

NAVORSINGSNOTA

Voorspelling van Massavloei-verdeling in 'n Komplekse Vloeistelsel

J. J. Grant* en W. A. Schumann**
Universiteit van Pretoria

Inleiding

Massavloei-verdeling of snit is belangrik op verskeie gebiede, soos byvoorbeeld die verdeling van stoom of druklug tussen

*Senior Lektor

**Professor, Kerningenieurswese,
Departement Meganiese Ingenieurswese
Universiteit van Pretoria

gebruikers, veral indien sommige gebruikers laedrukgas van 'n vorige gebruiker aanwend. 'n Verdere toepassing is gasskeiding soos byvoorbeeld die skeiding van waterstof en metaangas by petrochemiese nywerhede.

Verskeie parameters beïnvloed die massavloei-verdeling in 'n komplekse gasvloei-stelsel. Daar is gepoog om 'n metodiek daar te stel wat gasvloei deur sulke stelsels voorspel en wat later in praktiese probleme gebruik kan word.

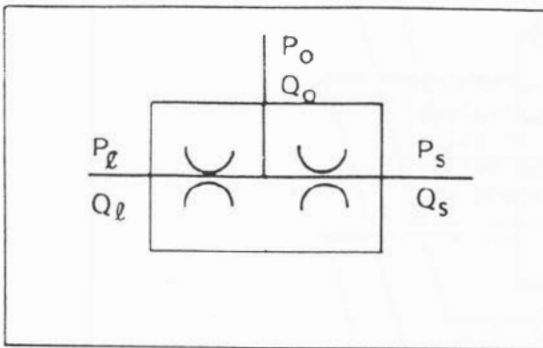
Die oplossingsprosedure wat gebruik word om die vloei deur pypnetwerke te bereken, is algemeen bekend [1]. Die metode wat hier voorgestel word, maak egter voorsiening vir drastiese veranderinge in die fisiese eienskappe van die vloei, soos die molmassa van 'n gas, wat nie gereedlik met standaardprosedures gehanteer kan word nie.

Vir 'n stelsel met een inlaatstroom en twee uitlaatstrome word die massavloei-verdeling gedefinieer as die verhouding van die massavloei van een uitlaatstroom tot die massavloei van die inlaatstroom. In die algemeen kan dit gedefinieer word as die verhouding van die massavloei van een of die som van 'n paar soortgelyke vloei tot die totale inlaatmassavloei.

$$\text{Snit} = \frac{\text{(massavloei van soortgelyke uitlate)}}{\text{(massavloei van inlate)}} \quad (1)$$

Modelle

'n Eenvoudige vloei-komponent, wat bestaan uit twee vloeiweerstande in parallel soos in figuur 1 getoon, word beskou. Die



Figuur 1 - Vloei-komponent

massavloei deur elke been word beïnvloed deur die molmassa M_o van die gas, die opstroomdruk P_o en die drukke stroomaf van die onderskeie weerstande, naamlik P_l en P_m . Die weerstand tussen P_o en P_l is egter altyd groter as die weerstand tussen P_o en P_m sodat P_l laer is as P_m . Die voetskrif l verwys dus na die lae druk en m na die intermediêre druk.

