

Fluid Mechanics Laboratory  
Mechanical Engineering and Aeronautics Dept.  
University of Patras, Greece  
margaris@mech.upatras.gr

## Σπουδαστική Εργασία 2020

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΔΙΦΑΣΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

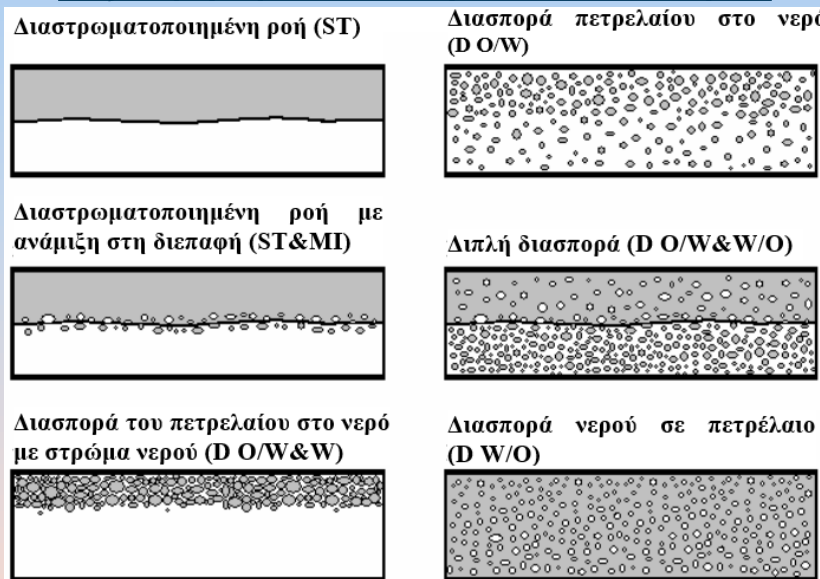
### ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΓΩΓΟ

### ΚΥΡΑΤΖΗΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

#### Περίληψη

Η διφασική ροή νερού–πετρελαίου σε αγωγούς είναι συνηθισμένο φαινόμενο στην πετρελαϊκή βιομηχανία. Η έρευνα πάνω στη ροή υγρού–υγρού είναι πιο περιορισμένη από την αντίστοιχη έρευνα στις διφασικές ροές υγρού–αερίου. Η παρούσα εργασία κάνει βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα χαρακτηριστικά μοτίβα ροής εντός αγωγού. Αναλύεται η ταξινόμηση των ροών πετρελαίου–νερού, οι τρόποι ανίχνευσης των μοτίβων ροής και οι επιδράσεις που δέχονται τα μοτίβα ροής από το ιξώδες, την πυκνότητα, την επιφανειακή τάση, τις ιδιότητες υδροποίησης των υγρών, τις επιφανειακές ταχύτητες και τον σχεδιασμό της εισόδου στην αρχή του τμήματος δοκιμής. Γίνεται αναφορά σε μελέτες μοντελοποίησης και στη μετάβαση στη διασκορπισμένη ροή. Έπειτα εμβαθύνουμε στη μοντελοποίηση της ροής πετρελαίου–νερού, στα μοτίβα ροής και τα στοιχεία που τα επηρεάζουν, και στα είδη αγωγών που μεταφέρουν το πετρέλαιο και το νερό. Υπάρχει διφασική ροή σε κεκλιμένο αγωγό, και σε οριζόντιο και κάθετο αγωγό, που έχουν μελετηθεί εκτενέστερα. Επίσης δίνονται οι εξισώσεις που διέπουν τη διφασική ροή νερού–πετρελαίου, και οι σχέσεις του μοντέλου διαχωρισμένης ροής νερού–πετρελαίου. Τέλος παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιείται για τη μελέτη της διφασικής ροής νερού–πετρελαίου και το υπολογιστικό πρόγραμμα ANSYS FLUENT που βοηθά στην επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων.

#### Ταξινόμηση Ροών Πετρελαίου και Νερού



#### Μέθοδοι Ανίχνευσης Μοτίβων Ροής

- Οπτικές παρατηρήσεις μέσω διαφανών σωλήνων με χρήση φωτογραφικής μηχανής, βιντεοκάμερας και κάμερας υψηλής ταχύτητας. Υποκειμενική μέθοδος με παρατηρήσεις που εκτίθενται σε διαθλάσεις του φωτός.
- Χρήση ανιχνευτών αγωγιμότητας και ανιχνευτών σύνθετης αντίστασης υψηλής συχνότητας. Βοηθούν στην ακριβέστερη και αντικειμενικότερη διάκριση των τύπων ροής.
- Πυκνομετρία ακτίνων γάμμα. Εισήχθη πρόσφατα για τη μέτρηση ροής πετρελαίου–νερού.

