

# สถานการณ์พลังงานโลก: วิกฤตการณ์น้ำมันครั้งที่ 3\*

พรายพล คุ่มทรัพย์

## I. บทนำ

ปัญหาเร่งด่วนในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อเกือบทุกประเทศในโลก คือ การที่ราคาน้ำมันได้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่องในช่วงเวลา 4-5 ปีที่ผ่านมา และดูเหมือนน้ำมันในปีนี้ (พ.ศ. 2551) จะแพงสูงสุดเป็นประวัติการณ์แล้ว ภาวะน้ำมันแพงทำให้ต้นทุนด้านพลังงาน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการขนส่ง) สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มีผลลูกโซ่ต่อไปยังราคาสินค้าและบริการต่างๆ นอกจากนี้จะทำให้ค่าครองชีพสูงขึ้นมากแล้ว ยังเป็นอุปสรรคต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจอีกด้วย ผลกระทบเหล่านี้ได้ก่อให้เกิดการประท้วงของกลุ่มผู้ที่ต้องแบกรับภาระ (เช่น คนขับรถบรรทุกและชาวประมง) ในหลายประเทศ รวมทั้งการเรียกร้องให้รัฐบาลยื่นมือเข้ามาแทรกแซงและให้ความช่วยเหลือ ปัญหาราคาน้ำมันแพงมากในช่วงนี้ถือได้ว่าเป็นวิกฤตการณ์น้ำมันครั้งที่ 3 ของโลกก็ว่าได้

ปัญหาด้านพลังงานในอีกแง่มุมหนึ่ง คือ ผลกระทบในระยะยาวต่อภาวะสิ่งแวดล้อมโลก นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยอมรับแล้วว่า การใช้พลังงานประเภทฟอสซิล (ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ซึ่งจะทำให้โลกร้อนขึ้น ภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในระดับที่รุนแรงมากขึ้น ส่งผลเสียหายต่อการเกษตร การป้องกันโรค การตั้งถิ่นฐาน และภาวะความเป็นอยู่โดยทั่วไปของมนุษย์

ดังนั้นโจทย์ในด้านพลังงานของโลก คือ มนุษย์มีทางเลือกอย่างไร และควรทำอะไร เพื่อให้มนุษย์สามารถมีพลังงานไว้ใช้อย่างเพียงพอในราคาที่ไม่สูงจนเกินไป และมีแบบแผนการใช้พลังงานที่ทำให้เศรษฐกิจขยายตัวได้อย่างต่อเนื่องและทั่วถึง แต่ในขณะเดียวกันก็ยังสามารถรักษาสิ่งแวดล้อมของโลกให้ยั่งยืนต่อไปได้

บทความนี้จะพยายามตอบคำถามบางประการที่เกี่ยวข้อง (แต่คงไม่ถึงกับให้คำตอบที่ครบถ้วน) กับโจทย์ดังกล่าว โดยจะอธิบายสาเหตุสำคัญที่ทำให้น้ำมันแพงขึ้นมากในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา จะให้ภาพของปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เหลืออยู่ในโลก จะสำรวจทางเลือกเกี่ยวกับ

---

\* บทความนี้ถูกนำเสนอในการสัมมนาทางวิชาการประจำปี เรื่องสถานการณ์พลังงานโลกและการปรับตัวของไทย จัดโดยคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2551

พลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และจะเสนอภาพรวมของลักษณะการใช้พลังงานโลกที่ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

## II. ทำไมน้ำมันถึงแพง ?

ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกเริ่มขยับตัวขึ้นสูงอย่างเห็นได้ชัดในปี 2547 โดยราคาน้ำมันดิบประเภท Brent สูงขึ้นบาเรลละประมาณ \$10 เป็นกว่า \$38 ต่อบาเรล (ดูตารางที่ 1) และหลังจากนั้นเป็นต้นมา ราคาก็มีแนวโน้มสูงขึ้นโดยตลอด จะมีลดลงบ้างในบางครั้งเป็นช่วงสั้นๆ เท่านั้น โดยความผันผวนของราคามีมากขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทางเพิ่มมากกว่าทางลด

ตารางที่ 1: ราคาน้ำมันดิบประเภท Brent

หน่วย : ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ บาเรล

ปี ค.ศ.	ราคาขายปี (Nominal Price)	ราคา ปีฐาน 2007 (2007 Price)
1972	2.48	12.36
1973	3.29	15.42
1974	11.58	48.92
1975	11.53	44.64
1976	12.80	46.84
1977	13.92	47.83
1978	14.02	44.77
1979	31.61	90.68
1980	36.83	93.08
1981	35.93	82.25
1982	32.97	71.08
1983	29.55	61.73
1984	28.78	56.14
1985	27.56	53.21
1986	14.43	27.22
1987	18.44	33.64
1988	14.92	26.24
1989	18.23	30.47
1990	23.73	37.82
1991	20.00	30.57
1992	19.32	28.65
1993	16.97	24.52
1994	15.82	22.37
1995	17.02	23.40
1996	20.67	27.54
1997	19.09	24.97

ปี ค.ศ.	ราคารายปี (Nominal Price)	ราคา ปีฐาน 2007 (2007 Price)
1998	12.72	16.69
1999	17.97	22.74
2000	28.50	34.92
2001	24.44	29.03
2002	25.02	29.06
2003	28.83	32.51
2004	38.27	42.02
2005	54.52	57.90
2006	65.14	67.03
2007	72.39	72.39

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2008

ในช่วงปลายปี 2550 ราคาน้ำมันดิบพุ่งสูงเกิน \$100 ต่อบาเรล ซึ่งนอกจากจะเป็นระดับที่สูงที่สุดเป็นประวัติการณ์ในรูปของราคาปีปัจจุบัน (nominal price) แล้ว ยังเป็นระดับที่สูงที่สุดในรูปของราคาที่แท้จริง (real price) คือ ราคาปีฐานซึ่งปรับภาวะเงินเฟ้อออกแล้วอีกด้วย (ราคาปีฐาน ณ ปี 2550 เคยสูงสุดเท่ากับ \$93 ต่อบาเรลในปี 2523 ตามตารางที่ 1)

ในช่วงครึ่งปีแรกของปี 2551 ราคาน้ำมันก็ยังคงขยับสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และอยู่ในระดับกว่า \$130 ต่อบาเรลในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนมิถุนายน 2551

มีบทความข้อเขียนจำนวนมากที่ได้วิเคราะห์และอธิบายสาเหตุของภาวะน้ำมันแพงดังกล่าว ส่วนใหญ่มีประเด็นที่เหมือนกันและสอดคล้องกัน ผู้เขียนจึงได้อาศัยข้อเขียนเหล่านี้ในการอธิบายสาเหตุ โดยจัดเป็นประเด็นๆ ได้ดังนี้

1) กำลังการผลิตส่วนเกิน (excess production capacity) ในตลาดน้ำมันดิบอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำมาตลอด 5 ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ เป็นผลจากการที่ประเทศผู้ผลิตน้ำมันหลายแห่งขาดแรงจูงใจในการขยายกำลังการผลิตในช่วงที่ราคาน้ำมันอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำในช่วงทศวรรษ 1990 หน่วยงานพลังงานของสหรัฐฯ (EIA) รายงานว่า ในเดือนกันยายน 2550 OPEC มีกำลังการผลิตส่วนเกินเพียง 2 ล้านบาเรลต่อวัน<sup>1</sup> (ประมาณ 2% ของปริมาณการใช้น้ำมันของโลก) โดยประมาณ 80% ของส่วนเกินนี้อยู่ในซาอุดีอาระเบียเพียงประเทศเดียว นักวิเคราะห์บางคนเชื่อว่า กำลังส่วนเกินในซาอุดีอาระเบียอยู่ในรูปของน้ำมันดิบประเภทหนัก (heavy crude) ซึ่งยากต่อการกลั่นออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ทำให้น้ำมันส่วนเกินนี้มีค่าน้อยลงไปอีก สำหรับประเทศผู้ผลิตน้ำมันนอกกลุ่ม OPEC นั้น หลายฝ่ายเชื่อว่า คงไม่มีกำลังการผลิตส่วนเกินเหลืออยู่เลย การขยายกำลังการผลิตคงต้องใช้เวลาอีก 3-5 ปี ดังนั้นการเคลื่อนไหวของราคาน้ำมันส่วน

หนึ่ง จึงสะท้อนภาวะความเสี่ยงที่จะมีการขาดแคลนน้ำมัน อันเกิดจากกำลังการผลิตส่วนเกินที่ต่ำมากนี้

2) การผลิตน้ำมันจากแหล่งใหม่ๆ ในโลก เริ่มมีต้นทุนที่สูงมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแหล่งน้ำมันขนาดใหญ่ๆ ถูกค้นพบและใช้งานเป็นส่วนใหญ่มากแล้ว ยังเหลืออยู่ก็จะเป็นแหล่งน้ำมันขนาดเล็ก หรือที่มีคุณภาพต่ำ หรือที่อยู่ในถิ่นทุรกันดาร / น้ำทะเลลึกๆ ซึ่งมีต้นทุนการสำรวจและการผลิตที่สูงมาก มีการวิเคราะห์ พบว่า ในปัจจุบันต้นทุนการผลิตน้ำมันในปริมาณ 4 ล้านบาร์เรลต่อวัน (คิดเป็น 5% ของปริมาณการผลิตของโลกในปัจจุบัน)<sup>2</sup> มีต้นทุนการผลิตสูงถึง \$70 ต่อบาร์เรล ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ ททรายน้ำมัน (Tars sands) ในแคนาดา ซึ่งเริ่มผลิตออกมาแล้ว และมีต้นทุนการผลิต<sup>3</sup> ไม่ต่ำกว่า \$60 ต่อบาร์เรล

3) ในประเทศผู้ผลิตและส่งออกน้ำมันรายใหญ่หลายราย การผลิตน้ำมันมีโอกาสหยุดชะงักได้ (supply disruption) เพราะเหตุจากความไม่สงบทางการเมือง สงคราม และภัยธรรมชาติ เหตุการณ์สำคัญที่บ่งชี้ถึงปัญหานี้ ได้แก่

- การบุกอิรักของกองทัพสหรัฐฯ ในปี 2546 ทำให้กำลังการผลิตน้ำมันของอิรักลดลงระดับหนึ่ง และความไม่สงบ ซึ่งยังคงเกิดขึ้นในประเทศหลังจากนั้น ยังเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผลิตและการส่งออกน้ำมันของอิรักให้กลับไปสู่ระดับปกติ
- ความขัดแย้งระหว่างอิหร่านกับประเทศตะวันตกเกี่ยวกับโครงการพัฒนานิวเคลียร์ของอิหร่าน (ซึ่งเป็นผู้ผลิตน้ำมันมากเป็นอันดับที่ 4 ของโลก) ก่อให้เกิดความตึงเครียดในภูมิภาคตะวันออกกลางระหว่างอิหร่านและสหรัฐฯ โดยอิหร่านประกาศว่าจะใช้น้ำมันเป็นอาวุธเพื่อตอบโต้มาตรการคว่ำบาตรของสหรัฐฯ และในปี 2551 ได้มีการเผชิญหน้ากันระหว่างทหารอิหร่าน และทหารสหรัฐฯ ในบริเวณช่องแคบฮอร์มุซ ซึ่งเป็นทางผ่านสำคัญ สำหรับการขนส่งน้ำมันจากตะวันออกกลาง
- พายุเฮอริเคนในแถบอ่าวเม็กซิโก ในเดือนกันยายน 2548 มีผลกระทบต่อแท่นผลิตน้ำมันของเม็กซิโก และโรงกลั่นที่ตั้งอยู่ตอนใต้ของสหรัฐฯ มีผลให้ราคาน้ำมันเบนซินในสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นเป็น \$3 ต่อแกลลอน ซึ่งเป็นระดับที่สูงสุดในรอบ 25 ปี
- ผู้ก่อการร้ายในไนจีเรียคุกคามแหล่งผลิตน้ำมันหลายครั้ง ทำให้ประมาณการผลิตและส่งออกน้ำมันจากไนจีเรียลดลงประมาณ 500,000 บาร์เรล ต่อวัน
- ความขัดแย้งทางการเมืองระหว่างรัฐบาลเวเนซุเอลาและรัฐบาลสหรัฐฯ ทำให้การนำเข้าน้ำมันจากเวเนซุเอลาของสหรัฐฯ มีความเสี่ยงมากขึ้น

