

การศึกษาค้นคว้าอิสระ

เรื่อง

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวจากสาเหตุดินทรุดตัว
โดยใช้วัสดุ Expanded Polystyrene Foam (EPS): กรณีศึกษา สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2

Feasibility Analysis of Solving the Buried Pipeline Problem from Permanent Ground
Deformation Using Expanded Polystyrene Foam (EPS): A Case Study of King Kaew 2 Gas
Station

โดย

นายเฉลิมชัย จีตะนันท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ)

พ.ศ. 2559

นายเฉลิมชัย จิตะนันท์ 2559: การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ
จากขยะพลาสติกจากสาเหตุดินทรุดตัว โดยใช้วัสดุ Expanded Polystyrene Foam (EPS):
กรณีศึกษา สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกึ่งแก้ว 2 บริเวณศูนย์อุตสาหกรรมมาบตาพุด (เศรษฐศาสตร์
ธุรกิจ) สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ: ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์วิญญู อรรถวานิช, Ph.D. 88 หน้า

เนื่องด้วยปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลส่งผลให้ทางสถานีส่งก๊าซ
ธรรมชาติที่พาดผ่านในบริเวณดังกล่าวมีการทรุดตัวตามไปด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการ
แก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากสาเหตุดินทรุดตัวในทางเลือกต่างๆ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง
เพื่อให้ทราบถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดและนำไปใช้ในการวางแผนการดำเนินงานของธุรกิจ
ในอนาคตต่อไปได้

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุ Expanded Polystyrene Foam
(EPS) ในการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศของสถานีส่งก๊าซธรรมชาติ โดยทำการเปรียบเทียบต้นทุนและค่าเสีย
โอกาสของวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เป็นวัสดุถมแทนดิน และวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อ
ส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากสาเหตุดินทรุดตัว จากการคาดการณ์
ประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากสาเหตุดินทรุดตัวโดยใช้วัสดุ EPS Foam

จากผลการศึกษาพบว่าต้นทุนและค่าเสียโอกาสในการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากสาเหตุดินทรุด
โดยใช้วัสดุ EPS Foam นั้นสามารถช่วยลดต้นทุนและค่าเสียโอกาสจากการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ
จากสาเหตุดินทรุดโดยการตัดต่อท่อได้มากขึ้นเมื่อประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากสาเหตุดินทรุด
โดยใช้วัสดุ EPS Foam นั้นมีค่ามากขึ้น

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ

Chalermchai Jeetanan 2016: Feasibility Analysis of Solving the Buried Pipeline Problem from Permanent Ground Deformation Using Expanded Polystyrene Foam (EPS): A Case Study of King Kaew 2 Gas Station. Master of Economics (Business Economics), Major Field: Business Economics, Department of Economics. Independent Advisor: Assistant Professor Witsanu Attavanuch, Ph.D. 88 pages.

Due to the problem of permanent ground deformation around Bangkok and its vicinity area causing buried natural gas pipeline settle. The possibility analysis of solving the buried pipeline problem in several alternatives is, therefore, needed to explore the best solution and used for future business operating plan.

This study aims to examine the possibility of solving the buried pipeline problem from permanent ground deformation by comparing explicit and implicit costs between expanded polystyrene foam (EPS) method and replacing new expanded pipeline method by measuring the effectiveness of problem solving in these two methods.

Results from the analysis show that the more the effectiveness of solving the buried pipeline problem using expanded polystyrene foam (EPS) is, the greater the reduction of explicit and implicit costs of buried pipeline using expanded polystyrene foam (EPS) is revealed.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้านี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลาย ๆ ท่าน ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญู อรรถวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนวคิดต่าง ๆ ในการวิจัย การตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่อง รวมถึงอาจารย์กรรมการสอบ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ รวมถึงผู้เขียนตำรา เอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ตลอดจนบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอันเป็นประโยชน์ ซึ่งผู้ศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าและนำมาอ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

รวมทั้งขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญยิ่งในการทำวิจัยครั้งนี้และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมาตั้งแต่เริ่มศึกษาจนสำเร็จการศึกษา นอกจากนี้ขอขอบคุณหัวหน้างาน และคนอื่น ๆ มีส่วนช่วยให้คำปรึกษาและความสนับสนุนช่วยเหลือด้านการศึกษาเป็นอย่างดีและขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิต MBE รุ่น 14 สำหรับความช่วยเหลือและมิตรภาพที่ดีตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด ซึ่งคุณประโยชน์ของการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

เฉลิมชัย จีตะนันท์

กรกฎาคม 2559

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
ประโยชน์ที่ได้รับ	6
ขอบเขตของการวิจัย	6
นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	8
แนวคิดและทฤษฎี	8
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	24
การเก็บรวบรวมข้อมูล	25
การวิเคราะห์ข้อมูล	26
สภาพทั่วไปของการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ	28
ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุดด้วยการขุดเปิด	
ปรับระดับท่อและใช้วัสดุ EPS Foam	35
ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุดด้วยวิธีการตัดต่อ	
ท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้	38
บทที่ 4 ผลการศึกษา	39
การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุด	
จากสาเหตุดินทรุดตัวโดยใช้วัสดุ Expanded Polystyrene Foam (EPS)	
: กรณีศึกษา สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	81
สรุปผลการวิจัย	81
ข้อเสนอแนะ	84
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	85
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	88

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณสำรองปิโตรเลียมของประเทศไทยรวมทั้งพื้นที่พัฒนาร่วมไทย - มาเลเซีย ณ สิ้นปี 2557	2
2	ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัด ของการก่อสร้างถนนโดยใช้วัสดุมวลเบา	20
3	ปริมาณร้อยละของการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์ของประเทศไทย	40
4	การพยากรณ์ปริมาณร้อยละการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์ของประเทศไทย	41
5	พยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติสถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2	42
6	ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือน	43
7	พยากรณ์ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือน	44
8	ต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใส่วัสดุ EPS Foam	45
9	ต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการตัดต่อท่อ	46
10	ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใส่วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหา ท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์ มีการทรุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี	50
12	ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัว โดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam และค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผล ในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี	53
13	หลักประหยัด เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี	58
14	ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัว โดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี	59
15	ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหา ท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี	62
16	ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัว โดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam และค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผล ในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊อชธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี	65
17	หลักประหยัด เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว โดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี	70
19	ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหา ท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี	72
20	ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว โดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam และค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผล ในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี	75
21	หลักประหยัด เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี	79
22	ต้นทุนและค่าเสียโอกาสจากประสิทธิผลต่อการคาดการณ์การทรุดตัว	82
23	หลักประหยัดต่อประสิทธิผลช่วยลดการทรุดตัว	83

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงโครงข่ายระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ	3
2	ภาพแสดงการสร้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติให้สามารถยึดตัวได้ และการใช้ห้วงยี่ดิ่ง	5
3	ภาพแสดงฐานรองรับที่สามารถปรับระดับได้	5
4	การใช้ประโยชน์จาก EPS blocks ในงานก่อสร้างถนน	18
5	การก่อสร้างถนนด้วย EPS blocks ในราชอาณาจักรนอร์เวย์	18
6	การก่อสร้างถนนด้วย EPS blocks ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี	19
7	กรอบแนวคิดในการศึกษา	24
8	การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Lay Barge	31
9	การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Reel Barge	31
10	การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Towing	32

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

พลังงานนั้นมีบทบาทต่อการพัฒนาประเทศในทุกๆ ด้าน เพราะการดำเนินธุรกรรมทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมจำเป็นต้องอาศัยพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐาน และก๊าซธรรมชาติก็เป็นหนึ่งในพลังงานที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากความกังวลด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยที่ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านหิน ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 56.1 73.3 และ 94.6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเทระจูล (tCO₂/TJ) ตามลำดับ (BP Statistical Review of World Energy 2014) ซึ่งจะเห็นได้ว่าก๊าซธรรมชาตินั้นมีการปล่อย CO₂ น้อยที่สุดในบรรดาเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ นอกจากนี้ความนิยมที่เพิ่มขึ้นยังมาจากความกังวลด้านความมั่นคงทางพลังงาน โดยพยายามหาทางลดการพึ่งพิงน้ำมันที่มากเกินไป อีกทั้งก๊าซธรรมชาติยังมีความเหมาะสมในการกระจายตัวของก๊าซธรรมชาติสำรองที่ถูกค้นพบ เพราะก๊าซธรรมชาติสามารถค้นพบได้ทั่วโลกในทุกทวีป ดังนั้นจึงมีการกระจายตัวที่ดีเมื่อเทียบกับน้ำมัน (วิญญู อรรถวานิช, 2557)

ในประเทศไทยก๊าซธรรมชาตินั้นมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ เนื่องจากก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยนั้นจะถูกนำไปใช้ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นพลังงานในการทำกิจกรรมอื่น ๆ ต่อไป และการใช้ก๊าซธรรมชาตินั้นยังได้นำมาใช้ในภาคคมนาคมขนส่งด้วยซึ่งมีปริมาณการใช้ 313 ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน (กระทรวงพลังงาน, 2558) เพื่อใช้ทดแทนการพึ่งพิงน้ำมัน เนื่องจากปัญหาด้านราคาของน้ำมันที่มีการผันผวนและอีกทั้งประเทศไทยนั้นมีปริมาณสำรองของน้ำมันที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณสำรองของก๊าซธรรมชาติ ดังตารางที่ 1.1 และนอกจากนั้นประเทศไทยยังมีปริมาณการบริโภคก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.2537 พ.ศ. 2542 พ.ศ.2547 พ.ศ.2552 และ พ.ศ. 2557 นั้นมีปริมาณการบริโภคเท่ากับ 954 1,713 2,774 3,564 และ 4,680 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน (MMCFD) ตามลำดับ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน, 2558)

ตารางที่ 1 ปริมาณสำรองปิโตรเลียมของประเทศไทยรวมทั้งพื้นที่พัฒนาร่วมไทย - มาเลเซีย
ณ สิ้นปี พ.ศ. 2557

ประเภทพลังงาน	ปริมาณสำรอง		
	P1 (R/P)	P2 (R/P)	P3 (R/P)
น้ำมันดิบ	4.41	6.54	3.72
ก๊าซธรรมชาติเหลว	5.28	6.64	1.89
ก๊าซธรรมชาติ	6.43	6.47	2.76

หมายเหตุ : P1 = ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว

P2 = ปริมาณสำรองที่คาดว่าจะพบ

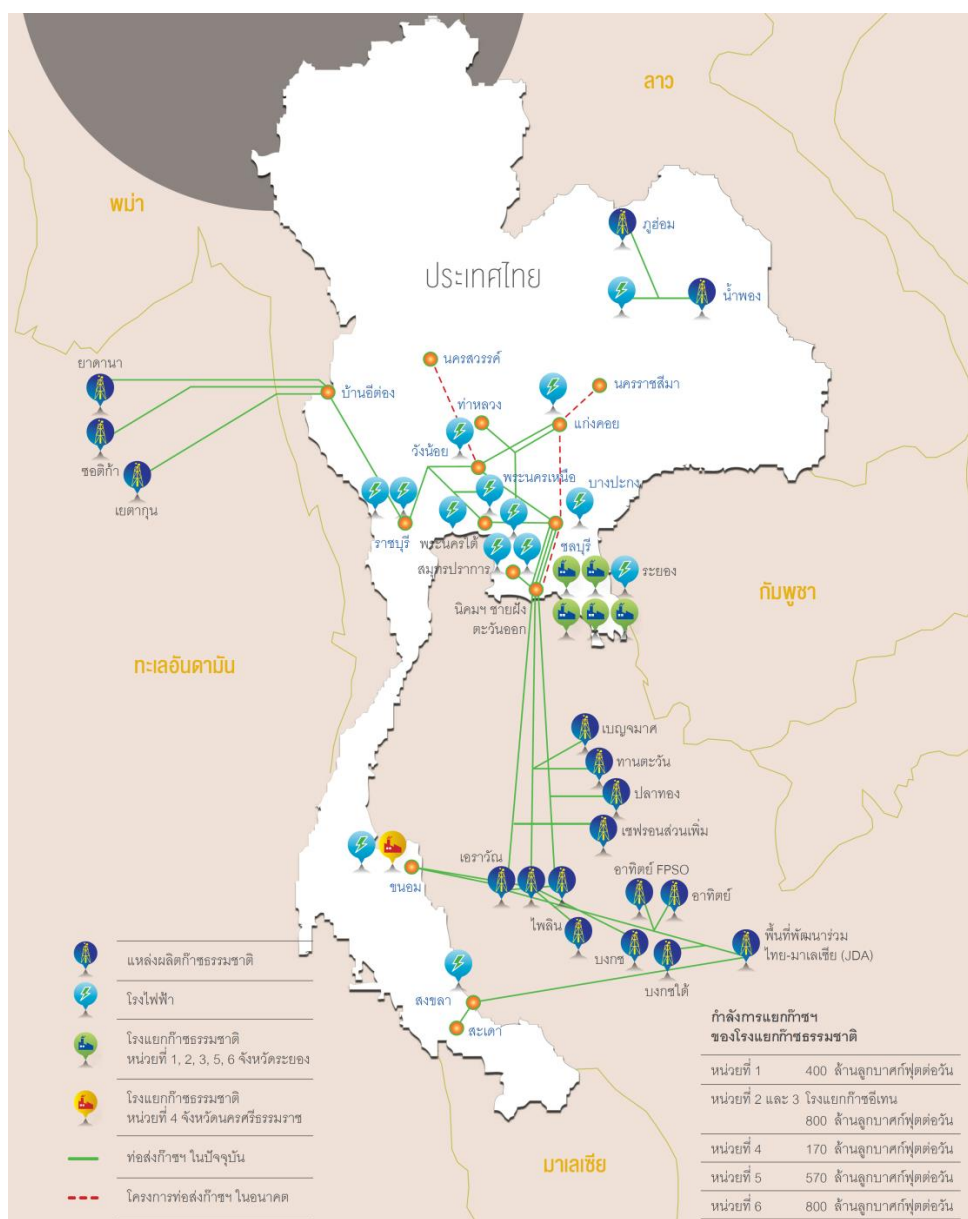
P3 = ปริมาณสำรองที่น่าจะพบ

(R/P) = ปริมาณสำรองพิสูจน์แล้วหารด้วยอัตราการผลิตต่อปี

ที่มา: กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน (2558)

ปัจจุบันการขนส่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยใช้วิธีหลักที่สำคัญในการขนส่ง คือ การขนส่งโดยระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยนั้น มีความยาวประมาณ 4,226 กิโลเมตร โดยจะขนส่งก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยและจากสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์เข้ามาภายในประเทศโดยมีท่อย่อยที่เชื่อมต่อจากระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติไปยังลูกค้าอุตสาหกรรมในจังหวัดต่างๆ เพื่อให้การส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถส่งได้อย่างต่อเนื่องและทั่วถึง (ภาพที่ 1)

ระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาตินับว่าเป็นระบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากที่สุด เนื่องจากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่า 100 ปี โดยที่ระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถขนส่งก๊าซธรรมชาติได้เป็นจำนวนมากและโอกาสที่ก๊าซธรรมชาติจะสูญหายระหว่างการขนส่งเกิดขึ้นได้น้อย อีกทั้งยังมีความสะดวก รวดเร็ว ในการขนส่ง นอกจากนั้นหลักการทำงานของระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาตินี้ยังได้กำหนดอยู่บนพื้นฐานความปลอดภัย



เขตวิกฤตอันดับ 1 มีอัตราการทรุดตัวของพื้นดินมากกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี ได้แก่ เขตบางเขน เขตบางกะปิ เขตห้วยขวาง เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร, อำเภอพระประแดง (ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา) อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ และย่านชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ระหว่างเขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ สำหรับ

เขตวิกฤตอันดับ 2 มีอัตราการทรุดตัวของพื้นดินระหว่าง 5 - 10 เซนติเมตรต่อปี ได้แก่ เขตคูสิต เขตพญาไท เขตปทุมวัน เขตบางรัก และเขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร

เขตวิกฤตอันดับ 3 มีอัตราการทรุดตัวของพื้นดินน้อยกว่า 5 เซนติเมตรต่อปี ได้แก่ บริเวณนอกเหนือจากเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2

จากการที่ระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นได้ทำการขุดวางท่อในพื้นที่ที่มีการทรุดตัวของดิน จึงส่งผลให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติเกิดการทรุดตัวตามการทรุดตัวของดิน จนทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติเกิดการรั่วซึมของก๊าซธรรมชาติได้ ที่ผ่านมานในอดีตได้ทำการแก้ปัญหาการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซธรรมชาติในวิธีต่างๆ ทั้งในการสร้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติให้สามารถยึดตัวได้ในระดับหนึ่งเพื่อรองรับการทรุดตัวของดินตามที่ได้คาดการณ์ไว้ การทำห้วงยึดรั้งเพื่อรั้งท่อไม่ให้ทรุดตัวลงไป (ภาพที่ 2) การทำฐานรองรับให้สามารถปรับตัวลดลง (ภาพที่ 3) ได้เพื่อให้สามารถปรับระดับลงตามท่อที่ทรุดตัวลงไป แต่การแก้ไขเหล่านี้ก็ไม่สามารถหยุดการทรุดตัวของระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติได้

ดังนั้นจึงมีความสำคัญในการแก้ปัญหของดินทรุดตัวเพื่อให้การขนส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถส่งได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย โดยการใช้ EPS Foam เพื่อลดน้ำหนักกดทับของดินซึ่งจะช่วยลดการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ฝังอยู่ในดินได้ เนื่องจากวัสดุ EPS Foam นั้นเป็นวัสดุมวลเบาที่สามารถช่วยลดปัญหาน้ำหนักของวัสดุถมได้ ทั้งนี้วัสดุ EPS Foam นั้นได้มีการนำมาใช้แก้ปัญหาการทรุดตัวของพื้นผิวถนน พื้นผิวช่วงคอสะพานทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ และนอกเหนือไปจากนั้นในต่างประเทศได้มีการทดลองศึกษาการใช้ EPS Foam มาประยุกต์ใช้กับระบบท่อทั้งในการลดปัญหาการทรุดตัว การช่วยรับแรงกระแทก หรือแม้กระทั่งช่วยในการรับแรงจากแผ่นดินไหว