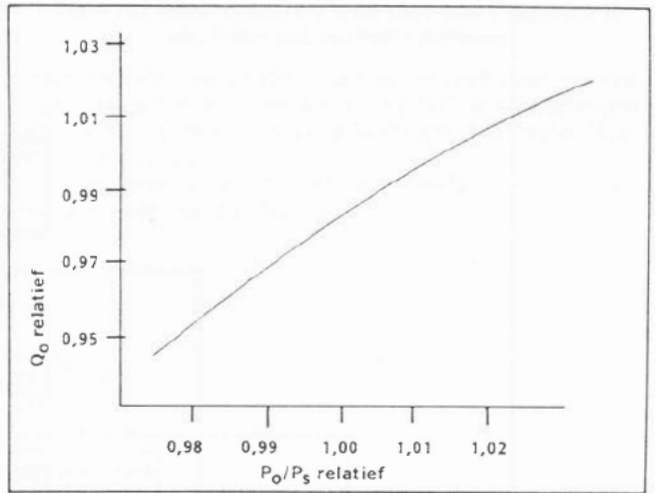
Oor die algemeen geld dat daar 'n paraboliese verband bestaan tussen die drukverskil oor 'n weerstand en die volumevloei deur die weerstand. Daar is eksperimenteel vasgestel dat hierdie verband ook geld vir die komponente wat hier beskou word, soos in figuur 2 getoon. Veranderinge in M_o , P_o en die massavloei het daartoe gelei dat die kurwe op- en afgeskuif het, sonder dat die vorm van die kurwe veel verander. Die elemente is dus wiskundig gemodelleer deur 'n basiese paraboliese verband tussen volumevloei en P_o/P_m met voorsiening vir afwykings veroorsaak deur veranderinge van die ander parameters. 'n Kromme-passing is gedoen om die verband tussen volumevloei en P_o/P_m te bepaal. Die vergelykings vir vloei het soos volg daaruit gesien:

$$Q = f_1(P_o/P_m) + f_2(P_o/P_m, P_o/P_l) + f_3(P_o/P_m, P_o) + f_4(P_o/P_m, M_o) \quad (2)$$

waar die funksies f_1 tot f_4 soos volg gedefinieer word:

$$f_1 = A_1 \cdot X^2 + A_2 \cdot X + A_3 \quad (3)$$

$$f_2 = (A_{14} + A_{15} \cdot X) \cdot Y + (A_{16} + A_{17} \cdot X) \cdot Y^2 \quad (4)$$



Figuur 2 - Verband tussen Q_o en P_o/P_s

$$f_3 = (A_{10} + A_{11} \cdot X) \cdot PF + (A_{12} + A_{13} \cdot X) \cdot PF^2 \quad (5)$$

$$f_4 = (A_4 + A_5 \cdot X + A_6 \cdot X^2) \cdot MF + (A_7 + A_8 \cdot X + A_9 \cdot X^2) \cdot MF^2 \quad (6)$$

