# สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โดย
นางสาวกรรณิการ์ สุธีรัตนาภิรมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอนุรักษ์ศิลปกรรม แผน ก แบบ ก 1 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โดย
นางสาวกรรณิการ์ สุธีรัตนาภิรมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอนุรักษ์ศิลปกรรม แผน ก แบบ ก 1 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# ENVIRONMENT FACTORS AFFECTING THE DETERIORATION OF THE MURAL PAINTING INSIDE THE CRYPT OF WAT RATCHABURANA, PHRA NAKHON SRI AYUTTHAYA PROVINCE

By

MISS Kannika SUTEERATTANAPIROM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Arts (CONSERVATION OF FINE ART)

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2020

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อ | สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา |
| โดย | กรรณิการ์ สุธีรัตนาภิรมย์ |
| สาขาวิชา | อนุรักษ์ศิลปกรรม แผน ก แบบ ก 1 ระดับปริญญามหาบัณฑิต |
| อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก | อาจารย์ ดร. ภีร์ เวณุนันทน์ |

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุรพล นาถะพินธุ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.ภีร์ เวณุนันทน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์จิราภรณ์ อรัณยะนาค)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ดร.วสุ โปษยะนันทน์ )

61904202 : อนุรักษ์ศิลปกรรม แผน ก แบบ ก 1 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การอนุรักษ์เชิงป้องกัน, การควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ, กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

นางสาว กรรณิการ์ สุธีรัตนาภิรมย์: สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. ภีร์ เวณุนันทน์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และตรวจสอบและประเมินสาเหตุของการเสื่อมสภาพ เพื่อเข้าใจบริบทของสิ่งแวดล้อมรอบตัวอันเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง และเสนอแนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพ จากการวิจัยพบว่า

วัดราชบูรณะสร้างในสมัยเจ้าสามพระยา ราวปี พ.ศ.1967 มีพระปรางค์เป็นประธานของวัด สามารถเดินเข้าไปยังห้องโถงกลางขององค์พระปรางค์ได้ ภายในห้องโถงกลางมีบันไดลงไปยังกรุตอนล่างที่มีอยู่อีก 2 ชั้น ภายในกรุพระปรางค์มีสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ (microclimate) ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในมีสภาพชำรุดและเสื่อมสภาพเปื่อย สีจืดจาง พบคราบเกลือ ฝุ่น พบซากงูลอกคราบ ซากกิ้งกือ และมีค้างคาวอาศัยภายในโถงกลางเป็นจำนวนมาก จากการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม พบว่าในปัจจุบันยังไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น อนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศ ให้มีค่าคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ค่าที่ได้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศภายนอก ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพและการชำรุดเสียหายของภาพจิตรกรรมฝาผนัง โดยพบฝุ่นละอองและคราบเกลือซัลเฟต เกลือไนเตรตและเกลือโพแทสเซียมไนเตรต ซึ่งส่วนหนึ่งมีที่มาจากมูลค้างคาว ดังนั้นการอนุรักษ์เชิงป้องกันการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จึงควรปิดกรุ และควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ปรับปรุงระบบระบายอากาศใหม่และกำจัดค้างคาว ในกรณีที่ยังไม่สามารถจัดหาระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้คงที่ควรเปิดประตูและหน้าต่างบริเวณห้องโถงกลางเพื่อระบายและถ่ายเทอากาศ

61904202 : Major (CONSERVATION OF FINE ART)
Keyword : preventive conservation, microclimate control, crypt of Wat Ratchaburana

MISS KANNIKA SUTEERATTANAPIROM : ENVIRONMENT FACTORS AFFECTING THE DETERIORATION OF THE MURAL PAINTING INSIDE THE CRYPT OF WAT RATCHABURANA, PHRA NAKHON SRI AYUTTHAYA PROVINCE THESIS ADVISOR : PIRA VENUNAN, Ph.D.

This research is to study three environmental factors namely, temperature, relative humidity and air quality, affecting the deterioration of the mural paintings inside the crypt of Wat Ratchaburana, Phra Nakhon Sri Ayutthaya Province. The findings are as follows:

Wat Ratchaburana was built by Chao Sam Phraya in 1424. The crypt of Wat Ratchaburana was still in good condition. The cella or central small hall inside the prang containing the crypt, there is a-two-level crypt inside. The space inside the crypt is in microclimate. The mural paintings inside the crypt are generally seen as cracking, color change and fading, salt weathering and dust. Moreover, snake stains, millipedes and bats are found inside the central hall.

The environmental monitoring conducted inside the crypt showed that there was no control of temperature, relative humidity and particles and dust in the air. Temperature and relative humidity have changed following by weather conditions which caused the deterioration of mural painting. The sulfate salts, nitrate salts and potassium nitrate salts are found on the mural painting. Therefore, the preventive conservation should focus on close the crypt, temperature, and relative humidity control, improve ventilation system and bat repellent and control. The doors and windows should be opened to increase ventilation and air exchange rates, if there is no climate control system in the present day

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในแหล่งศิลปกรรมชั้นครูที่มีคุณค่าสูงอย่างวัดราชบูรณะ จะเป็นไปไม่ได้เลยหากขาดความช่วยเหลือและแรงสนับสนุน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านและทุกหน่วยงานที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร และคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ผู้มอบทุนการศึกษาให้ผู้วิจัย

กรมศิลปากรที่อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าศึกษาและเก็บข้อมูล โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดูแล ได้แก่ อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา, สำนักศิลปากรที่ 3 พระนครศรีอยุธยา, กลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ สำนักพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ และกลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กองโบราณคดี

อาจารย์ ดร.ภีร์ เวณุนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ให้คำปรึกษาและให้การช่วยเหลืออย่างเป็นอย่างดีโดยเฉพาะการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์

อาจารย์จิราภรณ์ อรัณยะนาค อาจารย์ที่ปรึกษานิพนธ์ร่วม อาจารย์ผู้สอนให้ผู้วิจัยรู้จักความอ่อนโยนของงานอนุรักษ์ ผู้ให้คำปรึกษาหลักและเป็นแรงใจที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

รองศาสตราจารย์สุรพล นาถะพินธุ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ให้แรงบันดาลใจในการเป็นนักศึกษาตลอดชีวิตถึงแม้จะว่าจะทำงานแล้ว รวมทั้งอาจารย์เสียสละเวลาในให้คำปรึกษาวิทยานิพนธ์และเป็นประธานฯ ในครั้งนี้

ดร.วสุ โปษยานันท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ข้อเสนอแนะแนวทางการอนุรักษ์ในอีกมุมมองหนึ่งที่เป็นประโยชน์ยิ่ง

รองศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง, อาจารย์ ดร.ณิชนันทน์ เทพศุภรังษิกุล และนายสิรภพ พินิจการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่อนุเคราะห์การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์และคำแนะนำ

ผอ.เสน่ห์ มหาผล ผู้อำนวยการกลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กรมศิลปากร ให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์โสพิศ ปัญญาขัน กลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กรมศิลปากร อาจารย์ผู้สอนภาคปฏิบัติที่นำไปใช้ได้จริงและให้ประสบการณ์การอนุรักษ์ในหลายแง่มุม

ผอ.เกษร อินทร์ขำ อดีตผู้อำนวยการกลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม ผอ.สมัคร ทองสันต์ ผู้อำนวยการกลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม และนักอนุรักษ์และเจ้าหน้าที่ในกลุ่มฯ ที่ให้คำแนะนำด้านการอนุรักษ์ในสถานที่จริง เก็บตัวอย่างภาพจิตรกรรมฝาผนัง และให้ข้อมูลด้านการ

อนุรักษ์ที่ผ่านมา

ผอ.สุกัญญา เบาเนิด ผู้อำนวยการอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ผู้ให้คำปรึกษาเป็นท่านแรกเรื่องความเป็นไปได้ในการขอเข้าเก็บข้อมูล นางสาวภัทราวดี มีสมโชค และนางสาวชญาดา สุวรัชชุพันธุ์ นักโบราณคดีสำนักศิลปากรที่ 3 พระนครศรีอยุธยา และนายวีระศักดิ์ แสนสะอาด นักโบราณคดีอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ประสานงานการติดต่อขออนุญาตจากกรมศิลปากรและการเข้าเก็บข้อมูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พีระพัฒน์ สำราญ ผู้ชักชวนให้ผู้วิจัยได้เข้ามาสู่โลกของการอนุรักษ์ศิลปกรรมอย่างสมบูรณ์แบบ เป็นพี่เป็นเพื่อนผู้ช่วยเหลือให้กำลังใจและฉุดกระชากลากถูให้ผู้วิจัยเรียนจนจบ รวมทั้งเอื้อเฟื้อหนังสือและไฟล์ภาพงานคัดลอกภาพจิตรกรรมฝาผนัง

นายลินวัตร ธีระพงศ์รามกูร และบริษัท บานานา จำกัด เอื้อเฟื้อภาพประกอบของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุ

พี่ไพฑูรย์ เจ้าหน้าที่เฝ้าระวังของอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา และเจ้าหน้าที่ประจำวัดราชบูรณะ ที่อำนวยความสะดวก ดูแลความปลอดภัยและลงกรุด้วยกันแม้ภายในกรุจะมืดสนิทและมีเพียงแสงไฟจากมือถือ

คณาจารย์ในหลักสูตรที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือหลายด้าน รวมทั้งเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยหลายท่านโดยเฉพาะคุณหงสรถ อ่วมจุก รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่านและหน่วยงานที่เอ่ยนามไม่หมดในที่นี้

คุณความดีประการใดขอส่งเป็นแรงผลักดันให้เกิดกระบวนการอนุรักษ์ต่องานศิลปกรรมไทย ความผิดพลาดประการใดขอน้อมรับไว้เพียงผู้เดียว

กรรณิการ์ สุธีรัตนาภิรมย์

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา ..... 4

3. วิธีการศึกษา ..... 4

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 5

5. คำถามการวิจัย ..... 6

6. ข้อสมมติฐาน ..... 8

7. ข้อตกลงเบื้องต้น ..... 8

บทที่ 2 จิตรกรรมฝาผนังกับการอนุรักษ์ ..... 9

1. เทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 9

1.1 การวาดภาพบนผนังปูนที่ยังเปียกอยู่หรือยังไม่แห้ง (fresco) ..... 9

1.2 การวาดภาพบนผนังปูนแห้ง (a secco) ..... 12

1.3 การวาดภาพบนปูนชื้นหรือเกือบแห้งแล้ว (mezzo fresco) ..... 14

2. การควบคุมสภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะ (microclimate control) ..... 18

2.1. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ ..... 18


มหาวิทยาลัยศิลปากร

2.2 การควบคุมแสงในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ (luminous microclimate) ..... 20
3. สิ่งแวดล้อมกับการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนัง ..... 21
3.1 ความหมายของสิ่งแวดล้อม ..... 21
3.2 ประเภทของสิ่งแวดล้อม ..... 21
3.3 การเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังโดยสิ่งแวดล้อม ..... 22
3.3.1 สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ..... 22
3.3.2 สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ ..... 27
3.3.3 สาเหตุสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ..... 30
4. ตัวอย่างการศึกษาสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพในพื้นที่เฉพาะ ..... 31
4.1 กรณีศึกษาการอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสในประเทศฝรั่งเศส ..... 31
4.1.1 ถ้ำลาสโกสกับการอนุรักษ์ ..... 31
4.1.2 ผลสืบเนื่องจากประสบการณ์การอนุรักษ์ถ้ำลาสโกส ..... 36
4.2 กรณีศึกษาผลกระทบจากผู้เข้าชมจำนวนมากและสิ่งแวดล้อมในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic ประเทศเนเธอร์แลนด์ ..... 37
4.2.1 ประเด็นของปัญหา ..... 37
4.2.2 วิธีการศึกษา ..... 38
4.2.3 ผลการศึกษา ..... 40
4.2.4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ..... 41
บทที่ 3 วิธีการวิจัย ..... 42
1. การตรวจสอบและประเมินสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 42
2. การเก็บตัวอย่าง วิธีการ และเครื่องมือวิเคราะห์ ..... 42
2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity: RH) และอุณหภูมิ (temperature: T) ..... 43
2.2 คุณภาพของอากาศ ..... 45
2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ..... 46

2.4 เกลือและมูลค้างคาว ..... 46
2.5 ตัวอย่างของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 49
2.5.1 กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง ..... 49
2.5.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์ร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ ..... 49
บทที่ 4 กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะกับการอนุรักษ์ที่ผ่านมา ..... 51
1. ข้อมูลทั่วไปของวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ..... 51
1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต ..... 51
1.2 ประวัติวัดราชบูรณะ ..... 52
2. ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ..... 54
2.1 การค้นพบกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ..... 54
2.2 การอนุรักษ์ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะที่ผ่านมา ..... 59
3. สถานการณ์ปัจจุบันของของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะและภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 78
บทที่ 5 บทวิเคราะห์ ..... 88
1. การตรวจสอบและการประเมินการเสื่อมสภาพ ..... 88
1.1 ร่องรอยการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 88
1.2 สาเหตุการเสื่อมสภาพ ..... 93
1.2.1 สาเหตุจากมนุษย์ ..... 93
1.1.2 สาเหตุจากสัตว์และแมลง ..... 94
1.1.3 สาเหตุจากสภาพแวดล้อม ..... 95
1.3 เปรียบเทียบสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังในอดีตและปัจจุบัน ..... 96
2. ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ..... 103
2.1 การตรวจวัดในสภาพแวดล้อมแบบเปิด (สภาพเปิดกรุที่มีนักท่องเที่ยวเข้าออกโถงกลางตลอดทั้งวัน) ..... 103

2.2 การตรวจวัดในสภาพแวดล้อมแบบปิด (สภาพปิดกรุที่นักท่องเที่ยวไม่สามารถเดินเข้าไปด้านในพระปรางค์ได้) ..... 105
3. ผลการตรวจวัดคุณภาพของอากาศ ..... 107
4. ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ..... 110
5. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเกลือและมูลค้างคาว ..... 112
6. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 114
6.1 การวิเคราห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง ..... 114
6.2 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ ..... 116
6.2.1 ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 1 จำนวน 6 ตำแหน่ง ..... 117
6.2.2 ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 2 จำนวน 1 ตำแหน่ง ..... 119
6.2.3 ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 3 จำนวน 3 ตำแหน่ง ..... 120
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ..... 125
1. เทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 125
2. สาเหตุการเสื่อมสภาพ ..... 126
2.1 ค้างคาว ..... 126
2.2 ความชื้นและอุณหภูมิ ..... 127
2.3 ฝุ่นละออง ..... 127
2.4 ระบบไฟฟ้า ..... 128
3. แนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 129
4. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ..... 131
รายการอ้างอิง ..... 133
ภาคผนวก ..... 137
1. Area 1 ..... 137

2. Area 2 ..... 143

3. Area 3 ..... 146

ประวัติผู้เขียน ..... 148

# สารบัญตาราง

**หน้า**


ตารางที่ 1 คำถามการวิจัยและวิธีการตรวจสอบ ..... 6

ตารางที่ 2 เหตุการณ์สำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสที่ผ่านมา ..... 31

ตารางที่ 3 วิธีการทดสอบหาอนุมูล ..... 47

ตารางที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบเปิด ..... 104

ตารางที่ 5 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบปิด ..... 106

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา วันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ.2562 เวลา 10.00 - 13.00 น. ..... 108

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (Sulfur dioxide ($SO_2$)) ..... 110

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์หาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ..... 112

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาอนุมูล Carbonate ($CO_3^{2-}$), Phosphate ($PO_4^{3-}$), Sulfate ($SO_4^{2-}$) Nitrate ($NO_3^-$) ตัวอย่างเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง และมูลค้างคาวจากโถงกลาง ..... 112

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่างและมูลค้างคาวจากโถงกลาง ..... 113

ตารางที่ 11 ตำแหน่งของตัวอย่าง AREA 1 ที่วิเคราะห์ด้วย EDS ..... 117

ตารางที่ 12 องค์ประกอบของตัวอย่าง AREA 1 วิเคราะห์โดย SEM-EDS ..... 118

ตารางที่ 13 องค์ประกอบของ AREA 2 - Selected Area 3 วิเคราะห์โดย SEM-EDS ..... 119

ตารางที่ 14 องค์ประกอบของตัวอย่าง AREA 2 วิเคราะห์โดย SEM-EDS ..... 121

ตารางที่ 15 การอภิปรายผลการวิจัย ..... 123

# สารบัญภาพ

**หน้า**


ภาพที่ 1 กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ..... 8

ภาพที่ 2 ด้านตัดของผนังที่วาดด้วยเทคนิคการวาดภาพบนผนังปูนเปียก ..... 10

ภาพที่ 3 กระบวนการคาร์บอเนชั่นคือเกิดชั้นคาร์บอเนตที่ผิวหน้า ..... 11

ภาพที่ 4 ภาพจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนเปียก เมืองปอมเปอี สมัยโรมัน ..... 11

ภาพที่ 5 การซ่อมภาพ Fresco “The Fall and Expulsion of Adam and Eve” ..... 12

ภาพที่ 6 ภาพคัดลอกจากภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในคูหาเจดีย์หมายเลข 33 ..... 13

ภาพที่ 7 ภาพวาดจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนแห้งในโบสถ์ St Just in Penwith Parish Church ..... 13

ภาพที่ 8 “Conversion of Saint Paul” วาดโดยมิเกลันเจโล ประมาณปี ค.ศ.1542-1545 ..... 14

ภาพที่ 9 ภาพที่วาดด้วยเทคนิคปูนเปียกจะเห็นชั้นสีและชั้นปูนแยกชั้นจากกันแต่จะเห็นการผสมผสานระหว่างชั้นสีและปูน ส่วนภาพที่วาดด้วยเทคนิคปูนแห้งจะเห็นชั้นสีและชั้นปูนฉาบ ..... 15

ภาพที่ 10 ตัวอย่างภาพด้านตัดของภาพจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนเปียกจากการวิเคราะห์ ..... 16

ภาพที่ 11 ขั้นตอนขณะเขียนสีลงบนผนังปูนเปียก ..... 17

ภาพที่ 12 ตัวอย่างของกราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (ภาพซ้าย) และความชื้นสัมพันธ์ (ภาพขวา) ..... 19

ภาพที่ 13 ตัวอย่างของการวัดค่าแสงสว่างภายในห้องจัดแสดงของพิพิธภัณฑ์ภูมิภาคของเมสสิน่า (Regional Museum of Messina) ประเทศอิตาลี ..... 20

ภาพที่ 14 ความเสียหายจากเกลือบนผนังพระอุโบสถ วัดกำแพง ..... 24

ภาพที่ 15 คราบเกลือที่พบบนผนังพระอุโบสถวัดกำแพง ..... 24

ภาพที่ 16 ผนังภายนอกที่เสื่อมสภาพจากเกลือ ..... 24

ภาพที่ 17 ร่องรอยของแมลงที่เกาะอยู่บนผิวภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 28

ภาพที่ 18 ตู้ อุปกรณ์ต่าง ๆ วางติดกับภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 29

ภาพที่ 19 การต่อวงจรไฟฟ้าติดกับภาพจิตรกรรมฝาผนัง ..... 29

ภาพที่ 20 ตัวอย่างของเชื้อราสีขาวชนิด “fusarium solani” (ซ้าย) และเชื้อราสีดำชนิด “melanised fungi” (ขวา) พบเป็นจำนวนมากบนพื้นและผนังใน พ.ศ.2544 ..... 32
ภาพที่ 21 โครงการลาสโกส 2 สร้างขึ้นเพื่อจำลองถ้ำและภาพเขียนสีในถ้ำลาสโกส ..... 32
ภาพที่ 22 โครงการลาสโกส 4 จัดตั้งพิพิธภัณฑ์ขนาดใหญ่เพื่อให้ความรู้ด้านโบราณคดี ..... 33
ภาพที่ 23 ถ้ำลาสโกสจำลองของโครงการลาสโกส 4 ..... 33
ภาพที่ 24 แผนผังอาคารและการจัดแสดงในโครงการลาสโกส 4 ..... 34
ภาพที่ 25 ลักษณะของอาคาร Our Lord in the Attic และสภาพภายใน ..... 38
ภาพที่ 26 ภายในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic เมืองอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ ..... 39
ภาพที่ 27 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (ภาพซ้าย) และความชื้นสัมพันธ์ (ภาพขวา) วัดโดย Datalogger 39
ภาพที่ 28 อุปกรณ์ Datalogger ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT330 USB สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ .. 43
ภาพที่ 29 การตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยอุปกรณ์ Datalogger บริเวณกรุชั้นล่าง 44
ภาพที่ 30 การตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยอุปกรณ์ Datalogger บริเวณกรุชั้นบน 44
ภาพที่ 31 เครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI ที่ใช้วัดค่าฝุ่นละอองในอากาศ ..... 45
ภาพที่ 32 ขณะตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในกรุชั้นล่าง (ซ้าย) และกรุชั้นบน (ขวา) ..... 46
ภาพที่ 33 บริเวณที่เก็บตัวอย่างเกลือ ผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง ..... 48
ภาพที่ 34 เกลือบนภาพจิตรกรรมฝาผนัง ผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง ..... 48
ภาพที่ 35 ตัวอย่างมูลสัตว์ที่ใช้การวิเคราะห์ ..... 48
ภาพที่ 36 ตัวอย่างภาพจิตรกรรมฝาผนังจากกรุชั้นล่างและการเตรียมชิ้นงาน ..... 50
ภาพที่ 37 ขณะวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ..... 50
ภาพที่ 38 ตำแหน่งวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ..... 51
ภาพที่ 39 แผนผังวัดราชบูรณะ ..... 52
ภาพที่ 40 พระปรางค์วัดราชบูรณะ โดยพระพรหมวิจิตรเขียนบอกชื่อไว้ ..... 53
ภาพที่ 41 รูปแบบของพระปรางค์ ผังพื้น และรูปด้านตัด ..... 56
ภาพที่ 42 แผนผังที่ตั้งของกรุห้องที่ 2 วาดในปี พ.ศ.2500 ปัจจุบันคือส่วนหนึ่งของกรุชั้นล่าง ..... 57

ภาพที่ 43 ผนังด้านตัดของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ..... 58
ภาพที่ 44 ทางลงสู่กรุชั้นล่าง เสริมความมั่นคงโดยใช้ซีเมนต์ก่อ ภาพจากการสำรวจปี พ.ศ.2522 ... 59
ภาพที่ 45 แผนผังการวาดภาพกรุชั้นล่าง จากการสำรวจปี พ.ศ.2522 ..... 60
ภาพที่ 46 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นบน ..... 61
ภาพที่ 47 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นบน ..... 61
ภาพที่ 48 องค์เทพยดา กรุชั้นบน ..... 62
ภาพที่ 49 องค์อดีตพุทธ กรุชั้นบน ..... 62
ภาพที่ 50 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันตก ภาพชั้นบนสุด กรุชั้นล่าง ..... 63
ภาพที่ 51 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศเหนือ ภาพชั้นบนสุด กรุชั้นล่าง ..... 63
ภาพที่ 52 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศเหนือ ภาพชั้นบนสุด กรุชั้นล่าง ..... 64
ภาพที่ 53 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 64
ภาพที่ 54 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 65
ภาพที่ 55 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นล่าง ..... 65
ภาพที่ 56 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง ..... 66
ภาพที่ 57 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 66
ภาพที่ 58 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 67
ภาพที่ 59 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 67
ภาพที่ 60 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง ..... 68
ภาพที่ 61 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง ..... 68
ภาพที่ 62 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศเหนือ กรุชั้นล่าง ..... 69
ภาพที่ 63 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง ..... 69
ภาพที่ 64 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง ..... 70
ภาพที่ 65 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง ..... 70
ภาพที่ 66 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง ..... 71

ภาพที่ 67 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 71
ภาพที่ 68 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 72
ภาพที่ 69 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง ..... 72
ภาพที่ 70 ความชำรุดของปูนและปูนจับขอบ ผนังกรุชั้นบน ..... 73
ภาพที่ 71 ความชื้นที่ขึ้นผิวจิตรกรรม ผิวปูน และศิลาแลง เป็นคราบฝ้า คราบเกลือ กรุชั้นบน ..... 74
ภาพที่ 72 ความชื้นที่ขึ้นผิวจิตรกรรม ผิวปูน และศิลาแลง เป็นคราบฝ้า คราบเกลือ กรุชั้นบน ..... 74
ภาพที่ 73 ชั้นสีโป่งพองและสีชีดจาง จิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ..... 75
ภาพที่ 74 ชั้นสีโป่งพองและสีชีดจาง จิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ..... 75
ภาพที่ 75 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นสีโป่งพองและสีชีดจาง. 76
ภาพที่ 76 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นสีโป่งพองและสีชีดจาง. 76
ภาพที่ 77 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นปูน ..... 77
ภาพที่ 78 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นปูน ..... 77
ภาพที่ 79 (ซ้าย) พระปรางค์ประธานวัดราชบูรณะ ..... 78
ภาพที่ 80 (กลาง) โถงกลาง พื้นเป็นช่องระบายอากาศแต่เดิมเคยเป็นช่องที่คนร้ายขุดกรุ ..... 78
ภาพที่ 81 (ขวา) มุมมองจากโถงกลางมองไปด้านนอก ..... 78
ภาพที่ 82 ภาพถ่ายบริเวณกรุชั้นบนหรือกรุบริวารในมุมต่าง ๆ ..... 79
ภาพที่ 83 มีพัดลมระบายอากาศจากกรุชั้นล่างมาที่กรุชั้นบน ..... 79
ภาพที่ 84 ผนังด้านทิศเหนือ ตะวันออก ใต้ และตะวันตก ของกรุชั้นบน ..... 80
ภาพที่ 85 ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุชั้นล่าง ..... 81
ภาพที่ 86 นักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้าไปเยี่ยมชมกรุพระปรางค์ในวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ.2561 .... 82
ภาพที่ 87 ประตูปิดไม่เปิดให้เข้าชม ระหว่างพฤศจิกายน 2561 - มีนาคม 2562 ..... 83
ภาพที่ 88 ระบบไฟฟ้าขัดข้องทำให้แสงสว่างและระบบระบายไม่ทำงาน ..... 83
ภาพที่ 89 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศเหนือ ..... 89
ภาพที่ 90 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศตะวันออก ..... 90

