



# Αξιολόγηση Αυτοματοποιημένων Μεθοδολογιών Ρύθμισης Καταστατικών Εξισώσεων για Πετρελαϊκά Ρευστά



Ε.Μ. Κανακάκη<sup>1,2</sup>, Ε. Κόφφα<sup>1</sup>, Β. Γαγάνης<sup>1,3</sup>

(1) Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα (2) Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά (3) Ινστιτούτο Πετρελαϊκής Έρευνας, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Χανιά

## Εισαγωγή

Οι κυβικές καταστατικές εξισώσεις (K/E) χρησιμοποιούνται στη προσομοίωση ταμειυτήρων πετρελαίου και φυσικού αερίου.

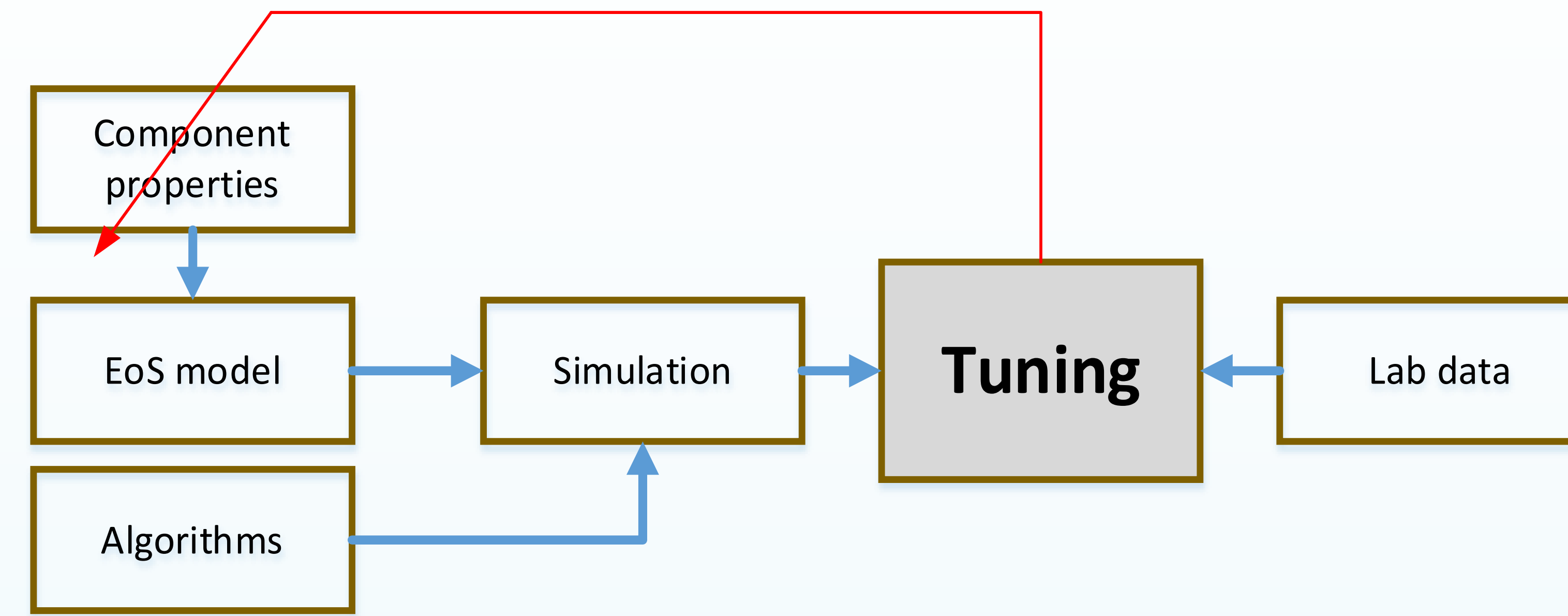
Η ακρίβεια των εκτιμήσεών τους είναι αμφισβητήσιμη αν δεν έχει προηγηθεί ρύθμιση των παραμέτρων τους ως προς πειραματικά δεδομένα.

Έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες αυτόματης ρύθμισης, με πιο γνωστές αυτές των Coats & Smart, της Pedersen και του Whitson.

