

# Die beraming van enkele tegno-ekonomiese koëffisiënte vir spilpuntkosteberekening

JA Meiring\* en LK Oosthuizen

Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein 9300, Suid-Afrika

## Abstract

### The estimation of a few techno-economic coefficients for calculating centre-pivot costs:

Reliable techno-economic coefficients are required for the accurate estimation of centre-pivot irrigation costs, but empirically determined techno-economic coefficients for local conditions are scarce or not yet available.

The purpose of the article is to estimate the most important techno-economic coefficients required for the estimation of the annual cost of centre-pivot systems. The most important techno-economic coefficients are the application efficiency of the system, the useful life and salvage value of the different components, annual maintenance and repairs and labour needs to operate the system.

It appears that the Delphi technique is a suitable method for obtaining reliable techno-economic coefficients. The techno-economic coefficients that were obtained facilitated the satisfactory estimation of the annual cost of centre-pivot irrigation systems. In due course these values can be compared with experimentally determined values as soon as such values become available.

## Samevatting

Betroubare tegno-ekonomiese koëffisiënte is nodig om spilpuntbesproeiingskoste akkuraat te beraam, maar empiries bepaalde tegno-ekonomiese koëffisiënte vir plaaslike toestande is skaars of nog nie beskikbaar nie.

Die doel met die artikel is om die vernaamste tegno-ekonomiese koëffisiënte wat nodig is vir die beraming van die jaarlikse koste van spilpuntstelsels te beraam. Die belangrikste tegno-ekonomiese koëffisiënte is die toedieningsdoeltreffendheid van die stelsel, die lewensduur en die herwinningwaarde van die verskillende komponente, herstel- en onderhoudswerk en arbeidsbehoefte vir die bedryf van die stelsel.

Dit blyk dat die Delphi-tegniek 'n geskikte metode is om betroubare tegno-ekonomiese koëffisiënte te verkry. Die tegno-ekonomiese koëffisiënte wat verkry is, maak dit makliker om die jaarlikse koste van spilpuntbesproeiingstelsels akkuraat te beraam. Dié waardes kan mettertyd met eksperimenteel bepaalde waardes vergelyk word sodra sulke waardes beskikbaar raak.

## Inleiding

Die ekonomiese winsgewendheid van gemeganiseerde sprinkelbesproeiing word grootliks beïnvloed deur die beramings van tegno-ekonomiese koëffisiënte soos die lewensduur van die toerusting, energieverbruik, asook die hoeveelheid herstelwerk en onderhoud met die bedryf van die stelsel (Selly, 1983). Die beskikbaarheid van betroubare tegno-ekonomiese koëffisiënte waarop spilpuntkostebereamings gegrond kan word, is dus 'n voorvereiste vir akkurate beramings van spilpuntbesproeiingskoste.

Die bestaande kosteberekeningsprosedures vir spilpuntstelsels is in baie gevalle gebrekkig omdat die kosteberekeningsprosedures die tegno-ekonomiese aspekte van die besproeiingstelsels nie volledig in ag neem nie. Die Suid-Afrikaanse Besproeiingsinstituut (SABI) sowel as die Direktoraat Landbouingenieurswese (DLI) se ontwerpvorms vir spilpunte maak voorsiening vir kostebereamings. Hierdie ramings neem egter nie tegno-ekonomiese koëffisiënte soos byvoorbeeld die verskille in die lewensduur van die verskillende komponente voldoende in ag nie. Verder is empiries bepaalde tegno-ekonomiese spilpuntkoëffisiënte onder Suid-Afrikaanse toestande skaars of nog nie beskikbaar nie.

Die hoofdoel met die artikel is om die vernaamste tegno-ekonomiese koëffisiënte wat benodig word vir die akkurate beraming van jaarlikse koste van spilpuntstelsels sonder tydrowende eksperimente te beraam. Die volgende spesifieke

doelwitte word nagestreef:

- Om te bepaal of die tegno-ekonomiese koëffisiënte soos ekonomiese lewensduur en herwinningwaarde van verskillende komponente van 'n spilpuntstelsel wat in Suid-Afrikaanse toestande gebruik word, verskil van die waardes wat in handboeke aanbeveel word vir gebruik.
- Om betroubare beramings van tersaaklike tegno-ekonomiese koëffisiënte te verkry deur gebruik te maak van kundiges op elke betrokke terrein.

