



Illustration by esi-africa.com/the-state-of-wind-energy-in-africa/
gingeryoung.com/technology-breakthrough-and-the-future-of-solar-energy/
pinterest.co.uk/pin/452471093798610342/
channelfutures.com/technology/what-Blockchain-means-hint-not-just-bitcoin-and-why-you-should-care

การปฏิวัติ พลังงาน

พินเอก ดร. เศรษฐพงศ์ มะลิสุวรรณ
กสทช.

การปฏิวัติพลังงาน

พลังงานถือเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล และถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นที่สุดของมนุษยชาติ ดังนั้นเราจึงต้องการตัวเลือกทางด้านพลังงานรูปแบบใหม่เพื่อมาตอบสนองความต้องการในการใช้พลังงานอย่างมหาศาลของเรา อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังมีผู้คนทั่วโลกอีกกว่า 1.3 พันล้านคนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เมื่อมีการใช้พลังงานก็ย่อมมีผลกระทบที่ตามมา โดยองค์การอนามัยโลกหรือ WHO ได้รายงานว่ามียุคนี่เสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศกว่า 5 ล้านคนต่อปี ดังนั้นจึงจำเป็นที่เราจะต้องหาพลังงานทดแทนที่มีความสะอาดมากขึ้นมา ใช้เพื่อช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโลกของเรา

โชคดีที่เราอาศัยอยู่ในโลกที่อุดมไปด้วยพลังงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งในอนาคตพลังงานน้ำมันที่เราใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันจะกลายเป็นเพียงเศษเสี้ยวหนึ่งเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานจากฟากฟ้าที่ถาโถมเข้ามาบนพื้นโลกของเรา ซึ่งคิดเป็นปริมาณพลังงานที่มากกว่า 10,000 เท่าของพลังงานบนโลกที่เราใช้กันทุกชนิดรวมเข้าด้วยกันเสียอีก ซึ่งพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์เพียง 10 วินาทีจะเทียบเท่ากับพลังงานทั้งหมดที่ใช้บนโลก 1 วัน ดังนั้นพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ 1 ชั่วโมงจะเทียบเท่ากับพลังงานทั้งหมดที่ใช้บนโลก 1 ปีเลยทีเดียว

นับตั้งแต่ปี 2000 ที่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ได้เกิดขึ้นและแพร่หลายไปทั่วโลกอย่างรวดเร็ว จากจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในปี 2000 ที่มีเพียง 740 ล้านคนทั่วโลก ก้าวมาสู่ 5 พันล้านคนในปัจจุบัน (ปี 2018) ซึ่งถือว่ามีจำนวนผู้ใช้เป็นจำนวนถึง 66% ของประชากรโลกแล้ว และ Ericsson ได้คาดการณ์ว่าภายในปี 2022 จะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (IoT) และสรรพสิ่งต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตถึง 29 พันล้านชิ้นจนทำให้เกิดระบบ sensor เชื่อมข้อมูลเชิงวิเคราะห์อย่างชาญฉลาดยิ่งด้วยการขับเคลื่อนของเทคโนโลยี 5G ที่กำลังเข้ามาเชื่อมต่อความชาญฉลาดให้แก่เทคโนโลยีหุ่นยนต์และโรงงานอุตสาหกรรม ไปจนถึงการรวมพลังของการวิเคราะห์ที่ชาญฉลาดยิ่งของปัญญาประดิษฐ์ (AI) ซึ่งจะทำให้การบริหารทรัพยากรในทุกอุตสาหกรรมเปลี่ยนไปอย่างมาก

และในวันนี้ความชาญฉลาดของเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ IoT, Big Data และ AI กำลังจะถูกเทคโนโลยี Blockchain เข้ามาร่วมจัดการให้อินเทอร์เน็ตสามารถสร้างกระบวนการต่างๆ ให้ชาญฉลาดมากขึ้นไปอีกระดับหนึ่ง ด้วยการใช้เทคโนโลยีเข้ารหัส (Cryptography) และการเขียนโปรแกรมให้อินเทอร์เน็ตทำงานได้อย่างอัตโนมัติอีกด้วย

ส่วนในฟากฝั่งของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำการวิจัยด้านวัสดุชาญฉลาด (smart material) ก็ได้พยายามคิดค้นหาวัสดุและกระบวนการในระดับอะตอม โดย World Economic Forum ได้คาดการณ์ว่าในปี 2027 เทคโนโลยี Photovoltaic ที่เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้วัสดุผสมสามารถดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์และกักเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยราคาที่ถูกลงอย่างยิ่ง และในปีเดียวกัน เทคโนโลยี Blockchain จะเข้ามามีบทบาทพร้อมกัน ในอุตสาหกรรมพลังงาน จนจะมีผลทำให้เกิดการจัดสรรพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่ง ด้วยราคาที่ถูกลงมากบนสมาร์ตโฟน

และจะทำให้บริษัทยักษ์ใหญ่ด้านพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ได้รับแรงกดดันที่จะต้องลดมลพิษที่มีผลต่อสภาวะโลกร้อน จนอาจจะต้องพบกับความเสี่ยงในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันก็ได้เริ่มมีการกระตุ้นให้มีพลังงานทางเลือกเพิ่มมากขึ้น จนทำให้การเติบโตของพลังงานทางเลือกเป็นไปอย่างก้าวกระโดด อย่างเช่น ในการทำฟาร์มโคนมในปัจจุบัน ในประเทศเยอรมนีและในยุโรปบางประเทศ ที่อาจจะไม่ใช่เพียงแค่การเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังสามารถทำเป็นฟาร์มพลังงาน (energy farm) ได้ด้วย หรือแม้แต่การใช้งานส่วนบุคคลก็ยังสามารถผลิตพลังงานไว้ใช้เองหรือเพื่อจำหน่ายได้อีกด้วย

ในเวลาเพียงแค่ 8 ปีที่ผ่านมาพบว่า บริษัทด้านพลังงานรายใหญ่ของโลกมีมูลค่าลดลงกว่าครึ่ง ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมพลังงานแบบดั้งเดิมใหญ่ๆ พยายามที่จะกำหนดบทบาทใหม่ของตัวเองในโลกแห่งพลังงานยุคใหม่นี้ ที่อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิมทั่วโลกต้องเผชิญกับความยุ่งยาก ในระดับที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน และมีแรงกดดัน ในการที่จะต้องทำการปรับตัวอย่างไม่เคยมาก ในระดับนี้มาก่อน

ในอดีต บริษัทพลังงานทางเลือกยังมีไม่มากนัก แต่ก็ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่จะเข้ามาเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ได้ในทศวรรษต่อไป โดยในเวทีระดับนานาชาติทุกแห่ง ต่างก็เห็นสอดคล้องกันที่จะให้มีกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการสภาพภูมิอากาศ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และบริษัททางด้านน้ำมันและก๊าซธรรมชาติต่างเห็นด้วย ในการดำเนินการดังกล่าวเพื่อสร้างอนาคตที่แตกต่าง ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมมูลค่า 5 ล้านล้านเหรียญสหรัฐอาจจะกำลังเผชิญหน้าเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าต้องให้อุตสาหกรรมเหล่านั้นทิ้งการขุดเชื้อเพลิงฟอสซิลไป แต่หลายบริษัทเริ่มมีการนำวิธีการใหม่ๆ มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการต่างๆ ให้สะอาดมากขึ้น

อย่างเช่น บริษัท Statoil ซึ่งเป็นบริษัทน้ำมันรายใหญ่แห่งนอร์เวย์ที่สามารถขุดน้ำมันได้มากที่บริเวณทะเลเหนือในช่วงทศวรรษที่ 1960

แต่กว่า 4 ทศวรรษที่ผ่านมา บริษัท Statoil ต้องการที่จะเปลี่ยนเป็นบริษัทผลิตน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่มีการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งโลกกำลังต้องการบริษัทในลักษณะนี้ ที่ยืนหยัดและส่งมอบน้ำมันและก๊าซธรรมชาติให้แก่โลกได้อย่างยั่งยืน โดยธุรกิจของ Statoil ยังคงอาศัยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่เป็นอันตรายแก่สิ่งแวดล้อม แต่อย่างน้อยบริษัทก็มีความพยายามในการลดมลพิษ ซึ่งบริษัทได้ปฏิรูปแท่นขุดเจาะนอกชายฝั่งด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ซึ่งช่วยให้วิศวกรสามารถแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาและสูบฉีดลงใต้ดิน โดยแท่นขุดเจาะก๊าซ Sleipner ของ Statoil เป็นแท่นขุดเจาะก๊าซนอกชายฝั่งตัวแรกของโลกที่สามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังเก็บได้ แล้วส่งลงไปใต้ผิวดินลึกและเก็บไว้อย่างนั้นตลอดกาล ซึ่งเป็นความพยายามที่จะทำให้การผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นกระบวนการที่สะอาดมากขึ้น โดยในแต่ละปี Statoil สามารถเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 1 ล้านตัน เพื่อลดภาวะโลกร้อน

หนึ่งในข้อดีของก๊าซคือ มันมีอยู่มากมาย น่าเชื่อถือ และยืดหยุ่นมาก โดยเราสามารถเปลี่ยนรูปก๊าซเป็นของเหลวได้ ทำให้สามารถจัดการได้ง่ายขึ้น ซึ่งทำให้ก๊าซมีความน่าเชื่อถือตรงที่ว่ามันจะสามารถถูกกำจัดได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามพลังงานฟอสซิลก็ยังคงมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่เสมอ เป็นไปตามธรรมชาติของมัน

พลังงานทดแทนอย่างเช่น พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นพลังงานสะอาด แต่ก็ขึ้นอยู่กับ การสนับสนุนของรัฐบาลด้วย อีกทั้งในการผลิตอาจต้องเผชิญกับความท้าทายต่างๆ อย่างเช่น สภาพภูมิอากาศที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ตัวอย่างเช่น หมู่บ้านเล็กๆ ในประเทศเยอรมนี (ใน Bavaria) ที่ได้ค้นพบแนวทางในการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทน ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่จะสามารถทำให้โลกของเราปราศจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในอนาคตได้อย่างแท้จริง เช่นฟาร์มของครอบครัว Norbert และ Kristina Bechteler ซึ่งเป็นผู้ขายผลิตภัณฑ์จากนมในชุมชนมานานกว่า 200 ปี แต่ขณะนี้พวกเขามีรายได้ใหม่จากระบบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic system)



จากรูปด้านบนคือหมู่บ้านชนบทเล็กๆ ในประเทศเยอรมนีซึ่งนิยมติดแผ่น solar rooftop ไว้บนหลังคาบ้านเพื่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตพลังงานด้วยตัวเองจากแผงโซลาร์เซลล์นั้นไม่ได้เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างสิ้นเชิง แต่สิ่งที่เกิดขึ้นในหมู่บ้านแห่งนี้ คือการที่ในแต่ละครัวเรือนมีการเก็บกักพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ เพื่อพยายามทำให้แหล่งจ่ายไฟสามารถดำเนินการจ่ายไฟได้อย่างคงที่ได้สำเร็จ และหนึ่งในพลังงานทดแทนที่ไม่เคยหายไปไหนและสามารถเกิดขึ้นได้อยู่ตลอดเวลา เนื่องจากได้มาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ ซึ่งเราเรียกว่า “ก๊าซชีวภาพ” ซึ่งชุมชนเล็กๆ สามารถเป็นโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพได้ แหล่งพลังงานต่างๆ เหล่านี้นับว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก โดยหมู่บ้านแห่งนี้สามารถสร้างพลังงานได้มากกว่าความต้องการใช้ถึง 5 เท่า แต่นั่นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของความท้าทายในการสร้างและเปลี่ยนพลังงานทดแทนให้เป็นแหล่งพลังงานที่น่าเชื่อถือและเสถียรเท่านั้น

นอกจากนี้ยังมีเรื่องการกักเก็บพลังงานและการใช้พลังงานอย่างประหยัด ซึ่งการจัดเก็บพลังงานถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากที่จะทำให้สามารถใช้พลังงานจากลมและพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา โดยในชุมชนแห่งนี้ยังมีบริษัทเกิดใหม่ที่พัฒนาแบตเตอรี่ที่ใช้ในบ้านซึ่งแต่ละครัวเรือนสามารถเก็บพลังงานส่วนเกินที่ผลิตได้ไว้ใช้ในภายหลังหรือจะเก็บเอาไว้เพื่อขายต่อ ซึ่งถือเป็นแนวทางของระบบจัดเก็บพลังงานที่สำคัญของโลก และเป็นที่จัดเก็บพลังงานเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำพลังงานไปใช้ได้แม้ว่าในเวลานั้นจะไม่มีแสงอาทิตย์ก็ตาม

“เทคโนโลยีเบื้องหลังคือระบบแบตเตอรี่ที่เป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้ในแต่ละครัวเรือนสามารถใช้พลังงานที่ตัวเองผลิตได้ ซึ่งระบบแบตเตอรี่นี้เป็นระบบออนไลน์แพลตฟอร์มสามารถรู้ได้ว่าขณะนั้นมีใครต้องการใช้พลังงานจากระบบ หรือมีใครกำลังผลิตพลังงานส่วนเกินให้แก่ระบบได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งแนวคิดของระบบก็คือทำให้ผู้คนในชุมชนแบ่งปันพลังงานซึ่งกันและกันได้ และจะสามารถกำจัดโรงงานถ่านหินและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ ซึ่งเราสามารถนำระบบนี้เข้ามาแทนที่ระบบไฟฟ้าแบบดั้งเดิมได้ทั้งหมดและสามารถดำเนินการได้อย่างอิสระ”

ในกรณีตัวอย่างนี้ได้ใช้บ้านเรือน 50 หลังคาเรือน ในการผลิตพลังงาน ซึ่งในแต่ละครัวเรือนจะรู้ว่าสามารถผลิตพลังงานได้อย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่ไม่ต้องอาศัยบริษัทใหญ่ๆเลย และเมื่อชุมชนแห่งนี้เริ่มดำเนินการปรากฏว่ามีชุมชนอีกหลายแห่งเริ่มทำตาม และในปัจจุบันพบว่าบริษัทพลังงานรายย่อยเกือบ 1,000 แห่งทั่วประเทศเยอรมนี

จากสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปดังกล่าวจึงก่อให้เกิดความท้าทายต่อบริษัทพลังงานยักษ์ใหญ่ของประเทศ 4 แห่ง ตัวอย่างเช่น บริษัท E.ON ซึ่งเป็นบริษัทพลังงานรายใหญ่ที่สุด ที่มีส่วนแบ่งตลาดลดลงมากกว่า 75% ในเวลา 8 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก และพลังงานทดแทนมีราคาถูกลงเรื่อยๆ อีกทั้งพฤติกรรมผู้บริโภคและสังคมก็เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ทั้งจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปและประเด็นอื่นๆ ที่ทำให้อุตสาหกรรมพลังงานนี้แตกต่างไปจากเดิมอย่างรวดเร็ว

รายได้ส่วนใหญ่ของ E.ON มาจากพลังงานฟอสซิล ซึ่งรายได้ที่ลดลงมากกว่าหนึ่งในสามนับตั้งแต่ปี 2008 ทำให้บริษัทตัดสินใจที่จะพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนอย่างทันที การตัดสินใจเปลี่ยนจากพลังงานฟอสซิลเป็นพลังงานทดแทนนี้ทำให้บริษัทแยกตัวออกมาตั้งบริษัทใหม่ ที่มีชื่อว่า Uniper ซึ่ง E.ON เริ่มหันมาลงทุนในพลังงานจากลมและแสงอาทิตย์เป็นสัดส่วนมากขึ้นในปี 2016 นอกจากนี้ E.ON ยังคิดว่าเป็นโอกาสที่ดีที่ควรจะต้องมีการจัดการแหล่งพลังงานที่หลากหลายให้มากขึ้น

สังคมสีเขียว (green society) เริ่มมีการพูดถึงอย่างมากทั่วโลก แต่ก็จำเป็นที่จะต้องมีการจัดการอย่างชาญฉลาด ความจำเป็นในการจัดการแหล่งผลิตและใช้พลังงานกว่าล้านแห่ง และมีระบบเศรษฐกิจแบบแบ่งปัน (sharing economy) ระหว่างผู้ใช้พลังงานน้อยและผู้ใช้พลังงานมาก ซึ่งการจัดการนี้อาศัย Big Data mining ซึ่งเป็นความสามารถทางด้านเทคนิคที่สำคัญของโลกในปัจจุบัน ซึ่ง E.ON มีความมุ่งมั่นในการมีส่วนร่วมในเรื่องนี้

บริษัท E.ON ได้ใช้วิธีการเข้าร่วมเป็นพันธมิตรทางธุรกิจกับบริษัทต่างๆ และแม้แต่กับลูกค้า เพื่อที่จะทำให้เกิดระบบพลังงานแบบกระจายศูนย์ (decentralized energy system) ซึ่งถือเป็นแนวคิดและกระบวนทัศน์ใหม่ในอุตสาหกรรมพลังงาน โดยพันธมิตรทางธุรกิจของ E.ON สามารถผลิตพลังงานทดแทนได้มากมายจากโครงการต่างๆ อย่างเช่น Arkona Wind Farm ในทะเลบอลติก ที่เป็นผู้ผลิตพลังงานทางเลือกที่น่าทึ่งอย่างมากและบริษัท Statoil ซึ่งเป็นบริษัทน้ำมันและก๊าซธรรมชาติจากนอร์เวย์ ที่ร่วมลงทุนถึง 600 ล้านยูโร ซึ่ง Statoil ต้องการที่จะเติบโตในด้านพลังงานจากลมโดยเฉพาะ

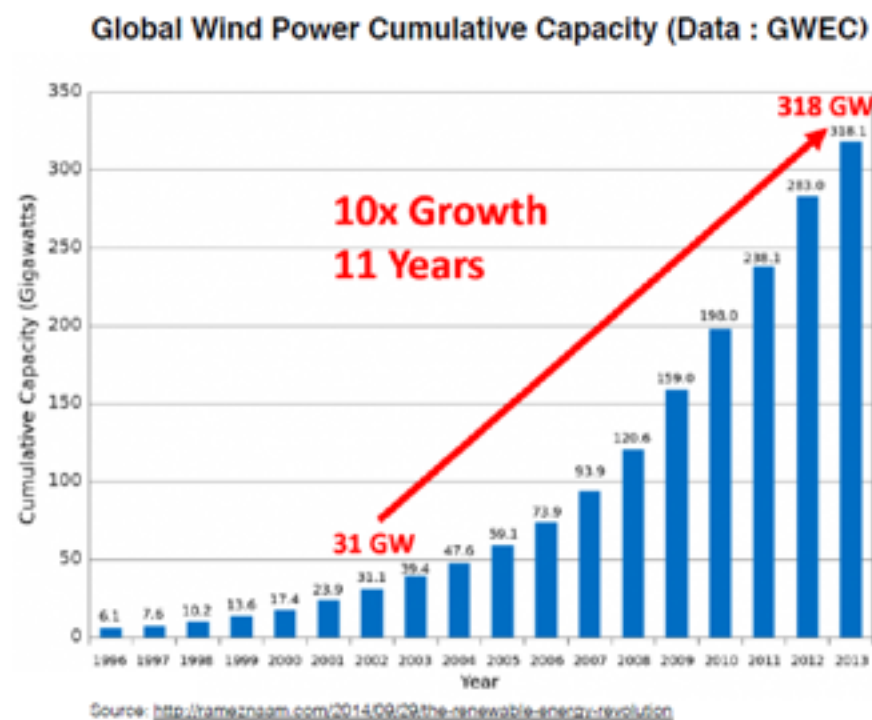
บริษัท Statoil ต้องการความก้าวหน้าในมิติใหม่ของอุตสาหกรรมพลังงานเหมือนอย่าง E.ON เช่นกัน โดย Statoil มีโครงการที่ดำเนินการมานานกว่า 4 ทศวรรษเกี่ยวกับประสบการณ์ด้านแท่นขุดเจาะชายฝั่งทะเล ซึ่งถือว่าก้าวหน้ากว่าคู่แข่งอย่างมาก สำหรับกังหันลมที่ลอยอยู่ในทะเล โดย Statoil ได้พัฒนา floating turbine ที่สามารถผลิตพลังงานจำนวนมากได้ในราคาถูก และสามารถผลิตได้รวดเร็ววกากังหันลมชนิดที่อยู่กับที่

เนื่องจากต้องการนำเทคโนโลยีของบริษัทที่มีมาแต่ดั้งเดิมออกมาใช้ โดยใช้รูปแบบเทคโนโลยีโครงสร้างฐานที่มีความมั่นคงโดยไม่ต้องมีขา มีซอฟต์แวร์โดยเฉพาะที่ทำให้กังหันเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เหมาะสม ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลม และยังช่วยให้หอคอยตั้งอยู่อย่างมั่นคง โดย floating wind farm แห่งแรกของ Statoil ได้มีการดำเนินการที่ East Coast ในสกอตแลนด์ตั้งแต่ปี 2017 ซึ่งสิ่งนี้ถือเป็นความก้าวหน้าของพลังงานทดแทนจากลม ที่อย่างน้อยก็สามารถนำไปใช้ที่ใดก็ได้ในโลก หรือใช้ในทะเลใดก็ได้ จนทำให้สามารถได้รับแรงลมที่ดีกว่าที่ต้องตั้งอยู่เฉพาะที่ชายฝั่ง และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในราคาที่ถูกลง นอกจากนี้บริษัทผลิตพลังงานจากฟอสซิล อย่างเช่น Shell, Exxon และ Total ต่างกำลังเริ่มต้นเพื่อป้องกันความเสี่ยงโดยการเข้าลงทุนในเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิงชีวภาพ, แบตเตอรี่, พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ซึ่งดูเหมือนว่าจะทำให้อุตสาหกรรมนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก

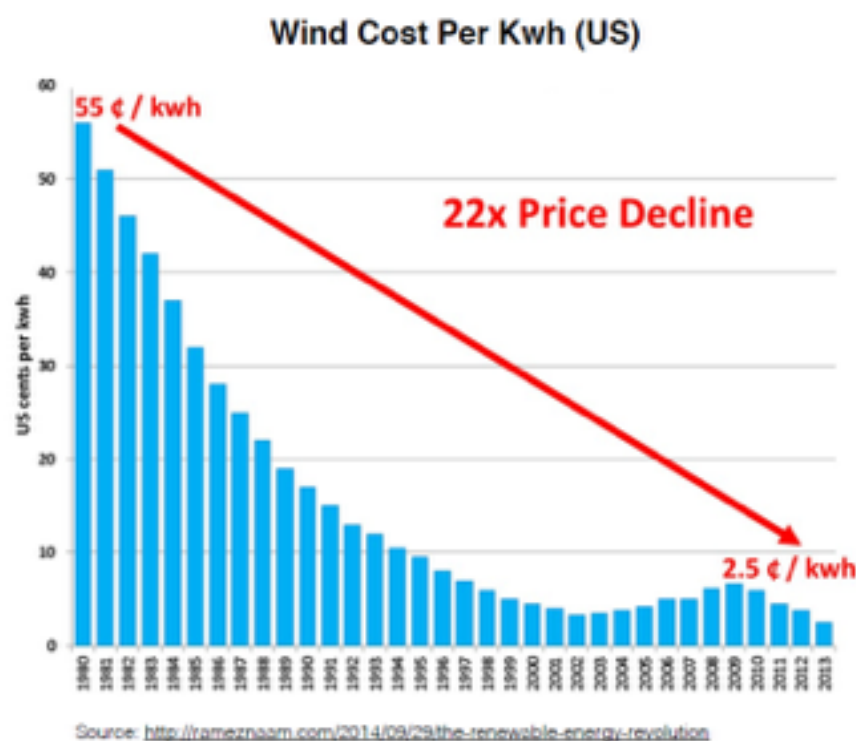
จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเด็นที่เกี่ยวกับพลังงานที่สำคัญ 5 ประเด็นที่กำลังพูดกันมากทั่วโลก คือ 1. พลังงานงานลม 2. พลังงานแสงอาทิตย์ 3. การเก็บกักพลังงาน 4. การคมนาคมขนส่ง และ 5. มนุษย์จะรับมือกับภาวะแห่งความชะงักงันในอุตสาหกรรมพลังงานแบบดั้งเดิมอย่างไร

1. พลังงานลม

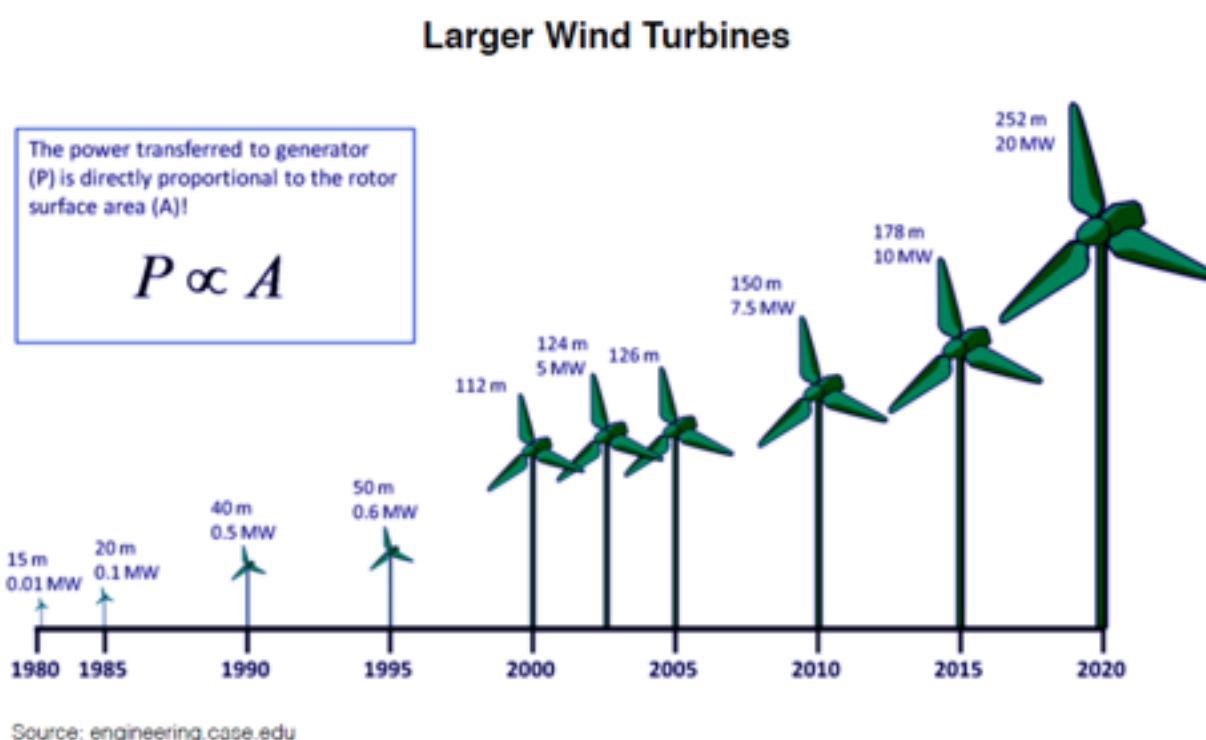
ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างมากมาย ในภาคส่วนพลังงาน ลมจากที่เคยผลิตได้ 31 GW โดยในปี 2002 เพิ่มมาเป็น 318.1 GW และในปี 2013 ซึ่งถือเป็นการเติบโตขึ้นถึง 10 เท่าภายในระยะเวลา 11 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นถึง แผนภูมิต่อไปนี้



พลังงานลมเป็นพลังงานที่มีอัตราการใช้งานคิดเป็นร้อยละ 4 - 5 จากพลังงาน ทั้งหมดทั่วโลก และเป็นพลังงานที่มีข้อจำกัดในการใช้งาน อย่างไรก็ตามราคา พลังงานที่ได้จากลมร่วงลงมากถึง 24 เท่าจนเหลือเพียง 2.3 เซ็นต์ต่อ kwh ซึ่งถือ เป็นราคาพลังงานที่ถูกที่สุดในโลก เนื่องจากรัฐบาลของประเทศต่างๆก็ให้การ สนับสนุนทางด้านราคาเป็นอย่างดี