met

$$X = P_o/P_m \quad (7)$$

$$Y = (P_o/P_l)/(P_o/P_l^*) - 1 \quad (8)$$

$$PF = P_o/P_o^* - 1 \quad (9)$$

$$MF = M_o - M_o^* \quad (10)$$

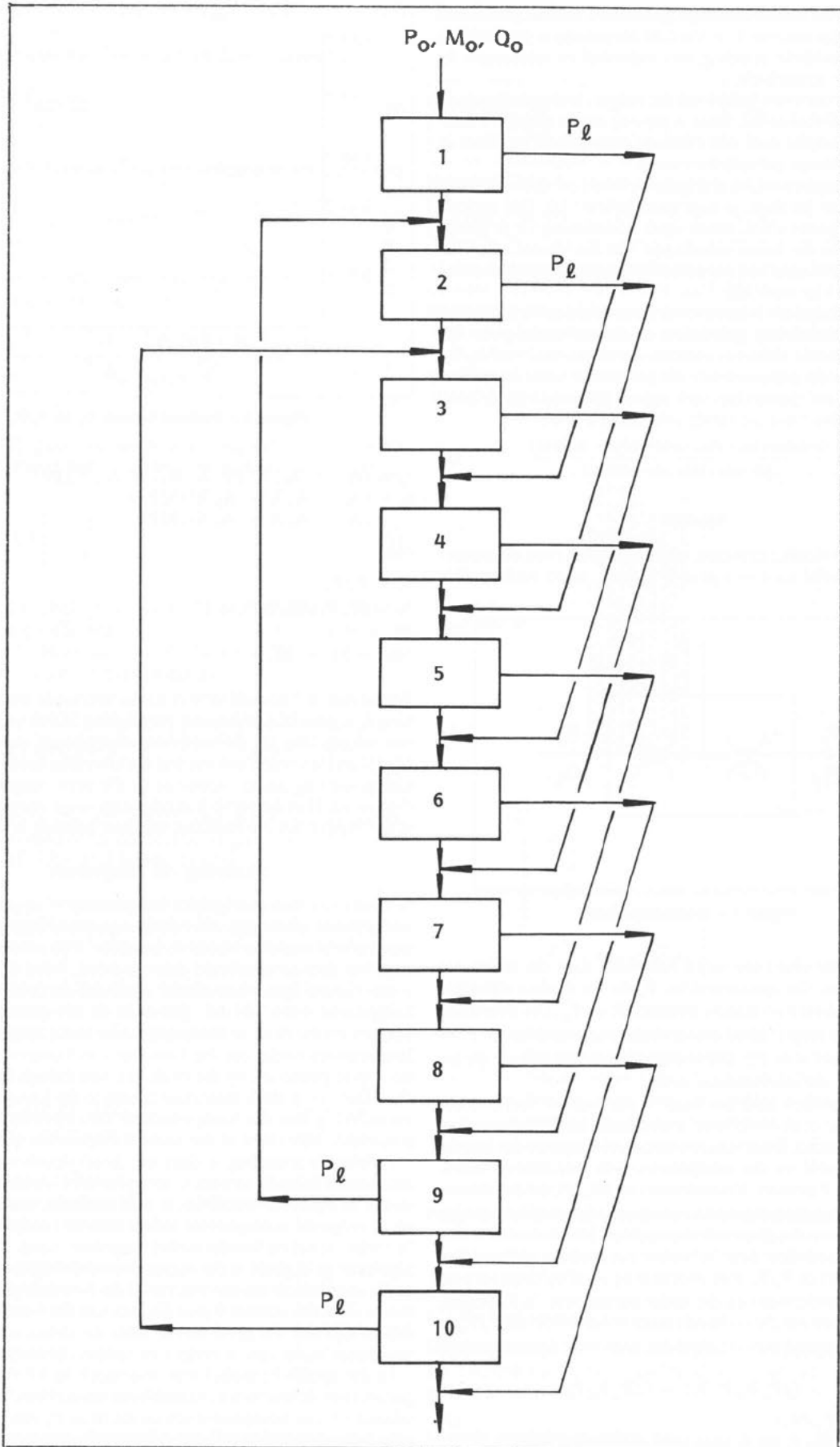
Terme met 'n * boskrif verwys na die toestande waarby vergelyking f_1 afgelei is. Die basiese vergelyking is dus vergelyking (2) met vergelyking (3) die verwysingskomponent en vergelykings (4), (5) en (6) verskilfunksies wat die afwyking beskryf indien die komponent by ander toestande as die verwysingstoestand bedryf word. Hierdie verskilfunksies kan enige vorm aanneem en is nie beperk tot die funksies wat hier gebruik is nie.

Skalering van komponente

'n Reeks van tien soortgelyke komponente is opgebou, elk met ander fisiese afmetings. Hierdie komponente kan nou geskakel word om 'n werklike stelsel te simuleer. Een moontlike opstelling, wat hier as voorbeeld gebruik word, word in figuur 3 getoon. Uit die figuur kan afgelei word dat die druk waarby elke komponent werk, verskil. Die druk in komponent een is die hoogste en die druk in komponent tien is die laagste. Verder is kompressors nodig om die l -strome van komponente nege en tien op te pomp tot by die drukvlak van komponente twee en drie. Daar is 'n sterk interaksie tussen al die komponente en 'n verandering van een komponent se karakteristieke of bedryfstoestand beïnvloed al die ander komponente se werking.

In hierdie opstelling is daar een hoofstroom wat die stelsel binnekom, naamlik stroom 0, terwyl al die l -strome weer na die stelsel teruggevoer word. Dit is ook moontlik om die l -strome na 'n volgende saamgestelde stelsel te stuur terwyl l -strome uit 'n ander stelsel na hierdie stelsel toegevoer word. Ter wille van algemene geldigheid is die massavloei-verdeling hier gedefinieer as die som van die massavloei van al die l -strome gedeel deur die massavloei van stroom 0 plus die som van die l -strome. Dit stem dus ooreen met die geval hierbo waar die stelsel wat ondersoek word deel vorm van 'n reeks van soortgelyke stelsels.