Indien die vernaamste tegno-ekonomiese koëffisiënte van spilpuntbesproeiing bekend is en ten volle in ag geneem word, kan spilpuntbesproeiingskoste bevredigend bepaal word.

## Prosedure

Sekere tegno-ekonomiese koëffisiënte is nodig vir die berekening van die koste van 'n spilpuntstelsel. Die akkuraatheid van koëffisiënte wat in kosteberekening gebruik word, bepaal of die beraamde koste 'n weerspieëling van die werklike koste van die stelsel is. Die toedieningsdoeltreffendheid is 'n belangrike veranderlike wat verliese bepaal en dus ekonomiese implikasies het. Jaarlikse depresiasie en rentekoste van 'n bate-komponent word grootliks beïnvloed deur die lewensduur en die herwinningwaarde daarvan. Baie faktore kan egter die lewensduur beïnvloed (Selly, 1983; Thompson e.a., 1983). Herstel- en onderhoudskoste asook arbeidskoste is veranderlike koste wat deur tegno-ekonomiese koëffisiënte van die spilpuntstelsel bepaal word. Ongelukkig

\*To whom all correspondence should be addressed.

Received 25 March 1991; accepted in revised form 20 November 1991.

bestaan daar in Suid-Afrika 'n tekort aan eksperimentele data ten opsigte van die tegno-ekonomiese eienskappe van besproeiingstelsels. Die vernaamste tegno-ekonomiese koëffisiënte van besproeiingstelsels vir gebruik in verskeie gebiede in die VSA is deur Eidman en Bergsrud (1978), Selly (1983) en Thompson e.a. (1983) verskaf. Verskille in die waardes wat die verskillende literêre bronne aangee, bemoelik ook die keuse van 'n toepaslike waarde. So word die ekonomiese lewensduur van 'n sentrifugale pomp aangegee as 12 tot 16 jaar (Eidman en Bergsrud, 1978), 10 tot 20 jaar (Selly, 1983) en 16 tot 25 jaar (Thompson e.a., 1983). Die jaarlikse herstelwerk word in een geval aan die jaarlikse gebruik in uur en die besproeide oppervlakte gekoppel (Selly, 1983) terwyl Thompson e.a. (1983) herstelwerk gee as 'n persentasie van die aanvanklike aankoopprys. Indien tegno-ekonomiese koëffisiënte vir plaaslike toestande beskikbaar is, kan ekonomiese ontledings makliker uitgevoer word.

Tegno-ekonomiese koëffisiënte waarop kosteberekenings vir spilpuntstelsels gegrond word, is beraam deur gebruik te maak van die Delphi-metode. Die Delphi-tegniek is 'n metode om sistematies onafhanklike menings in te win, te versamel, te evalueer en te verwerk sonder groepsbesprekings (Tersine en Riggs, 1976). Die grootste voordeel van die metode is geleë in die anonieme insette van die deelnemers. Medewerkers kan mekaar nie onderling beïnvloed nie en gee makliker menings wat hulle nie later hoef te verdedig nie. Konsensus van menings word verkry deurdat elke deelnemer sy antwoorde wat betekenisvol afwyk, moet regverdig.

Luthans en Martinko (1979) gee kortliks die stappe waaruit die metode bestaan. Nadat die probleemarea geïdentifiseer is, word 'n paneel van kundiges gekies. 'n Kort vraelys word aan elke medewerker gestuur om sy antwoorde en beredenering te verkry. Die antwoorde word ontleed en opgesom. Alle medewerkers kry die opsomming om verdere terugvoering in die lig van die resultate te lewer, veral as hulle oorspronklike antwoorde grootliks van die res afwyk. Die proses word herhaal tot genoegsame ooreenstemming bereik is.

