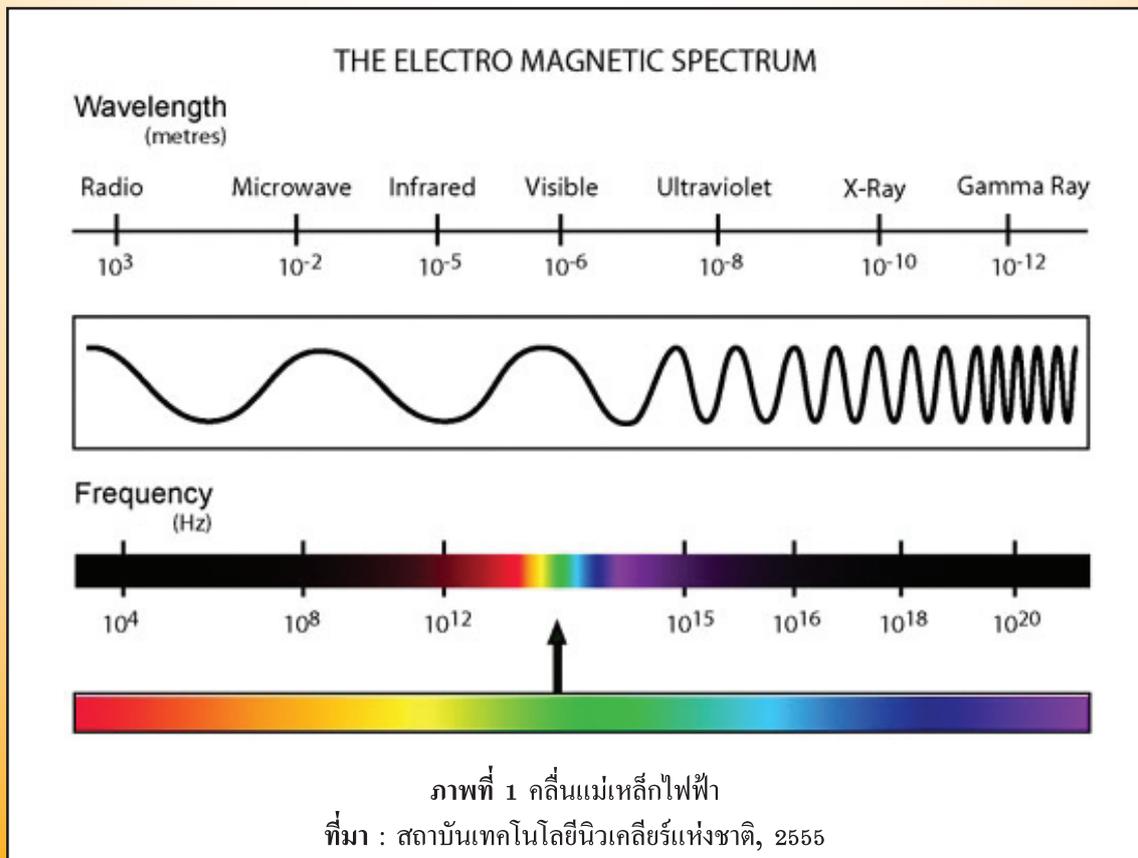


# มลพิษทางแสง

ดร.สิรินารี เงินเจริญ\*  
ชัยฤกษ์ ตั้งแสงเจริญ\*\*

แสง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสุญญากาศ เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 299,792,458 เมตร/วินาที หรือประมาณ  $3.00 \times 10^8$  เมตร/วินาที (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) คลื่นแสงมีความยาวแตกต่างกันหลายช่วง แต่แสงที่ประสาทตาของมนุษย์สามารถรับรู้ได้ คือ คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400-700 นาโนเมตร เรียกว่า ช่วงแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) ณ ช่วงแสงดังกล่าวมีสีจำนวนมาก แต่ขีดจำกัดการมองเห็นของมนุษย์นั้นไม่สามารถแยกได้ด้วยตาเปล่าจึงมองเห็นแสงสีต่าง ๆ รวมกันเป็นแสงสีขาว แม้จะใช้ปริซึมหรือเกรตติงก็ไม่สามารถแยกสีในช่วงแสงที่มองเห็นได้อย่างครบถ้วน กล่าวคือ จะเห็นเป็นสเปกตรัม (Spectrum) หรือสีรุ้งเท่านั้น แสงดังได้ดังภาพที่ 1



\* มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

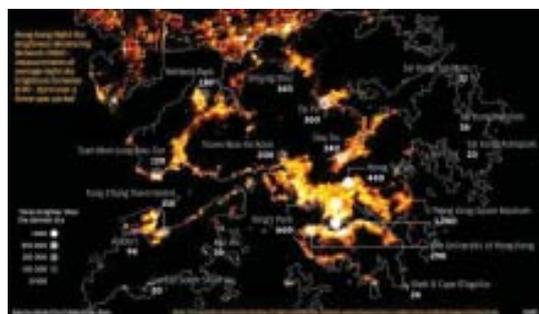
\*\* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ด้วยเหตุที่แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงจึงมีคุณสมบัติตามธรรมชาติของคลื่นที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์หลายประการ เช่น การสะท้อนของแสง (Reflection) การหักเหของแสง (Refraction) การแทรกสอด (Interference) การเลี้ยวเบน (Diffraction) รวมทั้งการกระเจิงของแสง (Scattering) คุณสมบัติดังกล่าวเป็นพื้นฐานการประดิษฐ์อุปกรณ์ และเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้มนุษย์หลายชนิด เช่น เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายรูป ไฟเบอร์สโคป (Fiberscope) หรือเอนโดสโคป (Endoscope) สำหรับการตรวจอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์ นอกจากนี้คุณสมบัติความเป็นคลื่นของแสงที่เป็นประโยชน์แล้ว แสงยังเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่ทำให้พื้นที่ที่แสงตกกระทบสว่างได้ ความส่องสว่าง (Illuminance) ที่เกิดขึ้น คือ ปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ วัตถุนั้นจะสะท้อนแสงออกมา เรียกว่า ความสว่าง (Luminance) แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของวัสดุนั้น ความส่องสว่างของแสงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิต

ในอดีตมนุษย์โลกได้ใช้ประโยชน์จากดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดวงดาว หรือเปลวไฟจากการเผาไหม้มาซึ่งความสว่าง แต่วิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปส่งผลให้แสงสว่างจากธรรมชาติ (Natural light) ไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดค้นแสงที่ประดิษฐ์หรือสังเคราะห์ขึ้น (Artificial Light) ได้แก่ แสงจากเทียนไข หรือหลอดไฟฟ้านิตยภัณฑ์ต่าง ๆ ทั้งยังพัฒนาต่อเนื่อง จนกล่าวได้ว่าหลังการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าเพียง 100 ปี ทวีปต่าง ๆ ของโลกต่างก็สว่างไสวด้วยแสงไฟ กิจกรรมของมนุษย์จึงไม่ถูกจำกัดด้วยช่วงเวลากลางวันและกลางคืนอีกต่อไป เพราะช่วงเวลากลางคืนจากเดิมที่มีค่าความส่องสว่างจากแสงของดวงจันทร์ในคืนพระจันทร์เต็มดวง 0.1–0.3 ลักซ์ หรือ 0.00003–0.0001 ลักซ์ ในคืนที่มีดคริม (Rich and Longcore, 2006) ถูกแทนที่ด้วยแสงไฟจากท้องถนนที่มีความสว่างสูงตั้งแต่ 5–60 ลักซ์ (Gaston et al., 2012)