4) ในหลายประเทศที่ส่งออกน้ำมันได้ มีการผลิตน้ำมันในปริมาณที่ลดลงไป เพราะปริมาณสำรองเริ่มมีข้อจำกัดมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันความต้องการใช้น้ำมันในประเทศเหล่านี้ก็เพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของประชากรและเศรษฐกิจด้วย ทำให้หลายประเทศต้องลดการส่งออกลง เช่น อินโดนีเซีย เม็กซิโก นอร์เวย์ และอังกฤษ ในระหว่างปี 2005 ถึง 2006 การบริโภคน้ำมันภายในประเทศผู้ส่งออก 5 อันดับแรก คือ ซาอุดีอาระเบีย รัสเซีย นอร์เวย์ อิหร่าน และสหรัฐอเมริกา ได้เพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 5.9 และมีปริมาณการส่งออกลดลงกว่าร้อยละ 3 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้านี้ หรือในกรณีของอินโดนีเซียที่รัฐบาลมีการอุดหนุนผู้บริโภคภายในประเทศ และกรณีของซาอุดีอาระเบียที่ราคาน้ำมันเบนซินในอยู่ที่ 5 บาทต่อลิตร ขณะที่มาเลเซียอยู่ในระดับ 20 บาทต่อลิตร<sup>4</sup> จึงทำให้เกิดการคาดการณ์ว่าปริมาณการส่งออกน้ำมันดิบของประเทศผู้ส่งออกน้ำมันจะลดลงถึง 2.5 ล้านบาร์เรลต่อวัน ภายในช่วง 10 ปีนี้ เมื่อไม่กี่เดือนมานี้ มีข่าวว่ารัฐบาลอินโดนีเซียกำลังพิจารณาจะถอนตัวจากการเป็นสมาชิก OPEC เพราะอินโดนีเซียจะไม่สามารถส่งออกน้ำมันได้อีกต่อไปในอนาคตอันใกล้<sup>5</sup>

5) นอกจากกำลังการผลิตส่วนเกินของน้ำมันดิบจะมีน้อย (ตามที่อธิบายในข้อ 1 แล้ว) กำลังการกลั่นน้ำมันของโลกก็มีปัญหาคอขวด (refining bottlenecks) โดยมีส่วนเกินน้อยกว่า 1 ล้านบาร์เรลต่อวัน ในขณะที่เดียวกันตลาดน้ำมันมีแนวโน้มต้องการใช้น้ำมันชนิดเบาและสะอาดมากขึ้น จึงสร้างแรงกดดันให้โรงกลั่นน้ำมันต้องลงทุนปรับปรุงคุณภาพอีกด้วย ข้อจำกัดนี้ จึงทำให้ราคาผลิตภัณฑ์น้ำมันมีราคาสูงขึ้นเพิ่มไปจากการเพิ่มของราคาน้ำมันดิบ และ refining margin (กำไรของโรงกลั่นน้ำมัน) อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงมาโดยตลอด เป็นที่น่าสังเกตด้วยว่า สหรัฐฯ ซึ่งเป็นผู้ใช้น้ำมันรายใหญ่ที่สุดของโลกไม่ได้ก่อสร้างโรงกลั่นน้ำมันแห่งใหม่มาเลย ตั้งแต่ทศวรรษ 1970

6) ถึงแม้ว่า ราคาน้ำมันระหว่างปี 2546 ถึงปี 2550 จะสูงขึ้นกว่า 3 เท่าตัวแล้ว แต่ความต้องการใช้น้ำมันของโลกก็ไม่ได้ลดลงเลย กลับยังคงเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.55% ในปี 2548 และในอัตราที่ยังสูงกว่า 1% ในปีต่อๆ มา ปรากฏการณ์เช่นนี้แตกต่างจากที่เกิดขึ้นในช่วงวิกฤตน้ำมันสองครั้งแรก (ปี 2516/17 และปี 2522/23) ซึ่งเราพบว่า ราคาน้ำมันที่สูงขึ้นมาก ทำให้ความต้องการน้ำมันลดลงในปีต่อมา (ดูตารางที่ 2) ในช่วง 4-5 ปีที่ผ่านมา เศรษฐกิจโลกยังขยายตัวได้ค่อนข้างดี และดูเหมือนจะยังไม่ได้รับผลกระทบจากภาวะราคาน้ำมันแพงมากนัก<sup>6</sup> จีนและอินเดียเป็นผู้ใช้พลังงานที่มีอิทธิพลต่อตลาดน้ำมันโลก โดยในช่วงราคาน้ำมันแพงในระยะหลังนี้ มากกว่าสองในสามของความต้องการน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในตลาดโลกมาจากจีนและอินเดียเท่านั้น ความต้องการใช้น้ำมันของจีน และอินเดียในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยปีละ 7.2% และ 4.0%

ตามลำดับ ในขณะที่ความต้องการรวมของโลกขยายตัวเพียงปีละ 1.7% ตั้งแต่ปี 2548 จีนได้แซงหน้าญี่ปุ่น โดยกลายเป็นผู้ใช้และนำเข้าน้ำมันรายใหญ่เป็นที่ 2 ของโลก (รองจากสหรัฐฯ)

7) กองทุนประเภท hedge funds หันไปลงทุนซื้อขายเก็งกำไรในตลาดน้ำมันล่วงหน้ามากขึ้น ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการลงทุนในรูปของเงินดอลลาร์สหรัฐฯ ซึ่งในระยะหลังมีแนวโน้มอ่อนค่าลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเงินสกุลอื่นๆ เนื่องจากภาวะตลาดน้ำมันตามที่กล่าวมาแล้วชี้ให้เห็นว่าราคาน้ำมันมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น ผู้จัดการกองทุนเหล่านี้จึงเก็งกำไรโดยการซื้อน้ำมันไว้ล่วงหน้าเพื่อขายเอากำไรในอนาคต ส่งผลให้ราคาน้ำมันทั้งในตลาด spot และตลาดล่วงหน้าสูงขึ้นอีกระดับหนึ่ง

## ตารางที่ 2: ปริมาณการใช้ น้ำมันของโลก

หน่วย: 1,000 บาเรล ต่อ วัน

ปี ค.ศ.	ปริมาณการใช้ น้ำมัน ของโลก	อัตราการเปลี่ยนแปลง
1965	31,240	-
1966	33,637	7.67%
1967	36,072	7.24%
1968	39,026	8.19%
1969	42,485	8.86%
1970	46,066	8.43%
1971	48,596	5.49%
1972	52,144	7.30%
1973	56,325	8.02%
1974	55,491	-1.48%
1975	54,991	-0.90%
1976	58,427	6.25%
1977	60,604	3.73%
1978	63,221	4.32%
1979	64,381	1.83%
1980	61,841	-3.95%
1981	59,911	-3.12%
1982	58,193	-2.87%
1983	57,920	-0.47%
1984	59,145	2.12%
1985	59,391	0.42%
1986	61,147	2.96%
1987	62,439	2.11%
1988	64,238	2.88%
1989	65,588	2.10%
1990	66,855	1.93%
1991	66,864	0.01%
1992	67,547	1.02%
1993	67,408	-0.21%
1994	68,705	1.92%
1995	69,841	1.65%

ปี ค.ศ.	ปริมาณการใช้ น้ำมัน ของโลก	อัตราการเปลี่ยนแปลง
1996	71,489	2.36%
1997	73,598	2.95%
1998	73,939	0.46%
1999	75,573	2.21%
2000	76,340	1.02%
2001	76,904	0.74%
2002	77,829	1.20%
2003	79,296	1.88%
2004	82,111	3.55%
2005	83,317	1.47%
2006	84,230	1.10%
2007	85,220	1.17%

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2008

ส่วนประเด็นคำถามที่ว่า “ราคาน้ำมันในอนาคตจะเป็นอย่างไร ?” นั้น นักวิเคราะห์ของสถาบัน / องค์กร ส่วนใหญ่เห็นว่า ราคาน้ำมันจะยังคงอยู่ในระดับสูงเกิน \$100 ต่อบาเรลต่อไป โดยหลายแห่งได้ปรับราคาเฉลี่ยสำหรับปี 2551 นี้ขึ้นไปจากเดิมแล้ว<sup>7</sup>

นักวิเคราะห์ส่วนใหญ่ เห็นว่า ข้อจำกัดในด้านการผลิตยังมีอยู่ต่อไป โดยเฉพาะสำหรับประเทศผู้ผลิตนอกกลุ่ม OPEC และกำลังการผลิตส่วนเกินใน OPEC คงจะอยู่ในระดับต่ำไปจนถึงปี 2552 ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำมันของจีน อินเดีย และประเทศผู้ผลิตน้ำมันในตะวันออกกลาง ยังมีปริมาณเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสูง ดังนั้น หลายสำนักจึงพยากรณ์ราคาน้ำมันในระดับที่สูงขึ้นต่อไป<sup>8</sup>

นักวิเคราะห์ของ Goldman Sachs คาดการณ์ในเดือนพฤษภาคม ปีนี้ว่า ราคาน้ำมันมีโอกาสมากขึ้นที่จะไต่ระดับขึ้นไปอยู่ระหว่างบาเรลละ \$150 ถึง \$200 ในช่วง 6 ถึง 24 เดือนข้างหน้า<sup>9</sup>

Matthew Simmons ให้สัมภาษณ์ว่า มีความเป็นไปได้ที่ราคาน้ำมันอาจพุ่งขึ้นไปถึงระดับ \$300 ต่อบาเรล ในช่วง 5 ปีข้างหน้า โดยให้เหตุผลว่า การผลิตน้ำมันอาจถึงระดับสูงสุด (peak) แล้ว ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำมันของโลกไม่ได้ลดลงมากนัก<sup>10</sup>

นักวิเคราะห์ของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ มีความเห็นตรงกันกับผู้อื่นว่า ราคาน้ำมันจะยังสูงจนถึงปีหน้า แต่ใน 10 ปีข้างหน้า เขาเชื่อว่า ราคาน่าจะลดลงมาบ้าง<sup>11</sup> เพราะการผลิตน้ำมันจะเพิ่มขึ้นจากแหล่งทั้งในและนอก OPEC และในขณะเดียวกัน ราคาน้ำมันที่สูงขึ้นมากได้กระตุ้นให้มีการผลิตพลังงานนอกกรอบแบบ (unconventional) เพื่อทดแทนน้ำมันดิบ อันได้แก่ ทรายน้ำมันของแคนาดา biofuels ในบราซิลและประเทศอื่นๆ รวมทั้งการผลิตน้ำมันเหลวจากก๊าซธรรมชาติ

### III. เราเหลือพลังงานในโลกอีกแค่ไหน?

ประเด็นสำคัญที่มักจะถูกถามกันเกี่ยวกับราคาน้ำมันที่แพงมากขึ้น คือ “น้ำมันกำลังหมดจากโลกแล้วหรือ?” นักธรณีวิทยากลุ่มหนึ่งเชื่อว่า ปริมาณการผลิตน้ำมันของโลกโดยรวมได้ถึงระดับสูงสุด (peak) แล้ว และต่อจากนี้ปริมาณจะลดลงเรื่อยๆ ไม่มีทางที่จะเพิ่มได้อีกแล้ว หากเป็นเช่นนั้นจริง ความเชื่อนี้ก็น่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งช่วยเสริมคำอธิบายเหตุผลที่ทำให้ราคาน้ำมันแพงขึ้นมาก

ในส่วนของบทความ เราจะสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ยังเหลืออยู่ใต้พื้นผิวของโลก โดยจะอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว (proved reserves)<sup>12</sup> และปริมาณการผลิตรายปีจากแหล่งสถิติสองแหล่ง คือ Energy Information Administration, Department of Energy ประเทศสหรัฐอเมริกา และ บริษัทน้ำมัน British Petroleum (BP)<sup>13</sup>

#### น้ำมัน

ณ ต้นปี 2007 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วของน้ำมันโลกมีทั้งหมด 1,208 พันล้านบาร์เรล เหลือให้ใช้ในอัตราการผลิตปัจจุบันได้อีกประมาณ 40 ปี (อัตราส่วนระหว่างปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วกับปริมาณการผลิตในปี 2006 หรือ reserves-production ratio หรือ r-p ratio เท่ากับ 40.5) ข้อมูลในตารางที่ 3 ชี้ว่าตัวเลขปริมาณสำรองน้ำมันของโลกมีแนวโน้มที่สูงขึ้นมาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาหลังปี 2000 เป็นต้นมา ทั้งนี้ เพราะราคาน้ำมันที่สูงขึ้นมากได้ทำให้น้ำมันที่เหลืออยู่และมีความคุ้มค่าในการผลิตมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

ปริมาณสำรองน้ำมันกว่าครึ่งหนึ่งของทั้งโลก (56%) อยู่ในประเทศแถบตะวันออกกลาง โดยประเทศสมาชิกกลุ่ม OPEC มีปริมาณสำรองรวมกันคิดเป็น 65% ของทั้งโลก (ในปี 2006 OPEC ผลิตน้ำมันรวมกันมากคิดเป็น 42% ของทั้งโลก และส่งออกในปริมาณคิดเป็น 55% ของทั้งหมด) ประเทศที่มีปริมาณสำรองน้ำมันมากที่สุดในโลกคือซาอุดีอาระเบีย (22%) รองลงไปได้แก่ อิหร่าน อิรัก คูเวต และสหรัฐอเมริกาบริษัทยักษ์ใหญ่

ข้อสังเกตประการหนึ่งเกี่ยวกับปริมาณสำรองคือกรณีทรายน้ำมัน (Tar sands หรือ Oil sands) ในแคนาดา ซึ่งเพิ่งถูกเปลี่ยนฐานะจากปริมาณสำรองธรรมดาเป็นปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วตั้งแต่ปี 2005 เป็นต้นมา เนื่องจากราคาน้ำมันที่สูงขึ้นมากได้ทำให้ทรายน้ำมันเริ่มมีความคุ้มค่าในการผลิตแล้ว ปริมาณสำรองของทรายน้ำมันในแคนาดามีมากถึง 163.5 พันล้านบาร์เรล ซึ่งสามารถทำให้แคนาดากลายเป็นประเทศที่มีปริมาณสำรองน้ำมันมากเป็นอันดับ 2 แทน



อิหร่านได้ และหากรวมทรายน้ำมันเข้ากับน้ำมัน ก็จะทำให้ปริมาณสำรองน้ำมันของโลกเพิ่มขึ้นเป็น 1,372 พันล้านบาเรล ซึ่งทำให้จำนวนปีที่เหลือใช้ (r-p ratio) เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 5 ปี

สำหรับประเทศนอกกลุ่ม OPEC ปริมาณสำรองน้ำมันในหลายประเทศที่สามารถผลิตน้ำมันได้มีแนวโน้มลดลง เพราะแหล่งสำรองที่ผลิตอยู่แล้วมีกำลังการผลิตลดลง และเพราะยังไม่สามารถพบแหล่งผลิตใหม่ๆ เพื่อทดแทนแหล่งเก่าได้ ประเทศที่คาดว่าปริมาณสำรองน้ำมันและปริมาณการผลิตน้ำมันจะลดลงในอนาคตได้แก่ นอร์เวย์ อังกฤษ เม็กซิโก จีน และมาเลเซีย อย่างไรก็ตาม หากจะพิจารณาข้อมูลปริมาณการผลิตน้ำมันในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตามที่ปรากฏในตารางที่ 4 ก็จะทำให้เห็นว่า การผลิตน้ำมันของโลกยังมีแนวโน้มของปริมาณที่เพิ่มขึ้นเป็นส่วนใหญ่ จึงยังไม่มีหลักฐานที่ชี้ชัดว่าปริมาณการผลิตน้ำมันของโลกได้ถึงระดับสูงสุด (peak) แล้ว

ตารางที่ 3: ปริมาณน้ำมันสำรองที่พิสูจน์แล้วของโลก และของประเทศเจ้าของแหล่งน้ำมันรายใหญ่ 10 อันดับแรก

หน่วย : พันล้านบาร์เรล

แหล่งน้ำมันสำรอง	สิ้นปี 1986	สิ้นปี 1996	สิ้นปี 2005	สิ้นปี 2006	% ปริมาณ ทั้งหมด	สัดส่วน R/P
1. ซาอุดีอาระเบีย	169.7	261.4	264.2	264.3	21.9%	66.7
2. อิหร่าน	92.9	92.6	137.5	137.5	11.4%	86.7
3. อิรัก	72.0	112.0	115.0	115.0	9.5%	*
4. คูเวต	94.5	96.5	101.5	101.5	8.4%	*
5. สหรัฐอาหรับเอมิเรต	97.2	97.8	97.8	97.8	8.1%	90.2
6. เวเนซุเอลา	55.5	72.7	80.0	80.0	6.6%	77.6
7. รัสเซีย	n/a	n/a	79.1	79.5	6.6%	22.3
8. ลิเบีย	22.8	29.5	41.5	41.5	3.4%	61.9
9. คาซัคสถาน	n/a	n/a	39.8	39.8	3.3%	76.5
10. ไนจีเรีย	16.1	20.8	36.2	36.2	3.0%	40.3
<b>ปริมาณน้ำมันสำรองทั่วโลก</b>	<b>877.4</b>	<b>1,049.0</b>	<b>1,209.5</b>	<b>1,208.2</b>	<b>100.0%</b>	<b>40.5</b>
ทรายน้ำมันในแคนาดา	n/a	n/a	163.5	163.5		
ปริมาณน้ำมันและทรายน้ำมันสำรองที่พิสูจน์แล้ว	n/a	n/a	1,373.0	1,371.7		

หมายเหตุ : n/a หมายถึง ไม่มีข้อมูล \* หมายถึง มากกว่า 100 ปี

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2007

ตารางที่ 4: การผลิตน้ำมันของโลก และของประเทศผู้ผลิตน้ำมันรายใหญ่ 10 อันดับแรก\*

หน่วย : พันบาเรล ต่อวัน

แหล่งผลิต	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	เปรียบเทียบ 2006 / 05	สัดส่วนในปี 2006
1. ซาอุดีอาระเบีย	9,299	9,482	9,502	8,853	9,491	9,209	8,928	10,164	10,638	11,114	10,859	-2.3%	13.1%
2. สหพันธรัฐรัสเซีย	6,114	6,227	6,169	6,178	6,536	7,056	7,698	8,544	9,287	9,552	9,769	2.2%	12.3%
3. สหรัฐอเมริกา	8,295	8,269	8,011	7,731	7,733	7,669	7,626	7,400	7,228	6,895	6,871	-0.5%	8.0%
4. อิหร่าน	3,759	3,776	3,855	3,603	3,818	3,794	3,543	4,183	4,248	4,268	4,343	1.2%	5.4%
5. จีน	3,170	3,211	3,212	3,213	3,252	3,306	3,346	3,401	3,481	3,627	3,684	1.6%	4.7%
6. เม็กซิโก	3,277	3,410	3,499	3,343	3,450	3,560	3,585	3,789	3,824	3,760	3,683	-2.1%	4.7%
7. แคนาดา	2,480	2,588	2,672	2,604	2,721	2,677	2,858	3,004	3,085	3,041	3,147	4.4%	3.9%
8. สหรัฐอาหรับเอมิเรต	2,438	2,567	2,643	2,511	2,626	2,534	2,324	2,611	2,656	2,751	2,969	7.3%	3.5%
9. เวเนซุเอลา	3,137	3,321	3,480	3,126	3,239	3,142	2,895	2,554	2,907	2,937	2,824	-3.9%	3.7%
10. นอร์เวย์	3,232	3,280	3,138	3,139	3,346	3,418	3,333	3,264	3,188	2,969	2,778	-6.9%	3.3%
<b>ทั้งโลก</b>	<b>69,931</b>	<b>72,251</b>	<b>73,626</b>	<b>72,439</b>	<b>75,033</b>	<b>74,932</b>	<b>74,496</b>	<b>77,056</b>	<b>80,244</b>	<b>81,250</b>	<b>81,663</b>	<b>0.4%</b>	<b>100.0%</b>
สหภาพยุโรป 25	3,325	3,304	3,407	3,542	3,355	3,147	3,203	2,995	2,774	2,535	2,306	-9.0%	2.8%
กลุ่ม OECD	21,355	21,660	21,492	21,095	21,514	21,297	21,422	21,156	20,716	19,825	19,398	-2.2%	23.3%
กลุ่ม OPEC	28,472	29,953	31,207	29,999	31,512	30,857	29,031	30,884	33,175	34,068	34,202	0.2%	41.7%
นอกกลุ่ม OPEC‡	34,288	34,925	35,028	34,887	35,507	35,415	35,933	35,673	35,661	35,343	35,162	-0.5%	43.0%
อดีตสหภาพโซเวียต	7,171	7,374	7,391	7,552	8,014	8,660	9,533	10,499	11,407	11,840	12,299	3.9%	15.3%

หมายเหตุ : \* รวมทั้ง น้ำมันดิบ shale oil ทหราน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติเหลว ไม่รวมเชื้อเพลิงเหลว จากแหล่งอื่น เช่น ชีวมวล หรือ อนุพันธ์จากถ่านหิน

‡ ไม่รวมสหภาพโซเวียต

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2007

EIA คาดว่าในช่วง 20 ปีข้างหน้า การผลิตและใช้น้ำมันของโลกจะยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราเพิ่มเฉลี่ยประมาณ 1.4% ต่อปี โดยการผลิตน้ำมันของประเทศในกลุ่ม OPEC จะเพิ่มความสำคัญมากขึ้น คือจะมีสัดส่วนมากขึ้นเป็นประมาณครึ่งหนึ่งของการผลิตทั้งหมด (เทียบกับประมาณ 40% ในปัจจุบัน)

### ก๊าซธรรมชาติ

ณ ต้นปี 2007 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วของก๊าซธรรมชาติโลกมีทั้งหมด 181 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร เหลือให้ใช้ในอัตราการผลิตปัจจุบันได้อีกประมาณ 63 ปี (หรือ reserves-production ratio หรือ r-p ratio เท่ากับ 63.3) ข้อมูลในตารางที่ 5 ซึ่งว่าตัวเลขปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติของโลกมีแนวโน้มที่สูงขึ้นมาโดยตลอดเช่นเดียวกับกรณีของน้ำมัน การประเมินในปี 2000 ซึ่งให้เห็นว่า ยังมีปริมาณสำรองของก๊าซธรรมชาติที่มีโอกาสค้นพบเพิ่มเติมได้อีก 117 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร หรืออีกประมาณ 65% ของปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วในปัจจุบัน<sup>14</sup> หากสามารถค้นพบก๊าซธรรมชาติจำนวนนี้ได้จริงและมีความคุ้มค่าในการพัฒนา ก็จะทำให้โลกเหลือก๊าซธรรมชาติไว้ใช้ได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 40 ปี เป็นกว่า 100 ปี

ปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติเป็นสัดส่วนประมาณสามในสี่ของโลกอยู่ในประเทศแถบตะวันออกกลางและยูเรเชีย (รัสเซียและเอเชียกลาง) โดยสามประเทศ คือ รัสเซีย อิหร่าน และกาตาร์มีปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติรวมกันมากถึง 56% ของทั้งหมดในโลก ในหลายประเทศมีปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นโดยตลอดตั้งแต่ปี 1980 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคาซัคสถาน เติร์กเมนิสถาน จีน และสหรัฐฯ แต่ก็มีบางประเทศที่ปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติลดลง เช่น เนเธอร์แลนด์ อาร์เจนตินา นอร์เวย์ และอังกฤษ

ข้อมูลปริมาณการผลิตก๊าซธรรมชาติในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตามที่ปรากฏในตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการผลิตก๊าซธรรมชาติของโลกยังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยประเทศที่ผลิตได้มากที่สุดและสามารถเพิ่มการผลิตได้ในปริมาณที่มากที่สุดคือรัสเซีย EIA คาดว่าในช่วง 20 ปีข้างหน้า การผลิตก๊าซธรรมชาติของโลกจะยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราเพิ่มเฉลี่ยประมาณ 2% ต่อปี โดยปริมาณที่เพิ่มส่วนใหญ่จะมาจากรัสเซีย ประเทศแถบตะวันออกกลาง (อิหร่าน ซาอุดี อาเรเบีย และกาตาร์) แอลจีเรีย ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และจีน การเพิ่มการผลิตในอนาคตส่วนใหญ่จะเป็นการตอบสนองต่อความต้องการในการนำเข้าก๊าซธรรมชาติของประเทศแถบยุโรป ตะวันตก ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และจีน

ตารางที่ 5: ปริมาณก๊าซธรรมชาติสำรองที่พิสูจน์แล้วของโลก และของประเทศเจ้าของแหล่งก๊าซธรรมชาติรายใหญ่ 10 อันดับแรก

หน่วย : ล้านล้านลูกบาศก์เมตร

แหล่งก๊าซธรรมชาติสำรอง	สิ้นปี 1986	สิ้นปี 1996	สิ้นปี 2005	สิ้นปี 2006	% ปริมาณ ทั้งหมด	สัดส่วน R/P
1. สหพันธรัฐ รัสเซีย	n/a	n/a	47.66	47.65	26.3%	77.8
2. อิหร่าน	13.96	23.00	27.58	28.13	15.5%	*
3. การ์ต้า	4.44	8.50	25.36	25.36	14.0%	*
4. ซาอุดีอาระเบีย	4.02	5.69	6.82	7.07	3.9%	96.0
5. สหรัฐอาหรับเอมิเรต	5.41	5.78	6.07	6.06	3.3%	*
6. สหรัฐอเมริกา	5.36	4.66	5.79	5.93	3.3%	11.3
7. ไนจีเรีย	2.40	3.48	5.15	5.21	2.9%	*
8. แอลจีเรีย	3.26	3.70	4.50	4.50	2.5%	53.3
9. เวเนซุเอลา	2.62	4.05	4.32	4.32	2.4%	*
10. อิรัก	0.82	3.36	3.17	3.17	1.7%	*
<b>ปริมาณก๊าซธรรมชาติสำรองทั่วโลก</b>	107.67	147.89	180.20	181.46	100.0%	63.3

หมายเหตุ : n/a หมายถึง ไม่มีข้อมูล \* หมายถึง มากกว่า 100 ปี

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2007

ตารางที่ 6: การผลิตก๊าซธรรมชาติของโลก และของประเทศผู้ผลิตผลิตก๊าซธรรมชาติรายใหญ่ 10 อันดับแรก

หน่วย : พันล้านลูกบาศก์เมตร

แหล่งผลิต	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	เปรียบเทียบ 2006 / 05	สัดส่วนในปี 2006
1. สหพันธรัฐรัสเซีย	561.1	532.6	551.3	551.0	545.0	542.4	555.4	578.6	591.0	598.0	612.1	2.4%	21.3%
2. สหรัฐอเมริกา	533.9	535.3	538.7	533.3	543.2	555.5	536.0	540.8	526.4	511.8	524.1	2.3%	18.5%
3. แคนาดา	163.6	165.8	171.3	177.4	183.2	186.8	187.8	182.7	183.6	185.9	187.0	0.6%	6.5%
4. อิหร่าน	39.0	47.0	50.0	56.4	60.2	66.0	75.0	81.5	91.8	100.9	105.0	4.1%	3.7%
5. นอร์เวย์	37.4	43.0	44.2	48.5	49.7	53.9	65.5	73.1	78.5	85.0	87.6	3.1%	3.0%
6. แอลจีเรีย	62.3	71.8	76.6	86.0	84.4	78.2	80.4	82.8	82.0	88.2	84.5	-4.3%	2.9%
7. อังกฤษ	84.2	85.9	90.2	99.1	108.4	105.9	103.6	102.9	96.0	87.5	80.0	-8.6%	2.8%
8. อินโดนีเซีย	67.5	67.2	64.3	71.0	68.5	66.3	70.4	72.8	73.3	73.8	74.0	0.3%	2.6%
9. ซาอุดีอาระเบีย	44.4	45.3	46.8	46.2	49.8	53.7	56.7	60.1	65.7	71.2	73.7	3.5%	2.6%
10. เติร์กเมนิสถาน	32.8	16.1	12.4	21.3	43.8	47.9	49.9	55.1	54.4	58.8	62.2	5.9%	2.2%
<b>ทั้งโลก</b>	<b>2,227.9</b>	<b>2,231.5</b>	<b>2,279.5</b>	<b>2,343.7</b>	<b>2,425.2</b>	<b>2,482.1</b>	<b>2,524.6</b>	<b>2,614.3</b>	<b>2,703.1</b>	<b>2,779.8</b>	<b>2,865.3</b>	<b>3.0%</b>	<b>100.0%</b>

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2007

## ถ่านหิน

ข้อมูลในตารางที่ 7 ชี้ให้เห็นว่า ณ ต้นปี 2007 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วของถ่านหินในโลกมีทั้งหมด 909 พันล้านตัน เหลือให้ใช้ในอัตราการผลิตปัจจุบันได้อีกประมาณ 147 ปี (หรือ reserves-production ratio หรือ r-p ratio เท่ากับ 147) โดยเป็นถ่านหินคุณภาพสูงประเภทแอนทราไซต์และบิทูมินัสจำนวน 479 พันล้านตัน และถ่านหินคุณภาพต่ำประเภทซับบิทูมินัสและลิกไนต์อีกจำนวน 430 พันล้านตัน Energy Information Administration, Department of Energy ประเทศสหรัฐอเมริกา รายงานว่าขนาดของปริมาณสำรองถ่านหินโลกมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี 1990 โดยลดจาก 1,174 พันล้านตันในปี 1990 เป็น 1,083 พันล้านตันในปี 2000 และลดลงอีกเป็น 998 พันล้านตันในปี 2003 เยอรมันเป็นประเทศที่มีปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วของถ่านหินลดลงมาก คือจาก 73 พันล้านตันเหลือเพียง 7 พันล้านตัน เพราะมีการประเมินใหม่ที่ใช้หลักเกณฑ์ที่เข้มงวดมากขึ้น

ถึงแม้ว่าถ่านหินจะกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนต่างๆ ของโลก แต่สองในสามของแหล่งถ่านหินในโลกถูกค้นพบใน 4 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐฯ (27%) รัสเซีย (17%) จีน (13%) และอินเดีย (10%) และทั้ง 4 ประเทศก็เป็นผู้ผลิตและผู้ใช้ถ่านหินรายใหญ่ของโลกด้วย ในปี 2006 4 ประเทศเหล่านี้ผลิตและใช้ถ่านหินในปริมาณรวมกันคิดเป็นเกือบ 70% ของโลก โดยมีจีนและสหรัฐฯ เป็นผู้ผลิตและผู้ใช้ถ่านหินรายใหญ่เป็นอันดับหนึ่งและสองของโลกซึ่งใช้รวมกันกว่าครึ่งหนึ่งของโลก

สำหรับประเทศไทย ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทเดียวที่มีเหลืออยู่ในประเทศเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับอัตราการผลิตในแต่ละปี กล่าวคือ ณ ต้นปี 2007 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วของถ่านหินในไทยมีทั้งหมด 1.35 พันล้านตัน เหลือให้ใช้ในอัตราการผลิตปัจจุบันได้อีกประมาณ 70 ปี อย่างไรก็ตาม ถ่านหินทั้งหมดที่มีอยู่ในประเทศเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำประเภทลิกไนต์ ซึ่งมีส่วนประกอบความร้อน (heat content) ค่อนข้างต่ำเพียงประมาณ 10 ล้าน BTU ต่อตัน และมีส่วนประกอบซัลเฟอร์ค่อนข้างสูงถึง 2.5% โดยน้ำหนัก เทียบกับถ่านหินคุณภาพสูงประเภทบิทูมินัสซึ่งมีส่วนประกอบความร้อนได้สูงถึง 27 ล้าน BTU ต่อตัน และมีส่วนประกอบซัลเฟอร์ต่ำถึง 0.8% โดยน้ำหนัก

ข้อมูลในตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการผลิตถ่านหินของโลกในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ค่อนข้างคงที่ในช่วง 5 ปีแรก แต่หลังจากนั้นก็ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่เป็นผลจากการเพิ่มปริมาณการผลิตใน จีน อินเดีย อัฟริกาใต้ อินโดนีเซีย และคาซัคสถาน EIA คาดว่าในช่วง 20 ปีข้างหน้า การผลิตถ่านหินของโลกจะยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราเพิ่มเฉลี่ยประมาณ 2.2% ต่อปี โดยปริมาณที่เพิ่มส่วนใหญ่จะมาจากการใช้ถ่านหินในประเทศของจีน สหรัฐฯ และอินเดีย

ตารางที่ 7: ปริมาณถ่านหินสำรองที่พิสูจน์แล้วของโลก และของประเทศเจ้าของแหล่งถ่านหินรายใหญ่ 10 อันดับแรก ณ สิ้นปี ค.ศ. 2006

หน่วย : ล้านตัน

แหล่งถ่านหินสำรอง	แอนทราไซต์ และบิทูมินัส	ซับบิทูมินัส และลิกไนต์	ปริมาณ ทั้งหมด	% ปริมาณ ทั้งหมด	สัดส่วน R/P
1. สหรัฐอเมริกา	111,338	135,305	246,643	27.1%	234
2. สหพันธรัฐรัสเซีย	49,088	107,922	157,010	17.3%	*
3. จีน	62,200	52,300	114,500	12.6%	48
4. อินเดีย	90,085	2,360	92,445	10.2%	207
5. ออสเตรเลีย	38,600	39,900	78,500	8.6%	210
6. แอฟริกาใต้	48,750	–	48,750	5.4%	190
7. ยูเครน	16,274	17,879	34,153	3.8%	424
8. คาซัคสถาน	28,151	3,128	31,279	3.4%	325
9. โปแลนด์	14,000	–	14,000	1.5%	90
10. บราซิล	–	10,113	10,113	1.1%	*
<b>ปริมาณถ่านหินสำรองทั่วโลก</b>	<b>478,771</b>	<b>430,293</b>	<b>909,064</b>	<b>100.0%</b>	<b>147</b>

หมายเหตุ : \* หมายถึง มากกว่า 500 ปี

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2007



ตารางที่ 8: การผลิตถ่านหินของโลก และของประเทศผู้ผลิตถ่านหินรายใหญ่ 10 อันดับแรก

หน่วย : ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

แหล่งผลิต	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	เปรียบเทียบ 2006 / 05	สัดส่วนในปี 2006
1. จีน	703.2	690.0	628.7	645.9	656.7	697.6	733.6	871.9	1012.1	1119.8	1212.3	8.3%	39.4%
2. สหรัฐอเมริกา	571.6	584.9	603.2	584.3	570.1	590.3	570.1	553.6	572.4	580.2	595.1	2.6%	19.3%
3. อินเดีย	145.7	149.6	150.3	147.4	157.0	160.3	168.1	175.9	191.0	200.7	209.7	4.5%	6.8%
4. ออสเตรเลีย	133.9	148.3	149.8	160.8	166.3	179.9	184.5	190.1	198.8	206.5	203.1	-1.6%	6.6%
5. แอฟริกาใต้	116.9	124.6	127.1	125.6	126.6	126.1	124.1	134.1	137.2	137.7	144.8	5.1%	4.7%
6. สหพันธรัฐรัสเซีย	114.2	109.3	103.9	112.1	116.0	122.6	117.3	127.1	131.7	139.5	144.5	3.6%	4.7%
7. อินโดนีเซีย	31.0	33.7	38.3	45.3	47.4	56.5	63.6	70.3	81.4	90.4	119.9	32.7%	3.9%
8. โปแลนด์	94.5	92.1	79.6	77.0	71.3	71.7	71.3	71.4	70.5	68.7	67.0	-2.5%	2.2%
9. เยอรมัน	70.0	66.9	61.3	59.4	56.5	54.1	55.0	54.1	54.7	53.2	50.3	-5.5%	1.6%
10. คาคัสสถาน	39.3	37.3	36.0	30.0	38.5	40.7	37.8	43.3	44.4	44.2	49.2	11.3%	1.6%
<b>ทั้งโลก</b>	<b>2,295.6</b>	<b>2,319.4</b>	<b>2,250.3</b>	<b>2,249.0</b>	<b>2,272.0</b>	<b>2,373.4</b>	<b>2,387.2</b>	<b>2,555.8</b>	<b>2,765.8</b>	<b>2,916.7</b>	<b>3,079.7</b>	<b>5.6%</b>	<b>100.0%</b>

ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2007

การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วของเชื้อเพลิงฟอสซิล 3 ชนิดข้างต้นให้ข้อสรุปได้ว่า

- โลกยังมีน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินเหลืออยู่ให้ใช้ได้อีกอย่างน้อย 50 ปี
- ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่มากที่สุด และใช้ได้อีกนานเกินกว่า 100 ปี
- การคาดการณ์ในอนาคตบ่งชี้ว่า การผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้ง 3 ชนิดยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้ อย่างน้อยในช่วง 20 ปีข้างหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณการผลิตน้ำมันของโลกโดยรวมยังไม่ถึงระดับสูงสุด (peak) ในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนถ่านหินจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีอัตราการขยายตัวของการผลิตและการใช้มากที่สุด
- ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันจะผลิตจากแหล่งในประเทศนอกกลุ่ม OPEC ที่มีต้นทุนค่อนข้างสูง ทั้งนี้ รวมไปถึงการผลิตจากทรายน้ำมันในแคนาดา
- ในกรณีน้ำมัน กลุ่ม OPEC และประเทศในเอเชียกลางจะมีอำนาจเหนือตลาดมากขึ้นตามเวลา เพราะปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากกลุ่มประเทศเหล่านี้จะมีสัดส่วนของตลาดที่สูงขึ้น

#### IV. พลังงานทดแทนและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ<sup>15</sup>

ถึงแม้ว่าปริมาณสำรองและทรัพยากรของพลังงานฟอสซิลจะมีปริมาณเหลืออยู่มาก แต่อุปทานของพลังงานฟอสซิลก็มี “ข้อจำกัด” ดังนี้

- a. เรายังไม่มีเทคโนโลยีที่ดีพอในการพัฒนาแหล่งพลังงานใหม่ๆ ที่อยู่ใต้ดิน/น้ำที่ลึกเกินไป หรืออยู่ไกลแหล่งบริโภคมากเกินไป หรือที่อยู่กระจัดกระจายเกินไป และถึงแม้ว่าอาจพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ แต่ก็มีต้นทุนที่สูงเกินไป
- b. การใช้พลังงานเหล่านี้อาจมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมของโลกมากเกินไป

ประเด็นสำคัญจึงเป็นความท้าทายที่ว่า เราจะเปลี่ยนแบบแผนการใช้ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินในปัจจุบัน ไปเป็นการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ มากขึ้น เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม และเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน การเปลี่ยนแปลงนี้มี 4 ทางเลือก คือ

- การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- การใช้พลังงานหมุนเวียน

- การปรับปรุงเทคโนโลยีพลังงานฟอสซิล
- การใช้พลังงานนิวเคลียร์

### การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความเข้มข้นในการใช้พลังงาน (energy intensity) ในประเทศอุตสาหกรรมลดลงในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา

สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานยังมีอยู่มาก ทั้งในกรณีที่ยังใช้อุปกรณ์เครื่องจักรที่มีอยู่เดิม และในกรณีของการก้าวกระโดดไปใช้อุปกรณ์เครื่องจักร กระบวนการผลิต ยานยนต์ และระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพสูง โดยสามารถลดความเข้มข้นในการใช้พลังงานลงได้ถึงปีละ 2.5% แต่เป็นเรื่องยากที่จะทำให้ศักยภาพนี้กลายเป็นจริง เพราะมักเกี่ยวข้องกับผู้เล่นหลายฝ่าย และนักการเมืองส่วนใหญ่ไม่สนใจ/เต็มใจที่จะผลักดันมาตรการจำกัดการใช้พลังงานเนื่องจากเกรงว่าจะไม่ได้รับคะแนนนิยมทางการเมือง

การประหยัดพลังงานในภาคขนส่งจะมีความสำคัญมากขึ้นในประเทศกำลังพัฒนา เพราะความต้องการใช้รถยนต์จะขยายตัวอย่างรวดเร็วในประเทศเหล่านี้ เทคโนโลยีที่สามารถทำให้รถยนต์ใช้เชื้อเพลิงได้ประหยัดมากขึ้นมีทั้งการปรับปรุงประสิทธิภาพของการสันดาปภายในเครื่องยนต์ และการใช้ตัวถังที่ทำด้วยวัสดุที่เบาขึ้นแต่คงทนแข็งแรง การขนส่งในอนาคตจะใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น ทั้งในรูปแบบของแบตเตอรี่ เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) และระบบลูกผสม (hybrid) รัฐบาลสหรัฐฯ มีแผนที่จะใช้ hydrogen ในรถยนต์ซึ่งจะทำให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาเลย

ในอาคารและโรงงาน เทคโนโลยีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานมีหลากหลายรูปแบบ ทั้งที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง (เช่น หลอดไฟตะเกียบ บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ ระบบการควบคุมการเปิด-ปิดไฟแบบอัตโนมัติ) เครื่องปรับอากาศ (เช่น heat exchanger สารทำความเย็นประสิทธิภาพสูง และ centrifugal compressor) การหุงต้มด้วยเตาถ่านเตาแก๊สที่มีประสิทธิภาพสูง และการใช้มอเตอร์แบบ variable speed drives

### พลังงานหมุนเวียน (renewable energy)

พลังงานหมุนเวียนครอบคลุม ชีวมวล (biomass คือวัสดุจากพืช สัตว์ รวมทั้งขยะ) พลังน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากคลื่น พลังงานหมุนเวียนมีข้อได้เปรียบหลายประการ คือ เป็นพลังงานที่สะอาด ทำให้ประเทศสามารถลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ ส่งเสริมการเกษตร สร้างงานและรายได้ในชนบท และสามารถใช้ได้

อยู่ห่างไกล ในปัจจุบัน โลกใช้พลังงานหมุนเวียนในปริมาณคิดเป็น 14% ของการใช้พลังงานขั้นต้นทั้งหมด โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของการใช้พื้นดินในครัวเรือนชนบทของประเทศกำลังพัฒนา ส่วนที่เหลือประมาณ 2% เป็นพลังงานหมุนเวียนแบบใหม่ เช่น พลังน้ำขนาดเล็ก และไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์

ผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายที่ได้จากพลังงานหมุนเวียนแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ไฟฟ้า และ น้ำมันชีวมวล (biofuel) พลังงานหมุนเวียนส่วนใหญ่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้า ส่วนน้ำมันชีวมวลมักจะผลิตจากพืช กล่าวคือ ethanol ที่ผลิตจากอ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ส่วน biodiesel ผลิตได้จากพืชประเภทน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วเหลือง สนุ่นดำ รวมทั้งน้ำมันพืชใช้แล้ว ในอนาคต คาดกันว่าน้ำมันชีวมวลจะผลิตจากวัตถุดิบที่หลากหลายมากขึ้น เช่น biodiesel จากสาหร่ายเซลล์เดียว และ ethanol จากข้าวฟ่างหวาน เศษหญ้า และเศษไม้

ข้อจำกัดสำคัญของพลังงานหมุนเวียนคือต้นทุนการผลิตที่ยังสูงอยู่ เทคโนโลยีที่ยังต้องการพัฒนา และวัตถุดิบที่มีปริมาณจำกัด ในกรณีที่ใช้พืชอาหารเป็นวัตถุดิบ การเพิ่มปริมาณพลังงานชีวมวลกลับเป็นผลเสียทำให้การปลูกพืชเพื่อใช้เป็นอาหารลดลงไปและอาหารอาจมีราคาแพงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตพลังงานหมุนเวียนได้ลดลงมากในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา ในขณะที่พลังงานฟอสซิลมีราคาสูงขึ้นตามราคาน้ำมัน จึงทำให้พลังงานหมุนเวียนหลายชนิดสามารถแข่งขันกับและทดแทนพลังงานฟอสซิลได้ ที่สำคัญได้แก่ การใช้พลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าตามบริเวณชายฝั่งและช่องลม การใช้แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล การผลิต ethanol จากอ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง และการผลิต biodiesel จากปาล์มน้ำมัน ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลต้นทุนของพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆ ที่มีแนวโน้มลดลงและจะสามารถแข่งขันได้กับพลังงานฟอสซิล ตัวอย่างเช่น น้ำมันที่ราคา 130 เหรียญต่อบาเรลในปัจจุบันได้ทำให้การผลิต ethanol จากน้ำตาลในประเทศไทยมีความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์แล้ว

เทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียนในปัจจุบันยังอยู่ในขนาด (scale) ที่เล็ก ดังนั้น เมื่อมีการผลิตเพิ่มขึ้นและขนาดการผลิตใหญ่ขึ้น จึงมีโอกาสด้านต้นทุนต่อหน่วยจะลดต่ำลงได้จากการประหยัดจากขนาด (economies of scale) ผลจากการเรียนรู้ (learning effects) รวมทั้งการปรับปรุงเทคโนโลยี ข้อมูลในอดีตชี้ว่า การเพิ่มปริมาณการผลิตอีก 1 เท่าตัว ทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง 10% - 20% ในกรณีของการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และพลังงานลม และการผลิต ethanol

ตารางที่ 9: สถานะของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน ณ สิ้นปี ค.ศ. 2001

Technology	Current Energy Cost	Potential Future Energy Cost
Biomass energy Electricity Heat <sup>a</sup> Ethanol Bio-diesel	3 – 12 ¢/kWh 1 – 6 ¢/kWh ( 8 – 25 \$/GJ 15 – 25 \$/GJ)	4 – 10 ¢/kWh 1 – 5 ¢/kWh ( 6 – 10 \$/GJ 10 – 15 \$/GJ)
Wind electricity	4 – 8 ¢/kWh	3 – 10 ¢/kWh
Solar photovoltaic electricity	25 – 160 ¢/kWh	5 or 6 – 25 ¢/kWh
Low – temperature solar heat	2 – 25 ¢/kWh	2 – 10 ¢/kWh
Hydro energy Large Small	2 – 10 ¢/kWh 2 – 12 ¢/kWh	2 – 10 ¢/kWh 2 – 10 ¢/kWh
Geothermal energy Electricity Heat	2 – 10 ¢/kWh 0.5 – 5 ¢/kWh	1 or 2 – 8 ¢/kWh 0.5 – 5 ¢/kWh
Marine energy Tidal Wave Tidal stream/Current OTEC	8 – 15 ¢/kWh 10 – 30 ¢/kWh 10 – 25 ¢/kWh 15 – 40 ¢/kWh	8 – 15 ¢/kWh 5 – 10 ¢/kWh 4 – 10 ¢/kWh 7 – 20 ¢/kWh
a. Heat embodied in steam (or hot water in district heating), often produced by combined heat and powers systems using forest residuals, black liquor, or bagasse.		

ที่มา : World Energy Assessment Overview : 2004 Update

### เทคโนโลยีพลังงานฟอสซิล

เป้าหมายสูงสุดของการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานฟอสซิลคือ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยปล่อยมลภาวะทางอากาศและก๊าซเรือนกระจกออกมาให้น้อยที่สุด

ในโรงไฟฟ้า มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อทำให้การผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากขึ้นและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ตัวอย่างเช่น โรงไฟฟ้าประเภท combined cycle ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง Co-generation ซึ่งผลิตไฟฟ้าและไอน้ำพร้อมกัน reciprocating engines และเซลล์เชื้อเพลิง

เทคโนโลยีเกี่ยวกับ coal gasification ทำให้สามารถผลิตก๊าซสังเคราะห์ (syngas) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าประเภท integrated gasifier combined cycle ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนั้น ยังสามารถพัฒนาเทคนิคในการผลิตน้ำมันเหลวได้จากถ่านหินและแหล่งก๊าซธรรมชาติที่ตั้งอยู่ห่างจากแหล่งบริโภค

การรวบรวมและกักเก็บคาร์บอน (carbon capture and storage หรือ CCS) เป็นเทคโนโลยีอีกประเภทหนึ่งซึ่งสามารถทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตไม่หลุดลอยขึ้นไปอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก วิธีการคือการรวบรวมและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ใต้ดิน/น้ำ เช่น ในแหล่งน้ำมัน/ก๊าซธรรมชาติที่สูบออกมาหมดแล้ว หรืออาจนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม CCS ยังมีต้นทุนที่สูงอยู่และต้องใช้พลังงานจำนวนมากเพื่อขนส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปัจจุบัน CCS มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคแต่ยังไม่มีการพัฒนาใช้ในขนาด (scale) ที่ใหญ่ การใช้ CCS ในโรงไฟฟ้าจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลงเพราะต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นอีก 15% -40% และจะต้องจัดหาที่กักเก็บที่มีขนาดใหญ่มากอีกด้วย คาดกันว่าเทคโนโลยีนี้จะยังไม่มีการใช้งานก่อนปี 2020 แต่ในระยะยาว คาดว่า CCS จะมีบทบาทสำคัญในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นไปในบรรยากาศโลก และในการบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน

### พลังงานนิวเคลียร์

การยอมรับในพลังงานนิวเคลียร์ผกผันไปตามเหตุการณ์ด้านความปลอดภัย ภาวะตลาดและการพัฒนาเทคโนโลยี ในช่วง 1960 – 1980 มีการใช้พลังงานนิวเคลียร์เพื่อผลิตไฟฟ้าในประเทศอุตสาหกรรมหลายแห่ง และเคยคาดกันว่าจะมีการใช้พลังงานนิวเคลียร์อย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่อุบัติเหตุที่ Chernobyl ในปี 1986 ทำให้หลายประเทศระงับแผนการเพิ่มโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ นอกจากปัญหาความปลอดภัยแล้ว โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการจัดการกับวัสดุที่กัมมันตภาพรังสี และเชื้อเพลิงที่มีกัมมันตภาพรังสี และปัญหาการป้องกันไม่ให้นำเอาเชื้อเพลิงไปผลิตอาวุธนิวเคลียร์

อย่างไรก็ตาม ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา หลายประเทศได้หันมาสนใจพลังงานนิวเคลียร์มากขึ้น เพราะน้ำมันและเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่นๆ มีราคาแพงขึ้นมาก ประกอบกับการที่การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะช่วยบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อนได้ ประเทศอุตสาหกรรมและประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ (รวมทั้งไทย) จึงปรับแผนการลงทุนเพื่อขยายการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้นในอนาคต

World Nuclear Association รายงานว่าในศตวรรษที่ 21 นี้ พลังงานนิวเคลียร์สามารถแข่งขันกับพลังงานฟอสซิลได้มากขึ้น เพราะต้นทุนเกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ลดลง ทั้งที่เป็นต้นทุนการก่อสร้าง ต้นทุนทางการเงิน ต้นทุนในการดำเนินงาน และต้นทุนที่เกี่ยวกับการจัดการกับวัสดุที่มีกัมมันตภาพรังสี ถึงแม้ว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะมีต้นทุนการก่อสร้างที่สูงกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ต่ำกว่า World Nuclear Association สรุปว่าต้นทุนต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ยังต่ำกว่าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินและก๊าซ

ธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตไฟฟ้าแบบ base load (ดูข้อมูลในตารางที่ 10)

**ตารางที่ 10:** สรุปต้นทุนการผลิตพลังงานในหน่วยดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ MWh.

	5 % Discount rate	10 % Discount rate
Nuclear	21 – 31	30 – 50
Coal	25 – 50	35 – 60
Natural gas	37 – 60	40 – 63

ที่มา : IEA & OECD – NEA (2005)

ในปัจจุบัน การใช้พลังงานนิวเคลียร์มีปริมาณคิดเป็น 7% ของการใช้พลังงานขั้นต้นทั้งหมดของโลก และพลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้าคิดเป็น 17% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด คาดว่า การใช้พลังงานนิวเคลียร์จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่เคยคาดการณ์ไว้เดิม<sup>16</sup> แต่การยอมรับในพลังงานนิวเคลียร์ก็ยังคงแตกต่างกันไปตามภูมิภาคต่างๆ ของโลก เพราะหลายประเทศยังกังวลเกี่ยวกับปัญหาการเก็บวัสดุที่มีกัมมันตภาพรังสีในระยะยาว คาดว่ายุโรปตะวันตกจะลดกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ลงหลังปี 2010 แต่หลายประเทศในเอเชียจะขยายกำลังไฟฟ้านิวเคลียร์ในอัตราที่สูงมาก

## V. การใช้พลังงานกับปัญหาภาวะโลกร้อน

ส่วนนี้จะขยายความและให้รายละเอียดมากขึ้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานฟอสซิลกับปัญหาภาวะโลกร้อน ทั้งนี้เพื่อที่จะนำไปสู่ประเด็นเกี่ยวกับความพยายามของโลกที่จะหลีกเลี่ยงและบรรเทาผลกระทบจากภาวะโลกร้อน รวมทั้งประเด็นเกี่ยวกับการใช้พลังงานของโลกที่จะช่วยทำให้โลกพ้นจากอันตรายอันเกิดจากปัญหาภาวะโลกร้อน

### ภาวะโลกร้อน (Global warming)<sup>17</sup>

ภาวะโลกร้อน คือ ภาวะที่อากาศบนพื้นผิวโลกและน้ำทะเลมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น โดยมีอุณหภูมิสูงขึ้นมาโดยตลอดตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 20 (ประมาณ ค.ศ. 1950) และคาดว่าจะสูงขึ้นต่อไปในอนาคต International Panel on Climate Change หรือ IPCC รายงานว่า ในช่วง 100 ปี (ค.ศ. 1905 - 2005) อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 1°C และคาดว่าจะสูงขึ้นต่อไปในช่วงศตวรรษที่ 21 (ค.ศ. 2000 – 2100) อุณหภูมินี้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกระหว่าง 1.1°C ถึง 6.4°C อุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น จะทำให้ภูมิอากาศแปรปรวนมากขึ้น และจะเปลี่ยนปริมาณ

และการกระจายของฝนด้วย คาดว่า ผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์จะอยู่ในรูปของการลดปริมาณในการเพาะปลูกพืชผล ปศุสัตว์ และประมง น้ำท่วมในแหล่งชุมชนริมทะเล และในพื้นที่ที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล การเพิ่มอัตราการเกิดโรคระบาดรุนแรง การสูญพันธุ์ของพืชและสัตว์หลายชนิด ในด้านเศรษฐกิจ ความเสียหายอันอาจเกิดจากภาวะโลกร้อนยังไม่สามารถประเมินค่าได้ แต่คาดว่า จะมีมูลค่ามหาศาล หากคำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในภูมิภาคต่างๆ ของโลก ในช่วงเวลาที่ยาวนาน (50 ปีขึ้นไป)

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศโลก เห็นพ้องต้องกันว่า ปฏิกิริยาการแผ่รังสีส่วนใหญ่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน ตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 20 เกิดจากการเพิ่มความหนาแน่นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก อันเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกมีหลายชนิด แต่ที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกมากกว่าก๊าซอื่นๆ

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ประมาณสามในสี่ของการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกอันเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่เกิดจากการลดพื้นที่ป่า ดังนั้นการเพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตจึงขึ้นอยู่กับ การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล และลักษณะการใช้ที่ดิน (คือการทำลายพื้นที่ป่า) ในปัจจุบัน ความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ วัดได้ 385 ส่วนต่อล้านส่วนโดยปริมาตร (ppmv หรือ parts per million by volume) IPCC คาดว่า ในปี ค.ศ. 2100 ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในชั้นบรรยากาศจะเพิ่มเป็นระหว่าง 541 – 970 ppmv ซึ่งเป็นพิสัยที่ค่อนข้างกว้างและระดับที่จะเกิดขึ้นจริงย่อมขึ้นอยู่กับแบบแผนการใช้พลังงานของมนุษย์เป็นสำคัญ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า หากมนุษย์สามารถจำกัดการเพิ่มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้อยู่ในระดับไม่เกิน 450 – 550 ppmv ภายในปี 2055 ได้ ผลเสียหายอันเกิดจากภาวะโลกร้อนก็มีโอกาสที่จะลดลง ดังนั้นแนวทางสำคัญประการหนึ่ง ที่จะหลีกเลี่ยงหรือบรรเทาปัญหาอันเกิดจากภาวะโลกร้อน คือ การจำกัดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่ น่าจะอยู่ในรูปของการใช้พลังงานในลักษณะที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลก มีปริมาณที่ลดลง



## Kyoto Protocol<sup>18</sup>

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหา “ระดับโลก” และมีลักษณะที่เป็น externalities แบบ “ข้ามพรมแดน” กล่าวคือ การใช้พลังงานฟอสซิลมากๆ ในประเทศหนึ่ง ย่อมทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น และสร้างภาวะโลกร้อนที่มีผลกระทบต่อ “ทั้งโลก” (ไม่ใช่มีผลต่อเฉพาะประเทศที่ใช้พลังงานเท่านั้น) ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน คือความร่วมมือระหว่างประเทศ

Kyoto Protocol เป็นข้อตกลงระหว่างประเทศที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

การประชุมที่กรุงเกียวโตในปี ค.ศ. 1997 ได้ตกลงให้มีข้อตกลงนี้ ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี 2005 ถึงปี 2012 ณ มิถุนายน ปี 2008 มีประเทศที่ให้สัตยาบันร่วมเป็นสมาชิกข้อตกลงจำนวน 182 ประเทศ โดยมีประเทศที่พัฒนาแล้ว 36 ประเทศซึ่งตกลงจะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่วนประเทศกำลังพัฒนาที่ให้สัตยาบันยังไม่มีข้อผูกมัดที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สหรัฐฯ เป็นประเทศพัฒนาแล้วประเทศเดียวที่ยังไม่ให้สัตยาบัน ทั้งๆ ที่เป็นประเทศที่ใช้พลังงานและปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในโลก

ตามรายละเอียดในภาคผนวกที่ 1 ของข้อตกลง ประเทศที่พัฒนาแล้ว 36 ประเทศ ตกลงจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับในปี 1990 อยู่ 5% โดยจะทำให้ได้ภายในปี 2012 นอกจากจะลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศเองแล้ว ประเทศในภาคผนวกที่ 1 ยังสามารถลดโดยวิธีการ “ซื้อ” การลดก๊าซภาวะเรือนกระจกในประเทศอื่นๆ ได้อีกด้วย (เรียกว่า clean development mechanism หรือ CDM) กลไกนี้เป็นการส่งเสริมตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตระหว่างประเทศ ซึ่งเปิดโอกาสให้ประเทศในภาคผนวกที่ 1 สามารถลดต้นทุนในการปฏิบัติตามข้อตกลงได้ เพราะประเทศเหล่านี้มีอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานอยู่แล้ว และสามารถไปซื้อคาร์บอนเครดิตในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งยังมีโอกาสลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำ

เท่าที่ผ่านมา ประเทศในสหภาพยุโรปโดยรวม สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมาย อังกฤษและสวีเดน เป็นประเทศในสหภาพยุโรป สองรายที่มีโอกาสทำได้ตามเป้าหมายภายในปี 2010 สหประชาชาติคาดว่า ประเทศในภาคผนวกที่ 1 โดยรวม คงสามารถลดก๊าซเรือนกระจก ลงได้ตามเป้าหมายภายในปี 2012 แต่ในทางตรงกันข้าม จีนและอินเดีย ซึ่งเป็นผู้ใช้พลังงาน และปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่ กลับปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ในช่วงปี 1990 – 2004 โดยจีนเพิ่มขึ้น 47% และอินเดียเพิ่มขึ้น 55% ส่วนสหรัฐฯ เพิ่มขึ้น 16%

Kyoto Protocol เป็นความพยายามที่จะแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนในลักษณะของ “การขาดตาทัพ” เท่านั้น การปฏิบัติตามข้อตกลงทำให้โลก “ลดอัตราการเพิ่ม” ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ยังไม่ทำให้โลก “ลดปริมาณ” การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงไปได้ เพราะยังมีหลายประเทศ ที่เป็นผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงมาก แต่ไม่ต้องปฏิบัติตามข้อตกลง เป็นที่คาดหวังกันว่า ภายหลังจากที่ Kyoto Protocol หมดอายุลง ข้อตกลงที่จะเกิดขึ้นใหม่ จะครอบคลุมทุกประเทศ ทั้งที่เป็นประเทศกำลังพัฒนา และประเทศที่พัฒนาแล้ว และเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก จะมีความเข้มข้น และครอบคลุมจำนวนประเทศมากขึ้น<sup>19</sup>

### จะมั่ว หรือจะทำตามแผน

ความยากลำบากในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโลก มีสาเหตุมาจากประเด็น สามประการ คือ

- ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ปัญหาภาวะโลกร้อน มีลักษณะที่เป็น “externalities” แบบ “ข้ามพรมแดนประเทศ” ดังนั้น การแก้ไขปัญหาก็ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างประเทศ ในสถานการณ์ที่มีความตึงเครียดและความขัดแย้งกันทางการเมืองระหว่างประเทศอยู่แล้ว ความร่วมมือในการลดก๊าซเรือนกระจก (ซึ่งต้องใช้เวลาอันยาวนานจึงจะเห็นผล) คงเป็นไปได้ยาก
- ความต้องการใช้พลังงานของโลกยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ตามจำนวนประชากรโลก และรายได้ต่อหัวที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การขยายตัวทางเศรษฐกิจในประเทศยากจนที่มีขนาดประชากรมหาศาล เช่น จีน และอินเดีย ประเทศเหล่านี้ มีแนวโน้มที่จะเรียกร้องสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มากกว่าประเทศพัฒนาแล้วที่ใช้พลังงานต่อหัวสูงมากอยู่ก่อนแล้ว ประเด็นนี้อาจจะส่งผลให้ความร่วมมือระหว่างประเทศยากจน และประเทศร่ำรวย เป็นไปได้ยากในอีกแง่มุมหนึ่ง
- ในการแก้ไขปัญหาด้านอุปทานพลังงานและการปรับเปลี่ยนแบบแผนการใช้พลังงานของโลก เพื่อบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน โลกจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมหาศาลในการลงทุน EIA เพิ่มจัดทำรายงานและสรุปว่า โลกต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นอีกถึง \$45 ล้านล้าน<sup>20</sup> ในโครงการพลังงานต่างๆ (เช่น การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มอีก 1,400 โรง) เพื่อลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2050 ให้ได้เป็นครึ่งหนึ่งของระดับในปี 2005 จำนวนเงินลงทุนดังกล่าว คิดเป็น 1.1% ของ GDP ของทุกประเทศในโลกรวมกัน และการใช้จ่ายจำนวนเงินนี้ ถือได้ว่าเป็น “การปฏิวัติ

ด้านพลังงาน” (energy revolution) เลยก็ว่าได้ ประเด็นที่ตามมาก็คือ “ใครจะรับภาระค่าใช้จ่ายในส่วนนี้?”

บทความนี้ไม่สามารถจะให้คำตอบได้ว่า โลกในอนาคตจะแก้ไขปัญหาลังงานและปัญหาภาวะโลกร้อนได้หรือไม่อย่างไร แต่จะวิเคราะห์ทางเลือกที่มีความเป็นไปได้ว่า อาจเป็นแนวทางที่จะเกิดขึ้นได้จริงในช่วง 50 ปีข้างหน้า เราอาศัยผลการศึกษาศึกษาของบริษัทเชลล์<sup>21</sup> ซึ่งใช้วิธีการศึกษาที่เรียกว่า “scenario planning” โดยเชลล์ ได้วาดภาพชุดเหตุการณ์เกี่ยวกับพลังงานที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคตไปจนถึงปี 2050 สรุปได้ว่า มีโอกาสเป็นไปได้ในชุดเหตุการณ์ 2 scenarios คือ ชุดแรก ชื่อ “Scramble” เป็นภาพที่ประเทศต่างๆ แย่งกันจัดหาพลังงานให้เพียงพอ กับความต้องการของตน โดยให้ความสำคัญรองลงไปกับปัญหาภาวะโลกร้อนและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ชุดที่สอง ชื่อ “Blueprints” เป็นภาพที่ประเทศต่างๆ ร่วมมือกัน และสามารถแก้ไขปัญหาลังงานและปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว และเป็นระบบ เสมือนหนึ่งโลกมี “พิมพ์เขียว หรือการวางแผนล่วงหน้า” ไว้สำหรับมาตรการต่างๆ

ภายใต้ชุดเหตุการณ์ “Scramble” รัฐบาลของประเทศต่างๆ ดังเลที่จะใช้มาตรการเด็ดขาดเพื่อจำกัดการใช้พลังงาน และความร่วมมือระหว่างประเทศก็มีน้อย ราคาน้ำมันจึงแพงขึ้นมาก และทำให้อำนาจต่อรองอยู่ในมือของประเทศผู้ผลิตน้ำมันรายใหญ่มากขึ้น การใช้ถ่านหินเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และในปี 2050 จะขยายตัวเป็น 2 เท่าครึ่งของปริมาณการใช้ในปี 2000 ทำให้มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน และก่อให้เกิดแรงต่อต้านการใช้ถ่านหินมากขึ้น หลายประเทศหันมาใช้พลังงานนิวเคลียร์และน้ำมันชีวมวลมากขึ้น แต่พลังงานนิวเคลียร์ก็ยังมีข้อจำกัดหลายด้าน ส่วนการผลิตน้ำมันชีวมวลก็ทำให้ป่าถูกทำลาย ในที่สุดรัฐบาลต้องหันมาใช้มาตรการเข้มงวดเพื่อจำกัดการใช้พลังงานจนอาจทำให้เศรษฐกิจชะงักงัน

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นสูงมาก โดยในปี 2035 จีนกลายเป็นประเทศที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดในโลก โลกหันมาสนใจปัญหาภาวะโลกร้อนมากขึ้น และใช้พลังงานทดแทนมากขึ้นเพื่อช่วยลดอัตราการเพิ่มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก็ดูเหมือนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะ “สายเกินแก้” แล้ว เพราะตั้งแต่ปี 2050 เป็นต้นไป โลกในชุดเหตุการณ์นี้ ต้องเผชิญกับผลกระทบอย่างรุนแรงจากภาวะโลกร้อน

ภายใต้ชุดเหตุการณ์ “Blueprints” ความร่วมมือระหว่างประเทศในการแก้ไขปัญหาลังงาน และปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นไปอย่างมีระบบ โดยความสำเร็จเริ่มต้นจากระดับ “รากหญ้า” ชุมชน บริษัท และเมือง ที่ตัดสินใจร่วมกันในการสร้าง “พิมพ์เขียว” ให้กับอนาคตของพลังงาน ความพยายามในระดับรากหญ้าผลักดันให้รัฐบาลหันมาร่วมมือกันมากที่สุด รัฐบาลของประเทศต่างๆ ตัดสินใจใช้ภาษี สิ่งจูงใจ ตลาดค้าคาร์บอน และการส่งเสริมเทคโนโลยี เพื่อกระตุ้น

ให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีก๊าซเรือนกระจกน้อยลง เทคโนโลยีที่ประหยัดพลังงานประกอบด้วย ระบบขนส่งมวลชนที่มีประสิทธิภาพ รถยนต์ที่ประหยัดน้ำมัน และที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น การรวบรวมและกักเก็บคาร์บอน (carbon capture and storage หรือ CCS) ซึ่งใช้กับโรงไฟฟ้า และโรงงานที่ใช้พลังงานฟอสซิล การใช้พลังงานลม และแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า และการใช้ถ่านหินอย่างสะอาด (clean coal technology) ความร่วมมือระหว่างประเทศ ทำให้เกิดข้อตกลงฉบับใหม่หลัง Kyoto Protocol โดยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากประเทศส่วนใหญ่ของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สหรัฐฯ จีน และอินเดีย ในปี 2055 สหรัฐฯ และสหภาพยุโรป สามารถลดการใช้พลังงานต่อหัวลง 33% และการใช้พลังงานของจีนเริ่มมีแนวโน้มลดลง ภาวะสิ่งแวดล้อมของโลกมีความยั่งยืนมากขึ้น โดยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลกถูกจำกัดไว้ไม่เกิน 550 ppmv

ตารางที่ 11 แสดงแบบแผนการใช้พลังงานในกรณี Scramble และในกรณี Blueprints เปรียบเทียบกับกรณี Reference Case ของ International Energy Outlook 2007 (ของกระทรวงพลังงาน สหรัฐฯ ซึ่งคาดการณ์ไปถึงปี 2030 เท่านั้น) จะเห็นได้ว่า ในทั้งกรณี Scramble และกรณี Blueprints ปรากฏว่าถ่านหินจะกลายเป็นพลังงานที่สำคัญที่สุดในระยะยาว

ในภาพรวม กรณี Scramble และกรณี IEO 2007 ใช้พลังงานโดยรวมเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่กรณี Blueprints ใช้พลังงานโดยรวมในปริมาณที่ต่ำกว่าอีกสองกรณีอยู่ 13% และกรณี Blueprints ใช้ถ่านหิน ชีวมวล และพลังงานแสงอาทิตย์ในปริมาณที่น้อยกว่า แต่กลับใช้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติในปริมาณที่มากกว่า

การศึกษาของเซลล์สรุปว่า ทั้งกรณี Scramble และกรณี Blueprints มีโอกาสเกิดขึ้นจริง และเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของมนุษย์ คนส่วนใหญ่คงอยากเห็นกรณี Blueprints เป็นจริงมากกว่า คำถามที่สำคัญก็คือ “เราจะต้องทำอะไรบ้าง เพื่อให้กรณี Blueprints เป็นจริง”

ตารางที่ 11: แบบแผนการใช้พลังงานของโลกในกรณี Reference Case ของ IEO 2007

กรณี "Scramble" และกรณี "Blueprints"

กรณี Reference Case ของ IEO 2007

หน่วย : EJ

<b>World Total Primary Energy Consumption</b>	<b>2004</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
Liquids	176.1	192.5	220.5	250.1
Natural Gas	108.3	126.3	153.9	178.4
Coal	119.9	142.8	175.1	208.5
Nuclear	28.8	31.2	37.4	41.6
Other	34.8	42.3	48.7	56.0
<b>Total</b>	<b>467.8</b>	<b>535.1</b>	<b>635.5</b>	<b>734.6</b>
Liquids	38%	36%	35%	34%
Natural Gas	23%	24%	24%	24%
Coal	26%	27%	28%	28%
Nuclear	6%	6%	6%	6%
Other	7%	8%	8%	8%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Note:** Liquids include petroleum-derived fuels and non-petroleum-derived fuels, such as ethanol and bio-diesel, coal-to-liquids, and gas-to-liquids. Petroleum coke, which is solid, is included. Also included are natural gas liquids, crude oil consumed as a fuel, and liquid hydrogen.

กรณี "Scramble"

หน่วย : EJ

	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Oil	147	176	186	179	160	141
Gas	88	110	133	134	124	108
Coal	97	144	199	210	246	263
Nuclear	28	31	34	36	38	43
Biomass	44	48	59	92	106	131
Solar	0	0	2	26	62	94
Wind	0	2	9	18	27	36
Other Renewables	13	19	28	38	51	65
<b>Total primary energy</b>	<b>417</b>	<b>530</b>	<b>650</b>	<b>733</b>	<b>814</b>	<b>881</b>
Oil	35%	33%	29%	24%	20%	16%
Gas	21%	21%	20%	18%	15%	12%
Coal	23%	27%	31%	29%	30%	30%
Nuclear	7%	6%	5%	5%	5%	5%
Biomass	11%	9%	9%	13%	13%	15%
Solar	0%	0%	0%	4%	8%	11%
Wind	0%	0%	1%	2%	3%	4%
Other Renewables	3%	4%	4%	5%	6%	7%
<b>Total primary energy</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

กรณี “Blueprints”

หน่วย : EJ

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Oil	147	177	191	192	187	157
Gas	88	109	139	143	135	122
Coal	97	137	172	186	202	208
Nuclear	28	30	30	34	41	50
Biomass	44	50	52	59	54	57
Solar	0	1	7	22	42	74
Wind	0	1	9	17	28	39
Other Renewables	13	18	29	40	50	62
<b>Total primary energy</b>	<b>417</b>	<b>530</b>	<b>650</b>	<b>733</b>	<b>814</b>	<b>881</b>
Oil	35%	34%	30%	28%	25%	20%
Gas	21%	21%	22%	21%	18%	16%
Coal	23%	26%	27%	27%	27%	27%
Nuclear	7%	6%	5%	5%	6%	7%
Biomass	11%	10%	8%	9%	7%	7%
Solar	0%	0%	1%	3%	6%	10%
Wind	0%	0%	1%	2%	4%	5%
Other Renewables	3%	3%	5%	6%	7%	8%
<b>Total primary energy</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

ที่มา: International Energy Outlook 2007, Energy Information Administration, Department of Energy ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Shell Energy Scenarios to 2050, Shell International BV, 2008

## เอกสารอ้างอิง

---

<sup>1</sup> Middle East Economic Survey: “Reasons Behind the Recent Hike in Oil Prices”, Behrooz Baik Alizadeh, 29 October 2007

<sup>2</sup> Middle East Economic Survey: “Reasons Behind the Recent Hike in Oil Prices”, อ้างแล้ว

<sup>3</sup> Wikipedia: “Oil price increases since 2003” ในหน้า 2

<sup>4</sup> เว็บไซต์มติชน, 13 ธันวาคม 2007

<sup>5</sup> The New York Times, December 9, 2007 ชาวียังระบุด้วยว่าเม็กซิโกก็อาจจะไม่สามารถส่งออกได้ใน 5 ปีข้างหน้า

<sup>6</sup> International Herald Tribune, “IEA says oil prices will stay very high, threatening global growth”, October 31, 2007

<sup>7</sup> ธนาคาร Barclays Capital ปรับค่าพยากรณ์ของราคาน้ำมันดิบ WTI ในตลาด NYMEX จาก \$100.80 เป็น \$116.90 ต่อบาเรล จากรายงานข่าวของ Bloomberg : “Barclays Raises 2008 Crude Oil Forecast to \$116.90”, May 8, 2008

<sup>8</sup> เมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2551 รัฐบาลจีนได้ประกาศเพิ่มราคาขายปลีกผลิตภัณฑ์น้ำมันขึ้นประมาณ 18% หลังจากที่ได้ควบคุมและอุดหนุนราคาไว้เป็นเวลา 8 เดือน จึงคาดกันว่าอัตราการเพิ่มความต้องการใช้น้ำมันของจีนจะลดลงไปบ้าง แต่ก็ยังไม่แน่ชัดว่าจะมีผลต่อราคาน้ำมันในตลาดโลกมากน้อยเพียงใด ดู Yahoo! News, “China shocks with 18 percent fuel price rise”, June 19, 2008

<sup>9</sup> ข่าว Fox Business, “Goldman Sachs: Oil Prices May Hit \$150-\$200 a Barrel”, May 6, 2008

<sup>10</sup> Arabia Business, “Oil could reach \$300, says expert”, February 28, 2008

<sup>11</sup> G.F. Caruso, EIA, “Why are Oil Prices So High and Where are they going?”, undated slides

<sup>12</sup> สารสนเทศด้านธรณีวิทยาและวิศวกรรมชี้ได้อย่างแน่นอนว่าปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว หรือ proved reserves เป็นปริมาณที่สามารถผลิตได้ในอนาคตจากแหล่งที่มีการสำรวจแล้ว ภายใต้สภาพเศรษฐกิจและการดำเนินโครงการในปัจจุบัน

<sup>13</sup> International Energy Outlook 2007, Energy Information Administration, Department of Energy ประเทศสหรัฐฯ และ British Petroleum (BP) Statistical Review of World Energy, June 2007

---

<sup>14</sup> U.S. Geological Survey, *World Petroleum Assessment 2000*

<sup>15</sup> ส่วนนี้ของบทความอาศัยเนื้อหาจาก Part IV ของ *World Energy Assessment Overview: 2004 Update*

<sup>16</sup> *International Energy Outlook 2007* ใช้ข้อมูลที่สูงกว่า *International Energy Outlook 2006* อยู่ 14%

<sup>17</sup> Wikipedia: "Global Warming"

<sup>18</sup> Wikipedia: "Kyoto Protocol"

<sup>19</sup> ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2007 หัวหน้ารัฐบาลของประเทศแคนาดา ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี ญี่ปุ่น รัสเซีย อังกฤษ สหรัฐฯ บราซิล จีน อินเดีย เม็กซิโก และแอฟริกาใต้ ตกลงร่วมกันให้มีข้อตกลงฉบับใหม่หลังจากที่ Kyoto Protocol หมดอายุลง ดู Wikipedia: "Kyoto Protocol" หน้า

12

<sup>20</sup> Yahoo! News, "\$45 Trillion needed to combat warming", June 6, 2008

<sup>21</sup> *Shell Energy Scenarios to 2050*, Shell International BV, 2008