การศึกษาผลกระทบจากสภาพอากาศต่อผลิตภาพการทำงานในกิจกรรมงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน
A Study on the Impact of Weather Conditions on Labor Productivity in Infrastructure Construction Activities

สลักจิต ถิตย์ประเสริฐ[1,*] และ วรรณวิทย์ แต้มทอง[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาการบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: s6701082857532@email.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

งานก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นงานกลางแจ้งได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และดัชนีความร้อน ที่มีอิทธิพลต่อสุขภาพ ความปลอดภัย และผลิตภาพแรงงาน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพอากาศกับผลิตภาพแรงงาน ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมกิจกรรมก่อสร้าง 6 ประเภท โดยมีการเก็บข้อมูลภาคสนามรวมทั้งสิ้น 20 ชุดข้อมูล ในโครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านถนน สะพาน และระบบระบายน้ำ การเก็บข้อมูลดำเนินการในพื้นที่ก่อสร้างจริง โดยบันทึกข้อมูลสภาพอากาศควบคู่กับการวัดผลิตภาพแรงงานในแต่ละช่วงเวลา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการคำนวณผลิตภาพแรงงาน ดัชนีความร้อน (Heat Index) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และการถดถอยเชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่าผลิตภาพแรงงานแตกต่างกันตามลักษณะกิจกรรม และมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้น และดัชนีความร้อน(Heat Index) โดย Heat Index อยู่ในช่วงประมาณ 32–38°C ซึ่งจัดอยู่ระดับ “ระวังมาก” ส่งผลให้แรงงานมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะลมแดด ตะคริวจากความร้อน และอาการอ่อนเพลียจากความร้อน และพบว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 25-30 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะกิจกรรมที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก เช่น งานถมดินและงานเทคอนกรีต ขณะที่งานตอกเสาเข็มซึ่งพึ่งพาเครื่องจักรเป็นหลักได้รับผลกระทบน้อยกว่า ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนตารางเวลาทำงาน การจัดสรรแรงงาน และกำหนดแนวทางลดผลกระทบจากสภาพอากาศ เพื่อเพิ่มผลิตภาพ ลดต้นทุน และยกระดับความปลอดภัยของแรงงานก่อสร้างในประเทศไทย

คำสำคัญ: ผลิตภาพแรงงาน, สภาพอากาศ, ดัชนีความร้อน, ความชื้นสัมพัทธ์, การถดถอยเชิงเส้น

Abstract

Most construction activities are conducted outdoors; as a result, they are influenced by weather conditions, particularly temperature, relative humidity, and the heat index, which affect workers’ health, safety, and productivity. This study aimed to examine the relationship between key weather factors and labor productivity. The scope encompassed six types of construction activities within infrastructure projects, including roads, bridges, and drainage systems. Field data were collected from a total of 20 datasets at actual construction sites by recording weather conditions alongside labor productivity measurements over different time periods. The analysis was conducted using labor productivity calculations, Heat Index evaluation, and linear regression analysis. The results indicated that labor productivity varied depending on the type of activity and was significantly related to temperature, humidity, and the heat index. During the study, the Heat Index remained within the range of 32–38°C, which is classified as the "Extreme Caution" level, posing risks of heatstroke, heat cramps, and heat exhaustion to workers. Furthermore, the findings revealed that labor productivity tended to decline by an average of 25-30% as temperatures increased. Labor-intensive activities, such as earth filling and concrete pouring, showed a clear decline in productivity as the temperature and heat index rose, whereas pile driving operations, which rely primarily on machinery, were less affected. The findings of this study can serve as a basis for work schedule planning, labor allocation, and the development of mitigation strategies to reduce the impact of weather conditions,

thereby enhancing productivity, reducing costs, and improving construction worker safety in Thailand.

Keywords: Labor Productivity, Weather Conditions, Heat Index, Relative Humidity, Heat Stress

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

งานก่อสร้างเป็นภาคส่วนสำคัญต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและเศรษฐกิจของประเทศ โดยลักษณะงานส่วนใหญ่ดำเนินการในพื้นที่กลางแจ้ง ทำให้แรงงานต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่แปรปรวน เช่น อุณหภูมิและความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก สภาพแวดล้อมดังกล่าวส่งผลต่อสมรรถภาพทางร่างกาย ความปลอดภัย และประสิทธิภาพการทำงานของแรงงาน ในสภาพอากาศร้อนชื้น โดยเฉพาะในประเทศไทย สามารถก่อให้เกิดความเหนื่อยล้า การสูญเสียน้ำ และภาวะเครียดจากความร้อน ส่งผลให้แรงงานมีความสามารถในการทำงานลดลง ขณะเดียวกัน ความชื้นสูงยังทำให้การระบายความร้อนของร่างกายไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ สภาพอากาศยังส่งผลต่อกระบวนการก่อสร้าง เช่น การทำงานของเครื่องจักรและคุณภาพของวัสดุ ผลิตภาพแรงงานเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนประสิทธิภาพของโครงการก่อสร้าง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับต้นทุน เวลา และคุณภาพ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านสภาพอากาศซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกมักไม่ได้รับการพิจารณาอย่างเพียงพอ ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับผลิตภาพแรงงานจึงมีความสำคัญ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและบริหารจัดการงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ Heat Index กับผลิตภาพแรงงาน

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบในกิจกรรมก่อสร้างแต่ละประเภท

2.3 เพื่อเสนอแนวทางบริหารจัดการหน้างานภายใต้สภาพอากาศร้อน

3. ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลิตภาพและผลกระทบจากอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และดัชนีความร้อน โดยค่าดัชนีความร้อน ท้อนความรู้สึกร้อนจริงของร่างกายมนุษย์ที่เกิดจากอุณหภูมิและความชื้นร่วมกัน ที่มีต่อผลิตภาพของคนงานก่อสร้าง ทั้งหมด 6 กิจกรรม ได้แก่ (1) งานตัดหัวเสาเข็ม (2) งานตอกเสาเข็ม (3) งานถมดินข้างราง U-Ditch (4) งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ (5) งานเทพื้นถนนคอนกรีต (6) งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน โดยกิจกรรมดังกล่าวเป็นกิจกรรมที่เป็นตัวแทนของงานโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งมีลักษณะการทำงานกลางแจ้งและพึ่งพาแรงงานคนในสัดส่วนที่สูงเพื่อให้เห็นผลกระทบจากสภาพอากาศต่อผลิตภาพในภาพรวมของโครงการได้อย่างชัดเจน