Die metode het ook beperkings soos die keuse van paneellede en die tyd wat verloop totdat konsensus bereik word. Daar is nietemin bevind dat die Delphi-tegniek net sulke goeie resultate soos ander groeptegniese lewer, indien nie beter nie (Tersine en Riggs, 1976).

Die terreine waarop kundigheid benodig is, het hoofsaaklik die ingenieursveld behels. Enkele besonderhede wat boere sou kon verskaf, is ook benodig.

'n Groep van agt ingenieurs, waarvan sewe bereid was om deel te neem, is gekies. Die gekose paneellede is versprei oor die land en verteenwoordig ingenieurs in die privaat- en openbare sektor. Aan elkeen is 'n kort vraelys gestuur asook 'n brief wat die prosedure verduidelik. Die tegno-ekonomiese aspekte in die vraelys handel oor toedieningsdoeltreffendheid, onderhoud- en herstelwerk asook die lewensduur en herwinningswaarde van die komponente van 'n spilpunt. Die antwoorde is getabelleer, opgesom en ontleed. 'n Opsomming van die antwoorde, die verspreiding asook modus is aan elke lid teruggestuur. 'n Brief waarin elkeen gevra is om sy antwoorde te heroorweeg in die lig van die opsomming of om afwykende antwoorde te motiveer, is saam met die opsomming gestuur. Die tweede rondte se reaksie het tot 'n voldoende mate gekonvergeer dat opvolgende rondtes nie nodig geag is nie. Die terugvoer is finaal ontleed en verwerk en die waardes wat verkry is, is gebruik in 'n spilpuntkosteberekenings-prosedure wat ontwikkel is (Meiring, 1989).

Boere is ook met die Delphi-metode betrek om aspekte oor arbeid uit te klaar. Arbeidsinligting wat benodig was, is die tipe take wat arbeiders verrig by spilpuntbesproeiing wat nie met die gewas geassosieer kan word nie en die tyd wat aan elke taak bestee word. Tien boere is gekies op grond van vorige deelname aan navorsingsprojekte en sewe het deelgeneem. Die boere bedryf besproeiingsboerdery met watervoorsiening uit die PK le Rouxdam. Die tipe vrae en die aard van die antwoorde het opvolgrondtes onnodig gemaak.

## Resultate en bespreking van resultate

### Besproeiingskoëffisiënte

Die toedieningsdoeltreffendheid van 'n spilpunt is nodig om pomptempo te bereken sodat verliese tot op die grond in berekening gebring kan word. Die toedieningsdoeltreffendheid het koste-implikasies omdat hoër pomphoeveelhede vir toedieningsverliese moet vergoed. Antwoorde wat verkry is, het gevarieer van 78 % tot 92 %. Volgens die deelnemende ingenieurs kan 85 % as toedieningsdoeltreffendheid vir spilpunte aanbeveel word. Die gebruik van verskillende toedieningsdoeltreffendheidspersentasies onder verskillende omstandighede sal bloot op spekulasie berus.

Die lewensduur en herwinningswaarde van verskillende komponente van 'n spilpuntstelsel onder Suid-Afrikaanse toestande word in Tabel 1 gegee. Die koëffisiënte wat tydens die eerste rondte vrae as lewensduur vir die verskillende komponente verkry is, het redelik gewissel. Die kleinste en grootste waardes wat vir elke komponent verkry is, word ook in Tabel 1 aange- toon.