ภาพที่ 91 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศใต้ ..... 91
ภาพที่ 92 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศตะวันตก ..... 92
ภาพที่ 93 บุคคลภายนอกเข้ามาตั้งเครื่องบูชาภายในกรุ ..... 93
ภาพที่ 94 แสงไฟฉายไปที่ภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยตรง สายไฟและปลั๊กไฟที่วางไม่เป็นระเบียบ .... 94
ภาพที่ 95 คราบงูและคราบกิ้งกือบริเวณทางลงบันไดไปยังกรุชั้นล่าง ..... 94
ภาพที่ 96 ฝุ่นเกาะหนาอยู่ทั่วบริเวณ ..... 95
ภาพที่ 97 คราบเกลือบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นล่าง ..... 95
ภาพที่ 98 รายละเอียดของภาพและความคมชัดของลายเส้นภาพจิตรกรรมที่น้อยลงไปจากเดิม ..... 97
ภาพที่ 99 การเกิดเกลือตำแหน่งซ้ำ ๆ ถึงแม้มีการซ่อมแซมด้วยการผนึกชั้นปูนแล้วก็ตาม ..... 98
ภาพที่ 100 รายละเอียดของภาพและความคมชัดของลายเส้นภาพจิตรกรรมที่น้อยลงไปจากเดิม ... 99
ภาพที่ 101 สีซีดจางและหายไปบางส่วน ..... 100
ภาพที่ 102 คราบดำเปื้อนบนผิวจิตรกรรม ..... 101
ภาพที่ 103 สีซีดจางและหายไปบางส่วน ..... 102
ภาพที่ 104 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างในสภาพแวดล้อมแบบเปิด.... 104
ภาพที่ 105 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างในสภาพแวดล้อมแบบปิด..... 106
ภาพที่ 106 ผลการการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM10 ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ .... 109
ภาพที่ 107 ผลการการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM2.5 ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ... 109
ภาพที่ 108 ตัวอย่างที่ 1 แสดงให้เห็นชั้นสีแดงแยกตัวกับชั้นปูนฉาบ ..... 114
ภาพที่ 109 ตัวอย่างที่ 2 ลำดับชั้นของภาพตัดของภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยกล้องจุลทรรศน์ ..... 115
ภาพที่ 110 ลำดับชั้น (layers) ของการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง วิเคราะห์ผ่านวิธี SEM ..... 116
ภาพที่ 111 ตำแหน่งวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 1 จำนวน 6 ตำแหน่ง ..... 117
ภาพที่ 112 ตำแหน่งวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 2 - Selected Area 3 ..... 119
ภาพที่ 113 ตำแหน่งวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 3 - Selected Area 1-3 ..... 120
ภาพที่ 114 สารสีอยู่ปะปนกับดินสอพอง ..... 122

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัดราชบูรณะ เป็นโบราณสถานสำคัญตั้งอยู่ภายในเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยา วัดราชบูรณะสร้างในรัชสมัยของสมเด็จพระบรมราชาธิราชที่ 2 (เจ้าสามพระยา) ประมาณ พ.ศ.1967 ในบริเวณพื้นที่ถวายพระเพลิงศพของเจ้าอ้ายพระยาและเจ้ายี่พระยา พระเชษฐาของพระองค์ที่สิ้นพระชนม์ภายหลังกระทำยุทธหัตถีเพื่อแย่งชิงพระราชสมบัติของสมเด็จพระนครินทราธิราชพระราชบิดา (กรมศิลปากร, 2504: 4 - 5)

กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นห้องขนาดเล็กที่อยู่ภายในองค์พระปรางค์ประธานของวัดราชบูรณะ มีลักษณะเป็นกรุปิดตาย กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะค้นพบใน พ.ศ.2499 เมื่อมีกลุ่มคนร้ายได้ลักลอบขุดกรุภายในพระปรางค์ประธานและได้พบของมีค่าจำพวกเครื่องทองเป็นจำนวนมาก ตำรวจได้เข้าตรวจสอบและยึดของกลางคืนได้ในพ.ศ.2500 (กรมศิลปากร, 2557: 25) จากการตรวจสอบพบว่าบริเวณที่กลุ่มคนร้ายได้ลักลอบขุดกรุนั้นอยู่ตรงศูนย์กลางภายในห้ององค์พระปรางค์ ภายหลังจากที่ตำรวจจับคนร้ายและเจ้าหน้าที่กรมศิลปากรได้สำรวจตรวจสอบเพิ่มเติม ทำให้ได้พบเครื่องทองเป็นจำนวนมาก เช่น เครื่องราชูปโภค พระพุทธรูปทองคำ พระเจดีย์แก้วผลึกเครื่องประดับทอง พระพิมพ์ สถูปทองคำ เป็นต้น (กรมศิลปากร, 2557: 29)

จากการศึกษาเพิ่มเติมในภายหลังพบว่า กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นกรุปิดตายไว้บรรจุเครื่องทองเป็นจำนวนมาก กรุนี้มีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยม ขนาด 1.4 x 1.4 x 2.75 เมตร กรุชั้นล่างหรือกรุประธานอยู่ภายในฐานของพระปรางค์ประธานมีจิตรกรรมฝาผนังที่เขียนมาพร้อมกับองค์พระปรางค์ มีอายุราวสมัยอยุธยาตอนต้น (เสมอชัย พูลสุวรรณ, 2539: 43) เพดานกรุด้วยแผ่นหิน ผนังด้านข้างโบกปูนและมีจระนัมประจำอยู่ทั้งสี่ด้าน ภายในกรุทั้งสี่ด้านและเพดานด้านบนมีภาพเขียนสีปิดทองเต็มทั้งพื้นที่

ภายในกรุชั้นล่างส่วนเหนือจระนำ มีภาพเขียนสีแบ่งออกเป็นสี่แถว แถวบนสุดเขียนภาพพระอดีตพุทธเจ้าประทับนั่งบนพระรัตนบัลลังก์ภายใต้โพธิมณฑล เรียงเป็นแถวเดี่ยว 24 พระองค์ (ผนังละ 6 พระองค์) ที่ใต้พุทธบัลลังก์มีตัวอักษรบอกพระนามของพระพุทธเจ้าเหล่านั้น สองแถวถัดมาแสดงเรื่องราวพระพุทธประวัติหลายตอน แถวถัดมาแถวสุดท้ายเป็นภาพพระสาวก 80 รูป เพดานกรุเป็นภาพเขียนสีปิดทองบนพื้นสีแดงเป็นรูปวงกลมใหญ่และมีวงกลมขนาดเล็กกระจายอยู่โดยทั่วไป (เสมอชัย พูลสุวรรณ, 2539: 45 - 47)

กรุชั้นบนหรือกรุบริวาร มีภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งสี่ด้าน มีรูปแบบศิลปะแบบไทยปนจีน แสดงภาพเทวดาสวมมงกุฎช่อดอกไม้อยู่ในพระหัตถ์ และภาพบุคคลแสดงออกในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป

ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะแห่งนี้มีคุณค่าสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งเป็นภาพจิตรกรรมที่ใช้สื่อความหมายในเชิงสัญลักษณ์ร่วมกับองค์พระปรางค์ประธานและเครื่องทองที่บรรจุภายใน ภาพจิตรกรรมฝาผนังในสมัยอยุธยาตอนต้นมีอยู่ไม่มากนักและภาพจิตรกรรมในที่แห่งนี้ยังมีสภาพสมบูรณ์ที่สุด เป็นที่น่าเสียดายเป็นอย่างยิ่งหากจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเลือนหายไปโดยไม่สามารถนำกลับคืนมาได้ กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าชมได้ทุกกรุ โดยสามารถเดินลงบันไดจากภายในองค์พระปรางค์ประธานไปยังกรุชั้นบนและลงบันไดต่อเนื่องไปยังกรุชั้นล่างได้ และในช่วงวันหยุดราชการและวันหยุดนักขัตฤกษ์จะมีผู้เข้าชมมากเป็นพิเศษทั้งจากนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างประเทศ

ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2561 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมระบบระบายอากาศและแสงไฟภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเกิดขัดข้อง ทำให้ภายในกรุมืดสนิทและไม่มีระบบการไหลเวียนอากาศซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้เข้าชม กรมศิลปากรจึงตัดสินใจปิดกรุ จากเหตุการณ์นี้พบว่าภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ อันเป็นโบราณสถานสำคัญของชาติที่บรรจุภาพจิตรกรรมฝาผนังสมัยอยุธยาตอนต้นที่หาดูได้ยากยิ่งยังไม่มีระบบการควบคุมและมาตรการการดูแลสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ทั้งระบบการควบคุมสภาพอากาศภายในกรุพระปรางค์และการควบคุมนักท่องเที่ยวที่ลงเข้าไปในกรุ ซึ่งมีผลทำให้จิตรกรรมฝาผนังเหล่านี้เสื่อมสภาพไปในเวลารวดเร็ว

จากการตรวจสอบและประเมินสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ พบว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังมีลักษณะเปื่อย ยุ่ย หลุดล่อน และมีคราบเกลือในบางบริเวณ โดยเฉพาะผนังด้านทิศใต้ มีเกลือขึ้นเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร และทำลายภาพจิตรกรรมไปบางส่วนแล้ว นอกจากนั้นยังมีฝุ่นติดบนภาพจิตรกรรมและพื้น เมื่อเข้าไปภายในกรุชั้นล่างจะหายใจลำบากและสัมผัสได้ว่ามีฝุ่นทั่วบริเวณทั้งติดกับผนัง พื้น ราวบันได และในอากาศ และยังมีสัตว์ต่าง ๆ โดยเฉพาะค้างคาวอาศัยอยู่ในโถงภายในพระปรางค์เป็นจำนวนมาก ทำให้บริเวณโถงกลางและภายในกรุมีมูลค้างคาวเป็นจำนวนมากและส่งกลิ่นไปทั่วบริเวณ

เนื่องด้วยกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นกรุที่ปิดตายมาตั้งแต่แรก หากนับตั้งแต่ที่มีกลุ่มคนร้ายได้เข้าไปขุดกรุขโมยของมีค่าออกไปและต่อมาได้เปิดกรุให้นักท่องเที่ยวเยี่ยมชมโดยเสรี ประกอบกับปริมาณนักท่องเที่ยวที่เข้าชมกรุเป็นจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี นับเป็นเวลาล่วงมา 60 ปีแล้วที่ยังไม่เคยมีการศึกษาใดที่อธิบายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น มลภาวะทางอากาศ และมูลสัตว์ ฯลฯ ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะแห่งนี้ และจากการตรวจสอบประเมินสภาพเบื้องต้นก็ได้พบร่องรอยของการเสื่อมสภาพ

ของจิตรกรรมฝาผนัง ซึ่งปัจจัยสำคัญของการเสื่อมสภาพก็น่าจะเกิดมาจากการสิ่งแวดล้อมที่ไม่เคยมีการควบคุมและป้องกันอย่างเหมาะสม

ลักษณะของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ เป็นพื้นที่ที่มีขอบเขตกั้น ซึ่งมีสภาพอากาศในระบบปิด หรือเรียกโดยสากลว่า “สภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะ (microclimate)” ในต่างประเทศมีการศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้แหล่งโบราณคดี แหล่งศิลปกรรมหรือโบราณสถานในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะเสื่อมสภาพ เช่น การศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในสุสานตุตันคาเมน โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันอนุรักษ์เกตตี้ (The Getty Conservation Institute) และกระทรวงโบราณวัตถุของอิยิปต์ (Egypt’s Ministry of Antiquities) เพื่อศึกษาและเข้าใจสภาพแวดล้อมที่ทำให้โบราณสถานเสื่อมสภาพ และหาทางในป้องกันและซ่อมแซมเพื่อไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายอย่างรวดเร็วจนเกินกว่าจะควบคุมได้ (Wong Loriet, al., 2017) การศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมดังกล่าวจึงทำให้เกิดการตัดสินใจที่จะกั้นเขตในการเข้าถึงสุสานตุตันคาเมน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผู้เข้าชมที่มีมากเกินไปจนเกินกว่าจะระบายได้ทันและเพื่อป้องกันการสัมผัสภาพจิตรกรรมฝาผนังภายใน

และการศึกษาที่น่าสนใจอีกชิ้นหนึ่ง คือ การตรวจสอบผลกระทบของผู้เยี่ยมชมจำนวนมากที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมของวัตถุพิพิธภัณฑ์ในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic เมืองอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาพแวดล้อมของสภาพอากาศและมลภาวะของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของวัตถุพิพิธภัณฑ์ โดยมีการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น มลภาวะอากาศตลอดทั้งปี และนำข้อมูลค่าเฉลี่ยมากที่สุดและน้อยที่สุดระหว่างวัน เดือน ปี ในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลกระทบต่อความเสียหายต่อวัตถุพิพิธภัณฑ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต จากการตรวจสอบพบว่าความชื้นมีผลกระทบมากที่สุดเนื่องจากไม่มีการควบคุมความชื้นตลอดทั้งปี รวมทั้งระบบระบายอากาศที่ไม่เอื้อต่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ดังนั้นผลจากการวิจัยจึงนำไปสู่การออกแบบการป้องกันสภาพอากาศที่มีผลกระทบต่อวัตถุภายในพิพิธภัณฑ์ต่อไป (Shin Maekawaet, al., 2007)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ โดยศึกษาสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพของอากาศ และตรวจสอบสาเหตุและร่องรอยการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์ ได้แก่ ตรวจสอบเกลือ และองค์ประกอบของชั้นปูนและสี การศึกษาวิจัยนี้จะทำให้ทราบว่าสิ่งแวดล้อมใดที่ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะชำรุดและเสื่อมสภาพ ซึ่งจะสามารถนำไปสู่การควบคุมสภาพแวดล้อมและการป้องกันเพื่อไม่ให้จิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเกิดการเสื่อมสภาพที่รวดเร็วเกินกว่าจะควบคุมได้ต่อไป

**2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

2.1 เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และมลภาวะทางอากาศที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

2.2 เพื่อตรวจสอบร่องรอยการเสื่อมสภาพและประเมินสาเหตุของการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

2.3 เพื่อเสนอแนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ

**3. วิธีการศึกษา**

3.1 ทบทวนผลการศึกษาที่ผ่านมาและศึกษาเปรียบเทียบการเสื่อมสภาพ โดยศึกษาจากการอนุรักษ์กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะและภาพกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะในอดีต

3.2 การตรวจสอบสภาพและประเมินภาพของจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ โดยตรวจสอบสภาพด้วยตาเปล่า แบบบันทึกการตรวจสอบสภาพ และบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพและการพรรณนา เพื่อนำสภาพปัจจุบันมาตรวจสอบกับภาพถ่ายในอดีต

3.3 การเก็บข้อมูลตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ได้แก่

3.3.1 การบันทึกค่าอุณหภูมิ (Temperature: T) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: RH) ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะบริเวณกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง โดยใช้อุปกรณ์ Datalogger เพื่อบันทึกสภาพความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยอัตโนมัติตลอดระยะเวลาที่กำหนด โดยเปรียบเทียบสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ

3.3.1.1 สภาพแวดล้อมแบบเปิด (สภาพเปิดกรุที่มีนักท่องเที่ยวเข้าออกโถงกลางตลอดทั้งวัน)

3.3.1.2 สภาพแวดล้อมแบบปิด (สภาพปิดกรุที่นักท่องเที่ยวไม่สามารถเดินเข้าไปในด้านในพระปรางค์ได้)

3.3.2 ตรวจวัดคุณภาพของอากาศเป็นการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) ด้วยเครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI เป็นเวลา 10 นาทีต่อตัวอย่าง โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศและขณะปิดระบบระบายอากาศ

3.3.3 ตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide ($SO_2$)) ในอากาศ จำนวน 4 ตำแหน่ง ได้แก่ 1)ภายนอกพระปรางค์ประธาน 2)ภายในพระปรางค์บริเวณโถงกลาง 3)ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นบน 4)ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นล่าง ใช้วิธีการวิเคราะห์ คือ Spectrophotometric Method โดยกลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กรมศิลปากร

3.3.4 เก็บตัวอย่างเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง และนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) วิเคราะห์หาอนุมูลด้วยการทดสอบหมู่ฟังก์ชั่น และธาตุองค์ประกอบหลักของเกลือ

ที่ละลายน้ำได้ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

3.3.5 เก็บตัวอย่างมูลสัตว์บริเวณโถงกลางในปริมาณ 2 ช้อนชา และนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) วิเคราะห์หาอนุมูลด้วยการทดสอบหมู่ฟังก์ชั่น และธาตุองค์ประกอบหลักของมูลค้างคาวด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

3.4 การเก็บข้อมูลตัวอย่างของจิตรกรรมฝาผนังและร่องรอยการเสื่อมสภาพและวิเคราะห์ได้แก่

3.4.1 การเก็บตัวอย่างเศษจิตรกรรมฝาผนัง เพื่อนำมาตรวจสอบองค์ประกอบภายในด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ 2 ชนิด ได้แก่

3.4.1.1 กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง (reflected light microscope)

3.4.1.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (scanning electron microscope with energy dispersive spectroscopy (SEM-EDS))

การตรวจสอบดังกล่าวจะทำให้เข้าใจลักษณะของโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีขององค์ประกอบภายในตัวอย่างจิตรกรรมฝาผนัง ที่จะช่วยอธิบายวิธีการสร้างภาพจิตรกรรมฝาผนัง และรวมถึงประเมินการเสื่อมสภาพของโครงสร้างภายในของตัวอย่างที่ไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

3.5 นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างและผลจากการวัดสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ มาประมวลและสังเคราะห์ เพื่ออธิบายผลกระทบของสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่มีผลการเสื่อมสภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3.6 สรุปผลการศึกษาและเสนอแนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

**4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

4.1 ทำให้ทราบถึงผลกระทบของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และมลภาวะทางอากาศที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

4.2 สามารถอธิบายที่มาการเกิดเกลือและนำไปสู่การแก้ไขที่ต้นเหตุ

4.3 ทำให้เข้าใจปูนและเทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์

4.3 ทำให้ได้แนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังที่อาจจะเกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อม

4.4 กรมศิลปากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาดังกล่าวไปใช้ในการวางแผนการป้องกันการเสื่อมสภาพในแหล่งศิลปกรรมได้ต่อไปในอนาคต

4.4 สามารถนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาตัวอย่างในการศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของโบราณสถาน แหล่งศิลปกรรม พิพิธภัณฑ์ หรือพื้นที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่อง

**5. คำถามการวิจัย**

การวิจัยได้มีคำถามการวิจัยและวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

ตารางที่ 1 คำถามการวิจัยและวิธีการตรวจสอบ

| ลำดับที่ | คำถามการวิจัย | วิธีการตรวจสอบ |
|---|---|---|
| 1 | ภาพจิตรกรรมฝาผนังในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะมีเทคนิคการวาดภาพในขณะที่ปูนยังเปียก (fresco) หรือไม่<br><br>คำถามนี้ ทำให้เข้าใจองค์ประกอบ เทคนิคการวาดและการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในส่วนที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า | 1. กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง<br>2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ |
| 2 | เกลือที่พบอยู่บนภาพจิตรกรรมฝาผนังเป็นเกลือที่มาจากแหล่งใด<br><br>คำถามนี้ ทำให้เข้าใจชนิดและองค์ประกอบของเกลืออันนำไปสู่ที่มาและสาเหตุของสิ่งแวดล้อมใดที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดเกลือ | 1. ตรวจสอบธาตุองค์ประกอบหลักของเกลือในห้องปฏิบัติการ<br>2. ตรวจสอบธาตุองค์ประกอบหลักของมูลสัตว์ในห้องปฏิบัติการ<br>3. ตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศโดยเก็บข้อมูลบริเวณภายนอกพระปรางค์ ภายในพระปรางค์ทั้งโถงกลาง กรุชั้นบน กรุชั้นล่าง และโถงกลาง |

| ลำดับที่ | คำถามการวิจัย | วิธีการตรวจสอบ |
|---|---|---|
| 3 | สิ่งแวดล้อมชนิดใดที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ<br><br>คำถามนี้ เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง | 1. การตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิภายในกรุพระปรางค์ทั้งกรุชั้นบนและกรุชั้นล่าง<br>2. การตรวจวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศ<br>3. การตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศ<br>4. การวิเคราะห์เกลือ<br>5. การวิเคราะห์มูลสัตว์ |
| 4 | ระบบระบายอากาศในปัจจุบัน สามารถระบายสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นและมลภาวะทางอากาศโดยเฉพาะฝุ่นละอองและมลภาวะภายในกรุพระปรางค์ได้อย่างเหมาะสมหรือไม่<br><br>คำถามนี้ เป็นการศึกษาว่าวิธีการลดสาเหตุการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังโดยสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเหมาะสมหรือไม่อย่างไร | 1. การเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในกรุชั้นบนและกรุชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ สภาพแวดล้อมแบบเปิดระบบระบายอากาศ และสภาพแวดล้อมแบบปิดระบบระบายอากาศ<br>2. ตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศ โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศ และสภาพแวดล้อมขณะปิดระบายอากาศ<br>3. การตรวจวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ |

**6. ข้อสมมติฐาน**

6.1 มูลค้างคาวเป็นสาเหตุของการเกิดเกลือที่ปรากฏอยู่ในผนังของภาพจิตรกรรมฝาผนัง อันมีสาเหตุมาจากค้างคาวที่อาศัยภายในห้องโถงกลางของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

6.2 ระบบระบายอากาศภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะบริเวณกรุชั้นบน ไม่เหมาะสมและไม่สามารถระบายสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ก๊าช และอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศออกไปได้ อันมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาเกลือตกผลึกจากความชื้นที่สะสมในอากาศและก๊าชชนิดต่าง ๆ ที่มาจากมูลค้างคาวและสภาพแวดล้อม

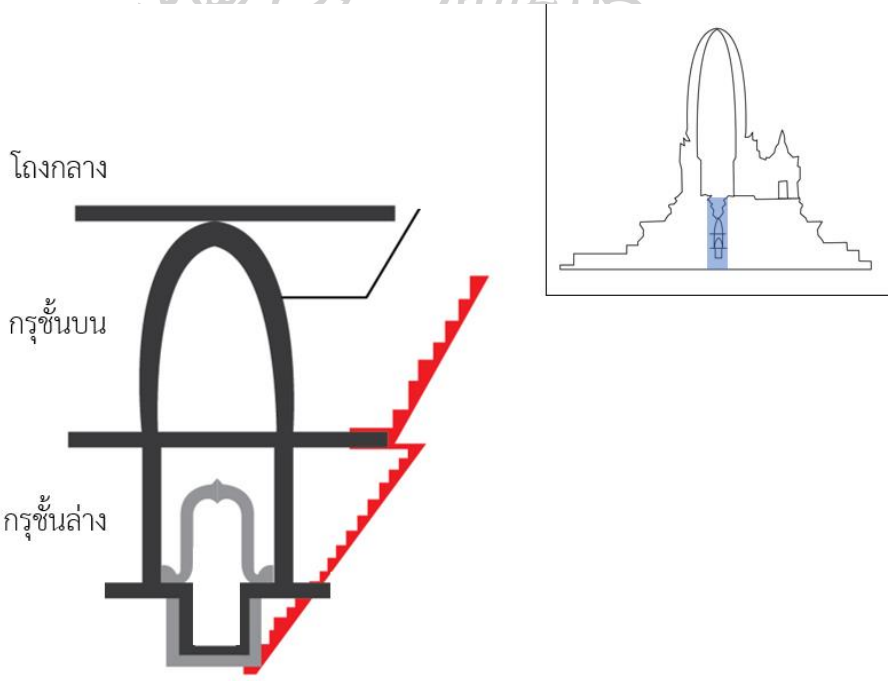
**7. ข้อตกลงเบื้องต้น**

ในการวิจัยนี้ ได้กำหนดชื่อใช้เรียกคูหาในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ดังนี้

โถงกลาง หมายถึง ห้องโถงกลาง ซึ่งจะเป็นส่วนแรกที่พบเมื่อเข้ามายังคูหาภายในองค์พระปรางค์ และมีทางเดินลงไปยังกรุชั้นบน

กรุชั้นบน หมายถึง คูหาชั้นที่อยู่ระหว่างโถงกลางและกรุชั้นล่าง

กรุชั้นล่าง หมายถึง คูหาชั้นล่างสุด




ภาพที่ 1 กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

# บทที่ 2
# จิตรกรรมฝาผนังกับการอนุรักษ์

กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นกรุในระบบปิด ภายในกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างมีภาพจิตรกรรมฝาผนังวาดประดับผนังทั้งสี่ด้าน ทั้งพดานของกรุชั้นล่าง เมื่อกาลเวลาผ่านไปภาพจิตรกรรมฝาผนังปรากฏร่องรอยการชำรุดเสียหาย ในบทนี้ จึงได้ทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องเทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง สภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะ และเหตุปัจจัยของการเสื่อมสภาพ โดยเฉพาะสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงกรณีศึกษาแหล่งศิลปกรรมและโบราณสถานแห่งอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

## 1. เทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง

มนุษย์รู้จักวิธีการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังมาช้านาน ดังปรากฏภาพจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนเปียกในสมัยโรมันมาตั้งแต่ราวศตวรรษที่ 8 ก่อนคริสตกาล ในช่วงเวลานั้นชาวโรมันได้พัฒนาเทคนิควิธีการเขียนภาพจิตรกรรมฝาผนังหลายวิธี เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนพัฒนามาจนใช้สืบเนื่องมาถึงสมัยปัจจุบัน การวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังในโลกมีเทคนิควิธีการเก่าแก่และยังเป็นที่รู้จักดังนี้

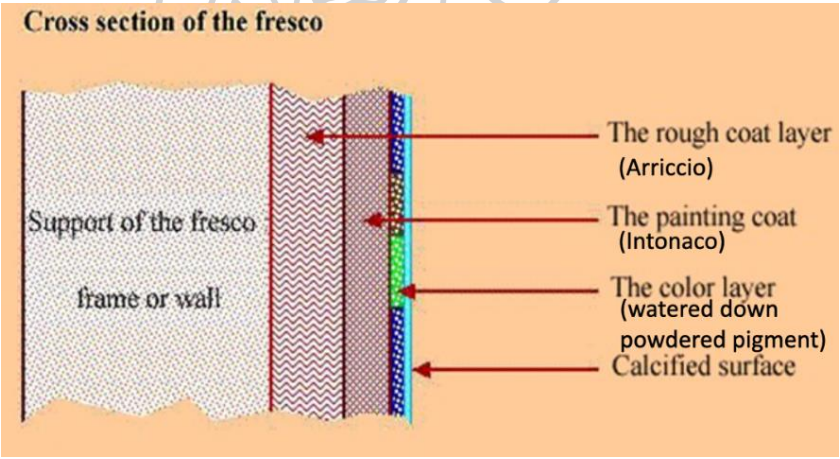
### 1.1 การวาดภาพบนผนังปูนที่ยังเปียกอยู่หรือยังไม่แห้ง (fresco)

fresco เรียกกันโดยทั่วไปว่าเทคนิคการวาดภาพบนผนังปูนเปียก หรือวิธีการวาดภาพลงบนผนังในขณะปูนฉาบยังไม่แห้ง หรือเมื่อฉาบปูน (lime mortar) ลงไปยังผิวผนัง ปูนจะยังไม่แห้งดี มีความเปียกหรือชื้นพอประมาณ และเมื่อวาดตวัดสีหรือลวดลายลงผนัง สียังเปียกและชื้นอยู่ทำให้สีซึมลงไปในผนังเริ่มเป็นเนื้อเดียวกับปูนที่ฉาบผนัง เมื่อผนังแข็งตัวสีจึงกลายเป็นเนื้อเดียวกับปูน โดยเทคนิคการวาดภาพบนผนังปูนเปียกแท้ ๆ เรียกว่า boun fresco เทคนิคนี้นิยมมากโดยเฉพาะในงานของมิเกลันเจโล (Michelangelo) และราฟาเอล (Raphael) เทคนิคดังกล่าวเกิดกระบวนการสำคัญ คือ กระบวนการคาร์บอเนชั่น (carbonation process) หรือการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อปูนยังไม่แห้ง ($Ca(OH)_2$) ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ในอากาศเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่มีลักษณะเป็นของแข็ง ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ (ภาพที่ 2 - 3)

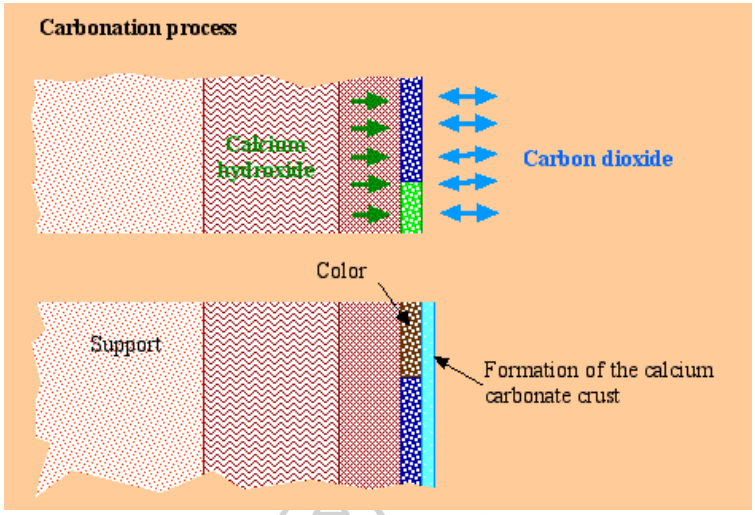
ในประเทศอิตาลีมีเทคนิคที่ใช้ปูนขาวฉาบบาง ๆ ชั้นสุดท้ายก่อนลงมือเขียนสี โดยเรียกชั้นปูนนั้นว่า intonaco คำว่า **intonaco** เป็นศัพท์ภาษาอิตาเลียน หมายถึง ปูนที่ฉาบบาง ๆ ชั้นสุดท้ายก่อนลงมือเขียนสีของภาพจิตรกรรมฝาผนัง เพื่อให้ปูนอมความชื้นก่อนลงมือเขียนสีลงไป ส่วนชั้นปูนที่

ฉาบก่อนหน้าเรียกว่า **arriccio** เป็นชั้นปูนที่หยาบกว่าเล็กน้อย เพื่อให้ intonaco เกาะตัวเมื่อฉาบทับ และชั้นนี้จะต้องแห้งสักสองสามวันก่อนที่ฉาบ intonaco ทับได้ นอกจากนั้น Intonaco ยังมีความหมายถึงปูนฉาบปกติหรือการฉาบกำแพงหรือผนังโดยทั่วไปด้วย

เทคนิคการวาดภาพบนปูนเปียกเช่นนี้ ภาพที่วาดจะยึดเกาะและผนึกลงบนปูน กลายเป็นเนื้อเดียวไปกับชั้นปูน จึงไม่ละลายน้ำ ทำให้มีความคงทนและมีความสดใส แต่ในขณะเดียวกันช่างวาดจะต้องใช้เวลารวดเร็วในการวาดเป็นอย่างมาก ไม่เช่นนั้นผนังปูนจะแห้งไปก่อนจะลงสีเสร็จ ในการซ่อมภาพจิตรกรรมบนปูนเปียกในช่วงยุคกลาง จึงนิยมใช้สีฝุ่นแต้มทับลงไปบนปูนที่แห้งแล้ว จึงเกิดเป็นชั้นของสีฝุ่นแบบแห้งที่เรียกว่าการเขียนแบบ secco หรือแบบการวาดลงบนปูนที่แห้งแล้วซ้อนทับไปบนภาพปูนเปียกอีกครั้งหนึ่ง ความคงทนของภาพบนปูนเปียกจะทนทานกว่าภาพบนปูนแห้งที่มาวาดทับภายหลัง ในการวาดภาพลงบนผนังของอาคารที่มีขนาดใหญ่มาก จึงใช้หลายเทคนิคปนกันไปมา เนื่องจากไม่สามารถวาดลงบนปูนเปียกได้อย่างเดียว ในปัจจุบันมีการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์ชั้นสี เทคนิคการวาดภาพ และการเสื่อมสภาพภายในวัสดุ




ภาพที่ 2 ด้านตัดของผนังที่วาดด้วยเทคนิคการวาดภาพบนผนังปูนเปียก
(ที่มาภาพ: Saint André, Atelier (2008), “Fresco technique summary,” Accessed 7 October 2020 https://www.atelier-st-andre.net/en/pages/technique/fresco_technique/fresco_technique_summary.html.)




ภาพที่ 3 กระบวนการคาร์บอเนชั่นคือเกิดชั้นคาร์บอเนตที่ผิวหน้า

(ที่มาภาพ: Saint André, Atelier. (2008), “Fresco technique summary,” Accessed 7 October 2020 https://www.atelier-st-andre.net/en/pages/technique/fresco_technique/fresco_technique_summary.html.)

ภาพที่ 4 ภาพจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนเปียก เมืองปอมเปอี สมัยโรมัน

(ที่มาภาพ: O'Hanlon, George. (2013), “History and Technique of Fresco Painting,” Accessed 7 October 2020 https://www.naturalpigments.com/artist-materials/history-technique-fresco-painting.)

ภาพที่ 5 การซ่อมภาพ Fresco “The Fall and Expulsion of Adam and Eve”
วาดโดยมิเกลันเจโลในโบสถ์ Sistine Chapel
ภาพนี้มีการซ่อมทับด้วยการวาดสีฝุ่นแบบแห้งในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18
การซ่อมในช่วง ค.ศ.1980 จึงมีการลบเอาสีฝุ่นที่วาดทับออก
(ที่มาภาพ: Colalucci. Gianluigi. (2016), “Michelangelo Buonarroti: Restoration of the Frescoes on the Vaulted Ceiling,” **Conservation Science in Cultural Heritage**, Vol16.)

**1.2 การวาดภาพบนผนังปูนแห้ง (a secco)**

a secco ในภาษาอิตาเลียนแปลว่าแห้ง secco จึงหมายถึง สภาพที่แห้ง หรือบางครั้งเรียกว่า fresco-secco เมื่อมาใช้ในการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังจึงเป็นเทคนิค **การวาดภาพจิตรกรรมแบบปูนแห้ง** หรือวิธีการวาดภาพลงบนผนังที่แห้งแล้ว โดยศิลปินจะใช้สีผสมกับสารยึดหรือ binder ที่ทำให้สีติดกับผนังเช่นไข่ขาว กาว หรือน้ำมัน เพื่อให้สียึดกับผนัง สีจะไม่ซึมลงไปเนื้อของผนังเหมือน fresco แต่สีจะติดอยู่บนผิวหน้าของผนังหรือบนชั้นรองพื้น

การวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังด้วยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ทำได้ไวกว่าวิธีอื่น ๆ และสามารถแก้ไขได้โดยง่าย นอกจากนั้น ศิลปินยังใช้การเขียนสีฝุ่นแบบแห้งช่วยการในการเขียนเพิ่มเติมภายหลังจาก fresco แห้งแล้ว เพื่อให้สีนั้นมีความหลากหลายและมีความสดใสมากขึ้น

ช่างจิตรกรไทย รู้จักเทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมลงบนปูนแห้งอย่างน้อยมาตั้งแต่สุโขทัยแล้ว ปรากฏภาพจิตรกรรมฝาผนังเกี่ยวกับพระพุทธศาสนาที่เก่าแก่ที่สุดปรากฏในวัดเจดีย์เจ็ดแถว จังหวัดสุโขทัย (ภาพที่ 6) นอกจากนั้นยังพบภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในคูหาพระปรางค์ประธานในสมัยอยุธยาตอนต้น เช่น กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ วัดพระราม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา คูหาพระปรางค์ประธาน วัดมหาธาตุ จังหวัดราชบุรี และพบภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในอาคารพระวิหาร พระอุโบสถในสมัยอยุธยาตอนปลายต่อเนื่องมาในสมัยรัตนโกสินทร์ตอนเป็นเรื่องราวสำคัญ เช่น ไตรภูมิ ภาพมารผจญ พุทธประวัติ เป็นต้น โดยนิยมเขียนภาพเนื่องในพุทธศาสนาเพื่อเป็นพุทธบูชา อันเป็นการแสดงพระธรรมคำสั่งสอนของพุทธศาสนาโดยนำเค้าโครงเรื่องมาจากคัมภีร์ทางพุทธศาสนา

เรื่องราวที่นิยมได้แก่ อดีตพุทธ พุทธประวัติ ชาดก จักรวาล ภาพปริศนาธรรม ภาพจิตรกรรมฝาผนังมักปรากฏอยู่ในผนังของอาคารทางพุทธศาสนา เช่น พระวิหาร พระอุโบสถ คูหาเจดีย์หรือพระปรางค์ พระระเบียง หรือในศาลา

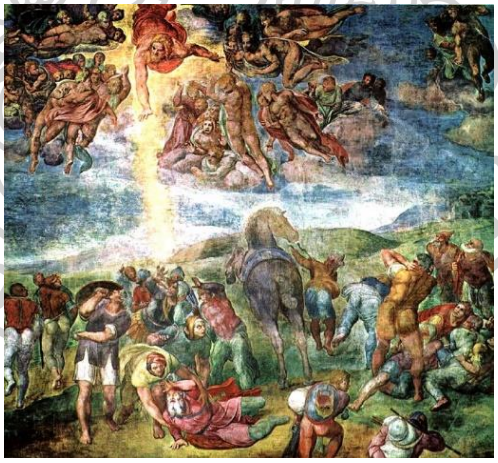
ภาพที่ 6 ภาพคัดลอกจากภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในคูหาเจดีย์หมายเลข 33
วัดเจดีย์เจ็ดแถว จังหวัดสุโขทัย โดย อ.เฟื้อ หริพิทักษ์
(ที่มาภาพ: สน สีมาตรัง (บรรณาธิการ), (2553). **100 ปี เฟื้อ หริพิทักษ์: ชีวิตและงาน** (กรุงเทพฯ: หอศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.)

ภาพที่ 7 ภาพวาดจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนแห้งในโบสถ์ St Just in Penwith Parish Church ประเทศอังกฤษ เป็นภาพเซนต์จอร์จกำลังต่อสู้กับมังกร เขียนขึ้นประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 15
(ที่มาภาพ: UK Genealogy Archives, “St Just in Penwith, Cornwall,” Accessed 5 October 2020 https://ukga.org/index.php?pageid=1627.)

**1.3 การวาดภาพบนปูนชื้นหรือเกือบแห้งแล้ว (mezzo fresco)**

การวาดภาพบนปูนชื้นหรือเกือบแห้งแล้วหรือที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า mezzo fresco หรือเรียกกันในอีกชื่อหนึ่งว่า faux fresco เป็นวิธีเก่าแก่วิธีหนึ่งในการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง เป็นเทคนิค**การวาดภาพจิตรกรรมแบบปูนชื้นหรือปูนที่เกือบแห้งแล้ว** เนื่องจากการวาดภาพในขณะที่ปูนยังเปียกอยู่นั้นจะต้องวาดอย่างเร่งด่วนเพื่อให้เสร็จทันก่อนปูนจะแห้ง ซึ่งทำได้ยากโดยเฉพาะกับผนังที่มีขนาดใหญ่ ศิลปินจึงได้ผสมผสานเทคนิคอื่นไปพร้อมกันด้วย เทคนิคดังกล่าวใช้มาแล้วตั้งแต่สมัยโรมันที่เมืองปอมเปอี และต่อมาในช่วงศิลปะอิตาเลียนเรอเนสซองค์เป็นที่นิยมในช่วงศตวรรษที่ 16 เช่น งานของมิเกลันเจโล (Michelangelo) และตีเอโปโล (Giovanni Battista Tiepolo) ด้วยเทคนิควิธีการนี้จะช่วยให้ศิลปินสามารถวาดภาพบนผนังที่มีขนาดใหญ่หรือภาพทิวทัศน์กว้างไกลที่มีรายละเอียดและใช้เวลานาน

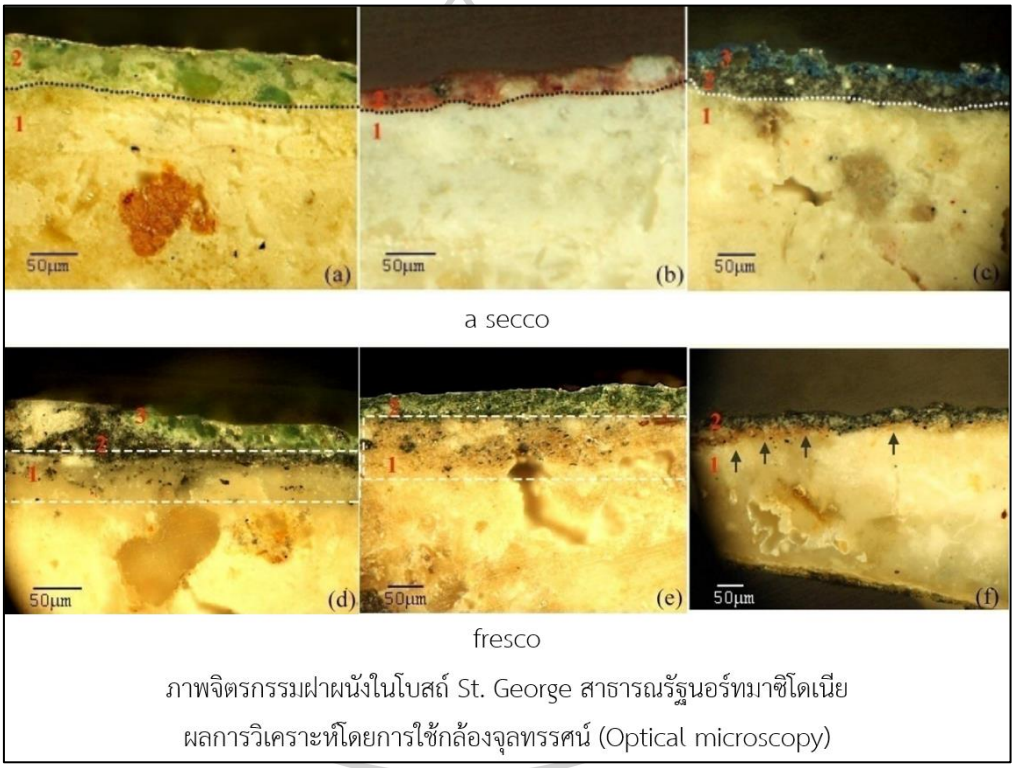
เทคนิควิธีการนี้จะเป็นการวาดบน intonaco ที่เกือบแห้งแล้ว พื้นผิวของชั้นวาดจะอยู่บนปูนที่มีความชื้น โดยชั้นสีจะซึมผ่านเล็กน้อยไม่มากเท่าบนปูนเปียก ภาพจิตรกรรมในอดีตจะมีการวาดทั้งสองเทคนิคจะรวมอยู่ด้วยกันในภาพเดียวกันเนื่องจากไม่สามารถวาดภาพจิตรกรรมที่อยู่บนผนังขนาดใหญ่เสร็จในขณะที่ปูนเปียกได้



**ภาพที่** 8 “Conversion of Saint Paul” วาดโดยมิเกลันเจโล ประมาณปี ค.ศ.1542-1545 วาติกัน อิตาลี เดิมเชื่อกันว่าภาพนี้เขียนโดยเทคนิคปูนเปียก แต่จากการอนุรักษ์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 – 2009 ทำให้ทราบว่ามิเกลันเจโลได้ใช้วิธีการเขียนภาพหลากหลายทั้งปูนเปียกปูนแห้งเพื่อเก็บรายละเอียดภาพในตอนท้าย

(ที่มาภาพ: Kuntz, Margaret. (2003) “Designed for Ceremony: The Cappella Paolina at the Vatican Palace.” **Journal of the Society of Architectural Historians** 62, 2: 228 - 255.)

อย่างไรก็ตาม ในแต่ละผนังอาจจะมีการเขียนภาพด้วยเทคนิคปูนเปียกหรือปูนแห้งหรือมีการผสมผสานหลายเทคนิคได้ในผนังเดียว เช่น ภาพจิตรกรรมฝาผนังในโบสถ์เซนต์จอร์จ สาธารณรัฐนอร์ทมาซิโดเนีย ใช้เทคนิคการวาดภาพทั้งปูนเปียกและปูนแห้งผสมผสานกันไป ดังผลการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและการวิเคราะห์ธาตุด้วยการวัดพลังงานของรังสีเอ็กซ์ ทำให้เห็นชั้นสีแยกตัวออกจากชั้นปูนอย่างชัดเจนในการวาดบนปูนที่แห้งแล้ว แต่ในภาพปูนเปียกจะเห็นเป็นชั้นตรงกลางที่มีการผสมผสานองค์ประกอบของปูนและชั้นสีที่เกิดจากกระบวนการคาร์บอเนชั่น (L. Robeva-Čukovska, Šijakova-Ivanova, T. and Živko K., 2017)




ภาพจิตรกรรมฝาผนังในโบสถ์ St. George สาธารณรัฐนอร์ทมาซิโดเนีย
ผลการวิเคราะห์โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ (Optical microscopy)

ภาพที่ 9 ภาพที่วาดด้วยเทคนิคปูนเปียกจะเห็นชั้นสีและชั้นปูนแยกชั้นจากกันแต่จะเห็นการผสมผสานระหว่างชั้นสีและปูน ส่วนภาพที่วาดด้วยเทคนิคปูนแห้งจะเห็นชั้นสีและชั้นปูนฉาบแยกชั้นอย่างชัดเจน

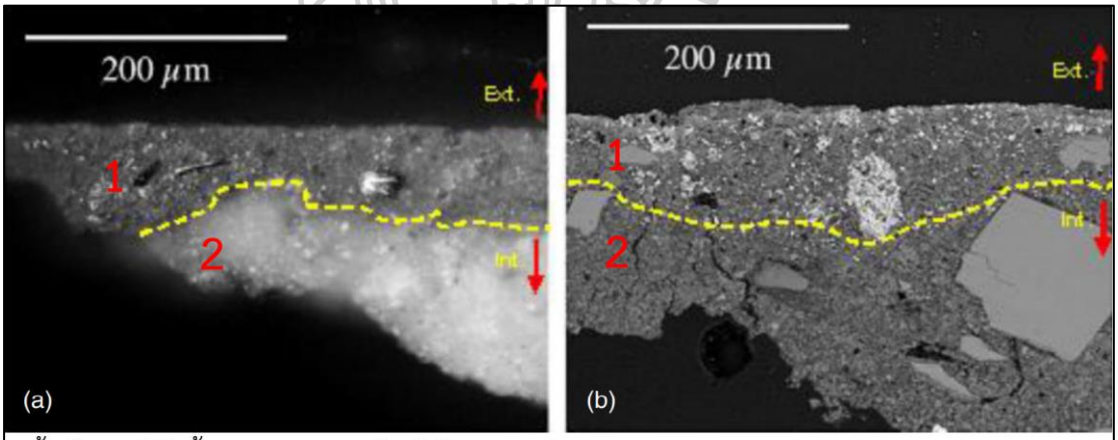
(ที่มาภาพ: Robeva-Čukovska, Lidija, Šijakova-Ivanova, Tena and Kokolanski, Živko. (2017), “Analytical Study of the XIV Century Wall Painting and Lime Mortar in the Sy. George Church in Storo Nagoricane, Republic of Mecedenia,”: 1 - 18.)

จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและการวิเคราะห์ธาตุด้วยการวัดพลังงานของรังสีเอ็กซ์ ในงานวิจัย (Horgnies Matthieuet, al., 2015) แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการวาดภาพแบบปูนเปียกจะพบ arriccio เป็นชั้นปูนที่หยาบ ต่อจากนั้นฉาบด้วย intonaco หรือปูนที่ฉาบบาง ๆ ชั้นสุดท้ายก่อนลงมือเขียนสีของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ชั้น arriccio จะมีผลึกปูนหยาบกว่าชั้น intonaco หรือกล่าวได้ว่าผนังด้านนอกจะมีเนื้อละเอียดกว่านั่นเอง ต่อจากนั้นจึงเขียนสี ซึ่งสีที่เขียนจะถูกดูดซึมลงไปในปูนชั้น intonaco ผ่านสามขั้นตอน คือ

1) การซ้อนทับของชั้น (superimposition of layer) คือ เมื่อแรกเขียนสีลงบน intonaco สีจะอยู่บนชั้นปูน intonaco

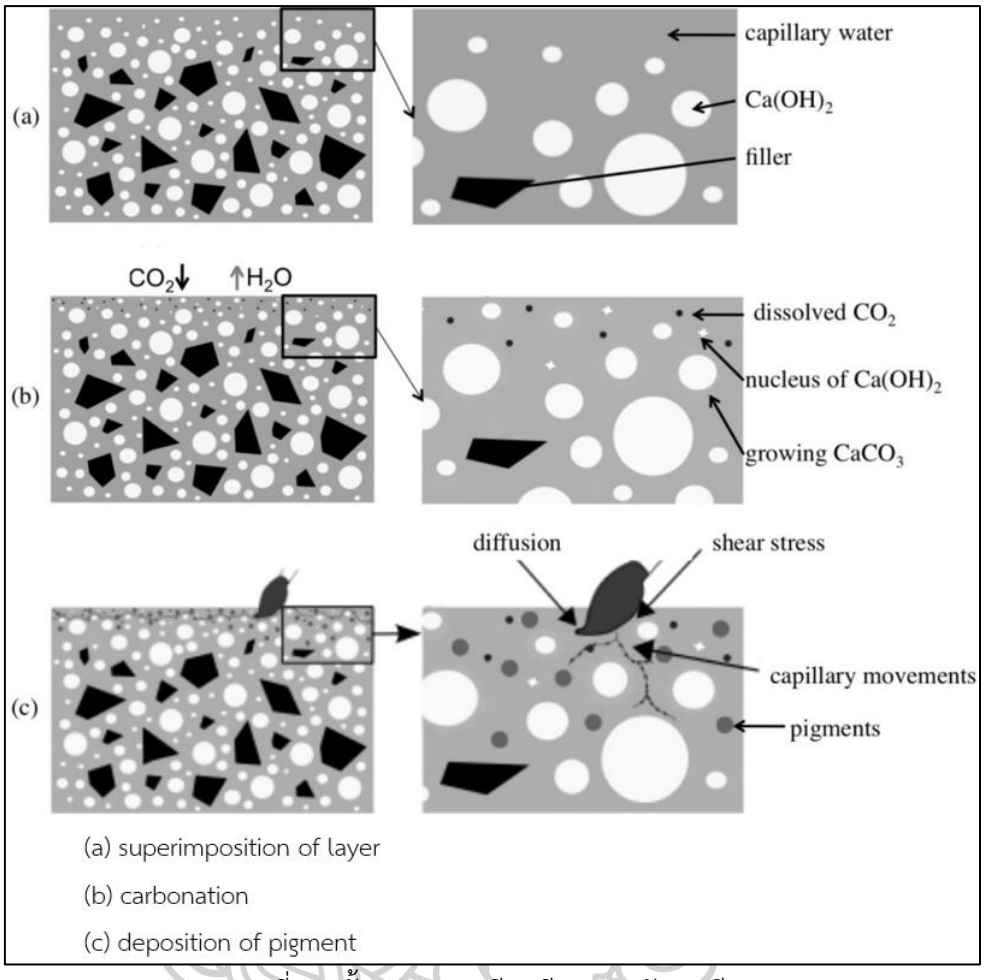
2) กระบวนการคาร์บอเนชั่น (carbonation) คือ เมื่อเขียนสีได้ในระยะเวลาหนึ่งแล้ว ปูนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ ค่อย ๆ แข็งตัวเกิดเป็นชั้นปูนคาร์บอเนต

3) การทับถมของชั้นสี (deposition of pigment) คือ แรงกดจากฝีแปรงจะทำให้สารสีแทรกตัวไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ของปูนได้ โดยสารสีจะกระจายตัวผ่านน้ำและทับถมในชั้น intonaco




1 ชั้นสีรวมอยู่กับชั้นปูน intonaco โดยไม่แยกจากกัน
2 ชั้นปูนฉาบ arriccio

ภาพที่ 10 ตัวอย่างภาพด้านตัดของภาพจิตรกรรมฝาผนังแบบปูนเปียกจากการวิเคราะห์ (ที่มาภาพ: Horgnies, Matthieu, Bayle, Marine, Gueit, Eléonore, Darque-Ceretti, Evelyne. and Aucouturier, Marc. (2015). “Microstructure and Surface Properties of Frescoes Based on Lime and Cement: the Influence of the Artist’s Technique,”: 354.)




ภาพที่ 11 ขั้นตอนขณะเขียนสีลงบนผนังปูนเปียก

(ที่มาภาพ: Horgnies, Matthieu, Bayle, Marine, Gueit, Eléonore, Darque-Ceretti, Evelyne. and Aucouturier, Marc. (2015). “Microstructure and Surface Properties of Frescoes Based on Lime and Cement: the Influence of the Artist’s Technique,”: 354, 358.)

**2. การควบคุมสภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะ (microclimate control)**

สภาพอากาศเฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง หรือ สภาพอากาศของพื้นที่เฉพาะที่กำหนดเอาไว้บริเวณใดบริเวณหนึ่งหรือในพื้นที่ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เป็นลักษณะของสภาพอากาศจำเพาะตามบริบทใดบริบทหนึ่งที่มีขอบเขตกั้น เช่น สภาพอากาศภายในกล่องจัดเก็บวัตถุ หรือสภาพอากาศภายในตู้จัดแสดงโบราณวัตถุ หรือสภาพอากาศภายในห้องใดห้องหนึ่ง

สภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะนี้เรียกกันโดยสากลว่า microclimate เป็นสภาพอากาศจำเพาะในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งพื้นที่บางแห่งอาจมีความชื้นสูงมาก หรือบางแห่งอาจมีอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลาก็ได้ ทั้งนี้สภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการอนุรักษ์งานศิลปกรรมมากกว่าสภาพอากาศภายนอกหรือในพื้นที่กลางแจ้ง กล่าวคือในขณะที่ภายนอกอาคารมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงหรือมีการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ แต่ในพื้นที่เฉพาะสามารถสร้างฉนวนหรือการป้องกันที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หรือสภาพอากาศให้คงที่หรือไม่ผกผันได้ ดังนั้นการบันทึกค่าสภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจะเป็นการประเมินประสิทธิภาพของอาคารหรือพื้นที่เฉพาะว่าสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพงานศิลปกรรมที่เกิดจากสภาพอากาศได้เหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

จะเห็นได้ว่า การศึกษาสภาพอากาศเฉพาะพื้นที่เฉพาะจึงมีความสำคัญและจำเป็นมากสำหรับงานอนุรักษ์วัตถุหรือศิลปกรรมที่อยู่ภายในพื้นที่นั้น ๆ ดังนั้นการตรวจวัดจึงจำเป็นต้องจำกัดขอบเขตพื้นที่และตั้งวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน และเข้าใจบริบทแวดล้อมที่ทำให้เกิดสภาพอากาศเช่นนั้น

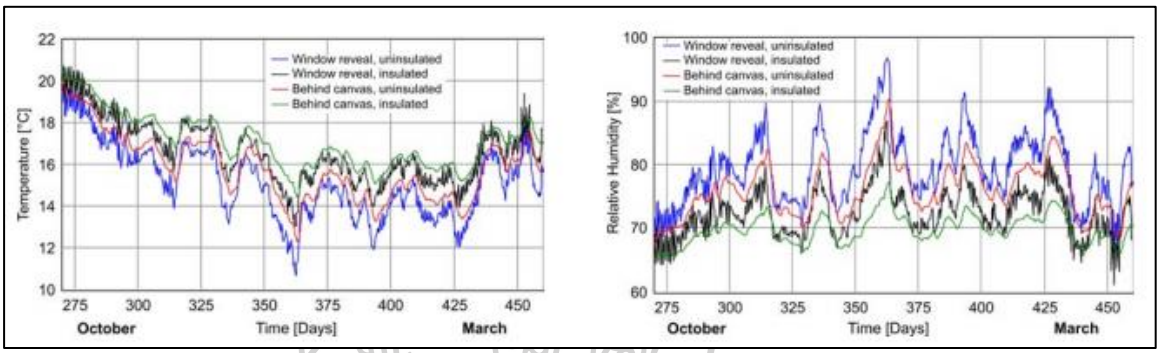
สิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่มีขอบเขตกั้น จึงหมายถึง การควบคุมสภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะ (microclimate control) ประกอบไปด้วยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ แสงสว่าง และคุณภาพอากาศ (Cannistraro Mauro and Guglielmino Cecilia., 2019: 1)

ในงานอนุรักษ์ นักอนุรักษ์หรือผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับพิพิธภัณฑ์หรือหอศิลป์จะต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการอนุรักษ์เชิงป้องกัน (Preventive Conservation) ซึ่งการควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของงานอนุรักษ์ (K. Poul. Larzen, 2007: 169) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะจะต้องเข้าใจการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และแสงสว่าง กล่าวคือ

**2.1. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ (thermo – hygrometric microclimate)**

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ หรือ Thermo – Hygrometric Microclimate เป็นพื้นฐานของการอนุรักษ์เชิงป้องกันและควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ จุดประสงค์ของการควบคุม คือ เพื่อทำให้ค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มี

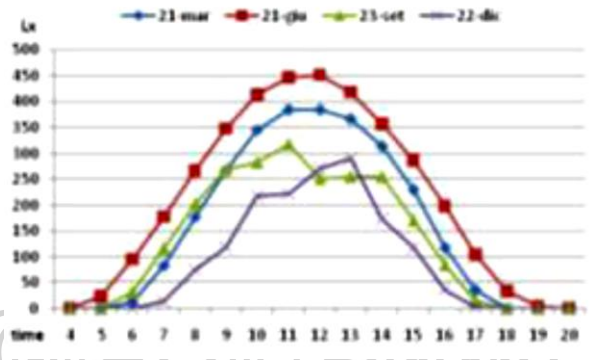
ความเสถียรหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Cannistraro Mauro and Guglielmino Cecilia., 2019: 3 - 5) โดยการวัดผลนั้นจะต้องวัดค่าอย่างต่อเนื่องอาจจะวัดในระดับความถี่รายชั่วโมง ตลอดทั้งวัน โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ดังนั้นการวัดจึงจำเป็นต้องหาค่าตามฤดูกาลหรือตลอดทั้งปี โดยการวัดนั้นใช้เครื่องมือบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ หรือที่เรียกว่า Datalogger เพื่อเก็บและบันทึกค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และนำมาวิเคราะห์ต่อไปได้




ภาพที่ 12 ตัวอย่างของกราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (ภาพซ้าย) และความชื้นสัมพันธ์ (ภาพขวา) วัดโดย Datalogger ในห้องจัดแสดงภาพ เปรียบเทียบบริเวณหน้าต่างและด้านหลังผ้าใบในบริเวณที่มีฉนวนกันความร้อนและไม่มีฉนวนกันความร้อน ภายในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติอัมสเตอร์อัม (Rjiksmuseum) ประเทศเนเธอร์แลนด์ (ที่มาภาพ: Krus, M, Rilian, Ralf. and Sedlbauer, K. (2007), “Mould Growth Prediction by Computational Simulation on Historic Buildings,” **Museum Microclimates, National Museum Denmark**: 188.)

**2.2 การควบคุมแสงในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ (luminous microclimate)**

การควบคุมแสงในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ หรือ Luminous Microclimate เป็นการควบคุมแสงที่ตกกระทบต่อวัตถุ โดยเฉพาะการควบคุมผลกระทบของรังสีที่แผ่ออกมาจากแสง (light radiation) โดยรังสีที่แผ่ออกมานั้นจะมีทั้งรังสีที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ รังสี UV รังสี IR และรังสีในช่วงที่มองเห็นได้หรือแสงสีขาว (visible radiation) ซึ่งแสงเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่องานศิลปกรรมเป็นอย่างยิ่งทั้งรังสีและความร้อนที่แผ่ออกมา ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังสูญเสียความชื้น แห้ง ซีดจาง กรอบ และอาจทำให้หลุดล่อนได้ง่าย ซึ่งจำเป็นต้องต้องมีการควบคุมแสงทั้งแสงจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ และแสงประดิษฐ์ที่เกิดจากหลอดไฟประเภทต่าง ๆ




ภาพที่ 13 ตัวอย่างของการวัดค่าแสงสว่างภายในห้องจัดแสดงของพิพิธภัณฑ์ภูมิภาคของเมสสิน่า (Regional Museum of Messina) ประเทศอิตาลี

(ที่มาภาพ: Cannistraro, Mauro and Guglielmino, Cecilia. (2019). “Considerations on the Thermo-hygrometric and Luminous Microclimate of a Museum Building. A Case Study Messina Museum,” : 2 1 9 .)

**3. สิ่งแวดล้อมกับการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนัง**

**3.1 ความหมายของสิ่งแวดล้อม**

“สิ่งแวดล้อม” ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542 และพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 หมายถึง “สิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ได้ทำขึ้น”

ดังนั้น สิ่งแวดล้อมจึงหมายถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่อย่างรอบตัว ทั้งสิ่งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ทั้งที่เป็นสิ่งที่เกิดจากธรรมชาติและสิ่งที่คนทำขึ้น เป็นสิ่งที่เกี่ยวโยงถึงกันและผลกระทบจากปัจจัยหนึ่งมีส่วนเสริมสร้างหรือทำลายปัจจัยอื่นอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ดังนั้นภาพจิตรกรรมฝาผนังซึ่งเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นจึงสามารถเสื่อมสภาพได้โดยเหตุปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม

**3.2 ประเภทของสิ่งแวดล้อม**

สิ่งแวดล้อม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

**3.2.1 สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ** เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น อากาศ ดิน น้ำ ความชื้น มนุษย์ เป็นต้น โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อย ได้แก่

1) สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ หรือสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต (abiotic environment) เป็นสิ่งแวดล้อมที่อาจจะมองเห็นหรือมองไม่เห็น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น น้ำ แสงแดด มลภาวะ ก๊าช ฝุ่นละออง เสียง เป็นต้น

2) สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ หรือสิ่งแวดล้อมที่มีชีวิต (biotic environment) เป็นสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น จุลินทรีย์ รวมไปถึงพืชและสัตว์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวของสิ่งที่มีชีวิต เช่น พืช สัตว์ มนุษย์

**3.2.2 สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น** เป็นสิ่งที่ได้จากทรัพยากรดั้งเดิมแล้วมนุษย์เป็นผู้ดัดแปลง ได้แก่

1) สิ่งแวดล้อมเชิงรูปธรรม หรือวัตถุ (physical environment) คือ สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์เปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองหรืออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต จับต้องได้และมองเห็นได้ เช่น อาคาร โบราณสถาน แสงไฟ อิฐ สีที่ใช้สร้างสรรค์ภาพ กรอบรูป เป็นต้น

2) สิ่งแวดล้อมเป็นนามธรรม หรือสังคม (social environment) คือ สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเป็นระเบียบแบบแผนทางสังคม เป็นสิ่งที่มองไม่เห็นและจับต้องไม่ได้ เช่น วัฒนธรรม ประเพณี การเมือง ศาสนา กฎหมาย รวมทั้งนวัตกรรมต่าง ๆ ที่มนุษย์พัฒนาขึ้นมา

**3.3 การเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังโดยสิ่งแวดล้อม**

การเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในประเทศไทย เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ดังนี้

**3.3.1 สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ**

สิ่งแวดล้อมทางกายภาพเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังไทยมีชำรุดและเสื่อมสภาพไป สามารถจำแนกสาเหตุจากสิ่งแวดล้อมที่มักพบบ่อยในงานจิตรกรรมฝาผนังไทย
ได้ดังนี้

**3.3.1.1 ความชื้นและน้ำ**

ความชื้นและน้ำเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ความชื้นมาจากน้ำฝนที่ตกลงมาโดยเฉพาะในช่วงหน้าฝน มาจากน้ำใต้ดินและไอน้ำในบรรยากาศ ความชื้นและน้ำยังเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของสัตว์ แมลงและจุลินทรีย์ต่าง ๆ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 75% นอกจากนั้นความชื้นยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดรา โดยเฉพาะในช่วงหน้าฝน รามีส่วนสำคัญที่ทำเกิดคราบ เกิดรอยเปื้อนเป็นรอยด่างเป็นวงหรือเป็นแถบ ซึ่งเกิดจากเส้นใยหรือสปอร์ของรา หรืออาจจะมีสารสีที่ราสร้างขึ้นแล้วแทรกซึมไปในเนื้อของผนัง ทำให้การล้างคราบรอยเปื้อนนั้นเป็นไปโดยยาก นอกจากรายังเป็นปัญหาด้านระบบทางเดินหายใจของผู้ที่ทำงานหรือผู้ที่เข้าใช้สถานที่

ความชื้นและน้ำยังสามารถเคลื่อนที่ได้หลายรูปแบบ และสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาขั้นอื่น ๆ ก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งกระบวนการกายภาพ เคมี และชีววิทยา ได้ เช่น การเกิดรอยความชื้นหรือคราบน้ำบนผนัง การเกิดผลึกเกลือโดยมีความชื้นนำมาจากใต้ดิน การทำปฏิกิริยาระหว่างวัสดุกับสาร เช่น ก๊าซในบรรยากาศโดยมีความชื้นเป็นตัวกลาง ความชื้นยังเอื้อต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา พืช หรือแมลง เป็นต้น (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, 2535)

ความชื้นภายในผนังมาจากสาเหตุต่าง ๆ ได้แก่

<u>ความชื้นหรือน้ำที่มาจากการไหลซึมเข้าสู่ผนังโดยตรง</u> (infiltration) เช่น น้ำฝนสาดเข้ากับผนังด้านนอก ทำให้ความชื้นซึมเข้าสู่ผนังอิฐภายในอาคาร และถ้าผนังด้านนอกอาคารมีภาพจิตรกรรมฝาผนังก็จะถูกน้ำฝนสาดเปียกและเสื่อมสภาพได้โดยง่าย หรือกรณีที่กระเบื้องมุงหลังคารั่วหรือรอยต่อระหว่างคานและหลังคามีรูรั่ว ทำให้น้ำไหลรั่วซึมมาจากหลังคาและไหลเข้ามาสู่ผนังด้านใน ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังเลือนหายไปเป็นทางตามรอยน้ำไหล นอกจากนั้นน้ำยังสามารถละลายสารที่ละลายน้ำได้แล้วไหลเป็นทาง เมื่อน้ำระเหยไป อาจทำให้เกิดคราบสกปรก หรือเกิดผลึกเกลืออยู่บนผิวหน้าของผนัง

ความชื้นหรือน้ำที่มาจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (condensation) เนื่องจากภายในอาคารที่อากาศถ่ายเทไม่สะดวก ความชื้นบริเวณผนังสูง เมื่อผนังเย็นตัวลงเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมักจะพบในอาคารที่อับทึบซึ่งอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิของอากาศต่างกันมากระหว่างเวลากลางวันและกลางคืน อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์ดังกล่าวมักเกิดในประเทศที่มีอุณหภูมิต่ำมาก ๆ หรือในช่วงฤดูหนาวอย่างในประเทศยุโรป หรือภาคเหนือของประเทศไทย

ความชื้นที่มาจากใต้ดินแล้วขึ้นไปตามแรงดึงในรูพรุนของผนัง (capillarity) น้ำฝนสามารถนำสารละลายน้ำได้ เช่น เกลือ ขึ้นไปตามแรงดึงของรูพรุนในผนัง ด้วยประเทศไทยมีอากาศร้อน ฝนตกชุกความชื้นสูง ในดินมีน้ำมาก ในน้ำนั้นมีเกลือละลายอยู่ (ในดินมีเกลือหลายชนิดที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์) เนื่องจากผนังประกอบด้วยวัสดุที่มีความพรุน จึงทำให้น้ำในดินซึมขึ้นมาตามผนังได้ น้ำที่ซึมขึ้นมาพาเอาเกลือมาด้วย เมื่อเจอกับอากาศร้อนน้ำระเหยไป ส่วนเกลือจะตกผลึกอยู่ในผนัง เมื่อผลึกเกลือมีมากขึ้นก็จะเกิดแรงดันในชั้นรองพื้นและชั้นสีทำให้โป่ง ร้าว และหลุด หรือบางครั้งเห็นเกลือตกผลึกพอกอยู่บนผนัง

ความชื้นและน้ำนำพาเกลือเคลื่อนที่จากใต้ดินสู่ผนังด้านบนโดยอาศัยแรงดึงจากรูพรุนขึ้นสู่อิฐที่เป็นวัสดุก่อผนัง หากน้ำนั้นพาเกลือมาสะสมที่ผิวหน้าของผนังจะเกิดเกลือบนผิวหน้าของผนังที่เรียกว่า efflorescence ส่วนลักษณะของการเกิดเกลือภายในรูพรุนที่มองไม่เห็น เรียกว่า cryptoflorescence ปรากฏการณ์นี้สามารถเกิดได้ขึ้นพร้อมกันได้ทั้งสองแบบ (Honey Borne D. B. , 1991: 153 - 84) การเกิดผลึกเกลือในระยะแรกอาจมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น แต่หลังจากเวลาผ่านไปเกลือละลายน้ำและตกผลึกซ้ำแล้วซ้ำเล่า ผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้มองเห็นผลึกเกลือบนผิววัสดุได้ (Mora Paolo, 1974: 18 - 19)

**ชนิดของเกลือ**

เกลือที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ เกลือโซเดียม เกลือโพตัสเซียม เกลือแอมโมเนียม เกลืออะซิเตต เกลือไนเตรต เกลือไนไตรท์ เกลือคลอไรด์ (ยกเว้นเกลือคลอไรด์ของปรอท ตะกั่ว เงิน) เกลือซัลเฟต (ยกเว้นเกลือซัลเฟตของแคลเซียม แบเรียมและตะกั่ว)

เกลือที่มักพบบนโบราณสถาน ได้แก่ เกลือคาร์บอเนต ($CO_3^{2-}$), เกลือฟอตเฟต ($PO_4^{3-}$), เกลือไนเตรต ($NO_3^-$) เกลือซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) เกลืออะซิเตต ($CH_3COO^-$) และเกลือคลอไรด์ ($Cl^-$)

ดังนั้น การตรวจสอบองค์ประกอบของเกลือจะทำให้ทราบชนิดของเกลือ และเชื่อมโยงไปสู่ที่มาของเกลือ และนำไปสู่การป้องกันการเกิดเกลือที่ต้นเหตุได้

ภาพที่ 14 ความเสียหายจากเกลือบนผนังพระอุโบสถ วัดกำแพง

ภาพที่ 15 คราบเกลือที่พบบนผนังพระอุโบสถวัดกำแพง

ภาพที่ 16 ผนังภายนอกที่เสื่อมสภาพจากเกลือ

**3.3.1.2 แสงสว่าง**

แสงสว่างมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะกลุ่มพืชที่ใช้แสงในการสังเคราะห์ และมีความสำคัญต่อสัตว์และมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์จากหลอดไฟรวมทั้งแสงที่ไม่สามารถมองได้เห็นด้วยตาเปล่า เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต และรังสีอินฟราเรด จะสามารถทำให้งานศิลปกรรมเสื่อมสภาพได้ และก่อให้เกิดความเสียหายอย่างช้า ๆ ซึ่งอาจจะสังเกตเห็นได้ยาก และเมื่อเห็นการเปลี่ยนแปลงหรือการชำรุดที่เกิดขึ้นแล้วมักจะแก้ไขให้กลับมาสภาพเดิมได้ยาก แสงยังเป็นสาเหตุที่ทำให้สีซีดจาง และทำให้เกิดความร้อนเกิดการขยายตัวหรือหดตัวของวัสดุหรือสารสีบางชนิด

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทั้งชนิดที่สามารถมองเห็นและที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แสงสว่างและรังสีอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่มีอันตรายต่อวัตถุที่ทำมาจากอินทรียวัตถุแทบทุกชนิด โดยเฉพาะรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่อันตรายสูงสุด โดยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้มีค่าสูงพอที่จะทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลของสารอินทรีย์อ่อนแอลงหรือแตกหักออก ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพในลักษณะต่าง ๆ ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสูงกว่านี้ เช่น คลื่นวิทยุ จะมีพลังงานต่ำ จึงไม่สามารถทำลายวัตถุใด (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, ม.ป.ป.: 29 - 30)

แสงธรรมชาติที่มาจากดวงอาทิตย์ประกอบไปด้วยรังสีหลายชนิด มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 150 - 120,000 นาโนเมตร รังสีที่มีความยาวคลื่นสั้น ๆ ในแสงอาทิตย์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอินทรียวัตถุ โดยมีพลังงานสูงพอที่จะทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของอินทรีย์วัตถุให้อ่อนแอหรือแตกหักออกและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ

สรุปได้ว่า แสงแดดมีรังสีอัลตราไวโอเลตที่จะทำปฏิกิริยากับกาวและสีบางตัว โดยเฉพาะสีที่ได้จากพืช ขณะที่แสงจากการใช้โคมไฟสำหรับถ่ายภาพจะให้ความเข้มของแสงสูงมากและให้ความร้อนมาก และเป็นการให้ความร้อนอย่างกระทันหันทำให้ชั้นสีหลุดล่อนเนื่องจากกาวและสีเป็นวัสดุคนละประเภทจึงขยายตัวเนื่องจากความร้อนไม่เท่ากัน โดยเฉพาะภาพจิตรกรรมฝาผนังที่ใช้ดินสอพองผสมกับกาวเม็ดมะขามเป็นชั้นรองพื้นและสีผสมกับยางมะขวิด ซึ่งทั้งกาวเม็ดมะขามและยางมะขวิดเป็นอินทรียวัตถุ จึงทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังเสื่อมสภาพอย่างช้า ๆ

**3.3.1.3 มลภาวะ**

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของไทยกำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดให้สารก่อให้เกิดมลภาวะได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน ฝุ่นละออง และสารตะกั่ว ทั้งนี้มลภาวะที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของศิลปกรรม ได้แก่ ฝุ่นละอองหรืออนุภาคแขวนลอย

ในอากาศ และก๊าซมลพิษ ความเสียหายจะรุนแรงขึ้นถ้ามีก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ก๊าซเหล่านี้จะเข้ามาละลายอยู่ในหยดน้ำที่เกาะอยู่บนผนังจิตรกรรม แล้วทำให้หยดน้ำเหล่านี้เปลี่ยนสภาพเป็นน้ำกรดที่แรง สามารถทำลายวัสดุที่ประกอบเป็นจิตรกรรมฝาผนัง เช่น สี และกาวที่ใช้ผสมสี อย่างรวดเร็วและรุนแรงทำให้ภาพจิตรกรรมสีเปลี่ยนจนถึงหลุดล่อน ซึ่งก๊าซเหล่านี้เกิดเป็นวัฏจักร ซึ่งเป็นวัฏจักรการเปลี่ยนรูปของธาตุและสามารถรวมตัวจนเป็นกรดหรือเกลือได้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

**วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)** กระบวนการหมุนเวียนธาตุที่สำคัญคือไนโตรเจน การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนสามารถเป็นได้ทั้งทางกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพ กระบวนการ ที่สำคัญได้แก่ กระบวนการตรึงไนโตรเจน (fixation) กระบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย (ammonification) และกระบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนไตรต์ (Nitrification) (มนัส สุวรรณ, 2537) แหล่งที่เกิด เช่น ของเสียจากสัตว์ เช่น ปัสสาวะและมูลของค้างค้าว การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการไนโตรเจนในรูปแบบต่าง ๆ กัน แต่มีสิ่งมีชีวิตไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศมาใช้ได้ การตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศให้เป็นไนเตรตเกิดขึ้นในเวลาที่มีพายุฝนฟ้าคะนองพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าในบรรยากาศเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ไนโตรเจนมีปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศและกลายเป็นไนเตรต สารวัตถุไนโตรเจนที่เปลี่ยนเป็นไนเตรตด้วยกระบวนการนี้จะถูกชะโดยฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดิน กระบวนการตรึงไนโตรเจนอีกประเภทหนึ่ง คือ การถูกตรึงโดยพืชและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ในรูปของแอมโมเนีย หรือ ธาตุองค์ประกอบของไฮโดรเจนกับไนโตรเจน ($NH_3$) โดยที่พืชและสัตว์ เหล่านั้นจะเป็นผู้เปลี่ยนไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย หลังจากนั้นแอมโมเนียจากการกระบวนการตรึงไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรต (มนัส สุวรรณ, 2537)

อย่างไรก็ตาม เมื่อไนเตรตผสมกับน้ำที่อาจมาจากน้ำใต้ดินผ่านรูพรุนของอิฐหรือศิลาแลง หรือความชื้นที่เกิดจากกระบวนการกลายเป็นหยดน้ำ (condensation) จะทำให้เกิดเกลือไนเตรต ($NO_3^-$) ซึ่งเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้

**วัฏจักรซัลเฟอร์ (Sulfur Cycle)** ซัลเฟอร์ หรือ กำมะถันเป็นธาตุหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับทุกชีวิต แต่ซัลเฟอร์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปขององค์ประกอบอินทรีย์กำมะถัน (organosulfur) สำหรับแบคทีเรียหลายชนิด กำมะถันมีความสำคัญในกระบวนการออกซิแดนท์หรือกระบวนการช่วยการเกิดปฏิกิริยากับอากาศ

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) มีที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ในที่โล่งแจ้ง เช่น การเผาขยะ การประกอบอาหาร ควันธูป และจากสิ่งมีชีวิต ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อน ๆ มีรสและกลิ่นระดับเข้มข้นสูง ละลายน้ำได้ดี ก๊าซชนิดนี้มีผลโดยตรงต่อสุขภาพ

โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของไทยกำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2538 กำหนดให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าไม่เกิน 0.3 ppm

อย่างไรก็ตาม นอกจากก๊าซที่เป็นมลพิษในอากาศแล้ว เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับอ๊อกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ($SO_3$) และก๊าซนี้จะรวมกับน้ำหรือความชื้นจะเกิดเป็นกรดซัลฟูริก หรือทีเรียกว่ากรดกำมะถัน ($H_2SO_4$) ขึ้นมา ซึ่งเป็นกรดแก่ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่องานศิลปกรรมได้อย่างรวดเร็วและรุนแรง และเมื่อก๊าซนี้รวมกับน้ำที่มีโซเดียมอาจมาจากน้ำใต้ดินผ่านรูพรุนของอิฐหรือศิลาแลง หรือความชื้นที่เกิดจากกระบวนการกลายเป็นหยดน้ำจะทำให้เกิดเกลือซัลเฟต ซึ่งเป็นเกลือโซเดียมของกรดกำมะถัน ($Na_2SO_4$) เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ขึ้นอยู่บนภาพจิตรกรรมฝาผนังได้ ซึ่งเกลือชนิดดังกล่าว สามารถอธิบายทางเคมีได้ดังนี้

$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

**3.3.2 สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ**

เป็นสาเหตุที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้แก่ พืช แมลง จุลินทรีย์ต่าง ๆ

**3.3.2.1 สัตว์และจุลินทรีย์**

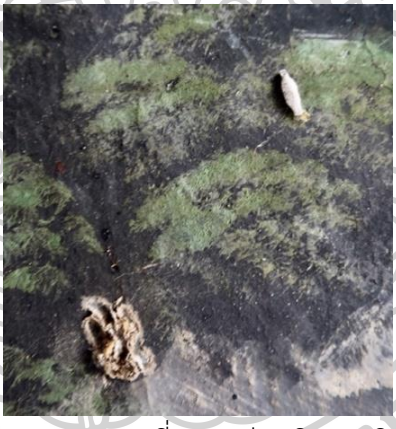
สาเหตุทางชีวภาพที่เป็นปัญหาสำคัญของการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังไทยได้แก่ แมลงและเชื้อรา โดยเฉพาะเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญอีกอย่างที่ทำให้จิตรกรรมฝาผนังเสื่อมสภาพโดยเฉพาะในอาคารที่ถูกน้ำท่วมพื้นชั้นล่างและอาคารที่มีความชื้นสูงเนื่องจากมีหน้าต่างแคบเล็ก หรือส่วนใหญ่ปิดประตูหน้าต่างเสมอ เนื่องจากจิตรกรรมฝาผนังของไทยมีกาวเป็นชั้นสี กาวจากยางไม้หรือหนังสัตว์เหล่านี้เป็นอาหารของรา

<u>สัตว์และแมลง</u> เป็นสาเหตุที่ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังมีความสกปรก และอาจเข้าไปเกาะกินเนื้อวัสดุ สัตว์และแมลงที่มักพบ ได้แก่ หนู ค้างคาวที่เข้าไปอยู่ในอาคารหรือแมลงดักฝุ่นเป็นต้น ในบางกรณีพบว่าแมลงไปกัดกินทำลายให้ชำรุดเสื่อมสภาพอย่างถาวร นอกจากนั้นมูลสัตว์ยังก่อให้เกิดก๊าซหรือมลภาวะทางอากาศ ซึ่งอาจก่อให้เกิดเกลือที่ละลายน้ำได้ต่อไป (ภาพที่ 17)

<u>เชื้อรา</u> จะเจริญเติบโตได้ดีในที่ซึ่งมีอาหาร ความชื้น และอุณหภูมิพอเหมาะ โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อนชื้นอย่างในประเทศไทย ซึ่งโดยทั่วไปมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22 – 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงเกือบทั้งปี โดยเฉลี่ยสูงกว่า 65% ทำให้สปอร์ราที่มีอยู่ทั่วไปตามวัสดุและในอากาศสามารถเจริญเติบโตได้ดี โดยทั่วไปในบริเวณที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70% จะเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา และจะเจริญเติบโตได้รวดเร็วมากเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80% ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิที่พอเหมาะแก่การเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 25 -

40 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงมักพบการเจริญเติบโตของเชื้อราในฤดูมรสุมอยู่เสมอ (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, ม.ป.ป.)

จากการศึกษาเชื้อราที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของกาวและสีฝุ่นที่ใช้ในการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง ณ วัดพระศรีรัตนศาสดาราม (ชุลี ชัยศรีสุข, จิราภรณ์ อรัณยนาค and พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์., 25??: 1 - 2) พบว่า ชั้นรองพื้นก่อนการเขียนภาพจิตรกรรมฝาผนังไทยทำจากกาวมะขามและดินสอพอง ราสามารถเจริญเติบโตได้ดีมากในกาวมะขาม แต่เชื้อราน้อยชนิดที่เจริญเติบโตได้และเจริญไม่ดีในดินสอพอง แต่เมื่อผสมกาวมะขามและดินสอพองพบว่าเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ จากการศึกษาและทดลองแสดงให้เห็นว่ากาวมะขามเป็นอาคารที่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ทุกชนิด ซึ่งกาวมะขามเป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ เป็นสาเหตุให้ดินสอพองขาดตัวกลางในการยึดเหนี่ยว จึงล่อนหลุดหรือร่วงเป็นผงได้ อันเป็นสาเหตุการชำรุดของภาพจิตรกรรมฝาผนังไทย (ชุลี ชัยศรีสุข, จิราภรณ์ อรัณยนาค and พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์., 25??: 1 - 2)



ภาพที่ 17 ร่องรอยของแมลงที่เกาะอยู่บนผิวภาพจิตรกรรมฝาผนัง

**3.3.2.2 สาเหตุจากมนุษย์**

การเสื่อมสภาพโดยฝีมือมนุษย์มีทั้งตั้งใจและไม่ตั้งใจ เช่น การวางสิ่งของ ตู้ ที่นั่ง ติดกับภาพจิตรกรรมฝาผนัง การต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับผนังที่มีภาพจิตรกรรม การเขียนแต่งเติมภาพหรือการเขียนทับภาพที่เป็นของแท้ดั้งเดิม เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวเป็นการขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องคุณค่าของจิตรกรรมฝาผนัง การอนุรักษ์ความเป็นของแท้ดั้งเดิมและความงามของฝีมือช่างที่มีมาแต่อดีต (ภาพที่ 18 - 19)

ภาพที่ 18 ตู้ อุปกรณ์ต่าง ๆ วางติดกับภาพจิตรกรรมฝาผนัง
ตัวอย่างจากวัดกำแพง กรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 19 การต่อวงจรไฟฟ้าติดกับภาพจิตรกรรมฝาผนัง
ตัวอย่างจากวัดกำแพง กรุงเทพมหานคร

**3.3.3 สาเหตุสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น**

**3.3.3.1 วัสดุที่ใช้สร้างสรรค์ภาพ**

หมายถึง กระบวนการชำรุดเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นจากตัววัสดุเอง หรือการเสื่อมสภาพของตัววัสดุที่เป็นไปตามกาลเวลา ภาพจิตรกรรมฝาผนังสามารถเสื่อมสภาพได้ตั้งแต่กระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มกระบวนการเขียนภาพ วัสดุที่ใช้เขียนภาพจิตรกรรมฝาผนังไทยมีสาเหตุการเสื่อมสภาพภายในที่สำคัญ เช่น สารสีบางชนิดที่ใช้ในการเขียนภาพเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ภาพเขียนเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น สารสีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลต บางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับกรดหรือด่าง เช่น สารสีเขียวที่ทำมาจากสนิมทองแดงได้จากปฏิกิริยาระหว่างทองแดงกับกรดน้ำส้ม เรียกว่า ทองแดงอาซีเตต และสารสีเขียวที่ได้จากทองแดงอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า คอปเปอร์ เรซิเนต เมื่อเวลาผ่านไปสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากทำปฏิกิริยากับแสงสว่างและอากาศ (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, ม.ป.ป.: 37) สารสีหลายชนิดมีสีเพี้ยนไปจากเดิมเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น สีเหลืองหรดาลมีคุณสมบัติไม่คงทนต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเมื่อได้รับแสงสว่างมากเกินไปหรืออยู่ในบรรยากาศที่มีโอโซนมาเกินไป เมื่อเวลาผ่านไปจะกลายเป็นผงสีแดงอม (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, ม.ป.ป.: 37)

**3.3.3.2 แสงประดิษฐ์**

แสงประดิษฐ์อย่างแสงไฟฟ้า มีปริมาณรังสีน้อยกว่าแสงอาทิตย์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ให้รังสีอัลตราไวโอเลตสูง มีอันตรายต่ออินทรียวัตถุรองจากแสงอาทิตย์ (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, ม.ป.ป.: 30) นอกจากนั้นความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟบางชนิดยังมีผลทำให้อุณหภูมิในบริเวณนั้นสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงและหากวางหลอดไฟใกล้กับวัตถุทำให้ให้วัตถุนั้นเสื่อมสภาพ เนื่องจากโดยความร้อนมากทำให้ชั้นสีหลุดล่อน แห้ง กร่อน และสีชีดจางได้อย่างรวดเร็วกว่าบริเวณที่อยู่ห่างจากหลอดไฟ

**4. ตัวอย่างการศึกษาสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพในพื้นที่เฉพาะ**

แหล่งศิลปกรรมที่ตั้งอยู่ในระบบปิดหรืออยู่ในสภาพอากาศพื้นที่เฉพาะและเกิดการเสื่อมสภาพที่มีเหตุปัจจัยมาจากสิ่งแวดล้อมที่นำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

**4.1 กรณีศึกษาการอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสในประเทศฝรั่งเศส**

**4.1.1 ถ้ำลาสโกสกับการอนุรักษ์**

ถ้ำลาสโกสค้นพบโดยบังเอิญโดยเด็กหนุ่ม 4 คน คือ มาร์แซล ราวิดาต์ (Marcel Ravidat) ฌากส์ มาร์ซัล (Jacques Marsal) จอร์จ อักเนล (Georges Agnel) และซิมง โกแองกาส์ (Simon Coencas) ในวันที่ 12 กันยายน พ.ศ.2483 ภายในถ้ำพบภาพเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ราว 2,000 ภาพ เป็นรูปสัตว์ชนิดต่าง ๆ คน และรูปรอยฝ่ามือ กำหนดอายุอยู่ในช่วง 15,000 ปีมาแล้ว การค้นพบในครั้งนั้นนำไปสู่การศึกษาด้านโบราณคดีและการอนุรักษ์ครั้งใหญ่ของประเทศฝรั่งเศส ถ้ำแห่งนี้เปิดให้เข้าชมอย่างเป็นทางการใน พ.ศ.2491 สามารถสรุปเหตุการณ์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสได้ดังนี้

ตารางที่ 2 เหตุการณ์สำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสที่ผ่านมา

(ที่มา: รวบรวมจาก The Getty Conservation Institute. (2019), **Conservation Perspectives: The GCI Newsletter**, Vol 34 Number 1, Spring.

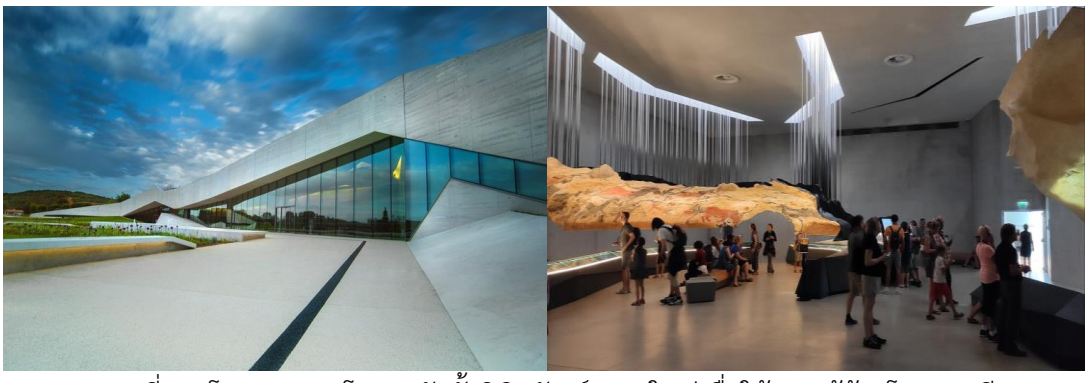
| พ.ศ. | เหตุการณ์ |
|---|---|
| 2483 | ค้นพบถ้ำครั้งแรกโดยบังเอิญ โดยมาร์แซล ราวิดาต์, ฌากส์ มาร์ซัล, จอร์จ อักเนล และซิมง โกแองกาส์ และเริ่มมีการศึกษาถ้ำลาสโกสนับตั้งแต่นี้เป็นต้นมา |
| 2491 | เปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าชมเป็นครั้งแรก |
| 2498 | มีนักท่องเที่ยวเข้ามาเป็นจำนวนมาก โดยเฉลี่ยจำนวน 1,200 คนต่อวัน ทำให้ภาพเขียนสีเกิดความเสียหาย เริ่มพบเชื้อราเป็นจำนวนมากภายในถ้ำ |
| 2506 | André Malraux รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวัฒนธรรม สั่งให้ปิดถ้ำ เนื่องจากพบความเสียหายของภาพเขียนสีเป็นจำนวนมาก และพบว่าความเสียหายเกิดมาจากไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และรังสีความร้อนจากมนุษย์ รวมทั้งแสงแฟลชจากกล้องถ่ายรูป |
| 2512 | พบเชื้อรา มีการใช้ streptomycin และ penicillin ฉีดพ่นเพื่อควบคุมเชื้อราและแบคทีเรีย และใช้ formaldehyde ฉีดพ่นเพื่อควบคุมตะไคร่น้ำบริเวณทางเดิน |
| 2522 | ถ้ำลาสโกสขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลก |
| 2526 | โครงการลาสโกส 2 (Lascaux II) สร้างขึ้นเพื่อจำลองถ้ำลาสโกสเป็นครั้งแรก โดยตั้งอยู่ 200 เมตรจากปากทางเข้าถ้ำลาสโกสจริง ใกล้กันนั้นมีถ้ำหลายถ้ำที่เปิดให้เข้าชม |

| พ.ศ. | เหตุการณ์ |
|---|---|
| 2555 | เริ่มจัดทัวร์ “Lascaux, the International Exhibition” ทำนิทรรศการถ้ำจำลองด้วยเทคโลยีสมัยใหม่ มีนักท่องเที่ยวให้ความสนใจและร่วมเข้าชมเป็นจำนวนมาก |
| 2559 | โครงการลาสโกส 4 (Lascaux IV) จัดตั้งขึ้น เป็นพิพิธภัณฑ์สมัยใหม่แสดงความรู้เกี่ยวกับมนุษย์โครมันยอง จำลองและจัดแสดงภาพเขียนสีและถ้ำลาสโกสด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ และประกอบไปด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การสำรวจถ้ำพิพิธภัณฑ์ขนาดใหญ่ ได้รับการดูแลภายใต้ Montignac-Lascaux Parietal Art international Centre |

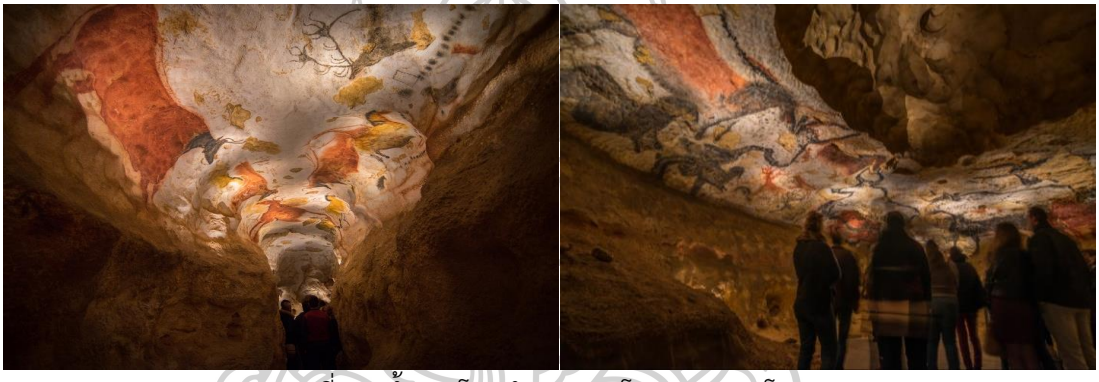
ภาพที่ 20 ตัวอย่างของเชื้อราสีขาวชนิด “*fusarium solani*” (ซ้าย) และเชื้อราสีดำชนิด “*melanised fungi*” (ขวา) พบเป็นจำนวนมากบนพื้นและผนังใน พ.ศ.2544

(ที่มาภาพ: Bastian, Fabiola and Alabouvette, Claude. (2019) “Lights and shadows on the conservation of a rock art cave: The case of Lascaux Cave” **International Journal of Speleology**, 38(1), 55-60 Bologna (Italy). January: 58.)

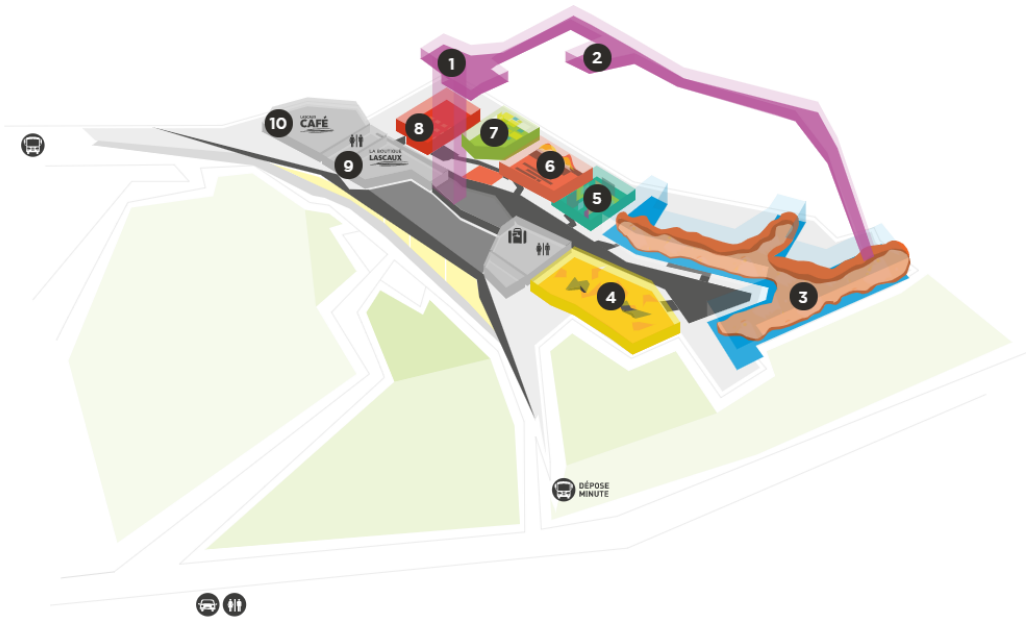
ภาพที่ 21 โครงการลาสโกส 2 สร้างขึ้นเพื่อจำลองถ้ำและภาพเขียนสีในถ้ำลาสโกส เพื่อให้นักท่องเที่ยวเข้าชม ตั้งอยู่ห่างจากบริเวณปากทางเข้าถ้ำลาสโกสจริง 200 เมตร (ที่มาภาพ: google map)



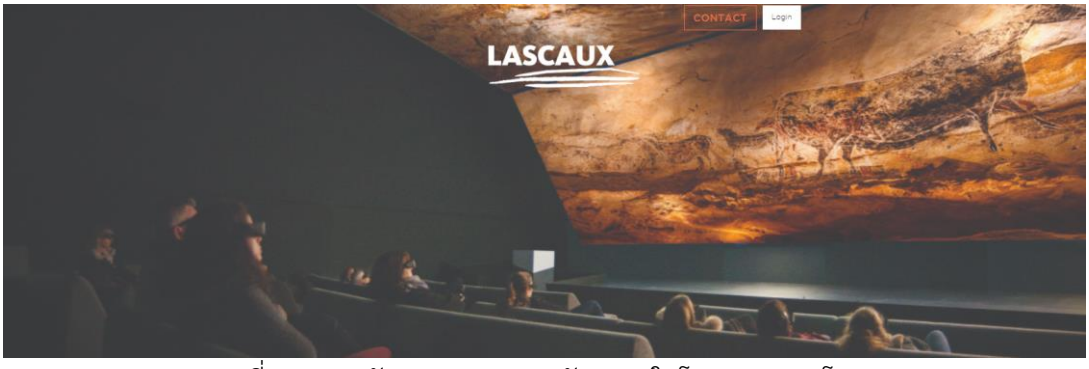
ภาพที่ 22 โครงการลาสโกส 4 จัดตั้งพิพิธภัณฑ์ขนาดใหญ่เพื่อให้ความรู้ด้านโบราณคดี
มีการจำลองถ้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เน้นการออกแบบจัดแสดงเสมือนจริง



ภาพที่ 23 ถ้ำลาสโกสจำลองของโครงการลาสโกส 4
ภายใต้ Montignac-Lascaux Parietal Art international Centre
(ที่มาภาพ: Office de Tourisme Lascaux - Dordogne Vallée Vézère. “Lascaux and prehistory Vézère Valley”, Accessed 4 January 2020. http://www.lascaux-dordogne.com/en/prehistory.)




