

C3



ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΡΙΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ **ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Β'. ΤΟΜΟΣ

Θεσσαλονίκη 9-11/11/1988

**ΕΛΚΕΔΑ**

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΔΙΦΑΣΙΚΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ

Μ. Σαμολαδά, Σ. Παράς και Α.Ι. Καράμπελας
Ερευνητικό Ινστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών, Τ.θ. 19517 και
Τμήμα Χημικών Μηχανικών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
540 06 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προτεινόμενη μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά το στάδιο διερεύνησης ενός γεωθερμικού πεδίου κατά το οποίο οι εγκαταστάσεις είναι περιορισμένες. Η μέθοδος συνδυάζει μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιούνται πολύ εύκολα, όπως η πτώση πίεσης σε ευθύγραμμο τμήμα σωλήνα και σε ρούμετρο τύπου "orifice", με μοντέλα και συσχετισμούς πρόβλεψης των χαρακτηριστικών της διφασικής ροής. Ειδικός αλγόριθμος επιτρέπει τον προσδιορισμό παροχής και ποιότητας με "δόκιμη και σφάλμα". Τα θερμοδυναμικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο σχετικό πρόγραμμα πλεκτρονικού υπολογιστή είναι όλα νερό σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, ενώ λαμβάνεται υπόψη και η συγκεντρωση αλάτων.

Συγκρίσεις πειραματικών δεδομένων από τη βιβλιογραφία με προβλέψεις βασιζόμενες στη γένη μέθοδο είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικές. Θα χρειασθεί όμως επί πλέον έλεγχος της μεθόδου, ιδιαίτερα σε γεωθερμικά πεδία, για να καθορισθεί η ακρίβειά της και να καθιερωθεί η χρηση της.

ΑΞΕΞΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ Διφασικά γεωθερμικά ρευστά, διερεύνηση γεωθερμικού πεδίου, γένες γεωτρόποιες, πρόβλεψη παροχής και ποιότητας, πρόγραμμα H/Y.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την αξιολόγηση γεωθερμικών πεδίων ή νέων γεωτρόποιων οι εγκαταστάσεις δεν είναι οδοκληρωμένες και συνήθως δεν υπάρχει διάταξη διαχωρισμού των δύο φάσεων, που για επιτρέπει την ανεξάρτητη μέτρηση της παροχής του υγρού και του ατμού. Είναι επομένως απαραίτητη η ύπαρξη μάς αξιόποιτης μεθόδου, ο οποία με βάση ορισμένες απλές μετρήσεις, θα επιτρέπει την πρόβλεψη της παροχής και της ποιότητας του γεωθερμικού ρευστού.

Η σχετική μέθοδος του R. James (1962) έχει τύχει ευρείας εφαρμογής. Εν τούτοις έχει αμφισβητηθεί κατά καιρούς η αξιοπιστία της, όπως αναφέρεται στην συζήτηση άρθρου του ίδιου του James (1965-1966). Η μέθοδος είναι ουσιαστικά εμπειρική και κάνει χρήση ορισμένων παραδοσών, όπως η ύπαρξη "ομογενούς" διφασικής ροής, οι οποίες δεν είναι ρεαλιστικές.

Στην ανακοίνωση αυτή προτείνεται μία μέθοδος, η οποία απαιτεί λίγες και εύκολες μετρήσεις, ενώ παράλληλα χρησιμοποιεί αξιόποιτα μοντέλα και συσχετισμούς για υπολογισμούς χαρακτηριστικών της διφασικής ροής, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω.

Η ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η μέθοδος απαιτεί μετρήσεις της θερμοκρασίας του ρευστού, της πιώσης πίεσης ($\Delta P/\Delta X$) εχρ στον αγωγό μεταφοράς, της πιώσης πίεσης σε ρούμετρο τύπου "orifice" (ΔPor) εχρ καθώς και τιμές της διαμέτρου D του αγωγού και του λόγου των διαμέτρων β στο "orifice". (Σχήμα 1). Η ύπαρξη αλάτων στο ρευστό λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό των φυσικών ιδιοτήτων της κάθε φάσης, αν δοθεί η αλατότητα εκφρασμένη ως συγκέντρωση ισοδυνάμου NaCl στο ρευστό. Στους υπολογισμούς γίνεται η συνήθης ρεαλιστική παραδοχή θερμοδυναμικής ισορροπίας ατμού-νερού σε κάθε διατομή του αγωγού μεταφοράς.

