

Projektering van watervraag in stedelike gebiede (Deel 3): Die meervoudige regressiemodel as makro-projeksiemodel[#]

IE van Niekerk¹, MF Viljoen², CJ Pretorius¹ en RB van der Merwe¹

¹ Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein 9300, Suid-Afrika

² Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein 9300, Suid-Afrika

Extended summary

The purpose of this article is to research the value of multiple regression models for forecasting the demand for water in urban areas. On the one hand the extent to which meaningful regression models for calculating the demand for water in specific areas can be developed is determined, and on the other hand the extent to which a regression model developed for one area can be utilised to forecast the demand for water in another area.

Firstly various linear regression models for forecasting the demand for water in the Bloemfontein municipal area were developed. The model which has the best reliability coefficient (R^2), namely 0.8638, or 86.38 % reliability, and which includes rainfall, temperature, population figures and water restrictions as independent variables and water consumption as dependent variable, was employed in the forecasting model.

In order to test the transferability of a regression model developed for one area to other areas, two approaches were adopted. Firstly regression models were also developed for Pretoria and Kimberley on the basis of the same independent variables included in the Bloemfontein model. Thus it was possible to test whether the model structure is transferable or not. The reliability coefficients (R^2) obtained in this way were relatively high ($R^2 = 0.7107$ in the case of Pretoria and $R^2 = 0.6915$ in the case of Kimberley), which implies that the models respectively explain 71.07 and 69.15% of the variation in water consumption figures. The real water consumption of these two areas, peak demand excluded, can therefore be calculated relatively satisfactorily with the regression models.

Next the complete Bloemfontein model was applied to the data of Pretoria and Kimberley. In addition to testing the transferability of the model structure, the transferability of the regression coefficients of the Bloemfontein model to other areas could now be determined. Large differences were found between calculations on the basis of the Bloemfontein model and real water consumption figures for Pretoria and Kimberley, which serves to indicate that regression coefficients are location-bound and can therefore not be transferred to other areas.

It can therefore be concluded that regression models are location-bound, but that this approach and the identified independent variables (the model structure) can be extrapolated to other areas successfully.

Samevatting

Die doel van hierdie artikel is om die waarde van meervoudige regressiemodelle vir die projektering van die vraag na water in stedelike gebiede te ondersoek. Enersyds word bepaal in watter mate sinvolle regressiemodelle ontwikkel kan word om die vraag na water binne bepaalde gebiede te beraam, en andersyds in watter mate 'n regressiemodel wat in een gebied ontwikkel is, aangewend kan word om watervraag in 'n ander gebied te projekteer.

Eerstens is verskillende lineêre regressiemodelle om die vraag na water in die Bloemfontein munisipale gebied te projekteer, ontwikkel. Die model wat die beste betroubaarheidskoeffisiënt (R^2), naamlik 0.8638, of 86.38% betroubaarheid, gelewer het, en reënval, temperatuur, bevolkingsgetalle en waterbeperkings as onafhanklike veranderlikes en waterverbruik as afhanklike veranderlike insluit, is as vooruitskattingsmodel gebruik.

Ten einde die oordraagbaarheid van 'n regressiemodel wat in een gebied ontwikkel is op ander gebiede te toets, is twee benaderings gevolg. Eerstens is daar ook vir Pretoria en Kimberley regressiemodelle ontwikkel aan die hand van dieselfde onafhanklike veranderlikes wat in die Bloemfontein-model ingesluit is. Sodoende kon getoets word of die modelstruktuur oordraagbaar is. Die betroubaarheidskoeffisiënte (R^2) van die regressiemodelle wat so verkry is, was relatief hoog ($R^2 = 0.7107$ vir Pretoria en $R^2 = 0.6915$ vir Kimberley), wat beteken dat die modelle onderskeidelik 71.07% en 69.15% van die variasie in waterverbruiksyfers verklaar. Die werklike waterverbruik van dié twee gebiede word, met die uitsondering van spitsverbruik, redelik bevredigend deur die regressiemodelle verreken.

Vervolgens is die volledige Bloemfontein-model op die data van Pretoria en Kimberley gepas. Benewens die oordraagbaarheid van die modelstruktuur kon die oordraagbaarheid van die regressiekoeffisiënte van die Bloemfontein-model na ander gebiede nou bepaal word. Groot verskille tussen beramings aan die hand van die Bloemfontein-model en die werklike waterverbruik van Pretoria en Kimberley het voorgekom, wat daarop dui dat regressiekoeffisiënte plekgebonde is en dus nie na ander gebiede oorgedra kan word nie.

Die gevolgtrekking wat gemaak kan word, is dat regressiemodelle plekgebonde is, maar dat dié benadering, en die geïdentifiseerde onafhanklike veranderlikes (die modelstruktuur), met sukses na ander gebiede geëkstrapoleer kan word.

* To whom all correspondence should be addressed.

[#] This article is based on the report of an investigation by the Institute for Social and Economic Research at the University of the Orange Free State in Bloemfontein for the Water Research Commission, and comprised the

development of a model for the projection of water needs in the Bloem Water supply area up to the year 2020.

Received 2 December 1993; accepted in revised form 6 June 1994.

