


Bedryfs- en tegnologiese vereistes vir die winsgewende lewering van spoorgoederevervoer

**Author:**Wessel J. Pienaar¹ **Affiliation:**¹Department of Industrial Engineering, Stellenbosch University, South Africa**Corresponding author:**Wessel Pienaar,
wpienaar@sun.ac.za**Dates:**

Received: 04 Sept. 2017

Accepted: 03 Oct. 2017

Published: 17 Nov. 2017

How to cite this article:Pienaar, W.J., 2017, 'Bedryfs- en tegnologiese vereistes vir die winsgewende lewering van spoorgoederevervoer', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 36(1), a1482. <https://doi.org/10.4102/satnt.v36i1.1482>**Copyright:**© 2017. The Authors.
Licensee: AOSIS. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.

In hierdie oorsigartikel word verslag gedoen oor die vernaamste bedryfs- en tegnologiese vereistes waaraan kommersieel lewensvatbare spoorvervoerstelsels in 'n ekonomies ongereguleerde goederevervoermark moet voldoen. Die volgende aspekte word bespreek: (1) Die marksegmente wat oor die algemeen winsgewend deur spoorvervoer in nywerheidslande bedien word; (2) vergelykende koste van spoorvervoer en die bedryfsmetodes wat gebruik word om spoorvervoer kostevoordeliger te maak; en (3) die vernaamste tegnologiese vereistes waaraan kommersieel lewensvatbare spoorvervoerstelsels moet voldoen. Wat tegnologiese vereistes betref, word in besonder gelet op die volgende: (1) die soorte treine en doelgeboude spoortrokke wat gepaste marksegmente ten beste bedien; (2) die eienskappe van spoorvervoereindpunte wat doeltreffende spoorvervoerbedryf onderskraag; en (3) die hanteringstoerusting wat benodig word om die spoorbedryf te laat vlot. Die doelgeboude trokmodelle en die soort treine waarin die trokke saamgestel word om ten beste aan spoorvervoeroperateurs se besondere bedryfsbehoefte te voldoen, asook die belangrikste faktore wat spoortrokke se ontwerp onderlê, word bespreek. Voorts word die eienskappe van die vernaamste soorte eindpunte waar goedertreine aandoen, bespreek. Laastens word die hanteringstoerusting beskryf waarmee die spektrum van karweibare goedere vinnig, veilig en teen laagste eenheidskoste in en uit trokke gelaai, of na ander vervoermodusse oorgelaai word.

Operational and technological requirements for the profitable provision of rail freight transport. This article provides an overview of the most pertinent operational and design requirements of rail freight transport technology that could be instrumental in the profitable participation of rail transport in an economically deregulated freight transport market. The following three aspects are addressed: (1) The market segments that are serviced profitably by rail transport in industrial countries; (2) comparative cost of rail transport and the specific operational methods employed to make rail transport more cost advantageous; and (3) the most pertinent technological requirements set upon rail transport systems to operate commercially viably. Regarding technological requirements, the following aspects are elaborated upon: (1) train types and purpose-built wagons to appropriately serve specific market segments; (2) the type of freight terminals employed to effectively support rail transport operations; and (3) the types of handling equipment needed to enable rail transport to operate smoothly. The purpose-built wagon models and the types of train compositions to optimally adhere to rail transport operators' specific needs, as well as the the most important factors that underlie wagon design, are discussed. Subsequently the functional requirements of the main terminal facilities that receive freight trains are discussed. Lastly, the handling equipment needed to load, unload and transload transportable freight on, from and between wagons and other modes of transport swiftly, safely and at lowest cost per freight unit are discussed.

Inleiding

Gedurende die sewentigerjare van die vorige eeu het padvervoer spoorvervoer as die oorheersende vorm van goederevervoer op langafstand-deurskotte (minerale en erts uitgesluit) in Suid-Afrika vervang. Desondanks was die algemene opvatting aan die begin van die 1970s nog dat dit in die openbare belang is om die aanbod van goederevervoer ekonomies te reguleer vanweë: (1) die skaalekonomiese voordele wat spoorvervoer met hoë uitset geniet, (2) die behoefte om die eienaarsbelang (veral dié van owerhede) in spoorvervoer te beskerm, en (3) die probleme wat potensieel ernstige markmislukking kan meebring. Die vervoerbedryfvereistes van kliënte in nywerheidslande het teen hierdie tyd 'n groter behoefte aan vryer markomstandighede en die hervorming van goederevervoerbeheer gehad. Die vorming van die goederevervoerbedryf en die opheffing van ekonomiese beperkings in nywerheidslande het vanaf die laat 1970s gevolg.

Read online:

Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Die standpunt wat begin posvat het, was dat die mislukking van statutêre ekonomiese regulering dikwels skadeliker as markmislukkings is.

In die vroeë 1970s het alle nywerheidslande reeds oor goedontwikkelde padnetwerke beskik wat: (1) toegang verleen het tot alle geproklameerde vaste eiendom en (2) padvervoerdienste gefasiliteer het wat 'n bevredigende mate van geografiese en produkgewyse markdekking kon verleen. Die gunstige bedryfseienskappe van padvervoer in vergelyking met spoorvervoer (bv. kort deur-tot-deur-reistye, groter buigsaamheid, beter toegang, superieure betroubaarheid, hoër opslaa- en afleweringreëlmaat, hoër goederesekuriteit, makliker marktoetreding en die vooruitsig van goederesenders om groter beheer oor besendings tydens die vervoerproses te hê), het verskepers minder afhanklik van owerheidsbeskermdes spoorvervoer gemaak, met 'n gepaardgaande ontwaking van die vraag na padvervoer.

Die ekonomiese lewe in Suid-Afrika gedurende die tagtigerjare en vroeë negentigerjare van die twintigste eeu is gekenmerk deur snelle verandering. Eerstens het deregulering binne verskeie bedryfsvertakings (soos goederevervoer en die bemarking van landbouprodukte), die liberalisering van internasionale handel en Suid-Afrika se hertoetreding tot onverbloemde internasionale handel (ná die opheffing van internasionale handelsanksies), vervoerbesluitneming meer markgedrewe gemaak. Privaat inisiatief in die vervoerwese het begin gedy. Tweedens het die koms van doeltreffende inligtingstechnologie en maklike elektroniese kommunikasie die vermoë om omvangryke en ingewikkelde berekeninge rekenaarmatig uit te voer, dit begin moontlik maak om vervoer- en bedryfstelsels op geïntegreerde en gekoördineerde wyse bykans in reële tyd te bestuur.

In die lig hiervan het Transnet in 1993 versoek dat ondersoek gedoen word na die stand van die spoorgoederevervoerbedryf in nywerheidslande om hierdie stand van sake te sintetiseer en die waarskynlike toekomsrol van spoorgoederevervoer in 'n ekonomies gedereguleerde goederevervoermark in Suid-Afrika te visualiseer, en verslag daaroor te doen.

Die vernaamste algemene aanbevelings wat uit die ondersoek gevloei het, was dat die beste vooruitsig vir heilsame goederevervoeraktiwiteite wat ekonomies doeltreffendheid in Suid-Afrika bevorder in 'n ekonomies vrye mark sal geskied waarbinne: (1) kliënte 'n vrye keuse van vervoermodus en karweier het en (2) goederekarweiers self besluit oor die soort dienste wat hulle wil aanbied en vryelik oor tariewe wat mededingend en ekonomies verdedigbaar is met kliënte kan ooreenkom. Hierdie aanbevelings is deur Transnet en die Nasionale Departement van Vervoer aanvaar. Dit het daarop neergekom dat Transnet se spoorfiliaal hom voortaan op daardie marksegmente moes toespits waar dit mededingende voordeel geniet (Pienaar 1997; Pienaar & Spies 1997).

Bestek van die studie

Om gevolg te gee aan bogenoemde aanbevelings, was dit nodig om op hoogte te kom van die stand van spoorvervoer in nywerheidslande oor die wêreld heen. Die volgende aspekte is nagevors: (1) Die marksegmente wat lonend deur spoorvervoer bedien word, (2) vergelykende koste van spoorvervoer en (3) die vernaamste tegnologiese vereistes waaraan kommersieel lewensvatbare goederespoorvervoerstelsels moet voldoen. Wat tegnologiese vereistes betref, is in besonder op die volgende gelet: (1) die soort treine en doelgeboude spoortrokke om gepaste marksegmente ten beste te kan bedien, (2) die hanteringstoerusting wat benodig word om vlot spoorbedryf moontlik te maak en (3) die eienskappe van spoorvervoereindpunte wat 'n doeltreffende spoorvervoerbedryf kan onderskraag. Hierdie oorsigartikel doen verslag oor die vernaamste bedryfs- en tegnologiese vereistes waaraan kommersieel lewensvatbare goederespoorvervoerstelsels in 'n ekonomies ongereguleerde mark moet voldoen.

Ondersoekmetode

Die ondersoek is hoofsaaklik uitgevoer deur studiebesoeke te bring aan stede en goederevervoereindpunte in nywerheidslande waar goederevervoerbedrywighede op 'n groot skaal plaasvind, en deur onderhoude en korrespondensie met verteenwoordigers van spoorvervoeroperateurs. Spoorvervoerbedrywighede en -operateurs in die volgende plekke is besoek: Atlanta, Baltimore, Boston, College Station (in Texas), Chicago, Montreal, New York, Oakland (in the San Francisco-baaigebied) en Seattle in Noord-Amerika; Bremen, Frankfurt, Hamburg, Rome en Rotterdam in Europa; Auckland, Brisbane, Sydney en Wellington in Australasië; Casablanca, Durban, Johannesburg, Kaapstad, Kairo, Marrakesj, Richardsbaai en Saldanhaabaai in Afrika; en Beijing, Boesan, Hong-Kong, Sjanghai en Singapoer in Asië. (Let op dat die spesifieke Afrikabestemmings buite Suid-Afrika eerder in 'nywerheidsenklawes' as in nywerheidslande geleë is.)

Die goedemarksegmente wat deur spoorvervoer bedien word

Grootmaatvragbedrywighede verteenwoordig die grootste tonnemaat wat hedendaags deur die meeste spoorvragoperateurs gekarwei word. Spoorvervoer kan grootmaatbesendings en hoëdigtheidgoedere teen 'n lae koste oor lang afstande vervoer. Spoorvervoer is dus geskik vir die vervoer van grondstowwe (soos mynbou- en landbouprodukte) en halfverwerkte goedere wat nie maklik beskadig word nie. In die grootmaatvervoermark is hoeveelheid deurset en prys belangriker vir die kliënt as reistyd, stiptelike aankomstye en goederesekuriteit (sorgsaamheid). Solank as wat die voorraad ystererts, steenkool of 'n ander ru-grondstof by 'n uitvoerhawe voldoende is, is die aankomstye van individuele treine nie so belangrik nie.

In ander marksegmente soos intermodale standaardhouerverkeer en losmaatverskeping van halfvoltoeide en voltooide goedere, verloor spoorvervoer egter relatiewe markaandeel, want padvragkarweiers bied oor die algemeen gereelde, korter en stipteliker vervoertye. In die geval van die vervoer van intermodale houers sedert die sewentigerjare in Suid-Afrika het die absolute volume toegeneem wat per spoor vervoer is, maar spoorvervoer se relatiewe aandeel van hierdie marksegment is aan die krimp. In die geval van losmaatbesendings neem die absolute volume sowel as die relatiewe markaandeel van spoorvervoer af (Havenga, De Bod & Simpson 2012).

Omdat spoorvervoer tot vaste roetes beperk is, het dit nie dieselfde buigsaamheid en toeganklikheid as padvragkarweiers nie. Spoorvervoer voorsien 'n eindpunt-tot-eindpunt diens eerder as 'n punt-tot-punt diens vir kliënte, tensy die kliënte 'n spoorsylyn by hul aanleg het. Indien 'n aanleg nie aan 'n spoornetwerk verbind is nie, moet 'n ander vervoermodus gebruik word om toegang tot die spoordiens te kry. Vir nie-grootmaatgoederedienste is spoorvervoer dikwels minder diensdoeltreffend as padvervoer. Die algemeen onekonomiese stadige trein wat vir die gerief van versenders en ontvangers van ongereelde besendings van individuele items na en van klein stasies en haltes bedryf is, is ná die ekonomiese deregulering van goederervervoer in nywerheidslande afgeskaf. Die maatskaplik ekonomiese dienste wat aangebied is in die dae toe spoorgoedere-operateurs algemene karweierverpligtinge gehad het, is gestaak en moes plek maak vir kontrakdiens.

'n Landwye opname tydens hierdie ondersoek onder 26 belanghebbendes in padvragvervoer (6 versenders, 15 langafstand-karweiers en 5 ontvangers) van halfvoltoeide en voltooide goedere, insluitende verbruikersware, het aan die lig gebring dat selfs in gevalle waar spoorvervoer die goedkoopste modus is en tussenmodale mededinging fisiek moontlik is, goedere per spoor eerder as per pad vervoer word, slegs indien die volgende toestande ook geld:

- Wanneer die goedere:
 - nie bederfbaar is nie;
 - nie aan veroudering binne die bestek van enkele dae onderhewig is nie (koerante word byvoorbeeld per pad of lug vervoer, maar weeklikse en maandelikse tydskrifte word dikwels per spoor vervoer);
 - nie op kort kennisgewing benodig word nie;
 - 'n laeverhoudingwaarde tot die massa het;
 - nie duurder is om te verpak, te hanteer of te stoor as vir padvervoer nie.
- Wanneer die vraag na die goedere:
 - voorspelbaar is;
 - reëlmatig voorkom;
 - vir lang periodes meer is as die plaaslike aanbod;
 - nie seisoenaal is nie.
- Wanneer die volgende probleme nie tydens ritte voorkom nie:
 - diefstal, breekskade of fisieke agteruitgang;
 - hoë versekeringsbetalings vir lang deurvoertye;

- die benodiging van swaar of duur verpakking;
- die benodiging van spesiale onderwerg.

Spoorvervoerkoste

Kostestruktuur

Weens die hoë investering in spoorinfrastruktuur (spoorlyne, vaste eiendom wat met algemene ondernemingsbestuur te make het en eindpuntgeriewe soos stasies, rangeer- en klassifiseringswerwe, pakhuse en werksinkels) en die duursaamheid van rollende material (soos lokomotiewe en goederetrokke), is die verhouding van vaste tot totale koste verhoudingsgewys hoog – die tweede hoogste van alle vervoermodusse ná pyleidingvervoer. Sowat 75% van spoorvervoerkoste is oor die kort termyn vaste koste (Havenga & Pienaar 2012).

Weens die groot aanvangskoste as absolute kwantum en die hoë verhouding van vaste koste in spoorgoederervervoer, vind die gelykbreekpunt tussen inkomste en totale koste teen 'n hoë produksievlak plaas. Dit beteken dat 'n groot volume goederedienste verkoop moet word voordat 'n wins behaal kan word. Dit kan moontlik impliseer dat 'n wins net behaal kan word as daar 'n enkele spooroperateur in die mark is, dit wil sê as 'n natuurlike monopolie bestaan (Cowie 2010; Di Pietrantonio & Pelkmans 2004). Omdat die eenheidskoste afneem wanneer die uitsetvermoë toeneem, behaal spoorvervoer aansienlike skaalvoordele (hoofsaaklik deur digtheid- en afstandvoordele) met hoë benutting – en selfs in 'n hoër mate in die geval van 'n dubbelspoorstelsel met lang treine (Havenga & Simpson 2016).

Vergelykende koste

Pyleidingvervoer oor land is die goedkoopste vervoermodus vir daardie soort grondstowwe wat per pyleiding vervoer kan word (Rabinow 2004). Spoor- of padvervoer is die goedkoopste vervoermodus vir al die grondstowwe wat nie per pyleiding vervoer kan word nie. Aangesien spoorvervoer aansienlike afstandvoordele behaal, word dit goedkoper as padvervoer vir alle soorte goedere namate ritafstande langer as sowat 500 km word. Vir ritte korter as sowat 150 km is padvervoer egter bykans altyd goedkoper as spoorvervoer. Vir alle soorte goedere wat moontlik deur óf pad- óf spoorvervoer tussen dieselfde oorsprong en bestemming vervoer kan word, is die afstand waaroor die koste gelyk is, iewers tussen sowat 150 km en 500 km (Pienaar 2012).

Voordele van vlootgrootte

Die vlootgrootte-voordeel in spoorvervoer word bereik deur lang treine te bedryf waarvan die dra vermoë goed benut word, en nie bloot deur 'n groot vloot trokke en lokomotiewe te bedryf nie. In hierdie konteks geniet spoorvervoer die hoogste vlak van vlootgrootte-voordeel van alle vervoermodusse.

Aansienlike voordele spruit uit die aanwending van meer trokke per trein en die gebruik van 'n sterker lokomotief wanneer dit vereis word. Daar kom egter 'n punt waar 'n

bykomende lokomotief vir verdere treinverlenging nodig word. Indien daar nie lokomotiewe met verskillende trekkrag beskikbaar is nie, bepaal logika dat verskeie trokke bygevoeg moet word wanneer 'n ekstra lokomotief gebruik word om die nodige treintrekkrage vereiste en lokomotieftrekkrage vermoë te balanseer. Die voordele wat spruit uit die bedryf van die langste treine wat tegnies moontlik is en die gebruik van meervoudig gekoppelde lokomotiewe is dat: (1) slegs een lokomotiefbemanning vir meervoudig gekoppelde lokomotiewe nodig is; (2) die verkeersreëling en beheer van enkele lang treine eenvoudiger en potensieel veiliger is as om verskeie kort treine te bedryf wat in totaal dieselfde vragvolume of -massa dra as 'n enkele lang trein; en (3) die benutting van spoorlyne verbeter omdat die vereiste minimum volgtye en volgafstande tussen kort en lang treine proporsioneel minder verskil as die verskil in treinlengte (Van de Venter 1989).

Voertuiggrootte-voordele

Die wydte van spoortrokke word beperk deur die wydte van die spoorlyn. Doelmatigheid vereis dat dieselfde wydte regdeur die stelsel gebruik word. Die hoogte van trokke word beperk deur die oorhoofse vryhoogte. Die lengte van trokke word beperk deur hul strukturele robuustheid om die druk te weerstaan van vragmassa op trokseksies wat nie regstreeks deur asse en wiele ondersteun word nie, en deur die maksimum aslas wat die spoorinfrastruktuur kan hanteer. Hoewel die bereiking van die voordeel van voertuiggrootte in spoorvervoer wesenlik is, is dit tesame met padvervoer relatief gesproke die laagste van alle vervoermodusse. Dit spruit hoofsaaklik uit die perke op voertuigafmetings wat deur die genoemde tegniese aspekte bepaal word (Bonsor 1984).

Voordele van infrastruktuuruitbreiding

Met spoorvervoer kan die skuif van 'n enkel- na 'n dubbelspoorstelsel die vermoë van die lyn vervierdubbel deur rigtingkonflik uit te skakel. 'n Vierdubbele spoor kan die vermoë verder verhoog omdat dit verskillende treinsnelhede per rigting toelaat. Dit maak egter nie sin om groter spoorlyne te bou as wat toekomstige aanvraag gaan vereis nie (Button 2010).

Afstandvoordele

Aangesien spoorvervoer relatief hoë eindpuntkoste het, geniet dit aansienlike afstandvoordele namate ritlengtes toeneem – die hoogste van alle vervoermodusse (Pienaar 2012).

Wanneer spoorvervoer ontleed word, moet 'n mens tussen eenheidkoste (bv. die koste per tonkilometer) onderskei wat weens digtheid- en afstandvoordele afneem. Deur digtheid- en afstandvoordele kan 'n spoorvervoeronderneming op 'n bepaalde roete 'n natuurlike monopolie geniet. Op voorwaarde dat die benutting van treine se dravermoë hoog is, (1) spruit die digtheidvoordeel uit die kostestruktuur wat deur 'n hoë verhouding van vaste tot totale koste gekenmerk

word sodat met die kollektiewe toename van die jaarlikse afstande van alle treine die vaste koste per prestasie-eenheid (trein-kilometers en uiteindelik ton-kilometers) vinniger afneem as die veranderlike kosteverhogings per bykomende prestasie-eenheid binne die uitsetvermoë, en (2) spruit die afstandvoordeel uit die hoë bedrag van eindpuntbedryfskoste (aan die begin en einde van ritte) wat nie verander as ritafstande toeneem nie.

Bereiking van kostedoelmatigheid deur die konsolidering van spoorverkeer

Die beste manier om kostedoelmatigheid te bereik, is om die grootste massa en hoeveelheid vrag per tydperk met die minste moontlike totale treinafstand en aantal treinritte te vermag. Hierdie doelwit word nagestreef deur verkeerskonsolidering en die beskikbaarheid van gepaste tegnologie.

In die geheel is daar by spoorvervoer vier metodes vir die konsolidering van goedereverkeer:

- Vragkonsolidering – dit verwys na trokke met deelvragte wat tot voltrokvragte gekonsolideer word, die dra van goedere in die grootste moontlike trokke en die saamvoeg van kort treine om die langste moontlike treine te vorm vir die deel van die reis wat vir alle verkeer gemeenskaplik is.
- Roetekonsolidering – dit verwys na die saampot van verkeer om die totale afstand wat afgelê word, te verminder.
- Ritkonsolidering – dit verwys na die vermindering van ritte deur herverdeling.
- Laaipuntaanwysing – dit verwys na die vermindering van op- en aflaaipunte langs roetes om die tydsduur van ritte te verkort.

Vragkonsolidering

Hierdie metode word gebruik wanneer 'n aantal besendings: (1) van verskillende oorspronge kom en vir 'n gemeenskaplike bestemming of vir verskillende bestemmings bedoel is, óf (2) van 'n enkele oorsprong kom en vir verskillende bestemmings bedoel is, en 'n deel van die roete gemeenskaplik vir al die besendings is. Indien daar 'n enkele bestemming is, word die deelvragbesendings by 'n versamelingepunt gekonsolideer, waarvandaan deurbeweging op 'n gemeenskaplike lang trein plaasvind. Indien die besendings dieselfde bestemming het, word die besendings saam daar afgelaai. Sou die besendings verskillende bestemmings hê, sal die trein hulle na 'n gerieflik geplaaste verspreidingepunt vir vragverdeling neem, waarvandaan hulle per spoor- of padvervoer na die verskillende bestemmings gekarwei word.

Verkeersaampotting

Bykomend tot die verandering in die vraggrootte of die aantal trokke, kan konsolidering die oorvleueling van beweging voorkom. Die trokke van elke oorsprong kan vol vragte dra wat elkeen uit 'n aantal besendings bestaan en vir

verskillende bestemmings bedoel is. Elke (kort) trein kan sonder om saamgepot te word, regstreeks na sy onderskeie bestemmings reis. Alternatiewelik kan alle besendings na 'n konsentrasiepunt naby al die oorspronge gebring word. By die konsentrasiepunt word al die trokbesendings volgens bestemming georden sodat een trein alle besendings vir 'n spesifieke ontvanger of bestemming vervoer. Dit verminder die totale afstand wat afgelê word.

Ritvermindering

As 'n spesifieke volume goedere per tydperk na en van 'n plek vervoer moet word, kan die besendings onvoldoende wees om lang treine gereeld te gebruik. In so 'n geval kan die frekwensie van ritte verminder word sodat minder, maar langer treine die karweiwerk behartig. As die frekwensie op hierdie wyse verminder word, moet besendings geberg word totdat die tyd aanbreek wanneer 'n lang trein vertrek. Dit impliseer afruiling tussen vervoerkoste en opbergingskoste, met inagneming van die diensvlak wat die kliënte vereis.

Laaipuntaanwysing

Die oorsprong en bestemming van besendings kan langs 'n roete versprei wees wat die onderbreking van hooflynritte by elke insameling- of afleweringpunt noodsaak. 'n Alternatief is om 'n aantal punte aan te wys as die enigste plekke waar besendings op- en afgelaai word. Dit noodsaak plaaslike insameling en aflewering by hierdie punte. Die ligging van elke punt hang van die verkeersvolume en die beskikbaarheid van plaaslike vervoer af. Dit verkort die duur van 'n hooflynrit en konsolideer die op- en aflaai van vrag. Dit raak egter nie die volume goedere wat op enige gegewe rit vervoer word nie. Laaipuntaanwysing is 'n konsolideringsmetode wat veral by spoorvervoer aangewend word. In nywerheidslande, en ook in Suid-Afrika, het dit gelei tot die uitskakeling van haltes, klein losmaatstasies en private sylyne waar kliënte voorheen losvragtrokke ontvang en afgestuur het.

Hedendaagse spoorvervoertegnologie

Goederetreine

Goederetreine kan in die algemeen in twee klasse verdeel word: eenheidstreine en trokvrage treine (Patty 2015; RailNetEurope [RNE] 2014; Symonds Group Ltd 2001). Nadat eenheidstreine saamgestel is, bly hulle in 'n vaste stel verbind, vervoer dieselfde soort goedere en word hulle tussen dieselfde oorsprong- en dieselfde bestemmingeindpunt bedryf sonder om in 'n opstelwerf gesorteer of verdeel te word. Hulle kan moontlik in 'n goederewerf stop – gewoonlik in 'n eenheidstreinsylyn – vir inspeksie, om die lokomotiewe te diens of om die bemanning te ruil. Die riteindpunte van eenheidstreindienste is gewoonlik op 'n private sylyn geleë. Eenheidstreine is net vir kliënte met 'n hoë volume vrag ekonomies. Aangesien eenheidstreine slegs een soort goedere karwei, is al die trokke van dieselfde soort en is hulle almal dikwels identies behalwe moontlike variasies in die livrei. Wanneer hulle volgens goederesoort geklassifiseer word, is

daar drie soorte eenheidstreine, naamlik: (1) grootmaat-grondstofeenheidstreine, (2) intermodale standaardhouer-eenheidstreine en (3) motorkartrok-eenheidstreine (sogenaamde opry-afry-treine).

Nie-eenheidstreine (algemeen bekend as trokvrage treine) word van goederebesendings op enkeltrokke gevorm. Hierdie treine bestaan gewoonlik uit individuele trokke wat by afsonderlike plekke met losmaatgoedere (of deelvragbesendings) gelaai is, en wat dan na opstelwerwe geneem word waar die trokke na gelang van bestemming in treine gevorm word. So 'n trein word dan na 'n opstelwerf naby die bestemming vervoer waar die individuele trokke geskei en weer volgens verdere bestemming in treine saamgevoeg word (TFR 2014).

Goederetrokke

Trokvervaardigers bied 'n verskeidenheid doelgeboude modelle om ten beste aan spoorvervoeroperateurs se besondere bedryfsbehoefes te voldoen. Die belangrikste van hierdie behoeftes is: (1) die kenmerke van die goedere wat gekarwei word, (2) die spoorbedding, (3) die horisontale spoorbelyning, (4) die spoor, (5) die spoorwydte, (6) die laaiprofiel, (7) die toestand van die stelsel as geheel en (8) die goederehanteringstechnologie by eindpunte. Hierdie agt aspekte se invloed is kortliks soos volg (Greenbrier-Astra Rail 2016; Hinkelman 2013; Rickett 2013; University of Birmingham and Network Rail 2011):

- Die kenmerke van die goedere, byvoorbeeld die massa, grootte, bederfbaarheid, breekbaarheid en sensitiwiteit wat die elemente betref (bv. reën en uiterste temperatuur), sal die fisiese kenmerke en geriewe van 'n trok bepaal.
- Die gehalte en samestelling van spoorbeddings raak die massa en spoedspeksifikasies van 'n trok.
- Die horisontale spoorkromming en mate van kronkeling raak die draairadius-vereistes en die maksimum lengte van trokke.
- Die spoortipe bepaal wielvereistes.
- Die spoorwydte bepaal die dwarsafstand tussen wiele en dus die aslengte.
- Brûe, tonnens, spoorlangse vaste strukture en oorhoofse trekkradgrade bepaal die laaiprofiel van die spoorlyn en daarom die maksimum hoogte en wydte van die trokke en hulle vragte.
- Die toestand van die spoorstelsel bepaal die bruto massa en vragbeperkings vir troksamestellings.
- Goederehanteringstechnologie by die eindpunte bepaal die op- en aflaai kenmerke van 'n trok.

Die ondersoek het aangedui dat daar hedendaags hoofsaaklik nege soorte handelspoortrokke internasionaal vervaardig en gebruik word (Greenbrier-Astra Rail 2016; Hinkelman 2013; TFR 2015; Union Internationale des Chemins de fer [UIC] 2015). Hulle is die: (1) toe trok, (2) koeltrok, (3) plat trok, (4) tenktrok, (5) puttrok, (6) oop trok, (7) lossertrok, (8) systut- en middelafskortingtrok en (9) motorkartrok. Hierdie trokke word beurtelings bespreek.

'n *Toe trok* is ontwerp vir die vervoer van goedere waarvoor nattigheid skadelik is en dit is daarom volledig omhul met kante, met glydeure aan een of albei sykante, en 'n vaste dak. Toe trokke is ontwerp om losmaatgoedere van alle soorte te karwei wat meestal in kiste, kratte, sakke of bale en bondels, bondels toegedraai, gebind of gehoepel is of op palette verpak is. Die loonvrag is tipies minder as 'n trokvrag. Toe trokke word dikwels toegerus met interne laaitoerusting, byvoorbeeld tourelings en beweegbare skotte sodat vrag vasgemaak kan word.

'n *Koeltrok* is 'n volledig omhulde, geïsoleerde trok met verkoelingtoerusting of 'n verkoelingmedium soos koolsuurgas wat ontwerp is om bederfbare goedere teen verlangde temperature te karwei. Die tipiese vrag wat gekarwei word, sluit groente, vrugte, sappe, suiwelprodukte, rooivleis, pluimvee en vis in. Sommige besendings vrugte, en groente vereis net 'n geïsoleerde en geventileerde ruimte om die rypproses te vertraag. Vleistrokke word met gespesialiseerde relings vir dierkarkasse toegerus. Suivel- en pluimveeprodukte vereis gespesialiseerde interne rakke om die sirkulasie van verkoelde lug te verseker.

Plat trokke bestaan uit 'n oop, ten volle toeganklike, soliede, plat dek op: (1) vier wiele, oftewel twee enkelasse of (2) twee draaistelle. In stede van 'n soliede plat dek kan plat trokke ook stewige drumpels met laterale en diagonale verbindingsarms hê wat 'n ruggraat-onderstel vorm om die loonvrag op vier wiele of twee draaistelle te dra (daarom ook rugtrokke genoem). 'n Plat trok is ontwerp om goedere te vervoer wat van die sykante of van bo af gelaai moet word omdat dit te groot of ongemaklik is om in toe trokke gelaai te word. Die kante van die dek kan gate vir stutpenne of hegpunte hê om die loonvrag aan vas te maak. Plat trokke met 'n soliede dek word gebruik om: (1) intermodale standaardvraghouers of padsleep- en leunwaens as deel van intermodale goedervervoer te karwei, asook (2) onbehouerde oorgrootte items wat nie vir die elemente kwesbaar is nie. Rugtrokke word uitsluitlik vir die vervoer van intermodale standaardvraghouers gebruik.

Tenktrukke is geskik vir die karwei van 'n wye verskeidenheid grootmaatvloei-stowwe, gas, poeier en korrels in tenks wat in die trok geïntegreer is. Algemene grondstowwe wat in tenktrukke gekarwei word, sluit geraffineerde petroleumprodukte, chemikalieë, verhittingsolie, sure (meestal swaelsuur, fosforsuur, soutsuur en vloei-spaatsuur), flodderstowwe en vloeibare voedsel, drank, wyn en alkohol in. Tenktrukke word vervaardig met grondstofspesifieke voerings en bedekkings wat weerstandig is vir chemiese reaksie om die tenkwand en toerusting te beskerm en die loonvrag suiwer te hou. Die loonvrag word in die trok gepomp of van bo af ingegooi. Die aflaai van die vrag word op verskeie maniere gedoen: (1) van bo af uitgepomp (die verskeie soorte sure, gas en vlugtige stowwe), (2) van onder af uitgepomp (soos flodderstowwe, verpoeierde en verkorrelde materiaal), (3) vloei-stowwe wat stol wanneer hulle afkoel, word met ingeboude verwarmers verhit en van onder af uitgegiet (soos olie, vet, teer of bitumen en kreesoot)

en (4) vloei-stowwe wat vryelik vloei sonder dat hulle gepomp of vooraf verhit hoef te word, kan uitgegiet of gedreineer word van die trok se onderkant af (soos geraffineerde petroleumprodukte [brandstowwe, soos petrol, diesel of paraffien] en die meeste drinkbare vloei-stowwe).

'n *Puttrok* is 'n spoortrok wat ontwerp is om intermodale standaardhouers van verskillende lengtes in enkel- of dubbellaag te karwei. Om die opstapel van standaardgrootte houers en die karwei van hoëkubushouers moontlik te maak en steeds veilig binne die laaiprofiel van die spoorlyn bedryf te word, word puttrokke (ook bekend as dubbelstapelhouertrokke) spesiaal ontwerp om items vertikaal hoog te dra.

Die 'put' is 'n ingesonke seksie wat naby die spore tussen die draaistelle van die trok gemonteer word. Dit maak dit moontlik om 'n houer laer as op 'n gewone plat trok te karwei en dit verbeter daardeur die stabiliteit danksy die laer swaartepunt van die vrag. Dit verseker ook genoegsame vertikale vryhoogte. Die boonste houer word óf in plek gehou deur 'n ingeboude skot, óf deur die gebruik van tussenhouer-koppeling. Laasgenoemde bestaan uit 'n draaislot en hoëk-gietstuk wat saam 'n gestandaardiseerde roterende verbinding vorm wat 'n houer in sy posisie op 'n houerspoortrok, skip of padvoertuig sluit. Dubbelstapelhouertrokke kom meer algemeen in Noord-Amerika voor waar intermodale verkeer algemeen is en geëlektrifiseerde spoorlyne min voorkom. Oorhoofse vryhoogtes is daarom gewoonlik voldoende vir hierdie verkeer.

Puttrokke word ook gebruik om baie groot onverdeelbare items te vervoer wat die laaiprofiel sou oorskry as die vloer nie laer was nie. Hierdie trokke wissel van relatief klein puttrokke met twee enkelasse tot die grootste puttrokke met 36 asse, bekend as snaweltrokke ('*Schnabelwagens*' in Duitsland waarvandaan hierdie trokke oorspronklik kom). Snaweltrokke bestaan uit twee afsonderlike seksies wat elkeen twee snawelvormige drahefbome het. Die voorwerp wat vervoer word, hang aan die drahefbome tussen die twee seksies van die trok. Wanneer 'n snaweltrok leeg is, kan die hefbome geheg word en kan die trok soos 'n gewone puttrok gebruik word. Snaweltrokke sluit gewoonlik hidroliese toerusting in wat die vrag tydens die reis teen baie lae snelhede horisontaal en vertikaal kan verskuif om enige versperrings langs die weg te kan vermy. Hierdie trokke kan nie veilig op smal spoorstelsels (soos in Suid-Afrika) gebruik word nie, en word slegs op standaard- en breë spoorlyne gebruik.

Oop trokke is oop aan die bokant en ontwerp vir die vervoer van grootmaat- en losmaatgoedere wat nie voghoudend is nie. Hierdie goedere kan meestal in drie groepe verdeel word: (1) mynbouprodukte, (2) metaalvoorwerpe (soos skrootmetaal, staalstawe, gerolde staal, staalplate en pype) en (3) ruwe items soos houtstompe, pale en sementvoorwerpe.

Sommige van hierdie trokke kan óf gedeeltelik sywaarts gekantel word om hul loonvrag te stort (in dié geval moet die

kante vertikale swaaideure hê) óf hulle kan onderstebo gekeer word om leeggemaak te word. Dit vereis baie robuuste en stewige onderkante en sykante. Soms word die trokke toegerus met roteerbare koppelings sodat hulle nie individueel ontkoppel hoef te word nie. Andersins moet die trokke met skopgrawe leeggemaak word.

Omdat grootmaatgoedere uiteraard meermale in groot hoeveelhede vervoer word, word hierdie trokke dikwels in eenheidstreine gebruik.

Lossertrokke word gebruik om vryvloeiende, droë grondstowwe in groot maat te vervoer. Lossertrokke word van bo gelaai en met swaartekrag deur tregtervormige lossers met luike aan die onderstel uit die trok gelaai (gelos). Daar is twee hoofstipes lossertrokke: oop en bedek. Oop lossertrokke word gebruik om grondstowwe te vervoer wat sonder skade kan nat raak en weer uitdroog, meestal mynbouprodukte. Bedekte lossertrokke het skuifdakke vir loonvrag soos graan, suiker en kunsmis wat teen die elemente beskerm moet word.

Systut- en middelafskortingtrokke is oop trokke met vaste stutpale aan die kante van die dek, of met 'n oorlangse middelafskorting waaraan die loonvrag vasgemaak kan word, met stewige vaste skotte aan die trokke se punte om te verhoed dat items nie oor die trok punte skuif nie. Goedere wat in hierdie trokke gekarwei kan word, is buitengewone lang items, byvoorbeeld boomstompe, timmerhout, pale, maste, staalstawe, relings, pype, steierwerk, lere en vooraf vervaardigde gebou-onderdele. Bykomend is systuttrokke ook geskik om gebaalde goedere te karwei. In die geval van middelafskortingtrokke loop die dek afdraand van die kante na die middel van die trok toe, met hegpunte aan die afskorting vir die vasmaak van items. Middelafskortingtrokke is ontwerp sodat hulle van albei lang kante gelaai en afgelaai kan word, maar hulle moet met die helfte van die loonvrag aan die een kant en die ander helfte aan die ander kant gelaai word om kanteling te vermy. Weens die smal spoorwydte (1067 mm) word middelafskortingtrokke nie in Suid-Afrika gebruik nie.

'n *Motorkartrok* is 'n omhulde of gedeeltelik omhulde spoortrok wat ontwerp is om ligte padvoertuie te karwei. Motorkartrokke het aanpasbare dekke wat as dubbel- of trippelvlak gestel kan word om verskillende voertuigvorms en -groottes te kan huisves. Motorkartrokke word in eenheidstreine gebruik en die voertuie wat die loonvrag vorm, word per oprit by opry-afry-eindpunte in en uit die trokke gery. (Motorkartrokke is die enigste trokke waarvan die laai en aflaai van die loonvrag deur hulle punte geskied.)

Goederespooreindpunte en hanteringtoerusting

Moderne spoorgoederestasies kan funksioneel in vier breë klasse verdeel word: (1) losmaateindpunte, (2) grootmaateindpunte, (3) opry-afry-eindpunte en (4) intermodale eindpunte (Hinkelman 2013; Rickett 2013;

Rodrique 2013; Rushton, Croucher & Baker 2014; Symonds Group Ltd 2001; TFR 2014).

Losmaateindpunte

Hierdie eindpunte word deur trokvrage treine gebruik wat vragitems karwei wat in niestandaardhouers verpak is of glad nie verpak is nie. Losmaateindpunte het dikwels vragplatforms langs die sylyne vir die op- en aflaai van vrag vanaf spoortrokke, waar die hantering van die vrag meestal deur die gebruik van vurkhyers gedoen word. Op laaisylyne kan daar vaste geriewe soos hyskrane en vervoerbande wees, of mobiele toerusting soos vurkhyers, verskuifbare opritte, maneuvreerbare vervoerbande en vragmotorgemonteerde krane. Vurkhyers, verskuifbare opritte en maneuvreerbare losmaatvervoerbande word gebruik om vrag te hanteer wanneer trokke van die kant gelaai word, en krane word gebruik wanneer oop trokke van bo af gelaai word.