ภาพที่ 2 การสร้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติให้สามารถยึดตัวได้และการใช้ห่วงยึดรั้ง
ที่มา: สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 (2558)



ภาพที่ 3 ฐานรองรับที่สามารถปรับระดับได้
ที่มา: บริษัทผลิตไฟฟ้าและน้ำเย็น (2558)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุ Expanded Polystyrene Foam (EPS) ในการแก้ไขปัญหามลพิษของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถป้องกันการหยุดส่งก๊าซธรรมชาติเนื่องจากสาเหตุที่ต้องการแก้ไขปัญหามลพิษของท่อเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นอยู่ในมาตรฐานที่ยอมรับได้และมีความปลอดภัย และหากการแก้ไขปัญหามลพิษของท่อส่งก๊าซธรรมชาติโดยใช้วัสดุ EPS Foam นั้นได้ผลการแก้ไขที่ดีและมีค่าใช้จ่ายของต้นทุนที่ต่ำก็จะเป็นการส่งเสริมให้บริษัทเกิดความคิดค้นวิจัยวัสดุที่มีคุณภาพที่ดีมากยิ่งขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อป้องกันปัญหามลพิษของท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ต่อไปในอนาคต

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบต้นทุนของวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เป็นวัสดุถมแทนดิน และวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษของท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 ตั้งอยู่ที่ ถนนกิ่งแก้ว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เนื่องจากสถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 เป็นสถานที่ได้ทำการแก้ไขทั้งการสร้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติให้สามารถยึดตัวได้และการทำหุ้มยึดรั้งเพื่อรั้งท่อไม่ให้หลุดตัวลงไป แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ได้เลือกสถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 เนื่องจากต้องการใช้เป็นโครงการนำร่อง เพื่อทำการขยายผลการแก้ไขปัญหามลพิษที่ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นไปยังสถานที่อื่นๆ

นิยามศัพท์

ก๊าซธรรมชาติ คือ พลังงานปิโตรเลียมชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับน้ำมัน และถ่านหิน ซึ่งเกิดจากการที่ซากพืช และซากสัตว์ที่ทับถมกันมานานหลายแสนหลายล้านปี และทับถมสะสมกันจนจมอยู่ใต้ดินแล้วเปลี่ยนรูปเป็นสิ่งที่เรียกว่า ฟอสซิล ระหว่างนั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติจนซากสัตว์และซากพืชหรือ ฟอสซิลนั้นกลายเป็นน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน จึงเรียกเชื้อเพลิง

ประเภทน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ว่า เชื้อเพลิงฟอสซิล ก๊าซธรรมชาติมีก๊าซหลายอย่าง ประกอบเข้าด้วยกัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า มีเทน อีเทน โพรเพน บิวเทน ฯลฯ แต่โดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่คือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป ก๊าซพวกนี้เป็นสารไฮโดรคาร์บอนและเมื่อนำมาใช้ ต้องแยกก๊าซออกจากกันจึงจะสามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ นอกจากสารไฮโดรคาร์บอนแล้ว ก๊าซธรรมชาติยังอาจประกอบด้วยก๊าซอื่นๆ อาทิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน และน้ำ เป็นต้น

EPS Foam ย่อมาจาก Expanded Polystyrene Foam (EPS) คือ โฟม PS ที่ใช้ก๊าซ Pentane (C_5H_{12}) ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับก๊าซหุงต้ม หรือ Butane (C_4H_{10}) เป็นสารที่ทำให้ขยายตัว (Blowing Agent) ในระหว่างกระบวนการผลิต วัตถุดิบที่เรียกว่า Polymerization เนื้อพลาสติก PS จะทำปฏิกิริยากับเก็บก๊าซ Pentane เอาไว้ภายในเมื่อนำมาผลิตโฟม EPS วัตถุดิบจะขยายตัวและเมื่อได้รับความร้อนจาก ไอน้ำ (Steam) ก็จะกลายเป็นเม็ดโฟมสีขาวจากนั้นจึงนำไปขึ้นรูป (Molding)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

แนวคิดและทฤษฎี

บทนี้เป็นการศึกษาถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงการ ตลอดจนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดที่สามารถนำมาประยุกต์เป็นกรอบแนวความคิดในการศึกษาได้ดังนี้

แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงการ

ในการวิเคราะห์โครงการต้องมีการกำหนดต้นทุนและผลตอบแทนเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการในด้านต่างๆ โดยการกำหนดต้นทุนและผลตอบแทนมีรายละเอียดดังนี้ (ประสิทธิ์ ตงยงศิริ, 2542)

ต้นทุนโครงการ หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไปโดยโครงการ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ต้นทุนที่มีตัวตน เป็นต้นทุนที่สามารถคิดเป็นมูลค่าได้ ประกอบด้วย

1.1 ต้นทุนตามหน้าที่ มี 2 ประเภท คือ

1.1.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน หมายถึงมูลค่าการใช้จ่ายการผลิตเพื่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกหรือเป็นฐานการผลิตสินค้าและบริการต่อไป ประกอบด้วย

ก) ทรัพย์สินคงที่รวมถึงที่ดิน อาคาร สิ่งก่อสร้าง เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ข) ค่าวางแผนและออกแบบ

ค) ค่าพัฒนาที่ดิน เช่น ค่าถมดิน ค่าติดตั้งไฟฟ้า น้ำประปาและโทรศัพท์ เป็นต้น

ง) ค่าจัดซื้อสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ตู้เก็บเอกสาร เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

จ) ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตั้งแต่ก่อตั้งกิจการถึงวันที่เริ่มดำเนินการ เช่น ค่าที่ปรึกษา ค่าโฆษณาประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

1.1.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาโครงการ หมายถึง มูลค่าของการใช้ทรัพยากรไปเพื่อการดำเนินงานและบำรุงโครงการ เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ ประกอบด้วย

ก) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการผลิต เช่น วัตถุดิบ ค่าธรรมเนียมต่างๆ เป็นต้น

ข) ค่าใช้จ่ายด้านการบริหารและการขาย เช่น เงินเดือนและค่าตอบแทน ค่าเช่าสำนักงาน ค่าภาษี เป็นต้น

1.2 ต้นทุนตามลักษณะ มี 2 ประเภท

1.2.1 ค่าใช้จ่ายขั้นต้น คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการมีโครงการ ซึ่งเป็นมูลค่าของการใช้ปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรเพื่อการลงทุน ดำเนินงาน และบำรุงรักษาโครงการ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นค่าใช้จ่ายทางตรง

1.2.2 ค่าใช้จ่ายขั้นรอง คือ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการหรือเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากภายนอกโครงการ

1.3 ต้นทุนตามพฤติกรรม มี 2 ประเภท คือ

1.3.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ คือ ค่าใช้จ่ายที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าเช่าสำนักงานและค่าโฆษณา เป็นต้น

1.3.2 ค่าใช้จ่ายแปรผัน คือ ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน เป็นต้น

2. ต้นทุนที่ไม่มีตัวตน เป็นต้นทุนที่ไม่สามารถคิดเป็นมูลค่าได้ เช่น โครงการอาจมีผลกระทบภายนอกที่สร้างความเสียหายแก่บุคคลภายนอกโครงการ ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เป็นต้น

แนวคิดเรื่องการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน

1. ความหมายของโครงการ

โครงการ หมายถึง การวางแผนที่จะใช้ทรัพยากรอันมีอยู่อย่างจำกัดมาผสมผสานกัน เพื่อ

บรรลุวัตถุประสงค์ภายในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ทั้งนี้การจัดสรรทรัพยากรนั้นจะต้องเลือกทางที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือประหยัด

โครงการ หมายถึง กิจกรรมหรืองานที่เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรเพื่อหวังผลประโยชน์ตอบแทน โดยกิจกรรมหรืองานดังกล่าวจะต้องเป็นหน่วยงานอิสระหน่วยหนึ่ง ที่สามารถทำการวิเคราะห์แผนและนำไปปฏิบัติ พร้อมทั้งมีลักษณะแจ้งชัดถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่มุ่งหวังไว้จากคำนิยามดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า โครงการ หมายถึง กิจกรรมหรืองานที่เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรอันมีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามแผนงานในระยะเวลาที่กำหนด (ยุพิน ประจวบเหมาะ, 2537)

2. ประเภทของโครงการ

โครงการหากพิจารณาตามแหล่งที่มาของทุนและจุดหมายของการลงทุนแล้วสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โครงการสาธารณะ (Public Project) และโครงการเอกชนหรือธุรกิจ (Private or Business Project) (ชูชีพ พิพัฒนศิริ, 2544)

โครงการสาธารณะ หมายถึงโครงการที่ใช้งบประมาณแผ่นดิน (ทั้งหมดหรือบางส่วน) เป็นค่าใช้จ่ายของโครงการ เป้าหมายหลักของโครงการนั้นเน้นผลประโยชน์ของระบบเศรษฐกิจเป็นส่วนรวม (Economy as a Whole)

โครงการเอกชนหรือธุรกิจ หมายถึงโครงการที่ใช้เงินลงทุนของเอกชนเข้ามาดำเนินงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการกำไรสูงสุด (Profit Maximization) ของนักลงทุนแต่หากพิจารณาตามหน้าที่หลักแล้ว โครงการสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1 โครงการทดลอง (Experimental) มีจุดมุ่งหมายในการตีความปัญหาในลู่ทางใหม่ ๆ และประเมินทางเลือกคำตอบเหล่านั้นด้วย ลักษณะของโครงการมีขนาดเล็ก ใช้เงินลงทุนน้อย แต่คณะทำงานมีฝีมือและความชำนาญสูงในวิชาชีพ นอกจากนี้บุคลากร ของโครงการมีอิสระในการทำงานเพื่อให้วิธีการใหม่ ๆ เกิดขึ้นมา

2.2 โครงการนำร่อง (Pilot) พัฒนาต่อจากผลในขั้นทดลองโดยทำการทดสอบภายใต้สถานการณ์เฉพาะ เพื่อให้แน่ใจว่าความคิดและวิธีใหม่ ๆ เหล่านี้สามารถประยุกต์เข้าได้กับสภาพเงื่อนไขท้องถิ่น

2.3 โครงการสาธิต (Demonstration) ในบางครั้งอาจใช้แทนกันหรือใช้ร่วมกันกับโครงการนำร่องที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ทว่าโครงการทั้ง 2 ประเภท มีลักษณะแตกต่างกันในเรื่องของขนาดและวัตถุประสงค์ โครงการนำร่องจะมีขนาดเล็กกว่าและมุ่งที่จะทดสอบผลลัพธ์ในพื้นที่เฉพาะแห่งหนึ่งในขณะที่โครงการสาธิตมีขนาดใหญ่กว่า และสนใจที่แพร่กระจายความคิดและวิธีการใหม่ ๆ ออกไปให้กว้างขวาง

2.4 โครงการการผลิต (Production) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาโครงการเดิมที่ในเชิงพาณิชย์ จะเน้นการแก้ไขปัญหาและประเมินผลการดำเนินงาน โครงการการเข้าใจโครงการ จะช่วยให้สามารถวางแผนและบริหารโครงการ (Project Planning and Management) ด้วยการจัดสรรและใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ไม่จำเป็นว่าทุกโครงการจะต้องผ่านประเภทหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้บางกรณีการพัฒนาโครงการอาจมุ่งตรงไปยังระยะการผลิตได้เลย

การวิเคราะห์โครงการโดยใช้หลักต้นทุนและประสิทธิผล

การวิเคราะห์โครงการโดยใช้หลักต้นทุนและประสิทธิผลใช้วิเคราะห์โครงการที่ไม่สามารถประเมิน หรือ ตีค่าของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับออกมาเป็นตัวเลขได้ เนื่องจากเห็นได้ไม่ชัดเจนเหมือนกับโครงการด้านเศรษฐกิจ เช่น โครงการสาธารณสุขที่มีเป้าหมายการให้บริการด้านสุขภาพอนามัยแก่ประชาชน โครงการด้านการศึกษาที่มีเป้าหมายการเพิ่มพูนความรู้ และมีการพัฒนาความสามารถของประชากรให้สูงขึ้น หรือโครงการด้านความมั่นคงแห่งชาติที่มีเป้าหมายการสร้างเสริมความแข็งแกร่งให้กับกองทัพด้วยการจัดซื้ออาวุธยุทโธปกรณ์ที่ทันสมัย เป็นต้น (บรรพต ค้วงชนะ, 2547)

โดยที่ ประสิทธิภาพ (Effectiveness) หมายถึง ระดับความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมที่เข้าใกล้วัตถุประสงค์มากที่สุด หรือระดับของผลตอบแทนจากการดำเนินกิจกรรมที่สามารถยอมรับได้ที่ระดับใดระดับหนึ่ง การวิเคราะห์โครงการโดยใช้หลักต้นทุนและประสิทธิผล สามารถดำเนินการได้หลายวิธีและมีชื่อเรื่องต่างๆ กันออกไป ได้แก่ (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2538)

1. การวิเคราะห์โครงการหลักประสิทธิผลคงที่ จะกำหนดเป้าหมายหรือผลตอบแทน ณ ระดับหนึ่ง แล้วพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของโครงการแต่ละโครงการที่เป็นทางเลือก และเลือกโครงการที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

2. การวิเคราะห์โครงการหลักต้นทุนคงที่ จะกำหนดให้แต่ละ โครงการที่เป็นทางเลือกมี ต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย ณ ระดับต่างๆ ที่เท่ากัน แล้วพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นของ แต่ละโครงการ โครงการที่ดีที่สุด คือ โครงการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3. การวิเคราะห์โครงการโดยหลักเปรียบเทียบหน่วยสุดท้าย จะเปรียบเทียบอัตราส่วนของ ต้นทุนส่วนเพิ่มต่อผลผลิตส่วนเพิ่ม การตัดสินใจเลือกโครงการจะต้องนำผลผลิตที่เป็นเป้าหมายที่ ยอมรับมาพิจารณาด้วย

4. การวิเคราะห์โครงการโดยหลักการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน โดยการนำ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากโครงการแต่ละ โครงการมาปรับเรื่องค่าเวลาเสียใหม่ แล้วเปลี่ยนมา เป็นค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่าๆ กันทุกปี ค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากันที่มีค่าต่ำที่สุด จะเป็นโครงการที่ดีที่สุด

ดังนั้นหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและประสิทธิผลด้วยแนวความคิดที่กำหนดให้ประสิทธิผล ของโครงการคงที่ทำได้โดยกำหนดผลตอบแทน หรือวัตถุประสงค์ของโครงการคงที่ หรือ วัตถุประสงค์ ของโครงการสามารถยอมรับได้ในระดับหนึ่ง หลังจากนั้นจะพิจารณาว่าโครงการใด เป็นทางเลือกที่มีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โครงการนั้นก็ย่อมประหยัดที่สุด ซึ่งสามารถเขียน สมการได้ดังนี้

$$\text{หลักประหยัด} = \frac{\text{ต้นทุน}}{\text{ประสิทธิผล}}$$

หลักค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ผลตอบแทนที่ไม่มีตัวตนที่ไม่สามารถตีราคาได้แม้จะพยายามใช้วิธี โดยอ้อมแล้วก็ตาม ฉะนั้น ทางออกที่ดีจึงได้แก่การหลีกเลี่ยงที่จะไม่ตีราคาผลตอบแทนดังกล่าว แต่พยายามใช้วิธีการ เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับหนทางเลือกต่างๆ ที่จะบรรลุระดับการผลิตหรือผลตอบแทนที่ไม่มี ตัวตนที่ต้องการแทน การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเหล่านี้สามารถทำได้ 2 วิธีคือ การหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Least - Cost Method) หรือเรียกว่าสัมฤทธิ์ภาพ (Cost Effectiveness และ Alternative Cost Valuation of Intangibles)

1. วิธีหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด

วิธีนี้จะเน้นเฉพาะค่าใช้จ่ายมากกว่าผลตอบแทนของโครงการ ทั้งนี้เพราะส่วนมากโครงการประเภทนี้มักจะได้รับการตัดสินใจมาแล้วถึงระดับผลผลิตออกหรือผลตอบแทนที่ต้องการ ซึ่งมีนัยว่าผลตอบแทนนั้นเป็นสิ่งที่ต้องการและมีมากกว่าทรัพยากรที่สูญเสียไป ปัญหาของนักวิเคราะห์โครงการจึงอยู่ที่การกำหนดแนวทางที่จะให้บรรลุผลผลิตที่ต้องการอย่างประหยัดที่สุด อาทิเช่น ถ้าต้องการผลผลิตออกมาจำนวนหนึ่ง (Identical Output) แต่มีสองหรือสามทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ได้ ก็เพียงแต่เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของแต่ละหนทางเลือกอย่างตรงไปตรงมา แล้วเลือกหนทางเลือกที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

วิธีค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากบรรดาหนทางเลือกต่างๆ ที่สามารถผลิตผลผลิตได้เท่ากันนั้น สามารถนำมาใช้ได้ทั้งในกรณีที่ผลผลิตออกมีตัวตนและไม่มีตัวตน ทั้งนี้รวมถึงโครงการที่ไม่สามารถแบ่งแยกผลตอบแทนได้ (Indivisible Benefits) เช่น โครงการควบคุมอุทกภัย เป็นต้น ตามหลักนี้ถ้ามีหนทางเลือก 3 ทาง ซึ่งแต่ละทางต่างก็สามารถทำการผลิตผลผลิตออกที่เท่ากัน ผลของการวิเคราะห์อาจจะปรากฏออกมาในเชิงของการเปรียบเทียบ

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่ำสุดสามารถกระทำได้ 2 วิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีต่างต้องมีการปรับค่าของเวลา เพื่อจะได้ทำการเปรียบเทียบกันได้ ดังนี้