Ο αλγόριθμος απαιτεί μία εκτίμηση του εύρους της ζητούμενης οδικής μαζικής παροχής (M_{min} , M_{max}) και τον ορισμό μίας θηματικής αύξησης αυτής (M_{step}). Η εκτίμηση του εύρους είναι σχετικά εύκολο να γίνει εμπειρικά. Τυπικές τιμές της θηματικής αύξησης M_{step} είναι 50 (Kg/h).

Ο αλγόριθμος επιτρέπει χιλιαδόρα ζεύγη οδικής ροής μάζας (M) και ποιότητας (x) των υπολογισμό της "περιοχής ροής" και της πιώσης πίεσης σε ευθύγραμμο τμήμα του αγωγού κάνοντας χρήση συσχετισμών από τη βιβλιογραφία. Όταν επιτευχθεί ικανοποιητική σύγκλιση της πειραματικής και της θεωρητικής τιμής της πιώσης πίεσης ($\Delta P/\Delta X$), ο αλγόριθμος προχωρεί στην αναζήτηση σύγκλισης της προβλεπόμενης (από μοντέλα της βιβλιογραφίας) πιώσης πίεσης στο "orifice" μ' εκείνη που έχει μετρηθεί στην εγκατάσταση. Ένα συνοπτικό λογικό διάγραμμα του αλγορίθμου περιλαμβάνεται στο Σχήμα 2, όπου μεταξύ άλλων φαίνεται ότι κριτήρια χιλιαδόρα ζεύγη της σύγκλισης είναι οι σχετικές διαφορές μεταξύ μετρημένων και υπολογισμένων πιώσεων πιέσεων.

ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ

Η επιλογή καταλλήλων μοντέλων και συσχετισμών είναι προφανώς απαραίτητη προϋπόθεση χιλιαδόρων μοντέλων και συσχετισμών από την ίδια μέθοδο. Τα μοντέλα αυτά και οι συσχετισμοί αφορούν:

- τον καθορισμό της "περιοχής ροής",
- τον υπολογισμό της πιώσης πίεσης σε οριζόντιο αγωγό, και
- τον υπολογισμό της πιώσης πίεσης διεραστικού μίγματος σε ρούμετρο τύπου "orifice".

a) Περιοχή Ροής

Σε οριζόντια διεραστική ροή παρατηρούνται διάφοροι τρόποι ανάμιξης των δύο φάσεων που φέρονται συνήθως με το όνομα "περιοχές ροής" (flow regimes). Οι κυριωτέρες εξ αυτών είναι (Taitel and Dukler, 1976).

- Ροή με φυσαλίδες (bubble flow).
- Διαχωρισμένη ροή (stratified flow).
- Ροή με slugs (slug flow).
- Δικτυωτοειδής ροή (annular flow).

Για την πρόβλεψη των "περιοχών ροής" έχουν προταθεί διάφορα διαγράμματα και χάρτες τα οποία έχουν συγχωσθεί αλλού (Γερασίμου, 1984). Η μέθοδος και το σχετικό διάγραμμα των Taitel και Dukler (1976) είναι από τις πιο πρόσφατες και λαμβάνει υπόψη της τους ρυθμούς ροής των δύο φάσεων, τις φυσικές ιδιότητές τους, τη διάμετρο καθώς και την κλίση του αγωγού μεταφοράς. Στους μηχανισμούς της μετάβασης από την μία στην άλλη περιοχή ροής δίδεται θεωρητική εξήγηση, οι δε προβλέψεις συμφωνούν αρκετά καλά με πειραματικά δεδομένα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται στον αλγόριθμο χιλιαδόρα ζεύγη της περιοχής ροής διεραστικού μίγματος σε οριζόντιο αγωγό.

β) Πτώση πίεσης σε οριζόντιο αχωκό

Στην βιβλιογραφία (Δ. Γερασίμου, 1984) υπάρχουν πολλοί συσχετισμοί υπολογισμού της πτώσης πίεσης ανάλογα με την περιοχή ροής. Το μειονέκτημα όλων είναι ότι δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα για το σύστημα νερού-ατμού σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία για να ελεγχθεί η ακρίβειά τους. Επί πλέον τα όρια ισχύος τους ως προς τη διάμετρο του αγωγού και τη ροή μάζας της υγρής φάσης είναι διαφορετικά.