ผลิตภาพในงานก่อสร้างหมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพ โดยต้องอาศัยการวางแผนและการบริหารงานก่อสร้างที่ดี [1] การเก็บข้อมูลผลิตภาพเป็นกระบวนการเชิงปริมาณที่ใช้ประเมินผลิตภาพ เช่น วิธีการประเมินหน้างาน การประเมินผลิตภาพ [1] ปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพแรงงานในงานก่อสร้างสามารถพิจารณาได้จากหลายด้าน ได้แก่ ด้านแรงงานและทักษะของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งครอบคลุมถึงความสามารถประสบการณ์ และการฝึกอบรม รวมถึงปัจจัยด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และสมรรถภาพในการทำงาน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านการบริหารจัดการ การวางแผน การจัดองค์กร และการควบคุมงาน ซึ่งล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพและอัตราผลผลิตของโครงการก่อสร้าง [2]

ปัจจัยภายนอก เช่น เศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงการเมือง [3] สภาพอากาศโดยเฉพาะความร้อน มีผลโดยตรงต่อแรงงาน โดยการสัมผัสความร้อนสามารถก่อให้เกิดความเครียดจากความร้อน และนำไปสู่การเจ็บป่วย เช่น โรคลมแดด และภาวะอ่อนเพลียจากความร้อน ทำให้ผลิตภาพแรงงานลดลง [4] รวมถึงส่งผลต่อคุณสมบัติวัสดุ เช่น คอนกรีตแข็งตัวเร็ว [5] และประสิทธิภาพเครื่องจักร นอกจากนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ร่วมกับอุณหภูมิส่งผลให้ค่าดัชนีความร้อนสูงขึ้น ซึ่งเป็นตัวชี้วัดระดับความร้อนที่ร่างกายรับรู้จริง โดยความชื้นที่สูงจะลดอัตราการระเหยของเหงื่อ ทำให้ร่างกายระบายความร้อนได้ลดลง และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อน [6]

สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงส่งผลต่อสรีรวิทยาและจิตวิทยาของแรงงาน โดยอาจทำให้ร่างกายไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ส่งผลให้เกิดความเจ็บป่วยจากความร้อน เช่น ภาวะอ่อนเพลียจากความร้อน ซึ่งมีอาการอ่อนแรง เวียนศีรษะ และกระหายน้ำ รวมถึงอาจรุนแรงถึงโรคลมแดด ซึ่งส่งผลต่อระบบประสาท เช่น อาการสับสนหรือหมดสติ [7]

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถิติอุณหภูมิในประเทศไทยย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2557–2566) พบว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติถึง 1.32 °C นอกจากนี้ จำนวนวันที่มีอากาศร้อนจัด (อุณหภูมิสูงสุดตั้งแต่ 40°C) [8] มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นและมาเร็วขึ้นกว่าปกติในหลายพื้นที่ ซึ่งสภาวะดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อกลุ่มแรงงานก่อสร้างที่ต้องทำงานกลางแจ้ง ทำให้ความสามารถในการทำงานลดลงและเพิ่มความเสี่ยงต่ออันตรายจากความร้อน

ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถทางการรับรู้และการตัดสินใจ โดยประสิทธิภาพการปฏิบัติงานเริ่มลดลงในช่วงประมาณ 30–33°C และยิ่งลดลงในสภาวะที่รุนแรงมากขึ้น อีกทั้งภาระงานทางกายและความล้าทางสรีรวิทยาที่เพิ่มขึ้นยังเป็นข้อจำกัดสำคัญและเพิ่มโอกาสเกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน [9] การศึกษาทางสรีรวิทยาพบว่าอุณหภูมิและความชื้นมีความสัมพันธ์กับตัวชี้วัดทางสรีรวิทยาของแรงงานก่อสร้าง ซึ่งสะท้อนระดับความเครียดจากความร้อน โดยการทดลองในสภาพแวดล้อมที่ควบคุม แสดงให้เห็นว่าการ

เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นส่งผลโดยตรงต่อระดับความเครียดดังกล่าว และสามารถระบุช่วงสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการทำงานได้ [10]

งานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่าความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ผลิตภาพแรงงานก่อสร้างลดลง โดยพบว่าแรงงานกว่าร้อยละ 60 มีประสิทธิภาพลดลงเมื่อทำงานในสภาพอากาศร้อน และผลกระทบจะรุนแรงขึ้นเมื่อค่า Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) ≥ 28°C หรืออุณหภูมิสูงกว่า 35°C โดย WBGT หมายถึง ดัชนีวัดความร้อนที่นักอาชีวอนามัยและวิศวกรใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงที่ร่างกายจะได้รับอันตรายจากความร้อน (Heat Stress) ขณะทำงานหรือออกกำลังกายกลางแจ้ง โดยมีความแม่นยำและเป็นที่ยอมรับมากกว่าการดูแค่ "อุณหภูมิอากาศ" ปกติ [11] ในทางกลับกัน สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำก็ส่งผลให้สมรรถนะในการทำงานลดลงเฉพาะความสามารถด้านการใช้มือซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของงานก่อสร้าง ทั้งนี้ การลดลงของอุณหภูมิผิวหนังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการลดลงของประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน และเพิ่มความเสี่ยงด้านความปลอดภัย รวมถึงมีค่าขีดวิกฤตของอุณหภูมิที่ทำให้ประสิทธิภาพลดลงอย่างชัดเจน [12]

ขณะเดียวกัน ปัจจัยด้านโครงการและการบริหารจัดการ เช่น การขาดแคลนวัสดุ ความล่าช้าในการชำระเงิน การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง และข้อจำกัดด้านการจัดการหน้างาน ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการลดลงของประสิทธิภาพการทำงานและก่อให้เกิดความล่าช้าในโครงการ [13] ยิ่งไปกว่านั้น สภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลโดยตรงต่อผลิตภาพของกิจกรรมก่อสร้าง โดยก่อให้เกิดทั้งการลดลงของประสิทธิภาพและการหยุดชะงักของกระบวนการก่อสร้าง รวมถึงทำให้ระยะเวลาโครงการเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาปัจจัยภูมิอากาศร่วมในการวางแผน ทั้งนี้การบูรณาการข้อมูลสภาพอากาศเข้ากับแบบจำลองสามารถช่วยพยากรณ์ความล่าช้าและเพิ่มความแม่นยำในการวางแผนโครงการได้ [14]

นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลิตภาพแรงงาน โดยอธิบายว่าการทำงานของแรงงานได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ สภาพแวดล้อม สภาพหน้างาน และการบริหารจัดการ ซึ่งก่อให้เกิดความแปรปรวนของผลิตภาพในแต่ละช่วงเวลา โดยแบบจำลองสามารถแยกผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้องออกจากค่าผลิตภาพจริง เพื่อสร้างเส้นโค้งผลิตภาพในอุดมคติและใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มในอนาคต อีกทั้งยังมีการใช้วิธีการทางสถิติเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิและความชื้น กับผลิตภาพแรงงาน ซึ่งสนับสนุนการประเมินและวางแผนการดำเนินโครงการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ [15] ในระดับเศรษฐกิจ อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลกระทบต่อผลิตภาพแรงงานโดยรวม โดยเฉพาะในภาคการทำงานกลางแจ้งซึ่งมีความไวต่อสภาพอากาศสูง โดยพบว่าความร้อนจัดทำให้ชั่วโมงการทำงานที่มีประสิทธิผลลดลงและก่อให้เกิดการสูญเสียผลผลิต ทั้งนี้ผลกระทบดังกล่าวยังสะท้อนในระดับมหภาค โดยทำให้ผลิตภาพแรงงานรวมลดลง และมีแนวโน้มทวีความรุนแรงขึ้นภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต [16]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในอดีตมักมุ่งเน้นที่งานอาคาร แต่ยังขาดการศึกษารายกิจกรรมในงานโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นงานกลางแจ้ง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาในโครงการก่อสร้างถนน สะพาน และระบบระบายน้ำ ซึ่งเป็นงานโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้แรงงานจำนวนมาก

5. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 สมการผลิตภาพ (Productivity Equation)

ผลิตภาพแรงงาน (Labor Productivity) สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของผลผลิต (Output) ต่อต้นทุนการผลิต (Input) [1] ดังนี้

$$P = \frac{Output}{Input} \quad (1)$$

5.2 ทฤษฎีดัชนีความร้อน (Heat Index Theory)

ดัชนีความร้อน (Heat Index, HI) คือ ค่าที่ใช้บ่งชี้ “อุณหภูมิที่ร่างกายรู้สึกได้จริง” จากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และสามารถแปลผลได้ดังแสดงในตารางที่ 1 และมีสมการมาตรฐานของดัชนีความร้อนดังนี้ [17]

$$HI = c_1 + c_2T + c_3RH + c_4TRH + c_5T^2 + c_6RH^2 + c_7T^2RH + c_8TRH^2 + c_9T^2RH^2 \quad (2)$$

โดยที่ HI = ดัชนีความร้อน,T = อุณหภูมิอากาศ (°F)
RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

∗ หมายเหตุ $c_1 - c_9$ค่าคงที่

ตารางที่ 1 เกณฑ์การแปลผล Heat Index ตามมาตรฐาน NOAA [18]

Heat Index (°C)	ระดับความร้อนที่รู้สึกได้	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
< 27	ปลอดภัย	ไม่มีผลต่อสุขภาพ
27–32	ระวัง (Caution)	เริ่มอ่อนเพลีย เหงื่อออกมาก
32–40	ระวังมาก (Extreme Caution)	เสี่ยงลมแดด/ตะคริว
40–54	อันตราย (Danger)	ผลิตภาพลดลงมาก เสี่ยง Heat Exhaustion
>54	อันตรายร้ายแรง (Extreme Danger)	อาจเกิด Heat Stroke ได้

5.3 สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่อเนื่องสองตัว โดยใช้ตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว (ตัวแปร X) เพื่อทำนายหรืออธิบายตัวแปรตาม (ตัวแปร Y) โดยสร้างสมการเส้นตรงที่เหมาะสมที่สุดจากข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม

$$y = ax + b \quad (3)$$

Y =ค่าที่ทำนายของตัวแปรตาม (ผลิตภาพแรงงาน)

X = ค่าของตัวแปรอิสระ อุณหภูมิ (℃), ความชื้นสัมพัทธ์ (%) และดัชนีความร้อน)

5.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)

สมการค่าสหสัมพันธ์ (r) เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยค่าบวกแสดงความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกัน ค่าลบแสดงทิศทางตรงกันข้าม และค่าที่เข้าใกล้ ±1 แสดงความสัมพันธ์สูง ดังแสดงการตีความในตารางที่ 2 ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับผลิตภาพแรงงาน คำนวนได้จากสูตร

$$r = \frac{\sum(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i-\bar{x})^2\sum(y_i-\bar{y})^2}} \quad (4)$$

ตารางที่ 2 การแปลความหมายค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

ค่า r	ระดับความสัมพันธ์	การตีความ
-0.7 ถึง -1.0	สูงมาก	เชิงลบ
-0.5 ถึง -0.7	สูง	เชิงลบ
-0.3 ถึง -0.5	ปานกลาง	เชิงลบ
0 ถึง -0.3	ต่ำ	เชิงลบ
0	ไม่มี	ศูนย์
0 ถึง 0.3	ต่ำ	เชิงบวก
0.3 ถึง 0.5	ปานกลาง	เชิงบวก
0.5 ถึง 0.7	สูง	เชิงบวก
0.7 ถึง 1.0	สูงมาก	เชิงบวก

6. การดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล

กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษานี้ ใช้แบบฟอร์มการสังเกตการณ์ดังแสดงในรูปที่ 1 บันทึกข้อมูลพื้นฐานก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลในแต่ละรอบ ครอบคลุมรายละเอียดที่สำคัญ ได้แก่ วันที่ สถานที่ รายละเอียดกิจกรรม จำนวนผู้ปฏิบัติงาน ลักษณะพื้นที่หน้างาน และข้อมูลค่าแรง เพื่อให้ได้ข้อมูลของการดำเนินงานอย่างครบถ้วนและสามารถใช้ประกอบการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง โดยทำการเก็บข้อมูลในฤดูฝน และฤดูหนาว ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2568 - เดือนมกราคม 2569 โดยกำหนดการเก็บข้อมูล 3-4 รอบต่อกิจกรรม แบ่งช่วงเวลาเก็บข้อมูล รอบเช้าเวลา 08.00 - 12.00 น. และรอบบ่ายเวลา 13.00 - 17.00 น. รอบละ 4 ชั่วโมง เพื่อให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความร้อนในหนึ่งวันทำงาน ซึ่งถือเป็นตัวแทนของสภาพอากาศที่แรงงานต้องเผชิญจริงตลอดทั้งวัน โดยมีการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ ในลักษณะรายชั่วโมง โดย (1) งานตัดหัวเสาเข็ม และ (2) งานตอกเสาเข็ม เก็บตัวอย่างกิจกรรมละ 4 ตัวอย่าง (3) งานถมดินข้างราง U-Ditch (4) งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ (5) งานเทพื้นถนนคอนกรีต และ (6) งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน เก็บตัวอย่างกิจกรรมละ 3 ตัวอย่าง