**TABEL 1  
LEWENSDUUR EN HERWINNINGSWAARDE AS  
PERSENTASIE VAN DIE AANKOOPPRYS VAN  
VERSKILLENDE KOMponente VAN 'N  
SPILPUNTBESPROEIINGSTELSEL**

Komponent	Lewensduur (jaar)		Herwinningswaarde (persent)
	Waarde	Variasie	
Sentrifugale pomp	15	7-20	15
Dompelpomp	10	5-20	5
Elektriese motor	15	10-30	20
Skakelaar	15	10-30	20
Kabels	20	15-30	15
Asbesementpyp	20	15-40	30
PVC-pyp	20	15-40	25
Staalpyp	15	10-30	20
Aluminiumpyp	10	10-30	15
Spilpunt	15	14-20	25

Die lewensduur van spilpuntkomponente in plaaslike omstandighede, wat na konsensus aanvaar is, is oor die algemeen korter as die riglyne wat die Amerikaanse Vereniging van Landbou-ingenieurs aanbeveel (Thompson e.a., 1983). Die verskil is waarskynlik toe te skryf aan ongunstige plaaslike toestande wat kan insluit die klimaat, topografie en gehalte van die water. Die invloed van die koëffisiënte op jaarlikse depresiasie en rentekoste noodsaak egter die gebruik van waardes wat in plaaslike toestande geld. Indien die Amerikaanse waardes gebruik word, sal die jaarlikse vaste koste onderbemaam wees. Die belangrike invloed van die

koëffisiënte op die jaarlikse vaste koste van 'n 60-ha spilpunt op sandgrond met 'n bruto toedieningskapasiteit van 12 mm per dag en 'n pomphoogte van 10 m blyk uit die verskille in die beraamde vaste koste van dié spilpunt. Die komponente van die spilpunt waarop rente, depresiasie en versekering bereken word, sluit die sentrifugale pomp, elektriese toerusting, pype en die verspreidingsstelsel in waarvan die totale kapitaalbelegging R240 378 behoort. Renteberekening word gedoen met 'n reële rentekoers van 4,35 %. Indien die langste lewensduur van die verskillende komponente wat die Amerikaanse Vereniging van Landbou-ingenieurs (Thompson e.a., 1983) aanbeveel, gebruik word, behoort die totale jaarlikse vaste koste R20 214 wat R1 479 minder is as die R21 693 wat met die plaaslike waardes verkry word. Hierdie verskil van 6,8 % in vaste koste impliseer 'n onderberaming van die vaste koste van R16/ha vir 'n wisselboustelsel met 'n oppervlaktebenutting van 150 %.

Die koëffisiënte wat gebruik word vir die beraming van herstel- en onderhoudskoste is op soortgelyke wyse verkry. Die waardes word in Tabel 2 gelys.

<b>Komponent</b>	<b>Koste</b>
Elektriese motors	1,0 % van koopprys/jaar
Sentrifugale pomp	2,0 % van koopprys/1 000 uur
Dompelpomp	2,5 % van koopprys/1 000 uur
Verspreidingsstelsel	5,0 % van koopprys/jaar
Ondergrondse pype	0,5 % van koopprys/jaar

Die herstel- en onderhoudskoste is, net soos die lewensduur en herwinningswaarde van die spilpuntkomponente, afhanklik van die toestand waaronder die stelsel gebruik word. Die herstel- en onderhoudskoste is tydens die Delphi-ronde verkry as 'n persentasie van die aankoopprys van die komponente. Min variasie het in die antwoorde van die eerste ronde vroe voorgekom, behalwe in die geval van die verspreidingsstelsel waar antwoorde van 1 % tot 6 % gewissel het.

Die herstel- en onderhoudskoste van die pompe is direk aan die gebruik van die pompe gekoppel deur die koëffisiënt uit te druk as 'n persentasie van die aankoopprys per 1 000 uur wat die pomp gebruik word. Aangesien stelsels nie elke jaar ewe veel gebruik word nie, sal dit beter wees om die herstelkoste van die motors, verspreidingsstelsel en pype ook te koppel aan die gebruik daarvan. Hierdie koëffisiënte is ongelukkig net verkry as 'n persentasie van die aankoopprys van die komponent. Die verskille in die wyse waarop die herstel- en onderhoudskoste uitgedruk is, maak vergelyking met die Amerikaanse standaard moeilik.

