

# Ekonomiese aspekte van pypeleidingvervoer: 'n Suid-Afrikaanse perspektief

*Economic aspects of pipeline transport: a South African perspective*

WESSEL J PIENAAR

Departement Logistiek, Universiteit Stellenbosch

wpienaar@sun.ac.za



Wessel Pienaar

**WESSEL PIENAAR** is professor en hoof van die Departement Logistiek aan die Universiteit Stellenbosch. Hy het die volgende gevorderde grade behaal: MEcon in Vervoerekonomie aan die Universiteit Stellenbosch, MS in Siviele Ingenieurswese aan die Universiteit van Kalifornië, Berkeley, DComm in Vervoerekonomie aan die Universiteit van Suid-Afrika en PhD(Ing) in Siviele Ingenieurswese aan die Universiteit Stellenbosch. In 2000 ontvang hy die Rektorstoekening vir voortreflike Navorsing aan die Universiteit Stellenbosch. Hy is die enigste Suid-Afrikaanse navorser in die veld van logistiek wat oor 'n navorsingsgradering van die Nasionale Navorsingstigting beskik. Hy is tans 'n raadslid van die Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns. Hy is redakteur en medeskrywer van die internasionaal-gebruikte handboek *Business Logistics Management: A Supply Chain Perspective* wat deur Oxford University Press uitgegee word. Wessel publiseer in Afrikaans en Engels. Van sy werk is deur internasionale navorsingsinstellings in Duits, Frans en Russies vertaal en gepubliseer.

**WESSEL PIENAAR** is professor and head of the Department of Logistics at the University of Stellenbosch. He obtained the following advanced qualifications: MEcon in Transport Economics (University of Stellenbosch); MS in Civil Engineering at the University of California, Berkeley; DComm in Transport Economics at the University of South Africa; and PhD(Eng) in Civil Engineering at the University of Stellenbosch. In 2000 he received the Rector's Award for Outstanding Research at the University of Stellenbosch. He is the only South African researcher in the field of logistics who has been graded by the National Research Foundation. He is a board member of the *Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns*. He is editor and co-author of the internationally used textbook *Business Logistics Management: A Supply Chain Perspective* published by Oxford University Press. Wessel publishes in Afrikaans and English. His work has been translated and published in German, French and Russian by international research institutions.

## ABSTRACT

### *Economic aspects of pipeline transport: a South African perspective*

*Pipeline transport is unique among modes of transport in that the pipe, which facilitates freight movement, is both the way and the vehicle, and it is permanently connected to terminals, which facilitate freight storage. This feature makes it the only mode of transport that does not require any materials or goods handling. In view of the facts that pipeline infrastructure is extremely capital intensive and that it has an unprecedented longevity, pipeline transport enjoys the highest*

level of economies of scale of all modes of transport. This economy is subject to steady and enduring high levels of demand. It is also the only mode of freight transport of which the operations do not require a return journey, whereby joint cost due to empty running is avoided.

The commercial transport of crude oil and petroleum products by pipeline and the envisaged new investment in this mode of transport are receiving increased attention in South Africa. Transnet Pipelines recently obtained permission from the National Energy Regulator of South Africa (Nersa) to construct and operate a new 60-cm petroleum products pipeline 704 kilometres in length from Durban to Gauteng. In addition, the newly-formed Petroline consortium recently obtained permission to construct and operate a 30 cm petroleum products pipeline 199 kilometres in length from Maputo to Nelspruit, with an extension of 249 kilometres in length eventually to Kandal, where it can be linked up with the present Transnet pipeline network.

The disadvantages of pipeline transport lie mainly in its extreme functional specialisation and dependence upon sustained high-volume traffic. The initial cost of installation is high and justified only when both the demand and supply are guaranteed to continue for an indefinite period. Despite the fact that tank ships run empty during return trips, pipeline transport can only compete with sea transport between the same origin and destination if the pipeline route is considerably shorter than the sea route, or where sea transport is subject to exceptional charges, such as heavy canal dues.

The economic assessment of a pipeline necessitates the investigation of several alternatives in order to determine whether the project is justifiable in terms of the economic resources its commercial existence will require. Firstly, alternative locations of the pipeline may have to be compared. A second consideration is the size of the pipeline, since one with a larger diameter, and capable of handling a greater traffic volume, involves higher initial investment cost but lower costs for pumps and energy to propel the pumps. A third decision concerns the choice of pump technology. Most pumps are driven by electric motors, although diesel engines or gas turbines can also be used. A fourth important consideration is whether the refinery should be located at the beginning of the line (upstream, close to the oil field or the port of entry) or at the end of the line (downstream, close to the market). The fifth step in the economic evaluation is to compare the pipeline cost with the cost of the next best transport alternative, which is usually rail transport. If these investigations indicate that a pipeline promises to be technically feasible, financially viable and economically justified, detailed design of the pipeline may commence.

In terms of market participants the supply of pipeline transport is the most highly concentrated of all freight transport modes. With a few exceptions, there is but one crude oil, one products and one natural gas pipeline connecting producing areas or refineries and areas of consumption. This high degree of monopoly results from declining unit costs with increases in capacity, so that the lowest costs are achieved by a concentration of output in a single pipeline. Therefore, pipeline operations that can fulfil entire market demands are pure natural monopolies. Where the distance between supply points (such as geographically separated oil fields or ports of entry) is far in relation to the delivery distance to the market area, such an area's fuel demand can often be most efficiently fulfilled by two or more different pipeline operations.

The clients of a common carrier are direct competitors in the wholesale fuel market, therefore they should bear full cost responsibility for the service rendered by the pipeline. Service below total cost to a client implies that it is subsidized by its competitors. The only instance when delivery can take place below total cost is when:

- the necessary spare capacity exists to accommodate the consignment (i.e. that the opportunity for another consignment to be delivered at full cost is not jeopardized);

- *all the avoidable (i.e. short-run) costs are covered and some contribution to unavoidable (i.e. fixed or long-run) costs is made; and*
- *the consignment delivery would not have taken place at a price covering full costs.*

**KEY CONCEPTS:** Average variable cost, cost structure, economic evaluation, economies of scope, economies of density, economies of scale, envelope curve, long-run average cost, long-run marginal cost, marginal cost pricing, natural monopoly, pipeline transport, short-run marginal cost, unit cost

**TREFWOORDE:** Gemiddelde veranderlike koste, kostestruktuur, ekonomiese evaluering, omvangsvoordele (ook verskeidenheidsvoordele), digtheidsvoordele, skaalvoordele, omhulselkromme, langtermyn-gemiddelde koste, langtermyn-grenskoste, grenskostebeprysing, natuurlike monopolie, pyp-leidingvervoer, korttermyn-grenskoste, eenheidskoste

## OPSOMMING

Daar bestaan 'n sterk moontlikheid dat daar binne die volgende dekade drie pypleidings vir die kommersiële vervoer van brandstofprodukte van Suider-Afrikaanse hawens na Gautengprovinsie aangelê gaan word.

Omdat pypleidingvervoer (1) die energiedoelmatigste vervoermodus is, (2) aansienlik goedkoper is as pad- en spoorvervoer, (3) heelwat veiliger is as spoorvervoer en veral padvervoer, (4) pad- en spoorvervoer- en infrastruktuurkapasiteit vir ander verkeer beskikbaar stel, en (5) minder onverhaalde eksterne koste (soos lugbesoedeling, geraas en verkeersophopings) as ander vervoermodusse tot gevolg het, behoort pypleidingvervoer (onderhewig aan grondige ekonomiese evaluering) as 'n bykomende vervoermodus tussen tenkwerwe in Suid-Afrika oorweeg te word.

In die lig van die besondere uitdagings wat die beplanning, aanlê en doeltreffende bedryf van groot pypleidings verg, word in hierdie artikel 'n oorsig gebied van die resultate van 'n ondersoek na die ekonomiese aspekte van die kommersiële vervoer van petroleumkommoditeite per pypleiding. Die potensiele waarde van die navorsing lê hoofsaaklik in (1) die voorgestelde raamwerk vir die ekonomiese evaluering en beplanning van nuwe pypleidings, en (2) die riglyne vir die beprysing van die kommersiële vervoer van petroleumkommoditeite per pypleiding.

Daar word in die besonder aan die volgende aspekte van die kommersiële pypleidingvervoer van petroleumkommoditeite aandag gegee:

- (1) relatiewe doelmatigheid, (2) ekonomiese beplanning, (3) markstruktuur en eienaarskapspatrone, (4) kostestruktuur, en (5) die doeltreffende beprysing van die dienslewering.

## 1. INLEIDING

Teen die agtergrond van 'n groeiende verskaffingskrisis weens die kapasiteitsbeperkings van sowel Transnet Freight Rail (die nasionale spoor-vragvervoerder) as die bestaande brandstofpypleidings en plaaslike raffinaderye, word brandstofbemarkers genoodsaak om brandstofprodukte in te voer en dit per pad na die binneland te neem. Die vervoer van brandstofprodukte per pad (1) is veel duurder as met spoor- en pypleidingvervoer, (2) plaas druk op padinfrastruktuurkapasiteit, (3) verhoog sowel die gevaar van die vervoer van brandstofprodukte as die ongeluksrisiko van alle padgebruikers, en (4) dra by tot meer eksterne koste (soos lugbesoedeling, geraas en verkeersopeenhopings) (Pienaar 2008:104).

Te midde van (1) die aansienlike styging van internasionale ruoliepryse, (2) die oënskynlike onvermoë om die politieke en ekonomiese klimaat in die wêreld se vernaamste olieproduserende streke te bestendig, en (3) die groeiende vraag na petroleumprodukte in sowel groot opkomende nywerheidslande (byvoorbeeld China en Indië) as groot reeds ontwikkelde nywerheidslande (byvoorbeeld die USA en Japan), is dit gebiedend noodsaaklik dat die petroleum-produkvoorsieningskettings so veilig, doelmatig en doeltreffend moontlik georden moet wees.

