ศักยภาพปิโตรเลียมของพื้นที่ทับซ้อนไทย-เวียดนาม

นายอัฆพรรค์ วรรณโกมล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเลียม ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-140-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19709874

PETROLEUM POTENTIAL OF THE THAI-VIETNAM OVERLAPPING AREA

Mr.Akkhapun Wannakomol

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Petroleum Engineering

Department of Mining and Petroleum Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-140-8

Thesis Title	PETROLEUM POTENTIAL OF THE THAI-VIETNAM OVERLAPPING AREA
By	Mr. Akkhapun Wannakomol
Department	Mining and Petroleum Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Sarithdej Pathanasethpong

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

..... Dean of Graduate School

(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee

..... Chairman

(Assistant Professor Yingyos Khemayodhin)

..... Thesis Advisor

(Associate Professor Sarithdej Pathanasethpong)

..... Member

(Assistant Professor Supongse Nimkulrat, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อัฉพรรค์ วรรณโกมล : ศักยภาพปิโตรเลียมของพื้นที่ทับซ้อนไทย-เวียดนาม (PETROLEUM POTENTIAL OF THE THAI-VIETNAM OVERLAPING AREA) อ.ที่ปรึกษา : รศ.สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์ ; 195 หน้า. ISBN 974-331-140-8

การศึกษามีวัตถุประสงค์หลักสองประการคือ การประเมินศักยภาพของปิโตรเลียมในพื้นที่ทับซ้อนไทย-เวียดนามและประเมินค่าทางเศรษฐศาตร์ของทรัพยากร พื้นที่ทับซ้อนไทย-เวียดนามอยู่ทางตอนใต้ของแอ่งปัตตานีและอยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของแอ่งมาเลย์ในอ่าวไทย ระหว่างละติจูดที่ 7 องศา 35 ลิปดา เหนือ ถึง 8 องศา 5 ลิปดา เหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 101 องศา 55 ลิปดา ตะวันออก ถึง 103 องศา 20 ลิปดา ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 8,470 ตารางกิโลเมตร พื้นที่นี้ถูกเลือกเพื่อทำการศึกษาพัฒนาการทางธรณีวิทยาและเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพทางเศรษฐศาสตรปิโตรเลียมที่สำคัญของชั้นหินยุคเทอเชียรีที่สำคัญในอ่าวไทย ข้อมูลทางธรณีเคมีได้ถูกนำมาใช้สร้างแผนที่การแผ่กระจายตัวของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมครอบคลุมพื้นที่นี้และพบว่าหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมนี้มีปริมาณและคุณภาพพอเหมาะในการกำเนิดสารไฮโดรคาร์บอน ทรัพยากรปิโตรเลียมที่ยังไม่ถูกค้นพบนี้จะถูกคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ FASPU ในการวิเคราะห์ในปริมาณแหล่งกักเก็บ ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินนี้นำมาจากพื้นที่ข้างเคียงและทำการเทียบเคียงเข้ามาใช้ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ผลจากการวิเคราะห์พบว่ามีโอกาสความเป็นไปได้ 75 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบแหล่งก๊าซธรรมชาติขนาด 36.6959 พันล้านลูกบาศก์ฟุต จำนวน 1 แหล่ง มีโอกาสความเป็นไปได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบแหล่งก๊าซธรรมชาติขนาด 65.606 พันล้านลูกบาศก์ฟุต จำนวน 1 แหล่ง มีโอกาสความเป็นไปได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบแหล่งก๊าซธรรมชาติขนาด 117.409 พันล้านลูกบาศก์ฟุต จากจำนวนแหล่งก๊าซธรรมชาติ 3 แหล่งรวมกันและมีโอกาสความเป็นไปได้ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบแหล่งก๊าซธรรมชาติขนาด 2701.256 พันล้านลูกบาศก์ฟุต จากจำนวนแหล่งก๊าซธรรมชาติ 6 แหล่งรวมกัน มีโอกาสน้อยมากที่จะพบแหล่งน้ำมันในบริเวณพื้นที่ทับซ้อนนี้ คือมีโอกาสความเป็นไปได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบแหล่งน้ำมันขนาด 118.052 ล้านบาเรล จากแหล่งน้ำมันจำนวน 1 แหล่ง และมีโอกาสความเป็นไปได้ 5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่จะพบแหล่งน้ำมันขนาด 272.511 ล้านบาเรล จากแหล่งน้ำมันจำนวน 2 แหล่งรวมกัน ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงว่าทรัพยากรปิโตรเลียมที่ยังไม่ถูกค้นพบนี้มีศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์เพียงพอที่จะทำการพัฒนาต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมปิโตรเลียม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##C817820 : MAJOR PETROLEUM ENGINEERING
KEY WORD: UNDISCOVERED PETROLEUM RECOURCES/ PETROLEUM ECONOMICS/ THE THAI-VIETNAM OVERLAPPING AREA
AKKHAPUN WANNAKOMOL : PETROLEUM POTENTIAL OF THE THAI-VIETNAM OVERLAPPING AREA.
THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.SARITHDEJ PHATTANASETHPONG, 295 pp.
ISBN 974-331-140-8