1.1 หาข้อมูลค่าปัจจุบัน ของค่าใช้จ่าย วิธีการนี้เป็นวิธีการหามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ คือทำการปรับค่าของเวลาของค่าใช้จ่ายในแต่ละหนทางเลือกให้เป็นค่าในปัจจุบัน แล้วเลือกหนทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นค่าในปัจจุบันแล้วต่ำสุด ในการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุดนั้น ถ้าหนทางเลือกใดนอกจากจะสามารถผลิตผลผลิตออกมาตามที่ต้องการแล้ว ยังมีผลพลอยได้อื่นๆ ที่มีตัวตนอีกด้วย ก็ต้องมีการหักผลพลอยได้นั้นออกจากค่าใช้จ่ายเสียก่อนเพื่อให้เป็นค่าใช้จ่ายสุทธิ แล้วจึงค่อยนำมาเปรียบเทียบกับหนทางเลือกอื่นด้วยการปรับค่าของเวลาให้เป็นมูลค่าปัจจุบันดังกล่าวแล้ว ทั้งนี้เพราะตามหลักของค่าใช้จ่ายต่ำสุด เรามุ่งที่จะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ผลิตผลผลิตออกได้เหมือนกันแต่ใช้วิธีการผลิตที่แตกต่างกัน

1.2 การหาค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent Costs) การหาตามวิธีนี้ไม่ใช่เป็นการรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ เข้าด้วยกันแล้วทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของแต่ละหนทางเลือก ทั้งนี้เพราะ

อายุของแต่ละ โครงการหรือแต่ละหนทางเลือกอาจไม่เท่ากัน นอกจากนั้น เงินสดหมุนเวียน (Cash Flow) ของแต่ละ หนทางเลือกก็ไม่เท่ากัน ฉะนั้น จึงไม่สามารถรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยตรง หรือจะหาเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปีตลอดอายุโครงการก็ไม่ได้ ด้วยเหตุผลเดียวกัน

ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายของหนทางเลือกต่างๆ สามารถนำมาเปรียบเทียบกัน ได้ด้วยการทำให้เป็น ค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent Annual Cost : EAC) เพราะวิธีนี้ได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลา และการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้ว

การคำนวณหา EAC ก็คำนวณหาได้ทั้งในรูปค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Total Costs) หรือ ค่าใช้จ่ายที่แบ่งแยกออกเป็นค่าลงทุน ค่าดำเนินงานและบำรุงรักษาแล้วแต่กรณี ถ้าเป็นแบบ ค่าใช้จ่ายทั้งหมด ก็หาได้โดยนำเอาค่าใช้จ่ายทั้งหมดตั้งแล้วคูณด้วยตัวกอบกู้ทุน (Capital Recovery Factor: CRF) แต่ถ้าข้อมูลที่มีอยู่เป็นแบบแบ่งแยกค่าใช้จ่ายออกเป็นค่าลงทุน ค่าดำเนินงานและ บำรุงรักษา ก็นำค่าใช้จ่ายต่างๆ นั้นมาทำเป็น Equivalent Annual Cost ก่อน แล้วจึงนำมารวมเข้า ด้วยกัน อนึ่ง หากค่าใช้จ่ายทางด้านการดำเนินงานและบำรุงรักษามีการคิดคำนวณไว้เป็นรายปี แต่ ในแต่ละปีมีค่าไม่เท่ากันหรือไม่เป็นแบบฉบับเดียวกัน ในกรณีเช่นนี้ต้องมีการปรับปรุงค่าของเวลา ก่อน โดยปรับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีต่างๆ ที่ไม่เท่ากัน ให้เป็นค่าปัจจุบัน แล้วจึงค่อยนำมารวมเข้า ด้วยกันแล้วจึงทำเป็น Uniform Equivalent Annual Disbursements (EAD) โดยคูณ CRF

การพยากรณ์โดยใช้วิธีการคาดการประมาณจากสมการแนวโน้มระยะยาว เป็นวิธีการ พยากรณ์ที่มุ่งเน้นที่จะพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคตจากสมการแนวโน้มระยะยาว ซึ่ง แนวโน้มระยะยาวของข้อมูลสามารถที่จะเป็น ได้ทั้งแบบเส้นตรงและแบบเส้นโค้ง ดังนั้นการ พยากรณ์โดยใช้วิธีการคาดการประมาณจากสมการแนวโน้มระยะยาวจึงสามารถที่จะเป็นการคาด ประเมินจากสมการแนวโน้มระยะยาวแบบเป็นเส้นตรงหรือเส้น โค้งก็ได้ ซึ่งวิธีการคาดการประมาณ จากสมการแนวโน้มระยะยาวแบบเส้นตรงเป็นดังนี้ (อมรทิพย์ แท้เที่ยงธรรม, 2547)

$$Y_t = b_0 + b_1 t$$

โดยที่	Y_t	= ค่าแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ จุดเวลาที่ t
	t	= เวลา
	b_1	= ค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงความชันของเส้นแนวโน้มระยะยาว

b_0 = ค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงจุดตัดแกนตั้งของเส้นแนวโน้มระยะยาว

ค่า b_1 , b_0 สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$b_1 = \frac{\sum tY_t - (\sum t \sum y)/n}{(\sum t^2) - (\sum t)^2/n}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{t}$$

โดยที่	Y_t	=	ค่าแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ จุดเวลาที่ t
	t	=	เวลา
	n	=	จำนวนจุดเวลา
	$\bar{Y}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรมเวลา, $\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$
	$\bar{t}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรมเวลา, $\bar{t} = \frac{\sum t}{n}$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chooa, Abdounb, O'Rourkeb (2007) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของท่อเมื่อมีการใช้ EPS Foam โดยได้ทำการศึกษาโดยการสร้างแบบจำลองที่ใช้แรงเหวี่ยงให้เกิดแรงกระทำกับวัสดุผสม โดยได้ทำแบบจำลอง 7 แบบที่ใช้วัสดุ EPS Foam เป็นวัสดุผสมเนื้อท่อ และเปรียบเทียบกับแบบจำลอง 5 แบบที่ไม่ได้มีการปรับปรุงแก้ไขวัสดุผสม ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้วัสดุ EPS Foam เป็นวัสดุผสมสามารถลดแรงกระทำในด้านข้างได้มากถึงร้อยละ 90 แต่สำหรับแรงกระทำในด้านแนวตั้งนั้น ได้ผลที่น้อยกว่าคือสามารถลดแรงกระทำได้ประมาณร้อยละ 17-30

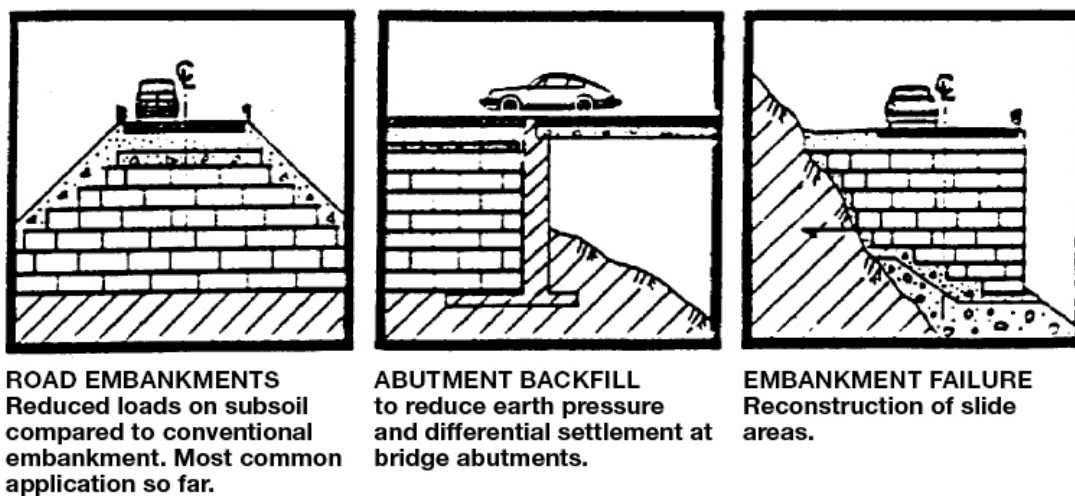
การใช้วัสดุ EPS Foam นั้น มีข้อดี 2 อย่างคือ

1. เนื่องจากวัสดุ EPS Foam เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ทำให้สามารถลดแรงเค้นทั้งในแนวตั้งและแนวนอนจากการบิดอัดดินได้ และการลดน้ำหนักที่กดทับลงไปได้นี้ทำให้ท่อสามารถลดการเสียรูปจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ด้วย

2.วัสดุ EPS Foam สามารถใช้เพื่อทำการบดอัดได้ และยังสามารถลดแรงที่พื้นดินกระทำตอบสนองเมื่อทำการบดอัดได้ด้วย (นิรนาม, Oil and Gas Journal, 2013)

Bartlet and Lingwall (2014) ได้ทำการศึกษาการปกป้องระบบท่อและ โครงสร้างใต้ดินด้วยการใช้ EPS Foam โดยได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาการทรุดตัวอย่างถาวรของพื้นดินโดยการใช้วัสดุ EPS Foam ซึ่งเป็นวัสดุมวลเบา โดยการวางไว้เหนือระบบท่อแทนวัสดุถม ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบของแบบจำลองเสมือนจริง 2 แบบ โดยแบบแรกเป็นการใช้วัสดุ EPS Foam ในการใช้เป็นวัสดุถมวางเหนือบนท่อ ส่วนในแบบจำลองที่ 2 ใช้ดินเป็นวัสดุถม ซึ่งได้ผลการศึกษาว่าเมื่อใช้วัสดุ EPS Foam ในการใช้แทนวัสดุนั้นสามารถทำให้ท่อนั้นมีแรงด้านการยกตัวได้น้อยกว่าการใช้ดินเป็นวัสดุถม 4 เท่า และนอกจากนั้นการใช้ EPS Foam เป็นวัสดุถมแทนนั้นสามารถเคลื่อนได้มากกว่า 2.75 เท่า ถึงจะเท่ากับค่าด้านการยกตัวสูงสุด และจากการทดลองการใช้ EPS Foam นั้นใช้ค่าคงที่ของสปริงน้อยกว่า 10 เท่า ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้วัสดุ EPS Foam นั้นได้ผลที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

กรมทางหลวงชนบท (2553) ได้จัดทำคู่มือการก่อสร้างถนนบนพื้นดินอ่อนและได้สรุปว่าบล็อกโฟม หรือ EPS Blocks คือวัสดุมวลเบาซึ่งเกิดจากการนำเม็ดโฟมมาอัดให้เป็นรูปทำให้เม็ดโฟมเรียงตัวชิดกันมากก่อให้เกิดคุณสมบัติคล้ายก้อนของแข็ง EPS Blocks เป็นที่รู้จักในงานวิศวกรรมตั้งแต่ปี ค.ศ 1950 ด้วยคุณสมบัติหน่วยน้ำหนักที่น้อยกว่าดิน ประมาณ 1/50–1/100 เท่า (0.1 ถึง 0.3 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร: kN/m^3) และจากการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดพบว่า EPS Blocks สามารถรับแรงอัดได้ 70–180 kN/m^2 นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน แข็งแกร่ง และมีความต้านทานการบีบอัดเทียบได้กับดินเหนียวแข็งปานกลางจนถึงดินเหนียวแข็ง (Medium Stiff to Stiff Clay) การประยุกต์ใช้ EPS Blocks ในทางวิศวกรรมเพื่อช่วยลดการทรุดตัวของคันดินถม ลดแรงดันดินด้านข้าง ลดหน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนวัสดุที่ถูกถม ดังแสดงในภาพที่ 4 ด้วยคุณสมบัติเด่นเบื้องต้นดังกล่าวทำให้การใช้ EPS blocks เป็นที่แพร่หลายในหลายๆ ประเทศ ได้แก่ นอร์เวย์ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เยอรมนี และอีกหลายๆ ประเทศ



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์จาก EPS Blocks ในงานก่อสร้างถนน

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2553)

ในประเทศนอร์เวย์ได้มีการนำเทคโนโลยีของ EPS Blocks มาช่วยในการก่อสร้างถนนในปี ค.ศ 1972 โดยการแทนที่ชั้นดินอ่อนความลึก 1 เมตร ด้วย EPS Blocks บริเวณคอสะพาน ซึ่งผลของการทรุดตัวเป็นลดลงเป็นที่น่าพอใจ ในเยอรมนี EPS Blocks ในถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ 1960 ในการก่อสร้างถนนโดยนำมาใช้ในการป้องกันการเกิดน้ำแข็งในชั้น Frost Protection Layer และในปี ค.ศ 1995 ก็ถูกนำมาใช้ในการลดการทรุดตัวไม่เท่ากันบริเวณคอสะพานและทางด่วน (Bridge Approach) ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 การก่อสร้างถนนด้วย EPS Blocks ในราชอาณาจักรนอร์เวย์

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2553)



ภาพที่ 6 การก่อสร้างถนนด้วย EPS Blocks ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี
ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2553)

สำหรับประเทศทางฝั่งเอเชีย ประเทศญี่ปุ่นได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี EPS Blocks มาอย่างต่อเนื่องในปี 1985 (Miki, H., 1996) มีการใช้ EPS Blocks ในการก่อสร้างคันทางซึ่งมีปริมาณการใช้ EPS Blocks ถึง 470 m^3 โครงสร้างของ EPS Blocks สามารถรองรับน้ำหนักได้ดีและยังสามารถรองรับน้ำหนักจากแผ่นดินไหวได้ดีอีกด้วย โดยในการทดลองในประเทศญี่ปุ่น โดย Hotta et al. (1996) ได้รายงานการเกิดแผ่นดินไหว 5 ครั้งโดยมีขนาด 6.6–8.1 ริคเตอร์ โดยไม่พบความเสียหายที่มีต่อคันดินถม นอกจากนั้น EPS Blocks ยังเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมด้วย

การก่อสร้างคันทางโดยใช้วัสดุมวลเบาเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาการก่อสร้างถนนบนชั้นดินอ่อนสามารถลดการทรุดตัวและเพิ่มเสถียรภาพของคันทางได้เนื่องจากการลดน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อดินฐานราก ลดการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของคันทาง ลดต้นทุนในการปรับปรุงดินฐานราก ลดปริมาณดินถมคันทาง ลดระยะเวลาและขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้วัสดุมวลเบาในประเทศไทย ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านราคาเพราะวัสดุมวลเบา มีราคาสูง ต้องใช้วัสดุดิบและเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ในการเลือกใช้วัสดุมวลเบาจะต้องวิเคราะห์หาความคุ้มทุน โดยจะต้องนำตัวแปรด้านอื่นๆ มาประกอบด้วย เช่น ค่าขนส่ง ค่าเรือขนขนย้ายวัสดุ ค่าเช่า เครื่องจักร ค่าแรงงาน และระยะเวลาการก่อสร้าง เป็นต้น การใช้ EPS Blocks ต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากในเรื่องการป้องกันไม่ให้ EPS Blocks สัมผัสกับสารเคมีพวกน้ำมันเชื้อเพลิง และป้องกันไม่ให้เกิดไฟไหม้ และ EPS Blocks เมื่อโดนแสงแดดเป็นเวลานานอาจทำให้คุณสมบัติ

เปลี่ยนแปลงไป สำหรับการใช้ดินมวลเบามีข้อจำกัดในเรื่องน้ำยาเคมีและเครื่องจักรสำหรับผลิตดินมวลเบา ยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ข้อดี ข้อเสียและข้อจำกัดแสดงสรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัด ของการก่อสร้างถนน โดยใช้วัสดุมวลเบา

ข้อดี	ข้อเสียและข้อจำกัด
1. ลดการทรุดตัวเสถียรภาพของคันทางได้เป็นอย่างดี	1. EPS Blocks สามารถติดไฟได้ง่าย ควรมีการระวังตลอดเวลาเรื่องการไหม้ไฟ
2. ลดการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของคันทาง	2. EPS Blocks ไม่ทนทานต่อสารเคมีบางประเภทเช่น น้ำมันเชื้อเพลิง (Hydrocarbon) เป็นต้น
3. ลดต้นทุนในการปรับปรุงดินฐานราก	3. เศษวัสดุของ EPS Blocks จะไม่ย่อยสลายในสภาพในสภาพแวดล้อมปกติ
4. ลดปริมาณดินถมคันทาง	4. EPS Blocks เมื่อโดนแสงแดดเป็นเวลานาน อาจจะทำให้โฟมแตกและเหลืองได้ ควรป้องกันโดยการคลุมวัสดุ
5. ลดระยะเวลาและลดขั้นตอนในการก่อสร้าง	5. ควรระวังเรื่องการทำรังของสัตว์จำพวกหนู แต่จากข้อมูลไม่พบเห็นในการก่อสร้างถนน
6. ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อย	6. EPS สามารถแตกหักได้เมื่อไม่มีความระมัดระวังในระหว่างก่อสร้าง
7. การใช้ดินมวลเบา (Air Foam Mix Stabilized Soil, AMS) เป็นการนำดินเหนียวอ่อนที่มีอยู่ในที่มาใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด	7. วัสดุมีราคาแพง
8. ใช้เป็นวัสดุถมหลังกำแพงกันดินได้ดี ลดแรงดันด้านข้าง	8. สำหรับการใช้อย่าง AMS ปัจจุบันยังต้องใช้วัตถุดิบและเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2553)

ชวลิต นาคบรรพตกุล, รัชพล หงษ์ประพันธ์, ทศนัย แปงยอด, บารเมศ วรธนะภูติ (2553) ได้ทำการแก้ปัญหาการทรุดตัวบริเวณคอสะพานเนื่องจากน้ำหนักของชั้นดินถมเหนือ Geofom โดยจำลองชั้นดินบริเวณคอสะพานที่มี Geofom ซึ่งช่วยลดน้ำหนักของชั้นดินถมและศึกษาทดลอง