Transnet Pipelines het onlangs by die Nasionale Energiereguleerder van Suid-Afrika (Nersa) toestemming gekry om 'n nuwe brandstofprodukpypleiding met 'n deursnee van 60cm en 'n lengte van 704km van Durban na Gauteng te bou en te bedryf (Transnet Pipelines 2008). Verder het die nuutgevormde Petroline-konsortium onlangs toestemming gekry om 'n brandstofprodukpypleiding met 'n deursnee van 30cm en 'n lengte van 199km van Maputo na Nelspruit te bou en te bedryf, met 'n latere 249km-verlenging tot by Kendal waar dit by die bestaande Transnet-pypleidingnetwerk kan aansluit (Petroline 2008:5). Nog 'n voornemende markdeelnemer is PetroSA wat onlangs bekend gemaak het dat dit beoog om 'n petroleumraffinadery by Coega in die Oos-Kaap aan te lê en dit per pypleiding met die binnelandse mark te verbind (PetroSA 2008).

Die artikel bied 'n oorsig van die resultate van 'n ondersoek na die ekonomiese aspekte van die kommersiële vervoer van petroleumkommoditeite per pypleiding. Die potensiele waarde van die navorsing lê hoofsaaklik in (1) die voorgestelde raamwerk vir die ekonomiese evaluering en beplanning van nuwe pypleidings, en (2) die riglyne vir die beprysing van die vervoer van petroleumkommoditeite per pypleiding. Die ondersoek is uitgevoer deur middel van 'n literatuur- en internetsoektog, en die bestudering van dokumentasie vanuit die Suid-Afrikaanse pypleidingbedryf. Hierdie soektog is aangevul deur onderhoude met spesialiste in die petroleumraffinerings- en pypleidingbedryf. Die skrywer het toegang gehad tot vertroulike kostegegewens en –vooruitskattings van die bedryf van bestaande en van beoogde pypleidings in Suid-Afrika. In die artikel word die resultate van die koste-ontledings diagrammaties uitgebeeld en kwalitatief beskryf.

## 2. RELATIEWE DOELMATIGHEID VAN PYPLEIDINGVERVOER

Pypleidingvervoer is uniek onder vervoermodusse omdat die pypleiding wat die beweging van vrag fasiliteer sowel die roete as die voertuig is, en dit is permanent gekoppel aan die eindpunte, wat vragopberging fasiliteer. Pypleidings verskaf 'n regstreekse en langtermyn verbinding tussen die oorsprong en bestemming. Desnoods kan 'n volgehoue diens gelewer word sonder die noodsaaklikheid van 'n terugrit of 'n terugpomp-proses. Sodra dit in bedryf is, vervang volgehoue-vloei-pypleidingvervoer die versending van vrag in afsonderlike voertuigbesendings per water, spoor of pad met 'n egalige ononderbroke hoë-volume-vervoerdienste. Die oplaai, karwei en aflaai van die kommoditeit word in 'n enkele proses gekombineer, wat gewoonlik per afstand beheer kan word. Hierdie eienskappe bring mee dat pypleidingvervoer die enigste vervoermodus is wat nóg materiaal- of vraghantering nóg 'n terugrit verg, waardeur gesamentlike koste vermy word. Omdat pypleidingvervoer so uiters kapitaalintensief is en die infrastruktuur hoogs duursaam, geniet pypleidingvervoer die hoogste mate van skaalbesparing van alle vervoermodusse. Die voorwaarde vir hierdie ekonomiese voordeel is dat die vraag na 'n pypleidingdiens stabiel en volhoubaar hoog moet wees (Benson & Whitehead 1975:148).

Wanneer 'n pypleiding eers gebou is, is die bedryfskoste om 'n diens te lewer relatief min. Gevolglik is pypleidingvervoer baie mededingend met ander vorme van vervoer oor land, veral as die volledige benutting van die pypleiding te alle tye moontlik is. Byvoorbeeld, die vergelykende

2008-tariewe om vliegtuigbrandstof vanaf Durban na OR Tambo Internasionale Lughawe in Gauteng te vervoer, is (Nersa 2007a:20; Africon 2008:35):

Pypleiding:	12,55c/ℓ
Spoor:	24,35c/ℓ
Pad:	58,30c/ℓ

Dit is daarom duidelik dat 'n brandstof-groothandelaar wat in Durban gevestig is en nie toegang tot pypleiding- of spoorvervoer tussen Durban en Gauteng het nie, na alle waarskynlikheid uitgesluit is van mededingende markdeelname in Gauteng (Competition Commission of South Africa 2005:1).

Op landroetes waar omgewingsfaktore soos besoedeling en verkeersopeenhopings in ag geneem moet word, of waar klimaatstoestande ongunstig is vir ander vorme van landvervoer, is pypleidings mededingend. Landvervoer word dikwels deur topografie gekompliseer. Spoorvervoer kom in heuwelagtige en bergagtige terrein te staan teen roete-beperkings en trekkrag-probleme, terwyl die bedryfskoste en ongelukrisiko van padvoertuie in sulke gebiede hoog is. Dit is moeilik om 'n pypleiding in steil terrein te bou, maar sodra beplannings-, ontwerp- en konstruksie-probleme oorkom is en die pompstasies ontwerp is om die volumes wat vervoer sal word genoegsaam te hanteer, is die werklike vervoer van kommoditeite relatief probleemvry. Dit is 'n groot voordeel ten opsigte van die leeftyd van enige gegewe pypleiding.

Die ekonomie van pypleidingvervoer as alternatief vir enige ander vorm van vervoer spruit uit die onderstaande oorwegings. (Bardi *et al.* 2006:199; Papacostas & Prevedouros 2001:240; Allegro 2001:1; Rabinow 2004:4).

- (a) Pypleidings kan besendings van groot volumes vloeistowwe ononderbroke en baie betroubaar teen 'n lae eenheidskoste en lae risiko in 'n volgehoue stroom oor lang afstande vervoer. Hoewel die vervoerspoed laag is (tussen 5 en 15 km/h), is die oplaai, karwei en aflaai van die kommoditeit in een proses gekombineer – die kommoditeit word met aankoms onmiddellik in opbergingsstenks gelaai. Dit verkort die totale vervoertyd, tesame met die feit dat die pompproses voortdurend kan plaasvind sonder die nodigheid van 'n terugreis, die vertraging van oorlaaivrag of die terugkarwei van leë houers. Teen 'n pompspoed van 10km per uur deur 'n pyp met 'n 40cm-deursnee is die effektiwe leweringskoers gelyk aan 1,57 miljoen liter per uur, wat deur geen ander vervoermodus oor land geklop kan word nie.
- (b) 'n Kommoditeit wat deur 'n pypleiding na sy bestemming vervoer word, vereis geen verpakking nie. Net die kommoditeit self beweeg – die pypleiding verskaf die nodige omhulsel en beskerming van die kommoditeit. Daar is dus geen dooie tonnemaat van verpakkingsmateriaal, dooie volume of voertuie en hanteringstoerusting wat beweeg nie. Daar is ook geen leë vraghouders wat opgeberg, hanteer of na die oorsprong teruggeneem hoef te word nie, en geen verpakkings- of uitpakprobleme by die begin en einde van die vragreis nie.
- (c) Van al die vervoermodusse verbruik pypleidings die minste energie per eenheid kommoditeit wat vervoer word. Die brandstofverbruik van tenkvrugmotors is byvoorbeeld honderde kere meer as dié van pypleidings vir die vervoer van dieselfde hoeveelheid van die kommoditeit.
- (d) Pypleidings is die veiligste vervoermodus vir die vervoer van brandstofprodukte. Pypleidingbedrywighede het 'n buitengewoon lae sterfte- en ongeluksyfer. Die hoë mate van outomatisering regdeur die pypleidingstelsel dra grootliks tot die uitstekende veiligheidsgeskiedenis by, want menslike foute is die hooforsaak van die meeste vervoer-

ongelukke. Die hoë standaard van ontwerp, konstruksie, toetsing, voorkomende onderhoud, moniteringstegniese en die feit dat pypleidings ten minste 'n meter diep onder die grondoppervlak begrawe lê, dra ook tot die goeie veiligheidsgeskiedenis van pypleidingvervoer by.

- (e) Die geskiedenis van goedereveiligheid by pypleidingvervoer is uitstekend. Die risiko van voorraadverlies weens diefstal, brand, skade, lekkasie en verdamping is gering. Die elektroniese monitering van fasiliteite asook die geringe invloed van weerstoestande lei tot minimale verlies en skade (danksy die vinnige opsporing van lekkasies). Dit sorg ook vir hoogs betroubare afleweringstydskale. Die hoë akkuraatheid en betroubaarheid van vooruitgeskatte afleweringstye verlaag die behoefte aan noodvoorraad aan die eindpunt, terwyl gratis opbergplek gebied word so lank as wat die bestelling op pad is om afgelewer te word (Trench & Miesner 2006:8).
- (f) Pypleidings vereis nie dat 'n groot grondoppervlakte vir eksklusiewe gebruik opsy gesit word nie. Die gebied wat benodig word, is bloot 'n smal strook, en die afwyking van ander grondgebruike word verder verminder as die pypleiding onder die grond begrawe word. Afgesien van die produktiewe gebruik van interne pypvolume is pypleidingvervoer baie ekonomies in die benutting van eksterne ruimte. As die pypleiding eers gelê is, kan die grond aan die bokant weer vir alternatiewe doeleindes benut word – buiten vir bedrywighede wat die grondoppervlak ernstig ontwig of vir die oprigting van permanente strukture – op voorwaarde dat die pypleidingoperateur toegang het om inspeksies te doen of wanneer herstelwerk en vervanging vereis word.
- (g) Pypleidingvervoer kan 'n internasionale diens lewer. Maar sulke dienste is beperk tot ruolielewering oor land, en in beperkte gevalle die vervoer van brandstofprodukte tussen buurlande. Hoewel pypleidings onder die see aangelê kan word, is dit ekonomies en tegniese baie veeleisend, dus word die meeste olie in tenkskepe ter see vervoer. Alle internasionale handel in ruolie en brandstofprodukte wat langafstand- en oseaanvervoer behels, word per skip gedoen. Ondanks die feit dat tenkskepe leeg terugkeer, kan pypleidingvervoer slegs met seevervoer tussen dieselfde oorsprong en bestemming meeding as die pypleidingsroete aansienlik korter as die seeroete is, of waar die seevervoer aan buitengewone koste onderhewig is, soos hoë kanaalgelde (Faulks 1982:36). 'n Voorbeeld is die Trans-Israel ruoliepypleidingroete van 254 km tussen Eilat aan die Rooisee en Askelon aan die Middellandse See. Die roete is aansienlik korter as die seeroete om Afrika, en goedkoper as die seeroete deur die Suez-kanaal (EAPC 2009).