1 : The belvedere
2 : The rock shelter
3 : The cave
4 : The workshop
5 : The theatre
6 : The cinema
7 : The art galery
8 : Temporary exhibition
9 : The shop
10 :The restaurant




ภาพที่ 24 แผนผังอาคารและการจัดแสดงในโครงการลาสโกส 4

(ที่มาภาพ: https://www.lascaux.fr, เข้าถึงเมื่อ 4 มกราคม 2562)

เดิมถ้ำลาสโกสเป็นถ้ำที่ปิดตายอยู่ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก นับตั้งแต่ถ้ำลาสโกสเป็นที่รู้จักและเปิดให้นักท่องเที่ยวได้เข้าชม ทำให้สภาพแวดล้อมภายในถ้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จากสถิติพบว่า พ.ศ.2498 มีนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมากถึง 30,000 คน ต่อปี และเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 100,000 ในพ.ศ.2503 มีจำนวนนักท่องเที่ยวสูงสุดถึง 1,800 คนต่อวัน ทำให้ในวันนั้นภายในถ้ำมีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณสูงที่สุด รวมทั้งเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเป็นจำนวนมากและมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Martin-Sanchez Pedro, Miller Ana Z and Saiz-Jimenez. Cesareo, 2015: 283)

จากปริมาณนักท่องเที่ยวที่เข้าชมเป็นจำนวนมาก ทำให้ภาพเขียนสีเกิดความเสียหายและเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็วภายในเวลาไม่กี่ปี ความเสียหายนั้นเกิดมาจากผู้เข้าชมที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ รังสีความร้อน แสงแฟลช รวมทั้งการจับต้องหรือการเข้าชมอย่างไม่ระมัดระวัง รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทั้งความชื้น อุณหภูมิ ไอน้ำ ความเสียหายด้านภูมิอากาศชีวภาพ (bioclimatic crisis) ทำให้ภาครัฐได้จัดทำโปรแกรมอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสในระยะยาวเพื่อซ่อมแซมภาพที่เสียหายไปและป้องกันสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพในอนาคต (The Getty Conservation Institute, 2019)

ความเสียหายที่เกิดขึ้นภายในถ้ำลาสโกส์มีด้วยกัน 2 ครั้งใหญ่ ได้แก่

1) วิกฤตจากเชื้อจุลินทรีย์ครั้งแรก ในระหว่าง พ.ศ.2498 – 2513 พบตะไคร่น้ำบนผนังถ้ำจำนวนมาก หรือที่เรียกว่า “maladie verte” ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และเกิดเชื้อราสีดำกลุ่ม “melanised fungi” ในช่วงเวลานั้นมีการแก้ปัญหาโดยใช้น้ำยาฉีดสเปรย์ภายในถ้ำ โดยชัยาปฏิชีวนะ penicillin, streptomycin และ kanamycin ฉีดพ่นในถ้ำเพื่อลดแบคทีเรีย เชื้อรา และใช้ actinomycetes และ formaldehyde ในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อขจัดตะไคร่น้ำ

2) วิกฤตจากเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่สอง ในระหว่าง พ.ศ.2544 – 2549 เริ่มพบเชื้อราสีขาวแพร่กระจายอย่างรวดเร็วทั้งผนัง พื้นและเพดานถ้ำ พบแบคทีเรียชนิดใหม่ คือ *Pseudomonas fluorescens* จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดการศึกษาวิจัย “A Microbiology - Microclimate research program” เพื่อหาวิธีป้องกันในเวลาต่อมา (Martin-Sanchez Pedro, Miller Ana Z and Saiz-Jimenez. Cesareo, 2015: 283 - 86)

ต่อมา โครงการศึกษาและอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสเพื่อให้เป็นศูนย์การเรียนรู้และการท่องเที่ยวได้เกิดขึ้น จัดตั้งเป็นโครงการระยะยาวโดยภาครัฐ ได้แก่ โครงการลาสโกส 2 และโครงการลาสโกส 4 โดยโครงการลาสโกส 2 เป็นการศึกษาและจำลองถ้ำลาสโกสทั้งภูมิประเทศ ลักษณะของถ้ำ และภาพเขียนสีขึ้นมาใหม่ในบริเวณที่ใกล้กับถ้ำเดิม ถ้ำใหม่นี้มีระยะทางยาวประมาณ 800 เมตร

เป็นถ้ำจำลองเปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าชมและศึกษาเรียนรู้แทนถ้ำจริง ส่วนภูมิทัศน์ทั่วบริเวณหรือที่เรียกกันว่าเขาลาสโกสได้รับการอนุรักษ์ไว้ให้เป็นสถานที่ศักดิสิทธิ์ (The Getty Conservation Institute, 2019)

โครงการลาสโกส 4 เป็นศูนย์การเรียนรู้ในลักษณะของพิพิธภัณฑ์สมัยใหม่ มีการจำลองภาพเขียนสีผ่านการสร้างสรรค์การออกแบบด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อการเป็นศูนย์การเรียนรู้ที่ทันสมัยภายใต้การดูแลของ Montignac-Lascaux Parietal Art International Centre และเปิดให้เข้าขมได้ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2559 ตั้งแต่เปิดพิพิธภัณฑ์แห่งนี้พบว่ามีผู้เข้าชมเป็นจำนวนมากต่อเนื่องทุกวัน

### 4.1.2 ผลสืบเนื่องจากประสบการณ์การอนุรักษ์ถ้ำลาสโกส

นับตั้งแต่การค้นพบถ้ำลาสโกสใน พ.ศ.2483 และจากประสบการณ์การอนุรักษ์และการเสื่อมสภาพของภาพเขียนสีภายในถ้ำลาสโกสอย่างรวดเร็ว ทำให้ทั่วโลกมีการตื่นตัวในการอนุรักษ์ภาพเขียนสีภายในถ้ำ ด้วยภายในถ้ำซึ่งแต่เดิมเป็นสภาพแวดล้อมแบบปิด แต่เมื่อเปิดให้นักท่องเที่ยวได้เข้าชม สภาพแวดล้อมภายในถ้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง และมีผลทำให้ภาพเขียนสีซึ่งมีคุณค่าในระดับชาติและระดับโลกนั้นเสื่อมสภาพรวดเร็วและไม่สามารถคืนย้อนกลับมาได้ บทเรียนจากการเสื่อมสภาพของภาพเขียนบนผนังถ้ำอย่างรวดเร็วและไม่มีการป้องกันที่ถ้ำลาสโกส ทำให้ต่อมาในพ.ศ. 2528 สถาบันอนุรักษ์เกตตี้ (Getty Conservation Institute) ได้พัฒนาความเชี่ยวชาญด้านการอนุรักษ์ศิลปะถ้ำโดยเฉพาะ โดยเปิดให้มีการเรียนระดับประกาศนียบัตรระยะสั้น 1 ปี ด้านการอนุรักษ์ศิลปะถ้ำ โดยร่วมมือกับวิทยาลัยแคนเบอร์ราของประเทศออสเตรเลีย โดยในปีแรกมีนักอนุรักษ์จำนวน 14 คนเข้าร่วม (The Getty Conservation Institute, 2019: 7)

ในพ.ศ.2537 นักสำรวจถ้ำได้พบถ้ำโชเวต์ (Chauvet Cave) โดยบังเอิญ ในเขตจังหวัดอาร์แด็ช (Ardèche) ตอนใต้ของฝรั่งเศส กำหนดอายุได้ 36,000 ปีมาแล้ว ซึ่งนับว่าเป็นถ้ำที่พบภาพเขียนสีที่เก่าแก่ที่สุดแห่งหนึ่งในโลก ทางเข้าถ้ำโชเวต์ปกคลุมไปด้วยต้นไม้และหญ้า อันเป็นด่านปราการธรรมชาติที่ทำให้ถ้ำและภาพเขียนสีบนผนังถ้ำยังคงสภาพไว้จนถึงปัจจุบัน ภายหลังจากการค้นพบ ถ้ำโชเวต์กลายเป็นที่สนใจของนักวิชาการและนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก

อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์ที่พบจากถ้ำลาสโกสและถ้ำที่พบภาพเขียนสีอื่น ๆ ทำให้ต่อมามีโครงการจำลองถ้ำโชเวต์ เป็นศูนย์การเรียนรู้ประกอบไปด้วยอาคารขนาดใหญ่ ทำเป็นถ้ำหินปูนจำลอง มีการจำลองชีวิตสมัยก่อนและสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้ที่เรียกได้ว่าเป็นพิพิธภัณฑ์ศิลปะของออริกนาเชียน (Aurignacian) และแหล่งเรียนรู้วิวัฒนาการของมนุษย์แรกเริ่ม โดยไม่เปิดถ้ำโชเวต์เป็นแหล่งท่องเที่ยว

**4.2 กรณีศึกษาผลกระทบจากผู้เข้าชมจำนวนมากและสิ่งแวดล้อมในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic ประเทศเนเธอร์แลนด์**

การศึกษาผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของวัตถุและโบราณสถานมีการตื่นตัวเป็นอย่างมากในประเทศยุโรป ดังเช่น การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง Museum Microclimates ในระหว่างวันที่ 19-23 พฤศจิกายน พ.ศ.2550 ณ เมืองโคเปนฮาเกน ประเทศเดนมาร์ก ในการประชุมครั้งนี้ได้รวบรวมผลการศึกษาวิจัยสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพต่อศิลปกรรม โบราณวัตถุ โบราณสถาน โดยมีกรณีศึกษาหลายกรณีที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการศึกษาสิ่งแวดล้อมภายในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic ภายใต้ โครงการวิจัย Investigation into impacts of large numbers of visitors on the collection environment at Our Lord in the Attic (Shin Maekawa, Bart Ankersmit, Edgar Neuhaus, Henk Schellen, Wincent Beltren and Foelje Boersma., 2007: 99 - 105)

**4.2.1 ประเด็นของปัญหา**

Our Lord in the Attic เป็นพิพิธภัณฑ์บ้านประวัติศาสตร์ ตั้งอยู่ใจกลางเมืองอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ มีลักษณะเป็นตึกแถวโดยเป็นโบสถ์คริสต์ที่ซ่อนอยู่บนห้องใต้หลังคา ใน พ.ศ.2430 ได้ปรับปรุงเป็นพิพิธภัณฑ์และเปิดให้ผู้เข้าชมเข้ามาศึกษาและท่องเที่ยวเป็นครั้งแรก ภายหลังจากเปิดให้เข้าชมพบว่ามีผู้เข้าชมเป็นจำนวนมาก โดยเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี จาก 36,000 คน ใน พ.ศ. 2533 เป็น 75,000 คน ในพ.ศ. 2548 เฉลี่ยมีคนเข้าชมประมาณ 100 – 650 คนต่อวัน นอกจากสถานที่แห่งนี้จะเปิดให้เข้าชมเป็นประจำทุกวันระหว่างเวลา 8.30 – 17.00 น. แล้ว ยังเปิดให้ใช้พื้นที่โบสถ์เพื่อจัดกิจกรรมพิเศษ เช่น งานแต่งงาน งานคอนเสิร์ต ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากจำนวนผู้เข้าชมที่มีเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มจะมีจำนวนผู้เข้าชมมากขึ้นในทุก ๆ ปี ทำให้เกิดข้อกังวลว่าผู้เข้าชมจำนวนมากที่ไม่ได้มีการควบคุมจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสภาพอากาศ อันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอัตราการไหลเวียนของอากาศ ที่จะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของวัตถุพิพิธภัณฑ์และส่งผลต่อความปลอดภัยและความสะดวกสบายของผู้เข้าชมโดยตรง

ภายในพิพิธภัณฑ์หลังนี้ประกอบไปด้วยห้องประวัติศาสตร์หลายห้อง เช่น Canal room, seal, kitchen และโบสถ์ ส่วนของโบสถ์มีพื้นที่ 150 ตารางเมตร สูง 9 เมตร ปริมาตร 1,350 ลูกบาศก์เมตร ผนังอิฐถือปูน ส่วนพื้นและส่วนโถงสร้างมาจากไม้ เพดานไม้มีลวดลายเขียนสีและ

ภายในพิพิธภัณฑ์ประกอบไปด้วยวัตถุประมาณ 7,000 ชิ้น วัตถุพิพิธภัณฑ์มีอายุราว 400 ปีมาแล้ว เป็นส่วนใหญ่ วัตถุส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเฟอร์นิเจอร์ ภาพเขียน และงานประติมากรรมไม้

**4.2.2 วิธีการศึกษา**

โครงการวิจัยมีวิธีการศึกษาดังนี้

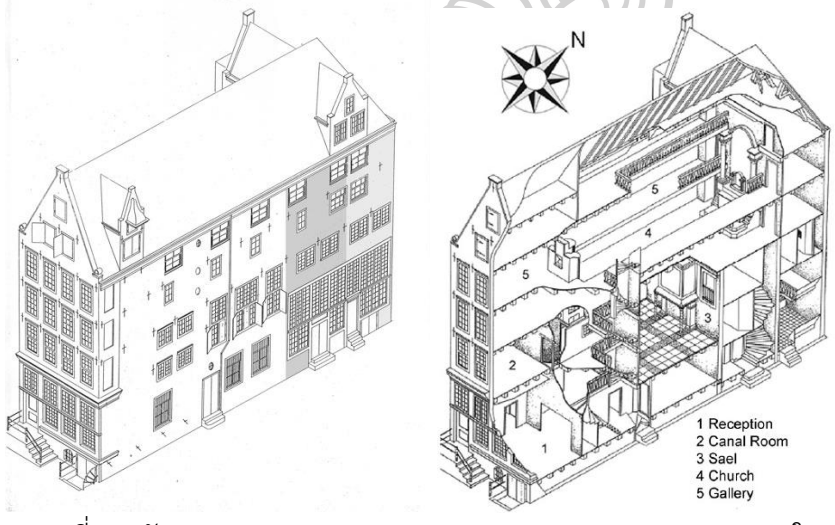
1) ศึกษาประวัติของสภาพแวดล้อมภายในอาคารจากข้อมูลเปรียบสภาพแวดล้อมจากอาคารหลังอื่น ๆ ที่มีข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

2) วัดค่าสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของอาคาร โดยการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ คาร์บอนไดออกไซด์ และอัตราการไหลเวียนของอากาศ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ถึง มกราคม พ.ศ.2549 เป็นเวลา 1 ปี

3) วัดค่าสภาพแวดล้อมในวันที่มีกิจกรรมพิเศษ 2 กิจกรรม คือ

- วัน Open Monuments Day วันพิเศษที่เปิดพิพิธภัณฑ์ตลอด 24 ชั่วโมง
- วันที่พิธีแต่งงานที่มีจำนวนผู้เข้าชมและผู้เข้าใช้อาคารและโบสถ์เป็นจำนวนมากกว่าปกติ

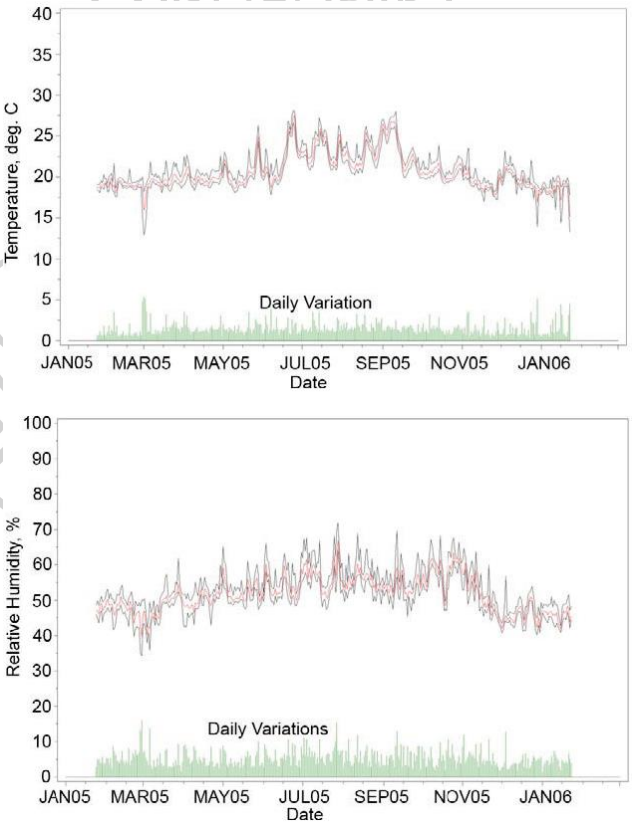
4) นำผลการวัดค่าสภาพแวดล้อมมาประมวล ประเมิน และสังเคราะห์เพื่ออธิบายปัญหาที่เกิดขึ้น และเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น




ภาพที่ 25 ลักษณะของอาคาร Our Lord in the Attic และสภาพภายใน

(ที่มาภาพ: Maekawa, Shin, Ankersmit, Bart, Neuhaus, Edgar, Schellen Henk, Beltran, Vincent and Boersma, FoeJe. (2007), “Investigation and Impacts of Large Numbers of Visitors on the Collection Environment at OUR LORD IN THE ATTIC,”: 99 – 100.)

ภาพที่ 26 ภายในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic เมืองอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ (ที่มาภาพ: https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/teaching/case/olita/.html เข้าถึงเมื่อ 4 มกราคม 2562)




ภาพที่ 27 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (ภาพซ้าย) และความชื้นสัมพันธ์ (ภาพขวา) วัดโดย Datalogger ในพิพิธภัณฑ์ Our Lord in the Attic ประเทศเนเธอร์แลนด์

(ที่มาภาพ: Maekawa, Shin, Ankersmit, Bart, Neuhaus, Edgar, Schellen Henk, Beltran, Vincent and Boersma, FoelJe. (2007), “Investigation and Impacts of Large Numbers of Visitors on the Collection Environment at OUR LORD IN THE ATTIC,”: 101.)

**4.2.3 ผลการศึกษา**

เมื่อประมวลผลจากการวัดค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่วัดตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ถึง มกราคม พ.ศ.2549 เป็นเวลา 1 ปี อธิบายได้ดังนี้

**1) ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์** พบว่าแม้จะมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์โดยการติดตั้งเครื่องเพิ่มและลดความชื้นไว้ที่ 50% แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงไปมาที่ 34 - 72% และพบปรากฏการณ์กลั่นตัวเป็นหยดน้ำบริเวณคานของอาคารและบริเวณหน้าต่าง แสดงให้เห็นว่าภายในอากาศมีความชื้นและอากาศภายในอาคารมีความแตกต่างกับอากาศภายนอกอาคารมาก จึงทำให้เกิดกระบวนการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมสภาพของอาคารและวัตถุภายในพิพิธภัณฑ์ โดยเฉพาะกับวัตถุที่มีความไวต่อความชื้นและน้ำ

**2) อัตราไหลเวียนของอากาศ** การเปิดประตูเพียง 1 บานด้านซ้าย และหน้าต่างด้านบน 1 บานก็ทำให้อัตราการไหลเวียนของอากาศดีขึ้น อากาศโปร่งโล่ง และอยู่สบายกว่าปิดช่องเปิดทั้งหมด

**3) ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ในอากาศ** แปรผันไปตามจำนวนผู้เข้าชมต่อวัน ซึ่งบางวันที่มีจำนวนผู้เข้าชมในแต่ละรอบมากกว่า 40 คน เฉลี่ย 500 คนต่อวัน จะมีค่าคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 1500 ppm ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งค่าคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงมากในสองช่วงเวลาที่มีผู้เข้าชมมากเป็นพิเศษ คือ ช่วง 10.00 – 11.00 น. และ 14.00 – 15.00 น. และหลังจากนั้นค่าคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อย ๆ ลดลงเป็นค่าคงที่ในเวลากลางคืน

**4) จำนวนผู้เข้าชมปริมาณมากที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์** นักวิจัยได้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ 24 ชั่วโมงในวัน Open Monuments Museum วันที่ 9 กันยายน พ.ศ.2548 ที่มีผู้เข้าชมตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิภายในอาคารมีค่ามากกว่าภายนอกอาคาร หรือกล่าวได้ว่าภายในอาคารสามารถเก็บความร้อนหรือความอุ่น ซึ่งทำให้ในฤดูหนาวอากาศภายในจะอุ่นและอยู่สบายกว่าภายนอกอาคาร ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารมีค่าน้อยกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร อย่างไรก็ตามค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงในช่วงบ่ายเมื่อมีจำนวนผู้เข้าชมปริมาณมาก และจะค่อย ๆ ลดลงในเวลาใกล้จะปิดพิพิธภัณฑ์และเป็นค่าเกือบจะคงที่ในเวลากลางคืน

**4.2.4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ**

จากการนำข้อมูลจากการวัดค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มาประมวล ประเมิน และสังเคราะห์ พบว่า

**1) ควรมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ 40%** ให้น้อยจากเดิมที่เคยตั้งค่าไว้ที่ 50% เพื่อลดอัตราการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ดังพบการเกาะตัวของหยดน้ำตามหน้าต่างและคานไม้ อันเป็นปัญหาหลักที่สำคัญของพิพิธภัณฑ์แห่งนี้

**2) ควรมีการควบคุมปริมาณของผู้เข้าชม** ซึ่งมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ โดยในฤดูร้อนควรเปิดประตูทางเข้าและหน้าต่างใต้หลังคาเพื่อให้อัตราการไหลเวียนอากาศดีขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนควรกำหนดอยู่ที่ 200 คนต่อวัน และฤดูหนาวสามารถกำหนดให้มีนักท่องเที่ยวได้ 600 คนต่อวัน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า สิ่งแวดล้อมเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้งานศิลปกรรม ศิลปวัตถุ โบราณวัตถุเสื่อมสภาพได้ แม้อยู่ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะหรือในระบบปิด อันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมล้วนอยู่รอบตัวมนุษย์ สิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน และมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สิ่งแวดล้อมโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้งานศิลปกรรมมีการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น ถึงแม้ว่าในการอนุรักษ์นั้นจะไม่สามารถหยุดยั้งการเสื่อมสภาพได้ทั้งหมด แต่การอนุรักษ์จะชะลอการเสื่อมสภาพเพื่อให้ผลงานศิลปกรรมอันทรงคุณค่าเหล่านั้นยังคงอยู่ต่อไปได้นานมากยิ่งขึ้นสืบไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 3
# วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อมอันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์ วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เสื่อมสภาพและเสียหาย และเมื่อทราบสาเหตุของการเสื่อมสภาพอันมีที่มาจากสิ่งแวดล้อมแล้ว จะนำข้อปัญหาดังกล่าวไปนำเสนอแนวทางในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ป้องกันการเสื่อมสภาพและยืดอายุให้กับภาพจิตรกรรมฝาผนังให้ยาวนานต่อไป และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงดำเนินการวิจัย ดังนี้

**1. การตรวจสอบและประเมินสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง**

การประเมินและตรวจสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์ วัดราชบูรณะ เป็นขั้นตอนแรกของการดำเนินงานภาคสนาม โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า เพื่อตรวจสอบสภาพในปัจจุบัน สภาพของการชำรุด โดยแบ่งเป็นการตรวจสอบสภาพกรุในแต่ละชั้น ในแต่ละผนัง และบันทึกในเชิงพรรณนา แบบบันทึกและภาพถ่าย และเปรียบเทียบสภาพกับภาพถ่ายในปีพ.ศ. 2522 พ.ศ.2528 พ.ศ.2553 และพ.ศ.2563 เพื่อประเมินการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้น

**2. การเก็บตัวอย่าง วิธีการ และเครื่องมือวิเคราะห์**

เนื่องด้วยวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโบราณสถานสำคัญระดับชาติ และเป็นโบราณสถานที่ได้รับการขึ้นทะเบียนตามราชกิจจานุเบกษา ประกาศตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2478 ตามพระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พ.ศ.2504 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2535) การกระทำใด ๆ ต่อโบราณสถานจึงจะต้องขออนุญาตอธิบดีกรมศิลปากรเสียก่อน ซึ่งการขออนุญาตเพื่อเก็บตัวอย่างได้รับการอนุญาตตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ.2561 เป็นต้นมา

การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ มีดังต่อไปนี้

**2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity: RH) และอุณหภูมิ (temperature: T)**

การเก็บค่าความชื้นสัมพันธ์และอุณหภูมิได้ใช้อุปกรณ์ Datalogger ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT330B เพื่อบันทึกสภาพความชื้นสัมพัทธ์ร่วมกับอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง และโถง โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมจำลอง 2 กรณี คือ

**2.1.1 สภาพแวดล้อมแบบเปิด** (สภาพเปิดกรุที่มีนักท่องเที่ยวเข้าออกโถงกลางตลอดทั้งวัน) เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม – 31 พฤษภาคม พ.ศ.2562 วันละ 24 ชั่วโมง และเปิดระบบระบายอากาศ

**2.1.2 สภาพแวดล้อมแบบปิด** (สภาพปิดกรุที่นักท่องเที่ยวไม่สามารถเดินเข้าไปด้านในพระปรางค์ได้) เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 17 – 26 ธันวาคม พ.ศ.2562 วันละ 24 ชั่วโมง และปิดระบบระบายอากาศ

ภาพที่ 28 อุปกรณ์ Datalogger ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT330 USB สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ภาพที่ 29 การตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยอุปกรณ์ Datalogger บริเวณกรุชั้นล่าง

ภาพที่ 30 การตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยอุปกรณ์ Datalogger บริเวณกรุชั้นบน

**2.2 คุณภาพของอากาศ**

การตรวจวัดคุณภาพของอากาศเป็นการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศ ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) ด้วยเครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI เป็นเวลา 10 นาทีต่อตัวอย่าง ในวันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ.2562 เวลา 10.00 - 13.00 น. โดยใช้เครื่องมือของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และเก็บโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คือ นายสิรภพ พินิจการ และรองศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ

1) สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศ

2) สภาพแวดล้อมขณะปิดระบบระบายอากาศ

การตรวจวัดคุณภาพของอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ทราบว่า คุณภาพอากาศภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นอันตรายต่อการเข้าชมของนักท่องเที่ยวหรือไม่หรือคนที่เข้าไปสามารถอยู่ได้อย่างสบายหรือไม่ โดยเฉพาะฝุ่นละอองโดยรวม (Total Suspended Particulate: TSP) ที่ลอยอยู่ในอากาศมีปริมาณเท่าไหร่ ซึ่งมีผลต่อการเกิดคราบเปื้อนของจิตรกรรมฝาผนัง นอกจากนั้นระบบระบายอากาศที่ใช้ในปัจจุบันสามารถระบายฝุ่นละอองหรือมลภาวะทางอากาศที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

ทั้งนี้ ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร (ค่าเฉลี่ยในเวลา 8 ชั่วโมง) ของกรมอนามัยมีดังนี้

ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เท่ากับ 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 31 เครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI ที่ใช้วัดค่าฝุ่นละอองในอากาศ
(ที่มาภาพ: https://www.tsi.com/dusttrak-ii-aerosol-monitor-8530/,
เข้าถึงเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ.2563)

ภาพที่ 32 ขณะตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในกรุชั้นล่าง (ซ้าย) และกรุชั้นบน (ขวา)

**2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)**

การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide ($SO_2$)) ใช้วิธี Spectrophotometric Method ตรวจวัดวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ.2563 โดยกลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กรมศิลปากร ในจำนวน 4 ตำแหน่ง ได้แก่