ความส่องสว่างยามค่ำคืนดังกล่าวจะมากยิ่งขึ้นในพื้นที่ชายฝั่งทะเล เขตเมือง หรือพื้นที่ซึ่งมีประชากรอยู่อาศัยอย่างหนาแน่น นิคมอุตสาหกรรม รวมทั้งเส้นทางคมนาคมทุกประเภท โดยเฉพาะเส้นทางคมนาคมทางบก (Jalasto et al., 2012 อ้างถึงใน Lyytimäki et al., 2012) สภาวะเช่นนี้เกิดขึ้นกับหลายพื้นที่ของโลก รายงานการสำรวจของนักวิชาการพบว่า พื้นที่เมืองที่มีปัญหามลพิษแสงมากที่สุดในโลก ได้แก่ ย่านจิมซาจุ่ย (Tsim Sha Tsui) ของเกาะฮ่องกง ที่มีปริมาณการส่องสว่างของแสงมากกว่าท้องฟ้าในยามค่ำคืนปกติถึง 1,200 เท่า (South China Morning Post, 2013)

อนึ่ง ข้อมูลจากงานวิจัยระบุว่า มลพิษแสงจากเมืองใหญ่สามารถส่งผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงได้มากถึง 500 ตารางกิโลเมตร (Lyytimäki et al., 2012) พื้นที่นอกเหนือจากที่กล่าวถึงก็อาจได้รับผลกระทบจากมลพิษทางแสงที่ได้เช่นกัน จึงพบว่าพื้นที่บางแห่งในทวีปแอนตาร์กติกาและป่าดิบของแอฟริกา รวมทั้งอเมริกาใต้ที่ในอดีตจะค่อนข้างมืดและยังไม่ถูกรบกวนด้วยแสงสว่างมากนัก เริ่มมีแสงสว่างจากพื้นที่ดังกล่าวแล้ว (National Aeronautics and Space Administration, 2015) ข้อเท็จจริงที่อ้างถึงมีข้อมูลสนับสนุนด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา หรือ NASA ดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นสิ่งยืนยันได้ว่าโลกมนุษย์นี้ไม่เคยมืดดับจากแสงไฟและความสว่างจากแสงไฟจะเพิ่มขึ้นทั้งในเชิงปริมาณพื้นที่และระดับความสว่างอีกด้วย



ฮ่องกง

ภาพที่ 2 การประมวลผลภาพถ่ายเพื่อแสดงระดับแสงสว่างของพื้นที่โลกและเกาะฮ่องกง  
ที่มา : ปรับปรุงจาก National Aeronautics and Space Administration, 2015 และ Pun et al., 2014

## มลพิษทางแสง

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กำหนดนิยามของคำว่า มลพิษ ในมาตรา 4 ว่าหมายถึง ของเสีย วัตถุอันตราย และมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้นที่ถูก ปลดปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษหรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิด หรือ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อ คุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือ ภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้หมายรวมถึง รังสี ความร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือน หรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งมลพิษด้วย

ถึงแม้ว่าพระราชบัญญัตินี้ดังกล่าว ไม่ได้ให้นิยามของมลพิษทางแสงโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามได้มีผู้รวบรวมและ เรียบเรียงความหมายของมลพิษทางแสง (ฉัตรพฤษทิพย์ หลาวทอง, 2535) ไว้ดังนี้

มลพิษทางแสง คือ แสงไฟที่ถูกปล่อยจากแหล่งมลพิษซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพ สิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

ลักษณะของแสงสว่างที่เป็นมลพิษนั้น จำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ แสงบาดตา แสงเรืองไปยังท้องฟ้า แสงรูล้ำ ไปในเคหสถานของผู้อื่น และแสงสับสน (ปีดิเทพ อยู่ยืนยง, 2555) แสงแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ดังนี้

1. **แสงบาดตา (Glare)** คือ แสงประดิษฐ์หรือแสงธรรมชาติมากเกินไปที่เข้าตาแล้วมีผลให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลงจนอาจสูญเสียความสามารถในการมองเห็นชั่วคราว แสงบาดตา จำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