เปรียบเทียบการทรุดตัวของตัวอย่างดินเหนียวอ่อนที่มี Geofoam และทรายเป็นวัสดุถม และตัวอย่างดินเหนียวอ่อนที่มีทรายเป็นวัสดุถมเพียงอย่างเดียว โดยหาอัตราส่วนความหนาของชั้น ทรายเหนือ Geofoam ที่เหมาะสมจากหลักการแรงลอยตัว โดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมซึ่งคืออัตราส่วนความสูงของ Geofoam ต่อความสูงของดินถมเหนือน Geofoam เท่ากับ 1:0.59 และเมื่อทดลองหาค่าการทรุดตัวพบว่า ตัวอย่างดินเหนียวอ่อนที่ใช้ทรายเป็นชั้น ดินถมมีการทรุดตัว 0.499 mm. ส่วนตัวอย่างที่ใช้ Geofoam และ ทรายเป็นชั้นดินถมโดยใช้อัตราส่วน Geofoam และ ทรายจากการทดลองหาค่า Buoyancy Force มีค่าการทรุดตัว 0.438 mm. จึงทำให้ทราบว่า การใช้ Geofoam แทนวัสดุถมสามารถลดการทรุดตัวได้

Goulder, Parry, Williams III, Burtraw (1998) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิภาพของเครื่องมือทางเลือกสำหรับการปกป้องสภาพแวดล้อมโดยได้ทำการวิเคราะห์และคำนวณแบบจำลองคุณภาพทั่วไปเพื่อตรวจสอบความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อสภาพภูมิที่เป็นอยู่ก่อนแล้วสำหรับค่าใช้จ่ายของการลดมลพิษ ภายใต้ขอบเขตของเครื่องมือทางนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งภูมิที่เป็นอยู่ก่อนแล้วนั้นบ่งบอกถึงการที่สูงขึ้นแบบลดลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับค่าใช้จ่ายในการลดมลพิษทุกเครื่องมือ แต่ผลกระทบที่มีต่อค่าใช้จ่าย เช่น ภูมิที่แตกต่างกันระหว่างเครื่องมือแต่ละชนิด ภูมิที่เป็นอยู่ก่อนแล้วนั้นสามารถจัดค่าใช้จ่ายที่เป็นประโยชน์ของเครื่องมือตามพื้นฐานตลาด (ภูมิการปล่อยมลพิษและใบอนุญาต) ตลอดจนการมอบอำนาจทางเทคโนโลยีหรือมาตรฐานของผลการดำเนินงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าคิดนโยบายล้มเหลวในการสร้างรายได้และการใช้รายได้สำหรับการการปรับลดภูมิที่เป็นอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในแต่ละเครื่องมือขึ้นคือความไวสูงต่อขอบเขตของการลดมลพิษ โดยนโยบายส่วนใหญ่ขึ้นค่าใช้จ่ายในการลดมลพิษจะมาบรรจบเป็นค่าเดียวกันกับการลดมลพิษที่เข้าใกล้ร้อยละ 100

อึ้งการ เลิศหิรัญกิจ (2552) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผลในการลงทุนปรับปรุงระบบผลิตน้ำปราศจากไอออนของบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สดอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยในการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วยระหว่างการผลิตน้ำปราศจากไอออนด้วยกระบวนการผลิตแบบเดิมกับการผลิตหลังจากที่มีการลงทุนใหม่เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสุทธิระหว่างการลงทุนปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำปราศจากไอออนเทียบกับการจัดจ้างผู้รับเหมาภายนอกเข้ามาทำการปรับปรุง และ ดำเนินการผลิตเพื่อจำหน่ายน้ำปราศจากไอออนให้แก่ทางบริษัทฮิตาชิ โกลบอล สดอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

ผลการศึกษารูปได้ว่า การประเมินโครงการเปรียบเทียบระหว่างทางบริษัททำการปรับปรุงระบบเองเทียบกับการจัดจ้างผู้รับเหมาเข้ามาลงทุน และดำเนินการผลิต ทำให้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ที่ประหยัดได้จากการดำเนินการปรับปรุงระบบด้วยตนเองเท่ากับ 7,382,568 บาท จึงทำให้ทางบริษัทควรเลือกการลงทุนปรับปรุงระบบ ผลิตด้วยตนเอง วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตน้ำปราศจากไอออน

นิศากร เวศกิจกุล (2536) ได้ทำการศึกษากาใช้หลักประสิทธิภาพทางต้นทุนในการเลือกวิธีการทำปุ๋ยหมักจากขยะ (กรณีศึกษา : การเก็บและการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองเพชรบุรี) โดยได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการทำปุ๋ยหมักจากขยะที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักประสิทธิภาพทางต้นทุน ศึกษาสภาพการณ์เกี่ยวกับการกำจัดขยะและปัญหาขยะ และเสนอแนะการกำจัดขยะที่เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพท้องถิ่น ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากการวิจัยและการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดขยะ โดยตรง กำหนดการทำปุ๋ยหมักเป็น 5 วิธี คือวิธี A,B,C, D และ E ความแตกต่างของแต่ละวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของขยะที่นำมาหมักและวิธีการโรยหัวเชื้อและสารเร่ง

จากการศึกษาพบว่าต้นทุนการผลิตต่อตันของวิธี B ต่ำที่สุด และต้นทุนการกำจัดขยะต่อตันของวิธี C ต่ำที่สุด และวิธี B มีผลรวมของต้นทุนต่อหน่วยทั้ง 2 ประเภทต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด การทำปุ๋ยหมักช่วยลดปัญหาขยะด้วยเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากและได้ผลผลิตคือปุ๋ยในเวลาประมาณ 3 เดือน แต่คาดว่าจะขายได้จะไม่คุ้มกับต้นทุนการผลิตดังนั้นทางด้านการเงินไม่สนใจให้เอกชนเข้ามาผลิตปุ๋ยจากขยะ จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้ : เพื่อรักษาสีสิ่งแวดล้อมแม้รายได้ไม่คุ้มทุนก็ต้องดำเนินการและผู้ที่จะดำเนินการก็คือเทศบาลเมืองเพชรบุรี และการแยกขยะก่อนทิ้งนั้นเป็นรูปแบบที่ควรส่งเสริมให้มีการปฏิบัติอย่างจริงจัง เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรได้ประโยชน์สูงสุด

การวิเคราะห์โดยใช้หลักต้นทุนและประสิทธิผลจะใช้ในการวิเคราะห์โครงการที่ไม่สามารถประเมินหรือตีค่าผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับออกมาเป็นตัวเลขได้ เนื่องจากเห็นไม่ชัดเจน ซึ่งสามารถใช้หลักประหยัด = $\frac{\text{ต้นทุน}}{\text{ประสิทธิผล}}$ ตามวิธีการศึกษาของ อังคาร เลิศศิริฤทธิกิจ (2552), นิศากร เวศกิจกุล (2536) โดยในหลักในการคิดประสิทธิผลนั้นจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละโครงการ ซึ่งบางโครงการอาจคิดเป็นประสิทธิผลคงที่ และเกณฑ์ในการพิจารณานั้นจะเลือกโครงการที่ทำให้ได้ค่าต้นทุนต่อประสิทธิผลต่ำที่สุด และในการศึกษาด้านทุนประสิทธิภาพ

ของ Goulder, Parry, Williams III, Burtraw ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในแต่ละเครื่องมือขึ้น
คือความไวสูงต่อขอบเขตของการลดมลพิษ

Chooa, Abdounb, O'Rourkeb (2007), Bartlett, Lingwall (2014), รายงานของโครงการ
ศึกษาจัดทำคู่มือการก่อสร้างถนนบนพื้นดินอ่อน (กรมทางหลวงชนบท, 2553), ชวลิต นาคบรรพต
กุล, รัชพล หงษ์ประพันธ์, ทศนัย แปงยอด, บารเมศ วรรณะภูติ (2553) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ
ประสิทธิภาพของวัสดุ EPS Foam ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าวัสดุ EPS Foam นั้นสามารถช่วยลดการ
ทรุดตัวของพื้นดินได้ และยังสามารถลดแรงที่กระทำต่อท่อในแนวดิ่งจากน้ำหนักของวัสดุถมและ
ในแนวราบจากแรงกระทำที่เกิดขึ้นกับพื้นดินที่เกิดการสั่นสะเทือน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหามลพิษของท่อส่งก๊าซธรรมชาติโดยใช้วัสดุ EPS Foam ซึ่งประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 7 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ที่มา: ผู้ทำการศึกษา (2558)

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบเทคนิคในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวจากเสาเหตุดินหลุดตัว โดยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ เทียบกับวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เป็นวัสดุถมแทนดิน โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนต่อประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาทั้ง 2 วิธี ดังนี้

1. การศึกษาด้านต้นทุนการแก้ไขปัญหา ประกอบไปด้วย

- ต้นทุนด้านวัสดุที่ใช้ในการแก้ไข
- ต้นทุนด้านวิธีการดำเนินการแก้ไข
- ต้นทุนด้านการบำรุงรักษาหลังจากการแก้ไข
- ต้นทุนค่าเสียโอกาสระหว่างดำเนินการแก้ไข

2. การศึกษาด้านประสิทธิผล ประกอบไปด้วย

- ระยะการหลุดของท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่สามารถลดลงไปได้จากที่คาดการณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิจากหลายแหล่งโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ

เป็นการเก็บข้อมูลรวบรวมข้อมูลจากการเสนอราคาของผู้รับเหมาที่เข้ามาเสนอราคาการแก้ไขซึ่งประกอบด้วย 3 บริษัท ซึ่งทั้ง 3 บริษัทนั้นเป็นบริษัทที่ให้บริการการดำเนินงานในธุรกิจน้ำมันและก๊าซธรรมชาติภายในประเทศไทย ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานร่วมกับ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) โดยข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวมประกอบไปด้วยข้อมูลทางด้านเทคนิคของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวจากเสาเหตุดินหลุดตัว ข้อมูลทางการเงินที่ผู้รับเหมาแต่ละรายเสนอราคา รวมทั้งพิจารณาถึงระยะเวลาในการดำเนินงาน

2. ข้อมูลทฤษฎี

สำหรับข้อมูลส่วนนี้ได้จากการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลต้นทุนของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยวิธีต่างๆ รวมทั้งงานวิทยานิพนธ์ และการค้นคว้าอิสระที่เกี่ยวข้อง เอกสารวารสาร หนังสือวิชาการ งานศึกษาที่เกี่ยวข้อง เว็บไซต์ทางอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้อง วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาเปรียบเทียบต้นทุนของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam กับวิธีการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ เพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลของต้นทุนในรูปแบบของหลักประหยัด

$$\text{หลักประหยัด} = \frac{\text{ต้นทุน}}{\text{ประสิทธิผล}}$$

ซึ่งจะนำข้อมูลต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam เทียบกับประสิทธิผลในการช่วยลดการทรุดตัว ซึ่งผลที่ได้นี้นั้นค่าของต้นทุนต่อประสิทธิผลที่มีค่าน้อยกว่าจะแสดงถึงความคุ้มค่าของการลงทุนในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวที่คุ้มค่ามากกว่า

ดังนั้นการเลือกขยายผลการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวไปยังพื้นที่อื่นจะเลือกใช้วิธีที่ให้ค่าต้นทุนต่อประสิทธิผลที่ต่ำกว่า

ทั้งนี้ในการพิจารณาหาผลการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ จะต้องทำการทบทวนความคุ้มค่าอีกครั้ง เนื่องจากผลที่ได้จากการคำนวณนั้นจะมีค่าเป็นลบ ซึ่งอาจทำให้การตีความหมายจากผลนั้นผิดพลาดได้

นอกจากนั้นการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาต้นทุนของการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้

วัสดุ EPS foam พร้อมกับประสิทธิผลที่คาดการณ์ว่าจะสามารถแก้ไขปัญหามลพิษได้ โดยเป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ครั้งเดียวในปีแรกในทุกกรณี และจะทำการแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพิ่มเติมในแต่ละกรณีตามประสิทธิผลที่คาดการณ์ โดยจะทำการแบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีกในช่วงระยะเวลาโครงการ

2. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 5 ปี ในช่วงระยะเวลาโครงการ

3. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 3 ปี ในช่วงระยะเวลาโครงการ

4. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ในช่วงระยะเวลาโครงการ

5. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ในช่วงระยะเวลาโครงการ

6. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

เพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ในช่วงระยะเวลาโครงการ

โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดช่วงอายุของโครงการเท่ากับ 20 ปี ซึ่งเป็นอายุในการออกแบบของท่อส่งก๊าซธรรมชาติประธานที่ได้ไปทำการเชื่อมต่อไว้และทั้งนี้ใช้อัตราคิดลดร้อยละ 4 เนื่องจากเป็นอัตราดอกเบี้ยของหุ้นกู้ของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ออกหุ้นกู้ ณ วันที่ 15 ธันวาคม 2557 ซึ่งผลที่ได้จะแสดงถึงความคุ้มค่าของการแก้ไขในแต่ละกรณีว่ามีต้นทุนเป็นอย่างไร

ทั้งนี้ราคาคาดการณ์ในอนาคตและปริมาณความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติในอนาคตคิดจากวิธีการพยากรณ์โดยใช้วิธีการคาดการณ์ประมาณจากสมการแนวโน้มระยะยาว ซึ่งคือการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในอดีตจำนวนหนึ่งมาทำการปรับเรียบด้วยเทคนิคทางสถิติแบบสหสัมพันธ์ถดถอย (Regression Analysis) ข้อมูลที่ไม่เป็นเส้นตรงจะถูกปรับให้เป็นเส้นตรงด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$Y(t) = a + bt$$

$Y(t)$ = ค่าพยากรณ์

t = อันดับของเวลา

n = จำนวนชุดข้อมูล

a = ค่าคงที่ของ Y ที่ $t = 0$

b = slope ของเส้นตรง

$$b = \frac{(n \sum t \cdot y) - (\sum t \sum y)}{(n \sum t^2) - (\sum t)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum t}{n}$$

สภาพทั่วไปของการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติและรายละเอียดการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่หลุดตัวซึ่งประกอบด้วย 2 วิธี คือ 1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่หลุดด้วยการขุดเปิดปรับระดับท่อและใช้วัสดุ EPS Foam 2.การแก้ไขปัญหาท่อที่หลุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

พัฒนาการของระบบท่อนส่งก๊าซธรรมชาติ

ระบบท่อนส่งก๊าซธรรมชาตินั้นถือได้ว่าเป็นวิธีการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสูง ก่อให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด ซึ่งจะมาจากการวางแผนที่รอบคอบและการลงทุนที่ใช้งบประมาณที่สูง ปัจจุบันระบบท่อนส่งก๊าซธรรมชาตินั้นถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญต่อพลังงานของประเทศไทย โดยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนั้นระบบท่อนส่งก๊าซธรรมชาติได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องดังรายละเอียดต่อไปนี้

กระบอกไม้ไผ่คือหลักฐานที่ถูกค้นพบที่มีการนำไปใช้ขนส่งก๊าซธรรมชาติโดยระบบท่อนตั้งแต่ 900 ปี ก่อนคริสตกาล โดยชาวจีนเป็นผู้คิดค้น

ในปี พ.ศ. 2359 นั้นประเทศสหรัฐอเมริกาได้ค้นพบก๊าซธรรมชาติเป็นครั้งแรกและได้มีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แสงสว่างบนถนนบัลติมอร์ มลรัฐแมริแลนด์ ต่อมาเมื่อมีการค้นพบก๊าซธรรมชาติมากขึ้นจึงทำให้มีการวางเครือข่ายท่อนส่งก๊าซธรรมชาติอย่างจริงจังตั้งแต่ช่วง พ.ศ. 2463 เป็นต้นมา โดยเฉพาะช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง ซึ่งในปัจจุบันนั้นความยาวของเครือข่ายท่อนส่งก๊าซธรรมชาติทั่วโลกนั้นมีรวมกันมากกว่า 1,000,000 กิโลเมตร โดยครึ่งหนึ่งนั้นอยู่ในทวีปอเมริกาเหนือ และอีก 1 ใน 4 อยู่ในยุโรปตะวันตก

ในปี พ.ศ. 2524 เป็นปีแรกที่ประเทศไทยเริ่มมีการก่อสร้างระบบท่อนส่งก๊าซธรรมชาติและเริ่มใช้งานโดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยซึ่งรับผิดชอบการวางท่อนส่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งเอราวัณในอ่าวไทยมายังชายฝั่งที่จังหวัดระยอง เป็นระยะทางประมาณ 415 กิโลเมตร และวางท่อนบนบกจากจังหวัดระยองเลียบถนนสายหลักส่งตรงไปยังผู้ใช้ ซึ่งได้แก่ โรงไฟฟ้าบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา โรงไฟฟ้าพระนครใต้ จังหวัดสมุทรปราการ และในปัจจุบันนั้นประเทศไทยนั้นมีความยาวของระบบท่อนส่งก๊าซธรรมชาติทั้งหมดประมาณ 4,226 เป็นเครือข่ายทั่วประเทศทั้งบนบกและในทะเล เพื่อทำการจัดส่งก๊าซธรรมชาติสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์

การวางท่อในทะเล

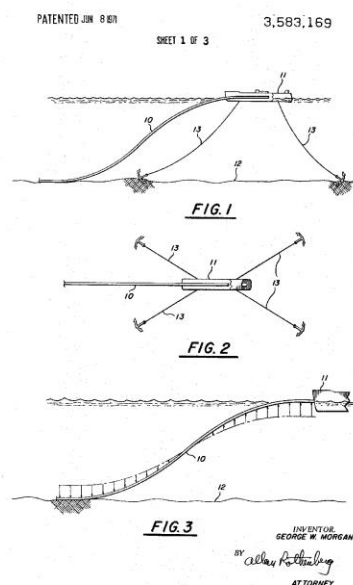
สำหรับประเทศไทยนั้นแหล่งก๊าซธรรมชาติส่วนมากอยู่ในทะเลโดยเฉพาะบริเวณทะเลอ่าวไทย จึงมีความจำเป็นต้องวางแนวท่อในทะเลเพื่อส่งก๊าซมายังฝั่งแผ่นดิน โดยมีกระบวนการดังนี้