Two main purposes of this investigations are : to assess the potential of petroleum resources in the Thai-Vietnam overlapping area, and to evaluate economics of the resources. The Thai-Vietnam overlapping area encompasses southern part of the Pattani Basin and northwestern part of the Malay Basin in the Gulf of Thailand between latitudes 7°35' N, and 8° 05' N and longitudes 101°55'E and 103°20'E, and covers 8,470 km^2. The area is chosen for study in order to enhance knowledge of geological evolution and hydrocarbon potential of economically important Tertiary strata in the Gulf of Thailand. Using geochemical analyses, source rock potential maps are generated extend and cover the frontier area. It is found that these source rocks are matured, and have adequate both quantity and quality to generate hydrocarbon. Undiscovered petroleum resource is performed using FASPU program for play analysis. Data used in the assessment were derived from its adjacent areas. Results indicate that there is a 75 percent chance of at least to discover 1 gas field with its size of 36.659 BCF, there is a 50 percent chance of at least to discover 1 gas field with its size of 65.606 BCF, there is a 25 percent chance of at least to discover 3 gas fields with their size of 117.409 BCF, and there is an only 5 percent chance of at least to discover 6 gas fields with their size of 271.256 BCF respectively. There is a little chance to discover an oil field in this area as there is a 25 percent chance of at least to discover 1 oil field with its size of 118.052 MMBBL, and there is an only 5 percent chance of at least to discover 2 oil fields with their size of 272.551 MMBBL respectively. As result of economic analysis, the petroleum resource of the Thai-Vietnam overlapping area has sufficient economics potential for further development.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมปิโตรเลียม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Karkay Pattanasethpong

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ACKONWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere appreciation and gratitude to Assoc.Prof.Sarithdej Phattanasethpong, my thesis advisor, for his valuable advice.

Thank is extend to Mr.Nares Sattayarak, Head of Petroleum Assessment and Development Section, Mineral Fuels Division, Department of Mineral Resources, for his advice and permission for the use of data used in this study.

I wish to thank the thesis committee members for their comments and to my parents who give me their encouragement.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

		PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....		vi
ABSTRACT (IN ENGLISH).....		v
ACKONOWLEDGEMENT.....		vi
CONTENTS.....		vii
LIST OF TABLES.....		x
LIST OF FIGURES.....		xiii
CHAPTER		
1	INTRODUCTION.....	1
	1.1 General overview.....	1
	1.2 Location of the study area.....	4
	1.3 Data sources.....	4
	1.4 Exploration history in the Gulf of Thai land and the adjacent areas.....	11
	1.5 Purpose of study.....	11
2	LITERATURE REVIEWS	
	2.1 Introduction.....	13
	2.2 Regional geology.....	14
	2.3 Petroleum geology of the Gulf of the Thai-Vietnam overlapping area.	26
	2.4 Petroleum geochemistry.....	32
	2.5 Discussion.....	43

CONTENTS (Continued)

CHAPTER

3 METHODS OF STUDY AND TECHNICAL CONSIDERATION

3.1 Introduction..... 44

3.2 Methods of stratigraphic correlation and sedimentological study..... 44

3.3 Methods of petroleum geochemical considerations..... 45

3.4 Methods of petroleum resources assessment..... 46

3.5 Conceptual development plan..... 63

4 TERTIARY STRATA DISTRIBUTION AND ITS SOURCE ROCK POTENTIAL

4.1 Introduction 69

4.2 Distribution of Tertiary strata..... 70

4.3 The distribution of Total Organic Carbon (TOC) and Quality Organic Matter (QOM) 71

4.4 Discussion of the relationship between organic abundance, age and TOC content..... 88

4.5 Conclusion..... 93

5 UNDISCOVERED RESOURCES ASSESSMENT IN THE THAI-VIETNAM OVERLAPPING AREA

5.1 Introduction..... 95

5.2 The consideration for defining the variables and geologic attributes for the Thai-Vietnam overlapping area..... 95

CONTENTS (Continued)