Vanweë die behoefte om ook weersensitiewe vrag te stoor, wat nie altyd in waterdigte houers verpak is nie, word losmaateindpunte gewoonlik ook deels toegerus met onderdakstoorgewone. Losmaateindpunte word gewoonlik met 'n opstelwerf geïntegreer. Die hoof funksie van die opstelwerf is die samestelling en verdeling van trokvrage treine wat verskillende soorte nieverenigde vrag karwei. Dit is nodig wanneer die trokke vir verskillende bestemmings bedoel is.

Die groeiende gewildheid van deur-tot-deur-padvragvervoer en behouering het die behoefte aan losmaatspooreindpunte verminder. Losmaatspooreindpunte kan by enige van drie plekke geleë wees: (1) langs 'n passasierstasie; (2) afsonderlik van die geassosieerde passasierstasie op een van die laaisylyne wat regstreeks met die stasie verbind is; of (3) as 'n vrageindpunt op 'n private sylyn (onder onafhanklike eienaarskap) wat nie regstreeks met enige spesifieke stasie verbind is nie.

Grootmaateindpunte

Hierdie spooreindpunte is by primêre produksiepunte (meestal myne, olieraffinaderye en graansuiers), asook invoerhawens geleë waarvandaan grootmaatgrondstowwe na sekondêre vervaardigings- en verwerkingsaanlegte gekarwei word, of na uitvoerhawens en tenkwerwe by petroleum- en chemiese produkverspreidingsdepots.

Grootmaat-spooreindpunte word oor die algemeen ontwerp om grondstofsiespesifiek te wees, en is ontwerp om gelaaiede grootmaattrokke (dikwels in eenheidstreine) te ontvang en om leë grootmaattrokke (ook dikwels in eenheidstreine) weg te stuur. Drie kenmerkende voorbeelde is: (1) ertsvertrekeindpunte by myne wat ontwerp en toegerus is om oop trokke te huisves en te laai, asook grootmaat-ertsbestemmingstasies wat toegerus is om gelaaiede oop trokke te ontvang, die trokke af te laai, hul loonvrag op te gaar en om die opgegaarde erts langs vervoerbande na wagtende skepe of waardetoevoegende fasiliteite te karwei; (2) olieraffinaderye en chemiese produksie-aanlegte wat

ontwerp en toegerus is om petroleum- en chemiese produkte te vervaardig en die produkte in tenkwerwe te berg waar tenktrokke gelaai kan word deur hulle vol te pomp of om die vloeistof deur 'n dakluik te giet; (3) graansuiers wat gebruik word om graan te berg, te meng en in bedekte lossertrokke of ander gepaste oop trokke te laai.

Grootmaat-spooreindpunte word ontwerp en toegerus om die loonvrag van treine met baie min rangeerwerk (indien enige) in 'n kort tyd op en af te laai. Dit verkort die staan- en omdraai van treine. Die opbergingsgebied by grootmaat-spooreindpunte wat vereis word vir opgegaarde loonvraggrondstowwe is dikwels kleiner as die gebied wat vir 'n opstelwerf nodig sou wees. Grootmaat-spoorgeriewe by die vertrekpunt is gewoonlik op 'n private sylyn. By die bestemming is dit ook op 'n private sylyn of by 'n hawe.

In die geval van mynbouprodukte het die ontwikkeling van: (1) selflossertrokke, (2) oop kanteltrokke en (3) oop trokke wat onderstebo gedraai kan word, gepaard gegaan met die ontwikkeling van geoutomatiseerde laaigeriewe en verwante toerusting vir die hantering van materiaal soos vervoerbande wat die afgelaai vrag by grootmaat-spooreindpunte kan verwyder.

Selflossertrokke

Hierdie trokke word van bo af gelaai en deur swaartekragwerking afgelaai deur tregtervormige openingsluik ('lossers') aan die onderstel van die trok.

Oop kanteltrokke

Hierdie trokke het hidroliese, lugdruk- of elektroniese kanteltoerusting wat die trokromp aan die een sykant kan oplig. Kanteltrokke kan aan albei of slegs aan een sykant kantel. Om te verhoed dat trokke tydens kanteling omval, is hulle toegerus met spooknypstange waarmee hulle stewig aan die spoor geanker kan word.

Oop trokke wat onderstebo gedraai kan word

By eindpunte wat met omkeerders toegerus is, kan hierdie trokke leeggemaak word deur hulle óf links- óf regsom onderstebo te keer. Dit vereis 'n baie stewige trokonderstel. Hierdie trokke is meestal met roteerbare koppelings toegerus sodat hulle nie individueel ontkoppel hoef te word nie.

In die geval van die aflaa van *tenktrokke* moet die toerusting by die eindpunt geskik wees vir die hantering van: (1) grondstowwe wat met lugdrukpompe van die bokant van die trok uitgelaai word (soos die verskeie soorte suur, gas en vlugtige stowwe), (2) grondstowwe wat per lugdrukpomp van die onderkant van die trok uitgelaai word (soos flodderstowwe, en verpoeierde of verkorrelde materiaal), (3) vloeistowwe wat stol wanneer hulle afgekoel het, en wat verhit moet word voordat die inhoud uitgegiet kan word (soos olie, teer/bitumen, kreosoot en vet) en (4) vloeistowwe wat vryelik van die onderkant van die trok kan uitvloei sonder die noodsaak van pompwerk of verhitting,

byvoorbeeld witpetroleumprodukte en die meeste drinkbare vloeistowwe.

Opry-afry-eindpunte

Hierdie eindpunte word deur eenheidstreine gebruik wat ligte padvoertuie, meestal motors, vervoer waar die voertuie per oprit in en uit motorkartrokke gery word. Die opritte by eindpunte is ontwerp en toegerus om die loonvrag van treine in 'n kort tyd op en af te laai, met baie min, indien enige, rangeerwerk. Dit verkort die staan- en omdraai van treine. Hoewel opstelwerwe nie by opry-afry-eindpunte nodig is nie, vereis hierdie eindpunte oor die algemeen 'n groot parkeergebied om die loonvrag voertuie te stoor, veral by streekverspreidingsentra wat gewoonlik as stoorgeriewe dien waarvandaan die streek se kleinhandelafsetpunte bedien word. Opry-afry-eindpunte is gewoonlik by 'n in- of uitvoerhawe en op private sylyne by 'n voertuigvervaardigingsaanleg en by streekvoertuigverspreidingsentra geleë. Opry-afry-treindienste vind gewoonlik van voertuigvervaardigingsaanlegte en invoerhawens na streekverspreidingsentra plaas, en dikwels ook van voertuigvervaardigingsaanlegte na uitvoerhawens.

Intermodale eindpunte

Die instel van gestandaardiseerde intermodale houervervoer het in onlangse dekades die praktyk van vragoordrag tussen spoortrokke en padvragmotors aansienlik bevorder. Dit het ook die noue integrasie van spoorvervoer en seevervoer by hawens vergemaklik.

Behouering het die produktiwiteit van spooreindpunte aansienlik verbeter, aangesien dit die vinnige laai, aflaa en oorlaai van die houers moontlik maak, en dus minder eindpuntvermoë verg. Hierdie toename in produktiwiteit word behaal deur goeie toegang tot 'n hawe en/of die padstelsel, gesteun deur geoutomatiseerde hanteringsbedrywighede om aan die vragoordragvereistes van moderne intermodale spoorbedrywighede te voldoen. Die toename in intermodale eindpuntproduktiwiteit gebeur egter ten koste van vaste investering in eindpuntgeriewe en hanteringstoerusting. Eerstens vereis intermodale bedrywighede kapitaalinvestering in geplaveide platforms en oppervlakke vir houerhanteringstoerusting en opgaarruimte vir houers. Tweedens, afhangend van die soort bedrywigheid, word spesifieke intermodale hanteringstoerusting gebruik. Die keuse van toerusting hang af van toerustingspesifieke faktore, naamlik: (1) die vereiste kapitaalinvestering, (2) die instandhouding en onderhoud van toerusting en (3) die gebruik van gespesialiseerde toerustingoperateurs, asook bedryfsfaktore soos: (1) hoofsaaklik produktiwiteitsdoelwitte, (2) verkeersvolume, (3) die behoefte om houers regstreeks tussen voertuie (spoor, pad en water) te kan oorlaai of om houers te kan opgaan en (4) hoe dig houers opgestapel kan word wanneer hulle gestoor word.

Houerhanteringstoerusting sluit in kanthysers, voorpunthysers, reikstapelaars, buidelwaens (insluitend gryphysers) en bokkrane. Dié toerusting word vervolgens bespreek.

Kanthysers is padvoertuie met hidroliese krane aan elke kant van die voertuig se onderstel om intermodale standaardhouers te kan ophang en vervoer. Die krane is ontwerp om houers van die grond af op te lig of daar naer te sit, asook om hulle van spoorwaens, padvoertuie en lae houerstapels te hanteer. Danksy hul beweeglikheid kan kanthysers houers na en van enige toeganklike ligging in 'n eindpuntperseel beweeg en ook houers van perseel weg van die eindpunt gaan afhaal of daarheen neem. As kanthysers nie by eindpunte beskikbaar is nie, kan houers met die hulp van vertikale laaitoerusting rondbeweeg word, maar hulle beweeg stadiger. Hoewel kanthysers 'n spesiale onderstel vereis, is hulle goedkoper per hanteerde 20-voet-ekwivalente-eenheid (TEU) as ander hanteertoerusting, danksy hul laer kapitaal-, infrastruktuur-, instandhoudings- en bedryfskoste, wat spruit uit hul relatief maklike hantering, kleiner behoefte aan sterk en gladde plaveisel en hul hoër hanteringspoed. Kanthysers vereis 'n lae vlak van bedryfsvaardigheid.

Voorpunthysers werk soortgelyk aan reikstapelaars, maar kan houers nie van sulke hoë stapels soos reikstapelaars lig nie. Die laaivermoë van voorpunthysers is tot 40 ton. Weens die swak massaverspreiding en wringbewegings word stewige plavei-oppervlakke benodig by eindpunte wat voorpunthysers gebruik. Hulle is dus relatief ondoelmatig wat grondbenutting betref. Die kapitaal- en instandhoudingskoste is relatief matig, en in die lig van die medium vaardigheidsvlakke wat vereis word om so 'n hyser te bedryf, is die bedryfskoste ook matig.

Reikstapelaars is hoëkapasiteitshouervoertuie met 'n ligarm en reikbalk aan die punt van die arm wat houers van spoortrokke of padvoertuie af lig of daarop plaas. Reikstapelaars kan tot ses houers op mekaar stapel en kan 'n houer in 'n agterste stapel pak deur bo-oor 'n laer stapel houers te reik, wat hoë grondbenutting tot gevolg het. Die reikbalk van 'n reikstapelaar lig 'n houer met draaisluittoestelle wat aan die boonste hoeke van 'n houer vasheg. Soos bokkrane en buidelwaens, vereis reikstapelaars 'n sterk plaveiselfondament en 'n gladde oppervlak. Hulle het matige bedryfs- en instandhoudingskoste. Die bedryf van reikstapelaars vereis 'n medium vaardigheidsvlak.

Buidelwaens is spesiale mobiele krane wat ontwikkel is om bo-oor 'n houer te beweeg en dit op te lig, te skuif, naer te sit en te stapel. Deur bo-oor die houer te hurk, kan die toestel die houer binne-in sy struktuur dra. Die buidelwa lig die houer deur die gebruik van 'n verspreider en draaislotte en skuif dit dan na ander posisies. Die buidelwa het wiele aan elk van die vier punte van sy raamwerk. 'n Buidelwa is 'n veelsydige verskuiwer en stapelaar van houers en kan vinnige omdraaitye behaal, danksy die vermoë om die houer op te hys terwyl dit aan die beweeg is. Die buidelwa – met die houer wat binne-in die raamwerk van die buidelwa hang – maak dit moontlik om houers teen hoër snelhede as die reikstapelaar te skuif en te hanteer, want die reikstapelaar moet die houer teen 'n teenwig balanseer terwyl dit beweeg. Die beperking van die buidelwa is dat houers so opgestapel moet word dat die raamwerk van die buidelwa bo-oor die

houerstapel kan beweeg. Daarom is 'n gang tussen elke houerstapel nodig. Hoewel die infrastruktuurkoste van buidelwaens laer is as dié van bokkrane, is dit hoër as die infrastruktuurkoste van kanthysers omdat hulle 'n sterker plaveistruktuur as kanthysers vereis. Hoewel buidelwaens relatief middelmatige kapitaalkoste het, is die instandhoudingskoste hoog. Die totale koste van buidelwaens is aansienlik hoër as dié van reikstapelaars, maar vanweë hul veelsydigheid en flinke bedryfsvermoë word hulle slegs by hoëvolume-houereindpunte gebruik. Die bedryf van buidelwaens vereis 'n hoë vaardigheidsvlak.

Gryphysers is soortgelyk aan buidelwaens behalwe dat hulle die onderkant van 'n houer vasgryp eerder as die bokant.

Bokkrane word gebruik om houers regstreeks: (1) tussen skepe en spoortrokke en tot 'n mindere mate ook na padvoertuie oor te dra en (2) binne intermodale spooreindpunte tussen spoortrokke, oor 'n reeks spore, of tussen spoortrokke en padvoertuie. Bokkrane is toegerus met 'n spanboom wat oor die afstand tussen die skip se vragruim en die vragvoertuie op die kaai strek, of wat die afstand tussen die voertuie binne die intermodale fasiliteit oorbrug. Die houerhystoestel beweeg heen en weer langs die spanboom. Wanneer regstreekse oorlaai nie op 'n gegewe tydperk moontlik is nie, kan die ruimte onder die kraan benut word om houers langs die spoor te stapel voordat hulle later op spoortrokke gelaai word. Bokkrane op 'n houerkaai is op spore gemonteer wat parallel langs die volle lengte van die houerskip loop, terwyl bokkrane wat houers tussen verskillende spoortrokke of tussen spoortrokke en padvoertuie binne intermodale spooreindpunte oordra, óf op spore gemonteer is óf rubberwiele het waarmee hulle parallel langs die volle lengte van die eindpunt se spoorsylyne en die ryvlak vir padvoertuie kan beweeg. Spoorgemonteerde bokkrane kan oor 'n reeks van tot tien spore werk, terwyl rubberwiel-bokkrane oor 'n reeks van tot vier spore kan werk. Albei soorte bokkrane kan houers in stoorgebiede van tot sowat 1000 TEU's per hektaar opstapel.

Van al die soorte houerhanteringstoerusting bereik bokkrane die hoogste grondbenutting, want hulle kan oor verskeie rye houers beweeg en kan houers op hoë stapels plaas en daarvandaan ophang. Bokkrane het 'n hoë toerustingkapitaalkoste en vereis 'n sterk plaveiselfondament, wat die aanvanklike koste van die fasiliteit ook hoër maak. Vergelyk met buidelwaens en voorpunthysers het bokkrane lae instandhoudingskoste per eenheid, maar hoë kapitaalkoste. Die bedryf van bokkrane vereis 'n hoë vaardigheidsvlak. Tabel 1 bevat 'n opsomming van die belangrikste bedryfsaspekte van die houerhanteringstoerusting wat in intermodale eindpunte gebruik word.

Gevolgtrekking

Die gunstige bedryfseienskappe van padvervoer in vergelyking met spoorvervoer (bv. regstreekse deur-tot-deur-dienste teen redelik konsekwente reistye, superieure

TABEL 1: Opsomming van houerhanteringstoerusting wat in intermodale eindpunte gebruik word.

Type	Vereiste bedryfsvaardigheid	Totale koste	Grondbenutting	Hoogste houerhoogte (lae)	Hanteringsvermoë (ton)
Kanthyser	Laag	Laag	Laag	2	32
Voorpunthyser	Medium	Medium	Medium	3	42
Reikstapelaar	Medium	Medium	Hoog	6	36
Buidelwa	Hoog	Medium	Hoog	6	36
Bokkraan	Hoog	Hoog	Hoogste	8	48

Nota: Sien asb. volle literatuurverwysingslys van hierdie artikel, Pienaar, W.J., 2017, 'Bedryfs- en tegnologiese vereistes vir die winsgewende lewering van spoorgoederevervoer', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 36(1), a1482. <https://doi.org/10.4102/satnt.v35i1.1482>, vir meer inligting.

betroubaarheid en redelik stiptelike aankomstye, groter buigsaamheid, beter toegang, hoër oplaai- en afleweringreëlmaat, hoër goederesekuriteit en die vooruitsig van goedereversenders om groter beheer oor besendings tydens die vervoerproses te hê), het versenders minder afhanklik van spoorvervoer gemaak, met 'n gepaardgaande toename in die vraag na padvervoer – veral in marksegmente soos losmaatverskeping van halfvoltooid en voltooid goedere. Die waardetoevoegende voordeel wat padvervoerdienste in hierdie marksegmente bied, oortref die waarde van laer tariewe wat spoorkarweiers moontlik in staat is om aan te bied. Hierteenoor is spoorvervoer tot vaste roetes en eindpunte beperk en het dit daarom nie die buigsaamheid en toeganklikheid van padvragkarweiers nie.

Met spoorvervoer kan grootmaatbesendings en hoëdigtheidgoedere teen 'n lae koste oor lang afstande vervoer word. Goederegewys is spoorvervoer uitnemend geskik vir die grootmaatvervoer van grondstowwe (soos mynbou en landbouprodukte), halfverwerkte goedere en standaardbehouerde goedere in eenheidstreine as deel van gekoördineerde intermodale dienste. Digtheidsvoordele word aangehelp deur: (1) hoëvermoëtegnologie te gebruik om grootmaatvragte te dra en te hanteer; (2) op- en aflaaitye te beperk; (3) verkeerskonsolidering te benut en (4) voertuie se gelyktydige en volgydelike benutting te maksimeer.

In die grootmaat- en langafstandvervoermark is deurset en prys belangriker vir die kliënt as konsekwente reistyd en stiptelike aankomstye. Solank as wat die voorraad vervoerde grondstof by 'n bestemming byvoorbeeld voldoende is, is die aankomstye van individuele treine nie so belangrik nie. Spoorvervoerkarweiers gedy in marksegmente wat hoofsaaklik op die verkryging van digtheidsvoordele ingestel is.

Om digtheidsvoordele te behaal, word gespesialiseerde tegnologie benodig om groot volumes van 'n spesifieke of homogene soort vrag te hanteer. Die inherente gevaar hiervan is leë terugritte en ledige staantye. Om die optimale voordele van spesialisering te benut, behoort hanteringstoerusting by eindpunte vinnige op- en aflaai van vrag toe te laat om die maksimum aantal volvoertuig-vragkilometers per tydseenheid te kan bereik. Om suksesvol tegnologie te spesialiseer, maak spoorvervoerkarweiers (soos Transnet Freight Rail [TFR]) toenemend van kommoditeitspesifieke eenheidstreine gebruik, veral oor lang afstande. In nywerheidslande

gebruik spoorvervoeroperateurs 'n verskeidenheid doelgeboude trokmodelle en toegeruste eindpuntgeriewe om ten beste aan die besondere bedryfsbehoefes van elke marksegment te voldoen. Om hulle marksegmente doeltreffend te bedien, maak spoorkarweiers hedendaags hoofsaaklik gebruik van twee soorte treine, nege soorte doelgeboude trokmodelle en vier soorte spesiaal ontwerpte eindpuntgeriewe wat met gepaste hanteringstoerusting toegerus is.

Erkenning

Mededingende belange

Die skrywer verklaar dat hy geen verhouding het wat hom positief of negatief kon beïnvloed het by die skryf van hierdie artikel nie.

Literatuurverwysings

- Bonsor, N.C., 1984, *Transportation economics: Theory and Canadian policy*, Butterworths, Toronto.
- Button, K.J., 2010, *Transport economics*, 3rd ed., Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Cowie, J., 2010, *The economics of transport: A theoretical and applied perspective*, Routledge, London.
- Di Pietrantonio, L. & Pelkmans, J., 2004, *The economics of EU railway reform*, BEEP briefing 8, *European Economic Policy Briefings*, College of Europe, Bruges.
- Greenbrier-Astra Rail (GAR), 2016, European rail manufacturing, GAR, Rotterdam.
- Havenga, J.H., De Bod, A. & Simpson, Z., 2012, 'South Africa's domestic intermodal imperative', *Research in Transportation Business & Management* 5, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2012.11.006>
- Havenga, J.H. & Pienaar, W.J., 2012, 'The creation and application of a national freight flow model for South Africa', *Journal of the South African Institution of Civil Engineering* 54(1), 2–13.
- Havenga, J.H. & Simpson, Z.P., 2016, 'Freight logistic's contribution to sustainability: Systemic measurement facilitates behavioural change', *Transportation research part D* 2016, 1–12.
- Hinkelman, E.G., 2013, *Dictionary of international trade*, 10th ed., World Trade Press, Petaluma, CA.
- Patty, B.W., 2015, *Handbook of operations research applications at railroads*, Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7571-3> PMID:PMC4490593
- Pienaar, W.J., 1997, 'Railway governance in a free-functioning transport market: The position of Spoornet', *Journal of the International Union of Railways* 28(10), 196–202.
- Pienaar, W.J. & Spies, P.H., 1997, 'The future of rail transport in Southern Africa', in *Proceedings of the World Congress on Railway Research 1997*, July, Florence, Italy, pp. 363–368.
- Pienaar, W.J. 2012, 'Overview of salient economic features of the modes of freight transport for use in the formulation of national transport policy in South Africa', *Risk Governance and Control: Financial Markets and Institutions* 2(2), 33–47. <https://doi.org/10.22495/rgcv2i2art2>
- Rabinow, R.A., 2004, The liquid pipeline industry in the United States: Where it's been, where it's going. A report prepared for the Association of Oil Pipe Lines, viewed on 09 July 2007, from: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html>
- RailNetEurope (RNE), 2014, *Glossary of terms related to railway network statements*, 6th ed., RNE, Vienna.
- Rickett, T.G., 2013, 'Intermodal train loading methods and their effect on intermodal terminal operations', Thesis submitted in partial fulfilment of the degree of MS in Civil Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Rodrique, J.-P., 2013, *The geography of transport systems*, 3rd ed., Routledge, London.
- Rushton, A., Croucher, P. & Baker, P., 2014, *The handbook of logistics and distribution management*, 5th ed., The Chartered Institute of Logistics and Transport, London.

Suid-Afrikaanse Vervoerdienste (SAVD), 1982, *Verpakkings- en behoueringswoordeboek*, Suid-Afrikaanse Vervoerdienste, Johannesburg.

Symonds Group Ltd., 2001, *A study of single wagonload rail traffic*, Directorate-General for Energy & Transport, European Commission, Brussels.

Transnet Freight Rail (TFR), 2014, *Functional yard operations*, TFR, Johannesburg.

Transnet Freight Rail (TFR), 2015, *Wagon book*, TFR, Johannesburg.

Union Internationale des Chemins de fer (UIC), 2015, *Classification of goods wagons*, UIC, Brussels.

University of Birmingham and Network Rail, 2011, *Railway lexicon*, University of Birmingham, Birmingham.

Van de Venter, H., 1989, *Sinjaalbeginsels van die Suid-Afrikaanse Vervoerdienste*, Suid-Afrikaanse Vervoerdienste, Johannesburg.