1. สำรวจแนวท่อ

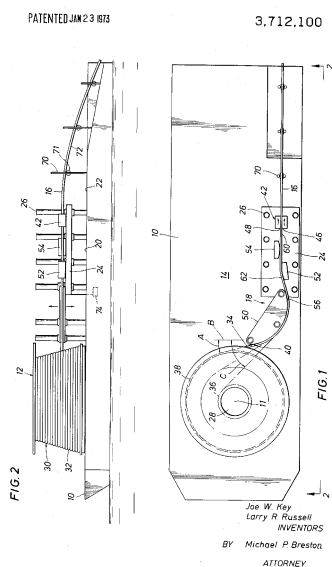
ก่อนจะเริ่มการก่อสร้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติในทะเล ต้องทำการสำรวจแนวท่อเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม ได้แก่ การหาความลึกของท้องทะเล การตรวจสอบสภาพของพื้นท้องทะเล ตลอดจนการเก็บตัวอย่างชั้นดินเพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ นอกจากนี้การสำรวจแนวทอยังเป็นการสำรวจค้นหาอุปสรรคต่างๆ ตามแนวท่อ ได้แก่ สิ่งก่อสร้างเดิม การใช้พื้นที่ของบุคคลที่สาม การก่อสร้างช่วงขึ้นสู่ฝั่ง เป็นต้น

2. วางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

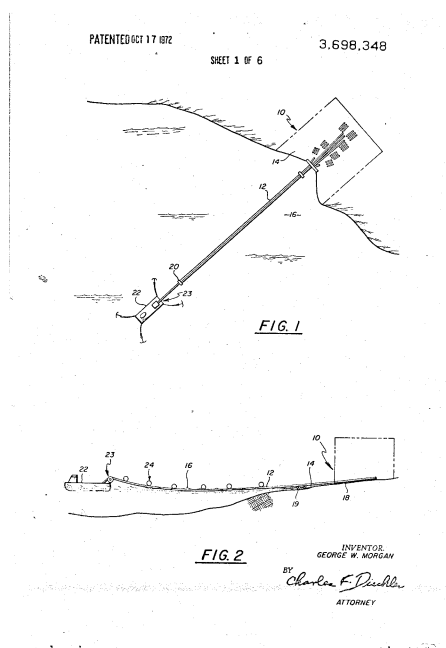
ในการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ใช้กันอยู่ในโลกจะมีอยู่ 3 วิธีคือ 1.การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Lay Barge 2.การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Reel Barge และ 3. การวางท่อโดยใช้วิธีแบบ Towing แต่ในประเทศไทยใช้วิธีที่ 1 แบบ Lay Barge โดยวิธีการนั้นจะเริ่มจากการนำท่อส่งก๊าซธรรมชาติแต่ละท่อนมาต่อกันและเชื่อมบนเรือวางท่อ เมื่อทำการเชื่อมและผ่านการตรวจสอบความสมบูรณ์ด้วยวิธีเอ็กซ์เรย์เสร็จแล้ว เรือวางท่อจะเคลื่อนตัวไปข้างหน้าและทำการวางท่อลงบนพื้นท้องทะเล โดยปล่อยให้ท่อจมลงเองด้วยน้ำหนักของท่อเองและจมลงในร่องที่ได้ขุดไว้ หลังจากนั้นปล่อยให้พื้นทรายกลบท่อส่งก๊าซธรรมชาติเองตามธรรมชาติ ทั้งนี้ความลึกของการขุดร่องจะขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 8 การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Lay Barge
ที่มา: Morgan George W (1971)



ภาพที่ 9 การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Reel Barge
ที่มา: Key J, Russell L (1973)



ภาพที่ 10 การวางท่อโดยใช้เรือวางท่อแบบ Towing

ที่มา: Morgan George W (1972)

3. สำรวหลังวางท่อ

หลังจากวางท่อแล้วจะมีการสำรวจแนวท่อที่วางอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าท่อวางตัวบนพื้นท้องทะเลดีหรือไม่ หากพบว่าท่อวางพาดบนหลุมหรือส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน จนเกิดระยะที่ท่อวางโดยไม่มีพื้นดินรองรับเป็นระยะยาวเกินค่าที่ออกแบบ จะต้องทำการค้ำยันหรือปรับพื้นทะเลที่สูงให้ลาดลงต่อไป

การวางท่อนบก

หลังจากได้วางท่อเพื่อขนส่งก๊าซธรรมชาติจากในทะเลขึ้นมาบนฝั่งแล้ว ก็จะต้องมีการวางท่อนบกต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นที่การวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

2. จัดเตรียมพื้นที่วางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ จะเป็นการเตรียมพื้นที่ตามแนวท่อให้มีความกว้างประมาณ 15 เมตร เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ พร้อมทั้งปรับระดับผิวดินให้เรียบสม่ำเสมอ

3. ขนย้ายท่อส่งก๊าซธรรมชาติ โดยจะใช้รถบรรทุกในการขนย้ายท่อส่งก๊าซธรรมชาติจากลานเก็บท่อไปยังพื้นที่วางท่อนำท่อมาวางเรียงต่อกันตามแนวร่องที่ขุด

4. ขุดร่องโดยใช้รถขุด ซึ่งความลึกของร่องที่ขุดนั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดของท่อและมาตรฐานความลึกตามที่กำหนด โดยมีมาตรฐานขั้นต่ำ 1 เมตร และหากวางอยู่ในเขตทางของกรมทางหลวงจะลึกอย่างน้อย 1.5 เมตร ส่วนดินชั้นบนนั้นจะถูกแยกไว้ต่างหากเพื่อนำมาถมผิวดินในภายหลัง

5. คัดท่อ โดยท่อนั้นจะต้องมีความโค้งตามแนวหรือโค้งตามระดับของร่องที่ขุด ดังนั้นจึงต้องมีการคัดท่อเพื่อให้ท่อวางตัวในแนวที่ถูกต้อง

6. เชื่อมท่อส่งก๊าซธรรมชาติและทำการเอ็กซเรย์ โดยปกติแล้วท่อส่งก๊าซธรรมชาติจะมีความยาวท่อนละ 12 เมตร ซึ่งต้องต่อท่อแต่ละท่อนก่อน โดยการทำกรเชื่อมและตรวจสอบความสมบูรณ์ทุกรอยเชื่อม 100%

7. เคลือบท่อภายนอก วัสดุที่ทำการเคลือบท่อภายนอกนั้นมีหลายชนิดและหลายวิธี โดยมีการกำหนดไว้ในมาตรฐาน ASME B31.8 เช่น Fusion Bond Epoxy, High Density Polyethylene เป็นต้น เพื่อป้องกันสนิมและการผุกร่อนบนรอยเชื่อมอีกครั้ง

8. นำท่อลงสู่ร่องขุด โดยจะใช้รถแทรกเตอร์ยกหัวท่อและวางท่อลงในร่องขุด ในกรณีที่พื้นร่องเป็นหิน จะต้องรองด้วยดินหรือทรายเพื่อป้องกันการกระแทกไว้ก่อนการนำท่อลง

9. กลบท่อ ในกรณีที่ท่ออยู่ในแนวหินหรือดินหยาบต้องใช้ทรายรองรับก่อน แล้วกลบท่อด้วยดินที่ขุดขึ้นมาระหว่างการขุดร่องและทำการอัดแน่นพอควร เพื่อให้คืนสภาพเดิมของพื้นที่ และจะนำเอาดินชั้นบนกลับมากลบที่ผิวดินเพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ง่าย

10. ปรับพื้นที่คืนสู่สภาพเดิม โดยหลังจากการกลับท่อแล้วจะต้องทำการปรับสภาพพื้นที่ภูมิทัศน์ให้กลับคืนสู่สภาพเดิมเหมือนก่อนที่จะมีการวางท่อ ยกเว้นการปลูกต้นไม้ยืนต้นจะหลีกเลี่ยง เพื่อป้องกันรากไม้ชอนไชสารเคลือบผิวท่อ พร้อมทั้งติดตั้งป้ายเตือนแสดงแนวเขตตลอดแนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

ซึ่งในการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยตลอดแนวที่ท่อส่งก๊าซธรรมชาติพาดผ่าน จึงทำให้ในการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติต้องมีการควบคุมดังนี้

1. ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นต้องเป็นท่อเหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงสูง โดยความแข็งแรงของท่อจะเลือกจากขนาดแรงดันที่ใช้ในการส่งก๊าซธรรมชาติและสภาพพื้นที่นั้นๆ ที่ท่อส่งก๊าซธรรมชาติพาดผ่าน

2. ท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่นำมาใช้นั้นจะต้องผลิตจากโรงงานที่ผ่านมาตรฐานสากลและผ่านการทดสอบก่อนนำมาใช้งาน

3. ขนาดของท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่สามารถรองรับการไหลของก๊าซธรรมชาติที่ปริมาณสูงสุดได้

4. ความหนาของท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นจะต้องมีความหนาที่เพียงพอ โดยความหนานั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ คือ ความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติ ความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างการวางท่อและความดันภายนอกซึ่งอาจทำให้ท่อเสียหาย ทั้งนี้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากล

5. การออกแบบนั้นต้องออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลทางวิศวกรรมของสหรัฐอเมริกา ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping System ในส่วนลิกนั้นต้องดูจากลักษณะของพื้นที่โดยรอบว่าเป็นพื้นที่ชุมชนหรือไม่ หรือถ้าเป็นการฝังลอคใต้ถนน ระดับความลึกของการฝังก็จะมีแตกต่างกัน ทั้งนี้การฝังลิกนั้นจะฝังลิกตามมาตรฐานสากล

นอกจากนี้ในการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นยังมีมาตรการป้องกันต่างๆ เพื่อป้องกันท่อส่งก๊าซธรรมชาติจากการเกิดสนิม และการผุกร่อน โดยมีมาตรการดังต่อไปนี้

1. การเคลือบผิวท่อ โดยท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นจะถูกเคลือบผิวภายนอกเพื่อป้องกันการผุกร่อน สำหรับท่อในทะเลนั้นต้องทำการเคลือบ 2 แบบ ได้แก่การเคลือบผิวเพื่อป้องกันการผุกร่อนและการพอกด้วยคอนกรีต เพื่อเพิ่มน้ำหนักให้ท่อสามารถจมลงในพื้นท้องทะเลและมีเสถียรภาพ นอกจากนี้การพอกด้วยคอนกรีตยังช่วยให้ท่อมีความสามารถในการป้องกันการกระแทกจากอุปกรณ์การประมงและกิจกรรมอื่นๆ ในทะเล

2. การป้องกันการผุกร่อนด้วยไฟฟ้า โดยการป้องกันด้วยวิธีนี้จะเป็นการออกแบบที่ให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่มีอายุการใช้งานได้นาน โดยจะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวจ่ายอิเล็กตรอนแทนเหล็กโดยต่อขั้วลบไปยังท่อ และต่อขั้วบวกไปยังแท่ง Anode ซึ่งจะถูกติดตั้งเป็นระยะๆ ตามแนวท่อเพื่อให้ Anode นั้นถูกกัดกร่อนแทนตัวท่อ โดยระยะห่างและขนาดของ Anode จะขึ้นอยู่กับสถานะแวดล้อมโดยรอบท่อ และคุณสมบัติก๊าซธรรมชาติที่ไหลในท่อ

3. การตรวจสอบความแข็งแรงและการรั่วของท่อโดยใช้แรงดันน้ำ เพื่อให้มั่นใจว่าท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถทนต่อความดันที่กำหนดได้นั้น จึงต้องมีการตรวจสอบความแข็งแรงและการรั่วของท่อโดยใช้แรงดันน้ำ ซึ่งท่อบนบกนั้นจะใช้ความดัน 1.25 – 1.4 เท่าของความดันที่ออกแบบไว้ ส่วนท่อในทะเลใช้ความดันระหว่างทดสอบ 1.25 เท่าของความดันที่ออกแบบ ทั้งนี้การทดสอบแรงดันน้ำจะดำเนินการก่อนการปล่อยก๊าซธรรมชาติเข้าสู่ท่อ

เมื่อได้ทำการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติไปแล้วนั้นหากเกิดปัญหาการทรุดตัวขึ้นจะต้องทำการแก้ไขเพื่อป้องกัน ไม่ให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติซึ่งมี 2 วิธีหลักๆ ดังนี้

1. การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการขุดเปิดปรับระดับท่อและใช้วัสดุ EPS

Foam

ขั้นตอนการดำเนินการ

1.1 งานขุดเปิดดินและระบบป้องกันดินพังทลาย

- 1) กำหนดขอบเขตบริเวณที่จะทำการขุด และทำการ ป้องกันการเกิดความเสี่ยงภัยแก่สาธารณูปโภคใกล้เคียง ทำการขุดดินโดยใช้แรงงานคน และอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้เป็น Hand Tools การขุดดินให้ขุดเอาดินรอบท่อออกจนระดับท้องท่อกับผิวดินห่างกันไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

ในกรณีที่การปฏิบัติงานแต่ละจุดไม่สามารถดำเนินการไปแล้วเสร็จภายในวันเดียวให้ผู้รับจ้างต้องจัดหากระสอบทรายมากลบท่อนี้ให้มีความสูงจากหลังท่อนไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร และนำ Sheet Pile มาวางป้องกันอีกชั้นหนึ่ง พร้อมทั้งจัดเตรียมสัญญาณไฟฉุกเฉินและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากยานพาหนะ (Hard Barrier) และบุคคลที่จะไปทำให้เกิดอันตรายกับท่อได้ ตลอด 24 ชั่วโมง

- 2) ตรวจสอบแนวท่อนก่อนทำการขุดและตรวจสอบระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงซึ่งอาจได้รับผลกระทบในการขุดและตรวจสอบความลึกด้วยเครื่องมือที่สามารถหาแนวท่อและความลึกได้ เช่น Pipe Locator

3) จากนั้นใช้เหล็กแท่งสำรวจหาตำแหน่งที่แน่นอนของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ กรณีที่ความยาวแท่งเหล็กไม่เพียงพอหาตำแหน่งความลึกของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ให้ใช้คนขุดดินลงไปประมาณ 60% ของความลึกที่วัดได้จากเครื่องวัดความลึก แล้วใช้เหล็กตรวจสอบอีกครั้ง ถ้าแท่งเหล็กยังมีความยาวไม่เพียงพอ ให้ทำซ้ำจนกระทั่งพบตำแหน่งที่แน่นอนของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

- 4) กรณีที่ท่อส่งก๊าซธรรมชาติอยู่ใกล้แนวสายไฟฟ้าแรงสูง เมื่อหาตำแหน่งท่อก๊าซด้วย Pipe Locator เรียบร้อยแล้ว การขุดดินให้ใช้แรงงานคนขุดจนเห็นแนวท่อเท่านั้น ห้ามใช้เครื่องจักรในการขุด เนื่องจากข้อมูลที่ได้จาก Pipe Locator อาจมีความผิดพลาด

- 5) จากนั้นเก็บข้อมูลแนวระดับความลึก ของท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุกเส้นและระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ ทั้งหมดบริเวณที่ทำการตรวจสอบเพื่อไปทำแบบรายละเอียด

- 6) หลังจากพบตำแหน่งท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ที่แน่นอนแล้วให้ทำสัญลักษณ์ในตำแหน่งตรงกับขอบของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ทั้งสองข้างอย่างน้อย 3 ตำแหน่งประกอบไปด้วยจุดเริ่มต้น, จุดกลางและจุดสิ้นสุดที่จะขุด ให้เห็นเป็นแนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ใช้เครื่องจักรขุดดินทั้ง 2 ข้างของแนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ให้ห่างจากข้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติ อย่างน้อย 30 ซม. และใช้แรงงานคนขุดลอกดินที่อยู่เหนือท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ออกจนเห็นหลังท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ได้ชัดเจน โดยห้ามไม่ให้ใช้เครื่องจักรขุดลอกดินหลังแนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติ อย่างเด็ดขาด

- 7) ใช้คนขุดดินใต้ท้องท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ประมาณ 50-60 เซนติเมตร จนท้องส่งก๊าซธรรมชาติ ลอยเพื่อให้มีพื้นที่ทำงานได้สะดวก และใช้ค้ำยันรองใต้ท้องท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ซึ่งป้องกันไม่ให้ท้องส่งก๊าซธรรมชาติ บวมหรือทรุดตัว และต้องใส่ค้ำยันทุกระยะไม่เกิน 3 เมตร

1.2 งานปรับระดับท้องส่งก๊าซธรรมชาติ โดยทำการปรับระดับท้องส่งก๊าซธรรมชาติที่อยู่เหนือพื้นดินให้ได้ระดับที่เหมาะสม

1.3 งานฝังกลบดิน

1) ทำการฝังกลบดิน และหนุนกระสอบทรายใต้ท้องท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ให้แน่นทุกระยะ 3 เมตร โดยให้ลักษณะของกระสอบทรายเป็นรูปสามเหลี่ยม ทั้งนี้ต้องหนุนท่ออื่นๆที่อยู่ข้างเคียงซึ่งได้รับผลกระทบจากการขุดด้วย

2) ฝังกลบรอบท้องส่งก๊าซธรรมชาติ ด้วยทรายละเอียด เช่น ทรายถม และทรายที่ใช้ในการฝังกลบจะต้องไม่มีเศษหินหรือวัสดุอื่นที่จะเป็นอันตรายต่อผิวท้องส่งก๊าซธรรมชาติ ในการถมต้องมีทรายล้อมรอบท้องส่งก๊าซธรรมชาติ ไม่น้อยกว่า 30 ซม.จากนั้นบดอัดทรายโดยใช้เครื่องบดอัดขนาดเล็กแบบเดินตาม

3) นำแผ่น EPS Foam วางบนชั้นทราย

4) ระยะที่เหลือให้ถมด้วยดิน พร้อมทำการบดอัดดินเป็นชั้นๆ ความหนาชั้นละไม่เกิน 30 ซม. ด้วยเครื่องบดอัดขนาดเล็กแบบเดินตาม

5) ทำการวางแผ่นคำเตือนบนทราย แล้วกลบดินพร้อมบดอัดจนถึงระดับเดิมด้วยดินเดิมที่ขุดขึ้นมา

6) ทำการวัดความลึกของระดับหลังท่อทุกๆ ระยะ 3 เมตร เทียบกับระดับอ้างอิงที่ไม่มีการทรุดตัว เช่น เสาขยายสัญญาณโทรศัพท์ เป็นต้น

2. การแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท้องส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท้องส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้