### 3. BEPLANNING EN EVALUERING

Die behoefte aan 'n nuwe pypleiding ontstaan onder die volgende omstandighede (Leonard 1982:106):

1. 'n Nuwe olieproduksiegebied word geopen.
2. Produksie in 'n bestaande gebied oorskry die bestaande pypleidingkapasiteit.
3. 'n Nuwe toegangshawe word gevestig.
4. Verskeping deur 'n bestaande hawe neem toe.
5. 'n Raffinadery benodig bykomende insetvolumes.

Voordat 'n pypeleiding as 'n kommersiële onderneming begin word, moet bewys kan word dat die gebruikers van die pypeleiding vir die ekonomiese lewensduur van die pypeleiding genoeg volumes teen 'n vasgestelde tarief sal karwei, wat die eenaars van die pypeleiding in staat sal stel om hul lening terug te betaal, die bedryfs- en onderhoudskoste te dek en 'n wins te maak wat vir die risiko-element vergoed en wat die investering die moeite werd maak (Banks *et al.* 1982:127).

Die nadele van pypeleidingvervoer is hoofsaaklik opgesluit in die uiters funksionele spesialisering en die afhanklikheid van die volgehoue beskikbaarheid van hoë-volume verkeer. Die aanvanklike installeringskoste is hoog, en slegs geregverdig as die verskaffing vir 'n lang tydperk sal voortduur. In olie- en gasvelde bring die uitputting van ontginningsboorgate die benutbaarheid van 'n pypeleiding tot 'n einde, en die herwinningswaarde kan laag wees. Om hierdie rede word insamelingspypeleidings meestal bo die grondoppervlak gelê sodat dit verskuif kan word namate boorgate uitgeput raak (Schumer 1974:121).

Wat punt 1 hier bo betref, moet geoloë die omvang van die olievonds kan bevestig, die reserwes beraam en produksiekapasiteit bereken. Dit sal die grondslag vorm vir die beraming van verwagte deurset. In die punte 1 tot 5 hier bo bestudeer brandstofbedryfspecialiste die potensiële markte en die waarde van toekomstige produksie. Hulle voorspel toestande wat die pypeleiding oor die volgende 20 tot 30 jaar regstreeks of onregstreeks kan raak, soos die toestand van die ekonomie; die verskuiwing van bevolkings; die konstruksie, uitbreiding en sluiting van raffinaderye; die binnelandse en internasionale produksie van ruolie; die vooruitsigte vir mededingende pypeleidings; bedryfsveranderinge; en staatsingrypings. Hierdie aspekte word in gedetailleerde tegniese, finansiële en ekonomiese beramings in ag geneem (Adler 1987:3).

Die tegniese uitvoerbaarheidstudies dek onder meer die fisiese, ontwerp- en omgewingskwessies in die mate waartoe dit die konstruksieproses en die bedryf van die projek by voltooiing raak. In die tegniese beraming word die presiese kenmerke van die ruolie of brandstofprodukte wat karwei moet word, ontleed. Die vloeibaarheid, digtheid, dampdruk, samestelling, korrosiewe aard en graad is sommige van die chemiese en fisiese kenmerke wat van kritieke belang is vir die uiteindelijke ontwerp van die pypeleidingstelsel.

Die finansiële lewensvatbaarheidstudies fokus op die sake- en finansiële besonderhede, hoofsaaklik die verwagte koste en inkomste vir die onderneming wat vir die projek verantwoordelik is. Die finansiële beraming word gebruik om te bepaal hoeveel kapitaal nodig is en of die onderneming finansiële lewensvatbaar is – of dit die finansiële verpligtinge kan nakom, 'n redelike opbrengs op kapitaal kan oplewer, en in toepaslike gevalle, uit die inkomste 'n bydrae kan lewer tot die koste van toekomstige investering. As die pypeleiding 'n gesamentlike onderneming is, vorm die betrokkenes 'n maatskappy, beklink deurset-ooreenkomste en reël finansiering.

Die ekonomiese evaluering van 'n pypeleiding ondersoek verskeie alternatiewe om te bepaal of die projek geregverdig is op grond van die ekonomiese hulpbronne wat die kommersiële bestaan daarvan sal vereis (Adler 1987:158). Aanvanklik sal alternatiewe roetes vergelyk moet word. Die kortste en mees direkte roete tussen die oorsprong en die bestemming mag aanvanklik voorkeur kry (byvoorbeeld in die geval van 'n ruoliepypeleiding wat al sy vrag na een bestemming neem). Afwykings mag egter nodig wees weens topografiese versperrings of ander omgewingsfaktore, huidige grondgebruik, probleme om deurgangsreg te verkry, en die behoefte om naby 'n sekere verskaffings- of afleweringpunt verby te gaan of om digbevolkte gebiede te vermy (byvoorbeeld in die geval van 'n produkpypeleiding wat afleweringpunte langs die roete het). As in ag geneem word dat die grootste afleweringpunt (of kliënt) gewoonlik die een aan die einde van die pypeleiding is, moet die roete nie so wydlopend wees dat dit die kliënte aan die eindpunt

onnodig op grond van afstand en tarief benadeel ten gunste van afleweringspunte of kliënte wat vroeër op die roete geplaas is nie. In hierdie geval is die ekonomiese keuse tussen 'n wydlopende pypleiding enersyds en een wat regstreeks verbind is, maar met klein sytakke vir aflewering al langs die roete andersyds.

'n Tweede oorweging is die grootte van die pypleiding, want een met 'n groter deursnee wat groter volume kan hanteer, het 'n hoër aanvangskoste maar 'n laer koste vir die pompe en die energie om die pompe aan te dryf. 'n Voorvereiste vir suksesvolle pypleidingvervoer is die korrekte groottebepaling vir die hoeveelheid olie wat karwei moet word.

Pompkrag is nodig om vloeistof van 'n sekere massa te vervoer, en terwyl die proses aan die gang is, moet die wrywingsweerstand van die vloeistof wat die binnewand van die pyp raak, oorkom word. Hoe groter die binne-deursnee van die pyp, hoe groter is die volume of massa per eenheid pypoppervlakte. Dit beteken die pompkrag wat nodig is om 'n gegewe wrywingsweerstand te oorkom, sal meer vloeistof deur 'n groter pypleiding vervoer as deur 'n kleiner pypleiding. Dit skep op sy beurt aansienlike toenemende skaalvoordele of verminderings in eenheidskoste namate die deursnee per tydseenheid en die deursnee van die pypleiding vergroot word. Pypleidings met 'n groot deursnee is 'n belangrike faktor wat die lewensvatbaarheid van olie-ontginning in afgeleë gebiede en die vervoer daarvan na raffinaderye of uitvoerhawens moontlik maak (Banks *et al.* 1982:128).

'n Derde besluit is die keuse van pomptechnologie. Die meeste pompe word deur elektriese motore aangedryf, hoewel dieselenjins of gasturbines ook gebruik kan word. Die voordeel van elektriese aandrywing is die lae koste en die afstandbeheerde bedryf daarvan. Met die verwagte snelle reële toename van elektrisiteitspryse in Suid-Afrika en dat die diensbetroubaarheid van pypleidingvervoer onder kragonderbrekings kan ly, word dieselaandrywing 'n al hoe groter ekonomiese konkurrent van elektriese aandrywing in Suid-Afrika (Africon 2008:50).

'n Vierde belangrike besluit is of die raffinadery aan die begin van die pypleiding moet wees (naby die olieveld of die toegangshawe), of aan die einde van die pypleiding (naby die markte). Die behoefte aan so 'n ondersoek spruit uit die verskil in koste om verskillende kommoditeite te vervoer. Hoe minder die vloeibaarheid en hoe hoër die digtheid (d.i. massa in verhouding tot volume) van die kommoditeit, hoe moeiliker is dit om gepomp te word, en daarom hoe duurder. Dit is byvoorbeeld aansienlik duurder om ruolie oor lang afstande te karwei as die ligter en meer vloeibare brandstofprodukte wat daaruit geraffineer word. Hoe groter die volume wat gekarwei moet word en hoe verder die afstand, hoe meer ekonomies kan dit word om die raffinadery aan die begin van die pypleiding te plaas. 'n Raffinadery by die beginpunt maak ook die verskaffing van produkafleweringspunte langs die roete moontlik, wat die doelmatigheid en doeltreffendheid van produkverspreiding kan verbeter.

Die vyfde stap in die ekonomiese evaluering is om die pypleidingkoste met die koste van die naasbeste vervoeralternatief, gewoonlik spoorvervoer, te vergelyk.

As die bogenoemde ondersoek aandui dat 'n pypleiding tegnies uitvoerbaar, finansiële lewensvatbaar en ekonomies geregverdig is, kan die gedetailleerde ontwerp van die pypleiding begin.

Ná die keuse van die bes moontlike roete, verkry die pypleidingoperateur die nodige deurgangsregte van grondeienaars of staatsinstansies om die pypleiding te bou en te bedryf. Permitte moet verkry word om spoorlyne, paaie, riviere, dreineringslote en ander openbare grond te oorkruis. Voordat konstruksie kan begin, moet omgewingsimpakstudies gedoen en voorgelê word aan die staatsinstellings wat jurisdiksie het oor die gebiede waar die pypleiding sal loop. Die keuse van 'n spesifieke pyp vir 'n gegewe projek word deur ekonomiese faktore asook die aard van die kommoditeit, verwagte deursnee, terrein en konstruksietoestande geraak.



#### 4. MARKSTRUKTUUR EN EIENAARSKAPSPATRONE

Pypleidingvervoer word gewoonlik deur private gebruikers vir hul eie doelwitte verskaf, of deur 'n algemene karweier wat namens al die vragversenders optree wat aan 'n pypleiding gekoppel is. Voorbeelde van die eersgenoemde is pypleidings vir die vervoer van ruolie, geraffineerde brandstofprodukte en aardgas wat deur petroleum- en gas-ondernemings besit en bedryf word (soos die Chevronpypleiding van 110km lank wat ruolie vanaf die PetroSA-opgaarfasieliteit by Saldanhaabaai na die Chevronraffinadery in Kaapstad vervoer). Voorbeelde van laasgenoemde is pypleidingoperateurs wat as openbare ondernemings gevorm is om algemene karweidienste aan die brandstofbedryf te lewer (soos Transnet Pipelines in Suid-Afrika) (Transnet Pipelines 2008) en derdeparty-operateurs wat as private ondernemings (soos 'n private maatskappy of vennootskap) saamgestel is en wat algemene karweidienste aan vragversenders voorsien (soos wat met die beoogde Petrolinepypleiding die geval sal wees vanaf Maputo oor Nelspruit na Kendal) (Petroline 2008:5).

Die voorsiening van pypleidingvervoer is ten opsigte van die aantal aanbieders in die mark die hoogs gekonsentreerde vorm van alle vervoermodusse. Met 'n paar uitsonderings is daar maar een pypleiding wat ruolie, brandstofprodukte of aardgas tussen produksiegebiede of raffinaderye en verbruiksgebiede vervoer. Hierdie hoë mate van monopolie spruit uit die afname in eenheidskoste wat saamhang met toenames in kapasiteit, sodat die laagste koste bereik word deur uitset in 'n enkele pypleiding te konsentreer. 'n Hoë mate van konsentrasie is doelmatig, en veranderings om deur ekonomiese regulering 'n meer mededingende markstruktuur te skep, sal groot doelmatigheidsverliese meebring. Daarom is pypleidingsbedrywighede wat aan die volledige markvraag kan voldoen, suiwer natuurlike monopolieë (Meyer *et al.* 1964:225).

Waar die afstand tussen verskaffingspunte (soos geografies geskeide olievelde of invoerhawens) hoog is in verhouding tot die afleeringsafstand na die markgebied, kan twee of meer verskillende pypleidings dikwels hoogs doelmatig aan so 'n gebied se brandstofvraag voldoen. Van 2011 kan die Mpumalanga-provinsie in Suid-Afrika byvoorbeeld brandstofprodukte via Transnet se produkypleiding van die raffinaderye naby die Durbanse hawe asook van die Petroline-produkypypleiding vanaf die hawe van Maputo in Mosambiek ontvang. In so 'n geval sal 'n pypleidingvervoer-oligopolie (in hierdie geval meer spesifiek 'n duopolie) bestaan.

Weens die hoë aanvanklike koste van 'n pypleiding is die finansiële versperring tot markbetreding hoog. As gevolg van die onbuigsame kapasiteitsbeperkings as 'n pypleiding eers geïnstalleer is en die maksimum vloeihoërs waarteen pompstasies kan werk, moet 'n nuwe manier gevind word om die produk te vervoer (soos per pad of spoor) sodra die vloeihoërs die pypleiding se kapasiteit bereik en vervanging met 'n groter pyp of die byvoeging van 'n tweede pyp nie onmiddellik lewensvatbaar is nie.

In die lig van bogenoemde oorwegings is die finansiële belanghebbers in pypleidingbedrywighede geneig om te konsolideer en met 'n groot aanvanklike investering te begin wat hoër opbrengste oplewer, deels vanweë die skaalvoordele en deels vanweë inherente prestasiekenmerke. ('n 30cm-pyp vervoer teen volle kapasiteit byvoorbeeld drie keer meer as 'n 20cm-pyp) (Papacostas & Prevedouros 2001:240).

Die skaalvoordele wat met 'n enkele maar groter pypleiding behaal word, is aansienlik. Cookenboo (1953:188) het byvoorbeeld getoon dat die laagste koste vir 'n deursel van 100 000 vate ruolie per dag in 'n 45cm-pypleiding sowat dubbel die koste per vat is vergeleke met die karwei van 400 000 vate per dag in 'n pypleiding van 80cm oor dieselfde afstand.

Die implikasies hiervan vir die bedryf is belangrik. Dit sal byvoorbeeld uiters verkwistend wees as vier mededingende raffinaderye wat ruolie van dieselfde oorsprong gebruik elkeen hul

die pypleidings bou (Lansing 1966:370). As elkeen 100 000 vate per dag benodig, en al vier bou parallelle 45cm-pypleidings pleks van 'n enkele 80cm-pypleiding, sal dit die vervoerkoste per vat verdubbel. Doelmatigheid sal in sulke omstandighede bepaal dat 'n enkele pypleiding gemeenskaplik benut behoort te word. Die vervoerkoste van brandstof langs 'n roete wat 'n groot pypleiding het, sal ook veel laer wees as langs ander roetes wat nie oor so 'n pypleiding beskik nie. Daar is eksterne skaalvoordele om groot raffineringskapasiteit in dieselfde gebied te vestig.

Suid-Afrika se binnelandse brandstofmark word tans deur 'n staatsbeheerde pypleiding-opeurateur, Transnet Pipelines, bedien. Transnet Pipelines het 'n *de facto* monopolie met die kommersiële vervoer van brandstof per pypleiding. Een van die maniere waarop monopolistiese magsmisbruik en beperkende optrede in 'n mark ingekort kan word, is die inbring van mededinging. Die bevordering van mededinging in die Suid-Afrikaanse mark vir pypleidingvervoer is een van die doelwitte van die Wet op Petroleumpypleidings (South Africa 2004: art. 2). Inbedryfstelling van die Petrolinepypleiding sal sorg vir 'n mate van mededinging tussen pypleidings in die binnelandse brandstofmark (Nersa 2007b: par. 53).

Met die oorweging van Petroline se aansoek om 'n brandstofpypleiding van Komatipoort oor Nelspruit na Kendal te bou en te bedryf, was daar nie veel presedente wat die Nasionale Energiereguleerder (Nersa) as riglyne kon benut nie. Volgens Nersa (2007b: par. 54) is dit 'n seldsame verskynsel in die wêreld en in hierdie geval 'n besondere uitdaging om mededinging tussen pypleidings in te stel deur middel van 'n privaatsektor geleide investering in 'n mark wat deur 'n owerheidsmonopolie oorheers word.

Die Witskrif op Energiebeleid stel die owerheid se beleid soos volg (South Africa 1998:66):

Die hoekstene van toekomstige regeringsbeleid is:

- Deregulering;
- Die stabiele en volgehoue beskikbaarheid van gehalteprodukte deur die land teen internasionaal mededingende en billike pryse;
- Genoegsame voorsiening vir strategiese oorwegings rakende voorsieningsekerheid; en
- 'n Lae-koste-pypleiding- en -opbergingsinfrastruktuur wat toepaslik gereguleer word om (1) optimale investering te bevorder, (2) magsmisbruik deur hierdie natuurlike monopolieë te verhinder en (3) die uitsluiting van nuwe toetreders te voorkom.

Gegewe die besluit om aan Petroline 'n lisensie toe te staan om 'n pypleiding aan te lê en te bedryf, word hierdie vier beleidsdoelwitte beurtelings bespreek.

### *Deregulering*

Hoewel dit nie bekend is wanneer en in watter mate die regering brandstofpryse gaan dereguleer nie, sal die bestaan van pypleidingmededinging as gevolg van die toeken van 'n bedryfslisensie aan Petroline die regering se beleidsdoelwit van deregulering onderskraag. Die daarstel van 'n ander toevoer-aar na die binneland bied die volgende voordele (Nersa 2007b: par. 98):

- Dit verteenwoordig 'n geografiese verspreiding van toevoerpunte weg van die huidige toegangshawe (Durban) af.
- Dit is verwyderd van die Transnetpypleiding. Daarom is dit onwaarskynlik dat *force majeure*-omstandighede die twee pypleidings gelyktydig sal tref.
- Die pypleidings sal deur verskillende ondernemings bedryf word, wat die nadelige uitwerking van 'n finansiële mislukking van een van die partye sal demp.

- Die Petrolinetypleiding sal tot tweerigtingbedryf in staat wees en sal daarom brandstofuitvoer kan fasiliteer, sou binnelandse raffineerders hulle in die toekoms in 'n oorverhandelde mark bevind.

*Die stabiele en volgehoue beskikbaarheid van gehalteprodukte deur die land teen internasionaal mededingende en billike pryse*

Die Petrolinetypleiding hou die belofte in om die beskikbaarheid van brandstof te verhoog in die gedeeltes van die land wat dit bedien aangesien dit 'n bykomende vervoermodus tot pad-en-spoorinfrastruktuur sal wees, waardeur die risiko verbonde aan onderbrekings met voorsiening sal afneem en die stabiele en volgehoue beskikbaarheid van gehalteprodukte beduidend sal toeneem.