1) ภายนอกพระปรางค์ประธาน
2) ภายในพระปรางค์บริเวณโถงกลาง
3) ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นบน
4) ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นล่าง

การตรวจวัดค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศเพื่อตรวจสอบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นออกไซด์ของกำมะถันนั้นมีปริมาณมากน้อยเพียงใด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ทำให้เกิดเกลือซัลเฟสมูลค้างคาวจะทำให้เกิดเกลือโพแทสเซียมไนเตรต เกลือไนเตรต และเกลือชนิดอื่น ๆ ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง

**2.4 เกลือและมูลค้างคาว**

เก็บตัวอย่างของเกลือบนภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง จำนวน 1 ตัวอย่าง และมูลค้างคาวบริเวณโถงกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่พบมูลค้างคาวปริมาณมากที่สุด ปริมาณ 2 ช้อนชา นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดย

อาจารย์ ดร.ณิชนันทน์ เทพศุภรังษิกุล ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1) ความเป็นกรดด่าง (pH)

2) อนุมูล Carbonate ($CO_3^{2-}$), Phosphate ($PO_4^{3-}$), Sulfate ($SO_4^{2-}$) Nitrate ($NO_3^-$)

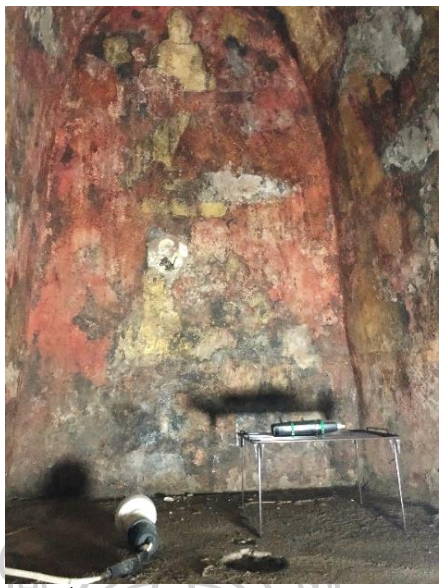
วิธีการหาอนุมูลด้วยวิธีการหาหมู่ function มีขั้นตอนดังนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 วิธีการทดสอบหาอนุมูล

| อนุมูล | วิธีการทดสอบ |
|---|---|
| Carbonate ($CO_3^{2-}$) | นำตัวอย่างมาเติม 6M$H_3$ $SO_4$ สังเกตฟองก๊าซที่เกิดขึ้น จากนั้นผ่านก๊าซนี้ลงในสารละลายอิ่มตัว จะเกิดตะกอนขาวขึ้น |
| Phosphate ($PO_4^{3-}$) | นำตัวอย่างมาเติม 6M$HNO_3$ ปริมาณ 1 ml จากนั้นเติม 0.5 M$(NH_4)_2$ $MoO_4$ 1 ml เขย่า แล้วนำไปให้ความร้อน 5 นาที จะเห็นตะกอนเหลือง $(NH_4)_3$ $PMo_{12}O_{40}$ |
| Sulfate ($SO_4^{2-}$) | นำตัวอย่างมาเติม GMHCl จนเป็นกรด หยด MBa $(NO_3)_2$ สังเกตตะกอนขาว $BaSO_4$ ที่เกิดขึ้น |
| Nitrate ($NO_3^-$) | นำตัวอย่างมาเติม CMC.$H_2$ $SO_4$ จากนั้นจับหลอดเอียง 45 องศา เติม $FeSO_4$ 1 ml จะสังเกตเห็นวงแหวนสีน้ำตาลของ $[Fe(H_2O)_5 NO]^{2+}$ |

3) ธาตุองค์ประกอบหลักของเกลือละลายน้ำได้ด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

เป็นเทคนิคการทดสอบหาปริมาณแรธาตุที่สามารถวิเคราะห์ได้หลายธาตุในเวลาเดียวกัน ได้ผลที่รวดเร็วและแม่นยำ มีหลักการ คือ เมื่ออะตอม (atom) ของธาตุได้รับพลังงานความร้อนจะกลายเป็นอะตอมสภาวะกระตุ้นหรือมีพลังงานสูง (excited atom) ซึ่งไม่เสถียร และจะกลับมาเป็นอะตอมสภาวะปกติหรือสภาวะที่มีพลังงานต่ำ (ground states) โดยปล่อยพลังงานแสงออกมา ซึ่งจะผ่านเข้าเครื่องแยกแสงและตรวจหาสัญญาณ เพื่อแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วคำนวนมาเป็นผลวิเคราะห์ โดยมีช่วงการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุทั้งในระดับปริมาณมากจนถึงปริมาณน้อย และเป็นการเตรียมตัวอย่างในรูปของสารละลาย วิธีการนี้นำไปประยุกต์แพร่หลายในด้านต่าง ๆ ทั้งโลหะวิทยา ธรณีวิทยา การเกษตร อุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อม (ธนู ศรีนาวาวงศ์, 2551: 2)



ภาพที่ 33 บริเวณที่เก็บตัวอย่างเกลือ ผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง
โดยเกลือที่พบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร

ภาพที่ 34 เกลือบนภาพจิตรกรรมฝาผนัง ผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง

ภาพที่ 35 ตัวอย่างมูลสัตว์ที่ใช้การวิเคราะห์

**2.5 ตัวอย่างของภาพจิตรกรรมฝาผนัง**

ตัวอย่างของภาพจิตรกรรมฝาผนังเลือกเก็บจากชิ้นส่วนที่หลุดล่อนและตกอยู่บนพื้น จำนวน 1 ชิ้น นำมาตรวจสอบองค์ประกอบภายในด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

**2.5.1 กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง**

กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสงที่ใช้ตรวจสอบโครงการจุลภาพของตัวอย่าง ยี่ห้อ Zeiss รุ่น Axio Lab.A1 สำหรับตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค เลนส์กำลังขยาย 50, 100, 200 และ 500 เท่า และบันทึกภาพด้วยกล้อง Zeiss Axiocam ERc 5s ที่ความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ของห้องปฏิบัติการทางโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร

กล้องจุลทรรศน์ทำให้มองเห็นภาพขยาย โดยแสงจะวิ่งผ่านระบบเลนส์ต่าง ๆ และมีการส่องไปที่วัตถุ ก่อนที่แสงจะส่องผ่านเข้าสู่สายตา ซึ่งแสงที่อยู่ภายในระบบที่สะท้อนกลับเข้าสู่สายตา จะทำให้สามารถมองเห็นภาพได้ โดยการมองผ่านเลนส์ eyepiece

ตัวอย่างจิตรกรรมฝาผนังนำไปตัดให้มีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตรเพื่อนำไปขึ้นเรือนเย็น (cold mounting) ซึ่งเป็นการฝังชิ้นงานในอิพอกซีเรซิ่น (epoxy resin) โดยวางให้เห็นส่วนหน้าตัด (cross-section) ของตัวอย่างที่ครอบคลุมตั้งแต่ชั้นสีถึงชั้นปูน หลังจากนั้นจึงนำไปขัดหยาบด้วยกระดาษทรายน้ำ และขัดละเอียดด้วยผ้าขัดและผงเพชร จนชิ้นงานเรียบเสมอ จึงนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์และบันทึกภาพ

**2.5.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์ร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์**

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ Tescan รุ่น Mira3 ติดตั้งระบบวิเคราะห์ธาตุด้วยวิธี x-ray fluorescence (XRF) แบบ energy dispersive spectroscopy (EDS) ของ EDAX ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเป็นเครื่องมือที่นำไปใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างขนาดเล็ก มีคุณสมบัติในการแยกแยกรายละเอียดของภาพได้มากกว่ากล้องจุลทรรศน์โดยทั่วไป โดยสามารถแยะแยะรายละเอียดของภาพได้ถึง 100 นาโนเมตร ได้ภาพ 3 มิติ จะใช้ศึกษารายละเอียดของโครงสร้างภายนอกหรือผิวของวัตถุ ภาพที่ได้จะเป็นภาพเสมือน 3 มิติ ที่มีระยะชัดลึกสูง ทำให้สามารถระบุลักษณะของพื้นผิวงานได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้การใช้สัญญาณภาพจากรังสีเอ็กซ์ หรือการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงานทำให้สามารถวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างได้ และเพื่อระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในตัวอย่าง เช่น ผลึกของรงควัตถุที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น

ภาพที่ 36 ตัวอย่างภาพจิตรกรรมฝาผนังจากกรุชั้นล่างและการเตรียมชิ้นงาน
ที่นำมาตรวจสอบองค์ประกอบภายในด้วยกล้องจุลทรรศน์

ภาพที่ 37 ขณะวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

# บทที่ 4
# กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะกับการอนุรักษ์ที่ผ่านมา

วัดราชบูรณะ ตั้งอยู่ในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา เป็นโบราณสถานที่สำคัญของชาติ ค้นพบในปี พ.ศ.2500 และได้รับการบูรณปฏิสังขรณ์เรื่อยมาจนกระทั่งถึงปัจจุบัน มีประวัติความเป็นมาทางประวัติศาสตร์สถานที่และการอนุรักษ์ดังนี้

## 1. ข้อมูลทั่วไปของวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

### 1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

วัดราชบูรณะ ตั้งอยู่ที่ตำบลท่าวาสุกรี อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโบราณสถานที่ได้รับการขึ้นทะเบียนโบราณสถานประกาศในราชกิจจานุเบกษา ในวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2478 พิกัดภูมิศาสตร์ (UTM) : 669000.37mE. 1588002.40mN. มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้

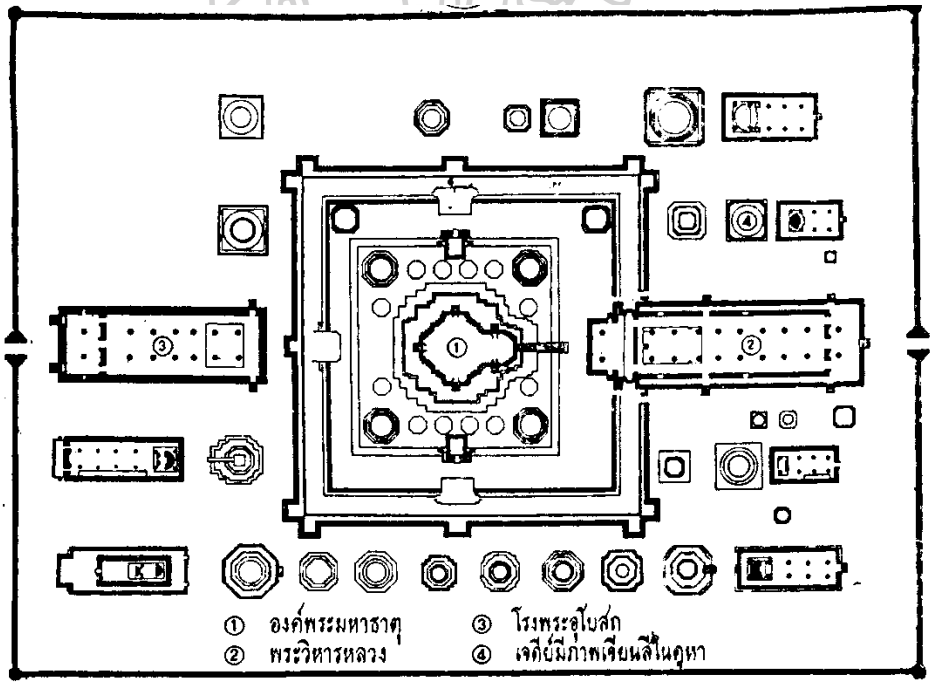
ทิศเหนือ ติดกับ ซอยซีกุน 2
ทิศตะวันออก ติดกับ ถนนซีกุน
ทิศใต้ ติดกับ วัดมหาธาตุ
ทิศตะวันตก ติดกับ ศูนย์วัฒนธรรมเฉลิมพระเกียรติราชมงคลวาสุกรี

ภาพที่ 38 ตำแหน่งวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
(ดัดแปลงจากแผนที่ google map)

**1.2 ประวัติวัดราชบูรณะ**

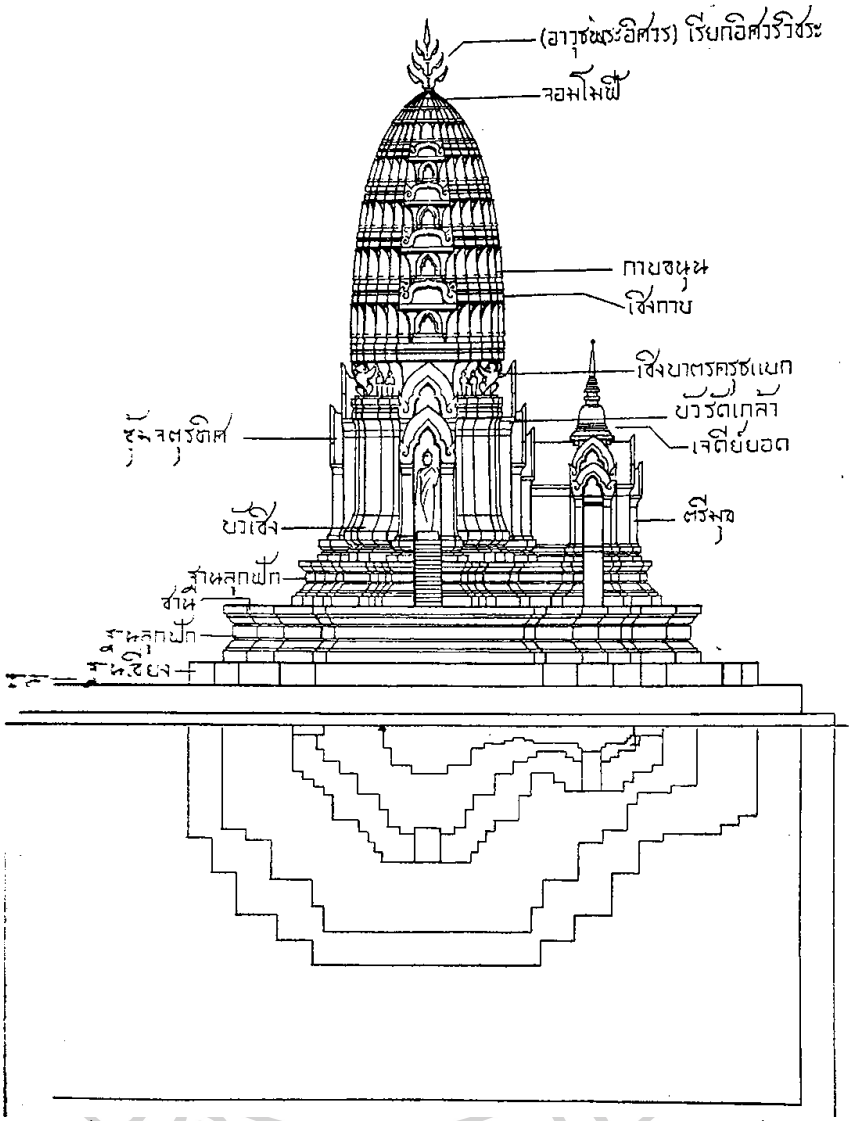
วัดราชบูรณะ สร้างโดยสมเด็จพระบรมราชาธิราชที่ 2 หรือเจ้าสามพระยา ในปี พ.ศ.1967 ดังปรากฏในพระราชพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐอักษรนิติ์ว่า ศักราช 786 (พ.ศ.1967) สมเด็จพระนครินทราธิราช พระราชทรงพระประชวรและสวรรคต เจ้าอ้ายพระยาและเจ้ายี่พระยา พระราชกุมารของพระองค์ ได้ชนช้าง ณ สะพานป่าถ่าน และสิ้นพระชนม์ลง เหตุเพราะเพื่อแย่งชิงราชสมบัติ เจ้าสามพระยา พระราชกุมารอีกพระองค์จึงได้ก่อพระเจดีย์และสร้างวัดราชบุรณะขึ้น ณ ที่ที่ทั้งสองพระองค์ชนช้างสิ้นพระชนม์ (กรมศิลปากร, 2504: 4 - 5)

วัดราชบูรณะให้ความสำคัญกับแผนผังแนวแกนทิศตะวันออก – ตะวันตก กล่าวคือ พระปรางค์เป็นประธานของวัด มีพระวิหารตั้งอยู่ด้านหน้า มีระเบียงคดล้อมรอบองค์พระปรางค์ประธาน มีพระอุโบสถตั้งอยู่ด้านพระปรางค์ในแนวแกนเดียวกัน องค์พระประธานมีการซ้อนฐานสูงก่อนถึงถึงเรือนธาตุ โดยภายใต้ฐานสูงนี้ ภายในมีการสร้างกรุสำหรับประดิษฐานพระบรมสารีริกธาตุและเครื่องบูชา




ภาพที่ 39 แผนผังวัดราชบูรณะ

(ที่มาภาพ: กรมศิลปากร, (2557), **จิตรกรรมและศิลปวัตถุในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา** (กรุงเทพฯ: บริษัทไทภูมิ พับลิชชิ่ง), 22.)




ภาพที่ 40 พระปรางค์วัดราชบูรณะ โดยพระพรหมวิจิตรเขียนบอกชื่อไว้

(ที่มาภาพ: กรมศิลปากร, (2557), **จิตรกรรมและศิลปวัตถุในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**, 20.)

**2. ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**

**2.1 การค้นพบกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**

ในวันที่ 28 กันยายน พ.ศ.2500 เวลา 15.20น. นายพันตำรวจตรี วุฒิ สมุทรประภูมิ ผู้กำกับการตำรวจภูธร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้เข้าพบนายกฤษณ์ อินทโกศัย รองอธิบดีกรมศิลปากร ณ กรมศิลปากร แจ้งว่าได้มีผู้ร้ายร่วมมือกับเจ้าหน้าที่บางคนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาลอบลักขุดเข้าไปในกรุพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ และได้ของมีค่าเป็นจำนวนมาก โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจได้จับกุมคนร้ายและได้ของกลางบางส่วนแล้ว เมื่อเรื่องถึงนายธนิต อยู่โพธิ์ อธิบดีกรมศิลปากรในขณะนั้น จึงได้มอบหมายให้นายกฤษณ์ อินทโกศัย รองอธิบดีกรมศิลปากรพร้อมกับเจ้าหน้าที่หน่วยศิลปากร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 2 คน ได้ลงไปตรวจสอบพร้อมกับเจ้าหน้าที่ตำรวจในวันที่ 28 กันยายน พ.ศ.2500 เวลา 21.00 น. นายกฤษณ์ อินทโกศัย ได้เขียนรายงานบันทึกให้ทราบเกี่ยวกับสภาพตอนที่พบกรุเอาไว้ดังนี้

*“ที่ที่ผู้ร้ายขุดลงไปนั้น อยู่ตรงศูนย์กลางในห้ององค์พระปรางค์ ตรงกรุพอดี ผู้ร้ายเปิดขนศิลาแลงลงไปลึกประมาณ 3.60 เมตร ตรงปากหลุมกว้างประมาณ 2.50 เมตร แล้วหลุมค่อย ๆ สอบลงจนถึงก้นหลุมเหลือกว้างประมาณ 0.70 เมตร จึงถึงห้องกรุ ห้องที่ 1 ขนาดห้องกว้าง 1.40 เมตร ทรงสี่เหลี่ยมสูง 1.50 เมตร*

*ผู้ร้ายเจาะพื้นห้องกรุห้องที่ 1 ต่อลงไปเบื้องล่างอีกเป็นห้องกรุที่ 2 ทรงสี่เหลี่ยมขนาดห้องกว้าง 1.40 เมตร สูง 2.75 เมตร ห้องนี้เป็นห้องเก็บเครื่องทองคำที่ผู้ร้ายขนออกไปมากมายนั้น มีซุ้มลึกเข้าไปในผนังประมาณ 37 เซนติเมตร ทั้ง 4 ด้าน ตามผนังและในซุ้มเขียนภาพจิตรกรรมฝาผนังเกี่ยวกับเรื่องพระพุทธศาสนาด้วยสีชาดเต็มทั้งผนังและภายในซุ้ม ที่เพดานห้องกรุก็มีเขียนลวดลายเต็มเพดาน ภายในซุ้มเหนือ ตะวันออกและตะวันตกมีโต๊ะสำริดสูง 42 เซนติเมตร กว้างประมาณ 33-44 เซนติเมตร ยาวประมาณ 71-72 เซนติเมตร วางอยู่ซุ้มละ 1 ตัว คงจะเป็นที่วางสิ่งของ ส่วนซุ้มด้านทิศใต้ไม่มีโต๊ะ*

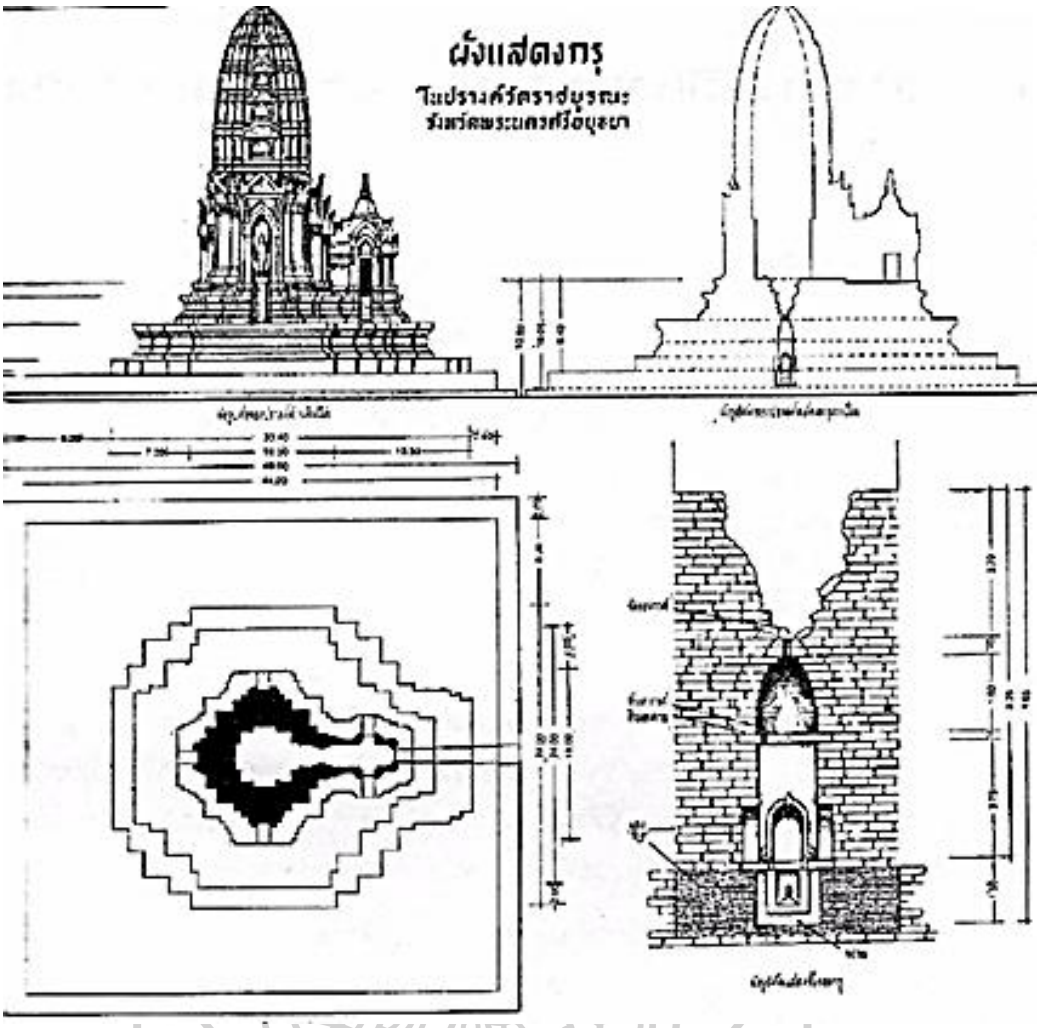
*ถัดซุ้มทั้งสี่ออกมา มีหินปูทำเป็นพื้นห้องเต็มทั้งห้อง หินที่ปูพื้นห้องหนา 17 เซนติเมตร การดำเนินงานลงเก็บของในกรุครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อสายและดวงโคมลงไป เมื่อผมลงไปถึงห้องนี้ ได้เห็นแหวน เครื่องทองคำชิ้นเล็ก ๆ พลอยและทับทิม คลุกเคล้าอยู่กับฝุ่นทรายพื้นห้องแพรวพราวไปหมด...”* (กรมศิลปากร, 2557: 27)

*"...วันที่ 1 ตุลาคม 2500 เวลา 7.00 น. เดินทางกลับไปอยุธยาสมทบกับผู้กำกับการตำรวจลงไปตรวจกรุอีกครั้งหนึ่ง เพราะสงสัยว่าจะมีกรุห้องที่ 3 ต่อลงไปข้างล่างอีก เนื่องจากมีช่องลมเย็นขึ้นมาจากเบื้องล่าง ผมให้เจ้าหน้าที่งัดหินพื้นห้องขึ้น ก็พบว่ามีอีกห้องหนึ่งจริง เป็นห้องที่ 3 กว้างประมาณ 1.40 เมตร สี่เหลี่ยม สูงประมาณ 1.20 เมตร ภายในห้องนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนในก่อปูนเป็นห้องสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ กว้างประมาณ 0.80 เมตร สี่เหลี่ยม บรรจุพระเจดีย์ทองคำ 1 เจดีย์ มีครอบเป็นรูปคล้ายครอบแก้วพระพุทธรูปมีขายในปัจจุบันครอบไว้ 4 ชั้น คือ ชั้นต้นเป็นเหล็กบุชิน ชั้นที่ 2 เป็นทองเหลือง ชั้นที่ 3 เป็นทองเหลือง ชั้นที่ 4 เป็นเงิน แล้วก็ถึงเจดีย์ทองคำเปิดได้ ภายในบรรจุพระพุทธรูปทองคำ พระเจดีย์แก้วผลึก พระพุทธรูปแก้วผลึก กับเครื่องทองกระจุกกระจิกอื่น ๆ และมีแผ่นใบลานทองคำจารึกอักษรขอมม้วนกลมบรรจุอยู่ด้วย บริเวณรอบ ๆ เจดีย์ทองคำ มีพระพุทธรูปทองคำและเงิน รูปสัตว์ต่าง ๆ ทำด้วยทองคำและเงิน พิมพ์เป็นแผ่นบรรจุเรียงรายอยู่โดยรอบ*