Σε αυτή την εργασία εξετάστηκαν οι παραπάνω αυτοματοποιημένες μεθοδολογίες ρύθμισης K/E για ένα σύνολο ρευστών ταμειυτήρων ποικίλης πτητικότητας και συγκέντρωσης σε ετεροσυστατικά.

Στόχος είναι ο εντοπισμός της πιο αποδοτικής μεθοδολογίας.

## Μεθοδολογία



Το παραπάνω διάγραμμα ροής παρουσιάζει τη διαδικασία ρύθμισης ενός μοντέλου K/E.

Αρχικά, τα πειραματικά δεδομένα και η σύσταση του ρευστού πρέπει να ελεγχθούν και εάν διαπιστωθεί ότι είναι αξιόπιστα, η προσαρμογή των παραμέτρων των απροσδιόριστων συστατικών είναι απαραίτητη.

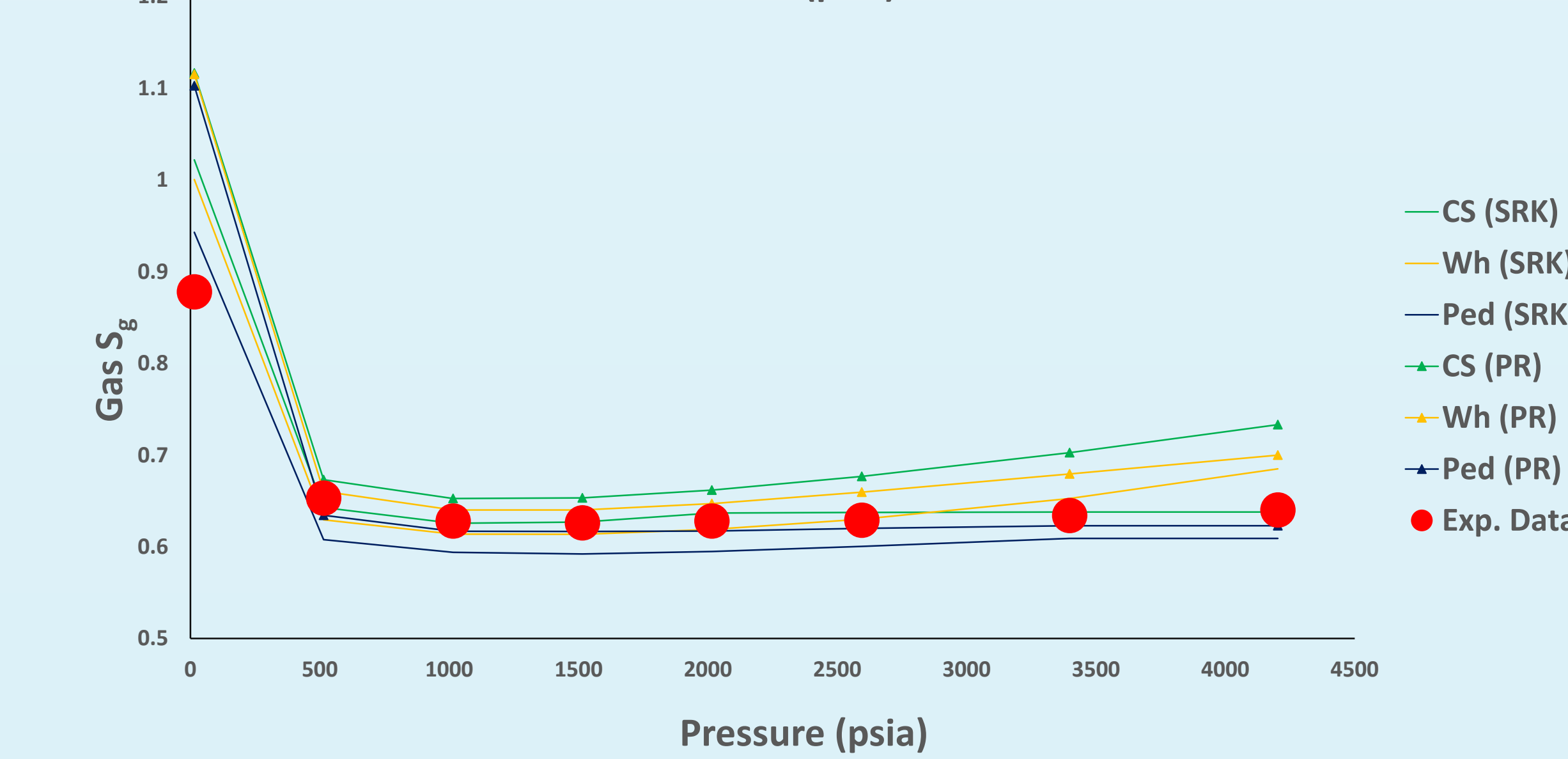
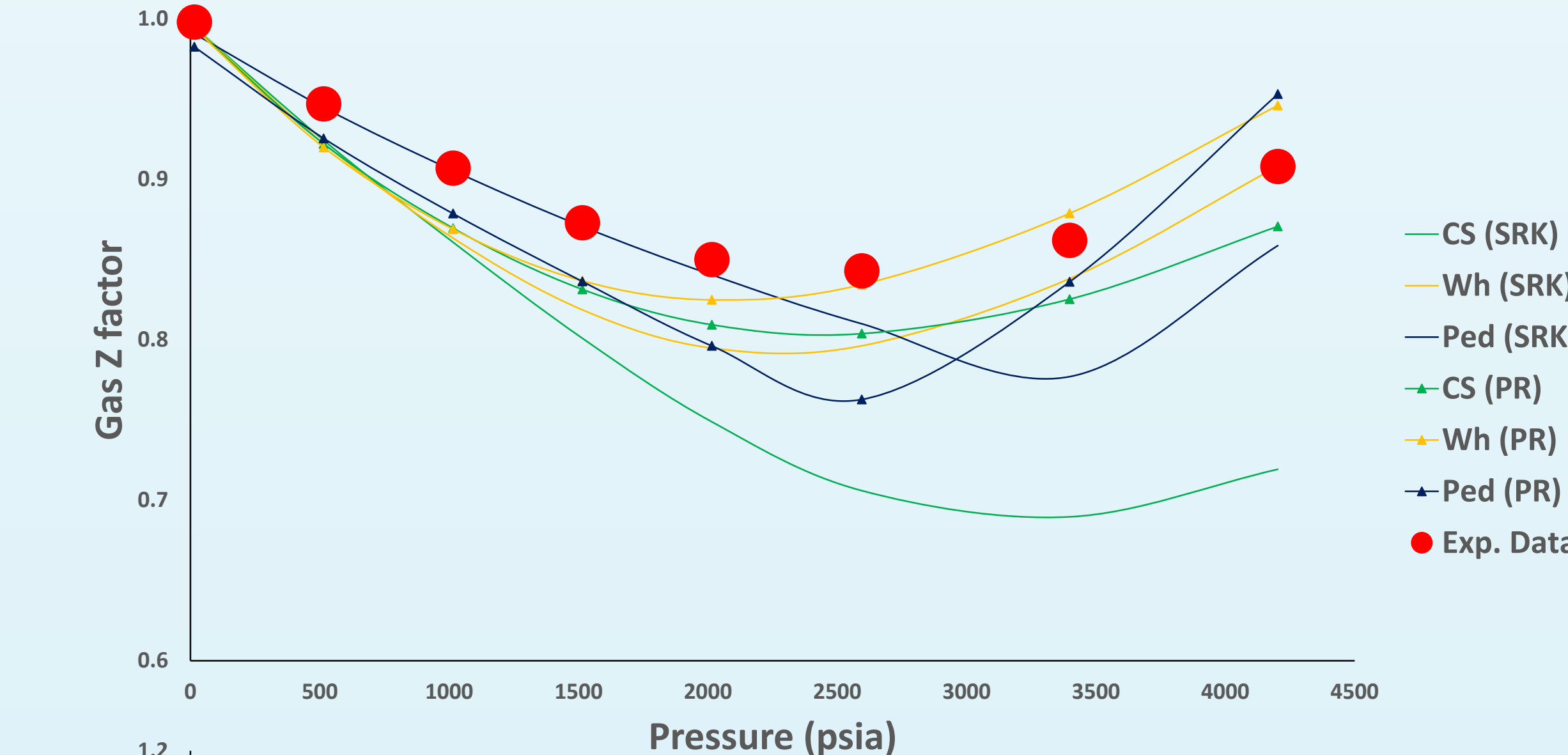
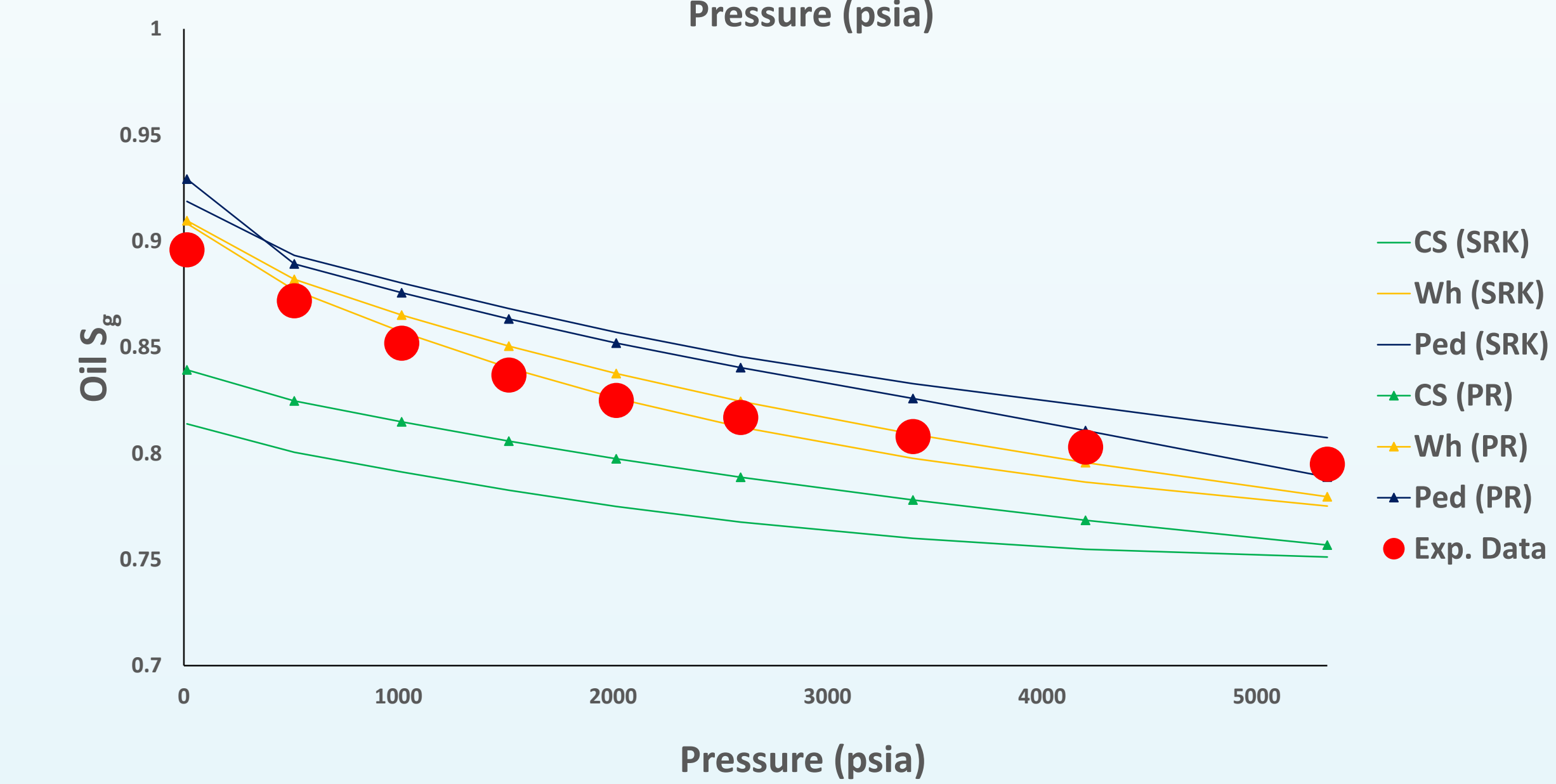