Στον προτεινόμενο αλχόριθμο χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω συσχετισμοί ανάλογα με την περιοχή ροής, την διάμετρο του αγωγού και την ανηφυγμένη ροή της υγρής φάσης.

1. Ροή με slugs

- α. Baker (Reid et al, 1957)
- β. Dukler (Dukler et al, 1964)
- γ. Chisholm (1967)

2. Διακυλιοειδής ροή

- Chisholm (1967)
- Spedding & Chen (1980).

Η αναζήτηση της περιοχής ροής μόνον μεταξύ διακυλιοειδούς ροής και ροής με slugs στην προτεινόμενη μέθοδο έγινε με βάση την παρατήρηση, ότι σε χειρότερες με οικονομικό ενδιαφέρον οι παροχές των δύο φάσεων και η διάμετρος των σωληνώσεων (4-8 ίν) τοποθετούνται ροή σε μία από τις δύο παραπάνω "περιοχές ροής". Επί πλέον τα πειραματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα για συγκριση των αποτελεσμάτων της μεθόδου είναι από διακυλιοειδή ροή.

γ) Πτώση πίεσης σε "orifice"

Τα ρούμετρα τύπου "orifice", χρησιμοποιούνται ευρέως για την μέτρηση της ροής μανοφεσικών ρευστών, είναι απλά όργανα και με την βοήθεια εμπειρικών συσχετισμών είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται και στην περιπτωση διαφασικού ρευστού. Οι συσχετισμοί αυτοί είναι ακριβείς για τις τιμές των παραμέτρων που έχουν ελεγχθεί. Επομένως η επιλογή του ακριβεστερου συσχετισμού είναι ιδιαίτερα σημαντική για την προτεινόμενη μέθοδο.

Η σχέση του James (1965-1966), εξισωση (1), η οποία χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία φαίνεται ότι είναι αρκετά ακριβής (Smith et al, 1977) για μία ευρεία περιοχή τιμών των σχετικών μεταβλητών και παραμέτρων (Πίνακας 1).

$$M = \frac{154.3 \frac{d_m^2}{\gamma} Y_{TP} F}{\sqrt{1-\beta^4}} \sqrt{\frac{\Delta P_{TP}}{x^{1.5} \left(\frac{1}{\rho_g} - \frac{1}{\rho_i} \right) + \frac{1}{\rho_i}}} \quad (1)$$

όπου: M = η παροχή του διαφασικού ρευστού (lbm/hr)

γ = ο παράγοντας διαστολής της αέριας φάσης

d_m = η διάμετρος του orifice (in)

x = το ποσοστό της αέριας φάσης (ποιότητα)

ΔP_{TP} = η πτώση πίεσης στο orifice (mmHg)

ρ_g, ρ_i = οι πυκνότητες κάθε φάσης (lbm/ft^3).

Ο συντελεστής F εξαρτάται από το υδροκό κατασκευής του οργάνου και την θερμοκρασία του ρευστού, υπολογίζεται δε από ειδικούς πίνακες. (M. Σαμολαδά, 1985).

Ο συντελεστής διαστολής Y υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (Baumeister, 1978).

$$\gamma = 1 - \frac{(0.41 + 0.31\beta^4)(1-r)}{\delta} \quad (2)$$

όπου: β = ο λόγος των διαμέτρων του orifice προς την διάμετρο του αγωγού
 r = ο λόγος της πίεσης εξόδου προς την πίεση του ρευστού στην είσοδο
 δ = ο λόγος c_p/c_v του ρευστού ($\delta=1.3$, για ροή ατμού-νερού).

Πίνακας 1 Εύρος τιμών των παραμέτρων για το οποίο ελέγχθηκε η εξ. (1).
 Ροή ατμού-νερού.

Εσωτερική διάμετρος αγωγού (in)	2.49	7.9
Λόγος διαμέτρων orifice, β	0.5	0.707
Πίεση (bar)	16.8	77.2
Ποιότητα (x)	0.06	0.95
Ανηγμένη ροή μάζας (kg/m ² /s)	676	2514

Άλλες εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης σε orifice, κατά την διέλευση ενός διφασικού ρευστού, με περιορισμένο εύρος τιμών των παραμέτρων έχουν προταθεί απ'τους Murdock (1962), Collins-Gacessa (1971) και Lin (1982). Οι συχετισμοί αυτοί όμως έχει διαπιστωθεί (Σαμοθανά, 1985) ότι είναι υποδεέστεροι της σχέσης του James (1965-66).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Τα αποτελέσματα υπολογισμών με τη νέα μέθοδο αξιολογήθηκαν με βάση πειραματικά δεδομένα των Murdock (1962) και James (1965-1966). Τα δεδομένα αυτά ήταν εδαφική, όσον αφορά την μέτρηση της πτώσης πίεσης στον οριζόντιο αγωγό. Επειδή το μέγεθος αυτού ήταν απαραίτητο για την λειτουργία του αλγορίθμου εκτιμήσης, θαμβάνοντας υπόψη τις πειραματικές μετρήσεις της παροχής και της ποιότητας του ρευστού, με την βοήθεια ενός αλγορίθμου (Δ. Γερασίμου, 1984). Στη συνέχεια, έχοντας τα απαραίτητα δεδομένα, ορίσθηκε ένα εύρος μεταβολής της συνοδικής παροχής του ρευστού αρκετά μεγάλο ώστε να καλυπτούνται όλες οι πιθανές περιπτώσεις. Τυπικά αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 2. Στον πίνακα αυτό φαίνεται, ότι χιλιάρια σε χιλιάρια της συγκλισης (±10%). Γι αυτό ορίζεται ως προσδιοριζόμενη με τη μέθοδο τιμή της παροχής και ποιότητας του ρευστού η αριθμητική μέση τιμή των αντιστοίχων επι μέρους μεγεθών. Από όλους τους μέχρι τώρα υπολογισμούς έχει βρεθεί ότι η απόκλιση των επι μέρους τιμών (προσεγγίσεων) από τη μέση τιμή δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη και δεν ξεπεργά το ±30%.

Η εκτίμηση της παροχής και της ποιότητας με την προτεινόμενη μέθοδο βρέθηκε σε αρκετά καλή συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Εν τούτοις σε ορισμένες περιπτώσεις η υπολογιζόμενη τιμή απέκλινε αρκετά από την πειραματική μέτρηση εξαιτίας του μεγάλου σφάλματος υπολογισμού της πτώσης πίεσης στο orifice. Η περιπτώση αυτή παρουσιάσθηκε στην 3η ομάδα των πειραματικών δεδομένων, του Πίνακα 3, κατά πάσα πιθανότητα εξαιτίας της αρκετά μεγάλης τιμής του β.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της προτεινόμενης μέθοδου με την μέθοδο του James (1970), με βάση τα πειραματικά δεδομένα του ίδιου (James, 1965), προέκυψε ότι (Πίνακας 3) η μέθοδος του James εκτιμά σε αρκετές περιπτώσεις την παροχή και την ποιότητα του ρευστού με σφάλμα κατά περίου 20% μεγαλύτερο εκείνου της νέας μέθοδου.

Η εφαρμογή της μεθόδου μέχρι τώρα έχει βασισθεί στην παραδοχή ότι οι διαφέσιμες στη βιβλιογραφία σχέσεις για τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης στον αγωγό δίνουν μία πολύ καθή εκτίμηση της πειραματικής μέτρησης και είναι δυνατόν να την υποκαταστήσουν. Οι σχέσεις αυτές γενικά έχουν ελεγχθεί για διφασική ροή κυρίως αέρα-νερού, λόγω έλλειψης άλλων κατάλληλων πειραματικών δεδομένων. Για την πλήρη αξιολόγηση της μεθόδου είναι απαραίτητο να ελεγχθεί η αξιοποστία των συσχετισμών αυτών για διφασική ροή ατμού-νερού. Επί πλέον χρειάζονται μετρήσεις σε γεωθερμικά πεδία υπό κατάλληλες συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baumeister Th. (editor), (1978), "Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers", McGraw Hill Book Co.
- Chisholm D., (1967), "A theoretical basis for the Lockhart-Martinelli correlation for two phase flow" *Int. J. Heat and Mass Transfer.*, 10, pp 1967.
- Collins D.B. and M. Gacessa, (1971), "Measurement of steam quality in two phase upflow with venturi meters and orifice plates" *J. of Basic Engineering*, March, pp 11-21.
- Dukler A.E. et al, (1964), "Frictional pressure drop in two-phase flow: A comparison of existing correlations for pressure loss and holdup" *AIChE J.* 10, No 1, pp 38.
- Dukler A.E. et al, (1964), "Frictional pressure drop in two phase flow: B, An approach through similarity analysis", *AIChE J.* 10, No 1, pp 45.
- Γερασίμου Δ., (1984), "Πρόβλημα χαρακτηριστικών ροής μιγμάτων ατμού-νερού σε οριζόντιο σωλήνα", Διπλωματική εργασία, Εργαστήριο Τεχνολογίας Χημικών Εγκαταστάσεων, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- James, R., (1965-1966), "Metering of steam-water two phase flow by sharp-edged orifices" *Proc. Inst. Mechanical Engineers* 180, (Part 1), (23), pp 549-572.
- James, R., (1970), "Factors Controlling Borehole Performance" *Geothermics*, Special Issue 2, pp 1502-1515.
- Lin Z.H., (1982), "Two phase flow measurements with sharp-edged orifices" *Int. J. Multiphase Flow*, 8, No 6, pp 683-693.
- Murdock J.W., (1962), "Two phase flow measurements with orifices" *J. of Basic Engineering*, December, pp 419-433.
- Reid, R.C. et al, (1957), "Two phase pressure drop in large diameter pipes" *AIChE J.* 3, No 3, pp 321-324.
- Σαμοδάσδη Μ., (1985), "Μέθοδος παροχής και ποιότητας διφασικού γεωθερμικού ρευστού σε οριζόντιο αγωγό", Διπλωματική εργασία, Εργαστήριο Τεχνολογίας Χημικών Εγκαταστάσεων, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Smith, L.T., et al, (1977), "An evaluation of existing two-phase flow correlations for use with ASME sharp edge metering orifices" *J. of Engng. Power*, 99(3), pp 343-347.
- Spedding, P.L. and J.J.J. Chen, (1980), "An on-line hold up or quality meter for two phase flow" *Int. J. Multiphase Flow*, 6, No 5, pp 491-494.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζονται ευχαριστίες για την οικονομική υποστήριξη της έρευνας προς την Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (EEC Contract No 3N3G-0040-GR), την Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, YBET και τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.

Πίνακας 2. Τυπικά αποτελέσματα μεθόδου

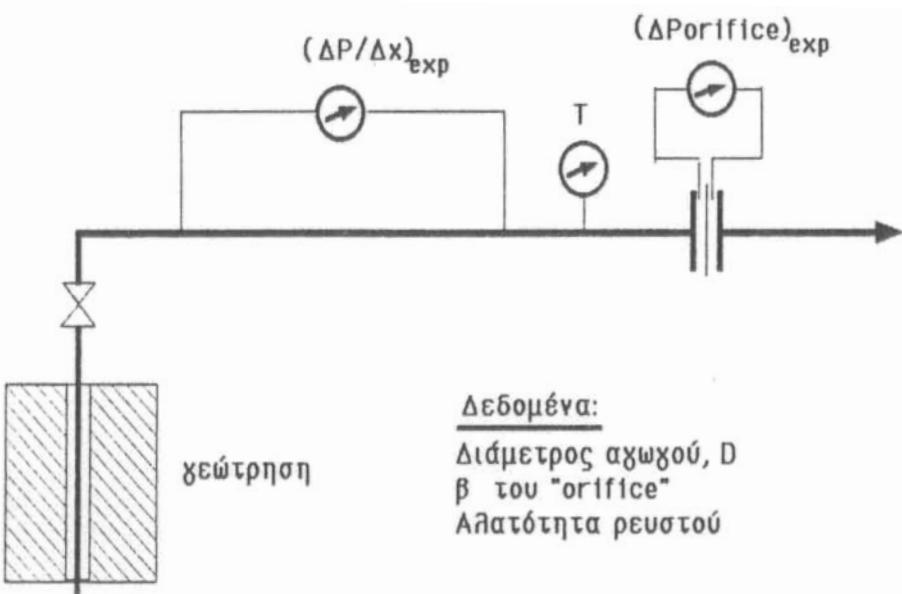
Περιοχή ροής	$\Delta P/\Delta x$ (psi/m)	Μάζα (Kg/h)	Ποιότητα	ΔP orifice (psi)
annular	0.1261	219984	0.16	10.74
annular	0.1263	220184	0.16	10.76
annular	0.1262	236182	0.16	10.54
annular	0.1263	236382	0.16	10.56
annular	0.1264	236582	0.16	10.58
annular	0.1266	236782	0.16	10.60
annular	0.1267	236982	0.16	10.62
annular	0.1269	237182	0.16	10.64
annular	0.1270	237382	0.16	10.66
annular	0.1271	237582	0.16	10.68
annular	0.1273	237782	0.16	10.70
annular	0.1274	237982	0.16	10.71
annular	0.1276	238182	0.16	10.73
annular	0.1277	238382	0.16	10.75
μέση τιμή(υποδοχή) πειραματική τιμή σφάλμα %	0.1268 0.1273 -0.4	234825 230909 1.7	0.16 0.17 -2.5	10.66 9.79 9.0

Πίνακας 3. Σύγκριση αποτελεσμάτων της μεθόδου με πειραματικά δεδομένα [Murdock(1962),James(1965)].

		$\Delta P/\Delta x$ (psi/m)		Μάζα (Kg/h)		Ποιότητα		ΔP orifice (psi)	
#	πείραμα	πρόβλεψη	πείραμα	πρόβλεψη	πείραμα	πρόβλεψη	πείραμα	πρόβλεψη	
$\beta=0.5 \quad D=2.49 \text{ in } (\text{Murdock, 1962})$									
1	0.075	0.075	4361	4170	0.90	0.88	18.40	18.13	
2	0.097	0.098	4572	4485	0.80	0.77	17.48	17.36	
3	0.097	0.099	4606	4507	0.81	0.78	18.27	18.14	
$\beta=.707 \quad D=7.9 \text{ in } (\text{James, 1965})$									
4	0.057	0.057	116818	104664	0.22	0.27	10.72	10.47	
5	0.056	0.056	99546	97310	0.26	0.28	10.54	10.23	
6	0.084	0.084	59090	62287	0.45	0.43	9.50	9.87	
$\beta=0.837 \quad D=7.9 \text{ in } (\text{James, 1965})$									
7	0.078	0.077	103454	116690	0.20	0.17	4.14	4.48	
8	0.107	0.107	149545	151362	0.19	0.19	7.60	7.91	
9	0.127	0.127	207727	198381	0.18	0.19	10.84	10.72	

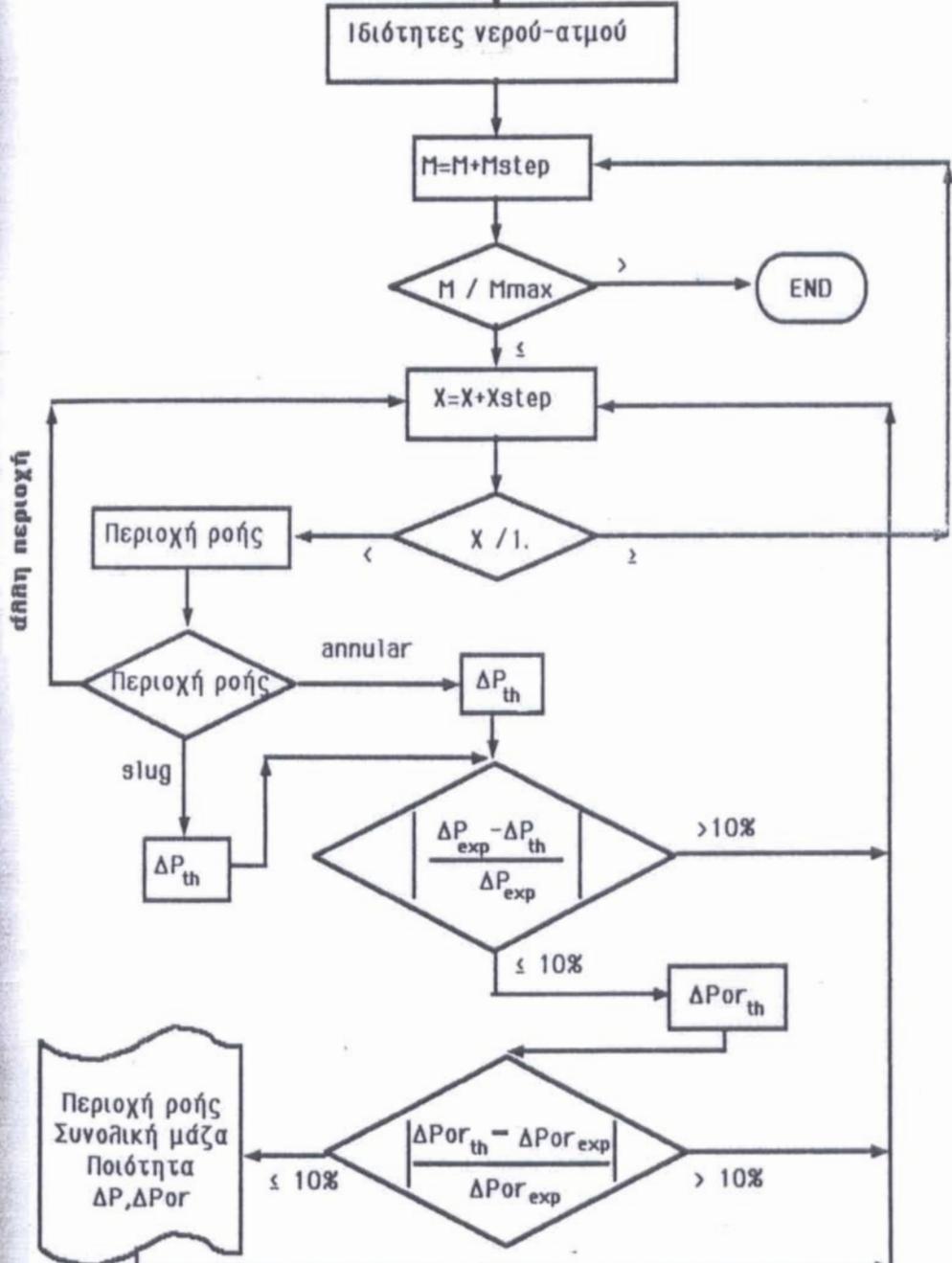
Πίνακας 4. Σύγκριση αποτελεσμάτων προτεινόμενης μεθόδου με μέθοδο James(1970).

Θερμοκρασία °F	ΔΡοσίστική psi	Παροχή (Kg/h)	Σεράλμα %	Πολόνηα James πρόβλεψη	Πολόνηα James πρόβλεψη	Σεράλμα %	Πρόβλεψη James πρόβλεψη
		πείραμα James	πρόβλεψη James	πείραμα James	πρόβλεψη James	πείραμα James	πρόβλεψη James πρόβλεψη
389	10.72	116818	126900	104664	-8.6	10.4	0.27
383	10.54	99545	95500	97309	4.1	2.2	0.25
376	10.27	85909	83000	91327	3.4	-6.3	0.32
367	9.95	70000	72800	62757	-4.0	10.3	0.37
361	9.50	59090	70200	62287	-18.8	-5.4	0.45
352	8.87	47409	70600	56735	-48.9	-19.7	0.55
346	8.39	38636	60600	48560	-56.8	-25.7	0.67
396	11.06	140000	131800	122091	5.9	12.8	0.17
393	10.90	125454	126500	108784	-0.8	13.3	0.20
332	4.14	103454	116200	116692	-14.3	-12.8	0.20
334	6.74	125227	124600	121544	0.5	2.9	0.20
343	7.60	149545	148700	151362	0.6	-1.2	0.19
357	9.27	180909	175700	178685	2.9	1.2	0.18
366	10.84	207727	200000	198381	3.7	4.5	0.18
377	9.78	230909	231000	234825	0.0	-1.7	0.17



Σχήμα 1. Προτεινόμενη διάταξη σε χεωθερμικό πεδίο

T,D,molality, β ,M,Mmin,Mmax,Mstep,Xstep, ΔP_{exp} , $\Delta P_{or exp}$



Σχήμα 2. Λογικό διάγραμμα πρόβλεψης παροχής και ποιότητας διέφασικού μίγματος γεωθερμικού ρευστού