TABEL 1 BLOEMFONTEIN MUNISIPALE GEBIED*: VERSKILLENDE LINEÛRE REGRESSIEMODELLE OM DIE VRAAG NA WATER (MILJOEN KJ) PER MAAND TE BEREKEN									
Onafhanklike veranderlikes	Reënval** Temperatuur Bfn-, Mangaung- en Heidedal-bevolking Waterbeperkings Prys van water 1978 - 1991	Reënval** Temperatuur Bfn-, Mangaung- en Heidedal-bevolking Waterbeperkings 1978 - 1991	Reënval* Temperatuur Bfn-, Mangaung- en Heidedal-bevolking Waterbeperkings 1961 - 1991	Reënval** Waterbeperkings 1961 - 1991	Temperatuur** 1961 - 1991	Bloemfontein- bevolking 1961 - 1991	Mangaung- bevolking 1961 - 1991	Heidedal- bevolking 1961 - 1991	
Regressiekoëffisiënte en maatstawwe									
Aantal waarnemings	168	168	372	372	372	372	372	372	
Standaardfout: Y-beraming	0,31519	0,31623	0,26476	0,71519	0,65233	0,46411	0,47400	0,41580	
Konstante	-13,95151	-12,66375	-1,29924	1,90062	0,41772	-1,41709	0,24511	0,23827	
Reënvalkoëffisiënt	-0,0029103 ***	-0,0029306 ***	-0,0029383 ***	-0,0006577					
Standaardfout	0,0004650	0,0004663	0,0002772	0,0007077					
Temperatuurkoëffisiënt	0,0866591 ***	0,0854463 ***	0,0679865 ***		0,0597909 ***				
Standaardfout	0,0053381	0,0052896	0,0023915		0,0069130				
Bfn-bevolkingskoëffisiënt	0,0017980 ***	0,0001505 ***	0,0000005			0,0000404 ***			
Standaardfout	0,0000657	0,0000627	0,0000047			0,0000018			
Mangaung-bevolkingskoëffisiënt	-0,0000026	0,0000014	0,0000003				0,0000190 ***		
Standaardfout	0,0000041	0,0000030	0,0000020				0,0000009		
Heidedal-bevolkingskoëffisiënt	-0,0001491	-0,0000598	0,0001328 ***					0,0001356 ***	
Standaardfout	0,0001036	0,0000832	0,0000244					0,0000050	
Waterbeperkingskoëffisiënt	-0,4958612 ***	-0,4988527 ***	-0,3491274 ***	0,1041522					
Standaardfout	0,1029844	0,1033048	0,0727729	0,1900787					
Prys van water-koëffisiënt	1,0661045								
Standaardfout	0,7410921								
R ²	0,7034	0,6995	0,8638	0,0028	0,1682	0,5789	0,5608	0,6620	

* Sluit Mangaung en Heidedal in

** Reënval (mm) soos gemeet by President Swart Park

Temperatuur in °C en prys van water in rand per kiloliter

Waterbeperkings soos volg: 0 = geen waterbeperkings toegapas, 1 = waterperkings toegapas

*** Betekenisvol by 'n 95%-betroubaarheidspeil

Inleiding

Hierdie artikel is die derde in 'n reeks wat handel oor die projektering van waterbehoefes in stedelike gebiede. In die vorige artikel ("Projektering van waterbehoefes in stedelike gebiede (Deel 2): 'n Ex post analise van die akkuraatheid van verskillende projeksiemetodes") is 'n ex post analise gedoen van die akkuraatheid van verskillende projeksiemetodes soos in 1981 getoets. In die huidige artikel word die waarde van meervoudige regressiemodelle vir die projektering van die vraag na water in stedelike gebiede ondersoek. 'n Tweeledige ondersoek word gedoen - enersyds word bepaal in watter mate sinvolle regressiemodelle ontwikkel kan word om die vraag na water binne bepaalde gebiede te beraam en andersyds in watter mate 'n regressiemodel wat in een gebied ontwikkel is aangewend kan word om watervraag in 'n ander gebied te projekteer.

Eerstens is verskillende lineêre regressiemodelle om die vraag na water in die Bloemfontein munisipale gebied te projekteer, ondersoek. Sodoende kon die waarde van 'n meervoudige regressiemodel as vooruitskattingsmodel vir die projektering van water binne 'n bepaalde gebied getoets word.

Ten einde die wyer toepaslikheid van die regressiemodel op ander gebiede in die algemeen te ondersoek, is twee benaderings gevolg. Eerstens is afsonderlike regressiemodelle vir Pretoria en Kimberley ontwikkel deur van dieselfde modelstruktuur as die Bloemfontein-model gebruik te maak. Beraamde waterverbruiksyfers is met behulp van dié modelle bereken en met die werklike data van die gebiede vergelyk. Hiermee kon die oordraagbaarheid van die modelstruktuur geverifieer word.

Tweedens is die volledige regressiemodel wat vir die Bloemfontein munisipale gebied ontwikkel is, op die data van die betrokke onafhanklike veranderlikes van Pretoria en Kimberley toegepas. Die beraamde watervraag vir die twee gebiede is bereken en met die werklike verbruik vergelyk. Sodoende kon die oordraagbaarheid van beide die modelstruktuur en die regressiekoëffisiënte bepaal word.

Die verkryging van toepaslike data en die ontwikkeling van 'n regressievergelyking vir die Bloemfontein munisipale gebied word vervolgens bespreek.

Bloemfontein munisipale gebied

Die Bloemfontein munisipale gebied sluit Bloemfontein-stad, die swart woonbuurt, Mangaung, asook die Kleurlingwoongebied, Heidedal, in.

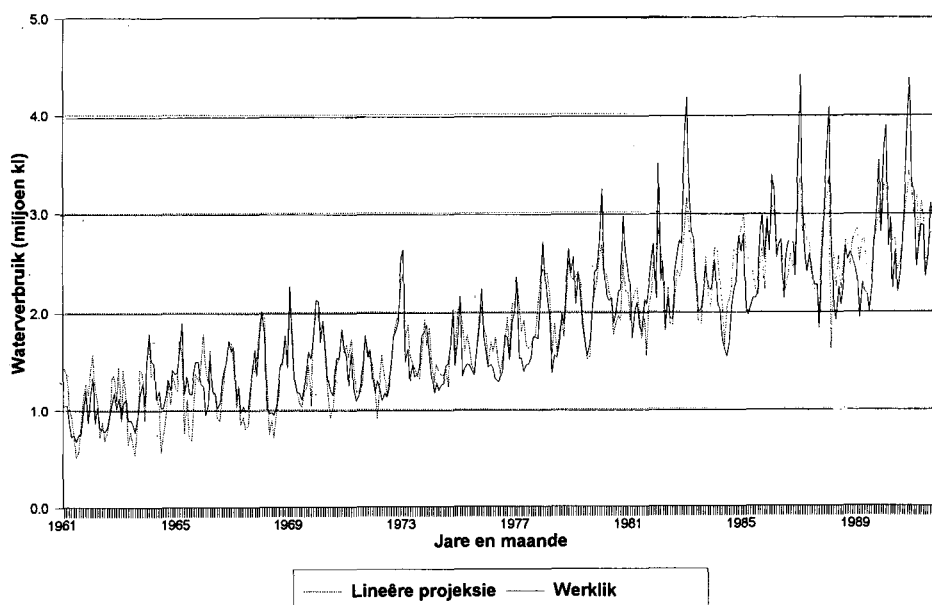
Maandelikse waterverbruiksyfers vir die tydperk 1960 tot 1991, asook besonderhede aangaande waterbeperkings gedurende hierdie periode, is deur die Munisipaliteit van Bloemfontein verskaf. Die bevolking van Bloemfontein-stad het in 1991 uit sowat 96 600, dié van Mangaung uit 164 000 en van Heidedal uit 19 100 mense bestaan. Uit die bevolkingsamestelling is dit duidelik dat die inwoners van Mangaung die grootste komponent van die bevolking van die Bloemfontein munisipale gebied uitmaak. Maandelikse reënval- en temperatuursyfers, soos sedert 1961 aangeteken, is deur die weerkantoor by JBM Hertzog Lughawe (ongeveer 10 km oos van Bloemfontein) verskaf.

Ten einde 'n regressiemodel op die data te kon pas, is waterverbruik as **afhanklike veranderlike**, en reënval, temperatuur, die bevolking van Bloemfontein, Mangaung en Heidedal, waterbeperkings en die prys van water as **onafhanklike veranderlikes** geneem.

Waterbeperkings wat tydens 1961 tot 1991 toegepas is, is verreken deur van fopveranderlikes gebruik te maak. 'n Eenwaarde (1) is vir 'n bepaalde periode toegeken indien waterbeperkings in daardie tyd toegepas is en 'n nul-waarde (0) indien geen waterbeperkings gegeld het nie.

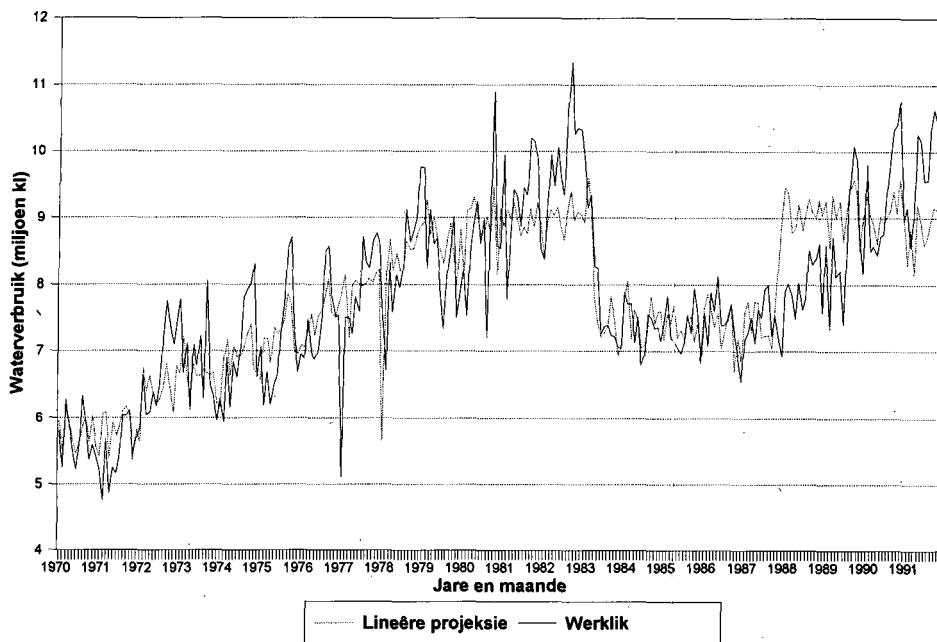
Verskeie lineêre regressiemodelle waarin een of meer van bogenoemde onafhanklike veranderlikes telkens teenoor die afhanklike veranderlike, waterverbruik, gestel is, is ondersoek om sodoende 'n passing met die historiese data te verkry. Tabel I gee 'n uiteensetting van die verskillende regressiemodelle wat getoets is.

Figuur 1
Bloemfontein munisipale gebied*: Werklike en beraamde** maandelikse waterverbruik (miljoen kl), 1961 -1991



* Sluit Mangaung en Heidedal in
** Beramings is gemaak volgens 'n lineêre regressiemodel met waterverbruik (y) as 'n funksie van reënval (x1), temperatuur (x2), bevolking van Bloemfontein-stad (x3), Mangaung (x4) en Heidedal (x5), en waterbeperkings (x6):
$$y = -1.2992440 - 0.0029383x_1 + 0.0679865x_2 + 0.0000005x_3 + 0.0000003x_4 + 0.0001328x_5 - 0.3491274x_6$$

($R^2 = 0.8638$).



Figuur 2
Pretoria*(Model 1)**:
Werklike en beraamde**
maandelikse waterverbruik
(miljoen kt), 1970 -1991

Sluit Atteridgeville en Mamelodi in
Beraamings is gemaak volgens 'n lineêre regressiemodel met waterverbruik (y) as 'n funksie van reënval (x1), temperatuur (x2), blanke (x3), Kleurling- (x4),
Asiër- (x5) en swart (x6) bevolking, en waterbeperkings (x7):
 $y = -10.0404405 - 0.0064494x_1 + 0.085468x_2 + 0.0000503x_3 - 0.0011620x_4 + 0.000920x_5 + 0.0000089x_6 - 1.4898688x_7$ ($R^2 = 0.7107$).

Die lineêre regressiemodel wat ses van bogenoemde veranderlikes insluit, het die beste betroubaarheidskoëffisiënt (R^2) van 0.8638, of 86.38% betroubaarheid, gelewer. Alhoewel die regressiekoëffisiënte van die bevolkings van Bloemfontein en Mangaung nie statisties betekenisvol is nie, word hierdie veranderlikes op grond van logika in die model behou, aangesien beide 'n belangrike invloed op waterverbruik in die Bloemfontein munisipale gebied het.

Bogenoemde model is as projeksiemetode vir genoemde gebied gebruik en is as volg:

$$y = -1.2992440 - 0.0029383x_1 + 0.0679865x_2 + 0.0000005x_3 + 0.0000003x_4 + 0.0001328x_5 - 0.3491274x_6$$

waar:

- y = maandelikse waterverbruik (miljoen kt)
- x_1 = reënval (mm)
- x_2 = temperatuur (°C)
- x_3 = Bloemfontein-bevolking (getal)
- x_4 = Mangaung-bevolking (getal)
- x_5 = Heidedal-bevolking (getal)
- x_6 = waterbeperkings.