*Genoegsame voorsiening vir strategiese oorwegings rakende voorsieningsekerheid*

Hierdie beleidsdoelwit word in die doelstellings van die Wet op Petroleumpypleidings benadruk. 'n Oogmerk van die Wet is om 'n gepaste voorsiening van petroleum wat aan markbehoefes voldoen, te verseker (South Africa 2004: art. 2). Daar bestaan tans geen gepubliseerde beleid oor die voorsieningsekerheid van brandstof nie.

*'n Lae-koste-pypleiding- en -opbergingsinfrastruktuur wat toepaslik gereguleer word om optimale investering te bevorder; om die misbruik van hierdie natuurlike monopolieë te voorkom en om die uitsluiting van nuwe toetredes te voorkom*

Nersa het 'n rol te speel in die beskerming van nuwe toetreders en die bekamping van magsmisbruik. Die toestaan van 'n lisensie aan Petroline vestig doeltreffende toetrede tot die pypleiding-gedeelte van die voorsieningsketting van vloeibare brandstowwe. Dit fasiliteer investering deur die private sektor wat die pypleiding befonds en gee daardeur 'n sein aan ander potensiele toetreders dat toegang tot hierdie bedryf inderdaad 'n moontlikheid is (Nersa 2007b: par. 60).

Nersa moes in ag neem dat weerstand teen Petroline se aansoek van die regering afkomstig was wat die eienaar is van Petroline se kommersiële mededinger. Ook met die opweging en balansering van die onderskeie voorskrifte van die Wet op Petroleumpypleidings moes Nersa rekening hou met die impak van 'n sein aan die mark wat vertolk sou kon word as dat die staat investering deur die private sektor verdring. Daar is geen voorsiening in die Wet wat vereis dat Nersa openbare bo private ondernemings moet bevoordeel nie. Dit is heel denkbaar dat Nersa met toekomstige tariefvasstellings sal verseker dat onredelike uitgawes vermy en nie beloon word nie en ewewigig teenoor privaatsbesitte en regeringsbesitte mededingers sal optree (Nersa 2007b: par. 86).

## **5. KOSTESTRUKTUUR VIR PYPLEIDINGVERVOER**

Pypleidings verskaf hul eie deurgangsreg. Sodra die investering gedoen is, is die oorblywende bedryfskoste laag. Aangesien die pypkomponent, pompe, tenk- en aanleggeriewe hoogs gespesialiseer en duursaam is, vorm vaste koste 'n groot gedeelte van die totale koste – die grootste deel van alle vervoermodusse.

Pypleidingvervoer is hoogs doelmatig wanneer die benutting van die beskikbare kapasiteit standhoudend hoog bly. Volgehoue pompwerk kan byvoorbeeld plaasvind sonder enige behoefte aan terugkerende vloei, wat gesamentlikekosteverspilling weens leegloop uitskakel. 'n Hoë vlak van skaalvoordele kan dus in pypleidingvervoer gehandhaaf word.

Die vaste koste van pypleidingvervoer kan in 'n volgorde geklassifiseer word van bykans permanente vaste koste tot items wat vir 'n maandydperk vasgestel is (Pienaar & Vogt 2009: hoofstuk 16):

- pypleidingsdeurgangsreg;
- pype;
- opbergingsgeriewe;
- bedryfsverwante eindpuntgeboue;
- pompe;
- oorhoofse koste vir bestuur en administrasie;
- roetine-onderhoud van geriewe, pype, pompe; en
- 'n maandelikse tarief vir die volgehoue minimum beskikbaarheid van elektrisiteitsvoorsiening.

In die konstruksie van die langtermyn-kostefunksie is die drie hoof vastekoste-komponente die volgende: (1) die koste wat na gelang van die pypdeursnee verander; (2) die koste wat na gelang van pompkrag verander; en (3) die koste wat na gelang van die lengte van die pypleiding verander.

Vaste koste wat verander na gelang van die pypdeursnee sluit die rente en depresiasie op die pypleiding self in, die koste van die konstruksie en lê van die pypleiding, die koste van staal, pypbedekking, kleppe en korrosiebeskerming, en die koste van geskeduleerde onderhoud aan die pypleiding. Hoewel hierdie koste styg namate die pypdeursnee toeneem, is die kostestying minder as in verhouding tot die toename in deursnee. Die wydte van die pypleidingserwituut is byvoorbeeld dieselfde ongeag die pypdeursnee; in die meeste gevalle bly die wydte van die sloot waarin die pyp gelê word dieselfde of word baie min vergroot; wanneer die wanddikte dieselfde bly of tot 'n mindere mate toeneem as die toename in deursnee, word proporsioneel minder staal benodig namate die binne-deursnee van die pyp toeneem; onvermybare roetine-inspeksies, monitering en algemene bestuurskoste vir 'n groot pypleiding is slegs 'n breukdeel duurder as vir 'n klein pypleiding van dieselfde lengte.

Die vaste koste wat verander wanneer pompkrag toeneem, sluit die rente en depresiasie op die investering in pompstasies en die uitleg vir elektrisiteit in, asook die onvermybare arbeid wat vir roetine-onderhoud en die bedryf van pompstasies gebruik word.

Vaste koste wat saam met die lengte van die pypleiding verander, styg in regstreekse verhouding tot die toename in lengte. Die koste behels die aanvanklike koste vir opmeting en die verkryging van deurgangsreg, die aankoop van die pyp, bykomende pompe, tenks, die grawe van die sloot en die lê van die pyp, die toegooi van die sloot en herstel van die oppervlak, skade aan die terrein wat oorgesteek is, en geskeduleerde voorkomende onderhoud en die bedryf van 'n kommunikasiestelsel. Langer pypleidings bied dus nie aansienlike skaalvoordele nie, omdat regstreeks proporsioneel langer of meer van elk van bogenoemde items benodig word vir langer afstande. Verder is eindpuntkoste relatief klein. Die koste per ton-kilometer is dus sensitief vir die reëlmatigheid van die vloei, maar nie vir die lengte van die pyp nie. Gevolglik is daar nie 'n opvallende afname in tarief per ton-kilometer namate die vervoerafstand toeneem nie (Gwilliam 1970:202).

Die enigste waarneembare veranderlike koste in pypleidingvervoer (waar veranderlike koste na koste-items met 'n kontraktyd van minder as 'n maand verwys) is die elektrisiteit (of ander energie) wat tydens pompwerk verbruik word en bo en behalwe die vaste beskikbaarheidstarief betaal moet word, asook oortydbetaling aan onderhoudspersoneel om foutiewe komponente te herstel, en die werklike herstellkoste wat meer is as roetine- of voorkomende onderhoudswerk.

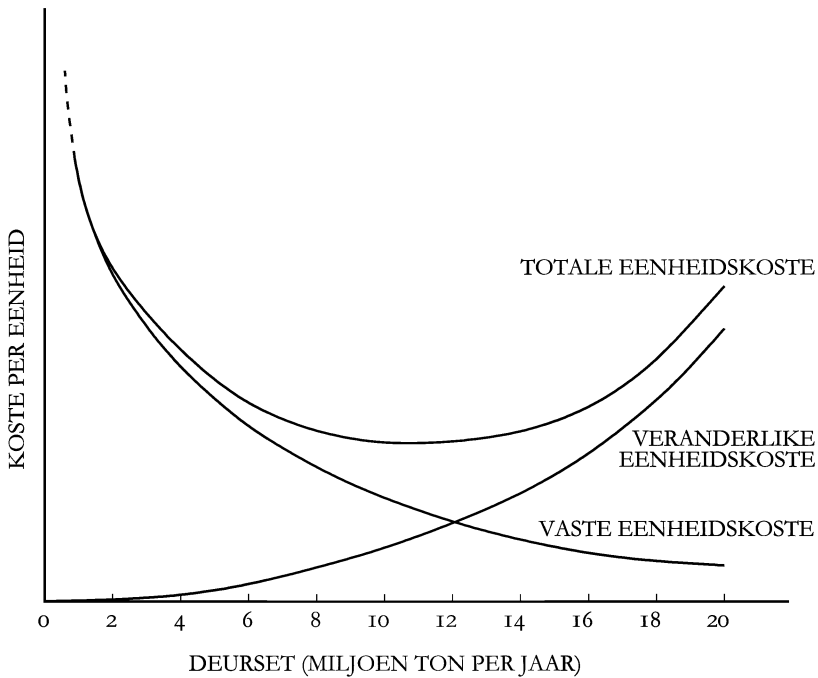
Daar is een bedryfskoste-item wat wissel na gelang van die aantal besendings wat gepomp word. Dit is die koste om die vermengde produk te herwin wat verkry word wanneer verskillende besendings opeenvolgend vervoer word. Wanneer 'n brandstofproduk wat by 'n pompstasie aankom, begin om 2% of meer per volume van die volgende besending te bevat, word die vermengde brandstof na 'n vermengingstenk gekanaliseer totdat die volgende besending ten minste 98% suiwer is. Die vermengde produk word dan in die volgende besending gemeng, of in 'n ander besending van die minder waardevolle produk, teen 'n koers waarteen die suiwerheid nie tot minder as 98% per volume daal nie. Aangesien die vermenging net plaasvind waar twee besendings byeenkom, sal die eenheidskoste afneem hoe groter die volume of lengte per besending. In presies dieselfde pypseksie en teen dieselfde vloeikoers sal dieselfde volume vermengde produk tussen twee besendings petrol en diesel van 10 miljoen liter elk byvoorbeeld ontstaan as tussen twee besendings petrol en diesel van 20 miljoen liter elk. Wanneer slegs een kommoditeit voortdurend gepomp word, is daar natuurlik geen vermenging nie (Pienaar & Vogt 2009: hoofstuk 16).

Op grond van digtheid-skaalvoordele kan 'n toename in pypdeursnee tot 'n laer eenheidskoste lei. 'n Ononderbroke en verlengde deurset van 'n groot volume van 'n enkele homogene kommoditeit laat digtheid-skaalvoordele toeneem. As die volgehoue pomp van 'n spesifieke kommoditeit nie volhoubaar is nie, kan gemeenskaplike produksie brandstofprodukpypleidings meer doeltreffend maak omdat 'n verskeidenheid brandstofprodukte opeenvolgend gepomp kan word. Dit help die bereiking van skaalvoordele aan deur die omvang van pypleidingbenutting te verbreed.

Die fundamentele verhoudings wat betrokke is, steun op die geometriese beginsels in die verhouding tussen die oppervlakte van 'n silinder en sy volume. Kyk na die dwarsnee van 'n pyp: Omdat die oppervlakte van 'n sirkel  $\pi r^2$  is, sal die oppervlakte toeneem saam met die kwadraat van die sirkelstraal. Die omtrek sal slegs in verhouding tot die straal van die sirkel toeneem aangesien die omtrek  $2\pi r$  is.

Dieselfde verhouding tussen die oppervlakte van 'n houer en die volume van die inhoud is van toepassing op ander vervoermetodes, soos treinwaens. Tog word die skaal van treinwaens deur die wydte van die spoorlyn beperk, asook deur die vryhoogte langs die roete. In die geval van spoorvervoer vereis doelmatigheid dat dieselfde spoorwydte en dieselfde waens regdeur die stelsel gebruik word. Water- en padvervoer plaas dieselfde beperkings op die grootte van die voertuie. Pypleidings kan egter gebou word volgens watter deursnee ook al vereis word. Verder is daar nie 'n probleem met een deursnee vir 'n insamelingspypleiding en 'n ander deursnee vir grootmaatvervoer oor lang afstande nie. Die enigste effektiewe perk op die deursnee van 'n nuwe pypleiding is die markvraag. Dit maak nie sin om 'n groter pypleiding te bou as wat in die toekoms ten volle benut sal word nie.

Die ekonomiese uitdaging in die beplanning en tariefbepaling vir pypleidingsdienste is om die laagste moontlike eenheidskoste per ton-kilometer vir die verwagte vlak van deurset te bepaal. Dit vereis op sy beurt die berekening van die optimale kombinasie van pypdeursnee en pompkrag wat vir elke deursetvlak vereis word. Die grootte van die pypleiding is belangrik, want 'n groter een wat groter verkeersvolume kan hanteer, verg hoër kapitaalkoste maar laer bedryfs- en pompkoste en minder elektrisiteits- of ander energiekoste om die pompe te bedryf. Die basiese veranderlike, vaste en totale eenheidskoste-kenmerke van pypleidingbedrywighede word in Figuur 1 uitgebeeld (Banks *et al.* 1982:128).



**Figuur 1:** Kostestruktuur van 'n 60cm-ruoliepypleiding teen verskillende deursetvlakke

Hoewel die kapasiteit van 'n pypleiding afhanklik is van die deursnee van die pyp en die maksimum spoed waarteen die kommoditeit kan vloei, kan die vloeihoers aangepas word deur minder of meer pompkrag aan te wend. 'n Toename in die geïnstalleerde pompe se pompspoed sal sonder uitsondering tot verhoogde energieverbruik lei, en dus tot hoër veranderlike koste. Namate die vloei toeneem, sal die proporsionele toename in veranderlike koste egter hoër wees as die toename in die kommoditeitsvloeihoers. Weens die geometriese toename in wrywingsweerstand van die pypwand op kommoditeitsvloei wanneer vloei spoed toeneem, is 'n kwadratiese toename in pompkrag nodig om die wrywingsweerstand te oorkom wat kommoditeitsvloei belemmer. Die stygende aard van gemiddelde veranderlike koste (of veranderlike eenheidskoste) namate deurset toeneem, word in Figuur 1 uitgebeeld.

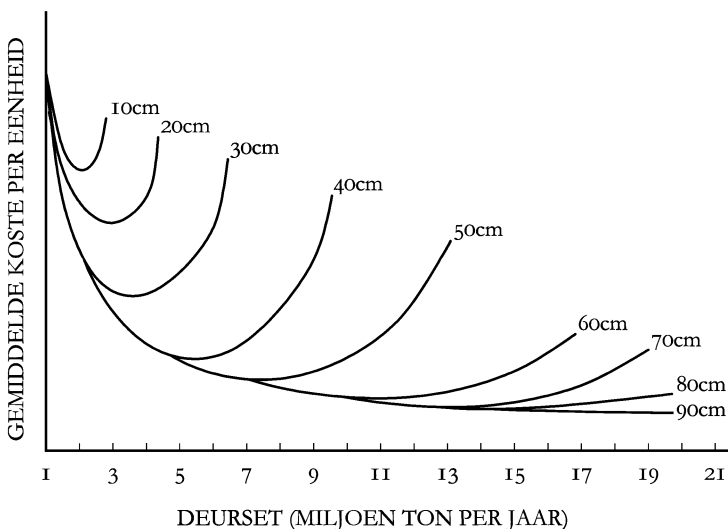
Die vaste koste per eenheid wat karwei word (of gemiddelde vaste koste) verwys na die konstante of kapasiteitskoste wat aan 'n spesifieke tydperk toegewys word, gedeel deur die aantal eenhede wat in daardie tydperk gepomp is. Namate deurset toeneem, neem die omvang van gemiddelde vaste koste per tydperk af, en dit word ook in Figuur 1 geïllustreer.

Die kostestruktuur van pypleidingvervoer word gekenmerk deur 'n hoë verhouding van vaste koste tot totale koste. Met 'n toename in deurset neem die vaste koste per eenheid aanvanklik met 'n groter hoeveelheid af as die bedrag waarmee veranderlike koste per bykomende eenheid deurset styg. Namate deurset toeneem, verlangsaam die dalingstempo van vaste koste per eenheid egter geleidelik, en die stygingstempo van veranderlike koste per eenheid versnel. Namate deurset verder toeneem, word 'n punt bereik waar die dalingstempo van die vaste eenheidskoste gelyk is aan die stygingstempo van veranderlike eenheidskoste. Totale eenheidskoste (d.i. gemiddelde totale koste) is op hierdie punt op 'n minimum. Vir vloei-toenames bokant die punt waar totale

eenheidskoste op 'n minimum is, duur die afnametempo van vaste koste per eenheid voort, maar die stygingstempo van veranderlike eenheidskoste versnel so vinnig dat totale eenheidskoste styg. Net soos met die toename in veranderlike eenheidskoste vorder die stygingstempo van totale eenheidskoste geometries. Wanneer die pypleiding sy volle kapasiteit nader, word vloei gedwonge. Met enige poging om kapasiteit te oorskry, sal totale eenheidskoste na oneindig neig. Weens die onmoontlikheid om kapasiteit op korttermyn met bestaande tegnologie te oorskry, is bykomende pompkrag om vloei bokant die pypleiding se kapasiteit te dwing suiwer vermorsing. Dit impliseer oneindig hoë veranderlike en totale koste vir die laaste poging tot bykomende deurset per eenheid.

Figuur 1 toon die verhouding tussen totale eenheidskoste (op die Y-as) en die hoeveelheid kommoditeit wat karwei word (op die X-as), wat deur 'n paraboliese funksie verteenwoordig word. Hoe groter die deursnee van 'n pypleiding, hoe groter sal sy kapasiteit wees. In Figuur 2 word dit uitgebeeld deur 'n toename in die krommingsradius van die bogenoemde paraboliese funksie namate pypdeursnee toeneem. As pypdeursnee toeneem, sal die minimum (onderste) waarde van elke pyp se paraboliese gemiddelde-totale-kostekromme ook afneem. As die pypdeursnee egter met gelyke grootte-eenhede (horisontaal van links na regs) toeneem, word die afname in minimum koste per grootte-eenheid kleiner. Geometries word die langtermyn-gemiddelde-koste-funksie in pypleidingvervoer deur 'n hiperboliese verhouding verteenwoordig.

Soos Figuur 2 aantoon, neem die langtermyn-gemiddelde kostekromme voortdurend af. Teoreties gesproke sal die vaste eenheidskoste oneindig hoog wees vir 'n pyp met 'n oneindig klein deursnee. Namate pypleidingdeursnee toeneem en solank as wat deursetvolumes gehandhaaf kan word, sal die vaste eenheidskoste per kommoditeit wat karwei word, afneem (dit sal na nul neig, maar dit nooit bereik nie) (Cookenboo 1954:35-113; Meyer *et al.* 1964:127; Banks *et al.* 1982:129).



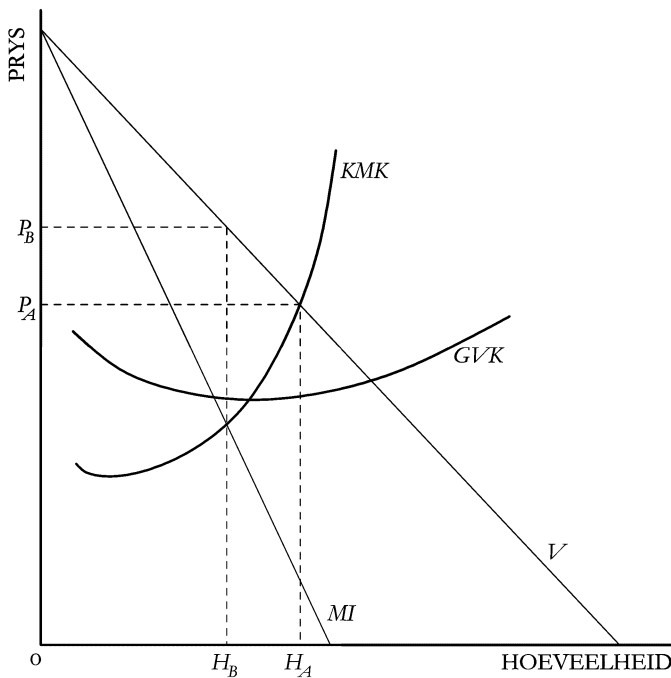
**Figuur 2:** Gemiddelde totale koste per eenheid vir ruoliepypleidings van verskillende groottes en jaarlikse deurset

Let daarop dat indien die deursneespronge van die pypleiding in Figuur 2 baie klein was (sê een millimeter) en nie 10cm soos aangedui nie, sou die spektrum parabole se omhulselkromme 'n gladde hiperboliese verloop gehad het, soos wat deur die LGK-kromme in Figuur 4 aangedui word.

## 6. DIE DOELTREFFENDE BEPRYSING VAN PYPLEIDINGDIENSTE

Op kort termyn is bestaande infrastruktuur 'n gegewe en is pypleidingkapasiteit vasgelê. Om kommoditeitsvloei tot by die deursetvermoë (d.i. kapasiteit) van 'n pypleiding te bring, verg dat die pompe se krag toenemend ingespan moet word om dit te vermag, en energieverbruik met kapasiteitsnadering daarom die hoogte inskiet. Vandaar dus die skerp toename in die helling van KMK waar dit in Figuur 3 bo die vlak van GVK styg.

Die doeltreffende beprysing van vervoerdienste vereis dat pryse gelyk moet wees aan grenskoste (d.i. korttermyn- en langtermyn-grenskoste gesamentlik). Anders as die meeste ander vervoerdienste is die volume verkeer wat per pypleiding hanteer word redelik egalig met die verloop van tyd en kom daar nie 'n besondere spitsaanvraagprobleem voor nie (Bonsor 1984:131). In Figuur 3 word die vraag na pypleidingvervoerdienste deur  $V$  voorgestel, die gemiddelde veranderlike koste deur kromme  $GVK$ , en korttermyn-grenskoste deur  $KMK$ . Doeltreffende toewysing van bronne vind teen prys  $P_A$  plaas waar die vraagkromme  $KMK$  sny.<sup>1</sup>



**Figuur 3:** Vraag na pypleidingvervoerdienste op die kort termyn

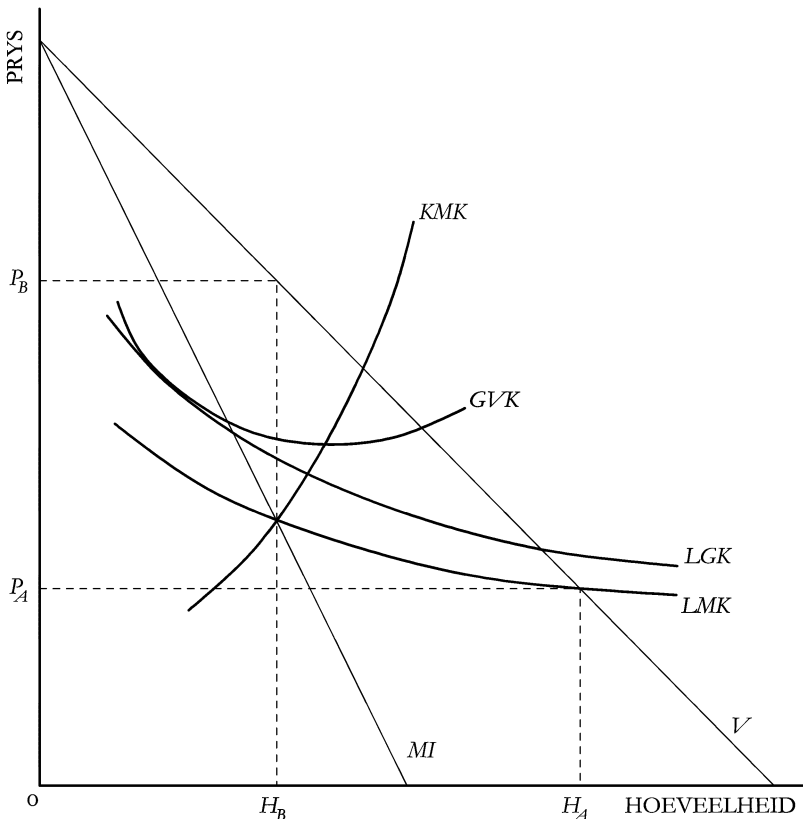
<sup>1</sup> Hierdie omstandigheid weerspieël naastenby die situasie met Transnet Pipelines se huidige produkpypleiding vanaf Durban na Gauteng.



Dit is onwaarskynlik dat 'n ongeregleerde pypleidingoperateur met monopolie mag na aan hierdie korttermyn-optimum sal produseer. Oor land geniet pypleidings 'n groot kostevoordeel bo ander vervoermodusse. 'n Ongeregleerde pypleidingonderneming met monopolie mag sal sy wins by uitsetvlak  $H_B$  teen prys  $P_B$  maksimeer. Al is prys  $P_B$  veel laer as die prys waarteen ander modusse lonend karweiwerk sou kon verskaf, is prys  $P_B$  uit die gemeenskap se oogpunt by hierdie deursek ondoeltreffend omdat die prys grenskoste oorskry. Die voorkoms van monopolie mag met 'n gepaardgaande strewende na winsmaksimering lei daarom tot 'n nie-optimale deursekvlak.

Indien die aanvraag na 'n pypleiding se diens die bestaande kapasiteit blywend begin oorskry en die toekomsverwagting is dat die aanvraag sal groei, moet ondersoek word (1) watter pypleidinggrootte en kapasiteitsuitbreiding die doelmatigste aan toekomsverwagtinge sal voldoen, en (2) hoe die toekomstige diens ekonomies doeltreffend beprys moet word.

Die doeltreffende beprysing van pypleidingdiens op die lang termyn is meer ingewikkeld as op die kort termyn. In Figuur 4 sny die vraagkromme ( $V$ ) die langtermyn-gemiddelde- en langtermyn-grenskostekrommes (d.i. LGK en KMK onderskeidelik) in die gebied waar daar aansienlike onbesette kapasiteit voorkom. Let daarop dat LGK in Figuur 4 die omhulselkromme van die spektrum totale-eenheidskostekrommes in Figuur 2 verteenwoordig. Sonder regulering sal 'n winsmaksimerende monopolis verkies om 'n hoeveelheid van  $H_B$  teen prys  $P_B$  te lewer.



**Figuur 4:** Doeltreffende beprysing van pypleidingdiens op die lang termyn

Ten opsigte van hierdie situasie sal die doeltreffende prys  $P_A$  meebring dat nie alle vervoerkoste gedek word nie. In hierdie geval is die aangewese regstelling die toepassing van 'n saamgestelde vastekoste-tarifstrategie (Bonsor 1984:132), waar (1) die vaste eenheidspryskomponent gelyk aan LMK gestel word en (2) die gevolglike tekort op vaste koste uitgewis word deur gebruikers (d.i. almal wie se fasiliteite aan die pypleiding gekoppel is) 'n vaste toegangsfooie te hef, waardeur *LGK* by hoeveelheid  $H_A$  gedek word. Volle kostedekking word bewerkstellig deur die verhaling van bykomende veranderlike koste deur middel van 'n volumeheffing gelykstaande aan korttermyn-grenskoste (Kahn 1988:95-100). Hierdeur word 'n tweedelige prys bewerkstellig waardeur (1) die grootste aantal aanvrers se behoeftes bevredig, en (2) volle (d.i. totale) koste gedek word.

Kommersiële brandstof-pypleidingondernemings tree op as algemene karweiers vir groothandelaars in die brandstofbedryf. Die finansiële oogmerk van 'n kommersiële onderneming is om totale koste te dek en 'n opbrengs op sy investering te behaal. Aangesien die kliënte van kommersiële pypleidingondernemings regstreekse mededingers in die groothandel-brandstofmark is, moet hulle volle kosteverantwoordelikheid aanvaar vir die diens wat die pypleidingonderneming lewer. Diens aan 'n kliënt wat nie totale koste dek nie impliseer dat hy deur sy mededingers gesubsidieer word. Die enigste omstandighede wanneer aflewering onder totale koste kan plaasvind is (Pienaar 1998:36):

- wanneer daar voldoende onbesette kapasiteit beskikbaar is om die besending te karwei (d.i. dat die geleentheid om 'n ander besending teen totale koste af te lewer nie daardeur ontsê word nie);<sup>2</sup>
- alle vermybare koste (d.i. korttermynkoste) gedek word en die aflewering 'n bydrae tot onvermybare (d.i. langtermyn- of vaste) koste maak; en
- die aflewering nie teen totalekostedekking sou plaasvind nie.

Ofskoon kommersiële natuurlike monopolie-pypleidingondernemings nie algemene karweiers met sosiale diensverpligtinge is nie, moet hulle nietemin in die openbare belang optree. 'n Bevorderlike monopolie-pypleidingonderneming is een wat daarin slaag om skaalbesparings in 'n mark te behaal waar die kostevoordeligheid daarvan in verhouding tot die naasgoedkoopste vervoermodus verg dat dit 'n oorheersende markaandeel moet inpalm, en die prys daarvan laer as dié van die naasgoedkoopste vervoermodus is.

## 7. GEVOLGTREKKINGS

Oor land is pypleidingvervoer hoogs mededingend met ander vervoermodusse, veral as die volledige benutting van die pypleiding te alle tye moontlik is. Pypleidingtariewe per liter brandstof is ongeveer een helfte van spoortariewe en een vyfde van padvervoertariewe. Dit is daarom duidelik dat 'n brandstofgroothandelaar wat in Durban gevestig is en nie toegang tot pypleiding- of spoorvervoer het tussen Durban en Gauteng nie na alle waarskynlikheid uitgesluit sal wees van mededingende markdeelname in Gauteng.

Die ekonomiese evaluering van 'n pypleiding verg die ondersoek van verskeie alternatiewe om te bepaal of die projek geregverdig is op grond van die ekonomiese hulpbronne wat die kommersiële bestaan daarvan sal vereis. Eerstens moet alternatiewe roetes vergelyk word. Die grootste afleweringpunt is dikwels die een aan die einde van die pypleiding. Die roete moet

<sup>1</sup> Hierdie situasie word in Figuur 4 uitgebeeld, en sal waarskynlik voorkom wanneer Transnet se voorgestelde nuwe 60cm-pypleiding in bedryf gestel word.

daarom nie so omswerwend wees dat dit die kliënte aan die eindpunt op grond van afstand en tarief benadeel ten gunste van afleweringspunte vroeër op die roete nie. Die ekonomiese keuse is tussen 'n wydlopende pypleiding en een met 'n reguiter horisontale belyning, maar met klein sytakke vir aflewering al langs die roete. 'n Tweede oorweging is die grootte van die pypleiding, want een met 'n groter deursnee wat groter volume kan hanteer, het 'n hoër aanvangskoste maar 'n laer koste vir die pompe en die energie om die pompe aan te dryf. 'n Derde besluit het te make met pomptegnologie. Die meeste pompe word deur elektriese motore aangedryf. Met die verwagte snelle reële toename van elektrisiteitspryse in Suid-Afrika, gekoppel met die risiko dat kragonderbrekings diensbetroubaarheid kan kortwiek, word dieselaandrywing 'n al hoe sterker konkurrent van elektriese aandrywing. 'n Vierde besluit is of die raffinadery aan die begin of aan die einde van die pypleiding moet wees. Dit is aansienlik duurder om ruolie oor lang afstande te karwei as die ligter en meer vloeibare brandstofprodukte wat daaruit geraffineer word. 'n Raffinadery by die beginpunt maak ook die aflewering van brandstof langs die roete moontlik, wat die doelmatigheid en doeltreffendheid van produkverspreiding verbeter. Die vyfde stap is om die pypleidingkoste met die koste van die naasbeste vervoeralternatief, gewoonlik spoorvervoer, te vergelyk. As die bogenoemde ondersoek aandui dat 'n pypleiding tegnies uitvoerbaar, finansiële lewensvatbaar en ekonomies geregverdig is, kan die gedetailleerde ontwerp van die pypleiding begin.

Omdat pypleidingvervoer (1) die energiedoelmatigste vervoermodus is, (2) aansienlik goedkoper is as pad- en spoorvervoer, (3) heelwat veiliger is as spoorvervoer en veral padvervoer, (4) pad- en spoorvervoer- en infrastruktuurkapasiteit vir ander verkeer beskikbaar stel, en (5) minder onverhaalde eksterne koste (soos lugbesoedeling, geraas en verkeersophopings) as ander vervoermodusse veroorsaak, behoort pypleidingvervoer (onderhewig aan ekonomiese evaluering) as die voorkeur vervoermodus tussen tenkwerwe in Suid-Afrika oorweeg te word.

Gemiddelde vaste koste daal oor die volle uitsetbereik van 'n pypleidingonderneming. Daarom is langtermyn-grenskoste altyd laer as gemiddelde vaste koste. Omdat ekonomiese doeltreffende beprysing vereis dat pryse gelyk aan grenskoste moet wees, is die langtermyn-beprysing van pypleidingdienste problematies: Deur slegs langtermyn-grenskoste te dek, sal verliese in die hand gewerk word. Die oplossing hiervoor is die gebruik van 'n tweedelige prys: Eerstens behoort vaste koste verhaal te word deur 'n saamgestelde vaste-eenheidspryskomponent wat (a) gelyk is aan langtermyn-grenskoste, plus (b) 'n toegangsfooï (d.i. 'n diensbeskikbaarheidsheffing), sodat gemiddelde vaste koste gedek word. Tweedens word veranderlike koste gedek deur 'n volumeheffing gelykstaande aan korttermyn-grenskoste. Sodoende kom daar 'n tweedelige prys tot stand wat volle koste dek.

Die kliënte van kommersiële pypleidingondernemings is regstreekse mededingers in die groothandel-brandstofmark, daarom moet hulle volle kosteverantwoordelikheid aanvaar vir die diens wat die pypleidingonderneming lewer. Diens aan 'n kliënt wat nie totale koste dek nie impliseer dat hy deur sy mededingers gesubsidieer word. Die enigste omstandighede wanneer aflewering onder totale koste kan plaasvind, is wanneer:

- daar voldoende onbesette kapasiteit beskikbaar is om die besending te karwei;
- alle vermybare koste (d.i. korttermyn- of veranderlike koste) gedek word en die aflewering 'n bydrae tot onvermybare (d.i. langtermyn- of vaste) koste maak; en
- die aflewering nie teen totalekostedekking sou plaasvind nie.

**BIBLIOGRAFIE**

- Adler, H.A. (1987). *Economic Appraisal of Transport Projects*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Africon. (2008). Study on the macro-economic impact of fuel costs in transport. *Contract report produced for the National Department of Transport*. Pretoria.
- Allegro Energy Group. (2001). *How Pipelines Make the Oil Market Work – Their Networks, Operation and Regulation*. A memorandum prepared for the Association of Oil Pipe Lines and the American Petroleum Institute's Pipeline Committee. Available: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html> [Accessed 2007, 4 July].
- Banks, S.E., Ballhausen, H.A. & Havik, K.P. (1982). Crude oil and products pipelines. *Tijdschrift voor Vervoerswetenskap*, 8(2):124-136.
- Bardi, E.J., Coyle, J.J. & Novack, R.A. (2006). *Management of Transportation*. Mason, Ohio: South-Western.
- Benson, D., Whitehead, G. (1975). *Transport and Distribution*. London: W.H. Allen.
- Bonsor, N.C. (1984). *Transportation Economics: Theory and Canadian Policy*. Toronto, Canada: Butterworths.
- Competition Commission of South Africa. (2005). "Competition Commission recommends approval of the 'Uhambo' joint venture." Media Release Number 10 of 2005 (12 May). Pretoria.
- Cookenboo, L. (1953). *Economies of Scale in the Operation of Crude Oil Pipelines*. PhD-proefskrif. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Cookenboo, L. (1954). Cost of Operating Crude Oil Pipe Lines. *Rice Institute Bulletin*. April: 35-113.
- Eilat Askelon Pipeline Co. Ltd. (EAPC). (2009). Pipelines. Available: <http://www.eapc.co.il/print/english/pipelines.html> [Accessed 2009, 4 May].
- Faulks, R.W. (1982). *Principles of transport*. Third edition. London: Ian Allen.
- Gwilliam, K.M. (1970). *Transport and public policy*. Tweede uitgawe. London: George Allen & Unwin.
- Kahn, A.E. (1988). *The Economics of Regulation: Principles and Institutions*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Lansing, J.B. (1966). *Transportation and Economic Policy*. New York: The Free Press.
- Leonard, V.K. (1982). Petroleum pipelines, 101-113. Chapter 5, Part A in: Homburger, W.S. (ed.) *Transportation and Traffic Engineering Handbook*. Second edition. Institute of Transportation Engineers. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Meyer, J.R., Peck, M.J., Stenason, J. & Zwick, C. (1964). *The economics of competition in the transportation industries*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- National Energy Regulator of South Africa (Nersa). (2007a). "Licence condition relating to tariffs of a petroleum pipeline system including storage facilities." 29 March. Available: <http://www.dme.gov.za> [Accessed 2008, 2 June].
- National Energy Regulator of South Africa (Nersa). (2007b). "Licence to construct a petroleum pipeline system including storage facilities by Petroline RSA (Proprietary) Limited (Petroline) regarding the construction of a petroleum pipeline from the border with Mozambique near Komatipoort to Kendal via Nelspruit, and the construction of a petroleum storage facility in Nelspruit, Mpumalanga." 29 March. Available: <http://www.dme.gov.za> [Accessed 2008, 2 June].
- Papacostas, C.S., Prevedouros, P.D. (2001). *Transportation Engineering and Planning*. Third edition. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Petroline. (2008). Environmental impact assessment for Petroline RSA (Pty) Ltd for a proposed liquid fuels pipeline from Komatipoort to Kendal and a liquid fuel storage facility near Nelspruit. Available: <http://www.petroline.co.za> [Accessed 2008, 14 October].
- PetroSA. (2008). PetroSA increases the capacity of its planned Coega crude refinery. Available: <http://www.petrosa.co.za> [Accessed 2008, 27 October].
- Pienaar, W.J. (1998). Report to Petronet on the development of a defensible pricing mechanism. *Contract report produced for Petronet*. Stellenbosch, Department of Logistics, Stellenbosch University.
- Pienaar, W.J. (2008). Logistieke aspekte van pypleidingvervoer in die voorsiening van petroleumprodukte. *Die Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 27(2): 102-122.

- Pienaar, W.J. & Vogt, J.J. (2009). *Business Logistics Management: A Supply Chain Perspective*. Third edition, Cape Town: Oxford University Press.
- Rabinow, R.A. (2004). *The Liquid Pipeline Industry in the United States: Where it's been, where it's going*. 'n Verslag wat voorberei is vir die Association of Oil Pipe Lines. Available: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html> [Accessed 2007, 4 July].
- Schumer, L.A. (1974). *Elements of transport*. Third edition. Sydney: Butterworths.
- South Africa. (1998). White Paper on Energy Policy. Department of Minerals and Energy. Available: [http://www.dme.gov.za/pdfs/energy/planning/wp\\_energy\\_policy\\_1998.pdf](http://www.dme.gov.za/pdfs/energy/planning/wp_energy_policy_1998.pdf) [Accessed 2008, 2 June].
- South Africa. (2004). Petroleum Pipelines Act, Act 60 of 2003. Government Gazette 26434, 7 June.
- Transnet Pipelines. (2008). Available: <http://www.transnet.co.za/Pipelines.aspx> [Accessed 2008, 14 October].
- Trench, C.J. & Miesner, T.O. (2006). *The Role of Energy Pipelines and Research in the United States: Sustaining the Viability and Productivity of a National Asset*. Pipeline Research Council International. Available: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html> [Accessed 2007, 4 July].