In die spesifieke stelsel wat ondersoek is, kon die volgende paramaters beheer word, naamlik die massavloei, molmassa en inlaatdruk van komponent een en die druk P_l van komponente nege en tien. Die invloed van veranderinge van hierdie paramaters is vervolgens ondersoek met behulp van rekenaar-simulasies.



Figuur 3 - Samestelling van vloeelemente

Programbeskrywing

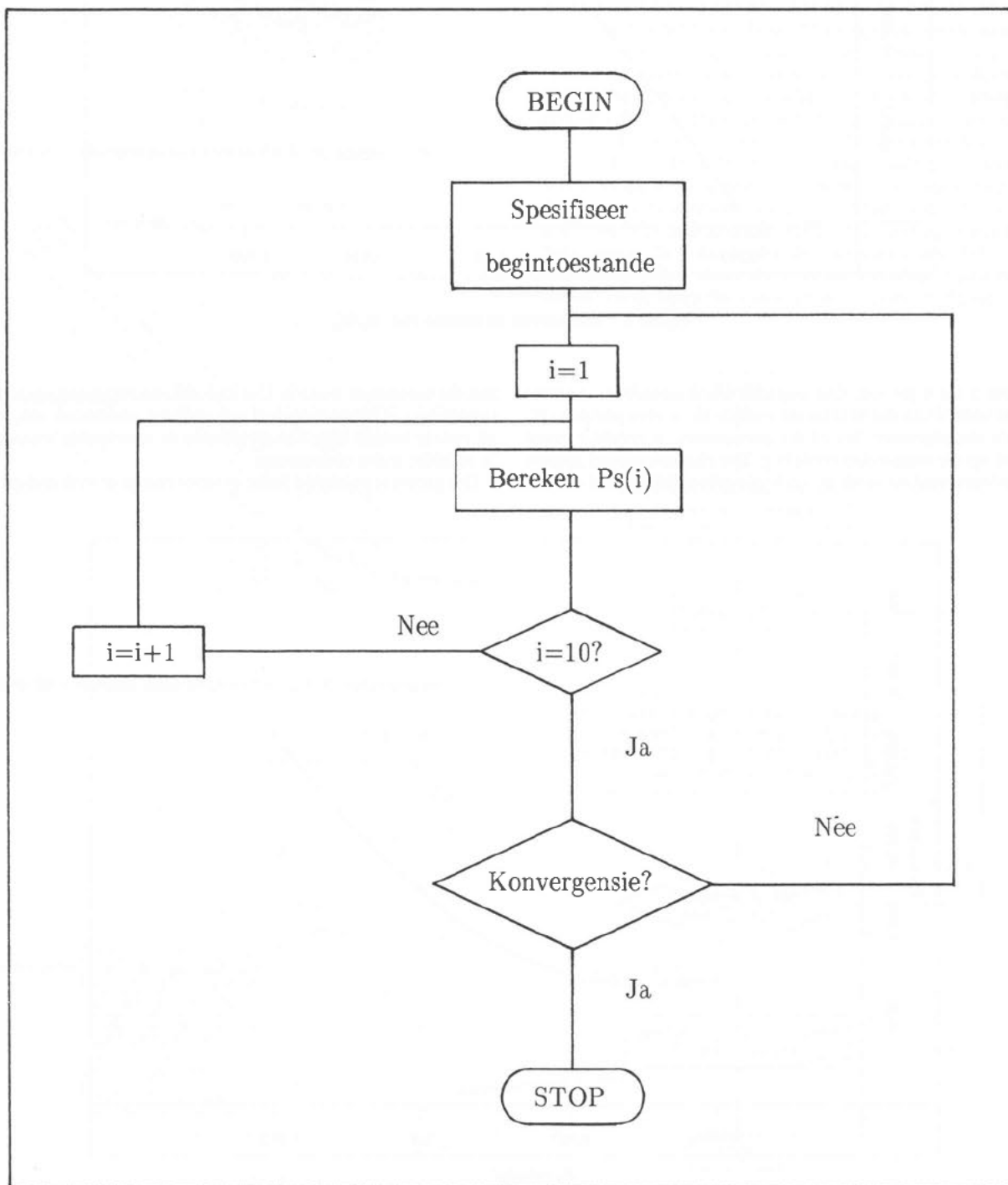
'n Algemene program vir die simulatie van vloeistelsels is geskryf. Subprogramme bereken die veranderings wat plaasvind in 'n spesifieke vloeikomponent op grond van data wat na die subprogram gestuur word. So word die massavloei deur die twee weerstande in die komponent vir gegewe waardes van P_o , P_t , P_m en molmassa bereken. Hierdie subprogram stuur dan die berekende data na 'n volgende een.

Die oplossingsprosedure word skematies in figuur 4 getoon. Die molmassa, druk en die massavloei na die eerste komponent word gespesifiseer. Die ℓ -drukke van komponente nege en tien word voorgeskryf en 'n sekere drukverdeling oor die stelsel

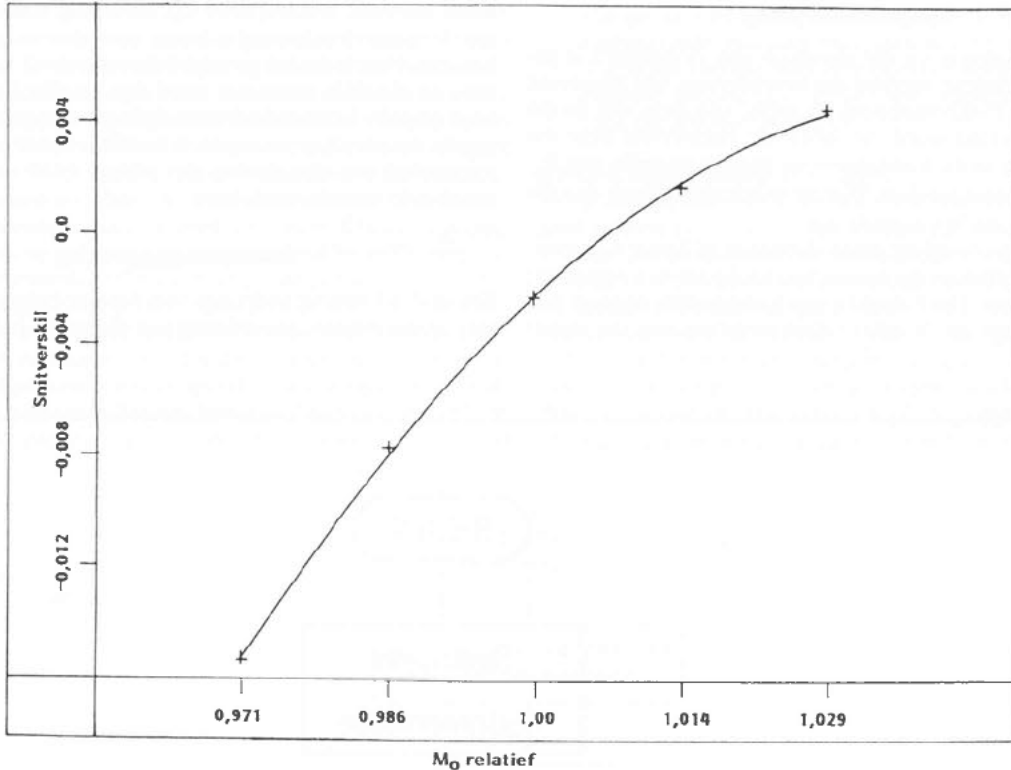
word aanvaar. Die werklike P_m wat nodig is om die gespesifiseerde massavloei te weeg te bring, word dan vir komponent een bereken. Hierdie druk is gevolglik die inlaatdruk van komponent twee en dieselfde prosedure word dan vir elke komponent herhaal. Hierdie berekende drukverdeling is dan gebruik by 'n volgende iterasie. Konvergensie is bereik wanneer die berekende massavloei van elke stroom met minder as $1E^{-5}$ van die vorige berekende waarde verskil het.

Resultate en bespreking

Die invloed van veranderings van die vier beheerbare parameters op die massavloei-verdeling van die stelsel in figuur 3, word



Figuur 4 – Skematiese oplossingsprosedure

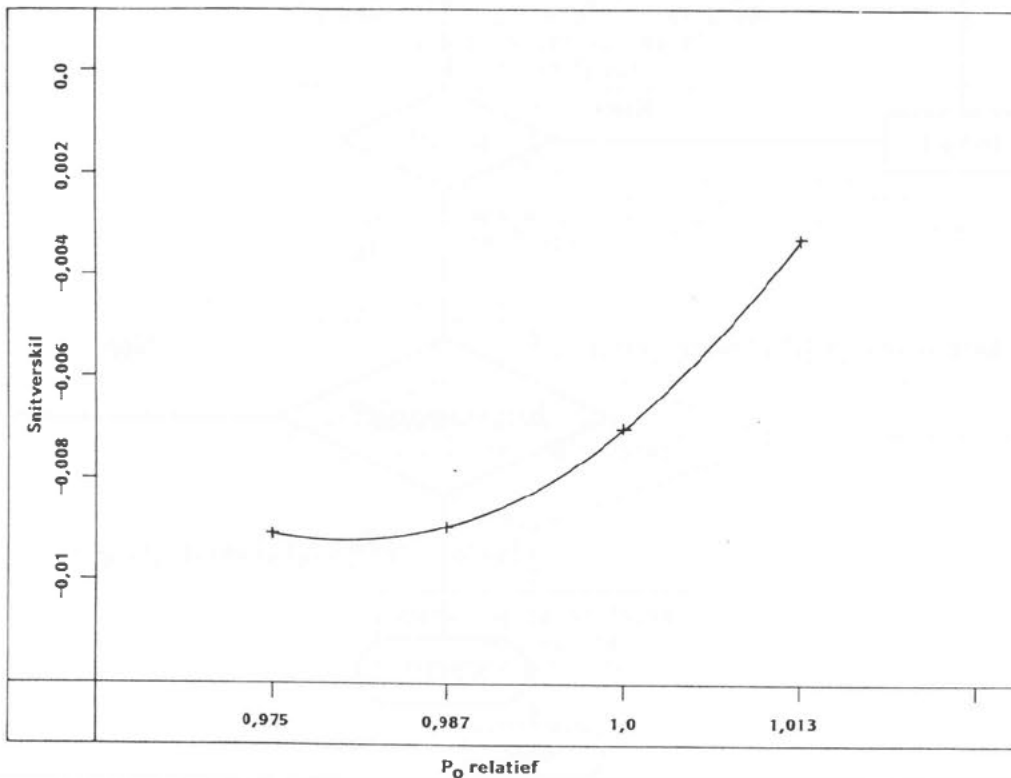


Figuur 5 – Snitverskil as funksie van M_0/M_0^*

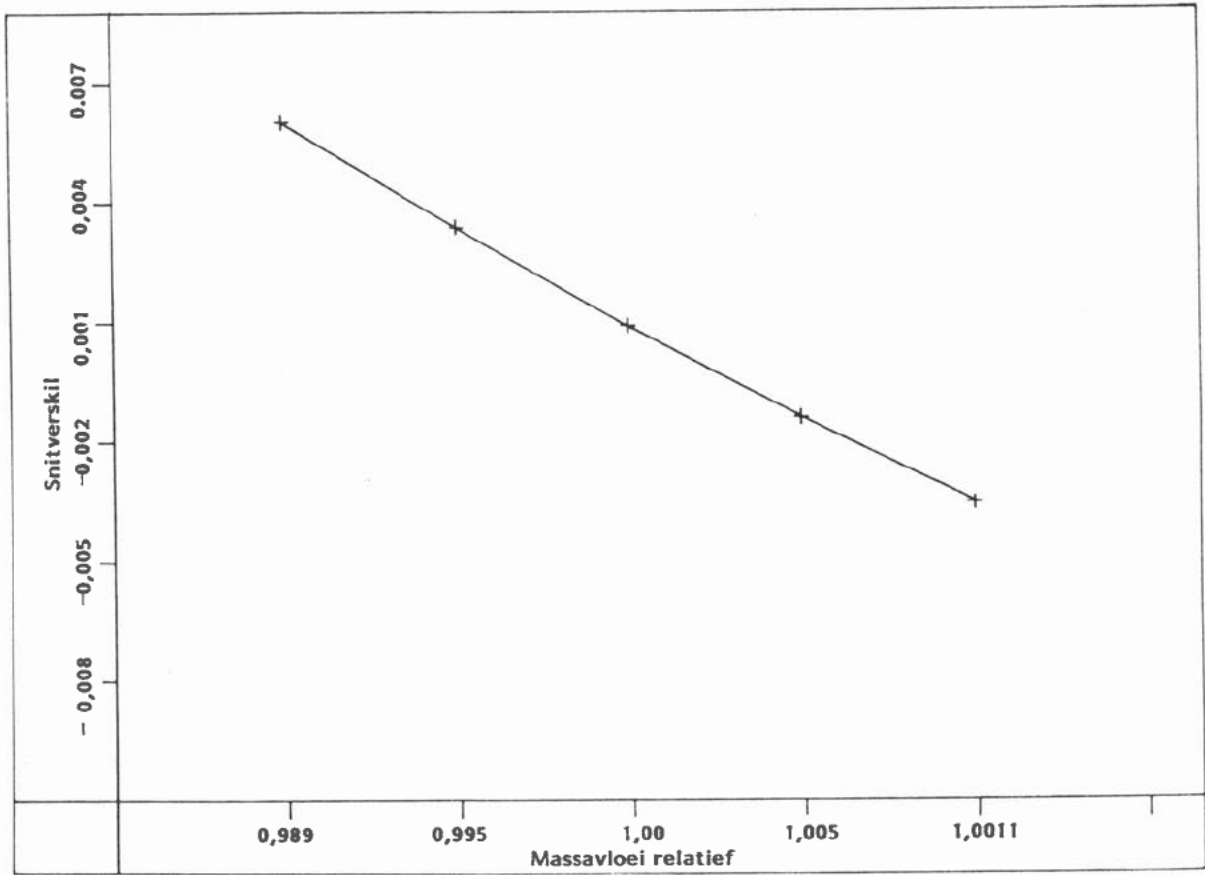
in figure 5 tot 8 getoon. Die waardes word uitgedruk in terme van die verskil van die berekende waarde en 'n verwysingswaarde. Oor die algemeen het al die parameters 'n redelike groot invloed op die massavloei-verdeling. Die eksperimenteel gemete massavloei-verdeling stem by verwysingstoestande goed ooreen

met die berekende waarde. Die invloed van veranderinge van die parameters is eksperimenteel nie volledig ondersoek nie, maar uit enkele lesings blyk dat die gemete en voorspelde waardes in 'n redelike mate ooreenstem.

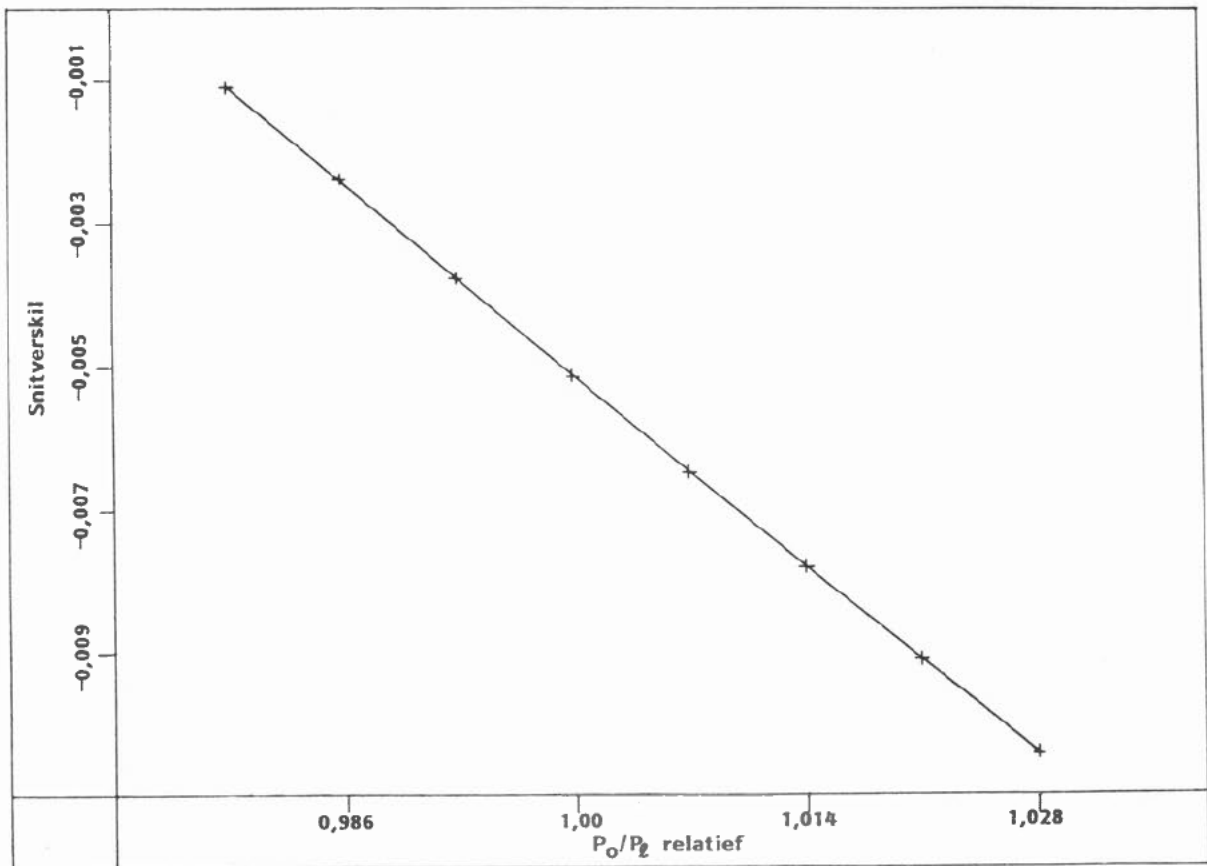
Die grootste bron van foute in berekenings is wiskundige mo-



Figuur 6 – Snitverskil as funksie van P_0/P_0^*



Figuur 7 - Snitverskil as funksie van relatiewe massavloei



Figuur 8 - Snitverskil of funksie van $P_0/P_2/P_0/P_2'$

delle wat nie die werklike praktiese werking en gedrag van die komponente absoluut akkuraat kan beskryf nie. Dit is te wyte aan die relatief eenvoudige benadering tot modellering wat gevolg is.

Hierdie metodiek kan dus gebruik word om vloei en drukke in komplekse vloeistelsels te voorspel. 'n Voordeel van die benadering is dat dit baie buigsaam is. Enige vloeistelsel waarvoor wiskundige modelle van die komponente bestaan, kan vinnig saamgestel en akkuraat gesimuleer word. Verder het komplekse stelsels met interaksie tussen die onderskeie komponente nie probleme opgelewer nie. Een van die nadele van die benadering is dat 'n voorlopige oplossing beraam moet word. Vir komplekse stelsels kan dit 'n baie moeilike taak wees, veral omdat dit die aantal berekenings wat vir konvergensie nodig is, baie kan beïnvloed.

Verwysing

1. Daugherty R, Franzini J. B., Finnemore E. J. *Fluid Mechanics with Engineering Applications*. 8ste Uitgawe, McGraw-Hill, 1985