(1) แสงบาดตาที่มีผลให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ (Disability Glare) เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ หรือ แสงจากหลอดไฟที่มีความสว่างสูงมาก

(2) แสงบาดตาที่มีผลให้ไม่สบายตา (Discomfort Glare) เป็นแสงบาดตาที่ระคายเคืองตาแต่ยังสามารถมองเห็นวัตถุท่ามกลางแสงนั้นได้ เช่น แสงสะท้อนจากคอมพิวเตอร์

(3) แสงบาดตาที่ทำให้ดวงตาสีความสามารถในการมองเห็น (Blinding Glare) คือ ภาวะที่ดวงตา เสียสภาพการมองเห็นทั้งชั่วคราวและถาวรจากการมองแสงบาดตา

2. **แสงเรืองไปยังท้องฟ้า (Sky Glow)** คือ แสงสีส้มที่เรืองขึ้นไปบนท้องฟ้าในตอนกลางคืนเหนือบริเวณเมือง หรือชุมชนใหญ่ อันเนื่องมาจากแสงจากหลอดไฟฟ้าหรือแสงจากแหล่งกำเนิดอื่นที่ส่องขึ้นไปบนท้องฟ้า (ปีดิเทพ อยู่ยืนยง, 2555) จะบดบังทัศนียภาพบนท้องฟ้า (Ambient Light Level of the Night Sky) แสดงได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบผลจากมลพิษทางแสงประเภทแสงเรืองไปยังท้องฟ้า (Sky Glow)

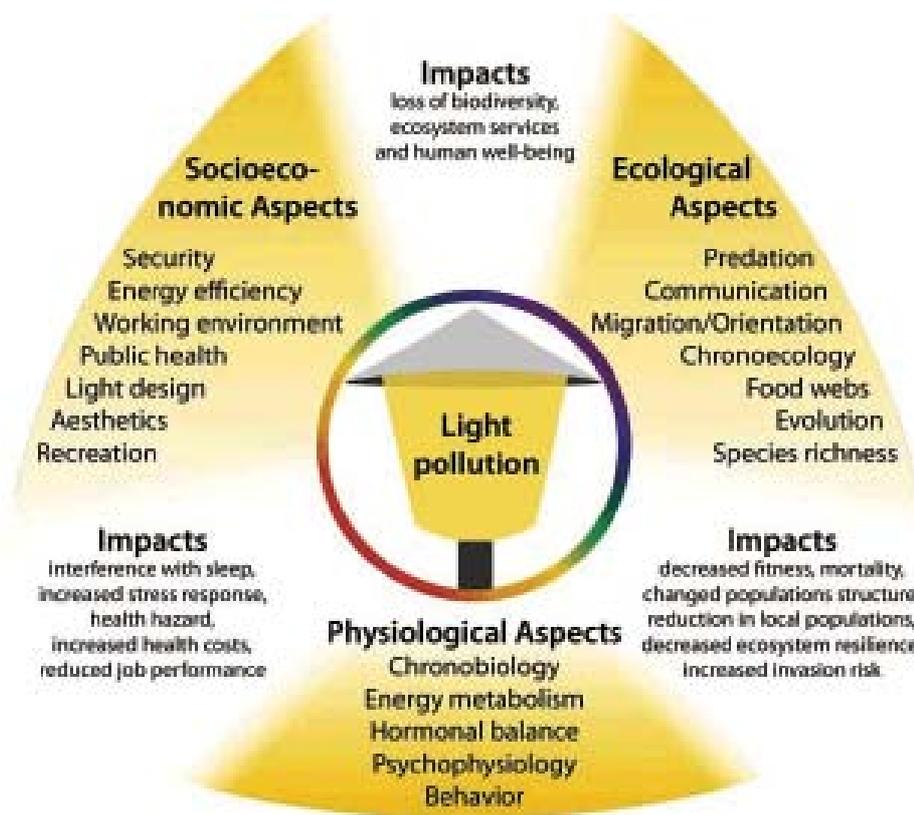
ที่มา : Environmentally Sound, 2012

3. แสงรุกล้ำ (Light Trespass) คือ แสงสว่างที่รุกล้ำไปยังพื้นที่ที่ไม่ต้องการแสงสว่างนั้น เป็นการรบกวนและสร้างความไม่สบายกายหรือจิตใจในการดำรงชีวิต ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด ได้แก่ แสงสว่างจากไฟฟ้าบนท้องถนนที่ส่องไปยังห้องนอน ทำให้เกิดภาวะการนอนหลับไม่สนิทนั่นเอง

4. แสงสับสน (Clutter Light) หมายถึง กลุ่มของแสงสว่างจำนวนมากที่ให้ความสว่างแบบสับสน มีสาเหตุจากการขาดการออกแบบและวางแผนที่เหมาะสม มลพิษทางแสงประเภทนี้ก่อให้เกิดความสับสนในการจับจ้องยานพาหนะ โดยเฉพาะมีผลต่อการลงจอดของอากาศยาน

### ผลกระทบของมลพิษทางแสง

แม้แสงสว่างจะมีคุณประโยชน์และมีคุณค่าอันปการ แต่การใช้ประโยชน์จากแสงสว่างที่ไม่เหมาะสม คือ ระดับแสงที่มากเกินไปก็ก่อให้เกิดมลพิษทางแสงได้ (Pun et al., 2014) ผลกระทบที่เกิดขึ้นจำแนกได้ 3 ประเภทหลัก ได้แก่ ผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจ ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ และผลกระทบต่อกระบวนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต หรือผลเชิงสรีรวิทยา ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลกระทบของมลพิษทางแสง

ที่มา : Hölker et al., 2010

## 1. ผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจ

ด้วยเหตุที่มนุษย์ได้รับการปลูกฝังให้มีความคิดว่ายิ่งมีแสงสว่างมากเท่าไรยิ่งส่งผลดีต่อการดำรงชีวิตมากขึ้นเท่านั้น (ณัฐพรฤทธิ์ หลาวทอง, 2535) ทำให้การใช้หลอดไฟในปัจจุบันมีปริมาณมหาศาลถึงราว 1 ใน 4 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลก (Association of Universities for Research in Astronomy, n.d.) นอกจากนี้ยังมีอีกไม่น้อยที่ใช้หลอดไฟฟ้าหรือระดับแสงสว่างไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การใช้แสงสว่างเกินความจำเป็นดังกล่าวเกี่ยวข้องกับสัมพันธภาพกับการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองที่เป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจด้วย ประเมินการว่า การใช้ไฟส่องสว่างสำหรับถนนหนทางและพื้นที่สาธารณะที่ไม่จำเป็นเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา ก็เป็นการใช้จ่ายสำหรับรัฐสูงถึง 1.7 พันล้านดอลลาร์/ปี (International Dark-Sky Association, 2014) นอกจากนี้ มลพิษทางแสงยังบดบังทัศนียภาพที่งดงามของท้องฟ้ายามค่ำคืน และสร้างปัญหาต่อการวิจัยทางดาราศาสตร์อีกด้วย