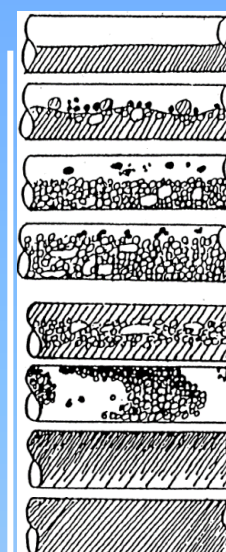
#### Επίδραση Διαφόρων Παραμέτρων στα Πρότυπα Ροής για τις Ροές Πετρελαίου–Νερού

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ιξώδες                         | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ μικρή ή καθόλου επίδραση</li><li>➤ η αύξηση ιξώδους μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα:<ul style="list-style-type: none"><li>1) αύξηση αστάθειας στη διεπιφάνεια των στρωμάτων</li><li>2) διάχυση της ενέργειας που προκαλεί αστάθεια</li></ul></li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Πυκνότητα                      | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ δύο υγρά με υψηλή διαφορά πυκνότητας που ρέουν σε αγωγό, στρωματοποιούνται</li><li>➤ Η αύξησή της μειώνει:<ul style="list-style-type: none"><li>➤ ασταθή ανάπτυξη βραχέων κυμάτων στη διεπαφή</li><li>➤ παραγωγή σταγονιδίων</li></ul></li><li>➤ Μεγαλύτερα δημιουργούμενα σταγονίδια:<ul style="list-style-type: none"><li>1) δυσκολότερο να διατηρηθούν διασκορπισμένα</li><li>2) δυσκολότερη διάσπασή τους</li></ul></li></ul>                                                                                                                                                            |
| Επιφανειακή τάση               | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ διάφορες συσκευές εισόδου (στατικοί αναμικτήρες, διαμορφώσεις ακροφυσίων) επηρεάζουν τον ρυθμό ροής και την κλίση πίεσης</li><li>➤ σημαντική επίδραση στο σχέδιο ροής, καθώς το υγρό με υψηλότερες ιδιότητες διαβροχής μπορεί να εξαπλωθεί γύρω από την επιφάνεια του σωλήνα</li><li>➤ όταν είναι χαμηλές, η ροή κυριαρχεί στη βαρύτητα και οι φάσεις είναι διαχωρισμένες. Με αύξηση ρυθμών ροής εμφανίζονται διεπιφανειακά κύματα. Βαρυτικές δυνάμεις και δυνάμεις διασποράς στα σταγονίδια, τα διασπείρουν σε όλη την διατομή του σωλήνα, χωρίς να ξεπερνιέται η τάση καθίζησης.</li></ul> |
| Σχεδιασμός εισόδου             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ιδιότητες διαβροχής του σωλήνα |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Επιφανειακές ταχύτητες         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

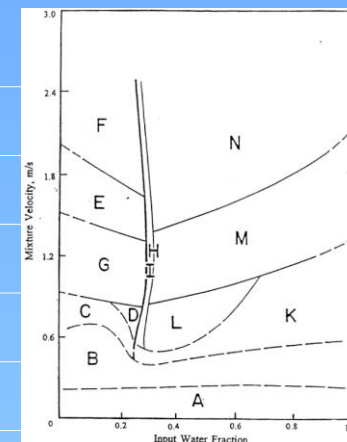
#### Μελέτες Μοντελοποίησης Μεταβάσεων του Μοτίβου Ροής Πετρελαίου–Νερού

- Βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται:
- ανάλυση γραμμικής σταθερότητας για διαστρωματωμένη-μη διαστρωματωμένη μετάβαση
  - μηχανισμός τυρβώδους διασποράς για μετάβαση σε διασκορπισμένη ροή

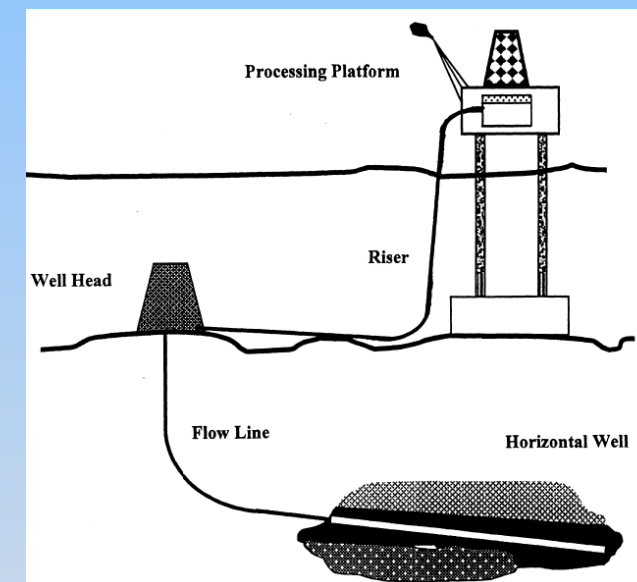
#### Μοντελοποίηση Ροής Πετρελαίου–Νερού σε Αγωγό



- στρωματοποιημένη ροή (A)
- ημι-διαχωρισμένη ροή (B)
- ημι-αναμεμιγμένη ροή (C, K)
- μικτή ροή (D και L)
- δακτυλιοειδής ροή (G)
- σφηνοειδής ροή (H, I)
- ημι-διασκορπισμένη ροή (E, M)
- ομοιογενής ροή (F, N)



Μοτίβο ροής για διφασική ροή πετρελαίου και νερού



Υποθαλάσσια μονάδα εξόρυξης πετρελαίου

#### Μέθοδοι Φυσικής Οριοθέτησης Ροών 2 Φάσεων

- 1) Ομογενή μοντέλα
- 2) Ανάλυση διαστάσεων και ομοιότητα
- 3) Διαχωρισμένα Μοντέλα
  - Καθολική Προσέγγιση
  - Μέθοδος εξαρτώμενη από το μοντέλο ροής