Dit mag die leser opval dat die prys van water nie as veranderlike in die gekose regressiemodel ingesluit is nie. Die rede hiervoor is dat water in die verlede relatief goedkoop was en die prys daarvan nie werklik 'n invloed op die gebruik daarvan gehad het nie. Gevolglik is die prys van water as veranderlike uit die regressiemodel gelaat. In Fig. 1 word die passing van die beraamde teenoor die werklike maandelikse waterverbruik grafies voorgestel. Hieruit blyk dat die model die werklike data redelik goed pas en dat die regressielyn slegs in geval van uiterstes afwyk. Dit is dus duidelik dat die regressiemodel met sukses as projeksiemetode aangewend kan word.

Vervolgens word bepaal of die modelstruktuur van die

regressiemodel wat vir Bloemfontein ontwikkel is, op ander gebiede, soos Pretoria en Kimberley, oordraagbaar is.

Pretoria

Data ten opsigte van waterverbruik, blanke, Kleurling-, Asiër- en swart bevolking, prys van water en waterbeperkings vir die jare 1970 tot 1991 is van die Departement van die Stadsingenieur van Pretoria Munisipaliteit verkry. Reënval- en temperatuursyfers vanaf 1960 is deur die Weerburo in Pretoria verskaf. Ten einde onvolledige bevolkingsdata aan te vul, is beraamings ten opsigte van die getal swart mense in Pretoria vir die jare 1985 tot 1989 gemaak.

Waterbeperkings in Pretoria was ook aan die prys van water gekoppel, in teenstelling met Bloemfontein waar slegs 'n kwotabepanking gegeld het. 'n Prys- sowel as 'n kwotabepanking is gedurende die tydperk 18 Maart 1983 tot 29 Oktober 1987 op waterverbruik in Pretoria ingestel.

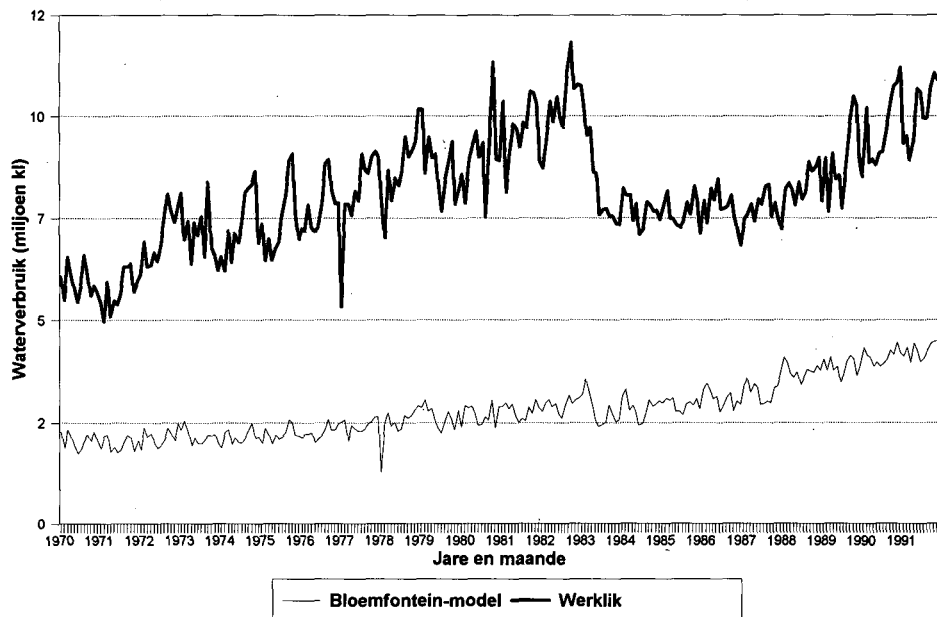
Waterverbruik is as afhanklike veranderlike, en reënval, temperatuur, die blanke, Kleurling-, Asiër- en swart bevolkings, die prys van water en waterbeperkings as onafhanklike veranderlikes gebruik.

Ten einde die regressiemodel as projeksiemetode in die geval van Pretoria te toets, is verskeie lineêre modelle waarin een of meer van die onafhanklike veranderlikes teenoor die afhanklike veranderlike, waterverbruik, gestel is, vir die tydperk 1970 tot 1991 ontwikkel om sodoende 'n passing oor die termyn te verkry. Vir doeleindes van vergelykbaarheid met die Bloemfontein-model, is besluit om die lineêre regressiemodel te gebruik wat reënval, temperatuur, bevolkingsgetalle en waterbeperkings as onafhanklike veranderlikes bevat.

Die lineêre regressievergelyking wat vir Pretoria vasgestel is, is as volg:

$$y = -10.0404405 - 0.0064494x_1 + 0.0854680x_2 + 0.0000503x_3 - 0.0011620x_4 + 0.0009200x_5 + 0.0000089x_6 - 1.4898688x_7$$

Figuur 3
Pretoria*(Model 1):**
Werklike en beraamde**
maandelikse waterverbruik
(miljoen kl), 1970 -1991



Sluit Atteridgeville en Mamelodi in
 Beraamings is gemaak volgens die Bloemfontein lineêre regressiemodel met waterverbruik (y) as 'n funksie van reënval (x1), temperatuur (x2), blanke (x3),
 Kleurling- (x4) en swart (x5) bevolking, en waterbeperkings (x6):
 $y = -1.2992440 - 0.0029383x_1 + 0.0679865x_2 + 0.0000005x_3 + 0.0001328x_4 + 0.0000003x_5 - 0.3491274x_6$

waar:

- y = maandelikse waterverbruik (miljoen kl)
- x₁ = reënval (mm)
- x₂ = temperatuur (°C)
- x₃ = blanke bevolking (getal)
- x₄ = Kleurlingbevolking (getal)
- x₅ = Asiërbevolking (getal)
- x₆ = swart bevolking (getal)
- x₇ = waterbeperkings.

Ten spyte van gebreke ten opsigte van die data (veral betreffende bevolkingsdata) lewer die regressiemodel 'n relatief hoë betroubaarheidskoeffisiënt (R²) van 0.7107, wat daarop dui dat 'n regressie-ontleding, ten spyte van beperkte data-insette, 'n bevredigende makromodel kan lewer.