2.1 การจัดทำทอส่งก๊าซธรรมชาติ ให้ยึดตัวได้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1) จัดทำและติดตั้งทอส่งก๊าซธรรมชาติที่สามารถยึดตัวได้และฐานรองรับเพื่อ ลดแรงกระทำที่เกิดขึ้นในทอส่งก๊าซธรรมชาติ จากการทรุดตัวที่แตกต่างกัน
- 2) ทดสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมใน ทอส่งก๊าซธรรมชาติ ที่สามารถยึดตัวได้ โดยการทดสอบแบบไม่ทำลายทุกรอยเชื่อม
- 3) ทำความสะอาดภายในทอส่งก๊าซธรรมชาติ ซึ่งผ่านการทำการทดสอบแรงดันด้วย น้ำให้เรียบร้อย
- 4) ทำการตัดแยกทอส่งก๊าซธรรมชาติ เดิม และเชื่อมต่อกับทอส่งก๊าซธรรมชาติที่ สามารถยึดตัวได้
- 5) ทำสีทอส่งก๊าซธรรมชาติตามมาตรฐานเดิมให้เรียบร้อย
- 6) ตรวจสอบงานเชื่อม, งานสีบริเวณที่ติดตั้งทอส่งก๊าซธรรมชาติ ที่สามารถยึดตัว ได้
- 7) ติดตั้งฐานรองรับพร้อมทั้งทำสี เพื่อรองรับทอส่งก๊าซธรรมชาติที่สามารถยึดตัว ได้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในบทนี้จะแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดผลการศึกษาแต่ละส่วนประกอบด้วย

1. ต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดโดยใช้วัสดุ EPS Foam
2. ต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดโดยการตัดต่อท่อ
3. ผลคาดการณ์การดำเนินงาน
4. ค่าเสียโอกาสของการแก้ไขจากผลคาดการณ์การดำเนินงาน
5. ผลการดำเนินงานจริง จากการตรวจสอบผลของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดโดยใช้วัสดุ EPS Foam ที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 ในช่วงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 – มกราคม พ.ศ. 2559 ไม่พบการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

สำหรับผลการศึกษาในบทนี้จะอยู่ภายใต้ข้อสมมติของโครงการดังนี้

1. ระยะเวลาของโครงการคือ 20 ปี เนื่องจากท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 นั้นได้ทำการเชื่อมต่อจากท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อประธานเส้นที่ 1 เส้นบางพลี – สระบุรี ซึ่งท่อเส้นนี้มีอายุการใช้งาน 20 ปี จึงสมมติให้ท่อที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 นั้นมีอายุการใช้งาน 20 เช่นกัน
2. สมมติให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติสามารถทนการทรุดตัวได้เท่ากับ 10 เซนติเมตร เนื่องจากผลการสำรวจท่อส่งก๊าซธรรมชาติในปี พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2558 นั้นเกิดการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ประมาณ 10 เซนติเมตรแล้วจึงต้องดำเนินการแก้ไขปัญหา อีกทั้งพื้นที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 นั้นอยู่ในเขตพื้นที่วิกฤตอันดับ 1 ที่มีการทรุดตัวมากกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี
3. อัตราคิดลดที่ใช้ในการคำนวณผลคือ ร้อยละ 4 เนื่องจากเป็นอัตราหุ้นกู้ไม่มีประกันของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ครั้งที่ 1/2557 ครอบคลุมปี พ.ศ. 2564 ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยของหุ้นกู้ที่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ได้ทำการออกหุ้นกู้ล่าสุด
4. ค่าเสียโอกาสคำนวณจากการเสียโอกาสที่ไม่ได้ทำการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติให้แก่ลูกค้าเป็นระยะเวลา 10 วัน เพื่อทำการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณก๊าซธรรมชาติเฉลี่ย

ปี พ.ศ.2558 รวมกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการพยากรณ์ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นปีละ 0.74% ต่อปี และใช้ราคาของก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการพยากรณ์ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นปีละ 0.36 บาทต่อปีจากการศึกษาได้ผลการศึกษาตามตารางด้านล่างต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ปริมาณร้อยละของการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์ของประเทศไทย

ปี พ.ศ.	ปริมาณก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ)
2547	0.1
2548	0.2
2549	0.4
2550	0.7
2551	2.2
2552	4.0
2553	4.5
2554	5.6
2555	6.1
2556	6.7
2557	6.8
2558	6.4

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2559)

ตารางที่ 4 การพยากรณ์ปริมาณร้อยละการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์ของประเทศไทย

ปี พ.ศ.	ปริมาณก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ)
2559	8.43
2560	9.16
2561	9.90
2562	10.63
2563	11.37
2564	12.11
2565	12.84
2566	13.58
2567	14.31
2568	15.05
2569	15.79
2570	16.52
2571	17.26
2572	17.99
2573	18.73
2574	19.47
2575	20.20
2576	20.94
2577	21.67
2578	22.41

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 5 พยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติสถานีส่งก๊าซธรรมชาติถึงแกว 2

ปี พ.ศ.	ปริมาณก๊าซธรรมชาติ (กิโลกรัม)
2559	310,640.06
2560	312,926.42
2561	315,229.60
2562	317,549.74
2563	319,886.95
2564	322,241.36
2565	324,613.10
2566	327,002.30
2567	329,409.08
2568	331,833.58
2569	334,275.92
2570	336,736.24
2571	339,214.66
2572	341,711.33
2573	344,226.37
2574	346,759.93
2575	349,312.13
2576	351,883.11
2577	354,473.02
2578	357,081.99

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 6 ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือน

ปี	บาทต่อกิโลกรัม
2547	7.61
2548	8.48
2549	8.50
2550	8.50
2551	8.50
2552	8.50
2553	8.50
2554	8.50
2555	10.08
2556	10.50
2557	10.75
2558	13.08

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน (2559)

ตารางที่ 7 พยากรณ์ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือน

ปี พ.ศ.	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)
2559	11.62
2560	11.98
2561	12.34
2562	12.70
2563	13.06
2564	13.41
2565	13.77
2566	14.13
2567	14.49
2568	14.85
2569	15.21
2570	15.56
2571	15.92
2572	16.28
2573	16.64
2574	17.00
2575	17.36
2576	17.72
2577	18.07
2578	18.43

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 8 ต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยใช้วัสดุ EPS Foam

รายละเอียดงาน	ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1 วัสดุและอุปกรณ์				
1.1 งานระบบท่อ				
1.1.1 ท่อและอุปกรณ์	1	งาน	40,800	40,800
1.2 Installation and Civil Work				
1.2.1 งานขุดและขนย้าย	5	วัน	17,500	87,500
1.2.2 วัสดุ EPS Foam	10	ชิ้น	9,331	93,310
1.2.3 กระสอบทรายและเทปเดือน	1	งาน	17,500	17,500
1.2.4 งานถม	1	งาน	52,500	52,500
1.2.5 งานตรวจสอบแนวท่อขณะปฏิบัติงาน	1	งาน	86,700	86,700
1.2.6 งานเตรียมสภาพพื้นที่และงานคืนสภาพพื้นที่	1	งาน	65,000	65,000
2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน				
2.1 งานการจัดการโครงการ	1	งาน	525,300	525,300
2.2 งานวิศวกรรม	1	งาน	86,700	86,700
2.3 งานเตรียมความพร้อมเครื่องมือ	1	งาน	97,500	97,500
2.4 อุปกรณ์ภาคสนามต่างๆ	1	งาน	26,700	26,700
2.5 งานจัดการด้านความปลอดภัย	1	งาน	17,300	17,300
2.6 งานเอกสารรายงานฉบับสมบูรณ์และแบบก่อสร้าง	1	งาน	26,700	26,700
2.7 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	1	งาน	92,760	92,760
2.8 ค่าไร่ในการดำเนินงาน	1	งาน	92,760	92,760
รวม				1,409,030

ที่มา: จากผู้ทำการศึกษา (2558)

จากตารางที่ 8 ต้นทุนในส่วนของวัสดุอุปกรณ์หากแบ่งต้นทุนตามหน้าที่จะถูกจัดอยู่ในค่าใช้จ่ายในการลงทุน หากแบ่งต้นทุนตามลักษณะจะถูกจัดอยู่ในค่าใช้จ่ายขั้นต้น หากแบ่งต้นทุนตามพฤติกรรมจะถูกจัดอยู่ในค่าใช้จ่ายคงที่ และในส่วนของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานหากแบ่งต้นทุนตามหน้าที่จะถูกจัดอยู่ในค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน หากแบ่งต้นทุนตามลักษณะจะถูกจัดอยู่ในค่าใช้จ่ายขั้นต้น หากแบ่งต้นทุนตามพฤติกรรมจะถูกจัดอยู่ในค่าใช้จ่ายคงที่

ตารางที่ 9 ต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการตัดต่อท่อ

รายละเอียดงาน	ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1 วัสดุและอุปกรณ์				
1.1 งานระบบท่อ				
1.1.1 ท่อและอุปกรณ์	1	งาน	40,800	40,800
1.2 อุปกรณ์				
1.2.1 วาล์ว	1	ชิ้น	170,640	170,640
1.3 งานติดตั้งและงานเตรียมชิ้นงาน				
1.3.1 งานเตรียมชิ้นงาน	1	งาน	165,200	165,200
1.3.2. งานทำความสะอาดและทดสอบด้วยแรงดันน้ำ	1	งาน	84,000	84,000
1.3.3 งานทำสี	1	งาน	28,000	28,000
1.3.4 งานพันเทป	1	งาน	3,700	3,700
1.3.5 งานทดสอบ	1	งาน	17,500	17,500
2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน				
2.1 งานการจัดการโครงการ	1	งาน	525,300	525,300
2.2 งานวิศวกรรม	1	งาน	53,300	53,300
2.3 งานเตรียมความพร้อมเครื่องมือ	1	งาน	84,000	84,000
2.4 อุปกรณ์ภาคสนามต่างๆ	1	งาน	26,700	26,700
2.5 งานจัดการด้านความปลอดภัย	1	งาน	26,700	26,700
2.6 งานเอกสารรายงานฉบับสมบูรณ์และแบบก่อสร้าง	1	งาน	66,700	66,700

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รายละเอียดงาน	ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
2.7 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	1	งาน	159,120	159,120
2.8 ค่าไ้ในการดำเนินงาน	1	งาน	159,120	159,120
รวม				1,610,780

ที่มา: จากผู้ทำการศึกษา (2558)

จากตารางที่ 9 ต้นทุนในส่วนของวัสดุอุปกรณ์หากแบ่งต้นทุนตามหน้าที่จะถูกจัดอยู่ใน ค่าใช้จ่ายในการลงทุน หากแบ่งต้นทุนตามลักษณะจะถูกจัดอยู่ใน ค่าใช้จ่ายขั้นต้น หากแบ่งต้นทุนตามพฤติกรรมจะถูกจัดอยู่ใน ค่าใช้จ่ายคงที่ และในส่วนของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานหากแบ่ง ต้นทุนตามหน้าที่จะถูกจัดอยู่ใน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน หากแบ่งต้นทุนตามลักษณะจะถูกจัดอยู่ ในค่าใช้จ่ายขั้นต้น หากแบ่งต้นทุนตามพฤติกรรมจะถูกจัดอยู่ใน ค่าใช้จ่ายคงที่

ตารางที่ 10 ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่ดั่วโดยวิธีการใช้ วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการท่ดั่วของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี

ต้นทุน ปีที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่ดั่ว					
	100	80	60	40	20	0
(บาท)						
1	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
2	-	-	-	-	-	1,489,256.66
3	-	-	-	1,431,977.55	1,431,977.55	1,431,977.55
4	-	-	1,376,901.49	-	-	1,376,901.49
5	-	-	-	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75
6	-	1,273,022.83	-	-	-	1,273,022.83
7	-	-	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42
8	-	-	-	-	-	1,176,981.17
9	-	-	-	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66
10	-	-	1,088,185.25	-	-	1,088,185.25

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ต้นทุน ปีที่ (บาท)	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัว					
	100	80	60	40	20	0
11	-	1,046,331.97	-	1,046,331.97	1,046,331.97	1,046,331.97
12		-	-	-	-	1,006,088.44
13	-	-	967,392.73	967,392.73	967,392.73	967,392.73
14	-	-	-	-	-	930,185.31
15	-	-	-	894,408.96	894,408.96	894,408.96
16	-	860,008.61	860,008.61	-	-	860,008.61
17	-	-	-	826,931.36	826,931.36	826,931.36
18	-	-	-	-	-	795,126.30
19	-	-	764,544.52	764,544.52	764,544.52	764,544.52
20	-	-	-	-	-	735,138.97
รวม	1,354,836.54	4,534,199.95	7,635,929.56	10,966,140.45	10,966,140.45	21,697,035.49

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 10 การวิเคราะห์ผลคาดการณ์ประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปีนั้น ซึ่งมูลค่าต้นทุนในปีแรกนั้นจะเป็นมูลค่าของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam ซึ่งเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว ปีถัดไปหลังจากนั้นเป็นต้นทุนในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัวโดยวิธีการใช้วิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. โดยในแต่ละปีนั้นคิดมูลค่าของต้นทุนด้วยวิธีการหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน โดยทำการปรับค่าของเวลาและใช้อัตราคิดลด ซึ่งได้ทำการคำนวณได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีกในช่วงระยะเวลาโครงการ ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 1,354,836.54 บาท

ตารางที่ 11 ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี

ค่าเสียโอกาส	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว (ร้อยละ)					
ปี (บาท)	100	80	60	40	20	0
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	1,112,655.19
3	-	-	-	1,110,972.03	1,110,972.03	1,110,972.03
4	-	-	1,108,298.58	-	-	1,108,298.58
5	-	-	-	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64
6	-	1,100,233.01	-	-	-	1,100,233.01
7	-	-	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57
8	-	-	-	-	-	1,088,933.42
9	-	-	-	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01
10	-	-	1,074,830.23	-	-	1,074,830.23
11	-	1,066,850.52	-	1,066,850.52	1,066,850.52	1,066,850.52
12	-	-	-	-	-	1,058,313.00
13	-	-	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53
14	-	-	-	-	-	1,039,733.86
15	-	-	-	1,029,771.66	1,029,771.66	1,029,771.66

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ค่าเสีย	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัว (ร้อยละ)					
โอกาส ปีที่ (บาท)	100	80	60	40	20	0
16	-	1,019,410.65	1,019,410.65	-	-	1,019,410.65
17	-	-	-	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68
18	-	-	-	-	-	997,629.81
19	-	-	986,274.35	986,274.35	986,274.35	986,274.35
20	-	-	-	-	-	974,649.02
รวม	-	3,186,494.18	6,333,033.91	9,533,680.00	9,533,680.00	20,108,366.76

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 11 การวิเคราะห์ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งค่าเสียโอกาสนั้นคิดจากมูลค่าที่ไม่ได้จำหน่ายก๊าซธรรมชาติเป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากต้องทำการแก้ไขปัญหาทุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งระหว่างทำการแก้ไขด้วยวิธีนี้มีความจำเป็นต้องหยุดการจ่ายก๊าซเพื่อดำเนินการแก้ไข ซึ่งค่าเสียโอกาสนี้จะเกิดขึ้นปีถัดไปหลังจากทำการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam โดยในแต่ละปีที่คิดค่าเสียโอกาสนั้นคิดจากการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติสถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 ร่วมกับการพยากรณ์ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือนและทำการหามูลค่าปัจจุบันของค่าเสียโอกาสดังกล่าว โดยทำการปรับค่าของเวลาและใช้อัตราคิดลด ซึ่งได้ทำการคำนวณได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีกในช่วงระยะเวลาโครงการ ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 0 บาท

2.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 2 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 5 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 3,186,494.18 บาท

3.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 4 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 3 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 6,333,033.91 บาท

4.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 6 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 9,533,680.00 บาท

5.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 8 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 9,533,680.00 บาท

6.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหมือนเดิมที่ 10 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำ

การแก้ไขปัญหามลพิษด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 20,108,366.76 บาท

ตารางที่ 12 ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหามลพิษท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ตัดต่อด้วยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam และค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหามลพิษท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ตัดต่อด้วยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการตัดต่อของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี

ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหามลพิษท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ตัดต่อ (ร้อยละ)							
	ปี ที่	100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	1	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	1	-	-	-	-	-	-
ต้นทุนปีที่ (บาท)	2	-	-	-	-	-	1,489,256.66
ค่าเสีย โอกาสปีที่ (บาท)	2	-	-	-	-	-	1,112,655.19
ต้นทุน (บาท)	3	-	-	-	1,431,977.55	1,431,977.55	1,431,977.55

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติรวม (ร้อยละ)							
	ปี ที่	100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	3	-	-	-	1,110,972.03	1,110,972.03	1,110,972.03
ต้นทุน (บาท)	4	-	-	1,376,901.49	-	-	1,376,901.49
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	4	-	-	1,108,298.58	-	-	1,108,298.58
ต้นทุน (บาท)	5	-	-	-	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	5	-	-	-	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64
ต้นทุน (บาท)	6	-	1,273,022.83	-	-	-	1,273,022.83
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	6	-	1,100,233.01	-	-	-	1,100,233.01

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติภาคใต้ (ร้อยละ)							
	ปี ที่	100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	7	-	-	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	7	-	-	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57
ต้นทุน (บาท)	8	-	-	-	-	-	1,176,981.17
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	8	-	-	-	-	-	1,088,933.42
ต้นทุน (บาท)	9	-	-	-	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	9	-	-		1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01
ต้นทุน (บาท)	10	-	-	1,088,185.25	-	-	1,088,185.25
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	10	-	-	1,074,830.23	-	-	1,074,830.23
ต้นทุน (บาท)	11	-	1,046,331.97	-	1,046,331.97	1,046,331.97	1,046,331.97

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติภาคใต้ (ร้อยละ)							
	ปี ที่	100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	11	-	1,066,850.52		1,066,850.52	1,066,850.52	1,066,850.52
ต้นทุน (บาท)	12	-	-	-	-	-	1,006,088.44
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	12	-	-	-	-	-	1,058,313.00
ต้นทุน (บาท)	13	-	-	967,392.73	967,392.73	967,392.73	967,392.73
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	13	-	-	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53
ต้นทุน (บาท)	14	-	-	-	-	-	930,185.31
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	14	-	-	-	-		1,039,733.86
ต้นทุน (บาท)	15	-	-	-	894,408.96	894,408.96	894,408.96
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	15	-	-	-	1,029,771.66	1,029,771.66	1,029,771.66
ต้นทุน (บาท)	16	-	860,008.61	860,008.61	-	-	860,008.61

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติภาคใต้ (ร้อยละ)							
	ปี ที่	100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	16	-	1,019,410.65	1019410.65	-	-	1,019,410.65
ต้นทุน (บาท)	17	-	-	-	826,931.36	826,931.36	826,931.36
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	17	-	-	-	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68
ต้นทุน (บาท)	18	-	-	-	-	-	795,126.30
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	18	-	-	-	-	-	997,629.81
ต้นทุน (บาท)	19	-	-	764,544.52	764,544.52	764,544.52	764,544.52
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	19	-	-	986,274.35	986,274.35	986,274.35	986,274.35
ต้นทุน (บาท)	20	-	-	-	-	-	735,138.97
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	20	-	-	-	-	-	974,649.02
ต้นทุนรวม (บาท)		1,354,836.54	4,534,199.95	7,635,929.56	10,966,140.45	10,966,140.45	21,697,035.49

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติทุดตัว (ร้อยละ)						
ปี ที่	100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาสรวม (บาท)	-	3,186,494.18	6,333,033.91	9,533,680.00	9,533,680.00	20,108,366.76
รวมทั้งหมด (บาท)	1,354,836.54	7,720,694.13	13,968,963.47	20,499,820.45	20,499,820.45	41,805,402.25

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 13 หลักประหยัด เมื่อคาดการณ์มีการทุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี

ประสิทธิผลช่วยลดการทุดตัว (เซนติเมตร)	ต้นทุนและค่าเสียโอกาส (บาท)	หลักประหยัด (บาทต่อ เซนติเมตร)
10	1,354,836.54	135,483.65
8	7,720,694.13	965,086.77
6	13,968,963.47	2,328,160.58
4	20,499,820.45	5,124,955.11
2	20,499,820.45	10,249,910.23
0	41,805,402.25	หาค่าไม่ได้

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 13 ทำการวิเคราะห์ตามหลักประหยัดคือทำการเปรียบเทียบต้นทุนและค่าเสียโอกาสต่อประสิทธิผลที่สามารถลดการทุดตัวได้ เมื่อคาดการณ์มีการทุดตัวของพื้นดิน 10 เซนติเมตรต่อปี ได้ผลแบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ลดการทรุดตัวได้ 10 เซนติเมตร ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีก ในช่วงระยะเวลาโครงการ มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 135,483.65 บาทต่อเซนติเมตร

2.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ลดการทรุดตัวได้ 8 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 965,086.77 บาทต่อเซนติเมตร

3.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ลดการทรุดตัวได้ 6 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 2,328,160.58 บาทต่อเซนติเมตร

4.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ลดการทรุดตัวได้ 4 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 5,124,955.11 บาทต่อเซนติเมตร

5.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ลดการทรุดตัวได้ 2 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 10,249,910.23 บาทต่อเซนติเมตร

6.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ไม่ลดการทรุดตัว จึงทำให้ไม่มีค่าของหลักประหยัด

ตารางที่ 14 ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี

ต้นทุน ปีที่ (บาท)	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว					
	100	80	60	40	20	0
1	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	1,431,977.55
4	-	-	-	-	1,376,901.49	-
5	-	-	-	1,323,943.75	-	1,323,943.75
6	-	-	1,273,022.83	-	-	-

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ต้นทุน ปีที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดัก					
	100	80	60	40	20	0
(บาท)						
7	-	-	-	-	1,224,060.42	1,224,060.42
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	1,131,712.66	-	1,131,712.66
10	-	1,088,185.25	-	-	1,088,185.25	-
11	-	-	1,046,331.97	-	-	1,046,331.97
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	967,392.73	967,392.73	967,392.73
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	894,408.96
16	-	-	860,008.61	-	860,008.61	-
17	-	-	-	826,931.36	-	826,931.36
18	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	764,544.52	764,544.52
20	-	735,138.97	-	-	-	-
รวม	1,354,836.54	3,178,160.76	4,534,199.95	5,604,817.03	7,635,929.56	10,966,140.45

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 14 การวิเคราะห์ผลคาดการณ์ประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดักโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการท่อดักของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปีนั้น ซึ่งมูลค่าต้นทุนในปีแรกนั้นจะเป็นมูลค่าของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดักโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam ซึ่งเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว ปิดตัวไปหลังจากนั้นเป็นต้นทุนในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดักโดยวิธีการใช้วิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. โดยในแต่ละปีนั้นคิดมูลค่าของต้นทุนด้วยวิธีการหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน โดยทำการปรับค่าของเวลาและใช้อัตราคิดลด ซึ่งได้ทำการคำนวณได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีกในช่วงระยะเวลาโครงการ ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 1,354,836.54 บาท

2.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 1 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 10 ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 3,178,160.76 บาท

3.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 2 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 5 ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 4,534,199.95 บาท

4.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 3 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 4 ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 5,604,817.03 บาท

5.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 4 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 3 ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 7,635,929.56 บาท

6.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหมือนเดิมที่ 5 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้น

สามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 10,966,140.45 บาท

ตารางที่ 15 ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดักตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการท่อดักตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี

ค่าเสียโอกาส	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดักตัว (ร้อยละ)					
โอกาสปีที่ (บาท)	100	80	60	40	20	0
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	1,110,972.03
4	-	-	-	-	1,108,298.58	-
5	-	-	-	1,104,698.64	-	1,104,698.64
6	-	-	1,100,233.01	-	-	-
7	-	-	-	-	1,094,959.57	1,094,959.57
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	1,082,207.01	-	1,082,207.01
10	-	1,074,830.23	-	-	1,074,830.23	-
11	-	-	1,066,850.52	-	-	1,066,850.52
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	1,029,771.66
16	-	-	1,019,410.65	-	1,019,410.65	-
17	-	-	-	1,008,685.68	-	1,008,685.68
18	-	-	-	-	-	-
19	-	-	986,274.35	-	986,274.35	986,274.35
20	-	974,649.02	-	-	-	-

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ค่าเสีย	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดับ (ร้อยละ)					
โอกาส	100	80	60	40	20	0
ปีที่						
(บาท)						
รวม	-	2,049,479.25	3,186,494.18	4,244,851.87	6,333,033.91	9,533,680.00

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 15 การวิเคราะห์ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดับด้วยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการท่อดับของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งค่าเสียโอกาสนั้นคิดจากมูลค่าที่ไม่ได้จำหน่ายก๊าซธรรมชาติเป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อท่อดับด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยืดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งระหว่างทำการแก้ไขด้วยวิธีนี้มีความจำเป็นต้องหยุดการจ่ายก๊าซเพื่อดำเนินการแก้ไข ซึ่งค่าเสียโอกาสนี้จะเกิดขึ้นปีถัดไปหลังจากทำการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดับด้วยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam โดยในแต่ละปีที่คิดค่าเสียโอกาสนั้นคิดจากการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติสถานีส่งก๊าซธรรมชาติถึงแกว 2 ร่วมกับการพยากรณ์ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือนและทำการหามูลค่าปัจจุบันของค่าเสียโอกาสดังกล่าว โดยทำการปรับค่าของเวลาและใช้อัตราคิดลด ซึ่งได้ทำการคำนวณได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดับด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีกในช่วงระยะเวลาโครงการ ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 0 บาท

2.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดับด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการท่อดับเหลือ 1 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อท่อดับด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยืดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 10 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 2,049,479.25 บาท

3.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเฉลี่ย 2 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อที่ทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 5 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 3,186,494.18 บาท

4.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเฉลี่ย 3 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อที่ทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 4 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 4,244,851.87 บาท

5.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเฉลี่ย 4 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อที่ทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 3 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 6,333,033.91 บาท

6.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหมือนเดิมที่ 10 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อที่ทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 9,533,680.00 บาท

ตารางที่ 16 ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำเนินการโดยใช้วัสดุ EPS Foam และค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำเนินการโดยใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการท่อดำเนินการของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำเนินการ (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	1	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	1	-	-	-	-	-	-
ต้นทุนปีที่ (บาท)	2	-	-	-	-	-	-
ค่าเสีย โอกาสปีที่ (บาท)	2	-	-	-	-	-	-
ต้นทุน (บาท)	3	-	-	-	-	-	1,431,977.55
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	3	-	-	-	-	-	1,110,972.03
ต้นทุน (บาท)	4	-	-	-	-	1,376,901.49	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	4	-	-	-	-	1,108,298.58	-
ต้นทุน (บาท)	5	-	-	-	1,323,943.75	-	1,323,943.75
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	5	-	-	-	1,104,698.64	-	1,104,698.64

ตารางที่ 16 (ต่อ)

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติท่าคั่ว (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	6	-	-	1,273,022.83	-	-	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	6	-	-	1,100,233.01	-	-	-
ต้นทุน (บาท)	7	-	-	-	-	1,224,060.42	1,224,060.42
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	7	-	-	-	-	1,094,959.57	1,094,959.57
ต้นทุน (บาท)	8	-	-	-	-	-	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	8	-	-	-	-	-	-
ต้นทุน (บาท)	9	-	-	-	1,131,712.66	-	1,131,712.66
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	9	-	-	-	1,082,207.01	-	1,082,207.01
ต้นทุน (บาท)	10	-	1,088,185.25	-	-	1,088,185.25	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	10	-	1,074,830.23	-	-	1,074,830.23	-
ต้นทุน (บาท)	11	-	-	1,046,331.97	-	-	1,046,331.97

ตารางที่ 16 (ต่อ)

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อสัปดาห์ (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	11	-	-	1,066,850.52	-	-	1,066,850.52
ต้นทุน (บาท)	12	-	-	-	-	-	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	12	-	-	-	-	-	-
ต้นทุน (บาท)	13	-	-	-	967,392.73	967,392.73	967,392.73
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	13	-	-	-	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53
ต้นทุน (บาท)	14	-	-	-	-	-	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	14	-	-	-	-	-	-
ต้นทุน (บาท)	15	-	-	-	-	-	894,408.96
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	15	-	-	-	-	-	1,029,771.66
ต้นทุน (บาท)	16	-	-	860,008.61	-	860,008.61	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	16	-	-	1019410.65	-	1,019,410.65	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำ (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	17	-	-	-	826,931.36	-	826,931.36
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	17	-	-	-	1,008,685.68	-	1,008,685.68
ต้นทุน (บาท)	18	-	-	-	-	-	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	18	-	-	-	-	-	-
ต้นทุน (บาท)	19	-	-	-	-	764,544.52	764,544.52
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	19	-	-	-	-	986,274.35	986,274.35
ต้นทุน (บาท)	20	-	735,138.97	-	-	-	-
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	20	-	974,649.02	-	-	-	-
ต้นทุนรวม (บาท)		1,354,836.54	3,178,160.76	4,534,199.95	5,604,817.03	7,635,929.56	10,966,140.45
ค่าเสีย โอกาสรวม (บาท)		-	2,049,479.25	3,186,494.18	4,244,851.87	6,333,033.91	9,533,680.00
รวม ทั้งหมด (บาท)		1,354,836.54	5,227,640.01	7,720,694.14	9,849,668.90	13,968,963.48	20,499,820.45

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 17 หลักประหยัด เมื่อคาดการณ์มีการทุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี

ประสิทธิผลช่วยลดการทุดตัว (เซนติเมตร)	ต้นทุนและค่าเสียโอกาส (บาท)	หลักประหยัด (บาท ต่อเซนติเมตร)
5	1,354,836.54	270,967.31
4	7,720,694.13	1,930,173.53
3	7,720,694.14	2,573,564.71
2	9,849,668.90	4,924,834.45
1	13,968,963.48	13,968,963.48
0	20,499,820.45	หาค่าไม่ได้

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 17 ทำการวิเคราะห์ตามหลักประหยัดคือทำการเปรียบเทียบต้นทุนและค่าเสียโอกาสต่อประสิทธิผลที่สามารถลดการทุดตัวได้ เมื่อคาดการณ์มีการทุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี ได้ผลแบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่ส่งก๊าซธรรมชาติทุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ลดการทุดตัวได้ 5 เซนติเมตร ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ได้ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีก ในช่วงระยะเวลาโครงการ มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 270,967.31 บาทต่อเซนติเมตร

2.การแก้ไขปัญหาท่ส่งก๊าซธรรมชาติทุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ลดการทุดตัวได้ 4 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 1,930,173.53 บาทต่อเซนติเมตร

3.การแก้ไขปัญหาท่ส่งก๊าซธรรมชาติทุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ลดการทุดตัวได้ 3 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 2,573,564.71 บาทต่อเซนติเมตร

4.การแก้ไขปัญหาท่ส่งก๊าซธรรมชาติทุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ลดการทุดตัวได้ 2 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 4,924,834.45 บาทต่อเซนติเมตร

5.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ลดการทรุดตัวได้ 1 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 13,968,963.48 บาทต่อเซนติเมตร

6.การแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ไม่ลดการทรุดตัว จึงทำให้ไม่มีค่าของหลักประหยัด

ตารางที่ 18 ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี

ต้นทุนปี ที่ (บาท)	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อน้ำทิ้งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว					
	100	80	60	40	20	0
1	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
2	-	-	-	1,489,256.66	1,489,256.66	1,489,256.66
3	-	-	1,431,977.55	1,431,977.55	1,431,977.55	1,431,977.55
4	-	-	-	1,376,901.49	1,376,901.49	1,376,901.49
5	-	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75
6	-	-	-	1,273,022.83	1,273,022.83	1,273,022.83
7	-	-	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42
8	-	-	-	1,176,981.17	1,176,981.17	1,176,981.17
9	-	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66
10	-	-	-	1,088,185.25	1,088,185.25	1,088,185.25
11	-	-	1,046,331.97	1,046,331.97	1,046,331.97	1,046,331.97
12	-	-	-	1,006,088.44	1,006,088.44	1,006,088.44
13	-	967,392.73	967,392.73	967,392.73	967,392.73	967,392.73
14	-	-	-	930,185.31	930,185.31	930,185.31
15	-	-	894,408.96	894,408.96	894,408.96	894,408.96
16	-	-	-	860,008.61	860,008.61	860,008.61
17	-	826,931.36	826,931.36	826,931.36	826,931.36	826,931.36
18	-	-	-	795,126.30	795,126.30	795,126.30
19	-	-	764,544.52	764,544.52	764,544.52	764,544.52
20	-	-	-	735,138.97	735,138.97	735,138.97
รวม	1,354,836.54	5,604,817.03	10,966,140.45	21,697,035.49	21,697,035.49	21,697,035.49

ที่มา: จากการคำนวณ

ตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 21,697,035.49 บาท

5.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 12 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 21,697,035.49 บาท

6.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหมือนเดิมที่ 15 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ต้นทุนในการแก้ไขตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 21,697,035.49 บาท

ตารางที่ 19 ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี

ค่าเสียโอกาส	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว (ร้อยละ)					
	100	80	60	40	20	0
ปีที่ (บาท)						
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	1,112,655.19	1,112,655.19	1,112,655.19
3	-	-	1,110,972.03	1,110,972.03	1,110,972.03	1,110,972.03
4	-	-	-	1,108,298.58	1,108,298.58	1,108,298.58
5	-	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64
6	-	-	-	1,100,233.01	1,100,233.01	1,100,233.01
7	-	-	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57
8	-	-	-	1,088,933.42	1,088,933.42	1,088,933.42

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ค่าเสียโอกาส	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำ (ร้อยละ)					
ปี (บาท)	100	80	60	40	20	0
9	-	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01
10	-	-	-	1,074,830.23	1,074,830.23	1,074,830.23
11	-	-	1,066,850.52	1,066,850.52	1,066,850.52	1,066,850.52
12	-	-	-	1,058,313.00	1,058,313.00	1,058,313.00
13	-	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53
14	-	-	-	1,039,733.86	1,039,733.86	1,039,733.86
15	-	-	1,029,771.66	1,029,771.66	1,029,771.66	1,029,771.66
16	-	-	-	1,019,410.65	1,019,410.65	1,019,410.65
17	-	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68
18	-	-	-	997,629.81	997,629.81	997,629.81
19	-	-	986,274.35	986,274.35	986,274.35	986,274.35
20	-	-	-	974,649.02	974,649.02	974,649.02
รวม	-	4,244,851.87	9,533,680.00	20,108,366.76	20,108,366.76	20,108,366.76

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 19 การวิเคราะห์ค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการท่อดำของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งค่าเสียโอกาสนั้นคิดจากมูลค่าที่ไม่ได้จำหน่ายก๊าซธรรมชาติเป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อท่อดำด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งระหว่างทำการแก้ไขด้วยวิธีนี้มีความจำเป็นต้องหยุดการจ่ายก๊าซเพื่อดำเนินการแก้ไข ซึ่งค่าเสียโอกาสนี้จะเกิดขึ้นปีถัดไปหลังจากทำการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam โดยในแต่ละปีที่เกิดค่าเสียโอกาสนั้นคิดจากการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติสถานีส่งก๊าซธรรมชาติถึงแกว 2 ร่วมกับการพยากรณ์ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือนและทำการหามูลค่าปัจจุบันของค่าเสีย

โอกาสดังกล่าว โดยทำการปรับค่าของเวลาและใช้อัตราคิดลด ซึ่งได้ทำการคำนวณได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีกในช่วงระยะเวลาโครงการ ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 0 บาท

2.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 3 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 4 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 4,244,851.87บาท

3.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 6 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ 2 ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 9,533,680.00บาท

4.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 9 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 20,108,366.76 บาท

5.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหลือ 12 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อทดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 20,108,366.76 บาท

6.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติมีการทรุดตัวเหมือนเดิมที่ 15 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ต้องทำการแก้ไขปัญหาท่อที่ชำรุดด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขทุกๆ ปี ทำให้ค่าเสียโอกาสตลอดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 20,108,366.76 บาท