Permanente arbeiders op 'n plaas se vergoeding kan beskou word as 'n vaste koste. Arbeidskoste wat na 'n spesifieke vertakking geallokeer word, het egter 'n veranderlike aard omdat die hoeveelheid arbeidskoste wat na die vertakking toegedeel word, bepaal sal word deur die mate waarin die betrokke vertakking van die beskikbare arbeid gebruik maak. Die arbeidskoste by spilpuntbesproeiing is veranderlik omdat die aantal benodigde arbeidsure bepaal word deur die ure wat die stelsel in gebruik is. Die hoeveelheid arbeid wat per bedryfsuur benodig word, sal beïnvloed word deur die grootte van die stelsel en die tipe taak wat verrig word.

Arbeiders word volgens die boere oor die algemeen gebruik om die spilpunt aan en af te skakel en om verstopte spuite skoon te maak. Arbeidsaksies wat verband hou met verbouingspraktyke van die gewas, soos die toediening van stikstof deur die stelsel, is hier uitgesluit. Arbeidskoste vir herstelwerk aan die stelsel word beskou as herstel- en onderhoudskoste. Die arbeidsbehoefte (minute) vir elke 24 h wat die stelsel werk, word vir verskillende grootte stelsels in Tabel 3 gelys.

<b>Spilpuntgrootte</b>	<b>Arbeidsbehoefte/24 h gepomp</b>
20 ha	30 min
30 ha	31 min
40 ha	33 min
60 ha	35 min

Die klein verskille in arbeidstyd tussen verskillende grootte stelsels kan daaraan toegeskryf word dat net die skoonmaak van verstopte spuite gekorreleer is met die grootte van die stelsel. Die arbeidstyd is baie laer as wat Amerikaanse bronne aangee. Volgens Selly (1983) is die arbeidsbehoefte van 'n 60-ha spilpunt 'n minimum van 7,2 h per besproeiing. Plaaslik word 35 min arbeid benodig om 'n 60-ha spilpunt 24 h te bedryf. Die groot verskil in die koëffisiënte is moeilik verklaarbaar. 'n Verklaring kan wees dat arbeidsure wat benodig word vir verbouingspraktyke en herstelwerk wel deur Selly (1983) ingesluit is by die arbeidsbehoefte of dat arbeidsbehoefte toesighouding insluit.

#### Samevattende gevolgtrekking

Spilpuntkosteberamings berus op die betroubaarheid van sekere tegno-ekonomiese koëffisiënte van die spilpunte. Die Delphi-tegniek is 'n geskikte metode om die vernaamste tegno-ekonomiese koëffisiënte wat benodig word vir die berekening van jaarlikse spilpuntkoste te beraam indien eksperimentele data nie beskikbaar is nie. Die uitvoering van die Delphi-tegniek duur egter lank. Die vrae moet ook op so 'n wyse geformuleer word dat antwoorde wat verkry word, vergelykbaar is.

Die jaarlikse vaste koste van spilpuntstelsels word beïnvloed deur die lewensduur en herwinningswaarde van die verskillende komponente van die stelsel. Veranderlike koste daarenteen word beïnvloed deur ramings van herstel- en onderhoudskoste. Tegno-ekonomiese koëffisiënte verskil wel vir die verskillende komponente van 'n spilpunt en moet in ag geneem word by kostebereamings. Die lewensduur van die komponente wissel van 10 jaar tot 20 jaar terwyl die herwinningswaarde varieer van 5 % tot 30 % van die aankoopprys. Herstel- en onderhoudskoste varieer van 1 % tot 5 % van die aankoopprys per jaar. Betroubare beramings is vir dié koëffisiënte, wat gebruik kan word vir die berekening van die jaarlikse koste van 'n spilpunt, verkry.

#### Navorsingsimplikasies

Die tegno-ekonomiese koëffisiënte wat met behulp van die Delphi-tegniek beraam is, behoort in kosteberekeningsprosedures gebruik te word sodat spilpuntkoste meer betroubaar beraam kan

word. Dit sal tot voordeel van almal in besproeiing wees indien die spilpuntontwerpvorms van organisasies soos SABI en DLI aangepas word om voorsiening te maak vir die insluiting van al die vernaamste komponente. Die betroubaarheid van die tegno-ekonomiese koëffisiënte wat met behulp van die Delphi-metode bepaal is, kan met eksperimenteel bepaalde waardes geverifieer word sodra sodanige koëffisiënte uit navorsing beskikbaar raak. Die herstel- en onderhoudsramings kan moontlik verbeter word deur die koëffisiënt te koppel aan die jaarlikse gebruik van die komponent en nie net aan die oorspronklike aankoopprys daarvan nie.

## Erkenning

Geldelike bystand deur die Waternavorsingskommissie (WNK) vir hierdie navorsing word hiermee erken, maar die menings moet nie noodwendig aan die WNK toegeskryf word nie.

## Bronnelys

- EIDMAN, VR and BERGSRUD, FG (1978) *Estimating sprinkler irrigation costs*. Water Sources and Irrigation Economics. "DISC" Report 150-1978. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota, St. Paul.
- LUTHANS, F and MARTINKO, MJ (1979) *The Practice of Supervision and Management*. New York: McGraw-Hill Book Company. 341-343.
- MEIRING, JA (1989) 'n Ekonomiese evaluering van alternatiewe spilpuntbeleggingstrategieë in die Suid-Vrystaat substreek met inagneming van risiko. M.Sc. Agric.-verhandeling. Departement Landbou-ekonomie, UOVS, Bloemfontein.
- SELLY, R (1983) The economic analysis of irrigation investment decisions. In: Pair, CH (ed.) *Irrigation*. 5th edn. Silver Spring: The Irrigation Association. 483-500.
- TERSINE, RJ and RIGGS, WE (1976) The Delphi technique: A long range planning tool. *Business Horizons* 19 51-56.
- THOMPSON, GT, SPIESS, LB and KRIDER, JN (1983) Farm resources and system selection. In: Jensen, ME (ed.) *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers. 45-73.

## Summary

Techno-economic coefficients such as the useful life and salvage value of centre-pivot equipment and the annual amount of repairs affect the economic profitability of mechanised sprinkler irrigation. Reliable techno-economic coefficients are necessary for the satisfactory estimation of centre-pivot irrigation

costs. However, empirically determined techno-economic coefficients for South African conditions are scarce or not yet available.

The main purpose of the article is to estimate and make available for use the important techno-economic coefficients required for the estimation of the annual cost of centre-pivot systems. By using these values it will be possible to determine centre-pivot costs satisfactorily.

The most important techno-economic coefficients are the application efficiency of the centre-pivot, the useful life and salvage value of the various components, maintenance and repairs and labour needs for operating the system. American values are available for some of the coefficients. However, in some sources these values differ in quantity and the way in which they are calculated. Techno-economic coefficients of centre-pivots also differ from country to country.

The Delphi technique is a method whereby the opinions of experts are processed systematically into serviceable results. A short questionnaire is used and the results are analysed and summarised. Feed-back is given to the panel members in order to obtain the next round of discussion and replies. The process is repeated until sufficient agreement is obtained.

The Delphi method was used to estimate the techno-economic coefficients for centre-pivot systems. Seven engineers from various sectors participated in the process. After two rounds of replies had been processed, the results converged to a sufficient extent to make follow-up rounds unnecessary. By involving seven farmers in the Delphi process, coefficients for labour needs were obtained.

An application efficiency of 85 % must be used for centre pivots. The coefficients that were obtained for the life-span of centre-pivot components were shorter than American values and varied from 10 to 20 years. Repairs and maintenance costs varied from 1 % to 5 % of the purchase price of the component per year. The labour needs for centre-pivot systems are approximately 30 min for each 24 h that water is pumped.

It appears that the Delphi technique is a suitable method for obtaining techno-economic coefficients. The techno-economic coefficients that were obtained facilitated the satisfactory estimation of the annual cost of centre-pivot irrigation systems. These values can be compared with experimentally determined values at a later stage when such values become available.