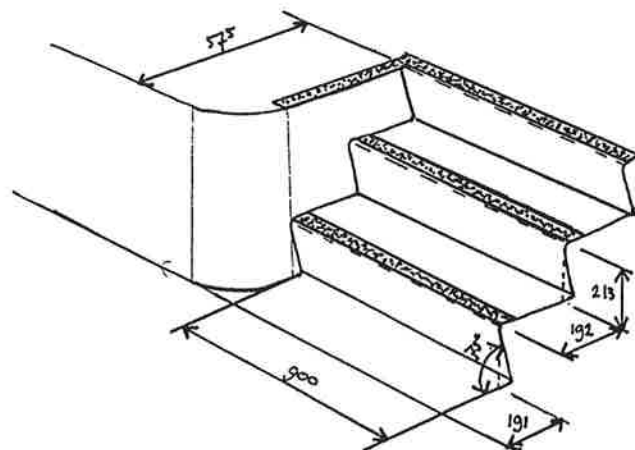
Dit betreft in deze de positionering van trappen voor het in- en uitstappen aan de zijkant. Hierbij zijn de volgende criteria van belang:

- De trap mag niet buiten het breedteprofiel van de trein vallen. Dit is vereist vanuit het oogpunt van arbeidsveiligheid en garandeert tevens een behoud van ruimte tussen de sporen (bijv. voor transportdoeleinden).
- De trap is alleen nodig voor personen. Materialen en hulpmiddelen kunnen via de vloer en het in de put aanwezige hefplatform getransporteerd worden.
- Het feit dat onder de trein bemande hefplatform's als sta-in-de-weg aanwezig kunnen zijn, maakt meerdere in- en uitstapmogelijkheden wenselijk.

De aanwezigheid van de spoorstaaf betekent dat men zal moeten bukken tijdens in- en uit stappen. Dit is ergonomisch gezien niet gunstig. Benadrukt wordt echter dat het verantwoord kunnen werken aan de trein op basis van de onderzoeksresultaten een hogere prioriteit verdient dan het in- en uit de put stappen. Binnen het huidige ontwerp is deze trap adequaat voor toepassing bij de vastgestelde put-maatvoering. De volgende overwegingen zijn hierbij van belang:

- Men kan veelal aan de kopse kant in- en uitstappen.
- De trap is 900 mm breed zodat men diagonaal in- en uit kan stappen. Naast het feit dat dit beter aansluit bij de natuurlijke looprichting langs de trein betekent dit dat het obstakel de spoorstaaf eenvoudiger en lichamelijker

Figuur 4. Trap-ontwerp in perspectief weergegeven.



minder belastend omzeild kan worden. De relatief kleine treediepte wordt gecompenseerd door de overlap van treden.

– Aan beide zijden van de in- en uitstap is 450 mm breedte van de vlakke vloer tot aan de pilaar beschikbaar voor het positioneren van gereedschappen en onderdelen alvorens deze vanuit de put handmatig, dan wel met het hefplateau getild worden. Men hoeft aldus niet te tillen tijdens in- en uitstappen.

Conclusie en vervolg

Teneinde tot een optimale put-constructie voor de werkplaats te komen zijn een aantal onderzoek- en ontwerpstadia doorlopen. Getracht is de opstelling zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de specifieke plaatselijke situatie. Dit betekent een continue afweging van pro's en contra's. Een ergonomisch perfect ontwerp is niet realiseerbaar, gestreefd is naar een optimum in de huidige situatie. Als men de 3-trapsput in de beoordelingsmatrix invoert, scoort deze een betere beoordelingspercentage dan de 'vlakke vloer' (86%) en de '4-trapsput' (87%), nl. 92%.

Het ontwerpproces bevindt zich thans in de implementatiefase. Enkele aspecten behoeven in de implementatiefase nog nadere uitwerking (bijv. het verder uitwerken van de in- en uitstap mogelijkheden, het ontwikkelen van een hefplateau-concept, en in- en uitstappen aan de kopskanten).

Dankwoord

De auteur dankt Marja Buter, Ir. Henk Frieling, Aad de Geus, Ir. John Peters R.a.h. en Prof. Ir. Pieter Rookmaaker van NS/Ergonomie en Ir. Peter Voskamp R.e. van VHP voor hun constructieve bijdrage aan dit artikel.

Literatuur

- Dijkstra, A., et al: Funktioneren in de Arbeidssituatie. Leiden, NIPG-TNO, 1981.
- Hildebrandt, V.H., Vragenlijst bewegingsapparaat. De validiteit van gerapporteerde romphouding en rugklachten bij vergelijking van beroepsgroepen. Leiden, NIPG-TNO, 1991.
- Kant, I.J., Borm, P.J.A., Observations of working postures in garages using the Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) and consequent workload reductions recommendations. *Ergonomics*, 33, 2, 1990, 209-220.
- Kepner-Tregoe, Planning Besluitvorming Probleemanalyse. Rijnconsult Kepner Tregoe, Rijntraining, 1990.
- Kivi, P., Matilla, M., Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerised OWAS method. *Applied Ergonomics* 22, 1, 1991, 43-48.
- Molenbroek, J.F.M., Dirken, J.M., Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen DINED-tabel. Technische Universiteit Delft, Faculteit van het Industrieel Ontwerpen, 1986.
- Mossink J.C.M., et al, 1992 Ontwerpen van arbeidssituaties. Een planmatige toepassing van ergonomie. Den Haag, Arbeidsinspectie, 1992.
- Peereboom, K.J., A strategy for using the Ovako Working posture Analysing System (OWAS) to determine the physical load of actions. In: Karwowski W (ed), *The Ergonomics of Manual & Automated Materials Handling*. Holland, Elsevier Science Publishers, 1993.
- Peereboom, K.J., Frieling, H.F., Materieelopstelling Wpl Zwolle. Een vanuit een ergonomisch gezichtspunt onderbouwd put-ontwerp. Utrecht, NS/Ergonomie rapport 1371, 1993.
- Peereboom, K.J., Peters, J.H.W., Uitputtende werkhoudingen. Een onderzoek naar de belasting van het bewegingsapparaat in de lijnwerkplaats Zwolle van de Nederlandse Spoorwegen. Utrecht, NS/ergonomie rapport 1170, 1991.
- Peters, J.H.W, Peereboom, K.J., Putvorm Wpl Zwolle. Utrecht, NS/Ergonomie rapport 1265, 1992.