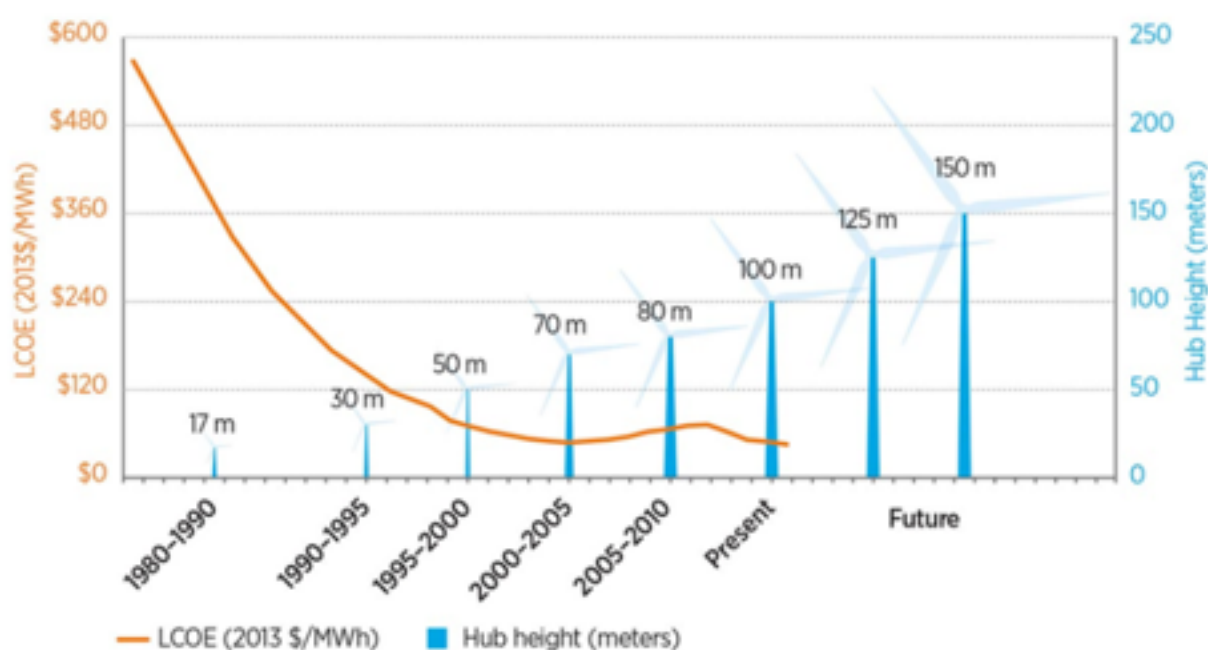


เริ่มแรกนั้นเราสามารถผลิตพลังงานจากลมได้เพียงน้อยนิดจึงทำให้ราคาพลังงานต่อหน่วยที่ได้จึงมีต้นทุนสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไป เราสามารถพัฒนาตัวกังหันลมให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เสถียรมากขึ้น สามารถผลิตพลังงานได้แม้ในกระแสลมที่อ่อน และสามารถผลิตพลังงานในปริมาณที่มากขึ้นได้ ต้นทุนต่อหน่วยจึงมีราคาต่ำลง และส่งผลให้ราคาพลังงานที่ได้จากลมนั้นมีราคาถูกลงเป็นอย่างมากด้วย ดังแผนภูมิแสดงปริมาณของพลังงานที่ผลิตต่อขนาดของกังหันลม และราคาพลังงานที่ลดลงซึ่งแปรผกผันตามขนาดการผลิตที่มากขึ้น



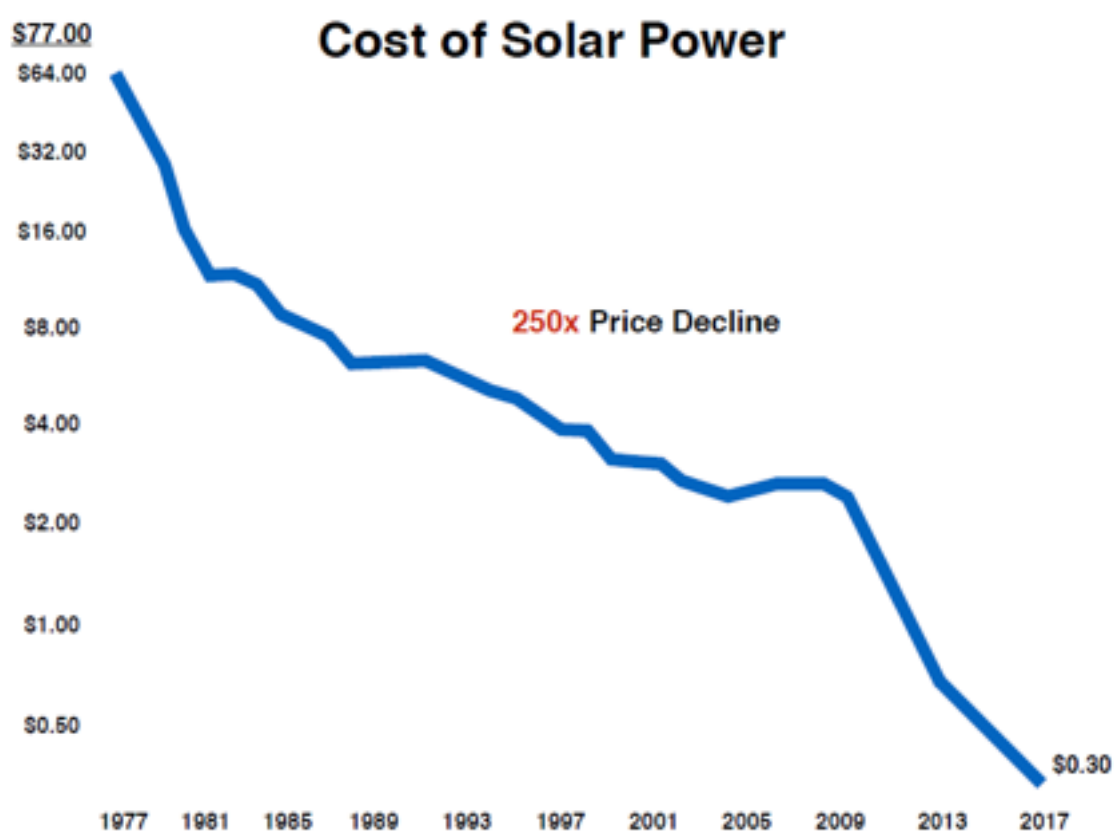
และจากภาพเส้นกราฟสีส้มแสดงให้เห็นราคาพลังงานที่ลดลงแปรผกผันตามขนาดกังหันลมที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งมีขนาดการผลิตที่มากขึ้น

Wind technology scale-up trends and the levelled cost of electricity



2. พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เหมาะสมกับบางประเทศ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ของประเทศ หากเราใช้โซลาร์เซลล์เก็บกักพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่สาดส่องเข้ามายังส่วนที่เป็นพื้นดินบนพื้นโลกทั้งหมด เราจะมีพลังงานกักเก็บไว้เพื่อกิจกรรมทั้งหมดของมนุษย์ได้เลยทีเดียว โดยโซลาร์เซลล์นั้นเป็นสิ่งที่เราสามารถพบได้ตามโครงสร้างต่างๆ เช่น ยานอวกาศ หลังคาบ้าน หรือแม้แต่เครื่องคิดเลขแบบพกพา ตัวเซลล์นั้นทำขึ้นจากวัสดุเดียวกับที่ใช้ทำไมโครชิพของคอมพิวเตอร์ซึ่งโดยปกติจะมีราคาแพงมาก และหากนำวัสดุประเภทนี้มาวางเรียงต่อกันบนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ก็ไม่ใช่ว่าเรื่องแปลกที่จะก่อให้เกิดต้นทุนที่สูงมาก อย่างไรก็ตามการนำโซลาร์เซลล์มาใช้ก็มีข้อดีตรงที่ราคาการผลิตต่อหน่วยจะค่อยๆลดลงในระยะยาว โดยจะเห็นได้ว่าราคาพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 77 ดอลลาร์ ในปี 1997 ลดลงมาเหลือเพียง 0.30 ดอลลาร์ในปี 2017 เท่านั้น ถึงถือเป็นราคาที่ร่วงลงไปกว่า 250 เท่า และเป็นราคาของผลผลิตทางกายภาพที่ร่วงลงอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่เคยมีมา ดังแสดงในแผนภูมิ

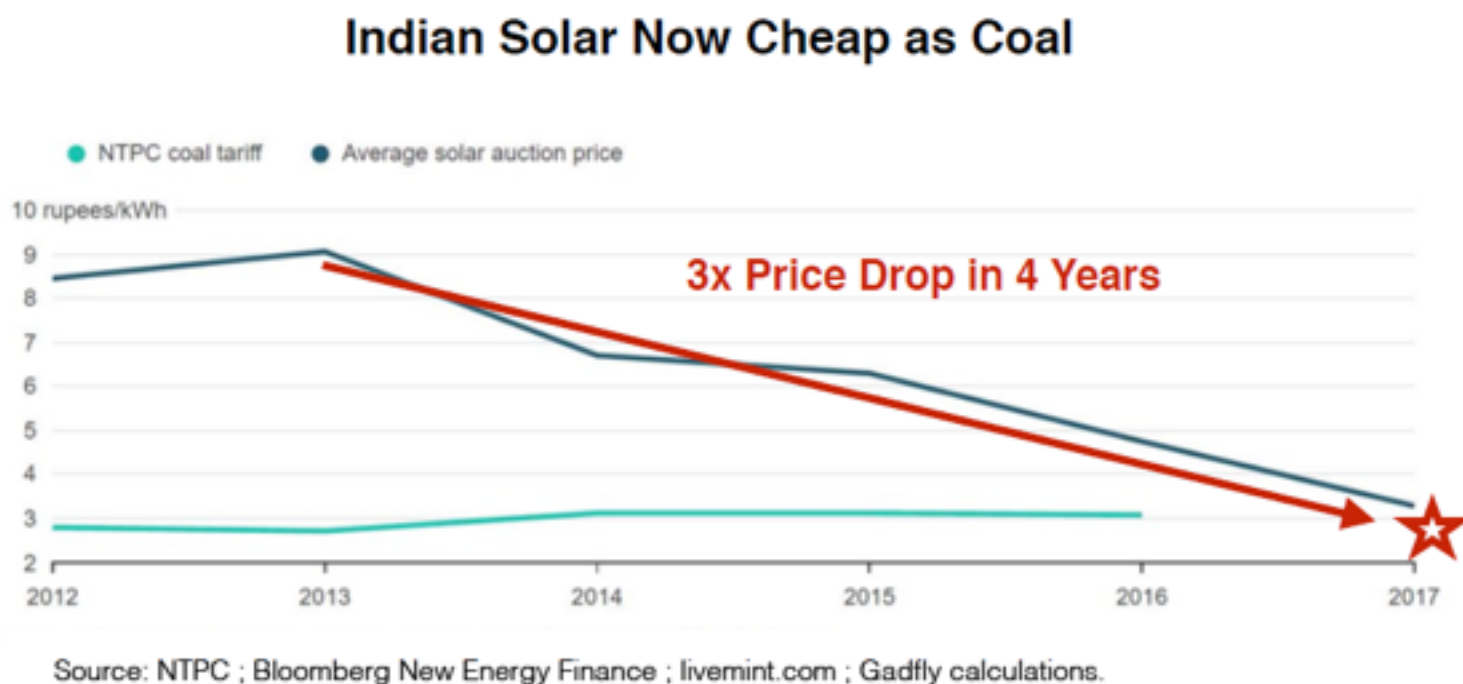


source: ameznaam.com/2013/11/14/solar-power-is-dropping-faster-than-i-projected

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเทศที่อยู่ในเขตที่มีแสงอาทิตย์ปริมาณมากได้ก้าวข้ามมาสู่จุดที่สามารถผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ในราคาถูกได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องอาศัยเงินสนับสนุนจากรัฐบาลอีกต่อไป เช่น

- ประเทศจีนสามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ในเขตทะเลทรายโกบีได้ในราคา 5 เซ็นต์/ kwh
- บริษัท First solar ในสหรัฐฯ สามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ในราคา 5.6 เซ็นต์/ kwh
- บริษัท Palo Alto สามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ในราคา 3.6 เซ็นต์/ kwh

ในขณะที่ราคาพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศสหรัฐฯ ลดลงกว่า 8 เท่าในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ส่วนในอินเดียเพิ่งเป็นจุดเริ่มต้นเมื่อบริษัท Rewa Ultra Mega Solar สามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ในราคา 2.97 รูปี (4.5 เซ็นต์/ kwh) ซึ่งถือเป็นครั้งแรกที่พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศอินเดียกลายเป็นพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด โดยมีราคาลดลงกว่า 3 เท่าในช่วง 4 ปี ในขณะที่ราคาพลังงานจากถ่านหินทรงตัวอยู่ในระดับเดิมมาหลายสิบปีแล้ว แผนภูมิต่อไปแสดงราคาพลังงานจากถ่านหิน (เส้นสีเขียว) เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานจากแสงอาทิตย์ (เส้นสีน้ำเงิน)

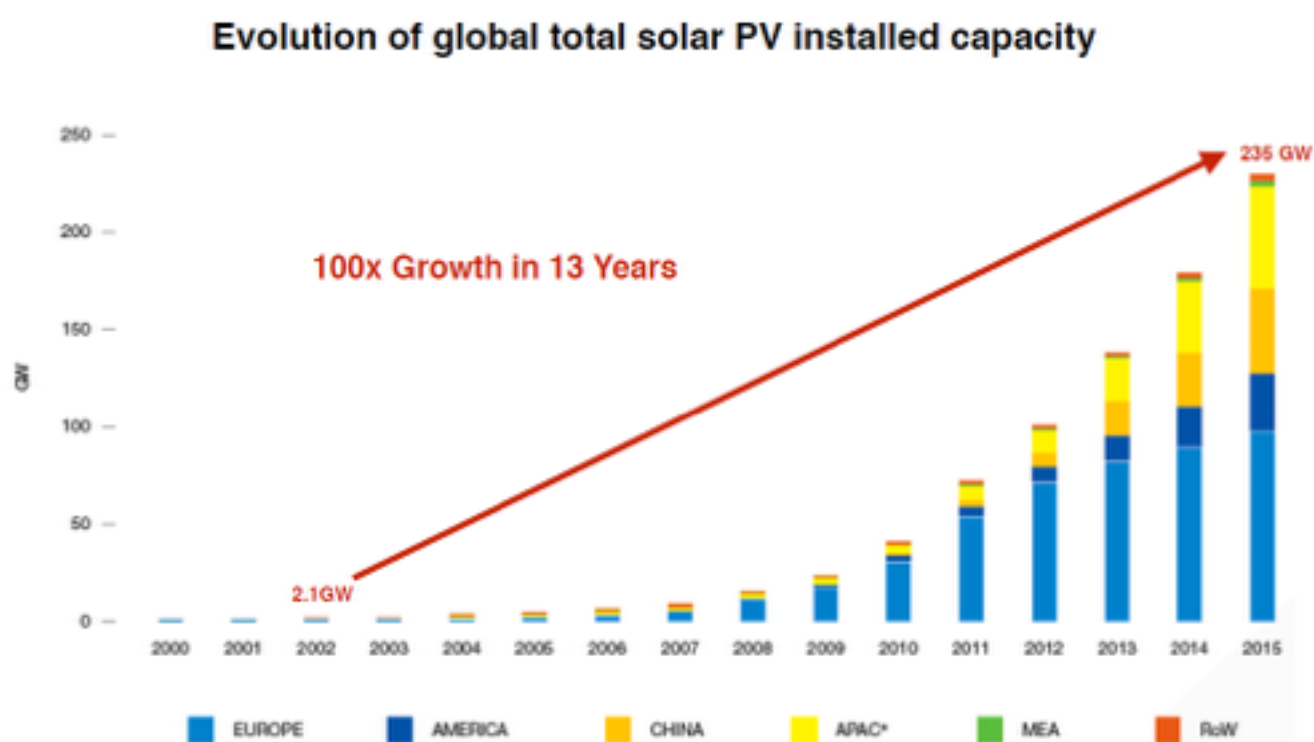


อย่างไรก็ตาม ที่กล่าวมาไม่ใช่พลังงานไฟฟ้าที่ถูกที่สุด เพราะราคาพลังงานที่ถูกที่สุดบนโลกใบนี้คือที่ประเทศชิลี ที่ราคา 2.91 เซ็น / kwh และราคาตลาดของพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ถูกที่สุดในดูไบด้วยราคา 2.42 เซ็นต์/ kwh โดยจะเห็นได้ว่าราคาพลังงานในช่วงหลังๆ นั้นมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่า 3 เซ็นต์เกือบทั้งหมด



เป็นเรื่องแปลกที่ประเทศที่เป็นผู้บุกเบิกทางด้านระบบพลังงานแสงอาทิตย์คือประเทศเยอรมนี ซึ่งไม่ได้มีแสงอาทิตย์ที่เข้มข้นเท่าไรนักเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ส่วนผู้คนที่กว่า 1.3 พันล้านคนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้นั้นส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในประเทศที่มีแสงอาทิตย์ที่เจิดจ้า เช่นประเทศในทวีปแอฟริกา นอกจากนี้ในขณะที่ประเทศจีนเป็นประเทศที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดแต่ประเทศอินเดียกลับมีแสงอาทิตย์มากกว่าและอาจจะเป็นมหาอำนาจทางด้านพลังงานของโลกได้ด้วยซ้ำไป

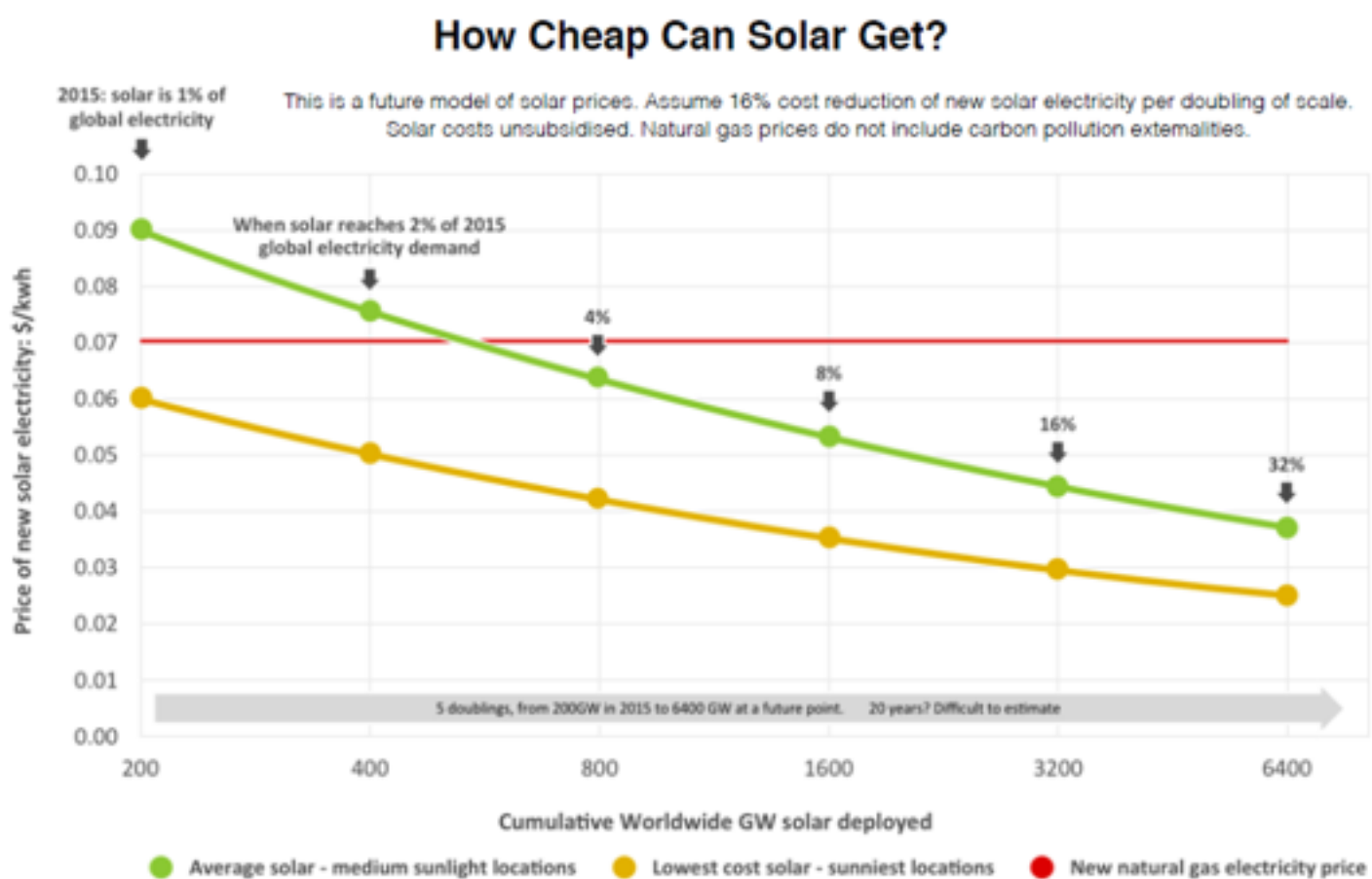
ทั่วโลก มีปริมาณการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์พุ่งสูงขึ้นกว่า 100 เท่าจากปี 2002 ถึงปี 2015 ดังแสดงในแผนภูมิต่อไป



Source: https://www.researchgate.net/figure/Evolution-of-global-total-solar-PV-installed-capacity-4-APAC-without-China_fig4_312153623

ส่วนในประเทศอินเดีย ความสามารถในการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ก็พุ่งสูงขึ้นถึง 75 เท่าเช่นกัน โดยประธานาธิบดีของอินเดียคาดหวังให้ประเทศสามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้ได้ถึง 100 GW ในเร็ววันนี้

ทั่วทั้งโลกมีอัตราการเติบโตของการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์กว่า 40 เท่าต่อปี และมีการเติบโตเป็นสองเท่าในทุกๆ 2 ปี ทั้งนี้เนื่องจาก การเพิ่มกำลังการผลิตเป็นสองเท่าในแต่ละช่วงเวลาจะทำให้ราคาพลังงานที่ผลิตลดลงกว่าร้อยละ 16 หรือกล่าวง่ายๆคือ ผลิตมากขึ้น ราคาลดลง คำถามคือ ราคาพลังงานที่ผลิตจากแสงอาทิตย์จะลดลงไปได้เท่าไรในที่สุด? คำตอบคือราคาจะลดลงเรื่อยๆตามข้อมูลคาดการณ์ราคาพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตที่แสดงในแผนภูมิ (เส้นสีเขียวแสดงราคาในพื้นที่ที่มีแสงแดดปานกลาง เส้นสีส้มแสดงราคาในเขตพื้นที่แสงแดดจัด)

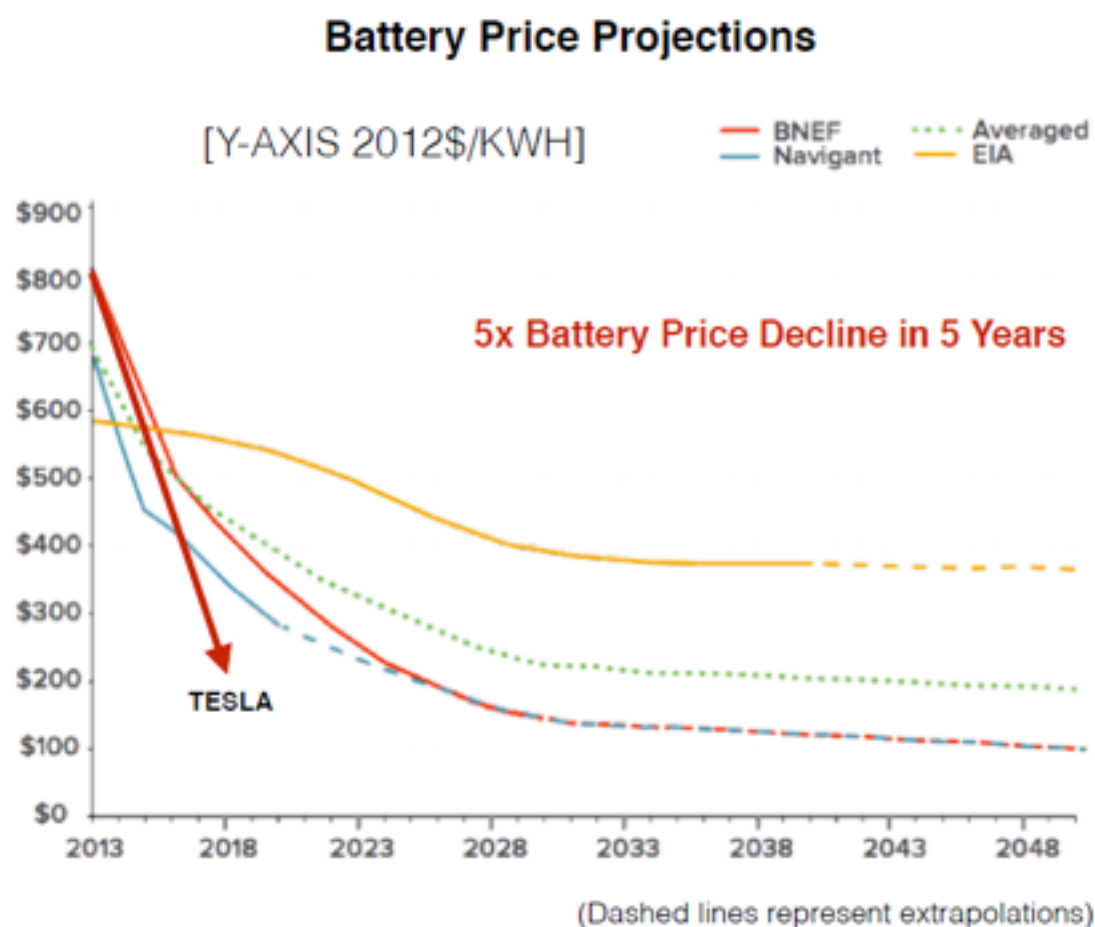


Source: rameznaam.com/tag/solar

อย่างไรก็ตามพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์จะแปรผันตามสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นพลังงานทั้งสองประเภทจึงถือเป็นสิ่งเติมเต็มซึ่งกันและกัน และรัฐบาลของประเทศต่างๆหรือบริษัทต่างๆก็ควรใช้โอกาสในการสร้างประโยชน์ให้เกิดขึ้นอย่างสูงสุด เช่น บริษัทผลิตรถยนต์อย่าง TESLA ก็เร่งสร้างรถยนต์ไฟฟ้าเพราะราคาพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มถูกลงอย่างมากอย่างต่อเนื่อง ส่วนเมืองอาบูดาบีซึ่งต้องใช้พลังงานมหาศาลในการเปลี่ยนน้ำเค็มให้เป็นน้ำสะอาดที่สามารถใช้อุปโภคบริโภคได้ก็เล็งเห็นประโยชน์ในพลังงานแสงอาทิตย์เช่นเดียวกัน

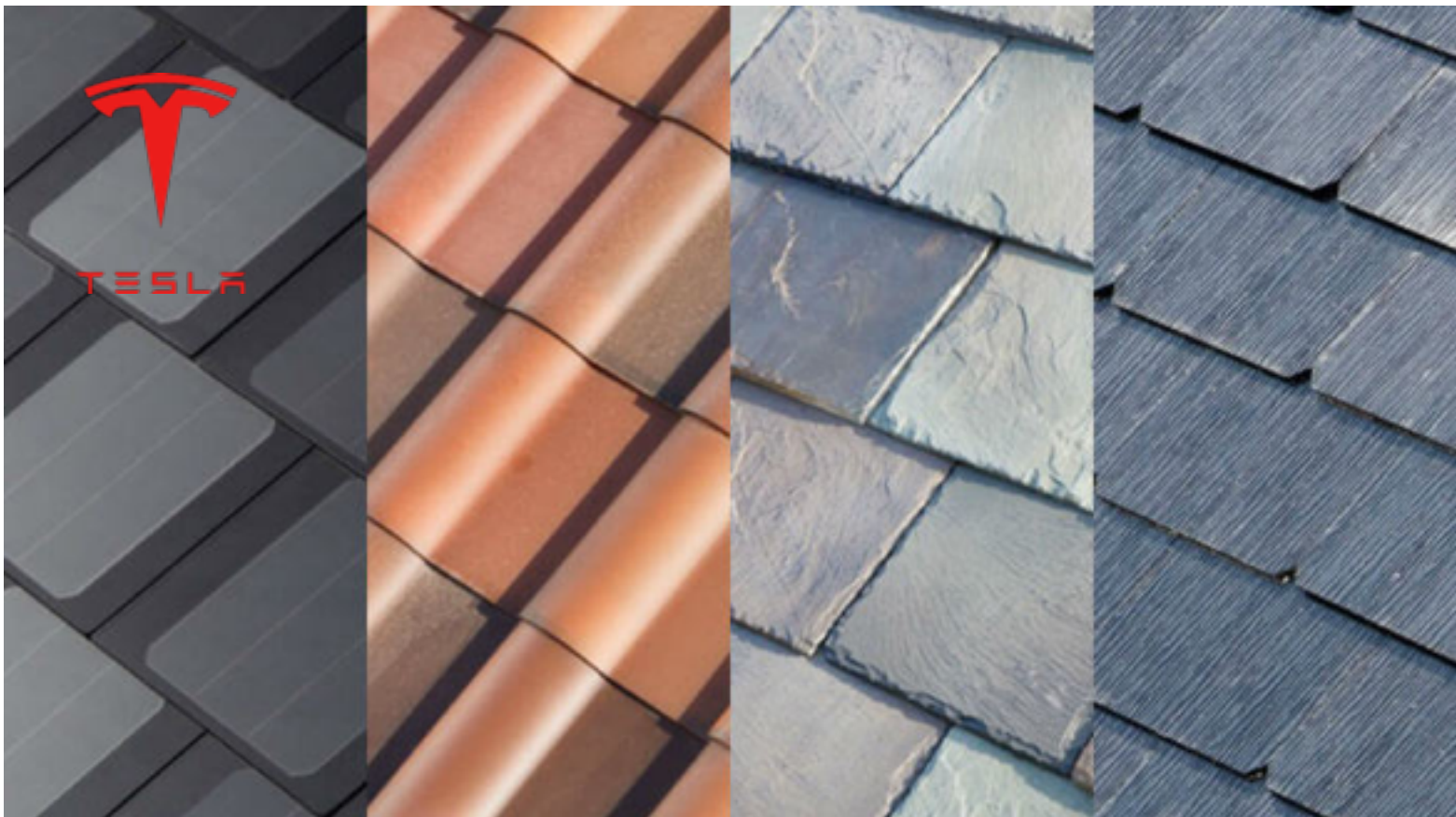
3. การกักเก็บพลังงาน

โดยปกติแล้วการกักเก็บพลังงานจะกักเก็บผ่านแบตเตอรี่ ซึ่งหากย้อนไปเมื่อ 10 – 20 ปีก่อนจะเป็นสิ่งที่ทุกคนมองว่ามีต้นทุนสูงมาก อย่างไรก็ตามผู้ผลิตรถยนต์อย่าง TESLA ก็ถือเป็นผู้นำด้านการกักเก็บพลังงานมาใช้กับรถยนต์ของค่าย (ใช้แบตเตอรี่ของ Panasonic) เพราะในปัจจุบันการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยีได้ก่อให้เกิดเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานที่สามารถกักเก็บพลังงานได้มากขึ้นกว่า 3 เท่าและมีต้นทุนถูกลงกว่า 10 เท่า ภายในระยะเวลาเพียงแค่ 10 ปี และในปัจจุบัน TESLA ได้ตั้งเป้าให้ราคาแบตเตอรี่ถูกลงถึง 5 เท่าภายในระยะเวลา 5 ปี



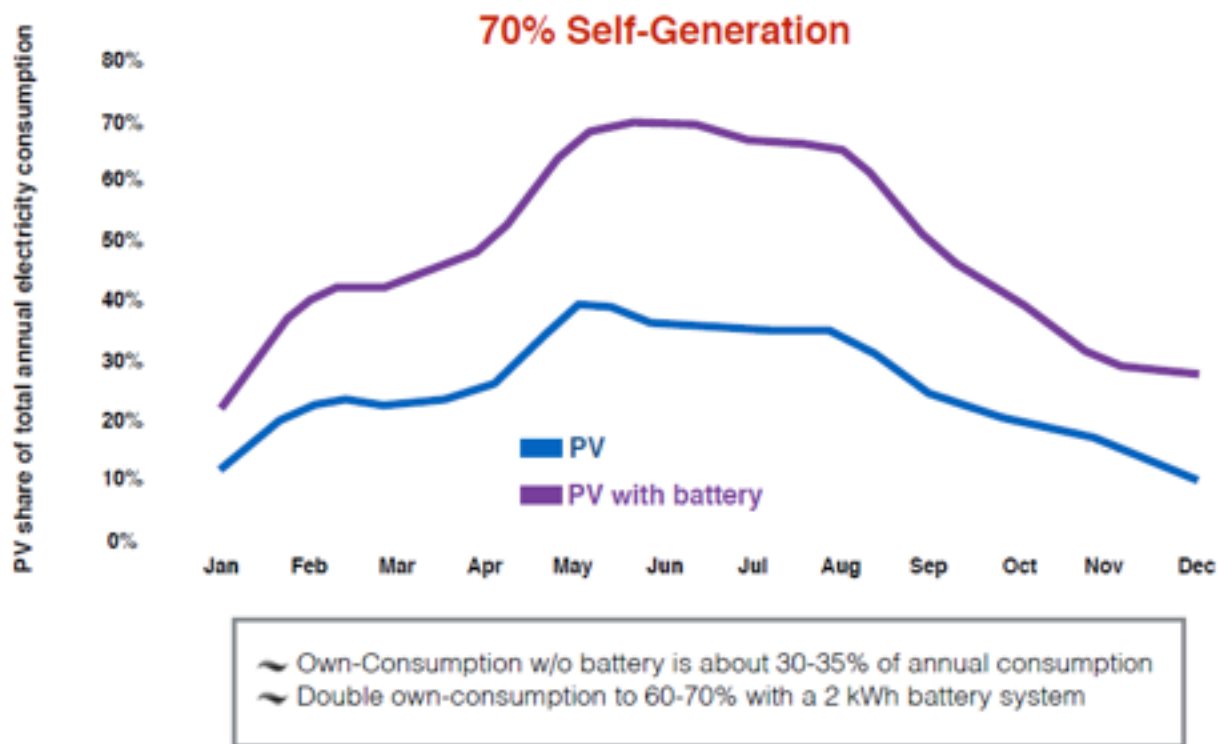
Source: <https://cleantechnica.com/2014/10/20/grid-defection-makes-economic-sense>

นอกจากนี้ในอนาคตเราจะสามารถเห็นครัวเรือนสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้มากถึงร้อยละ 70 จากการใช้ระบบแบตเตอรี่ในการกักเก็บพลังงานที่สร้างได้เองอีกด้วย



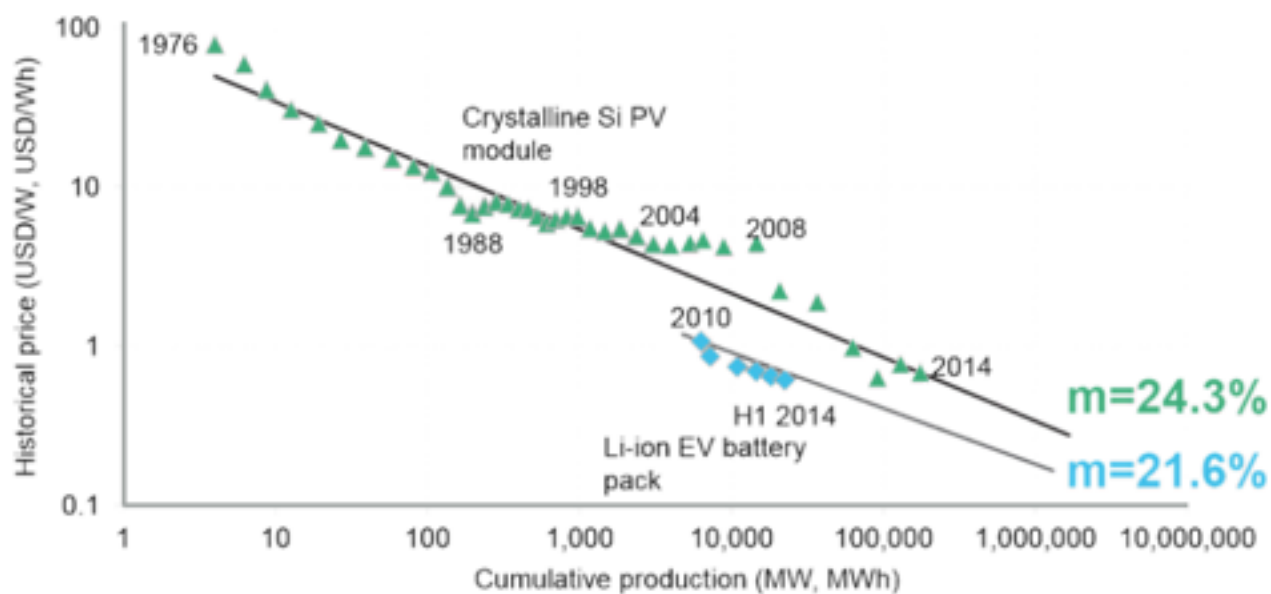
จากรูปด้านบนคือแผ่น solar rooftop ผลิตโดย บริษัท Tesla โดยมีการออกแบบให้เหมือนกับกระเบื้องทั่วไป มีความทนทานสูงและสามารถกักเก็บพลังงานได้ดี

An average household can double the PV share of it's total annual consumption by using battery systems



ด้วยเหตุนี้ TESLA จึงได้รับยอดการสั่งซื้อแบตเตอรี่ที่สูงขึ้นมาก ซึ่งกว่าร้อยละ 90 อยู่ในภาคครัวเรือน โดยมีมูลค่ากว่า 1 พันล้านดอลลาร์ ซึ่งยอดการสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ราคาแบตเตอรี่ถูกลงและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่วนราคาแบตเตอรี่จะลดลงไปได้มากเท่าไรสามารถดูได้ตามแผนภูมิต่อไป

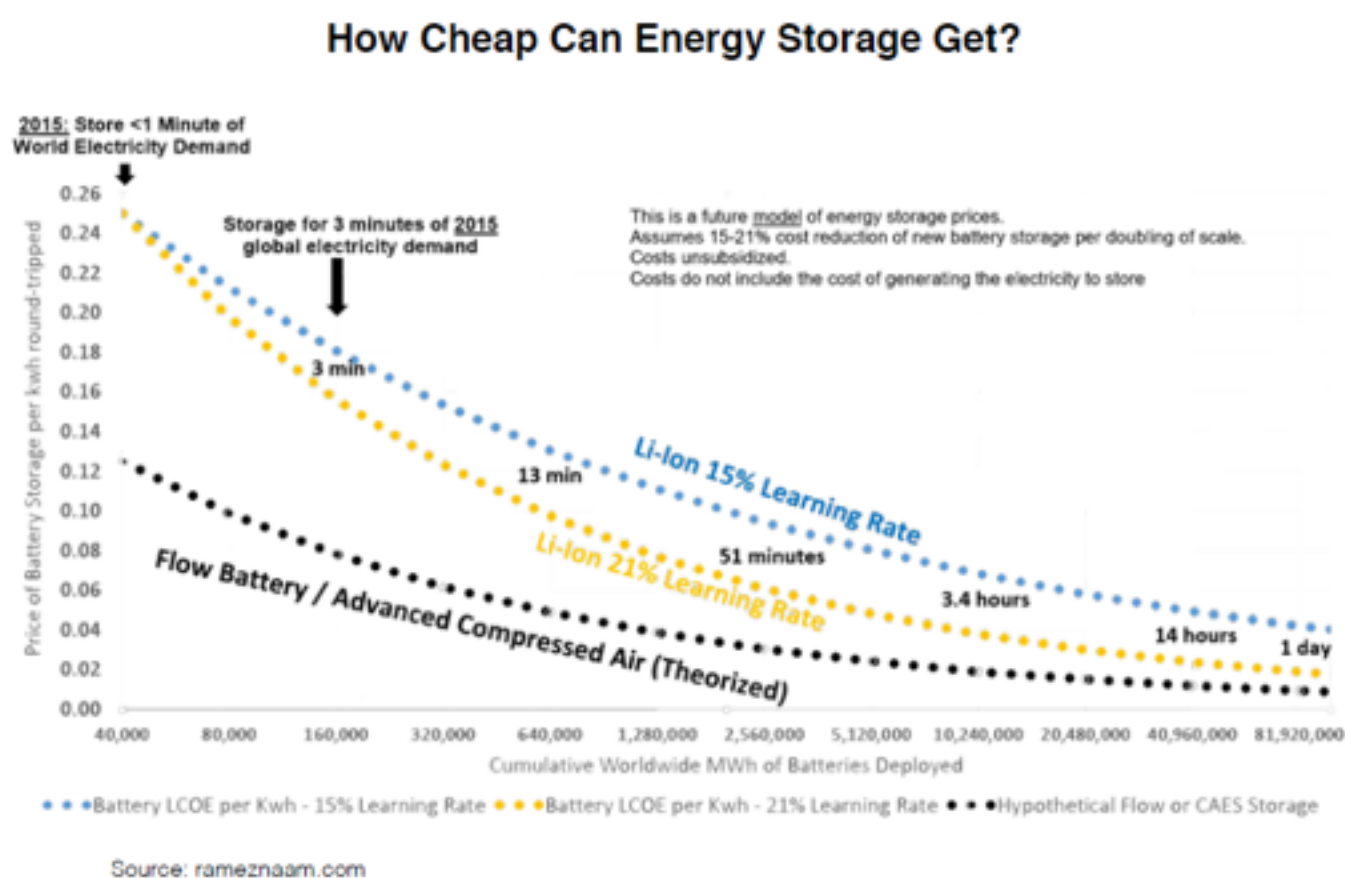
**Lithium-ion EV Battery Experience Curve
Compared With Solar PV Experience Curve**



Source: Bloomberg New Energy Finance, Maycock, Battery University, MIT

จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่ารูปสามเหลี่ยมสีเขียวแสดงราคาที่ลดลงของโซลาร์เซลล์ ซึ่งลดลงกว่าร้อยละ 24.3 ต่อขนาดการผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่วนรูปสามเหลี่ยมฟ้าแสดงราคาที่ลดลงของแบตเตอรี่ซึ่งลดลงกว่าร้อยละ 21.6 ต่อขนาดการผลิตที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นต้นทุนที่เราใช้ในการกักเก็บพลังงานจะลดลงกว่า 5 - 10 เท่าในช่วงระยะเวลา 10 ปี ดังรายละเอียดที่แสดงตามแผนภูมิต่อไป

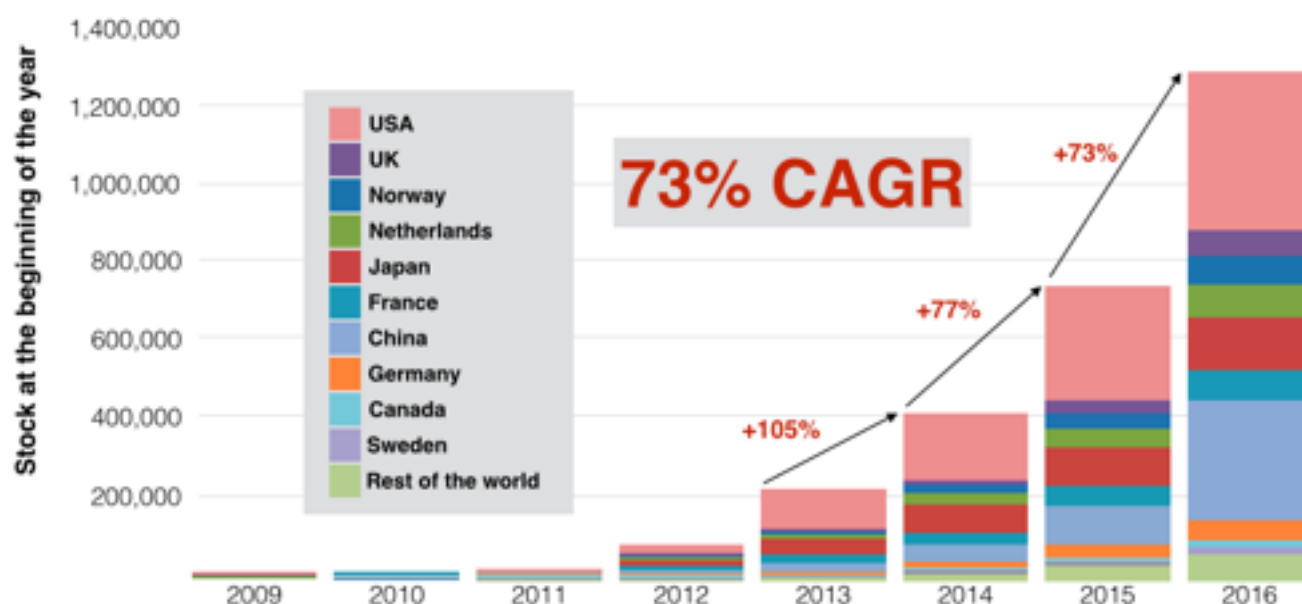
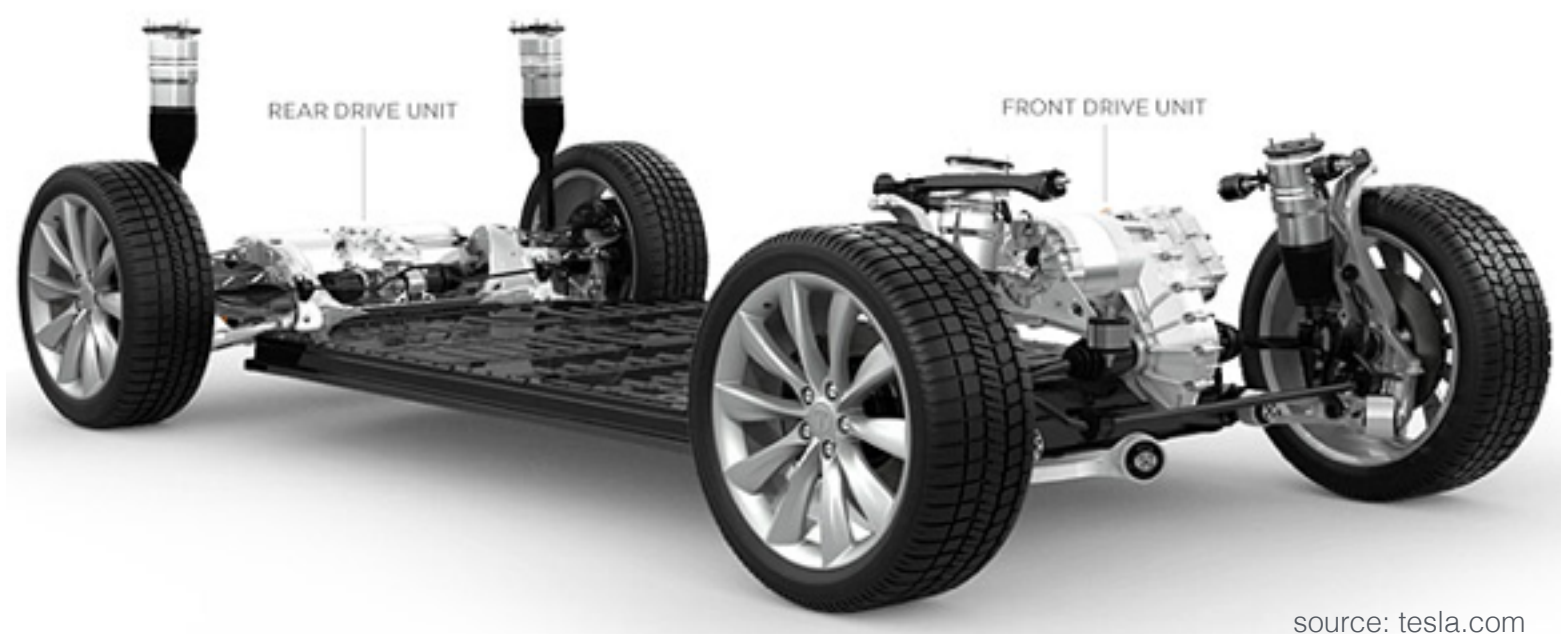


จากแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบราคาการกักเก็บพลังงานผ่านแบตเตอรี่ในรูปแบบต่างๆ เส้นสีฟ้าแสดงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน เส้นสีส้มแสดงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ส่วนเส้นสีดำแสดงแบตเตอรี่รูปแบบใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิม มีน้ำหนักมากกว่าเดิม แต่มีอายุการใช้งานนานกว่าเดิมและมีต้นทุนต่ำกว่าเดิมที่เรียกกันว่า Flow Battery

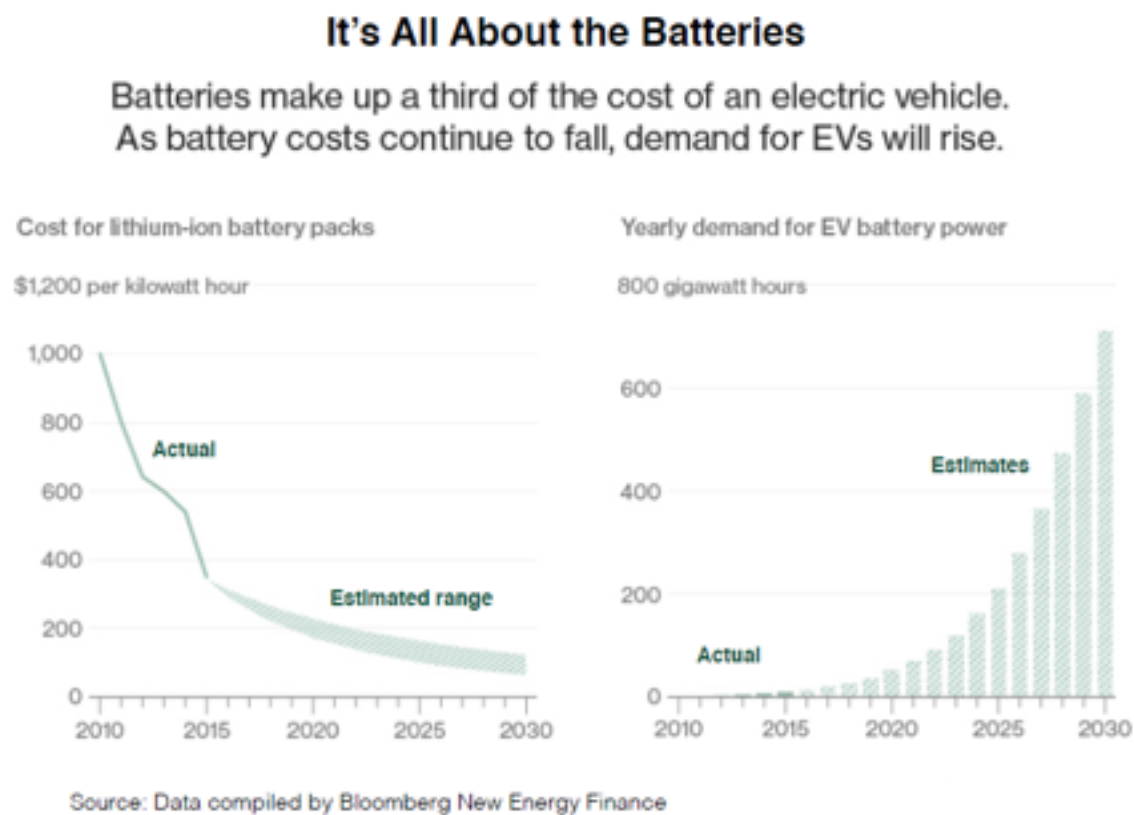
กล่าวโดยสรุปคือเรามักจะคิดกันว่าพลังงานสะอาดนั้นมีราคาแพง แต่แท้ที่จริงแล้วราคาของพลังงานสะอาดเหล่านี้มีแนวโน้มถูกลงเรื่อยๆ และจะกลายเป็นพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด โดยองค์การหรือสถาบันที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น IEA ก็ได้คาดการณ์ว่าจะมีการเติบโตทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น และจะกลายเป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุดในช่วงกลางศตวรรษที่ 21 นี้ และการเติบโตของพลังงานสะอาดจะส่งผลให้พลังงานในรูปแบบเดิมๆ ประสบกับภาวะชะงักงันเช่นเดียวกับฟิล์มถ่ายรูปของโกดักที่ค่อยๆ ลดความสำคัญลงไปเพราะเกิดวิธีการถ่ายรูปแบบดิจิทัลด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ขึ้นมา

4. การคมนาคมขนส่ง

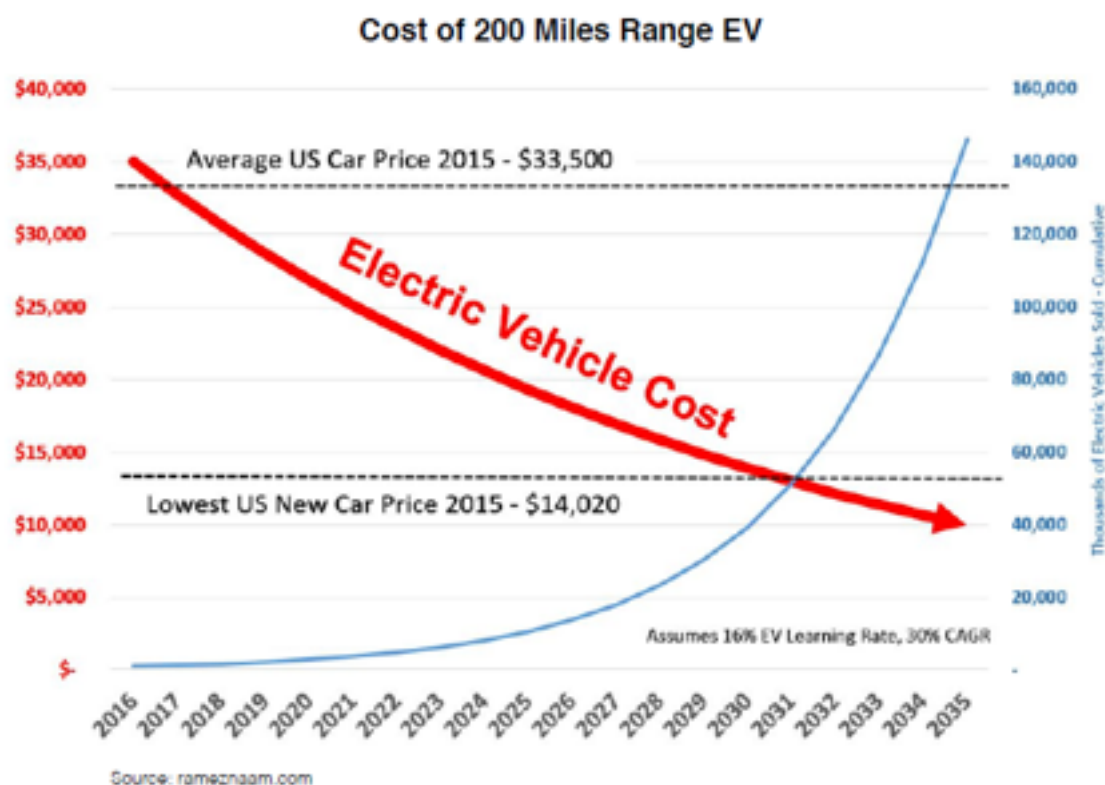
เมื่อพูดถึงการคมนาคมขนส่ง สิ่งที่อยู่คู่กันมาตลอดก็คือ น้ำมัน โดยน้ำมันนั้นเป็นพลังงานที่เราไม่สามารถคาดการณ์ราคาในระยะสั้นได้เลยเพราะมีปัจจัยอื่นๆมาแทรกแซงอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามเราสามารถคาดการณ์ได้ว่าในระยะยาวราคาน้ำมันจะถูกลงเพราะมีตัวเลือกพลังงานด้านอื่นๆ มาทดแทน เช่นพลังงานไฟฟ้า โดยที่ผ่านมารถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าพุ่งสูงมากขึ้นถึงร้อยละ 73 ทั่วโลก และ TESLA เองก็เป็นผู้นำด้านนี้ โดยทำให้รถไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ และสมรรถนะในการขับขี่ใช้งานได้สนุกสนาน และตอบสนองได้ดีขึ้นอย่างมาก เช่นการสร้าง insane mode ให้มีความเร็วที่สูงขึ้นมาก



เมื่อก่อนไม่มีใครคิดว่าจะสามารถซื้อารถไฟฟ้ามาใช้งานได้เพราะราคาสูงมาก แต่ขณะนี้แนวคิดดังกล่าวได้เปลี่ยนไปแล้วเพราะในปัจจุบันและในอนาคต รถไฟฟ้ามีราคาถูกลงเพราะแบตเตอรี่และพลังงานไฟฟ้ามีราคาถูกลง นอกจากนี้ ยังมีสมรรถนะที่ดี ขับสนุกมากขึ้น ซึ่งเหตุผลดังกล่าวจะทำให้เรามั่นใจมีแนวโน้มที่จะ กลายเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่ประสิทธิภาพจะจกชงงั้น เพราะหากแบตเตอรี่ ราคาถูกมากขึ้น คนก็จะหันมา ใช้งานมากขึ้นเช่นกัน



แผนภูมิด้านซ้ายบนแสดงให้เห็นถึงราคาแบตเตอรี่ที่ถูกลง ส่วนแผนภูมิด้านขวา แสดงให้เห็นถึงปริมาณความต้องการใช้งานแบตเตอรี่ที่มากขึ้น



จากแผนภูมิก่อนหน้านี้ เส้นสีแดงแสดงให้เห็นถึงราคารถยนต์ไฟฟ้าที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง เส้นสีน้ำเงินแสดงราคาโดยเฉลี่ยของรถยนต์ทั่วไปในสหรัฐฯ ส่วนเส้นสีเขียวแสดงราคารถยนต์ต่ำสุดในสหรัฐฯ

5. เราจะรับมืออย่างไรภายใต้สถานการณ์นี้

มีภาษิตจีนกล่าวไว้ว่า โอกาส = อันตราย + ความเป็นไปได้ ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นในที่นี้คือมลภาวะทางอากาศ และภาวะโลกร้อน

ดังนั้นโอกาสในด้านพลังงานที่เกิดขึ้นจึงหมายถึงโอกาสทางธุรกิจที่จะทำได้ให้อย่างมหาศาลด้วย กล่าวคือเราต้องหาช่องทางให้เกิดพลังงานสะอาดบนโลกใบนี้มากที่สุดเพื่อที่จะแก้ปัญหาภาวะบนโลก และมันจะสร้างโอกาสให้กับมวลมนุษยชาติอย่างมากมาย

Blockchain Energy

ในการประชุมสหประชาชาติเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลกครั้งที่ 21 หรือ COP21 ที่กรุงปารีส นายกรัฐมนตรีประเทศอินเดีย Narendra Modi ได้ประกาศเป้าหมายที่ชัดเจนสำหรับประเทศอินเดียว่าจะผลิตพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในประเทศ 175 GW ภายในปี 2022 เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตทั้งหมดที่จะมีประมาณ 280 GW ในขณะนั้น กับการใช้พลังงานในปัจจุบันของประชากรอินเดียประมาณ 600 ล้านคน ความพยายามมุ่งไปสู่เป้าหมายที่สำคัญอีกประการหนึ่ง นั่นคือการทำให้ประชากรอินเดียประมาณ 300 ล้านคน สามารถเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าที่เชื่อถือได้ ภารกิจสำคัญที่จำเป็นอย่างยิ่งของมนุษยชาติที่ต้องบรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น และมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อไม่ให้โลกถูกทำลาย และการทำให้ประชากรโลกที่มีรายได้ต่ำจำนวนกว่า 4 พันล้านรายมีความเป็นอยู่ที่ดี

ซึ่งการดำเนินการต่างๆจะเป็นไปไม่ได้เลย หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลในประเทศต่างๆ ในการดำเนินการสร้างระบบพลังงานแบบกระจายศูนย์ โดยการผลักดันการควบคุมการผลิตและการเป็นเจ้าของสู่ระดับหมู่บ้าน ซึ่งต้องการสิ่งที่เรียกว่า “Energy democracy”

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลกไม่ได้เกิดจากการผลิตพลังงาน น้ำมันเชื้อเพลิงที่เต็มไปด้วยคาร์บอน อย่างเช่นถ่านหินเท่านั้น แต่ยังเกิดจากรูปแบบการผลิตพลังงานแบบรวมศูนย์ทั้งหมดด้วย จากรูปแบบทางภูมิศาสตร์ไปจนถึงความเสี่ยงด้านความมั่นคงปลอดภัยไปจนถึงรูปแบบการจัดหาเงินทุนที่ขับเคลื่อนด้วยการเมืองทำให้เกิดความไม่มีประสิทธิภาพขึ้น

โดยเป้าหมายของการส่งมอบพลังงานจำนวนมากในราคาต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และมีการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้น จะต้องใช้แหล่งผลิตที่ใกล้เคียงกับแหล่งของการบริโภคมากที่สุด ซึ่งการพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ (Photovoltaic) เริ่มเป็นไปได้มากขึ้น การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่กฎของมัวร์ เหมือนกับแนวโน้มต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ลดต่ำลงเหลือเพียง 2.42 เซ็นต์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (KwH) ของสมาคมจีนญี่ปุ่น (Chinese-Japanese Consortium) ในปี 2016 ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถแข่งขันกับพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ และในขณะที่โรงงานในอาบูดาบีใช้โซลูชันแบบรวมศูนย์จากการออกแบบฟาร์มแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ เพื่อช่วยเพิ่มกำลังการผลิตต่อวันของสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์โดยรวมได้ และยังสามารถแสดงถึงความเป็นไปได้ของ solar microgrids ภายในประเทศด้วย

แต่ประโยชน์ที่ได้รับจากพลังงานแบบกระจายศูนย์ก็ยังคงมากกว่าแบบรวมศูนย์ ถ้ากลุ่มสังคมสามารถรับผิดชอบแหล่งที่มาของพลังงานเองได้ เช่น การสร้าง microgrid ที่สามารถแบ่งปันความสามารถในการผลิตในแต่ละครัวเรือน ที่สามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการส่งผ่านพลังงานในระยะไกลได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดได้มากถึง 30% ในบางกรณี ซึ่ง microgrid แบบกระจายศูนย์นี้ทำให้การโจมตีทางไซเบอร์ลดน้อยลง เนื่องจากแฮกเกอร์ต้องใช้ความพยายามและต้นทุนสูงขึ้นในการโจมตีระบบแบบกระจายศูนย์จำนวนมากนี้ นอกจากนี้ระบบพลังงานแบบกระจายศูนย์ยังสามารถเก็บพลังงานส่วนเกินหรือมีการสำรองพลังงานไว้ใช้ในกรณีเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่ไม่สามารถนำพลังงานจากระบบแบบรวมศูนย์มาใช้ได้อีกด้วย อย่างเช่นกรณีเกิดเหตุพายุเฮอริเคนแซนดี้ (Hurricane Sandy) ถล่มสหรัฐฯ ที่ทำให้ไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้างเนื่องจากโรงไฟฟ้าในนครนิวยอร์กกระเบิด แต่พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนิวยอร์กและอาคารในบริเวณใกล้เคียงกลับมีไฟฟ้าใช้ เนื่องจากมีระบบไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ในบริเวณนั้น

ที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้นคือความจริงที่ว่า การออกแบบระบบไฟฟ้าด้วยวิธีการแบบกระจายศูนย์ จะทำให้สามารถทำการบริหารจัดการการใช้พลังงานได้ดียิ่งขึ้น โดยสามารถนำโมเดลคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทำให้สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการมอนิเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่ซับซ้อน, มีระบบ smart meter อัตโนมัติ, และการกำหนดราคาที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้งานแต่ละชิ้น

ระบบ Nanogrid ในครัวเรือนสามารถใช้งานได้กับเทคโนโลยีขั้นสูง ด้วยการบริหารจัดการในลักษณะ Micro-Management ที่ทำให้สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงาน (Load-management) ในระบบสาธารณูปโภคได้ในระดับภูมิภาค ซึ่งการพัฒนานี้เริ่มต้นจากเครื่องวัดอุณหภูมิภายในบ้านอัจฉริยะหรือ Smart Thermostat อย่างเช่น Nest และ Ecobee ที่มีแนวโน้มว่าจะมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่านี้ แต่ประเด็นในเรื่องของต้นทุนต่ำและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ (carbon footprint) ขึ้นอยู่กับปัจจัยสองประการ ได้แก่ 1) การควบคุมระบบพลังงานแบบกระจายศูนย์ (การผลิต การแจกจ่าย และการบริโภคพลังงาน) และ 2) ความสามารถในการออกแบบและการใช้ระบบ smart meter ที่เชื่อมต่อกัน และจำนวนเครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตจะมีผลต่อต้นทุน

การกำหนดโครงสร้างว่าจะให้ใครเป็นผู้จัดการการเรียกเก็บเงินจากผู้ใช้ไฟฟ้า ที่แต่ดั้งเดิมเรามักจะเชื่อถือคนกลาง อย่างเช่น ธนาคาร ให้ทำหน้าที่ในการวางบิลและเรียกเก็บเงิน แต่ปัจจุบันผู้ใช้บริการสามารถเป็นผู้ให้บริการได้ ซึ่งการเปลี่ยนผู้ใช้บริการให้เป็นผู้ขาย จำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานที่ทันสมัยพอมารองรับ ต้องมีการจัดการการผลิตและการใช้พลังงานในแต่ละครัวเรือน และมีระบบการประมวลผลในเรื่องการซื้อขายพลังงานระหว่างผู้บริโภคแต่ละครัวเรือน จะเห็นว่ามีปัญหาในเรื่องระบบการจัดการ ทั้งในการผลิต การกักเก็บ การใช้ไฟฟ้า และระบบคอยติดตามการซื้อขายพลังงานระหว่างครัวเรือน ซึ่งหากมีการดำเนินการที่เหมาะสม อย่างเช่น การซื้อขายและการชำระเงินด้วยสกุลดิจิทัล จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการระบบไฟฟ้าในท้องถิ่น ซึ่งจะต้องมีกลไกการกำหนดราคาตลาดเพื่อดำเนินการกลยุทธ์เกี่ยวกับการ load-management ที่คล้ายคลึงกับการจัดการระบบไฟฟ้าแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย

ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าเริ่มพัฒนาระบบการผลิต และกักเก็บไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับใช้ในบ้านเรือน ที่จะนำไปติดตั้งบนหลังคาของอาคาร ที่เรียกว่า “Microgrid” ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัล ดังนั้นจึงทำให้สามารถปรับแต่งการตอบสนองของอุปกรณ์ได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างเช่น เราสามารถเลือกที่จะเก็บค่าพลังงานเมื่อพลังงานที่ผลิตขึ้นมีจำนวนมากและราคาถูก หรือสามารถสร้างลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ได้ ซึ่งอุปกรณ์บางชนิดสามารถสั่งปิดเปิดการทำงานได้โดยอัตโนมัติ (เช่น ทีวี) ในขณะที่อุปกรณ์บางชนิดที่มีการตั้งโปรแกรมให้เปิดใช้งานอยู่ตลอดเวลา อย่างเช่น ตู้เย็น ซึ่งการทำเช่นนี้จะสะท้อนให้เห็นความสมดุลของอุปสงค์และอุปทานของพลังงาน โดยสามารถควบคุมซอฟต์แวร์ของระบบไฟฟ้าให้นำค่าพลังงานส่วนเกินไปเก็บไว้ใน battery storage เมื่อระบบมีพลังงานจำนวนมากหรือนำพลังงานที่เก็บไว้ออกมาใช้เมื่อระบบขาดแคลนพลังงาน ดังนั้นการจัดการแบบกระจายศูนย์ จะทำให้สามารถจัดการพลังงานและระบบการชำระเงินที่ไม่ต้องมีตัวกลาง สามารถลดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าธรรมเนียมการให้บริการต่างๆ ลดความไม่มีประสิทธิภาพของระบบการซื้อขาย และความเสี่ยงของการถูกแทรกแซงต่างๆ ได้



บริษัท LO3 Energy ได้พัฒนา Transactive Grid ในเมือง Brooklyn ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นต้นแบบของการเชื่อมต่อการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในท้องถิ่นร่วมกันระหว่างครัวเรือนและภาคธุรกิจ โดยชุมชนแห่งนี้ได้รับแรงบันดาลใจที่ปรารถนาจะให้ผู้บริโภคใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้สามารถรู้ได้ว่าพวกเขาจะซื้อและผลิตพลังงานสะอาดในท้องถิ่นได้อย่างไร ซึ่งใน Transactive Grid นั้น เจ้าของอาคารจะติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งเชื่อมต่อกันกับเพื่อนบ้านหรืออาคารใกล้เคียง ในเครือข่ายการจัดสรรพลังงาน โดยใช้ smart meters และหน่วยกักเก็บพลังงานที่เหมาะสม รวมถึง Inverter ที่ยอมให้เจ้าของ grid ขายพลังงานกลับไปยัง grid สาธารณะ โดยใช้เทคโนโลยี Blockchain ในการควบคุมการจัดสรรพลังงานระหว่าง smart meters

โดยในปี 2017 ที่ผ่านมา LO3 Energy ได้มีการพัฒนา “Exergy token” เพื่อผลักดันกลไกการตลาดภายในและระหว่าง Microgrid แบบกระจายศูนย์ เช่น Microgrid ภายในเมือง Brooklyn (โดย Exergy เป็นแนวคิดที่สำคัญในการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปฏิบัติงานที่สิ้นเปลือง ซึ่งไม่เพียงแต่จะวัดปริมาณพลังงานที่สร้างขึ้นเท่านั้น แต่ยังรวมถึงปริมาณงานที่เป็นประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากพลังงานที่ผลิตได้อีกด้วย)

microgrid ของ LO3 Energy อาศัยเทคโนโลยี Blockchain ซึ่งทำให้ความท้าทายในเรื่องการประมวลผลขนาดใหญ่ของ Bitcoin และ Ethereum ลดลงได้ โดยการทำธุรกรรมที่สำคัญของ Blockchain โดยใช้เครือข่าย lightning network และ off-chain อื่นๆ มาแก้ปัญหา scaling ที่เกิดขึ้นนี้ โดย private Blockchain สามารถประมวลผลธุรกรรมย่อยๆ และดำเนินการ smart contracts ที่อนุญาตให้เข้าถึงระบบเติมเงิน โดยพิจารณาว่าผู้ใช้มีการจ่ายเงินโดยใช้เงินสกุลดิจิทัลหรือไม่ และมีการแลกเปลี่ยนพลังงานแบบ peer-to-peer ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะได้รับผลตอบแทนเป็น Kwh token ดังนั้น microgrid จึงจำเป็นต้องใช้ Blockchain ที่ดำเนินการแบบกระจายศูนย์และการกำหนดราคา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีที่สุด ซึ่งหมายความว่าระบบสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีบริษัทหรือหน่วยงานส่วนกลางที่มีอำนาจตัดสินใจว่าใครจะมีอำนาจในการกำหนดราคา นอกจากนี้ยังหมายถึงกำลังการผลิตของ grid สามารถเติบโตได้ เนื่องจากสมาชิกในชุมชนแต่ละรายจะสามารถได้รับรายได้ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผงวงจรและอุปกรณ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้ระบบที่ใช้มีมีประสิทธิภาพ

กุญแจสำคัญอีกประการหนึ่งที่ขับเคลื่อนแนวคิด Blockchain สำหรับภาคส่วนพลังงานก็คือ grid singularity ซึ่งจัดตั้งขึ้นโดยร่วมมือกับสถาบัน Rocky Mountain Institute ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนด้านพลังงานทดแทนที่ไม่หวังผลกำไร เพื่อเร่งการนำเทคโนโลยี Blockchain มาใช้ในภาคส่วนพลังงานในเชิงพาณิชย์ โดย grid singularity มุ่งเน้นไปที่วิธีการอ่านและตีความข้อมูลจำนวนมากมหาศาลจากอุปกรณ์หลายพันเครื่องได้อย่างน่าเชื่อถือ เพื่อให้ผู้บริหารระบบพลังงานทราบว่ากำลังใช้พลังงานอย่างไร เพื่อให้สามารถจัดการระบบพลังงานไฟฟ้าในท้องถิ่นและระบบไฟฟ้าสาธารณะได้อย่างดีที่สุด การริเริ่มดังกล่าวถือเป็นส่วนหนึ่งของการผลักดันการใช้ Blockchain เพื่อปรับปรุงและทำให้ข้อมูลที่สำคัญทั้งหมดน่าเชื่อถือ ซึ่งจำเป็นสำหรับรัฐบาล ภาคธุรกิจ และกลุ่มผลประโยชน์อื่นๆ ในการตรวจสอบและรับมือกับความท้าทายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แนวคิดเหล่านี้เกิดขึ้นอย่างเร่งด่วนเมื่อเกิดเหตุจากพายุเฮอริเคนและ Irma และ Maria ที่ทำลายเครือข่ายไฟฟ้าทั่วชายฝั่งทะเลแคริบเบียน ซึ่งสองเดือนต่อมาได้มีการระดมแนวคิดในการประชุม COP23 ขององค์การสหประชาชาติ เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เมือง Bonn

หนึ่งในความท้าทายของการพัฒนา microgrids คือวิธีการจัดหาแหล่งเงินทุน เพราะถึงแม้ว่าต้นทุนแบตเตอรี่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อต้องติดตั้งระบบเหล่านี้ไปทั่วทั้งชุมชนแล้วก็ถือว่าไม่ได้มีราคาถูก และมีคำถามเกี่ยวกับวิธีการที่ดีที่สุดในการทำให้เจ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์สามารถสร้างรายได้จากการลงทุน ซึ่งขณะนี้ความท้าทายในการทำให้เกิดผลกำไรจากการริเริ่มโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะเริ่มขึ้นในตลาดที่พัฒนาแล้ว โดยเจ้าของอุปกรณ์สามารถใช้ชุดอุปกรณ์เพื่อวัดค่าพลังงานเพื่อขายพลังงานบางส่วนที่ผลิตได้กลับคืนสู่ระบบไฟฟ้าสาธารณะ ซึ่งไม่เพียงแต่ต้องใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยและน่าเชื่อถือเท่านั้น แต่ยังต้องมีหน่วยงานกำกับดูแลสำหรับควบคุมและจัดการระบบพลังงานไฟฟ้า เพื่อกำหนดอัตราค่าบริการที่เหมาะสมด้วย

อย่างไรก็ตาม อัตราค่าบริการที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากวิวัฒนาการด้านความสามารถในการกักเก็บพลังงาน โดยส่วนใหญ่มักเป็นผลมาจากการวิจัยและพัฒนาที่กำลังเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในปัจจุบัน อย่างเช่นบริษัท Tesla ที่มีการลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตแบตเตอรี่ เซลล์เชื้อเพลิง และรูปแบบการเก็บรักษาพลังงานความร้อน ซึ่งความสามารถด้านการกักเก็บพลังงานได้ถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในขณะที่ต้นทุนลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งชุมชนสามารถพึ่งพาตัวเองทางด้านพลังงานได้อย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น ชุมชนที่อยู่นอกโครงข่ายไฟฟ้า (Off-grid community) ที่สามารถรวบรวมและจัดการระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายศูนย์ด้วย Blockchain โดยสร้างระบบสำหรับจัดเก็บและขนส่งพลังงานผ่านรถยนต์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง และทำการแลกเปลี่ยนแบตเตอรี่กับชุมชนอื่นๆ ที่อยู่นอกโครงข่ายไฟฟ้าได้

การยุติการผลิตรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง



รัฐสภาเนเธอร์แลนด์ โหวตให้ยุติการขายรถยนต์ที่ใช้แก๊สและน้ำมันภายในปี 2025

อินเดียประกาศว่าจะยุติการขายรถยนต์ที่ใช้แก๊สและน้ำมันภายในปี 2030 และจะเริ่มขายรถยนต์ไฟฟ้าในปี 2030

นอร์เวย์ประกาศว่าจะยุติการขายรถยนต์ที่ใช้แก๊สและน้ำมันเชื้อเพลิงภายในปี 2025

ฝรั่งเศสประกาศว่าจะยุติการขายรถยนต์ที่ใช้แก๊สและน้ำมันเชื้อเพลิงภายในปี 2040

สหราชอาณาจักรประกาศว่าจะยุติการขายรถยนต์ที่ใช้แก๊สและน้ำมันเชื้อเพลิงภายในปี 2040

เยอรมนีคาดว่าจะจะเป็นภายในปี 2030 และได้มีเป้าหมายว่าจะมีรถยนต์ไฟฟ้า 1 ล้านคันบนถนนในปี 2020

รัฐบาลสวีเดนได้ประกาศทยอยลดการใช้รถยนต์แก๊สและน้ำมันเชื้อเพลิงภายในปี 2032

รัฐบาลจีนได้ออกระเบียบห้ามขายรถยนต์ที่ใช้น้ำมันในปี 2030

เกาหลีใต้มีแผนจะไม่ให้รถยนต์ที่ใช้น้ำมันวิ่งบนถนนในปี 2030

ซึ่งถือเป็นโอกาสที่ดีสำหรับชุมชนทุกประเภท อย่างเช่น ชุมชนที่อยู่ห่างไกลความเจริญและยากจน หรือที่อาศัยอยู่ในเขตที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ หรือเกษตรกรและผู้ไร่รา ยอื่นๆที่อยู่ในพื้นที่ชนบทที่มีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งมีระดับความต้องการของชุมชน ในระดับต่ำ และสถานที่ที่มีต้นทุนสูงในการติดตั้งสายและสถานีส่งสัญญาณ แต่ ส่วนใหญ่พื้นที่เหล่านั้นมักได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ แต่อย่างไรก็ตาม ความ ทำทายอีกประการที่ต้องเผชิญ ก็คือการจัดหาเงินทุนให้กับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ใน ระบบ microgrids ที่สามารถที่นำเทคโนโลยี Blockchain แบบกระจายศูนย์เข้ามา ใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่น่าเชื่อถือได้

การจัดการทรัพยากรด้านพลังงานไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของเศรษฐกิจเชิงวัตถุ ซึ่งการใช้โซลูชันด้าน Blockchain และ IoT มาใช้ในการขับเคลื่อนภาคส่วน พลังงานร่วมกัน จะทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรด้านพลังงานมีประสิทธิภาพ มากขึ้น นอกจากนี้นอกจากนี้ยังมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในการบริหารห่วงโซ่ อุปทานด้วย Blockchain ที่เป็นการจัดลำดับความสัมพันธ์ทางธุรกิจ ตั้งแต่การ จัดหาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้า ลำดับขั้นตอนการผลิต ตลอดจนกระบวนการ แจกจ่ายสินค้าไปยังร้านค้าปลีก โดยการพัฒนาและปรับปรุงในเรื่องความ โปร่งใสภายในเครือข่ายเหล่านี้ ทำให้ผู้ผลิตรายย่อยสามารถทำการแข่งขันได้ ง่ายมากขึ้น มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น และ เพื่อให้ลูกค้าได้รับความมั่นใจมากขึ้นในด้านความปลอดภัยหรือจริยธรรม ใน ผลิตภัณฑ์ของกำลังบริโภคอยู่

อย่างไรก็ตาม การปฏิวัติพลังงานดังกล่าว มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจริงและมี ความแรงมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดมาตรฐานระบบโทรศัพท์มือถือ 5G ที่มีการฝังเทคโนโลยี Blockchain ที่เชื่อมโยงการบริหารจัดการ Big Data Analytics บนระบบ Cloud computing นั้นจะทำให้การบริหารจัดการในการแลก เปลี่ยนแบ่งปันพลังงานเกิดขึ้นอย่างกว้างขวางด้วยการเชื่อมโยงระบบ smart metering จาก energy storage และระบบ solar energy ได้อย่าง realtime ด้วยราคา ถูกอย่างยิ่งภายในปี 2020 นี้ ตาม roadmap 5G

Reference

- <https://www.youtube.com/watch?v=AJ38SiVOD78>
- งานสัมมนา SingularityU India Summit 2017 ในหัวข้อ The Exponential Cost-Savings of Clean Energy โดย Ramez Naam, <https://m.youtube.com/watch?v=6eOFokM3lUI>
- <http://www.businessinsider.com/17-emerging-energy-technologies-2014-4>
- <https://discover.coinsquare.io/Blockchain/utility-tokens>
- <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf>
- <https://www.domain.com.au/news/the-solar-experiment-that-lets-neighbours-trade-energy-among-themselves-20170322-gv43ux>
- <http://www.businessinsider.com/sunpower-ceo-says-india-will-be-a-big-market-for-solar-energy-2017-3>
- <https://www.engerati.com/article/enabling-energy-industry-transformation-through-big-data-analytics-and-iot>



พันเอก ดร. เศรษฐพงศ์ มะลิสวรรณ

กรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติโทรคมนาคม (กสทช.)

ประวัติการศึกษา

- มัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
- ปริญญาตรี: วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร (เกียรตินิยมเหรียญทอง) วิทยาลัยนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (นักเรียนเตรียมทหารรุ่น 26, จปร. รุ่น 37)
- ปริญญาโท: วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (MS in EE) (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร) Georgia Tech สหรัฐอเมริกา
- ปริญญาโท: วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (MS in EE) (วิศวกรรมโทรคมนาคม) The George Washington University สหรัฐอเมริกา
- ปริญญาเอก: วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (Ph.D. in EE) (วิศวกรรมโทรคมนาคม) Florida Atlantic University สหรัฐอเมริกา

เกียรติประวัติ

- เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง ปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารโทรคมนาคมจากวิทยาลัยนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
- ได้รับทุนการศึกษาจากกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อศึกษาใน หลักสูตรการต่อต้านก่อการร้ายสากล (Counter Terrorism Fellowship Program), National Defense University ประเทศสหรัฐอเมริกา
- โล่เกียรตินิยมจากวิทยาลัยนายร้อยพระจุลจอมเกล้าคะแนนสูงสุดในวิชาผู้นำทหาร
- เกียรตินิยมปริญญาเอก Outstanding Academic Achievement จาก Tau Beta Pi Engineering Honor Society และ Phi Kappa Phi Honor Society
- รางวัลเกียรตินิยมจกักรดาว ประจำปี พ.ศ.2556 จากมูลนิธิศิษย์เก่าโรงเรียนเตรียมทหาร
- ได้รับการจัดอันดับ 1 ใน 25 Young Executivesที่ประสบความสำเร็จสูงสุดในปี 2555 จากนิตยสาร GM
- ประกาศเกียรติคุณ “โครงการวิทยาศาสตร์สู่ความเป็นเลิศ” พ.ศ. 2556 จากคณะกรรมการการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการสื่อสาร และ โทรคมนาคม วุฒิสภา
- ได้รับการจัดอันดับ 1 ใน 30 นักยุทธศาสตร์แห่งปีที่อยู่ในระดับผู้นำองค์กร ปี พ.ศ. 2556 จากนิตยสาร Strategy+Marketing Magazine
- รับพระราชทานรางวัลเทพทอง ครั้งที่ 16 ในฐานะองค์กรดีเด่น ประจำปี 2557
- ได้รับรางวัล “ผู้นำเสนองานวิจัยดีเด่น” จากสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ประจำปีงบประมาณ 2558
- ประกาศเกียรติคุณรางวัล “คนดี ความดี แทนคุณแผ่นดิน” พ.ศ.2558 สาขาการสื่อสารโทรคมนาคมจากคณะกรรมการรางวัลไทย
- ได้รับโล่เกียรตินิยม “ผู้นำและผู้ทำคุณประโยชน์เพื่อผู้ด้อยโอกาส” ประจำปี พ.ศ.2558 จากสมาคมโทรคมนาคม เพื่อสิทธิเสรีภาพของผู้ด้อยโอกาส

WE'RE SMARTER

WHEN **WE'RE CONNECTED**