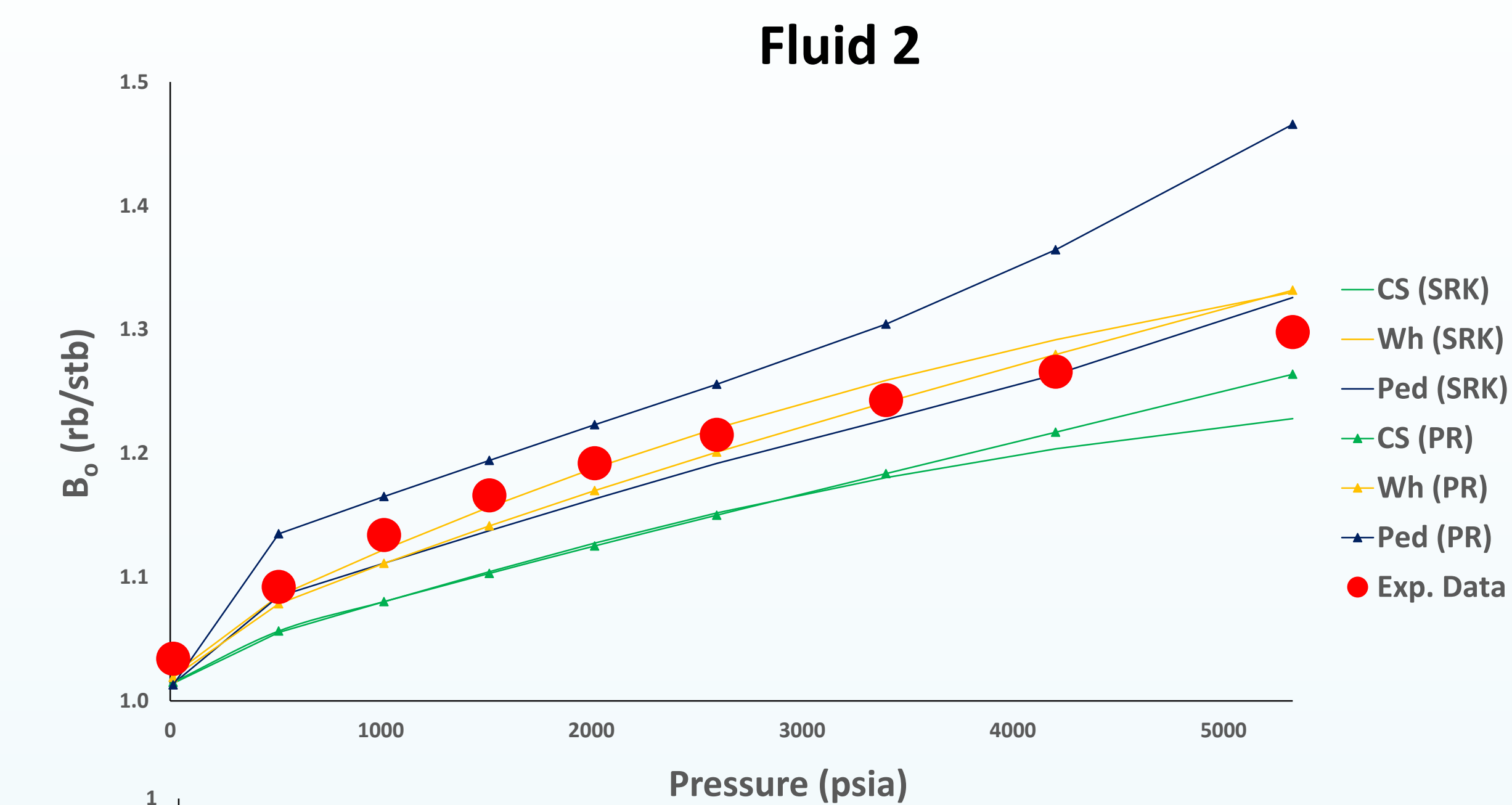
Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την προσομοίωση των PVT μελετών με τη χρήση: ενός μοντέλου K/E, ενός αλγορίθμου εκτόνωσης και ενός αλγορίθμου θερμοδυναμικής σταθερότητας φάσεων.