CHAPTER

5.3 Petroleum reservoir engineering variables..... 108

5.4 Petroleum potential of the Thai-Vietnam overlapping area..... 114

5.5 Conclusion and discussion..... 117

6 PERLEUM ECONOMICS

6.1 Economics evaluation..... 141

6.2 Costs..... 146

6.3 Cash flow analyses..... 148

6.4 Sensitivity analyses..... 242

6.5 Expected value analyses..... 245

6.6 Conclusion and discussion..... 252

7 CONCLUSION..... 254

REFERENCES..... 260

APPENDIX A THE BASIC STEPS OF THE ANALYTIC METHOD OF PLAY ANANLYSIS PROCESSED IN FASPU PROGRAM.. 267

APPENDIX B THAILAND III FISCAL REGIME..... 271

APPENDIX C CASH FLOW TABLE DESCRIPTION..... 288

VITAE..... 293

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
Table 1.1	Location of the Thai-Vietnam overlapping area.....	5
Table 2.1	Stratigraphy of Cenozoic basins in the Gulf of Thailand.	23
Table 2.2	Results of Total Organic Carbon (TOC, percent) and Extractable Organic Matter (EOM, ppm) analyses of 17-B-1 well.....	41
Table 2.3	Results of Vitrinite Reflectance (Ro) analyses of 17-B-1 well.....	41
Table 2.4	Petroleum maturation interpretation chart.....	42
Table 4.1	Stratigraphic unit depth (km) of the Tertiary strata in the Pattani Through and the north Malay Basin.	72
Table 4.2	Total Organic Carbon (TOC, percent) content summary.....	74
Table 4.3	Quantity of Organic Matter (QOM) content summary.....	75
Table 5.1	Well name and location of wells used in the study.....	96
Table 5.2	Play attributes probability and geologic attributes of the Thai-Vietnam overlapping area.	99
Table 5.3	Total Organic Carbon (TOC, percent) and Extractable Organic Matter (EOM, ppm.) of 17-B-1 well, JDA.	101
Table 5.4	Vitrinite Reflectance analyses of 17-B-1 well, JDA.....	102
Table 5.5	Statistics of area of clouser (1000 acre) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area.....	103
Table 5.6	Statistics of reservoir thickness (ft) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area.....	103
Table 5.7	Statistics of porosity (percent) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area..	106

Table 5.8 Statistics of the hydrocarbon saturation (percent) of adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area. 108

Table 5.9 Petroleum reservoir engineering variables summary..... 123

Table 5.10 Reservoir fluid properties summary..... 137

Table 6.1 Petroleum production planning for the Thai-Vietnam overlapping area...142

Table 6.2-Table 6.133 Production Planning , Exploration Planning and Cash flow analyses of the Thai-Vietnam overlapping area..... 152

Table 6.134 Net Income of the Concessionaire (MMUS$)..... 148

Table 6.135 Internal Rate of Return (IRR) of the project at various gas prices and accumulation sizes. 240

Table 6.136 Government Takes (Royalty and Income Tax ; MMUS$)..... 242

Table 6.137 Reserve size (BCF) and Investment Cost (MMUS$) considered at gas price equals 2.7 US$/MMBTU..... 241

Table 6.138 Gas price (US$/MMBTU) and Profit/Investment Ratio (PIR)..... 245

Table 6.139 Expected Net Income of concessionaire under risked discount rate.. 246

Table 6.140 Expected Net Income of the concessionaire (MMUS$) at NPV 10, 12.5, 15, 17.5, and 20 percent of reserve size 270 BCF..... 247

Table 6.141 Expected Net Income of the concessionaire (MMUS$) at NPV 10, 12.5, 15, 17.5, and 20 percent of reserve size 117 BCF..... 248

Table 6.142 Expected Net Income of the concessionaire (MMUS$) at NPV 10, 12.5, 15, 17.5, and 20 percent of reserve size 65 BCF..... 248

Table 6.143 Expected Net Income of the concessionaire (MMUS$) at NPV 10, 12.5, 15, 17.5, and 20 percent of reserve size 36.5 BCF..... 249

Table 6.144 Expected Net Income of the concessionaire (MMUS$) under risked gas price (US$) using risked discount rate..... 250

Table 6.145 Investment Cost (MMUS$) consider at gas price equals 2.7 US$/MMBTU..... 252

Table 6.146 Risked Investment Cost (MMUS$) consider at gas price equals 2.7 US$/MMBTU..... 252

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

Figure 1.1 Thailand concession map..... 3

Figure 1.2 The location of the Thai - Vietnam overlapping area 6

Figure 1.3 Location of wells used in this study..... 10

Figure 2.1 Significant Tertiary basins in Thailand. 15

Figure 2.2 Regional tectonic setting of the Gulf of Thailand. 16

Figure 2.3 Thai basins; basement structure..... 17

Figure 2.4 Malay basins, basement structure..... 18

Figure 2.5 Structural map of the Gulf of Thailand, showing relationship between conjucate strike-slip faults and the developement of M-S trending pull-apart basins. 19