## 2. ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

นักวิทยาศาสตร์พบว่า มลพิษทางแสงส่งผลต่อสายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์หลายชนิด อาทิ มลพิษทางแสงจากพื้นที่พัฒนาแถบชายฝั่งทะเลทำให้การวางไข่ของเต่าทะเลลดลง (Verutes et al., 2014) ในกลุ่มของสัตว์ปีกนั้น แสงมีผลกับการส่งเสียงเรียกคู่และการวางไข่ของนก มลพิษจากแสงในพื้นที่เขตเมืองทำให้นกวางไข่เร็วกว่านกที่อาศัยในป่า (Kempnaers et al., 2010) แสงไฟจากถนน (Street lights) รบกวนรูปแบบการเดินทางของค้างคาว (Stone et al., 2009) นอกจากนี้ การทดสอบในห้องปฏิบัติการยังพบว่า แสงสว่างที่มากเกินไปมีผลระดับเซลล์ของสัตว์บางชนิด คือ ส่งผลต่อภูมิคุ้มกันของนกกระทาญี่ปุ่น (Japanese quail) (Moore and Siopes, 2000) ไก่ (Cockerels) (Kirby and Froman, 1991) ทั้งยังให้ผลลักษณะเดียวกันกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ หนู (Oishi et al., 2006) และหนูแฮมสเตอร์ (Bedrosian et al., 2011)

นอกจากนี้ แสงสว่างที่มากเกินไปจะทำให้เกิดภาวะตอบสนองช้า (Delayed-type hypersensitivity (DTH) response) ของหนูไซบีเรียน (*Phodopus sungorus*) อีกด้วย (Bedrosian et al., 2013) กล่าวโดยสรุปก็คือ มลพิษทางแสงจะรบกวนความเป็นอยู่ของสัตว์ ได้แก่ การหาอาหาร การล่าเหยื่อ การสืบพันธุ์ ของสัตว์หลายชนิดนั่นเอง (Longcore and Rich, 2004) สำหรับสิ่งมีชีวิตจำพวกพืชนั้น แม้พืชจะต้องการแสงเพื่อการสังเคราะห์แสง ทว่าบางงานวิจัยได้แสดงผลการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า แสงสว่างที่มากเกินไปมีอิทธิพลต่อพืช กล่าวคือ พืชจะไม่ตอบสนองต่อแสงที่มีความเข้มแสงสูง อีกทั้งยังส่งผลต่อการเบ่งบานของดอกไม้บางชนิดด้วย (Briggs, 2006)

## 3. ผลกระทบต่อระบบการทำงานของร่างกายมนุษย์

ผลกระทบสำคัญที่มนุษย์ได้รับจากมลพิษทางแสง คือ ผลกระทบต่อการผลิตฮอร์โมนเมลาโทนิน (Melatonin) อันเป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมไพเนียลในสมองที่มีหน้าที่ส่งเสริมการนอนหลับและรักษาสมดุลของนาฬิกาชีวิตในร่างกาย โดยฮอร์โมนเมลาโทนินจะสร้างเมื่อดวงตาไม่ได้รับแสงสว่างหรืออยู่ในสภาพที่มืด บางครั้งจึงเรียกว่า ฮอร์โมนแห่งรัตติกาล หรือ The darkness hormone (นาวา สุเทพากุล, 2558) ดังนั้น เมื่อมีมลพิษทางแสงสว่างที่ทำให้กลางคืนไม่มีมืดสนิทเกิดขึ้น จึงมีผลเสียต่อการผลิตฮอร์โมนเมลาโทนินของร่างกาย (Brüning et al., 2015) ส่งผลต่อคุณภาพการพักผ่อนนอนหลับของมนุษย์ลดลง (Bephege, 2005; Shuboni and Yan, 2010) เป็นที่มาของการเจ็บป่วยหลายประการ ทั้งยังพบด้วยว่ามลพิษทางแสงมีผลเชื่อมโยงกับโรคหอบหืดอีกด้วย (Lin et al., 2001)