Τα εργαστηριακά δεδομένα πρέπει να συγκριθούν με τις προβλέψεις των μοντέλων K/E και μετά πραγματοποιείται ρύθμιση των παραμέτρων των ομαδοποιημένων συστατικών έτσι ώστε να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης.

### Μεθοδολογίες Αυτοματοποιημένης Ρύθμισης που αξιολογήθηκαν

Method	Year	Volume shift	Binary Interaction Coefficients ( $k_{ij}$ )	Tuning Parameters
<b>Coats &amp; Smart</b>	1986	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katz's <math>k_{ij}</math> for <math>\text{CH}_4</math>/lumped</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\Omega_a, \Omega_b</math> of <math>\text{CH}_4</math></li> <li><math>\Omega_a, \Omega_b</math> of lumped</li> <li><math>k_{ij}</math> for <math>\text{CH}_4</math>/lumped</li> </ul>
<b>Pedersen</b>	1989	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pedersen's <math>k_{ij}</math> for HC/non HC</li> <li>Zero <math>k_{ij}</math> for HC/HC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>P_c, T_c, V_c, \omega, MW</math> of lumped</li> </ul>
<b>Whitson</b>	2000	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>Whitson's <math>k_{ij}</math> for HC/non HC</li> <li>Zero <math>k_{ij}</math> for HC/HC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>P_c, T_c</math> of lumped</li> <li><math>k_{ij}</math> for <math>\text{CH}_4</math>/lumped</li> </ul>

## Αποτελέσματα



### Μίγματα καθαρών υδρογονανθράκων

- Προσέγγιση των **Coats & Smart** : Πάσχει σοβαρά σε προβλέψεις αμιγούς πυκνότητας ( $S_g$  and API)
- Προσεγγίσεις της **Pedersen** ή του **Whitson** : τα ρυθμισμένα SRK μοντέλα δίνουν κατά τι καλύτερες προβλέψεις από τα ρυθμισμένα μοντέλα PR
- Η προσέγγιση του **Whitson** έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από της **Pedersen** σχετικά με:  $\rho, B_o$  and  $R_s$
- Όλες οι προσεγγίσεις δίνουν εξαιρετικές προβλέψεις για το  $P_{sat}$

### Μίγματα υδρογονανθράκων με ανόργανες ενώσεις

- Γενικά, η προσέγγιση του **Whitson** έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από της **Pedersen**
- Η προσέγγιση των **Coats & Smart** : Πάσχει σοβαρά
- Η προσέγγιση της **Pedersen**: Αδυνατεί να δώσει ικανοποιητικές προβλέψεις για το  $P_{sat}$  σε ρευστά με υψηλή  $[\text{H}_2\text{S}]$ .

## Πειραματικά δεδομένα

Σύσταση και PVT ιδιότητες των ρευστών που χρησιμοποιήθηκαν.

	$[\text{C}_{7+}]$	$[\text{H}_2\text{S}]$	$[\text{CO}_2]$	$P_b$	$B_o@P_b$	$R_s@P_b$
<b>Fluid 1</b>	0.55	0.00	0.00	2502	1.12	264
<b>Fluid 2</b>	0.36	0.00	0.00	5329	1.30	711
<b>Fluid 3</b>	0.30	0.00	0.01	2761	1.87	1230
<b>Fluid 4</b>	0.17	0.00	0.01	4475	2.34	3380
<b>Fluid 5</b>	0.21	0.10	0.01	3563	2.82	2660
<b>Fluid 6</b>	0.29	0.19	0.03	2536	1.95	1390
<b>Fluid 7</b>	0.57	0.00	0.20	1575	1.34	396

## Βιβλιογραφία

- Coats, K.H. and Smart, G.T.: "Application of a Regression-Based EOS PVT Program to Laboratory Data", SPERE (May 1986) 277-299
- Pedersen K.S. and Christensen, P.L., Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids. Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, 2007.
- Whitson, C.H. and Brule, M.R., Phase Behavior, Monograph Vol. 20 SPE HENRY L. DOHERTY SERIES, Richardson, Texas, 2000.