In Fig. 2 word die passing van die beraamde teenoor die werklike maandelikse waterverbruik van Pretoria grafies voorgestel. Hieruit blyk duidelik dat die model die meeste afwykings toon in die tydperk voor waterbeperkings ingestel is en nadat dit opgehef is. Hierdie afwykings kan moontlik toegeskryf word aan die feit dat die waterverbruikspatroon vóór en ná die instelling van waterbeperkings heelwat van die normale kan verskil, aangesien verbruikers net vóór waterbeperkings gewoonlik heelwat meer water as die normale gebruik, en na opheffing van die beperkings steeds water spaarsamig benut.

As alternatief vir bogenoemde model en ten einde die oordraagbaarheid van die regressiekoeffisiënte van die Bloemfontein-model na ander gebiede te bepaal, is die lineêre regressievergelyking van Bloemfontein op die data van Pretoria gepas. Vir dié doel is die Asiërbevolking, wat in die geval van die Pretoria-regressiemodel as afsonderlike onafhanklike veranderlike beskou is, by die blanke bevolking van die stad getel om sodoende aan te pas by die onafhanklike veranderlikes wat vir die Bloemfontein-model gebruik is.

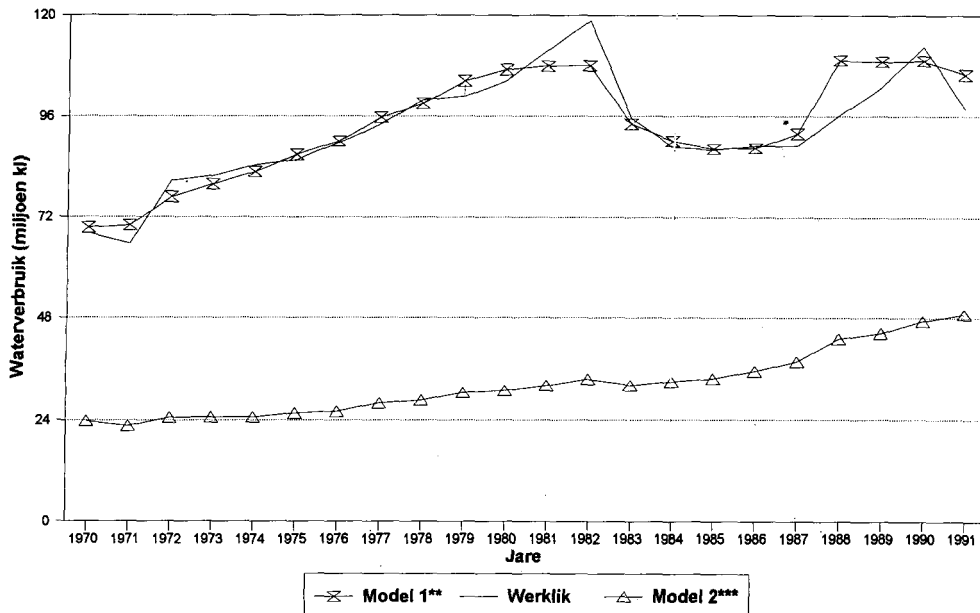
In Fig. 3 word die beraamde maandelikse watervraag, soos met

behulp van die regressiekoeffisiënte van die Bloemfontein-model bereken, en die werklike maandelikse waterverbruik vir Pretoria grafies vergelyk. Hieruit blyk duidelik dat die Bloemfontein-regressiemodel, toegepas op die Pretoria-data, grootliks van die werklike waterverbruik afwyk.

Hierdie afwykings kan moontlik aan die volgende faktore toegeskryf word:

- Daar is aansienlike verskille tussen die weerpatrone van Pretoria en Bloemfontein. In eersgenoemde gebied is die reënvalpatroon meer reëlmatig en temperature verskil ook heelwat van dié van Bloemfontein. In die Pretoria-model is die reënvalkoeffisiënt -0.0064 en die temperatuurkoeffisiënt 0.0855 teenoor -0.0029 en 0.0680 onderskeidelik in die geval van die Bloemfontein-model.
- Sels die bevolkingskoeffisiënte toon grootliks verskille - die regressiekoeffisiënt vir die blanke bevolking is 0.0000503 in die geval van Pretoria teenoor 0.0000005 vir Bloemfontein, dié vir die Kleurlingbevolking -0.0011621 teenoor 0.0001328 en dié vir swart mense 0.0000089 teenoor 0.0000003.
- Uit die regressiekoeffisiënte blyk verder dat waterbeperkings in Pretoria 'n aansienlik groter rol in die vraag na water speel as in die geval van Bloemfontein. Die regressiekoeffisiënte vir waterbeperkings was onderskeidelik -1.4899 en -0.3491.

Die beraamde maandsyfers, soos deur middel van die twee afsonderlike regressiemodelle bereken, is saamgevoeg ten einde jaarsyfers te verkry en verskyn saam met die werklike jaarlikse waterverbruik in Tabel 2. Uit die grafiese voorstelling van Tabel 2 (Fig. 4) blyk duidelik dat die regressiemodel wat vir Pretoria ontwikkel is, die beste passing op die werklike verbruiksdata lewer. Verder kan ook afgelei word dat die regressiekoeffisiënte van die Bloemfontein-model nie suksesvol op die Pretoria-data gepas kan word nie, wat beteken dat die regressiekoeffisiënte plekkegebode is.



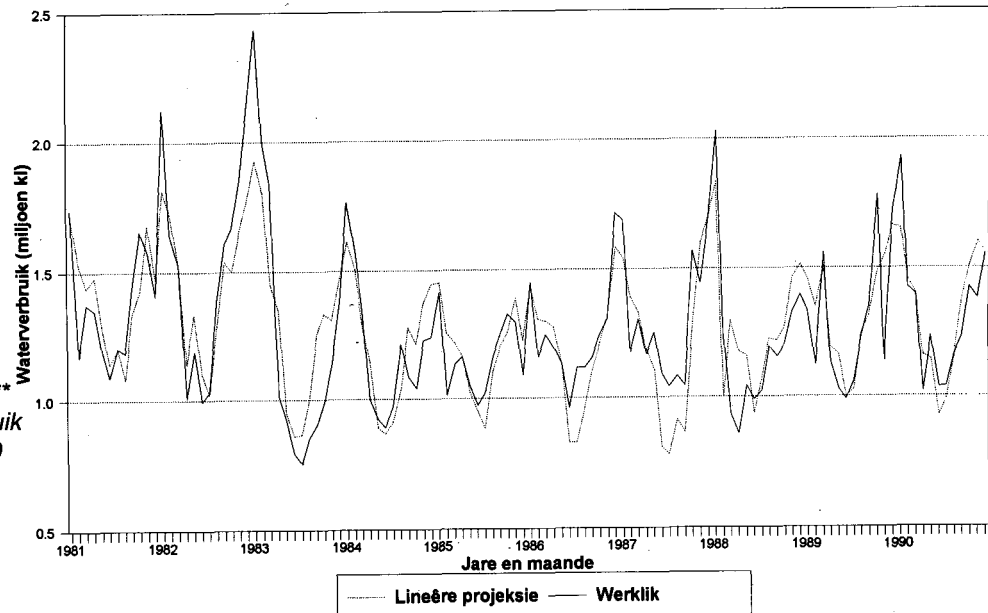
Figuur 4
Pretoria*: Werklike en beraamde** jaarlikse waterverbruik (miljoen kl), 1970 -1991

- * Sluit Atteridgeville en Mamelodi in
 ** Beraamde totale jaarlikse waterverbruik soos in Tabel 2 (model 1)
 *** Beraamde totale jaarlikse waterverbruik soos in Tabel 2 (model 2)

TABEL 2 PRETORIA*: WERKLIKE EN BERAAMDE JAARLIKSE WATERGEBRUIK (MILJOEN kl), 1970 - 1991					
Jaar	Werklike verbruik	Model 1** Beraamde verbruik	Model 1 Afwyking van werklike verbruik	Model 2*** Beraamde verbruik	Model 2 Afwyking van werklike verbruik
1970	68,16	69,38	1,79%	23,77	-65,12%
1971	65,67	69,99	6,57%	22,65	-65,52%
1972	80,67	76,84	-4,75%	24,57	-69,54%
1973	81,90	79,81	-2,56%	24,70	-69,84%
1974	84,44	82,88	-1,85%	24,69	-70,76%
1975	85,51	86,67	1,36%	25,51	-70,16%
1976	89,62	90,04	0,46%	25,95	-71,05%
1977	94,14	95,75	1,71%	27,90	-70,36%
1978	99,88	98,96	-0,92%	28,54	-71,42%
1979	100,79	104,29	3,48%	30,41	-69,82%
1980	104,32	106,84	2,41%	30,84	-70,43%
1981	111,65	107,67	-3,56%	32,13	-71,23%
1982	118,75	107,77	-9,25%	33,70	-71,62%
1983	95,45	94,19	-1,31%	32,24	-66,22%
1984	88,64	90,11	1,66%	33,12	-62,64%
1985	87,92	88,16	0,27%	33,75	-61,61%
1986	88,95	88,38	-0,64%	35,53	-60,05%
1987	89,04	91,81	3,11%	37,79	-57,56%
1988	96,15	109,20	13,58%	43,12	-55,15%
1989	102,87	108,88	5,84%	44,43	-56,80%
1990	112,47	109,03	-3,06%	47,19	-58,05%
1991	97,65	105,69	8,23%	48,89	-49,94%

* Sluit Atteridgeville en Mamelodi in
 ** Jaarsyfers is verkry deur die beraamde maandelikse waterverbruiksyfers, soos deur middel van die Pretoria-regressievergelyking (paragraaf 3) bereken, saam te voeg.
 *** Jaarsyfers is verkry deur die beraamde maandelikse waterverbruiksyfers, soos deur middel van die Bloemfontein-regressievergelyking (paragraaf 2) bereken, saam te voeg.

Figuur 5
Kimberley (Model 1)*:
Werklike en beraamde**
maandelikse waterverbruik
(miljoen kt), 1981-1990



Beramings is gemaak volgens 'n lineêre regressiemodel met waterverbruik (y) as 'n funksie van reënval (x1), temperatuur (x2), blanke (x3), Kleurling- (x4), Asiër (x5) en swart (x6) bevolking, en waterbeperkings (x7):
 $y = -63.9856769 - 0.0015553x_1 + 0.0467732x_2 + 0.00019405x_3 - 0.0006037x_4 + 0.0271264x_5 - 0.0001620x_6 - 0.2298020x_7$ ($R^2 = 0.6915$).

Kimberley

Die Munisipaliteit van Kimberley het data ten opsigte van waterverbruik, bevolkingsgetalle, en waterbeperkings sedert 1980 verskaf. Reënval- en temperatuursyfers is van die Weerburo in Pretoria verkry. Aangesien die bevolkingsdata slegs vir sensusjare beskikbaar is, is dit vir enkeljare geïnterpoleer.

Net soos in die geval van Pretoria, is waterverbruik as afhanklike veranderlike, en die blanke, Kleurling-, Asiër- en swart bevolkings, en waterbeperkings as onafhanklike veranderlikes gebruik.

Verskeie lineêre regressiemodelle waarin een of meer van die onafhanklike veranderlikes teenoor die afhanklike veranderlike, waterverbruik, gestel is, is vir die tydperk Julie 1980 tot Junie 1991 ontwikkel ten einde 'n passing oor die termyn te verkry. Die lineêre regressiemodel wat vir die tydperk 1980 tot 1991 die beste betroubaarheidskoëffisiënt (R^2) gelewer het, was die een met reënval, temperatuur, bevolkingsgetalle en waterbeperkings as onafhanklike veranderlikes. Dit lewer 'n betroubaarheidskoëffisiënt (R^2) van 0.6915 en is as volg:

$$y = -63.9856769 - 0.0015553x_1 + 0.0467732x_2 + 0.00019405x_3 - 0.0006037x_4 + 0.0271264x_5 - 0.0001620x_6 - 0.2298020x_7$$

waar:

- y = maandelikse waterverbruik (miljoen kt)
- x_1 = reënval (mm)
- x_2 = temperatuur (°C)
- x_3 = blanke bevolking (getal)
- x_4 = Kleurlingbevolking (getal)
- x_5 = Asiërbevolking (getal)
- x_6 = swart bevolking (getal)
- x_7 = waterbeperkings.

Dit is opvallend dat die reënval- en temperatuurkoëffisiënte van Kimberley aansienlik beter met dié van die Bloemfontein-model

vergelyk as dié van Pretoria. In die lineêre regressiemodel vir Kimberley is die reënval- en temperatuurkoëffisiënte onderskeidelik -0.0016 en 0.0468 teenoor -0.0029 en 0.0680 in die geval van die Bloemfontein-model.

Die regressiekoëffisiënte vir die onderskeie bevolkings van Kimberley en Bloemfontein toon egter steeds verskille, naamlik 0.0019405 teenoor 0.0000005 in die geval van die blanke bevolking, -0.0006037 teenoor 0.0001328 vir Kleurlinge en -0.0001620 teenoor 0.0000003 vir swart mense. Die rede hiervoor is moontlik geleë in die feit dat die bevolkingstruktuur van Kimberley wesenlik van dié van Bloemfontein verskil.

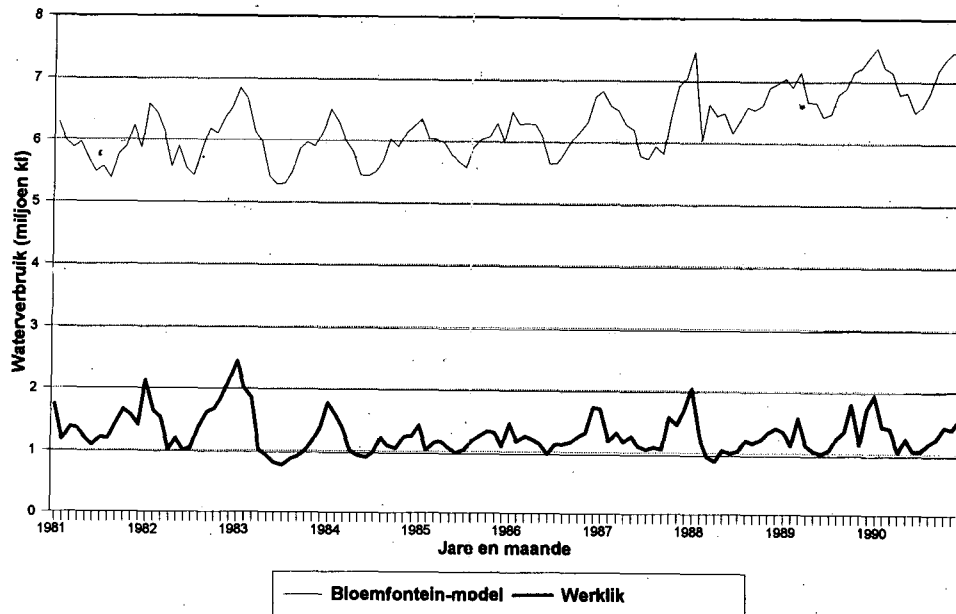
Die invloed van waterbeperkings op die vraag na water in Kimberley volg 'n byna soortgelyke patroon as in die geval van Bloemfontein. Dit blyk duidelik uit die regressiekoëffisiënte, naamlik -0.2298 vir Kimberley teenoor -0.3491 in die geval van die Bloemfontein-model.

Figuur 5 bied 'n grafiese voorstelling van die passing van die beraamde teenoor die werklike maandelikse waterverbruik soos deur middel van die Kimberley-regressiemodel bereken.

Ten einde die wyer toepaslikheid van die Bloemfontein-model te bepaal, is die data van Kimberley aan die hand van die regressievergelyking vir Bloemfontein getoets. Aangesien die Asiërbevolking in Kimberley as afsonderlike onafhanklike veranderlike beskou is, is hierdie bevolkingsgroep se getalle by dié van die blanke bevolking van Kimberley getel ten einde aan te pas by die onafhanklike veranderlikes wat in die Bloemfontein-model gebruik is.

Uit Fig. 6, wat die beraamde maandelikse waterverbruik vir Kimberley, soos deur middel van die lineêre regressievergelyking vir Bloemfontein bereken, voorstel, blyk duidelik dat die Bloemfontein-model, ten spyte van die ooreenstemmende weerpatroon, die vraag na water in Kimberley heeltemal oorskakel.

Die beraamde jaarlikse waterverbruik van die twee verskillende modelle word in Tabel 3 met die werklike jaarsyfers vergelyk en in

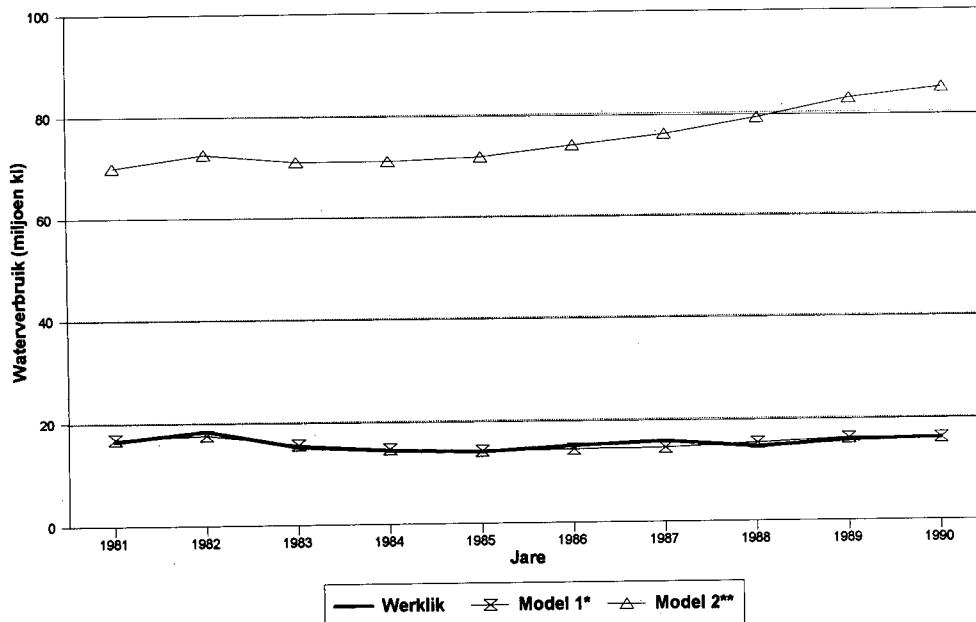


Beraming is gemaak volgens die Bloemfontein lineêre regressiemodel met waterverbruik (y) as 'n funksie van reënval (x1), temperatuur (x2), blanke (x3), Kleuring- (x4) en swart (x5) bevolking, en waterbeperkings (x6):
 $y = -1.2992440 - 0.0029383x1 + 0.0679865x2 + 0.0000005x3 + 0.0001326x4 + 0.0000003x5 - 0.3491274x6$.