ผลกระทบจากมลพิษทางแสงข้างต้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งจากงานวิจัยที่ได้ทำการสำรวจและทดสอบเท่านั้น ยังมีข้อมูลอีกหลายด้านที่ยังไม่ได้ศึกษาวิจัยผนวกกับสถานการณ์ที่มลพิษทางแสงที่เพิ่มขึ้นประมาณ 3-6 % ต่อปีในรอบทศวรรษที่ผ่านมา (Hölker et al., 2010) ล้วนแต่สร้างข้อกังวลถึงปัญหาจากมลพิษทางแสงเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันจึงมีการสร้างเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังปัญหามลพิษทางแสง ในนามของ Globe at Night ซึ่งมีสมาชิกจากหลายประเทศทั่วโลก ทำหน้าที่ส่งข้อมูล ณ พื้นที่ต่าง ๆ ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ เชื่อมโยงกันเป็นฐานข้อมูลแสดงผลเกี่ยวกับมลพิษทางแสงที่สำคัญ ว่าการดำเนินการดังกล่าวก็เสมือนจะเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ทั้งนี้ แนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางแสงที่ยั่งยืน คือ การบูรณาการจัดการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษทางแสงเกิดขึ้น ด้วยวิธีการใช้ประโยชน์จากแสงแบบ Right place, at the Right time or at the Right intensity หรือ เหมาะสมกับสถานที่ เวลา รวมถึงการใช้ความเข้มแสงที่เหมาะสม ซึ่งประเด็นดังกล่าวยังคงเป็นโจทย์ที่ท้าทายสำหรับฝ่ายบริหารจัดการมลพิษในประเทศไทยต่อไป

## เอกสารอ้างอิงและบรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- ณัฐพรฤทธิ หลาวทอง. 2535. มาตรการทางกฎหมายในการควบคุมและจัดการมลพิษทางแสงจากไฟถนน. วิทยานิพนธ์หลักสูตรนิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นาวา สุเทพากุล. 2558. เมลาโทนิน ฮอร์โมนแห่งรัตติกาล (Melatonin : the darkness hormone). วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนาองค์การเภสัชกรรม. 22(1): 14-18.
- ปีดิเทพ อยู่ยืนยง. 2555. กฎหมายควบคุมมลภาวะทางแสงกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. วารสารนักบริหาร. 32(3): 111-121.
- ปีดิเทพ อยู่ยืนยง. 2555. ปัญหาทางกฎหมายที่เกี่ยวกับมลภาวะทางแสงของอังกฤษ. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 8 (1): 79-94.
- เทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, สถาบัน. 2555. ปริซึมชนิดคอนสามารถเบนรังสีแกมมา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www0.tint.or.th/nkc/nkc55/content55/..55-060.html> [30 พฤษภาคม 2558]
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2555. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

### ภาษาอังกฤษ

- Association of Universities for Research in Astronomy. n.d. **What is Light Pollution?**. [Online]. Available from : <http://www.globeatnight.org/light-pollution.php> [2015, May 30]
- Bedrosian, T.A., Taryn, G.A., Katherine, E.K., Zachary, M.W., and Randy. J.N. 2013. **Artificial light at night alters delayed-type hypersensitivity reaction in response to acute stress in Siberian hamsters.** Brain Behavior and Immunity. 34: 39-42.
- Bephage, G. 2005. **Promoting quality sleep in older people: the nursing care role.** British Journal of Nursing. 14 (4): 205-210.