รูปที่ 1 แบบฟอร์มการสังเกตการณ์

ในการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน ได้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างแรงงานในแต่ละกิจกรรมต้องเป็นชุดเดิมตลอดช่วงการศึกษา ในระหว่างการเก็บข้อมูลได้มีการบันทึกข้อสังเกตและปัจจัยรบกวนที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน เช่น ความขัดข้องของเครื่องมือ การหยุดพักของแรงงาน หรือสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย เพื่อใช้ประกอบการตีความผลการวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ภายหลังการเก็บข้อมูลในแต่ละรอบ ได้มีการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยของตัวแปรด้านสภาพอากาศจากข้อมูลที่บันทึกไว้รายชั่วโมง เพื่อใช้เป็นค่าตัวแทนของสภาพแวดล้อมในการทำงานสำหรับรอบนั้น ๆ และนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับผลิตภาพแรงงานในขั้นตอนต่อไป

7. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลการพยากรณ์อากาศในระดับพื้นที่กว้างมีความคลาดเคลื่อนและไม่สามารถสะท้อนสภาพภูมิอากาศเฉพาะของพื้นที่ก่อสร้างได้อย่างแม่นยำ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การเก็บข้อมูลอุณหภูมิและดัชนีความร้อนจากอุปกรณ์ BENETECH GM1361 ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดค่าปัจจัยด้านสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยสามารถรองรับการวัดอุณหภูมิผ่านเซนเซอร์แบบ K-type ซึ่งมีช่วงการวัดกว้างและให้ค่าความแม่นยำสูง ตัวเครื่องแสดงผลในรูปแบบดิจิทัล มีความละเอียดในการวัดที่เหมาะสมสำหรับงานภาคสนาม และสามารถบันทึกค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด (Min/Max) ได้ โดยมีความแม่นยำ ±1 ℃ ความละเอียด 0.1 ℃ และความแม่นยำความชื้นสัมพัทธ์ ±5%RH ความละเอียด 0.1%RH ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยติดตั้งอุปกรณ์ ณ พื้นที่ปฏิบัติงานจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละกิจกรรม

รูปที่ 2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (BENETECH GM1361)

8. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์วิจัย

8.1 งานตัดหัวเสาเข็ม (Pile Cut Off)

รูปที่ 3 งานตัดหัวเสาเข็ม (Pile Cut Off

ในการศึกษางานตัดหัวเสาเข็มได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้เครื่องตัดคอนกรีตจำนวน 1 เครื่อง และเครื่องสกัดคอนกรีตจำนวน 1 เครื่อง ร่วมกับแรงงานชายจำนวน 4 คน ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มตัดคอนกรีตและตรวจระดับเข็ม และกลุ่มสนับสนุนงานสกัด โดยมีการสลับหน้าที่กันตามขั้นตอนการปฏิบัติงานดังแสดงในรูปที่ 3

สภาพอากาศในช่วงเก็บข้อมูลมีความชื้นสูงและมีฝนตกเป็นระยะ ส่งผลให้การดำเนินงานบางช่วงต้องหยุดชั่วคราว ทำให้ระยะเวลาเก็บข้อมูลในแต่ละรอบอยู่ระหว่าง 2–4 ชั่วโมง ข้อมูลภาคสนามที่ได้มีการบันทึกวันเวลา ปริมาณงาน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ สะท้อนสภาพแวดล้อมและผลการดำเนินงานในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 ซึ่ง จากนั้นได้นำข้อมูลปริมาณงานและระยะเวลาการทำงาน มาคำนวณผลิตภาพแรงงาน ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาประมวลผลเพื่อหาค่าดัชนีความร้อน ซึ่งเป็นตัวแทนของสภาพอากาศที่แรงงานรับรู้จริง โดยผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 5 และค่าดัชนีความร้อนดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับผลิตภาพแรงงาน โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลสภาพอากาศ งานตัดหัวเสาเข็ม

วันที่	ช่วงเวลา	ปริมาณงาน (ต้น)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	หมายเหตุ
04/10/68	8.00-12.00	0.50	28.88	83.33	ฝนตก
04/10/68	13.00-17.00	1.25	28.78	88.33	ฝนตก
06/10/68	8.00-12.00	1.50	30.20	79.65	ฝนตก
06/10/68	13.00-17.00	2.00	33.50	66.70	ฝนตก
ค่าเฉลี่ย		1.31	30.34	79.50	

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลผลิตภาพ งานตัดหัวเสาเข็ม

วันที่	ช่วงเวลา	ปริมาณงาน (ต้น)	จำนวนเวลาการทำงาน (ชั่วโมง)	จำนวนคนงาน (คน)	จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)
04/10/68	8.00-12.00	0.50	2.00	4.00	1.00
04/10/68	13.00-17.00	1.25	3.00	4.00	1.00
06/10/68	8.00-12.00	1.5	3.00	4.00	1.00
06/10/68	13.00-17.00	2.0	4.00	4.00	1.00
ค่าเฉลี่ย		1.31	3.00	4.00	1.00

ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ผลิตภาพ

วันที่	ช่วงเวลา	ปริมาณงาน (ต้น/คน)	ปริมาณงาน (ต้น/เครื่องจักร)	ค่าแรง (บาท/หน่วย)
04/10/68	8.00-12.00	0.13	0.50	1600.00
04/10/68	13.00-17.00	0.31	1.25	640.00
06/10/68	8.00-12.00	0.38	1.5	533.33
06/10/68	13.00-17.00	0.50	2.0	400.00
ค่าเฉลี่ย		0.33	1.31	793.33

ตัวอย่างการคำนวนผลิตภาพแรงงาน งานตัดหัวเสาเข็ม ดังนี้

ผลิตภาพ (ต้น/คน) $P = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{\text{ปริมาณงาน}}{\text{จำนวนคนงาน}}$

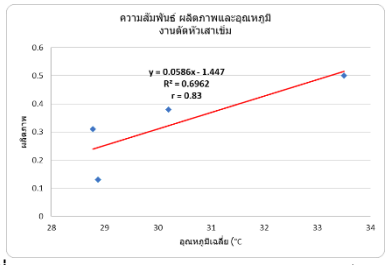
จากข้อมูลตารางที่ 4 สรุปข้อมูลผลิตภาพ วันที่ 04/10/68 ช่วงเวลา 8.00-12.00 น. ปริมาณงานที่ทำได้ 0.50 ต้น จำนวนคนงาน 4 คน แทนค่าสมการ (1)

$$P = \frac{0.50}{4} = 0.13 \ (\text{ต้น}/\text{คน})$$

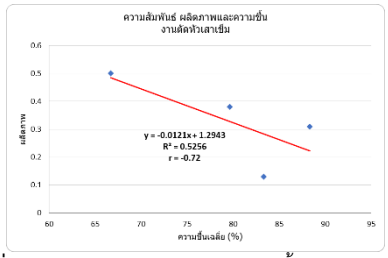
ตารางที่ 6 ตัวอย่างสรุปข้อมูลดัชนีความร้อน (Heat Index)

กิจกรรม	วันที่	ช่วงเวลา	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	ดัชนีความร้อน (°C)
งานตัดเสาเข็ม	04/10/68	8.00-12.00	28.88	83.33	35.12
	04/10/68	13.00-17.00	28.78	88.33	35.93
	06/10/68	8.00-12.00	30.20	79.65	38.18
	06/10/68	13.00-17.00	33.50	66.70	43.60
ค่าเฉลี่ย			30.34	79.50	38.21

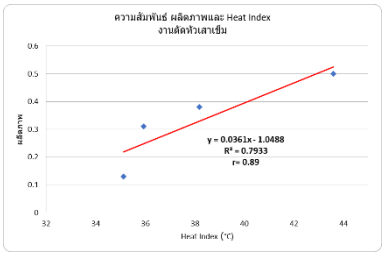
จากการนำข้อมูลในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภาพแรงงาน (แกน Y) กับตัวแปรด้านสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และดัชนีความร้อน (แกน X) ตามลำดับผลการวิเคราะห์รูปที่ 4 พบว่าซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลิตภาพแรงงาน เส้นแนวโน้มเชิงเส้นมีความชันเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น รูปที่ 5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นลบ สะท้อนว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และรูปที่ 6 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนกับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความร้อนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 กราฟ Linear Regression อุณหภูมิ งานตัดเสาเข็ม



รูปที่ 5 กราฟ Linear Regression ความชื้น งานตัดเสาเข็ม

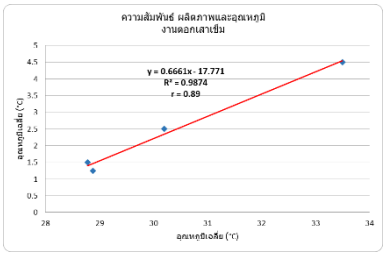


รูปที่ 6 กราฟ Linear Regression ดัชนีความร้อน งานตัดเสาเข็ม

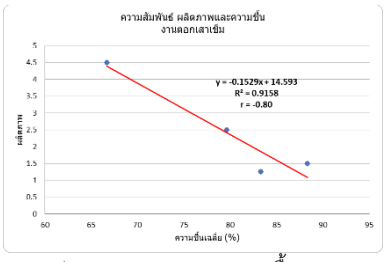
8.2 งานตอกเสาเข็ม (Piling)

ในการศึกษางานตอกเสาเข็ม ดังแสดงในรูปที่ 7 ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นในแนวทางเดียวกันกับงานตัดหัวเสาเข็ม ผลการวิเคราะห์รูปที่ 8 พบว่าเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลิตภาพแรงงาน เส้นแนวโน้มเชิงเส้นมีความชันเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น รูปที่ 9 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นลบ สะท้อนว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และรูปที่ 10 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนกับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความร้อนเพิ่มขึ้น

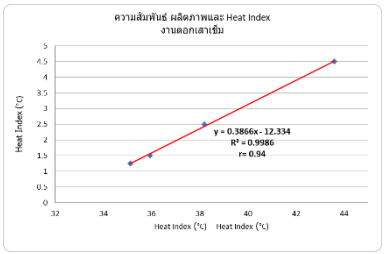
รูปที่ 7 งานตอกเสาเข็ม (Piling)



รูปที่ 8 กราฟ Linear Regression อุณหภูมิ งานตอกเสาเข็ม



รูปที่ 9 กราฟ Linear Regression ความชื้น งานตอกเสาเข็ม



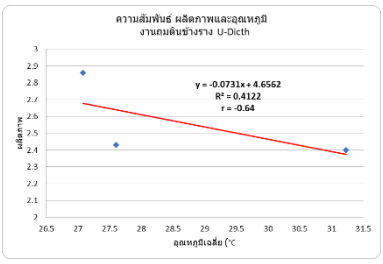
รูปที่ 10 กราฟ Linear Regression ดัชนีความร้อน งานตอกเสาเข็ม

8.3 งานถมดินข้าง U-Ditch

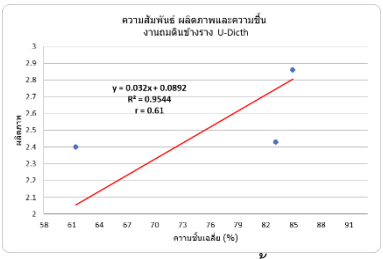
ในการศึกษางานถมดินข้าง U-Ditch ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม ดังแสดงในรูปที่ 11 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 12 พบว่าซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลิตภาพแรงงาน เส้นแนวโน้มเชิงเส้นมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลง รูปที่ 13 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นบวก สะท้อนว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และรูปที่

14 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนกับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความร้อนลดลง

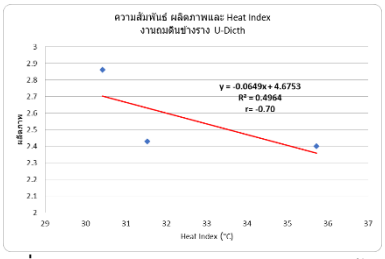
รูปที่ 11 งานถมดินข้าง U-Ditch



รูปที่ 12 กราฟ Linear Regression อุณหภูมิ งานถมดินข้าง U-Ditch



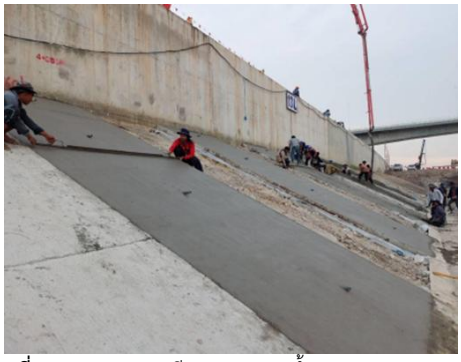
รูปที่ 13 กราฟ Linear Regression ความชื้น งานถมดินข้าง U-Ditch



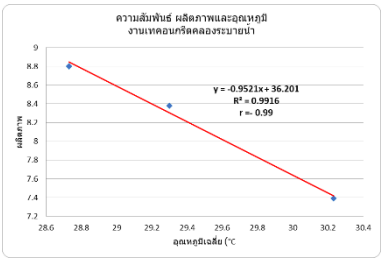
รูปที่ 14 กราฟ Linear Regression ดัชนีความร้อน งานถมดินข้าง U-Ditch

8.4 งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ (Concrete Lining)

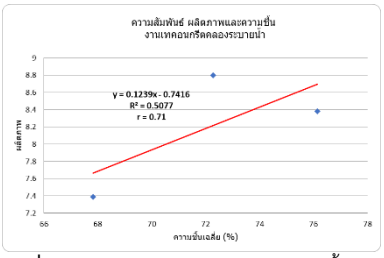
ในการศึกษางานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 15 ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผลการวิเคราะห์รูปที่ 16 พบว่าซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลิตภาพแรงงาน เส้นแนวโน้มเชิงเส้นมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลง รูปที่ 17 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นบวก สะท้อนว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และรูปที่ 18 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนกับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความร้อนลดลง



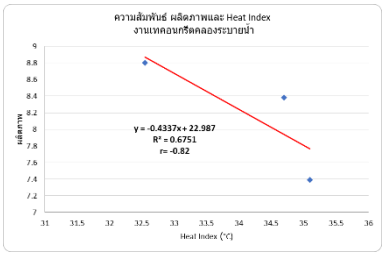
รูปที่ 15 งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ (Concrete Lining)



รูปที่ 16 กราฟ Linear Regression อุณหภูมิ งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ



รูปที่ 17 กราฟ Linear Regression ความชื้น งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ



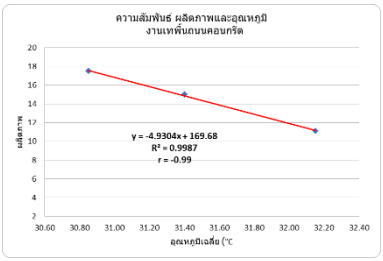
รูปที่ 18 กราฟ Linear Regression ดัชนีความร้อน งานเทคอนกรีต คลองระบายน้ำ

8.5 งานเทคอนกรีตพื้นถนน (Concrete Road)

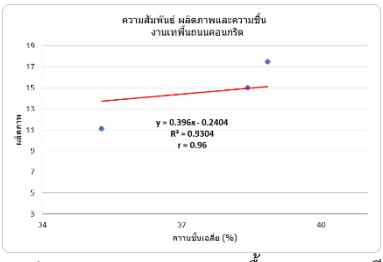
ในการศึกษางานเทคอนกรีตพื้นถนน ดังแสดงในรูปที่ 19 ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธีการ

ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โดยมีผลการวิเคราะห์ รูปที่ 20 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลิตภาพแรงงาน เส้นแนวโน้มเชิงเส้นมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง รูปที่ 21 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นบวก สะท้อนว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และรูปที่ 22 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนกับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความร้อนลดลง

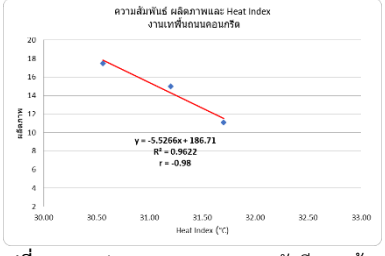
รูปที่ 19 งานเทคอนกรีตพื้นถนน (Concrete Road)



รูปที่ 20 กราฟ Linear Regression อุณหภูมิ งานเทคอนกรีตพื้นถนน



รูปที่ 21 กราฟ Linear Regression ความชื้น งานเทคอนกรีตพื้นถนน

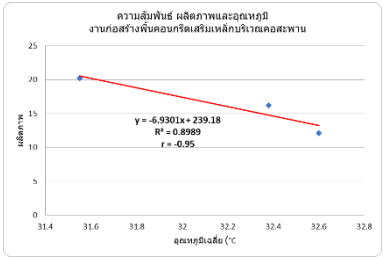


รูปที่ 22 กราฟ Linear Regression ดัชนีความร้อน งานเทคอนกรีตพื้นถนน

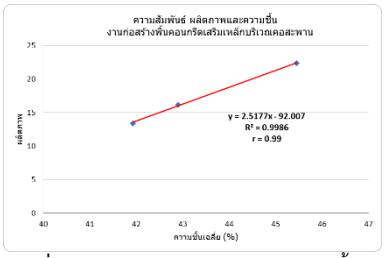
8.6 งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน (Approach Slab)

ในการศึกษางานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน ดังแสดงในรูปที่ 23 ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โดยมีผลการวิเคราะห์ รูปที่ 24 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลิตภาพแรงงาน เส้นแนวโน้มเชิงเส้นมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลง รูปที่ 25 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นบวก สะท้อนว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และรูปที่ 26 ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนกับผลิตภาพแรงงาน พบว่าเส้นแนวโน้มมีความชันเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความร้อนลดลง

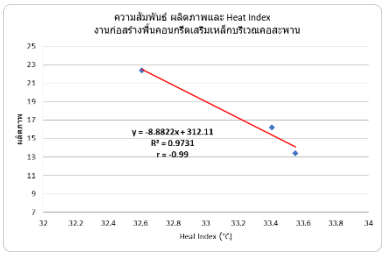
รูปที่ 23 งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน



รูปที่ 24 กราฟ Linear Regression อุณหภูมิ งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน



รูปที่ 25 กราฟ Linear Regression ความชื้น งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน



รูปที่ 26 กราฟ Linear Regression ดัชนีความร้อน งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน

9. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านสภาพอากาศต่อผลิตภาพแรงงานในกิจกรรมก่อสร้าง 6 ประเภท พบว่าสภาพอากาศมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของแรงงาน โดยระดับผลกระทบแตกต่างกันตามลักษณะของกิจกรรม ทั้งนี้ การศึกษานี้อาศัยข้อมูลในช่วงเวลาจำกัดและมีจำนวนตัวอย่างไม่มาก จึงอาจยังไม่สามารถสรุปเป็นข้อค้นพบเชิงทั่วไปได้ โดยผลสะท้อนเฉพาะสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้นในช่วงเวลาที่ศึกษา จึงควรพิจารณาเป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อแสดงแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยงานตัดหัวเสาเข็ม ซึ่งเป็นงานกึ่งแห้งที่ใช้แรงงานร่วมกับเครื่องจักร พบว่าผลิตภาพเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในช่วงที่ไม่มีฝนตก ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภาพ เนื่องจากสภาพพื้นที่เปียกชื้นเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน งานตอกเสาเข็ม ซึ่งใช้เครื่องจักรเป็นหลัก ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศในระดับปานกลางโดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสภาวะที่ไม่มีฝน อย่างไรก็ตาม ความชื้นและฝนยังคงส่งผลเชิงลบ แต่มีความรุนแรงน้อยกว่างานที่ใช้แรงงานเข้มข้น สำหรับงานถมดินข้างราง U-Ditch พบว่าผลิตภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูง โดยเฉพาะช่วงที่มีความร้อนสะสม ส่งผลให้แรงงานเกิดความเหนื่อยล้า ขณะที่สภาพอากาศที่เหมาะสมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานอย่างชัดเจน ในส่วนของงานคอนกรีต ได้แก่ งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ งานเทพื้นถนน และงานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมเอื้อต่อการทำงาน ขณะที่อุณหภูมิสูงเกินไปส่งผลกระทบทั้งต่อแรงงานทำให้มีผลิตภาพลดลง และส่งผลต่อคุณภาพวัสดุ เช่น การก่อตัวของคอนกรีต

จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความร้อน (Heat Index) ของกิจกรรมก่อสร้างทั้ง 6 กิจกรรม และนำมาแปลผลตามเกณฑ์มาตรฐานของ NOAA พบว่า ค่าดัชนีความร้อนอยู่ในช่วง 31.15–38.21°C โดยกิจกรรมที่มีค่าดัชนีความร้อนอยู่ในระดับ ระวังมาก (Extreme Caution) 5 กิจกรรมได้แก่ งานตัดหัวเสาเข็ม งานตอกเสาเข็ม งานถมดินข้างราง U-Ditch งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ และงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพานซึ่งมีค่า Heat Index อยู่ในช่วงประมาณ 32.56°C – 38.21°C ระดับดังกล่าวบ่งชี้ว่าแรงงานมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะลมแดดตะคริวจากความร้อน หรือ อ่อนเพลียจากความร้อน ซึ่งส่งผลต่อผลิตภาพในการทำงานโดยตรง ในขณะที่กิจกรรมงานเทพื้นถนนคอนกรีต มีค่าดัชนีความร้อนอยู่ในระดับ ระวัง (Caution) โดยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 31.15°C ซึ่งแม้จะยังไม่อยู่ในระดับอันตราย แต่ก็เริ่มส่งผลต่อร่างกายของแรงงาน ความเหนื่อยล้าและการสูญเสียน้ำจากเหงื่อ

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) ของกิจกรรมก่อสร้างทั้ง 6 กิจกรรม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 งานตัดหัวเสาเข็มและงานตอกเสาเข็ม มีค่า r เป็นบวกกับอุณหภูมิและดัชนีความร้อน ผลิตภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในช่วงที่ศึกษา เนื่องจากเป็นงานที่ใช้เครื่องจักรช่วยและได้รับผลกระทบจากฝนและความชื้นมากกว่าความร้อน งานกลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วย 4 กิจกรรม ได้แก่ งานถมดินข้างราง U-Ditch งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ งานเทพื้นถนนคอนกรีต และงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน มีค่า r เป็นลบกับอุณหภูมิและดัชนีความร้อน เมื่ออากาศร้อนขึ้น ผลิตภาพแรงงานจะลดลง เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยทักษะและการลงแรงจากคนเป็นหลัก ความร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงต่อความเหนื่อยล้าสะสมของร่างกาย ทำให้แรงงานต้องหยุดพักบ่อยครั้งขึ้นและทำงานได้ช้าลง ส่งผลให้ปริมาณงานโดยรวมในแต่ละช่วงเวลาลดน้อยลงตามสภาวะความร้อนที่รุนแรงขึ้น และพบว่าผลิตภาพแรงงานมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 25-30 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมก่อสร้างส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความร้อนในระดับ "ระวังมาก" ซึ่งกระทบต่อผลิตภาพและสวัสดิภาพแรงงานโดยตรง จึงควรมีนโยบายปรับเวลาทำงานที่ใช้แรงงานเข้มข้น เช่น งานเทคอนกรีตและงานถมดิน มาเป็นช่วงเช้า 06.00 – 10.00 น. เพื่อเลี่ยงความร้อนสะสมในช่วงบ่าย โดยเฉพาะช่วง 12.00 – 15.00 น. ที่ควรหลีกเลี่ยงงานหนัก พร้อมกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนตามระดับดัชนีความร้อน เช่น หากค่า Heat Index สูงกว่า 32°C ให้เพิ่มรอบการพักอย่างน้อย 15 นาทีทุกชั่วโมง เพื่อลดความล้าของแรงงาน ด้านสวัสดิการควรจัดจุดบริการน้ำดื่มและพื้นที่พักในร่มที่ระบายอากาศได้ดีเพื่อช่วยระบายความร้อน นอกจากนี้ ข้อมูลผลิตภาพที่ลดลงจากสภาพอากาศสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการวางแผนงานเพื่อเผื่อเวลา และประเมินค่าใช้จ่ายที่อาจบานปลาย อีกทั้งควรส่งเสริมการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคนในงานกลางแจ้ง เช่น งานตอกเสาเข็ม ซึ่งทนทานต่อสภาพอากาศได้ดีกว่า ทั้งนี้ ควรต่อยอดผลการศึกษาไปสู่การพัฒนาเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Tool) สำหรับผู้จัดการโครงการ เพื่อรักษาประสิทธิภาพงานและยกระดับความปลอดภัยภายใต้วิกฤตภูมิอากาศในปัจจุบัน

ผลการวิจัยกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและผลิตภาพแรงงานสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Han และคณะ [11] และ Oruc และคณะ [14] ที่ยืนยันว่าสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในงานก่อสร้าง ในบริบทของประเทศไทยที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงตลอดทั้งวัน ส่งผลให้ดัชนีความร้อน (Heat Index) พุ่งสูงขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิจริง

ตารางที่ 7 สรุปผลการศึกษาและการแปลผล Heat Index

กิจกรรม	ลักษณะการใช้ทรัพยากร	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นเฉลี่ย (%)	ผลิตภาพ	Heat Index	แปลผล Heat Index
งานตัดหัวเสาเข็ม	Labor-Intensive	30.34	79.50	0.33	38.21	ระวังมาก (Extreme Caution)
งานตอกเสาเข็ม	Machine-Intensive	30.34	79.50	3.25	38.21	ระวังมาก (Extreme Caution)
งานถมดินข้างราง U-Ditch	Labor-Intensive	28.64	76.49	2.56	32.56	ระวังมาก (Extreme Caution)
งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ	Labor-Intensive	29.42	72.09	8.19	34.10	ระวังมาก (Extreme Caution)
งานเทพื้นถนนคอนกรีต	Labor-Intensive	31.47	37.52	14.54	31.15	ระวัง (Caution)
งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน	Labor-Intensive	32.18	43.43	16.19	33.19	ระวังมาก (Extreme Caution)

ตารางที่ 8 สรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r)

กิจกรรม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r)		
	อุณหภูมิ	ความชื้น	Heat Index
งานตัดหัวเสาเข็ม	0.83	-0.72	0.89
งานตอกเสาเข็ม	0.89	-0.8	0.94
งานถมดินข้างราง U-Ditch	-0.64	0.61	-0.70
งานเทคอนกรีตคลองระบายน้ำ	-0.99	0.71	-0.82
งานเทพื้นถนนคอนกรีต	-0.99	0.96	-0.98
งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคอสะพาน	-0.95	0.99	-0.99

ดังนั้นอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และดัชนีความร้อนมีผลต่อผลิตภาพแรงงานแตกต่างกันตามประเภทงาน โดยงานที่ใช้แรงงานเข้มข้นมีความไวต่อสภาพอากาศมากกว่า อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนตัวอย่างและระยะเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น รวมทั้งควรพิจารณาปัจจัยด้านสภาพอากาศอื่น เช่น ความเร็วลม หรือปริมาณรังสีความร้อน และนำแบบจำลองทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ผลิตภาพในอนาคต

10. เอกสารอ้างอิง

[1] วรรณวิทย์ แต้มทอง. (2562). *การเก็บข้อมูลผลิตภาพในงานก่อสร้าง*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 1-34.

[2] สวลักษณ์ เชื้อสุวรรณ์. (2553). *การศึกษาปัจจัยที่เป็นผลกระทบต่อการลดลงของผลิตภาพแรงงานในงานก่อสร้าง*. การค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโครงการก่อสร้าง, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า 1-12.

[3] พงศ์ศักดิ์ กุศล. (2561). *การปรับปรุงผลิตภาพการก่อสร้างคลองระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีศึกษา โครงการของ บมจ. อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ ในจังหวัดเชียงราย*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยพะเยา.

[4] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2016). *Occupational Exposure to Heat and Hot Environments*. Revised Criteria 2016, CDC, pp. 1-192.

[5] American Concrete Institute (ACI). (2020). *Guide to Hot Weather Concreting (ACI 305R-20)*. ACI Committee 305.

[6] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). *Heat Index*. National Weather Service.

[7] Occupational Safety and Health Administration (OSHA) and NIOSH. (2017). *Heat Illness: Prevent Heat Illness at Work*. U.S. Department of Labor.

[8] มณิสร วรรณศิริกุล. (2569). *ย้อนดูอากาศไทย 10 ปี อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นแค่ไหน*. Urban Creature. สืบค้นจาก: https://urbancreature.co/10-years-temperature-thailand/

[9] Zhu, H., Wang, Y., Yuan, D., Gao, K., Liao, Q., Ukai, M., Zhang, F. and Hu, S. (2025). Cognitive Performance in Hot-Humid Environments of Non-Air-Conditioned Buildings: A Subjective Evaluation. *Buildings*, 15(1), 43, pp. 1-17.

[10] Ojha, A., Jebelli, H., Alexander, L. and Loeffert, J. R. (2024). Quantifying Heat Stress Exposure of Construction Workers using Wearable Sensors. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 38(3), pp. 1-15.

[11] Han, S., Dong, L., Weng, Y. and Xiang, J. (2024). Heat Exposure and Productivity Loss among Construction Workers: A Meta-Analysis. *BMC Public Health*, 24(1), pp.1-11.

[12] Kjellstrom, T. and Parsons, K. (2024). Occupational Cold and Heat Stress: Impact on Health and Productivity. *Journal of Thermal Biology*, 119, pp. 1-13.

[13] Abdul Kadir, M. R., Lee, W. P., Jaafar, M. S., Sapuan, S. M. and Ali, A. A. A. (2005). Factors Affecting Construction

Labour Productivity for Malaysian Residential Projects. *Structural Survey*, 23(1), pp. 42-54.

[14] Oruc, S., Dikbas, H. A., Gumus, B. and Yücel, İ. (2024). The Impact of Climate Change on Construction Activity Performance. *Buildings*, 14(2), 372, pp. 1-24.

[15] Thomas, H. R. and Yiakoumis, I. (1987). Factor Model of Construction Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 113(4), pp. 623–638.

[16] Casey, G., Fried, S. and Gibson, M. (2024). Impact of U.S. Labor Productivity Losses from Extreme Heat. *FRBSF Economic Letter*, 2024(14), pp. 1-6.

[17] National Weather Service. (2026). *Heat Index Equation*. Weather Prediction Center. Available at: https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml

[18] National Weather Service. (n.d.). *Heat Index Chart*. National Oceanic and Atmospheric Administration. Available at: https://www.weather.gov/ffc/hichart