Figuur 6
 Kimberley (Model 2)*: Werklike en beraamde maandelikse waterverbruik (miljoen kt), 1981-1990

TABEL 3 KIMBERLEY: WERKLIKE EN BERAAMDE JAARLIKSE WATERGEBRUIK (MILJOEN kL), 1981 - 1990					
Jaar	Werklike verbruik	Model 1* Beraamde verbruik	Model 1 Afwyking van werklike verbruik	Model 2** Beraamde verbruik	Model 2 Afwyking van werklike verbruik
1981	16,35	16,78	2,59%	69,99	327,97%
1982	18,12	17,40	-3,95%	72,57	300,51%
1983	15,03	15,55	3,51%	70,98	372,42%
1984	14,29	14,57	1,98%	70,97	396,70%
1985	13,87	14,12	1,75%	71,67	416,66%
1986	14,79	14,27	-3,54%	73,78	398,78%
1987	15,53	14,46	-6,86%	75,98	389,38%
1988	14,39	15,16	5,30%	79,04	449,18%
1989	15,45	15,94	3,18%	82,64	434,93%
1990	15,82	15,92	0,65%	84,78	435,99%

* Jaarsyfers is verkry deur die beraamde maandelikse waterverbruiksyfers, soos deur middel van die Kimberley-regressievergelyking (paragraaf 4) bereken, saam te voeg.
 ** Jaarsyfers is verkry deur die beraamde maandelikse waterverbruiksyfers, soos deur middel van die Bloemfontein-regressievergelyking (paragraaf 2) bereken, saam te voeg.



* Beraamde totale jaarlikse waterverbruik soos in Tabel 3 (model 1)
 ** Beraamde totale jaarlikse waterverbruik soos in Tabel 3 (model 2)

Figuur 7
 Kimberley : Werklike en beraamde maandelikse waterverbruik (miljoen kl),
 1981-1990

Fig. 7 grafies voorgestel. Die aansienlike afwyking tussen die werklike verbruiksdata en die resultate van die toepassing van die Bloemfontein-model op Kimberley dui, net soos in die geval van Pretoria, daarop dat die regressiemodel plekkebonde is.

Bespreking van resultate

- Ten einde die waarde van meervoudige regressiemodelle vir die projektering van die vraag na water in stedelike gebiede te bepaal, is verskeie lineêre regressie-modelle vir die Bloemfontein munisipale gebied ondersoek. Dit het geblyk dat 'n lineêre regressiemodel wat reënval, temperatuur, die bevolkings van Bloemfontein, Mangaung en Heidedal en waterbeperrings as onafhanklike veranderlikes insluit, die beste passing op historiese data lewer. Dié model se betroubaarheidskoeffisiënt (R^2) was 0.8638, wat 86.38% betroubaarheid impliseer.
- Vir die doeleindes van vergelykbaarheid van die geprojekteerde toekomstige watervraag van Pretoria en dié van Bloemfontein, is eerstens besluit om 'n lineêre regressiemodel wat reënval, temperatuur, bevolkingsgetalle en waterbeperrings as onafhanklike veranderlikes insluit, vir Pretoria te toets. Alhoewel die regressiemodel wat verkry is se betroubaarheidskoeffisiënt (R^2) relatief hoog is ($R^2 = 0.7107$), word spitsverbruik nie bevredigend verreken nie.

As alternatief vir bogenoemde model is die lineêre regressie-vergelyking van die Bloemfontein-model (paragraaf 2) op die data van Pretoria gepas ten einde te bepaal of die regressiekoëffisiënte van die Bloemfontein-model na ander gebiede oordraagbaar is. Die groot afwyking tussen hierdie beramings en die werklike waterverbruik van Pretoria (Fig. 2) dui daarop dat regressiekoëffisiënte plekkebonde is en dus nie

na ander gebiede oorgedra kan word nie.

- Soos in die geval van Pretoria, is twee modelle ook vir Kimberley getoets. Die betroubaarheidskoeffisiënt (R^2) van die lineêre regressiemodel met reënval, temperatuur, bevolkingsgetalle en waterbeperrings as onafhanklike veranderlikes, wat vir Kimberley ontwikkel is, is weereens relatief hoog ($R^2 = 0.6915$). Ook hierdie model toon die meeste afwykings ten opsigte van spitsverbruiktye.

Anders as in die geval van Pretoria, oorberaam die lineêre model met die Bloemfontein-regressiekoëffisiënte deurgaans die werklike waterverbruik van Kimberley met sowat 3 miljoen kl (kyk Fig. 6). Hierdie verskynsel bevestig weereens dat regressiekoëffisiënte nie van een gebied na 'n ander oorgedra kan word nie.

- Die relatief hoë betroubaarheidskoeffisiënte (R^2) wat vir Pretoria en Kimberley verkry is, naamlik 0.7107 en 0.6915 onderskeidelik, dui daarop dat, alhoewel regressie-ontledings plekkebonde is, dié benadering, en die geïdentifiseerde onafhanklike veranderlikes (die modelstruktuur), met sukses na ander gebiede geëkstrapoleer kan word (Sien Fig. 2 en 5).

Opmerking

Die huidige artikel (Deel 3) word opgevolg deur Deel 4, getiteld "Projektering van waterbehoefes in stedelike gebiede (Deel 4): Struktuuranalise as makro-projeksie-model".

Erkenning

Finansiële ondersteuning van die Waternavorsingskommissie vir die onderneem van die navorsing word met dank erken.

Bronnelys

PRETORIUS, CJ, VAN DER MERWE, RB, VAN NIEKERK, IE
en VILJOEN, MF (1992) *Die Ontwikkeling van 'n Model vir die
Projeksie van Waterbehoefes in die Belangegebied van Bloemarea
Waterraad tot die Jaar 2020*. Bloemfontein: Universiteit van die
Oranje-Vrystaat, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing.