ตารางที่ 20 ผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุดด้วยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam และค่าเสียโอกาสจากผลคาดการณ์ประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุดด้วยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ชำรุด (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	1	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	1	-	-	-	-	-	-
ต้นทุนปี ที่ (บาท)	2	-	-	-	1,489,256.66	1,489,256.66	1,489,256.66
ค่าเสีย โอกาส ปีที่ (บาท)	2	-	-	-	1,112,655.19	1,112,655.19	1,112,655.19
ต้นทุน (บาท)	3	-	-	1,431,977.55	1,431,977.55	1,431,977.55	1,431,977.55
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	3	-	-	1,110,972.03	1,110,972.03	1,110,972.03	1,110,972.03
ต้นทุน (บาท)	4	-	-	-	1,376,901.49	1,376,901.49	1,376,901.49

ตารางที่ 20 (ต่อ)

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติหุดตัว (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	4	-	-	-	1,108,298.58	1,108,298.58	1,108,298.58
ต้นทุน (บาท)	5	-	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75	1,323,943.75
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	5	-	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64	1,104,698.64
ต้นทุน (บาท)	6	-	-	-	1,273,022.83	1,273,022.83	1,273,022.83
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	6	-	-	-	1,100,233.01	1,100,233.01	1,100,233.01
ต้นทุน (บาท)	7	-	-	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42	1,224,060.42
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	7	-	-	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57	1,094,959.57
ต้นทุน (บาท)	8	-	-	-	1,176,981.17	1,176,981.17	1,176,981.17
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	8	-	-	-	1,088,933.42	1,088,933.42	1,088,933.42
ต้นทุน (บาท)	9	-	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66	1,131,712.66
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	9	-	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01	1,082,207.01

ตารางที่ 20 (ต่อ)

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติรวม (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ต้นทุน (บาท)	10	-	-	-	1,088,185.25	1,088,185.25	1,088,185.25
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	10	-	-	-	1,074,830.23	1,074,830.23	1,074,830.23
ต้นทุน (บาท)	11	-	-	1,046,331.97	1,046,331.97	1,046,331.97	1,046,331.97
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	11	-	-	1,066,850.52	1,066,850.52	1,066,850.52	1,066,850.52
ต้นทุน (บาท)	12	-	-	-	1,006,088.44	1,006,088.44	1,006,088.44
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	12	-	-	-	1,058,313.00	1,058,313.00	1,058,313.00
ต้นทุน (บาท)	13	-	967,392.73	967,392.73	967,392.73	967,392.73	967,392.73
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	13	-	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53	1,049,260.53
ต้นทุน (บาท)	14	-	-	-	930,185.31	930,185.31	930,185.31
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	14	-	-	-	1,039,733.86	1,039,733.86	1,039,733.86
ต้นทุน (บาท)	15	-	-	894,408.96	894,408.96	894,408.96	894,408.96

ตารางที่ 20 (ต่อ)

	ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติภาคตัว (ร้อยละ)					
		100	80	60	40	20	0
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	15	-	-	1,029,771.66	1,029,771.66	1,029,771.66	1,029,771.66
ต้นทุน (บาท)	16	-	-	-	860,008.61	860,008.61	860,008.61
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	16	-	-	-	1,019,410.65	1,019,410.65	1,019,410.65
ต้นทุน (บาท)	17	-	826,931.36	826,931.36	826,931.36	826,931.36	826,931.36
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	17	-	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68	1,008,685.68
ต้นทุน (บาท)	18	-	-	-	795,126.30	795,126.30	795,126.30
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	18	-	-	-	997,629.81	997,629.81	997,629.81
ต้นทุน (บาท)	19	-	-	764,544.52	764,544.52	764,544.52	764,544.52
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	19	-	-	986,274.35	986,274.35	986,274.35	986,274.35
ต้นทุน (บาท)	20	-	-	-	735,138.97	735,138.97	735,138.97
ค่าเสีย โอกาส (บาท)	20	-	-	-	974,649.02	974,649.02	974,649.02

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ปี ที่	ร้อยละของประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาต่อส่งก๊าซธรรมชาติท่อดำ (ร้อยละ)					
	100	80	60	40	20	0
ต้นทุน	1,354,836.54	5,604,817.03	10,966,140.45	21,697,035.49	21,697,035.49	21,697,035.49
รวม						
(บาท)						
ค่าเสียโอกาส	-	4,244,851.87	9,533,680.00	20,108,366.76	20,108,366.76	20,108,366.76
รวม						
(บาท)						
รวม	1,354,836.54	9,849,668.90	20,499,820.45	41,805,402.25	41,805,402.25	41,805,402.25
ทั้งหมด						
(บาท)						

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 21 หลักประหยัด เมื่อคาดการณ์มีการท่อดำของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี

ประสิทธิผลช่วยลดการท่อดำ (เซนติเมตร)	ต้นทุนและค่าเสียโอกาส (บาท)	หลักประหยัด (บาท ต่อเซนติเมตร)
15	1,354,836.54	90,322.43
12	9,849,668.90	820,805.74
9	20,499,820.45	2,277,757.83
6	41,805,402.25	6,967,567.42
3	41,805,402.25	13,935,134.08
0	41,805,402.25	หาค่าไม่ได้

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 21 ทำการวิเคราะห์ตามหลักประหยัดคือทำการเปรียบเทียบต้นทุนและค่าเสียโอกาสต่อประสิทธิผลที่สามารถลดการท่อดำได้ เมื่อคาดการณ์มีการท่อดำของพื้นดิน 15 เซนติเมตรต่อปี ได้ผลแบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ

1.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 100 ลดการทรุดตัวได้ 15 เซนติเมตร ซึ่งจะส่งผลให้ไม่ได้ต้องดำเนินการแก้ไขใดๆ ต่อไปอีก ในช่วงระยะเวลาโครงการ มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 90,322.43 บาทต่อเซนติเมตร

2.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 80 ลดการทรุดตัวได้ 12 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 820,805.74 บาทต่อเซนติเมตร

3.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 60 ลดการทรุดตัวได้ 9 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 2,277,757.83 บาทต่อเซนติเมตร

4.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 40 ลดการทรุดตัวได้ 6 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 6,967,567.42 บาทต่อเซนติเมตร

5.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 20 ลดการทรุดตัวได้ 3 เซนติเมตร มีค่าหลักประหยัดเท่ากับ 13,935,134.08 บาทต่อเซนติเมตร

6.การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดด้วยการใช้วัสดุ EPS Foam ได้ประสิทธิผลร้อยละ 0 ไม่ลดการทรุดตัว จึงทำให้ไม่มีค่าของหลักประหยัด

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวจากเสาเหตุดินหลุดตัวโดยใช้วัสดุ EPS Foam ที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวเนื่องจากท่อส่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยนั้นได้ทำการก่อสร้างไปยังเขตจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการหลุดตัวของพื้นดินซึ่งส่งผลให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติในบริเวณดังกล่าวนั้นเกิดการหลุดตัวไปด้วย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาที่สถานีส่งก๊าซธรรมชาติกิ่งแก้ว 2 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีการหลุดตัวของพื้นดินแก้ไขทั้งการสร้างท่อส่งก๊าซธรรมชาติให้สามารถยึดตัวได้ และการทำห้วงยึดรั้งเพื่อรั้งท่อไม่ให้หลุดตัวลงไป แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหการหลุดตัวที่เกิดขึ้นได้ จึงได้ทำการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวโดยใช้วัสดุ EPS Foam และได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวจากเสาเหตุดินหลุดตัวโดยใช้วัสดุ EPS Foam และต้นทุนการแก้ไขปัญหาท่อหลุดตัวด้วยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ จากการเสนอราคาของผู้รับเหมาที่ได้เสนอราคาเพื่อทำการแก้ไขปัญหาท่อหลุดตัวให้กับ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และได้เปรียบเทียบต้นทุนและค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam และวิธีการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวโดยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ โดยทำการคำนวณมูลค่าต้นทุนในปีแรกนั้นจะเป็นมูลค่าของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam ซึ่งเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว ปีถัดไปหลังจากนั้นเป็นต้นทุนในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุดตัวโดยวิธีการใช้วิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นสามารถยึดตัวได้ 10 ซม. โดยในแต่ละปีนั้นคิดมูลค่าของต้นทุนและค่าเสียโอกาสด้วยวิธีการหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน โดยทำการปรับค่าของเวลาและใช้อัตราคิดลด ซึ่งได้ทำการคำนวณทั้งต้นทุนและค่าเสียโอกาสโดยแบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี คือ ค่าการณั้ประสิทธิภาพของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติหลุด โดยการใช่วัสดุ EPS Foam ได้ผลสูงสุด ร้อยละ 100, ร้อยละ 80, ร้อยละ 60, ร้อยละ 40, ร้อยละ 20 และร้อยละ 0 เมื่อคาดการณ์มีการหลุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี, 10 เซนติเมตรต่อปี, 15 เซนติเมตรต่อปี

จากการศึกษาพบว่า การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam มีต้นทุนในการแก้ไข 1,409,030 บาท และเป็นต้นทุนที่ต่ำกว่าการแก้ไขโดยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติซึ่งมีต้นทุนในการแก้ไข 1,610,780 บาท

ตารางที่ 22 ต้นทุนและค่าเสียโอกาสจากประสิทธิผลต่อการคาดการณ์การทรุดตัว

คาดการณ์การทรุดตัว (ชม. ต่อปี) ต้นทุนและ ค่าเสียโอกาสจาก ประสิทธิผล (บาท)	การทรุดตัว 5 ชม. ต่อปี	การทรุดตัว 10 ชม. ต่อปี	การทรุดตัว 15 ชม. ต่อปี
100 %	1,354,836.54	1,354,836.54	1,354,836.54
80 %	5,227,640.01	7,720,694.13	9,849,668.90
60 %	7,720,694.14	13,968,963.47	20,499,820.45
40 %	9,849,668.90	20,499,820.45	41,805,402.25
20 %	13,968,963.48	20,499,820.45	41,805,402.25
0 %	20,499,820.45	41,805,402.25	41,805,402.25

ที่มา: จากการคำนวณ

จากการวิเคราะห์ผลคาดการณ์ประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช้วัสดุ EPS Foam ซึ่งได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ 6 กรณี เมื่อคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 5 เซนติเมตรต่อปี, 10 เซนติเมตรต่อปี, 15 เซนติเมตรต่อปี การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam นั้นสามารถช่วยลดต้นทุนและค่าเสียโอกาสจากการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการตัดต่อท่อได้มากขึ้นเมื่อประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam นั้นมีค่ามากขึ้น โดยสามารถลดต้นทุนและค่าเสียโอกาสได้สูงเมื่อประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam ได้ผลสูงสุด คือ ร้อยละ 100 และไม่สามารถลดต้นทุนและค่าเสียโอกาสได้เมื่อประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam ได้ผลต่ำสุด คือ ร้อยละ 0 ซึ่งต้นทุนและค่าเสียโอกาสนั้นจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อการทรุดตัวของพื้นดินต่อปีที่คาดการณ์นั้นมีการทรุดตัวมากขึ้น

ตารางที่ 23 หลักประหยัคต่อประสิทธิผลช่วยลดการทรุดตัว

หลักประหยัค (บาทต่อ ซม.) ประสิทธิผลช่วย ลดการทรุดตัว (%)	การทรุดตัว 5 ซม. ต่อ ปี	การทรุดตัว 10 ซม. ต่อปี	การทรุดตัว 15 ซม. ต่อปี
100	270,967.31	135,483.65	90,322.43
80	1,930,173.53	965,086.77	820,805.74
60	2,573,564.71	2,328,160.58	2,277,757.83
40	4,924,834.45	5,124,955.11	6,967,567.42
20	13,968,963.48	10,249,910.23	13,935,134.08
0	หาค่าไม่ได้	หาค่าไม่ได้	หาค่าไม่ได้

ที่มา: จากการคำนวณ

เมื่อทำการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam โดยหลักประหยัค พบว่าค่าของหลักประหยัคนั้นจะมีความคุ้มค่าสูงสุดคือเมื่อประสิทธิผลช่วยลดการทรุดตัวมีค่าที่สูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบหลักประหยัคของการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam โดยจากการคาดการณ์ทรุดตัวของพื้นดินทั้ง 3 กรณี คือคาดการณ์มีการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตร, 10 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร พบว่าต้นทุนต่อประสิทธิผลช่วยลดการทรุดตัวนั้นจะมีค่าต่ำสุดเมื่อการทรุดตัวของพื้นดิน 15 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งนี้

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งนี้คือสามารถนำไปขยายผลในพื้นที่ที่มีการทรุดตัวที่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนและค่าเสียโอกาสในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว แต่ไม่ควรนำไปขยายผลในพื้นที่ที่มีการทรุดตัวที่สูงกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี เพราะไม่สามารถช่วยลดต้นทุนและค่าเสียโอกาสในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัว ทั้งนี้มีข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดโดยการใช่วัสดุ EPS Foam นั้นควรใช้พื้นที่ในการวาง EPS Foam ให้มากที่สุดเพื่อเป็นการลดน้ำหนักที่กระทำต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติให้ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การพยากรณ์ราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาติในภาครถยนต์เฉลี่ย 12 เดือน ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากในประเทศไทยราคาจำหน่ายปลีกก๊าซธรรมชาตินั้นมักจะถูกควบคุมโดยหน่วยงานรัฐบาล

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไปคือควรทำการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการใช่วัสดุ EPS Foam จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการนำวัสดุที่ไม่ย่อยสลายในการดำเนินการ และวิธีการแก้ไขปัญหาท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรุดตัวโดยวิธีการตัดต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ในการดำเนินการนั้นต้องทำการปล่อยก๊าซธรรมชาติที่คงค้างอยู่ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราคิดลด เนื่องจากอัตราคิดลดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อาจมีค่าต่ำกว่าในอนาคตเนื่องมาจากสภาพเศรษฐกิจที่ไม่ดีในปัจจุบัน รวมไปถึงวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปริมาณการบริโภคก๊าซธรรมชาติและราคาขายปลีกก๊าซธรรมชาติซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

บรรณานุกรม

กรมทางหลวงชนบท. 2553. รายงานของโครงการศึกษาจัดทำคู่มือการก่อสร้างถนนบนพื้นดินอ่อน www.research.drr.go.th/th/node/247, 7 กรกฎาคม 2558

กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย. 2551. รายงานผลการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน โครงการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2551

ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. 2544. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

นิสกร เวศกิจกุล. 2536. การใช้หลักประสิทธิภาพทางต้นทุนในการเลือกวิธีการทำปฏิกิริยาจากขยะ. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวลิต นาคบรรพตกุล, รัชพล หงษ์ประพันธ์, ทศนัย แปงยอด, บารเมศ วรธนะภูติ. 2553. การแก้ปัญหาการทรุดตัวของบริเวณคอสะพานเนื่องจากน้ำหนักของชั้นดินถมเหนือ Geofam.

โครงการนิสิตภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Online), www.research.eng.ku.ac.th/, 7 กรกฎาคม 2558

บรรพต ดั่งชนะ. 2547. การวิเคราะห์ต้นทุนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย การศึกษาค้นคว้าอิสระเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). 2559. ราคาขายปลีกกรุงเทพและปริมณฑล. (Online), <http://www.pttplc.com/th/Media-Center/Oil-Price/Pages/Bangkok-Oil-Price.aspx>, 30 พฤษภาคม 2559

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. 2542. การวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเกชั่น จำกัด (มหาชน).

แผนที่แสดงโครงข่ายระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่มา บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). แผนที่แสดงโครงข่ายระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ (Online). www.pttplc.com/th/About/Business/PTT-Owned-Business/Gas-Unit/Documents/PDF/แผนที่แสดงโครงข่ายท่อก๊าซ.pdf, 7 กรกฎาคม 2558

ยุพิน ประจวบเหมาะ. 2537. การจัดทำและประเมินโครงการ. กรุงเทพฯ: คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช. 2538. การวิเคราะห์โครงการและแผนงาน. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช.

วิญญู อรรถวานิช. 2557. เศรษฐศาสตร์พลังงาน พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บริษัท แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. 2558. สถิติพลังงาน. (Online), www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information, 30 พฤษภาคม 2559

อมรทิพย์ แท้เที่ยงธรรม. 2547. เศรษฐสถิติ:ระเบียบวิธีและการนำไปใช้เพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังคาร เลิศหิรัญกิจ. 2552. การวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผลในการลงทุนปรับปรุงระบบผลิตน้ำปราศจากไอออนของบริษัท อิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด. การศึกษาค้นคว้าอิสระเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hotta, H., Nishi, T. and Kuroda, S., 1996. **“Report of Results of Assessments of Damage to EPS Embankments Caused by Earthquakes”**, Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, EPS Tokyo '96, Japan, October 1996, pp. 308-318.

Key J, Russell L 1971. **Method and system for laying a pipeline from a reel barge**. (Online), www.google.com/patents/US3712100, 30 มิถุนายน 2559

Lawrence H. Goulder^{a, b, c, *}, Ian W.H. Parry^b, Robertson C. Williams III^a,
^b Dallas Burtraw. 1998. **The cost-effectiveness of alternative instruments for
 environmental protection in a second-best setting**

Miki, H., **Proceeds International Symposium on EPS Construction Method** (EPS TOKYO'
 96). October 29-30, 1996. EPS Development Organization (EDO)

Morgan George W 1972. **Method and apparatus for subsurface towing of flowlines.** (Online),
www.google.com/patents/US3698348, 30 มิถุนายน 2559

Morgan George W 1971. **Submarine pipeline laying.** (Online),
www.google.com/patents/US3583169, 30 มิถุนายน 2559

Steven Floyd Bartlett, Bret N Lingwall. 2014. **Protection of Pipelines and Buried Structures
 Using EPS Geofoam.** (Online), www.researchgate.net/publication/267508585, 7 กรกฎาคม
 2558

Yun Wook Choo^a, Tarek H. Abdoun^b, Michael J. O'Rourke^b, Da Ha. 2007. **Remediation for
 buried pipeline systems under permanent ground deformation.** Soil Dynamics and
 Earthquake Engineering 27 (2007) 1043–1055

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายเฉลิมชัย จีตะนันท์
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 6 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) จังหวัดกรุงเทพมหานคร