- Briggs, W.R. 2006. **Physiology of plant responses to artificial lighting**. [Online]. Available from : [https://books.google.co.th/books?hl=en&lr=&id=dEEGtAtR1NcC&oi=fnd&pg=PA389&dq=Physiology+of+plant+responses+to+artificial+lighting&ots=83Wdh2f6kJ&sig=cRYvzhZw\\_uVBIXY\\_1734cv1D7klw#v=onepage&q=Physiology%20of%20plant%20responses%20to%20artificial%20lighting&f=false](https://books.google.co.th/books?hl=en&lr=&id=dEEGtAtR1NcC&oi=fnd&pg=PA389&dq=Physiology+of+plant+responses+to+artificial+lighting&ots=83Wdh2f6kJ&sig=cRYvzhZw_uVBIXY_1734cv1D7klw#v=onepage&q=Physiology%20of%20plant%20responses%20to%20artificial%20lighting&f=false) [2015, May 31]
- Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Preuer, T., and Kloas, W. 2015. **Spotlight on fish: Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress**. *Science of the Total Environment*. 511: 516–522.
- Environmentally Sound. 2012. **Light Pollution: A Shooting scar in the sky** [Online]. Available from: <https://environmentallysound.wordpress.com/light-excreta-2/light-excreta/> [2015, May 30]
- Gaston, K.J., Davies, T.W., Bennie, J. and Hopkins, J. 2012. **REVIEW: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments**. *Journal of Applied Ecology*. 49(6): 1256–1266.
- Hölker, F., Moss, T., Griefahn, B., Kloas, W., Voigt, C.C., Henckel, D., Hänel, A., Kappeler, P.M. Völker, S., Schwoppe, A., Franke, S., Uhrlandt, D., Fischer, J., Klenke, R., Wolter, C., and Tockner, K. 2010. **The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy**. *Ecology and Society*. 15 (4): 13
- International Dark Sky Association. 2014. **Light pollution-what is it and why is it important to know?**. [Online]. Available from : <http://www.darkskiesawareness.org/faq-what-is-lp.php> [2015, May 28]
- Kempnaers, B., Börgstrom, P., Loës, P., Schlicht, E., and Valcu, M. 2010. **Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds**. *Current Biology*. 20 (19): 1735–1739.
- Kirby, J.D., and Froman, D.P. 1991. **Research note : evaluation of humoral and delayed hypersensitivity responses in cockerels reared under constant light or a twelve hour light: twelve hour dark photoperiod**. *Poultry Science*. 70 (11): 2375–2378.
- Longcore, T., and Rich, C. 2004. **Ecological light pollution**. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(4): 191–198.
- Lyytimäki, J., Tapio., P., and Assmuth, T. 2012. **Unawareness in environmental protection: The case of light pollution from traffic**. *Land Use Policy* 29(3): 598–604.
- Moore, C.B., and Siopes, T.D. 2000. **Effects of lighting conditions and melatonin supplementation on the cellular and humoral immune responses in Japanese quail *Coturnix coturnix japonica***. *General & Comparative Endocrinology*. 119(1): 95–104.

- National Aeronautics and Space Administration. 2015. **EARTH'S CITY LIGHTS**. [Online]. Available from : <http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=55167> [2015, May, 22]
- Oishi, K., Shibusawa, K., Kakazu, H., Kuriyama, T., Ohkura, N., and Machida, K. 2006. **Extended light exposure suppresses nocturnal increases in cytotoxic activity of splenic natural killer cells in rats**. *Biological Rhythm Research*. 37(1): 21–35.
- Pun, C.S.J., So, C.W., Leung, W.Y., and Wong, C.F. 2014. **Contributions of artificial lighting sources on light pollution in Hong Kong measured through a night sky brightness monitoring network**. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*. 139: 90–108.
- Rich, C., and Longcore, T. 2006. **Ecological Consequences of Artificial Night Lighting**. Island Press, Washington D.C.
- Shuboni, D., and Yan, L. 2010. **Nighttime dim light exposure alters the responses of the circadian system**. *Neuroscience*. 170(4): 1172–1178.
- South China Morning Post. 2013. **Light pollution in Hong Kong 'worst on the planet** [Online]. Available from: <http://www.scmp.com/news/hong-kong/article/1194996/light-pollution-hong-kong-worst-planet?page=all> [2015, May, 24]
- Stone, E.L., Jones, G., and Harris, S. 2009. **Street lighting disturbs commuting bats**. *Current Biology*. 19(13): 1123–1127.
- Verutes, G.M., Huang, C., Estrella, R.R., and Loyd, K. 2014. **Exploring scenarios of light pollution from coastal development reaching sea turtle nesting beaches near Cabo Pulmo, Mexico**. *Global Ecology and Conservation*. 2: 170–180.