Figure 2.6 Simplified non-marine Tertiary Exploration Plays of the Gulf of Thailand 29

Figure 2.7 Cross plot of total organic ccarbon(%) and source rock pyrolysis hydrocarbon yields (mgHC/gRock) for Pattani sequences II and III... 34

Figure 2.8 Cross plot of carbon isotope ratios (0/00) and pristane/phytane ratios of Pattani basin hydrocarbons. 34

Figure 2.9 Seismic facies interpretation of Unit I in the southern Pattani Basin... 36

Figure 2.10 Heat flow map of the Gulf of Thailand. 38

Figure 2.11 Simplified map showing gas fields, mixed gas and oil fields, and oil discoveries, in the Pattani Basin. 39

Figure 3.1 Oil and Gas appraisal data form. 52

Figure 3.2 Trap geometry multiplier. 59

Figure 3.3 Flowchart of analytic method of play analysis. 64

Figure 3.4 Conceptual exploration play type (Faulted Sandstone), reservoir size and closure area limitation. 65

Figure 3.5 Conceptual platform plan and its location. 66

Figure 3.6 Conceptual development well location. 67

Figure 4.1 Location of wells used in this study. 71

Figure 4.2 Structural base map of the stratigraphic unit I of the Pattani Trough... 76

Figure 4.3 Structural base map of the stratigraphic unit II of the Pattani Trough... 77

Figure 4.4 Structural base map of the stratigraphic unit III of the Pattani Trough.. 78
Figure 4.5 Structural base map of the stratigraphic unit IV of the Pattani Trough...79
Figure 4.6 Generalized W-E cross section of the Pattani basin..... 80
Figure 4.7 Total Organic Carbon (TOC, percent) distribution map of stratigraphic unit I in the Pattani Through and adjacent areas..... 82
Figure 4.8 Quality of Organic Matter (QOM, mg HC/g rock) distribution map of stratigraphic unit I in the Pattani Through and adjacent areas. 83
Figure 4.9 Total Organic Carbon (TOC, percent) distribution map of stratigraphic unit II in the Pattani Through and adjacent areas..... 84
Figure 4.10 Quality of Organic Matter (QOM, mg HC/g rock) distribution map of stratigraphic unit II in the Pattani Through and adjacent areas..... 85
Figure 4.11 Total Organic Carbon (TOC, percent) distribution map of stratigraphic unit III in the Pattani Through and adjacent areas..... 86
Figure 4.12 Quality of Organic Matter (QOM, mg HC/g rock) distribution map of stratigraphic unit III in the Pattani Through and adjacent areas..... 87
Figure 4.13 Total Organic Carbon (TOC, percent) distribution map of stratigraphic unit IV in the Pattani Through and adjacent areas..... 89
Figure 4.14 Quality of Organic Matter (QOM, mg HC/g rock) distribution map of stratigraphic unit IV in the Pattani Through and adjacent areas..... 90
Figure 5.1 Cumulative greater than percent of the area of closure of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area. 104
Figure 5.2 Cumulative greater than percent of reservoir thickness (ft) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area..... 105
Figure 5.3 Cumulative greater than percent of porosity (percent) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area. 107
Figure 5.4 Cumulative greater than percent of hydrocarbon saturation (percent) of adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area..... 109
Figure 5.5 The relationship between reservoir pressure (psi) and Depth (ft) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area..... 111
Figure 5.6 The relationship between reservoir temperature (Rankine) and Depth (ft) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area..... 112

Figure 5.7 The relationship between Oil formation volume factor (STB/BBL) and Depth (ft) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area.. 113

Figure 5.8 The relationship between Z factor and Depth (ft) of the adjacent areas of the Thai-Vietnam overlapping area. 115

Figure 5.9 Petroleum reserve assessment of the Thai-Vietnam Overlapping Area...119

Figure 6.1 Production planning of accumulation size 36.5 BCF.....143

Figure 6.2 Relationship between Net Income of Concessionaire (MMUS$) and Gas Price (US$/MMBTU) 150

Figure 6.3 Relationship between Gas Price (US$/MMBTU) and Internal Rate of Return (percent) 151

Figure 6.4 Government Takes and Net Income of Concessionaire @ 2.7 US$/MMBTU. 243

Figure 6.5 Reserve Size (BCF) and Investment Cost (MMUS$)..... 244

Figure 6.6 Relationship between Gas Price (US$) and Expected Net Income (MMUS$) under Risk Assessment. 251

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย