DOI : 10.14456/bei.2020.13

การเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกรณี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลาง กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Increasing Sustainability Efficiency Energy and Climate Change of Rajabhat University Central Geographic Region Case study of Phranakhon si Ayutthaya Rajabhat University

ทรงกิต การีซอ* และ วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์**

Songkit Kareesor* and Vorapat Inkarojrit**

Received : April 20, 2020 Revised : July 15, 2020 Accepted : July 30,2020

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะประเมินประสิทธิภาพทางความยั่งยืน และเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืน ด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกรณีมหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลางกรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาโดยทำการศึกษาด้วยวิธีการประเมินมหาวิทยาลัยตามหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก (UI Green Metric World Ranking) เน้นการประเมินในหัวข้อที่ 2 ด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อันได้แก่ 1.อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน 2.อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย 3.พลังงานทดแทนซึ่งผลิตได้ในมหาวิทยาลัย 4.ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด 5.อัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี 6.องค์ประกอบของอาคารสีเขียวที่ดำเนินการตามนโยบายการก่อสร้างและปรับปรุงทั้งหมด 7.การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ 8.ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากาทั้งหมดโดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในหัวข้อการประเมินข้อที่ 2 และแสดงแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความยั่งยืนโดยคำนึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาพบว่ามหาวิทยาลัยส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะมีคะแนนเฉลี่ยในช่วงระหว่าง 901 ถึง 1,200 คะแนนของกลุ่มช่วงคะแนนที่ 4 โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาเมื่อได้ทำการประเมินมีคะแนนอยู่ที่ 525 หากดำเนินการตามเป้าหมายที่เหมาะสมที่สุดจะได้รับคะแนน 1,075 คะแนน จึงสามารถขยับจากกลุ่มช่วงคะแนนที่ 3 ไปสู่กลุ่มช่วงคะแนนที่ 4 ได้ ซึ่งการดำเนินงานโดยการตั้งเป้าหมายนั้น ทำให้สามารถเพิ่มคะแนนและเพิ่ม

---

* นิสิตระดับปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

(บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกรณี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลาง กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา)

* Master of Architecture in Architectural Design, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

** Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

Corresponding author E-mail: kitarch19@gmail.com*

ประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีกว่าเดิมและมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

Abstract

The objective of this article was to assess the sustainability efficiency and to provide guidance for the increasing sustainability efficiency energy and climate change of Rajabhat University Central Geographic Region Case study of Phranakhon si Ayutthaya Rajabhat University. This is a study using a university assessment methodology based on the UI Green Metric World Ranking, focusing on the second issue of energy and climate change including 1. Energy-saving equipment, 2. All intelligent buildings of the university, 3. Renewable energy produced in university, 4. Total electricity consumption divided by the total population, 5. The ratio of renewable energy production divided by total energy consumption per year, 6. Green building components that comply with all construction and renovation policies, 7. Reducing greenhouse gas emissions, 8. The total carbon footprint divided by the total number of citizens. Relevant information is collected in the assessment section of the second issue and shows how to increase sustainability efficiency with economic possibilities in mind.

The results of the study showed that the average score of most universities in Thailand is between 901 and 1,200 points in the group 4. by Phranakhon si Ayutthaya Rajabhat University. When evaluating, they have 525 points. If they complete the most appropriate goal, they will receive 1,075 points. They can move from the group 3 to the group 4. By implementing goals, they can increase the scores and increase sustainability efficiency energy and climate change for the better, and there is an economic possibility which is worth the investment.

คำสำคัญ: มหาวิทยาลัยยั่งยืน พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประสิทธิภาพด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยสีเขียว

Keywords: Sustainability University, Energy and Climate Change, Energy Performance, Green University

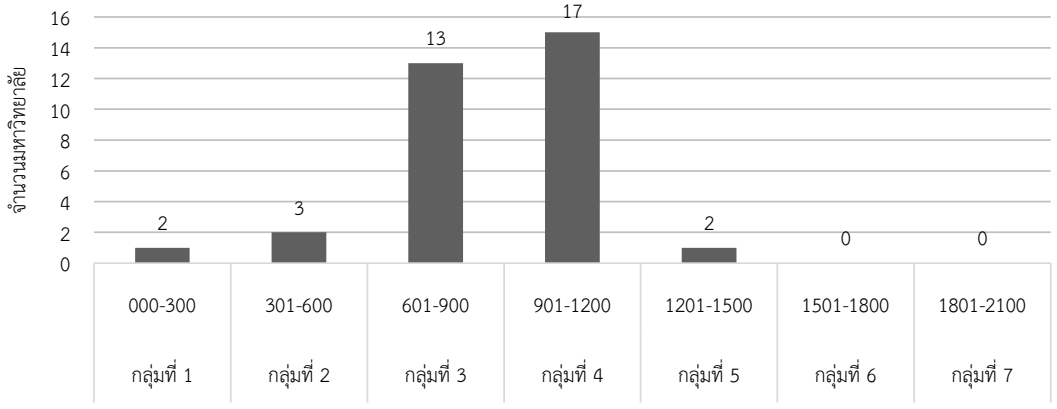
บทนำ

สถาบันอุดมศึกษามีเป้าหมายที่จะสร้างบัณฑิตส่งออกสู่ตลาดแรงงานเพื่อตอบสนองต่อการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ หากแต่ในปัจจุบันสถาบันการผลิตบัณฑิตในกรอบความคิดแบบเดิมยังไม่สามารถข้ามผ่านปัญหาวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมพลังงานและมลภาวะได้ (Shriberg, 2002) สถาบันอุดมศึกษาจึงมีการผลักดันแนวความคิดเพื่อสิ่งแวดล้อมให้เกิดขึ้นภายในสถาบัน โดยมหาวิทยาลัยต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริหารมหาวิทยาลัยที่ส่งเสริมความยั่งยืนด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (Cortese, 2001) ซึ่งการศึกษาแนวการดำเนินงานด้านความยั่งยืนด้านพลังงานด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศจะเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนให้กับมหาวิทยาลัยได้

ส่วนหนึ่งของแนวความคิดมหาวิทยาลัยยั่งยืนคือ การเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นหัวข้อหนึ่งในการประเมินมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก โดยมีเป้าหมายที่ต้องการจะบูรณาการทางความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Sustainability) และการอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation) ผนวกเข้ากับการดำเนินงานของมหาวิทยาลัย การพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียวที่ยั่งยืนนั้นยังสอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งสหประชาชาติ (Sustainable Development Golds : SDGs) ที่ได้ประกาศว่าเป็นศตวรรษแห่งการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมีข้อเสนอว่า มหาวิทยาลัยนั้นจะต้องมีบทบาทเป็นแหล่งเรียนรู้ค้นคว้างานวิจัยในเรื่องของการพัฒนาที่ยั่งยืน และมหาวิทยาลัยควรเป็นผู้นำด้านการบูรณาการ แก้ไขปัญหา และแนวทางในการปฏิบัติที่ดีด้านสิ่งแวดล้อม (Madre, 2005)

ในประเทศไทยมีผู้ให้ความหมายของมหาวิทยาลัยแห่งความยั่งยืน (Sustainability University) ว่าเป็นมหาวิทยาลัยที่มีการบริหารจัดการที่ดี เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ภายใต้แนวความคิดการมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมและการประหยัดพลังงาน มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า รวมถึงส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่มีการบูรณาการด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเข้าไปในการเรียน การสอน งานวิจัย และในทุกๆ กิจกรรมของมหาวิทยาลัย เพื่อสภาพสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะทำให้เกิดผลดีต่อชุมชนและสังคมภายนอกได้ (คุณธรรม, 2548) โดยมหาวิทยาลัยหลายแห่งได้เข้าร่วมประเมินศักยภาพด้านความยั่งยืนโดยอ้างอิงเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก

จากข้อมูลการให้คะแนนของเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกในปี 2018 พบว่ามีมหาวิทยาลัยทั่วโลกเข้าร่วมโครงการเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก 780 แห่ง และมีมหาวิทยาลัยในประเทศไทยที่เข้าร่วม 37 แห่ง จากทั่วประเทศ การให้คะแนนหัวข้อต่างๆ จะมีการให้คะแนนที่แตกต่างกันไป โดยหัวข้อที่มีการให้ค่าน้ำหนักคะแนนมากที่สุดคือ หัวข้อที่ 2 ด้านการใช้พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โดยมีคะแนนเต็มที่ 2100 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่ใช้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นแล้วการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นถือเป็นภารกิจที่มหาวิทยาลัยต้องดำเนินการ (ภาคภูมิ, 2561) โดยข้อมูลจากเกณฑ์การจัดอันดับของมหวิทยาลัยสีเขียวโลกของมหาวิทยาลัยในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีคะแนนในช่วงระหว่าง 901 ถึง 1200 คะแนน ในกลุ่มที่ 4 ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงระดับกลางของคะแนนในเกณฑ์นี้ดังที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิกลุ่มช่วงคะแนนมหาวิทยาลัยไทยหัวข้อพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของหลักเกณฑ์การประเมินมหาวิทยาลัยสีเขียว (ที่มา : http://greenmetric.ui.ac.id)

ในระดับมหาวิทยาลัยขนาดใหญ่มีการดำเนินการด้านมหาวิทยาลัยสีเขียวกันอย่างแพร่หลาย หากแต่มหาวิทยาลัยราชภัฏเป็นมหาวิทยาลัยที่ได้ชื่อว่าเป็นมหาวิทยาลัยแห่งการพัฒนาท้องถิ่นแต่ยังมีการดำเนินงานในด้านดังกล่าวอย่างไม่สมบูรณ์ ซึ่งในอดีตมหาวิทยาลัยราชภัฏนั้นก่อตั้งมาเพื่อเป็นวิทยาลัยครูซึ่งต่อมาได้รับการยกวิทยาฐานะให้เป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะสร้างบัณฑิตเพื่อประกอบวิชาชีพครูและส่งออกสู่ตลาดแรงงานเพื่อตอบสนองต่อการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจในปัจจุบัน หากแต่มหาวิทยาลัยราชภัฏยังผลิตบัณฑิตในกรอบความคิดรูปแบบเดิมก็จะไม่สามารถข้ามผ่านปัญหาวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อม พลังงานและมลภาวะได้ ดังนั้นมหาวิทยาลัยราชภัฏและสถาบันอุดมศึกษาจึงควรผลักดันแนวความคิดเพื่อสิ่งแวดล้อมและพลังงานที่ยั่งยืนให้เกิดขึ้นภายในสถาบัน

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของมหาวิทยาลัยตามหลักเกณฑ์การประเมินมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏในเขตภูมิศาสตร์ภาคกลางกรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เพื่อดำเนินการตั้งเป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับกลุ่มตัวอย่างมหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลาง โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีคะแนนในการประเมิน 625 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าคะแนนส่วนใหญ่ของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาหาวิธีการที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรวมถึงประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์อย่างไรที่คุ้มค่าต่อการลงทุนของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาได้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพทางความยั่งยืน ด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Energy and Climate change) ต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลาง กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
2. เพื่อศึกษาผลที่ได้รับจากการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืน ด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Energy and Climate change) ต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลางกรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Energy and Climate change) ต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลางกรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ขอบเขตในการวิจัย

1. ศึกษาหลักเกณฑ์การประเมินมหาวิทยาลัยสีเขียวจากหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก (UI Green Metric World University Ranking) ในหัวข้อที่ 2 ด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเท่านั้น
2. ศึกษาจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลางกรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาเท่านั้น

วิธีวิจัย

1. การเก็บข้อมูลจากการใช้พลังงานและสภาพอากาศของมหาวิทยาลัย

เก็บข้อมูลการสำรวจของมหาวิทยาลัยราชภัฏด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของมหาวิทยาลัย ในปีปฏิทิน พ.ศ.2562 ที่เป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏที่อยู่ในเขตภูมิศาสตร์ภาคกลาง โดยใช้ข้อมูลด้านการใช้พลังงานตลอดทั้งปีของมหาวิทยาลัย ข้อมูลการใช้พลังงานหมุนเวียน และจำนวนนักศึกษาตามรายละเอียดการให้คะแนนของหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกในหัวข้อที่ 2 ด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเก็บจากข้อมูลด้านเอกสารรายงานพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (2562) และใบเสร็จค่าไฟฟ้าโดยมีรายละเอียดการประเมินตามหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกในดังที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการประเมินหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก (ที่มา : http://greenmetric.ui.ac.id)

หมวดหมู่และตัวชี้วัด		คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน					
				คะแนนประเมินที่ 1	คะแนนประเมินที่ 2	คะแนนประเมินที่ 3	คะแนนประเมินที่ 4	คะแนนประเมินที่ 5
EC1	การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิม	200	เกณฑ์การประเมิน	<1%	1% - 25%	>25% - 50%	>50% - 75%	>75%
			คะแนน	0	50	100	150	200
EC2	พื้นที่อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย (ตร.ม.)	300	เกณฑ์การประเมิน	<1%	1% - 25%	>25% - 50%	>50% - 75%	>75%
			คะแนน	0	75	150	225	300
EC3	จำนวนของพลังงานหมุนเวียนภายในมหาวิทยาลัย	300	เกณฑ์การประเมิน	ไม่พบแหล่งที่มา	1 แหล่งที่มา	2 แหล่งที่มา	3 แหล่งที่มา	>3 แหล่งที่มา
			คะแนน	0	75	150	225	300
EC4	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด (kWh/person)	300	เกณฑ์การประเมิน	>= 2424 kWh	<2424 - 1535 kWh	>1535 - 633 kWh	>633 - 279 kWh	<279 kWh
			คะแนน	0	75	150	225	300
EC5	อัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี (kWh/year)	200	เกณฑ์การประเมิน	<= 0.5%	> 0.5 - 1%	> 1 - 2%	> 2 - 25%	> 25%
			คะแนน	0	50	100	150	200
EC6	องค์ประกอบของการดำเนินการอาคารสีเขียวตามนโยบายการก่อสร้างและการปรับปรุงใหม่ทั้งหมด	300	เกณฑ์การประเมิน	ไม่พบองค์ประกอบ	1 องค์ประกอบ	2 องค์ประกอบ	3 องค์ประกอบ	>3 องค์ประกอบ
			คะแนน	0	75	150	225	300
EC7	โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	200	เกณฑ์การประเมิน	ไม่มีโครงการ	เตรียมการ	1 ขอบเขต	2 ขอบเขต	3 ขอบเขต
			คะแนน	0	50	100	150	200
EC8	จำนวนคาร์บอนฟุตปริ้นทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรในมหาวิทยาลัย (tCO2e)	300	เกณฑ์การประเมิน	>= 2.05%	< 2.05 - 1.11	< 1.11 - 0.42	< 0.42 - 0.10	< 0.10
			คะแนน	0	75	150	225	300
	คะแนนเต็ม	2100						

2. การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในมหาวิทยาลัย

นำข้อมูลจากการสำรวจจากเอกสารรายงานพลังงานและใบเสร็จค่าไฟฟ้าทำการประเมินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปีต่อมานำข้อมูลการใช้พลังงานต่อปี (kWh/Year) ของมหาวิทยาลัยนำมาวิเคราะห์หาค่าการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซภายในมหาวิทยาลัย เพื่อนำมาคำนวณหาค่าคะแนน

3. การสังเคราะห์ข้อมูลด้านการใช้พลังงานภายในมหาวิทยาลัย

โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ พื้นที่อาคาร อุปกรณ์ไฟฟ้า บริบทภายในมหาวิทยาลัยรวมถึงการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ด้านอาคารสถานที่ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานโครงการมหาวิทยาลัยสีเขียว และผู้บริหารของมหาวิทยาลัย โดยจัดทำหนังสือ ขออนุญาตมหาวิทยาลัยเพื่อสัมภาษณ์และติดต่อรับข้อมูลด้านการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (2562) เพื่อนำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยใช้สมการในการคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าและคำนึงถึงหลักการความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์โดยมีสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่อ้างอิงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2554) ดังนี้

การคำนวณพลังงานที่ประหยัดนั้นเก็บข้อมูลจากกำลังวัตต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อหน่วยจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบดั้งเดิมและอุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานเพื่อหาค่าความประหยัดพลังงานต่อหน่วยที่ได้จากการเปลี่ยนอุปกรณ์โดยคำนวณได้จากสมการที่ (1)

คำนวณพลังงานที่ประหยัดได้ (Kw)

พลังงานที่ประหยัดได้ (W) = กำลังวัตต์เครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟ (W) - กำลังวัตต์เครื่องใช้ไฟฟ้าแบบดั้งเดิม (W) (1)

การรวบรวมข้อมูลพลังงานที่ประหยัดทั้งหมดนั้นได้จากข้อมูลของสมการที่ (1) คือพลังงานที่ประหยัดได้ต่อหน่วยของอุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน จากนั้นนำมาคำนวณพลังงานที่ประหยัดได้ทั้งหมดจากการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ดังที่ได้แสดงในสมการที่ (2) เพื่อใช้พิจารณาความประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน

คำนวณพลังงานที่ประหยัดได้ทั้งหมด (Kw)

$$\text{พลังงานที่ประหยัดได้ทั้งหมด (Kw)} = \frac{\text{ค่าประหยัดพลังงานต่อเครื่อง (W) X จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการประหยัดพลังงาน}}{1000} \quad (2)$$

การคำนวณพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปีนั้นจะต้องคำนวณการใช้ไฟฟ้าต่อวันจนถึงตลอดทั้งปีที่มีการเก็บข้อมูลซึ่งการเก็บข้อมูลส่วนนี้จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากสมการที่ (2) นำมาคำนวณพลังงานที่ประหยัดได้รายปีดังสมการที่ (3) เพื่อนำไปหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อจำนวนประชากร

คำนวณพลังงานรวมที่ประหยัดได้รายปีของเครื่องใช้ไฟฟ้า (kWh)

$$\text{พลังงานที่ประหยัดได้รายปี (kWh/Yr)} = \frac{\text{พลังงานที่ประหยัดได้ X จำนวนชั่วโมง/วัน X จำนวนวัน/สัปดาห์ X จำนวนสัปดาห์/ปี}}{\text{(Kw) (h) (day) (week)}} \quad (3)$$

การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปีของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น หาค่าโดยนำข้อมูลพลังงานที่ประหยัดได้รายปีนำไปคูณกับค่าไฟฟ้าต่อหน่วยดังสมการที่ (4) จากนั้นนำข้อมูลการประหยัดไฟฟ้าที่ได้ไปประเมินความเป็นไปได้และความคุ้มค่าของการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในการพิจารณาการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเดิมเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน

คำนวณค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปีของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Baht/Yr)

ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปีของเครื่องใช้ไฟฟ้า = พลังงานที่ประหยัดได้รายปี (kWh/Yr) X ค่าไฟต่อหน่วย (Bath) (4)

การคำนวณอายุการใช้งานของอุปกณร์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานโดยคำนวณจากข้อมูลอายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่คิดเป็นชั่วโมงทั้งหมดต่อชั่วโมงทั้งหมดที่ใช้งานรายปีดังสมการการคำนวณที่ (5) เพื่อหาอายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดพลังงานที่จะนำมาทดแทนเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบเดิมนั้นมีอายุการใช้งานกี่ปีและมีความคุ้มค้าต่อการลงทุน

คำนวณอายุการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า (Yr)

$$\text{อายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า (Yr)} = \frac{\text{อายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นชั่วโมงทั้งหมด (h)}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานรายปี}} \quad (5)$$

การคำนวณความประหยัดไฟตลอดอายุการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเพื่อประมาณการคำนวณค่าไฟที่ประหยัดได้จากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานโดยมีการคำนวณดังสมการที่ (6) เพื่อนำมาใช้ประกอบกับความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ถึงความคุ้มค่าที่ได้จากความประหยัดไฟของการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานตลอดอายุการใช้งาน

คำนวณความประหยัดไฟตลอดอายุการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า (Bath)

ประหยัดไฟตลอดอายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า (Bath) = อายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า (Yr) X ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี (Baht/Yr) (6)

การคำนวณระยะเวลาคุ้มทุนนั้นเพื่อประมาณการคุ้มทุนที่ได้จากการลงทุนของโครงการติดตั้งพลังงานทางเลือกและการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานนั้นมีระยะเวลาในความคุ้มทุนจากการใช้งานกี่ปีดังสมการที่ (7)

คำนวณระยะเวลาคุ้มทุนจากการเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน (Yr)

$$\text{ระยะเวลาคุ้มทุนจากการเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน} = \frac{\text{ราคาเรื่องใช้ไฟฟ้า (Bath) X จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า (เครื่อง)}}{\text{ราคาประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี}} \quad (7)$$

4. เสนอแนะแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในมหาวิทยาลัย

โดยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อเสนอแนะแนวทางการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานที่ส่งผลให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนั้นสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานตามแนวทางที่เสนอแนะ และกำหนดนโยบายสาธารณะต่อไป

ผลการประเมิน

จากการลงสำรวจพื้นที่เพื่อทำการประเมินมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาพบว่ามหาวิทยาลัยมีขนาดพื้นที่ดิน 124.51 ไร่ หรือ 199,229 ตารางเมตร มีอาคารในส่วนของการศึกษา จำนวน 45 อาคาร ซึ่งอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 8 เมตร ตามขอกฎหมายผังเมืองจังหวัดพระนครศรีอยุธยามีภูมิประเทศเป็นที่ราบมีแม่น้ำล้อมรอบและมีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างร้อนและแห้งแล้งโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 24 – 31 องศาเซลเซียสเมื่อผู้วิจัยได้การดำเนินการประเมินด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นโดยได้ข้อมูลจากการสำรวจการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาดังที่แสดงในตารางที่ 2

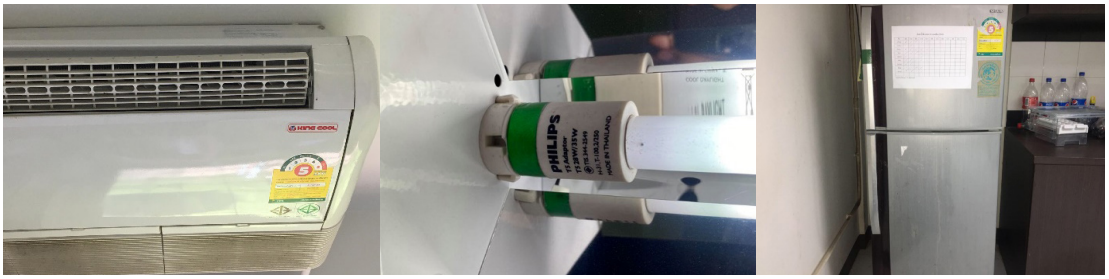
ตารางที่ 2 ประเมินการใช้พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

	ข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน	การประเมิน
EC1	การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิม	25% - 50%
EC2	พื้นที่อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย	n/a
EC3	พลังงานทดแทนซึ่งผลิตได้ในมหาวิทยาลัย (Kwh)	n/a
EC4	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด (Kwh/person)	519.65
EC5	อัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี (%)	n/a
EC6	องค์ประกอบของอาคารสีเขียวที่ดำเนินตามนโยบายการก่อสร้างและปรับปรุงทั้งหมด	1 แหล่ง
EC7	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (KgCO2e/year)	2,335,761
	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (tCO2e/year)	2,335.76
EC8	จำนวนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (tCO2e/person)	0.436

จากการประเมินมหาวิทยาลัยตามหัวข้อของหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกมีการเก็บข้อมูลในการประเมินด้วยกันหลากหลายวิธี โดยมีรายละเอียดของวิธีการเก็บข้อมูลสำหรับใช้ในการประเมินในหัวข้อพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังต่อไปนี้

EC1 การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิม

จากการลงพื้นที่โดยการสำรวจสถานที่จริงจากมหาวิทยาลัยราชภัฏใพระนครศรีอยุธยาและข้อมูลจากการดำเนินงานโครงการมหาวิทยาลัยสีเขียวเพื่อทำการประเมินนั้นพบว่ามีการใช้หลอดไฟแอลอีดีทดแทนของเดิม และมีการใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5 รวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ที่ประหยัดไฟเบอร์ 5 ดังที่แสดงในภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาจากการสำรวจอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานทั้งหมดแล้ว มหาวิทยาลัยมีการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานอยู่ในเกณฑ์คะแนนประเมินที่ 2 คือ มากกว่าร้อยละ 25 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงมีค่าคะแนนจากการประเมินในหัวข้อการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิมอยู่ที่ 50 คะแนน



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5 (ก) หลอดประหยัดไฟแอลอีดี (ข) และอุปกรณ์ประหยัดไฟเบอร์ 5 อื่นๆ ที่พบในมหาวิทยาลัย (ค)

EC2 พื้นที่อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย

จากการลงพื้นที่สำรวจเพื่อทำการประเมินอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาและข้อมูลการดำเนินการมหาวิทยาลัยสีเขียว นั้น พบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีพื้นที่ดินของส่วนการศึกษาประมาณ 199,229 ตารางเมตรมีพื้นที่อาคารที่ปกคลุมพื้นที่ดิน 58,675 ตารางเมตร โดยมีพื้นที่อาคารทั้งหมดรวมทุกชั้นอยู่ที่ 134,200 ตารางเมตร จากข้อมูลดังกล่าวไม่พบพื้นที่อาคารอัจฉริยะตามข้อกำหนดของเกณฑ์อาคารอัจฉริยะมหาวิทยาลัยจึงไม่มีคะแนนในหัวข้อดังกล่าว

EC3 พลังงานทดแทนซึ่งผลิตได้ในมหาวิทยาลัย

เมื่อทำการลงพื้นที่สำรวจได้สอบถามเจ้าหน้าที่ ที่เกี่ยวข้องพบว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏในพระนครศรีอยุธยายังไม่มีการนำพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในการทดแทนพลังงานหลักพบเพียงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งถูกยกเลิกการใช้งานแล้ว ดังภาพที่ 3จึงประเมินได้ว่าไม่มีพลังงานทดแทนซึ่งผลิตได้ในมหาวิทยาลัย

(ก) (ข)

ภาพที่ 3 บริเวณพื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ (ก) และ แผงโซล่าเซลล์ (ข)

จากการศึกษาข้อมูลด้านพลังงานทดแทนนั้นได้กำหนดว่าแหล่งกำเนิดพลังงานทดแทนที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อประเมิน โดยมหาวิทยาลัยจะต้องใช้พลังงานเพื่อทดแทนพลังงานหลักได้จริงจึงจะมีคะแนนได้ในหัวข้อนี้ได้ซึ่งปัจจุบันสามารถจำแนกพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในการประเมินได้ 6 ประเภท ได้แก่ 1) พลังงานชีวภาพ (bioenergy) 2) พลังงานความร้อนใต้พิภพ (geothermal energy) 3) พลังงานน้ำ (hydropower) 4) พลังงานมหาสมุทร (ocean energy) และรวมถึงพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง (tidal energy) พลังงานคลื่น(wave energy) และพลังงานความร้อนมหาสมุทร (ocean thermal energy) 5) พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) และ 6) พลังงานลม (wind energy)

EC4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยานั้นพบว่ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2,780,668 (Kwh/year) และมีจำนวนประชากรราว 5,351 คน เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อคนโดยการคำนวณดังสมการที่ (8) พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าหารด้วยจำนวนประชากรอยู่ที่ 519.65 (Kwh/year) จึงประเมิณได้ว่ามหาวิทยาลัยได้คะแนนในหัวข้อนี้ 225 คะแนน

คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด (Kwh/year)

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปีหารด้วยจำนวนประชากร(Kwh/year/คน)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (Kwh/year)}}{\text{จำนวนประชากรทั้งหมด (คน)}} \quad (8)$$

EC5 อัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี

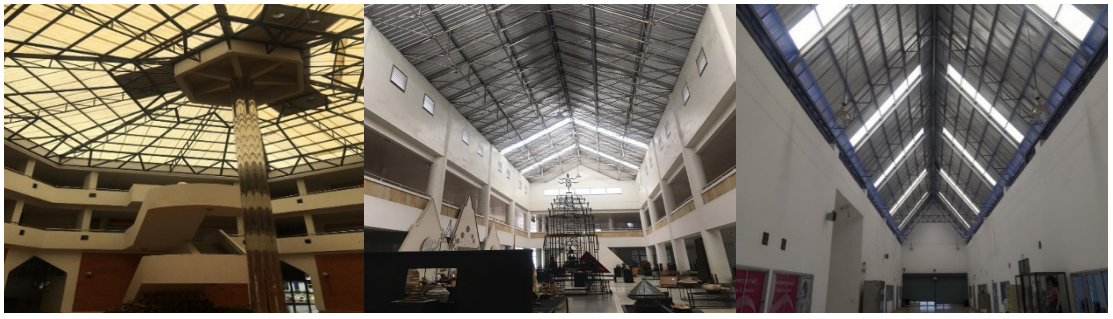
จากการลงพื้นที่เพื่อทำการประเมินและสอบถามข้อมูลเบื้องต้นจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทราบว่า มหาวิทยาลัยวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาได้เคยมีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้ในการศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้คือแผง ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 3 แผง ซึ่งให้กำลังไฟฟ้า 990วัตต์ (w) ต่อชั่วโมง โดยแต่ละวันนั้นจะสามารถเก็บพลังงานได้ 5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจะได้ 4.95 กิโลวัตต์ต่อวัน เมื่อคำนวณรายปีแล้วจะสามารถใช้พลังงานจากพลังงานหมุนเวียนได้ทั้งสิ้น 1,806.75 กิโลวัตต์ (kW) ต่อปี และคิดเป็นปริมาณ ร้อยละ 0.064ต่อปี ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณการผลิตพลังงานหมุนเวียนต่อพลังงานทั้งหมดต่อปีได้ดังสมการที่ (9) แต่ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาได้ยกเลิกการผลิตพลังงานหมุนเวียนดังกล่าวแล้ว จึงไม่สามารถนำมาประเมินในหัวข้อนี้ได้

คำนวณอัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี (%)

$$\text{การผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี (\%)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (Kwh/year)}}{\text{อัตราการผลิตพลังงานหมุนเวียนต่อปี (Kwh/year)}} \quad (9)$$

EC6 องค์ประกอบของอาคารสีเขียวที่ดำเนินตามนโยบายการก่อสร้างและปรับปรุงทั้งหมด

ในการดำเนินงานอาคารเขียวนั้น สามารถพิจารณาได้ 8 หมวด หลัก ได้แก่ 1) การบริหารจัดการอาคาร (BM) 2) ผังบริเวณและภูมิทัศน์(SL) 3) การประหยัดน้ำ (WC) 4) พลังงานและบรรยากาศ (EA) 5) วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (MR) 6) คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IE) 7) การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP) และ 8) นวัตกรรม (GI) (Thai green building Institute, 2012)เพื่อทำให้นโยบายในการก่อสร้างและปรับปรุงอาคารให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ของอาคารเขียว ซึ่งองค์ประกอบที่พบในมหาวิทยาลัยราชภัฏในจังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้นพบในหมวดของพลังงานและบรรยากาศ นับเป็นหนึ่งองค์ประกอบของการพิจารณาการเป็นอาคารเขียว ซึ่งจัดอยู่ในส่วนของการออกแบบที่มีการคำนึงถึงการประหยัดพลังงานโดยใช้หลังคาโปร่งแสงที่ลดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในเวลากลางวัน ซึ่งสามารถพบได้บริเวณโถงของอาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ (ก) อาคารบ้านพลูหลวง (ข) และอาคารบัณฑิตศึกษา (ค) ดังที่แสดงในภาพที่ 4 ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงสามารถทำการประเมินได้ 1 องค์ประกอบของอาคารเขียว



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4 โถงอาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ (ก) โถงอาคารบ้านพลูหลวง (ข) และโถงอาคารบัณฑิตวิทยาลัย (ค)

EC7 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาข้อมูลจากองค์การบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจก (2562) เพื่อทำการประเมินในการหาปริมาณของก๊าซเรือนกระจกนั้นสามารถพิจารณาได้ 4 ประเภท ได้แก่ 1)ประเภทกิจกรรมส่วนบุคคล 2)ประเภทองค์กร 3)ประเภทผลิตภัณฑ์ และ 4)ประเภทการจัดงาน จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า มหาวิทยาลัยอยู่ในประเภทที่ 2 ประเภทองค์กร ซึ่งในการประเมินก๊าซเรือนกระจกนี้ให้ใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยประเมินได้จากกิจกรรมในสามขอบเขต ดังนี้

<u>ขอบเขตที่ 1</u> การปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมภายในองค์กร เช่น เกิดจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ ยกตัวอย่างเช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ

<u>ขอบเขตที่ 2</u> การปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือพลังงานภายนอกที่นำเข้ามาใช้ภายในองค์กร ยกตัวอย่างเช่นพลังงานไฟฟ้าที่นำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้ภายในองค์กร

<u>ขอบเขตที่ 3</u>การปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect Emissions) ที่นอกเหนือจากที่ระบุในขอบเขตที่ 1 และ ขอบเขตที่ 2 ยกตัวอย่างเช่น การใช้น้ำประปา การใช้กระดาษ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการเดินทางเป็นต้น

ในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปีปฏิทิน พ.ศ. 2562 ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่ดูแลโครงการมหาวิทยาลัยสีเขียว โดยในปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาอยู่ในขั้นตอนของการเริ่มดำเนินการโครงการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงได้รับคะแนนในการประเมินอยู่ที่ 50 คะแนน

EC8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

การประเมินเพื่อทราบถึงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนประชากรในมหาวิทยาลัยนั้นจะต้องทำการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เสียก่อนเมื่อทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นแล้ว นำปริมาณที่ได้ไปหารกับจำนวนประชากรภายในมหาวิทยาลัย ได้แก่ นักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ จึงจะสามารถทราบปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนประชากรได้ ด้วยสมการการหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดต่อจำนวนประชากร ดังที่แสดงในสมการที่(10) จากการประเมิณพบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่ที่ 2,335,761 (kgCo2e) หรือ 2,335.76 (tCO2e)ต่อปี เมื่อนำมาหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนประชากรพบว่า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่ที่ 436.50 (kgCO2e) หรือ 0.436 (tCO2e)ต่อคน ซึ่งอยู่ในช่วงคะแนนประเมินที่ 3 คือ น้อยกว่า 1.11 (tCO2e) ถึง 0.42 (tCO2e) จึงคิดเป็น 150 คะแนน

คำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากร

$$\text{ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนประชากร (kgCO2e)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปี (kWh) X 0.84 (factor)}}{\text{จำนวนประชากรในมหาวิทยาลัย}} \quad (10)$$

การเพิ่มประสิทธิภาพความยังยืนของมหาวิทยาลัย

ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคกลาง กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่า มหาวิทยาลัยยังไม่มีเป้าหมายการดำเนินงานด้านการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เมื่อมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาเทียบกับมหาวิทยาลัยอื่นๆ ในประเทศไทยพบว่าอยู่ในกลุ่มช่วงคะแนนที่ 3 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โดยการตั้งเป้าหมายโครงการตามหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวไว้ 4 เป้าหมายโดยแต่ละเป้าหมายแบ่งการดำเนินงาน เพื่อให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

เมื่อมหาวิทยาลัยตั้งเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพ ต่อมาจะต้องศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนในด้านนี้ นำมาใช้เพื่อประกอบกับการตัดสินใจของผู้บริหารมหาวิทยาลัยโดยวิเคราะห์ตามเป้าหมายและหลักทางเศรษฐศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิม

จากการศึกษาโดยการประเมินและลงพื้นที่สำรวจภายในมหาวิทยาลัยพบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏนั้นมีการเปลี่ยนเป็นแบบประหยัดพลังงานไปแล้วบางส่วนซึ่งในหัวข้อนี้มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาสามารถประมาณการความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์จากสมการข้างต้นจากการวิเคราะห์ค่าคะแนนและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏนั้น จากเดิมมีคะแนนอยู่ที่ 50 คะแนน เมื่อทำการตั้งเป้าหมายเพื่อให้ได้คะแนนที่เพิ่มมากขึ้นตามเป้าหมาย ก็สามารถเพิ่มคะแนนได้ในหัวข้อนี้ได้ดังที่แสดงในตารางที่ 3เมื่อพิจารณาจากทั้ง 4 เป้าหมาย พบว่าหากดำเนินการตามเป้าหมายที่สองนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้และมีงบประมาณในการลงทุนน้อยที่สุดจากการคำนวณมีระยะเวลาในการคุ้มทุนหลังจากดำเนินการประมาณ 5 ถึง 6 ปี ดังนั้นการตั้งเป้าหมายการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิมจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีที่สุดในหัวข้อนี้ได้

ตารางที่ 3 เป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิมโดยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน		เป้าหมายที่ 1 ประสิทธิภาพ 25%	เป้าหมายที่ 2 ประสิทธิภาพ 50%	เป้าหมายที่ 3 ประสิทธิภาพ 75%	เป้าหมายที่ 4 ประสิทธิภาพ100%
เกณฑ์การประเมิน	ร้อยละ (%)	1% - 25%	>25% - 50%	>50% - 75%	>75%
ไฟฟ้าส่องสว่าง	จำนวน (ชุด)	10 - 250	251 - 500	501 - 750	751 - 1000
	งบประมาณ (บาท)	2,200 – 55,000	55,220 – 110,000	110,220 – 165,000	165,220 – 220,000
เครื่องปรับอากาศ	จำนวน (ชุด)	8 - 200	201 - 400	401 - 600	601 - 800
	งบประมาณ (บาท)	244,686 – 6,117,170	6,147,755 – 12,234,340	12,264,925 – 18,351,510	18,382,095 – 24,468,680
คะแนนที่คาดว่าได้รับเมื่อดำเนินการ		50 คะแนน	100 คะแนน	150 คะแนน	200 คะแนน

2. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อพื้นที่อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย

พื้นฐานขององค์ประกอบของอาคารอัจฉริยะคือการควบคุมระบบต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อลงพื้นที่ทำการสำรวจนั้นพบว่าไม่มีการดำเนินการตามหลักการของอาคารอัจฉริยะในกลุ่มตัวอย่างมหาวิทยาลัยราชภัฏ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาความเป็นอาคารอัจฉริยะดังนี้ 1.ระบบการบริหารอาคารอัตโนมัติ 2.ระบบรักษาความปลอดภัยอาคาร 3.ระบบควบคุมพลังงานอัตโนมัติ 4.ระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติ 5.การระบายอากาศภายในอาคาร 6.อุปกรณ์ประหยัดพลังงานและแสงสว่าง ซึ่งอาคารอัจฉริยะนั้นต้องมีทุกองค์ประกอบครบแต่ปัจจุบันมหาวิทยาลัยยังไม่มีการดำเนินการครบตามองค์ประกอบของข้อกำหนดการเป็นอาคารอัจฉริยะจึงไม่มีคะแนนในหัวข้อนี้ หากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาต้องการที่จะมีคะแนนให้หัวข้อนี้ ตามหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกนั้นจะต้องมีองค์ประกอบครบทุกองค์ประกอบและนำมาคิดพื้นที่อาคารอัจฉริยะต่อพื้นที่อาคาร โดยมีการตั้งเป้าหมายต่อพื้นที่อาคารดังที่แสดงในตารางที่ 6 โดยงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยขอยกตัวอย่าง ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System, BAS)

ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติเป็นระบบควบคุมอาคารด้วยคอมพิวเตอร์ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคาร ซึ่งจะกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของชั้นอาคาร โดยจะต่อกันเป็นเครือข่าย (Local Area Network, LAN) โดยมีคอมพิวเตอร์แม่เป็นตัวประสานงาน คอมพิวเตอร์แม่นอกจากจะเป็นตัวประสานงานแล้ว ยังทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยอาคารขนาดเล็กนั้นจะใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม 1 - 2 ตัว แต่ในอาคารขนาดใหญ่นั้น อาจใช้ 10 -15 ตัว ถ้าเป็นอาคารสูงอาจจะต้องใช้มากกว่า 100 ตัว (วิทยา, 2558) ซึ่งการดำเนินการติดตั้งระบบควบคุมอาคารอัตโนมัตินั้นต้องใช้งบประมาณในการติดตั้งประมาณร้อยละ 7 ถึงร้อยละ 8 ของการก่อสร้างอาคาร ยกตัวอย่าง 1 อาคารภายในมหาวิทยาลัยเช่น อาคารสวนหลวงค้างคาวใช้งบประมาณในการก่อสร้าง 87,000,000 บาท โดยมีพื้นที่ทั้งอาคาร 2,536 ตารางเมตร เมื่อต้องการดำเนินการติดตั้งระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะอาจต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการประมาณ 6,090,000 บาท หรือร้อยละ 7 จากวงเงินงบประมาณและสามารถคำนวณได้จากพื้นที่อาคาร ประมาณ 2,401 บาท ต่อตารางเมตร

จากการตั้งเป้าหมายทั้ง 4 เป้าหมายพบว่า ในขั้นต้นมหาวิทยาลัยมีความเหมาะสมที่จะดำเนินการตามเป้าหมายที่ 1 มากที่สุดเนื่องจากการดำเนินการตามเป้าหมายที่ 1 นั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้เมื่อวัดจากค่าคะแนนและมีการลงทุนของการดำเนินการได้น้อยที่สุดดังที่แสดงในตารางที่ 4 ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงควรดำเนินการตามเป้าหมายที่ 1 จึงสามารถเพิ่มคะแนนจากเดิมที่ไม่มีคะแนน สามารถเพิ่มคะแนนในหัวข้อนี้ได้ถึง 75 คะแนน

ตารางที่ 4 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อพื้นที่อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย

การประเมินพื้นที่อาคารอัจฉริยะ	จากการประเมิน	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 3	เป้าหมายที่ 4
หลักเกณฑ์ในการประเมิน (%)	< 1%	1% - 25%	>25% - 50%	>50% - 75%	>75%
พื้นที่อาคารอัจฉริยะ (ตร.ม.)	n/a	1,342 – 33,550	>33,550– 67,100	>67,100– 100,650	>100,650
งบประมาณดำเนินการขั้นต่ำ (บาท)	n/a	3,222,142	80,553,550	161,107,100	241,660,650
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	n/a	**75**	**150**	**225**	**300**

3. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อพลังงานทดแทนซึ่งผลิตได้ในมหาวิทยาลัย

จากการสำรวจและลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ให้ข้อมูลว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาเคยมีการศึกษาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซล่าเซลล์ โดยใช้เพื่อการศึกษาแต่ไม่มีการใช้เพื่อทดแทนในพลังงานหลัก และหากเลือกใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ ก็พบอุปสรรคทางด้านความเหมาะสมต่อภูมิประเทศ งบประมาณในการลงทุนเพื่อติดตั้ง และข้อกำหนดกฎหมายผังเมืองจังหวัดพระนครศรอยุธยา และปัจจุบันแหล่งพลังงานทดแทนจากแผงโซล่าเซลล์ดังกล่าวยังถูกยกเลิกการใช้งานดังนั้นมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาจึงไม่สามารถเพิ่มแหล่งที่มาของพลังงานทดแทนอื่นๆ ได้ เมื่อพิจารณาการให้คะแนนนั้นจะต้องพิจารณาจากแหล่งที่มาของพลังงานทดแทนที่ใช้ได้จริง ซึ่งหากมหาวิทยาลัยต้องการจะเพิ่มคะแนนในหัวข้อนี้จะต้องดำเนินการตามเป้าหมายที่ 1 คือการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้ทดแทนพลังงานหลัก โดยสามารถประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ได้จากตารางที่ 7 ของการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ได้ ซึ่งนับเป็น 1 แหล่งที่มาที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ จากเป้าหมายที่ 1 จึงมีค่าคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 75 คะแนน ได้ดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อพลังงานทดแทนซึ่งผลิตได้ในมหาวิทยาลัย

แหล่งที่มาของพลังงานทดแทน	จากการประเมิน	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 3	เป้าหมายที่ 4
หลักเกณฑ์ในการประเมิน(แหล่งที่มา)	ไม่พบแหล่งที่มา	1 แหล่ง	2 แหล่ง	3 แหล่ง	มากกว่า 3
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	n/a	75	150	225	300

4. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

จากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรของมหาวิทยาลัยราชภัฏในจังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้น พบว่ามีการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรอยู่ที่ 519.65 (kWh)โดยคิดเป็นคะแนน 225 คะแนนจากเกณฑ์การประเมิน หากมหาวิทยาลัยต้องการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการลดใช้พลังงานต่อจำนวนประชากรจะต้องลดลงให้น้อยกว่า 279 (kWh) ตามหลักเกณฑ์ของการประเมินหรือลดลงจากเดิม 240.65 (kWh)จึงจะได้คะแนนเต็ม 300 คะแนน ตามเป้าหมายที่ 4จึงจะสามารถเพิ่มคะแนนและประสิทธิภาพทางความยั่งยืนในหัวข้อนี้ได้ดังนั้นเป้าหมายที่ 2 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อคนต่อปี 259.50 (kWh) ซึ่งต่ำกว่า 279 (kWh)จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งวิธีการที่จะทำให้การใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรลดลงนั้นต้องอาศัยการดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเดิมเป็นอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงาน (EC1) และใช้พลังงานทดแทน (EC3) เพื่อลดการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก นอกจากนี้จะต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการกำหนดนโยบายการประหยัดพลังงานภายในมหาวิทยาลัย จึงจะสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ เมื่อมหาวิทยาลัยกำหนดเป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวัดจากค่าคะแนนเดิมคือ 225 คะแนนหากดำเนินการตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพที่วัดจากค่าคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 300 คะแนน ตามเป้าหมายที่ต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรทั้งหมด ดังที่แสดงในตารางที่6

ตารางที่ 6 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

การใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร	จากการประเมิน	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 3	เป้าหมายที่ 4
คิดเป็นร้อยละ (%)	100 %	ลดลง 25%	ลดลง 50%	ลดลง 75%	ลดลง 100%
อยู่ในช่วงเกณฑ์ในการประเมิน	>633 – 279 kWh	>633 – 279 kWh	>633 – 279 kWh	>633 – 279 kWh	<279
ปริมาณไฟฟ้าที่ควรลดลง/ประชากร/ปี	240.65 kWh	129.75 kWh	259.50 kWh	389.25 kWh	519.65 kWh
ปริมาณไฟฟ้าที่ควรได้รับ/ประชากร/ปี	519.65 kWh	389.25 kWh	259.50 kWh	129.65 kWh	0 kWh
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	**225**	**225**	**300**	**300**	**300**

5. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้ออัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาไม่พบแหล่งที่มาของการใช้พลังงานทดแทน หากมหาวิทยาลัยต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อนี้ ก็สามารถดำเนินการได้ตั้งแต่เป้าหมายที่ 1 ถึงเป้าหมายที่ 2 โดยในขั้นต้นเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 330 วัตต์จากการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ดังเป้าหมายที่ 1 โดยมีอัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนมากกว่าร้อยละ 0.5 ถึง ร้อยละ 1 ของพลังงานไฟฟ้าหลัก ซึ่งใช้งบประมาณในการลงทุนเริ่มต้นอยู่ที่ 277,998 บาท จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อนี้ได้ ดังที่แสดงในตารางที่ 7ในขั้นต้นนั้นเป้าหมายที่ 1 เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านนี้ เนื่องจากมหาวิทยาลัยดำเนินการตามเป้าหมายที่ 1 ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยวัดจากค่าคะแนนที่เพิ่มขึ้น จาก 0 เป็น 50 คะแนน และการดำเนินการตามเป้าหมายที่ 1 นั้นใช้งบประมาณในการลงทุนน้อยที่สุดสำหรับการดำเนินการ โดยมีระยะเวลาในการคุ้มทุน 4.7 ปีซึ่งพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ หากมหาวิทยาลัยต้องการที่จะดำเนินการจะต้องอาศัยจากการศึกษาการใช้งานและความคุ้มค่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในปีต่อไป

ตารางที่ 7 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้ออัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี

การผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยพลังงานทั้งหมดต่อปี	แผงโซล่าเซลล์330 วัตต์/หน่วย	เป้าหมายที่ 1 > 0.5%–1%	เป้าหมายที่ 2 > 1%–2%	เป้าหมายที่ 3 > 2%–25%	เป้าหมายที่ 4 > 25%
ร้อยละการดำเนินการขั้นต่ำ (%)	<0.5%	0.5%	1%	2%	25%
พลังงานต่อปีที่ได้รับ (kWh/year)	602.25	13,903.34	27,806.68	55,613.36	695,167
จำนวนแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้(แผง)	1	23	46	92	1,154
งบประมาณ (บาท)	12,045	277,998	556,133	1,112.235	13,903,339
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	**n/a**	**50**	**100**	**150**	**200**

6. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อองค์ประกอบของอาคารสีเขียวที่ดำเนินตามนโยบายการก่อสร้างและปรับปรุงทั้งหมด

โดยองค์ประกอบของอาคารเขียวนั้นประกอบไปด้วยระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร การจัดการพลังงานในอาคาร และอาคารที่มีจุดประสงค์เพื่อเป็นอาคารเขียว ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลทำการประเมิน พบว่ามีเพียงหนึ่งองค์ประกอบ คือ หลังคาโปร่งแสงที่นำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารจึงทำให้มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีหนึ่งองค์ประกอบเท่านั้น จึงมีคะแนนประเมินอยู่ที่ 75 คะแนน

หากมหาวิทยาลัยต้องการที่จะได้ค่าคะแนนที่สูงขึ้นมหาวิทยาลัยต้องดำเนินการตามเกณฑ์อาคารเขียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ 8 หมวดหลัก ได้แก่ 1) การบริหารจัดการอาคาร (BM) 2) ผังบริเวณและภูมิทัศน์(SL) 3) การประหยัดน้ำ (WC) 4) พลังงานและบรรยากาศ (EA) 5) วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (MR) 6) คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IE) 7) การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP) และ 8) นวัตกรรม (GI) ซึ่งองค์ประกอบที่พบในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยานั้นพบได้ในหมวดของพลังงานและบรรยากาศจึงนับเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของการพิจารณาการเป็นอาคารเขียว

เมื่อวิเคราะห์จาก 8 หมวดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น พบว่า มหาวิทยาลัยสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีที่ง่ายที่สุด คือ การปรับปรุงอาคารด้วยวัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้างอาคารที่ ผลิตและประกอบในประเทศไทยโดยมีมูลค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 -20ในการปรับปรุงต่อเติมอาคาร โดยระยะเวลาในการคุ้มทุนประมาณ 7.4 ปี (ประภัสสร และคณะ, 2558) ยกตัวอย่างเช่นอาคารครุสรรพสิทธิ์ อาคารเรียนคณะครุศาสตร์ ใช้งบประมาณ 60 ล้านบาทในการก่อสร้างอาคาร หากดำเนินการปรับปรุงอาคารเพื่อเป็นอาคารเขียวจะต้องใช้งบประมาณขั้นต่ำในการปรับปรุง 600,000 บาทโดยคิดเป็นร้อยละ 10 จากวงเงินงบประมาณซึ่งหากมหาวิทยาลัยต้องการเพิ่มคะแนนให้สูงขึ้นจากเดิม ตามเป้าหมายที่ 2 ซึ่งเป็นเป้าหมายที่เหมาะสมที่สุด โดยจะต้องเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งองค์ประกอบซึ่งองค์ประกอบที่มหาวิทยาลัยสามารถทำได้รองลงมาคือ ปรับปรุงผังบริเวณและภูมิทัศน์โดยรอบอาคาร(SL)ปรับปรุงระบบประปาเพื่อการประหยัดน้ำ (WC) ซึ่งมหาวิทยาลัยสามารถเลือกทำเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเลือกทำทั้งหมดก็ได้ จึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพอาคารเขียวโดยวัดจากค่าคะแนนเดิมคือ 75 คะแนน เพิ่มขึ้นเป็น 150 คะแนน ดังที่แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อองค์ประกอบของอาคารสีเขียว

องค์ประกอบของอาคารสีเขียว	จากการประเมิน	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 3	เป้าหมายที่ 4
หลักเกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียว	1 องค์ประกอบ	1 องค์ประกอบ	2 องค์ประกอบ	3 องค์ประกอบ	>3 องค์ประกอบ
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	**75**	**75**	**150**	**225**	**300**

7. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การดำเนินงานโครงการเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยานั้นดำเนินการอยู่ในช่วงการเตรียมงาน จึงทำให้มีคะแนน 50 คะแนน หากมหาวิทยาลัยต้องการที่จะได้คะแนนที่เพิ่มสูงขึ้นจะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสามขอบเขต มหาวิทยาลัยต้องเริ่มดำเนินโครงการให้เกิดขึ้นโดยการตั้งเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบกับการเริ่มดำเนินการกำหนดนโยบายของและตั้งโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มคะแนนในข้อนี้ได้ ในที่นี้จะต้องอาศัย

การเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดพลังงานในหัวข้อที่ 1 รวมไปถึงความร่วมมือจาก อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา เพื่อการลดใช้พลังงานจึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและค่าคะแนน ในหัวข้อการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ ดังที่แสดงในตารางที่ 9

ซึ่งวิธีการที่ง่ายและเหมาะสมที่สุดสำหรับ นักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่คือการเริ่มดำเนินการในเป้าหมายที่ 2 ดำเนินการขั้นต้น 1 ขอบเขต โดยเริ่มจากขอบเขตที่ 2 การปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อนหรือพลังงานภายนอกที่นำเข้ามาใช้ภายในองค์กร ยกตัวอย่างเช่น การลดใช้พลังงานไฟฟ้า และอาศัยจากการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าจากข้อที่ 1 (EC1) การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิม จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

ตารางที่ 9 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	จากการประเมิน	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 3	เป้าหมายที่ 4
ขอบเขตที่ดำเนินการ	เตรียมโครงการ	เตรียมโครงการ	1 ขอบเขต	2 ขอบเขต	3 ขอบเขต
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	**50**	**50**	**100**	**150**	**200**

9. เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

จากเดิมมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีปริมาณการปล่อนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนประชากรอยู่ที่ 436.50(kgCO2e)หรือ 0.436 (tCO2e) ต่อปีเมื่อตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์นั้น พบว่า เป้าหมายที่ 1เป้าหมายที่ 2 และเป้าหมายที่ 3 นั้น มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ลดลง แต่เมื่อวัดจากค่าคะแนนนั้นไม่เพิ่มขึ้นจากเดิม ดังนั้น เป้าหมายที่ 4 จึงมีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อนี้มากที่สุด ตามเป้าหมายที่ 4 หรือต้องลดลง 0.336(tCO2e) หรือลดลงให้ได้ร้อยละ 77.06 จึงสามารถได้คะแนนเพิ่มขึ้นจาก 225 คะแนน เป็น 300 คะแนน ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่10 เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในหัวข้อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากร	จากการประเมิน	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 3	เป้าหมายที่ 4
คิดเป็นร้อยละ	100	ลดลง 25%	ลดลง 50%	ลดลง 75%	ลดลง 77%-100%
อยู่ในช่วงเกณฑ์การประเมิน	<1.11–0.42 (tCO2e)	< 0.42–0.10 (tCO2e)	< 0.42–0.10 (tCO2e)	< 0.42–0.10 (tCO2e)	< 0.10 (tCO2e)
คาร์บอนฟุตพริ้นที่ต้องลดลงต่อปี (tCO2e)	n/a	0.107	0.215	0.327	0.336 - 0.436
การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นต่อคน (tCO2e)	0.436	0.327	0.215	0.107	0.10 – 0.00
คะแนนที่คาดว่าจะได้รับ	**150**	**225**	**225**	**225**	**300**

สรุปผล

จากการประเมินพบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีคะแนนอยู่ที่ 550 คะแนน เมื่อทำการศึกษาโดยการตั้งเป้าหมายในการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 เป้าหมายพบมหาวิทยาลัยมีคะแนนรวมที่คาดว่าจะได้รับคือ 1,075 คะแนน ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

หัวข้อ	หมวดหมู่และตัวชี้วัด	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมิน	เป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพ					คะแนนที่คาดหวัง
					เป้าหมาย 1	เป้าหมาย 2	เป้าหมาย 3	เป้าหมาย 4	
EC1	การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบดั้งเดิม	200	50	ดำเนินการเพิ่มขึ้น	1% -25%	>25% -50%	50% -75%	>75%	100
				คะแนน	50	**100**	150	200	
EC2	พื้นที่อาคารอัจฉริยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย (ตร.ม.)	300	n/a	พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	1,342 - 33,550 (1% - 25%)	>33,550 - 67,100 (>25% - 50%)	>67,100 – 100,650 (>50% - 75%)	>101,650 (>75%)	75
				คะแนน	**75**	150	225	300	
EC3	จำนวนของพลังงานหมุนเวียนภายในมหาวิทยาลัย	300	n/a	แหล่งที่มา	1 แหล่งที่มา	2 แหล่งที่มา	3 แหล่งที่มา	>3 แหล่งที่มา	75
				คะแนน	**75**	150	225	300	
EC4	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด (kWh/person)	300	225	ลดการใช้พลังงานลง	129 kWh(25%)	260 kWh(50%)	390 kWh(75%)	519 kWh(100%)	300
				คะแนน	225	**300**	300	300	
EC5	อัตราส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนหารด้วยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี (kWh/year)	200	n/a	กำลังในการผลิต	13,903.34 kWh	27,806.68 kWh	55,613.36 kWh	695,167 kWh	50
				คะแนน	**50**	100	150	200	
EC6	องค์ประกอบของการดำเนินการอาคารสีเขียวตามนโยบายการก่อสร้างและการปรับปรุงใหม่ทั้งหมด	300	75	ดำเนินการ	1 องค์ประกอบ	2 องค์ประกอบ	3 องค์ประกอบ	>3 องค์ประกอบ	150
				คะแนน	75	**150**	225	300	
EC7	โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	200	50	ดำเนินการ	เตรียมโครงการ	1 ขอบเขต	2 ขอบเขต	3 ขอบเขต	100
				คะแนน	50	**100**	150	200	
EC8	จำนวนคาร์บอนฟุตปริ้นทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากรในมหาวิทยาลัย (tCO2e)	300	150	ดำเนินการลดลง	0.327(tCO2e)	0.215(tCO2e)	0.107(tCO2e)	0 - 0.1(tCO2e)	225
				คะแนน	**225**	225	225	300	
	รวมคะแนน	**2100**	**550**		**875**	**1,275**	**1,375**	**2,050**	**1,075**

เมื่อทำการรวมคะแนนทั้งหมดจากการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น พบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นที่วัดจากค่าคะแนนเพิ่มขึ้น 525 คะแนน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 95.45 เมื่อได้วิเคราะห์ตามเป้าหมายที่เหมาะสมกับมหาวิทยาลัยแล้ว จะต้องใช้งบประมาณ 9,703,115 บาท ถึง 15,844,480 บาทจึงสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนและขยับจากกลุ่มช่วงคะแนนที่ 3 ไปสู่กลุ่มช่วงคะแนนที่ 4 ได้ ซึ่งจะอยู่ในช่วงคะแนนตั้งแต่ 901 คะแนน ถึง 1,200 คะแนน เมื่อนำคะแนนที่เพิ่มขึ้นเทียบอันดับกับมหาวิทยาลัยที่เข้าร่วมโครงการหลักเกณฑ์การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกจะพบว่า แต่เดิมจะถูกจัดให้อยู่ในลำดับที่ 27 แต่หลังดำเนินการตามเป้าหมายที่เหมาะสมแล้วพบว่ามีลำดับคะแนนที่สูงขึ้นซึ่งอยู่ในลำดับที่ 17 ดังนั้นการตั้งเป้าหมายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและความยั่งยืนโดยวัดจากค่าคะแนนอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งมีประเด็นในการสังเคราะห์ข้อมูลที่น่าสนใจ 2 ประเด็นดังนี้

- **ประเด็นที่ 1** การเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนโดยใช้นโยบาย ในประเด็นนี้จำเป็นจะต้องใช้นโยบายจากผู้บริหารมหาวิทยาลัยในการขับเคลื่อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ อันได้แก่ การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนประชากร โดยจะต้องออกนโยบายขอความร่วมมือจากประชากรภายในมหาวิทยาลัย เมื่อมหาวิทยาลัยได้ดำเนินการดังกล่าว โดยการตั้งนโยบายจึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนได้

- **ประเด็นที่ 2** การเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนโดยใช้งบประมาณ ในประเด็นนี้การเพิ่มประสิทธิภาพจำเป็นต้องตั้งงบประมาณและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน อันได้แก่ การเปลี่ยนอุปกรณ์พลังงานทดแทนอุปกรณ์แบบเดิมและการนำอุปกรณ์ผลิตพลังงานหมุนเวียนเข้ามาใช้ภายในมหาวิทยาลัย และการดำเนินการด้านอาคารอัจฉริยะเมื่อมหาวิทยาลัยได้ดำเนินการดังกล่าวจึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ในประเด็นนี้

ข้อเสนอแนะ

จากการการวิจัยที่กล่าวมา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือ มหาวิทยาลัยยังไม่มีการเก็บข้อมูลด้านพลังงานได้อย่างเป็นระบบ จึงทำให้ยากต่อการรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์ เมื่อทำการศึกษาแล้วพบว่ามหาวิทยาลัยสามารถทำได้ทั้ง 8 หัวข้อ ซึ่งแต่ละหัวข้อจะมีความยากง่ายและเหมาะสมในการดำเนินการที่ต่างกัน มหาวิทยาลัยจึงควรเลือกเป้าหมายที่มหาวิทยาลัยสามารถทำได้และเหมาะสมต่อการดำเนินการจึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้

และสำหรับงานวิจัยต่อไปของการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนของมหาวิทยาลัยนั้น ควรพิจารณาหรือเลือกปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น ที่ตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน การจัดการของเสียและขยะ การจัดการน้ำ ระบบการขนส่งภายในมหาวิทยาลัย และงานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นอกจากการวิจัยในกลุ่มของมหาวิทยาลัยราชภัฏในเขตภาคกลางแล้ว ยังมีมหาวิทยาลัยอื่นๆ ที่มีความน่าสนใจในการดำเนินการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความยั่งยืนด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงการพัฒนาพลังงานทดแทน*. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงพลังงาน สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2019 จาก http://e-lib.dede.go.th/mm-data/BibA11029.pdf

คุณธรรม สันติธรรม. (2548). *แนวทางปรับปรุงผังบริเวณและการจัดการสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว*. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประภัสสร วงศ์ยืน และ วิทยา ยงเจริญ. (2558). *การปรับปรุงอาคารตามเกณฑ์อาคารเขียวโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยวารสารการวิจัยพลังงานปีที่สิบสอง ฉบับที่หนึ่ง*. กรุงเทพมหานคร : สหสาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคภูมิ วินิจสอน. (2561). *ประโยชน์ของการประหยัดพลังงานหอสมุดมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2563, จากhttp://203.131.219.167/km2559/2018/08/16/27704/

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. (2562). *รายงานพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประจำปี พ.ศ. 2562.* พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

วิทยา ยงเจริญ. (2558). *ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ*. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2563 จาก http://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-1/01%20-%20 10%20.pdf

สถาบันอาคารเขียวไทย. (2555). *เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ และอาคารประเภท พื้นที่ส่วนกลางและกรอบอาคาร.* กรุงเทพมหานคร : สถาบันอาคารเขียวไทย.

องค์การบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2562). *ความรู้ด้านก๊าซเรือนกระจก.* กรุงเทพมหานคร : องค์การบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจกองค์กรมหาชน สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2563 จาก http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/

Cortese, A. D. (2001). Education University Modeling Sustainability as an Institution. Retrieved December 12 2019, From.www.secondnature.org/pdf/snwritings/articles/univ.odel.pdf

Indonesia University. (2019). UI Green Metric World University Ranking. Retrieved December 12 2019, Fromhttp://greenmetric.ui.ac.id/wp-content/uploads/2015/07/UI_GreenMetric_Guideline_2019_English_1.2.pdf

Madre, C. (2005). Un Decade of Education for Sustainable Development-Student Role and Contribution to make a difference. *Paper presented at the Committing*. University to Sustainable Development Conference Proceedings

Shriberg, M.P. (2002). *Sustainability and the Role of Systemic Learning*. In P. B. W. Corcoran, Arjen E.J (Ed.) *Higher Education and Challenge of Sustainability*. Problematic. *Promise and Practice.* (pp. 49-70). Dordrecht. Kluwer Academic Publishers

United Nation Development Program. (2015). Sustainable Development Golds: SDGs 2015. Retrieved December 12 2019. From www.undp.org/content/undp/en/home.html