*วันที่ 2 และวันที่ 3 ตุลาคม 2500 ตรวจเก็บของที่ส่วนนอกของห้องที่ 3 ซึ่งกว้างประมาณ 0.40 เมตร มีพระพุทธสำริด พระพิมพ์ด้วยชิน กระปุกเคลือบ เครื่องใช้ทำด้วยเงินสำริดและทองเหลือง บรรจุอยู่โดยรอบ ได้จัดการขนของในกรุนี้ขึ้นเสร็จในวันที่ 3 ตุลาคม นำไปเก็บรักษาไว้ที่สถานีตำรวจพร้อมทั้งกวาดดินทรายก้นกรุขึ้นมาบรรจุกระสอบเอาไว้ร่อนหาของด้วย เย็นวันที่ 3 นั้นกลับพักผ่อนที่กรุงเทพฯ*

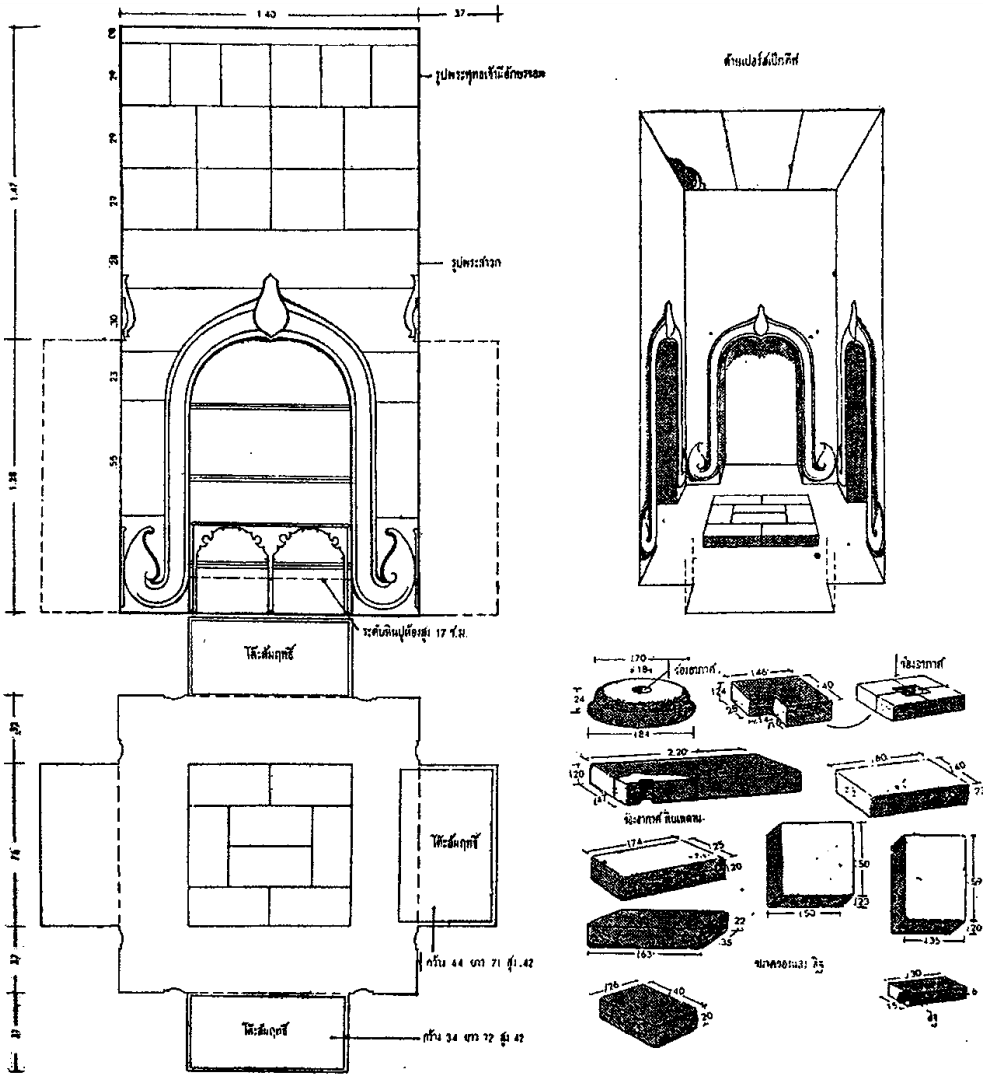
*วันที่ 4 ตุลาคม 2500 เวลา 7.00 น. กลับไปอยุธยา และพร้อมด้วยผู้กำกับการตำรวจไปตรวจกรุอีกว่าจะมีห้องต่อลงไปอีกหรือไม่ ได้ให้เจ้าหน้าที่เปิดห้องที่ 3 ขึ้น พบว่ามีแผ่นอิฐก่อรองรับเต็มทั้งพื้นห้องดิ่งลงไปข้างล่าง ได้รื้ออิฐลงไปประมาณ 1.00 เมตร ก็ยังไม่หมดอิฐก่อ ผมเห็นว่าควรยุติการตรวจค้นได้แล้ว จึงสั่งเลิกให้จัดการปรับภายในพื้นห้องที่ 3 ที่ขุดตรวจลงไป เสร็จเรียบร้อยเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2500 เป็นอันยุติการตรวจกรุเพียงเท่านี้ ในขั้นต่อไปจะได้จัดการกลบเกลี่ยพื้นห้องพระปรางค์ที่ผู้ร้ายขุดตามวิธีการต่อไป"* (กรมศิลปากร, 2557: 31)

ภายหลังการค้นพบกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ในเวลาต่อมาได้มีนักวิชาการได้เข้าไปศึกษาภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุ โดยน ณ ปากน้ำ กล่าวว่า ภาพจิตรกรรรมฝาผนังที่กรุชั้นบนเป็นการเขียนด้วยเทคนิคสีฝุ่นผสมกาวแบบเทมเพอรา (น ณ ปากน้ำ, 2516) ส่วนจิตรกรรมฝาผนังที่กรุชั้นล่าง ศิลป์ พีระศรีกล่าวว่าเขียนด้วยเทคนิคการวาดภาพบนผนังปูนเปียก (ศิลป์ พีระศรี, 2537: 41 - 43)

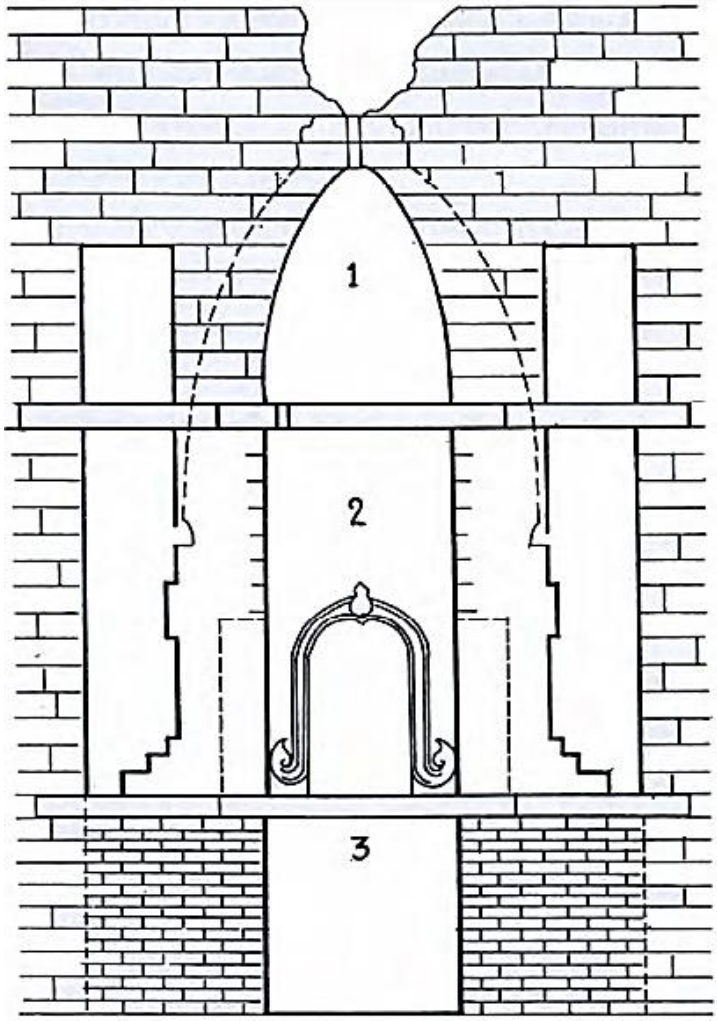



ภาพที่ 41 รูปแบบของพระปรางค์ ผังพื้น และรูปด้านตัด
กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะที่ค้นพบในปี พ.ศ.2500

(ที่มาภาพ: กรมศิลปากร, (2557), **จิตรกรรมและศิลปวัตถุในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**, 28.)



ภาพที่ 42 แผนผังที่ตั้งของกรุห้องที่ 2 วาดในปี พ.ศ.2500 ปัจจุบันคือส่วนหนึ่งของกรุชั้นล่าง (ที่มาภาพ: กรมศิลปากร, (2557), **จิตรกรรมและศิลปวัตถุในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**, 28.)




1 กรุห้องที่ 1 ส่วนยอดของกรุ ปัจจุบันแปลงเป็นกรุชั้นบนมีบันไดทางลงจากโถงกลาง

2 กรุห้องที่ 2 ส่วนกลางของกรุ แต่เดิมใช้หินปูรองพื้น ปัจจุบันแปลงเป็นกรุชั้นล่าง

3 กรุห้องที่ 3 ส่วนล่างของกรุ ปัจจุบันรื้อหินเพดานออกเชื่อมกับกรุห้องที่ 2 เป็นกรุชั้นล่าง

ภาพที่ 43 ผนังด้านตัดของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ
เป็นกรุปิดตายก่อนคนร้ายจะขุดทำลาย พ.ศ.2499

(ที่มาภาพ: กรมศิลปากร. (2502), **พระพุทธรูปและพระพิมพ์ในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา** (พระนคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิวพร))

**2.2 การอนุรักษ์ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะที่ผ่านมา**

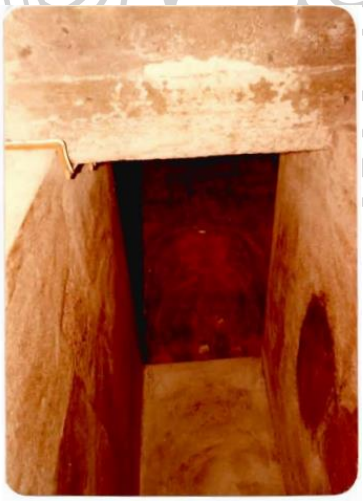
ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ได้รับการอนุรักษ์จากกรมศิลปากร ครั้งแรก ภายหลังจากที่คนร้ายเข้ามาขุดกรุในปี พ.ศ.2500 หลังจากนั้นกรมศิลปากรได้อนุรักษ์ภาพจิตรกรรมฝาผนังจำนวน 4 ครั้ง ในปี พ.ศ.2530, 2544, 2545 และ 2554 ตามลำดับ ปัจจุบันกลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กองโบราณคดี กรมศิลปากร มีหน้าที่รับผิดชอบด้านการอนุรักษ์จิตรกรรมฝาผนังโดยตรง ทั้งนี้ การเข้าสำรวจและอนุรักษ์ภาพจิตรกรรมฝาผนังครั้งสำคัญมีดังนี้

**ครั้งที่ 1 (พ.ศ.2522)**

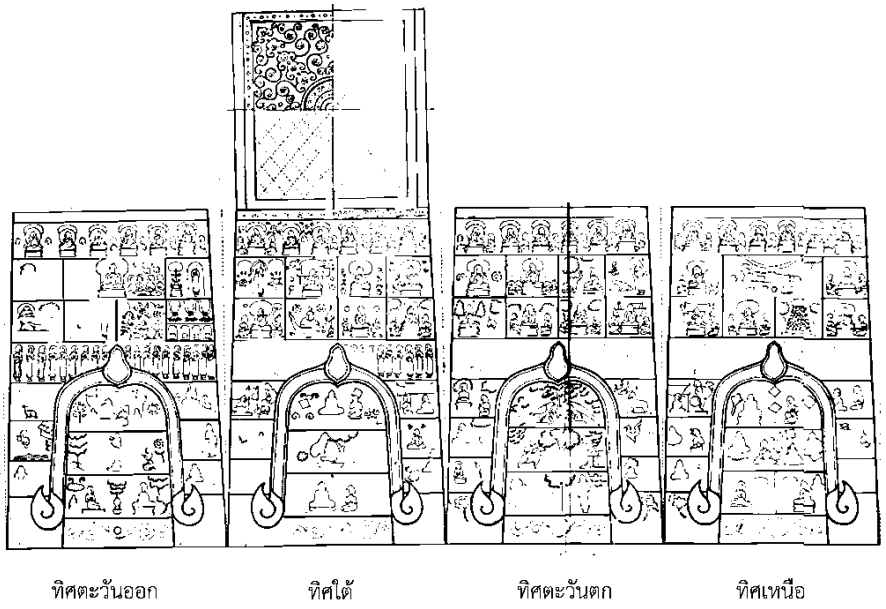
สว่าง สิมะแสงยาภรณ์ ได้เข้าสำรวจภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ในปีพ.ศ.2522 ได้ถ่ายภาพ ทำแผนผัง เพื่อศึกษาองค์ประกอบและวิธีการออกแบบทางศิลปะ รวมทั้งคติและความนิยมในการใช้เรื่องราวในการแสดงภาพจิตรกรรม (สว่าง สิมะแสงยาภรณ์, 2523) ถึงแม้ว่าผลงานนี้จะไม่ใช่งานอนุรักษ์โดยตรง แต่เป็นการสำรวจครั้งแรก ๆ ที่มีการบันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษร ผลการศึกษาในครั้งนี้ได้สรุปแบบศิลปะของภาพจิตรกรรมฝาผนังได้ว่า

กรุชั้นล่าง พบเรื่องราว 2 เรื่อง คือ เทพชุมนุม และเรื่องทั่วไปที่ไม่ใช่เรื่องราวทางศาสนาและยังหาข้อสรุปไม่ได้ และใช้ศิลปะตามอย่างไทยและจีน

กรุชั้นบน พบเรื่องราว 4 เรื่อง คือ อดีตพุทธ, พระพุทธประวัติ พระมหาสาวก และนิบาตชาดก ใช้วิธีการจัดภาพที่เรียบง่าย ฝีแปรงเข้มแข็งมั่นคงแต่ไม่รุนแรง ภาพถูกจัดในโครงสร้างที่เป็นระเบียบแน่นอน



ภาพที่ 44 ทางลงสู่กรุชั้นล่าง เสริมความมั่นคงโดยใช้ซีเมนต์ก่อ ภาพจากการสำรวจปี พ.ศ.2522 (ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), **แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระณ พระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**, ศิลปนิพนธ์ในหลักสูตรศิลปบัณฑิต ภาควิชาประยุกต์ศิลป์ศึกษา สาขาศิลปประเพณี คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 19.)




ภาพที่ 45 แผนผังการวาดภาพกรุชั้นล่าง จากการสำรวจปี พ.ศ.2522
(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 15.)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพที่ 46 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นบน

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 20.)

ภาพที่ 47 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นบน

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 20.)

ภาพที่ 48 องค์เทพยดา กรุชั้นบน

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 66 - 67.)

ภาพที่ 49 องค์อดีตพุทธ กรุชั้นบน

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 39.)

ภาพที่ 50 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันตก ภาพชั้นบนสุด กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 40.)

ภาพที่ 51 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศเหนือ ภาพชั้นบนสุด กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 42.)

ภาพที่ 52 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศเหนือ ภาพชั้นบนสุด กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 80.)

ภาพที่ 53 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 23.)

ภาพที่ 54 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 23.)

ภาพที่ 55 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นล่าง

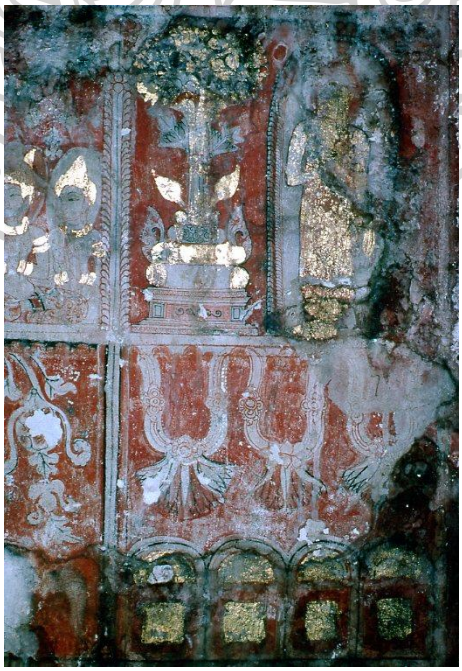
(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 101.)

ภาพที่ 56 ภาพจิตรกรรมบนผนังด้านทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523), “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธาน วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” 101.)

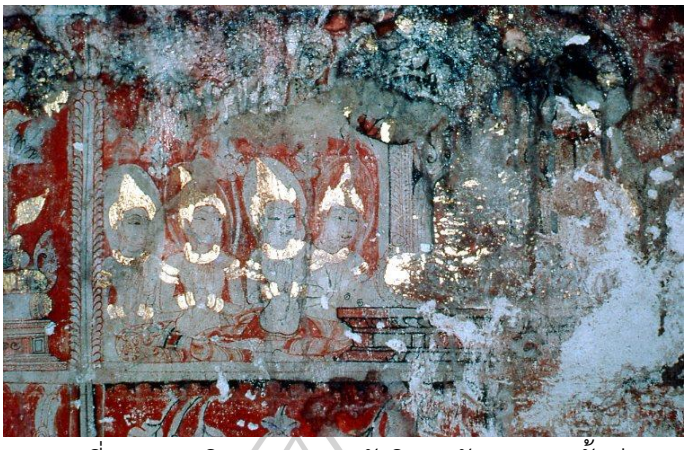
**ครั้งที่ 2 (พ.ศ.2528)**

กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากรได้สำรวจในวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2528 เพื่ออนุรักษ์ภาพจิตรกรรมฝาผนังในเวลาต่อมา โดยได้บันทึกสภาพในเชิงพรรณนาและภาพถ่ายดังภาพด้านล่าง



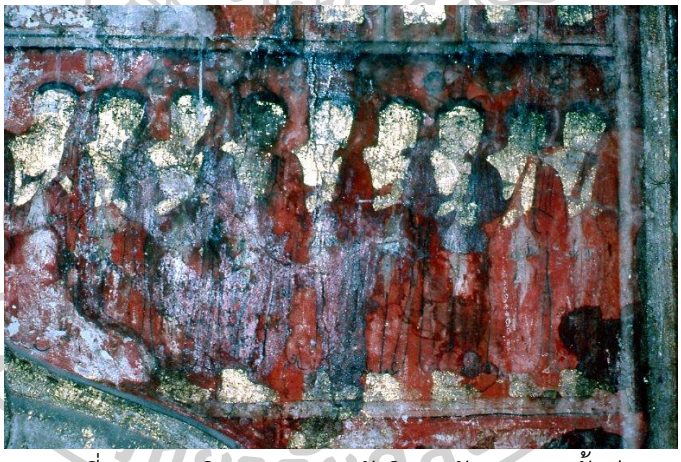
ภาพที่ 57 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)



ภาพที่ 58 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)



ภาพที่ 59 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 60 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 61 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรมกรมศิลปากร)

ภาพที่ 62 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศเหนือ กรุชั้นล่าง

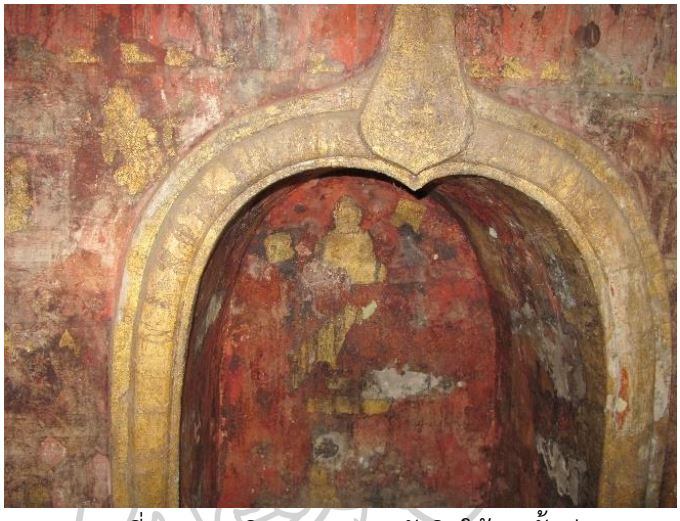
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 63 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

**ครั้งที่ 3 (พ.ศ.2553)**

กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากรได้เข้าสำรวจเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ.2553 และได้อนุรักษ์ภาพจิตรกรรมฝาผนังในเวลาต่อมา โดยได้บันทึกสภาพในเชิงพรรณนาและภาพถ่ายดังภาพด้านล่าง

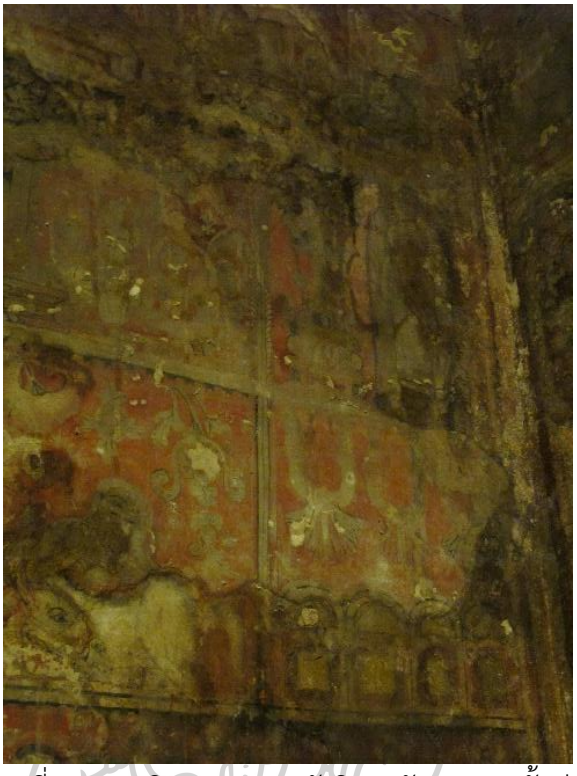


ภาพที่ 64 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 65 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 66 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 67 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)



ภาพที่ 68 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

ภาพที่ 69 ภาพจิตรกรรมฝาผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร)

**ครั้งที่ 4 (พ.ศ.2563)**

การสำรวจโดยกลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กรมศิลปากร ในวันที่ 23 – 24 กรกฎาคม พ.ศ.2563 ได้สำรวจตรวจสภาพความเสียหายของจิตรกรรมฝาผนังและมีแนวทางการอนุรักษ์ดังนี้

กรุพระปรางค์ชั้นล่างและชั้นบนมีความชื้นจากตัวพระปรางค์ มีคราบน้ำ คราบฝ้า คราบเกลือ ชั้นปูนมีความชำรุด มีโพรงผนัง คราบมูลสัตว์หนาโดยรอบ ชั้นรองพื้นมีการเสื่อมสภาพ ชั้นสีโป่งพอง สีซีดจาง

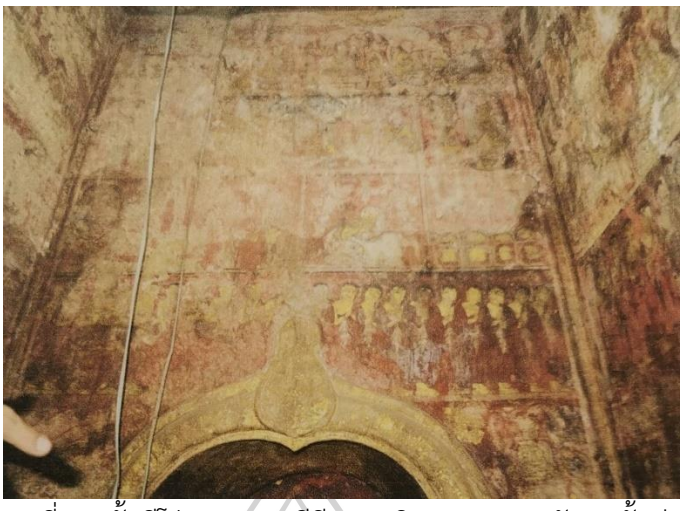
แนวทางการอนุรักษ์จากการเข้าสำรวจตรวจสอบสภาพความชำรุดเสียหายของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ เห็นควรเร่งดำเนินการหาทางกั้นค้างคาวไม่ให้เข้าไปอาศัย และเปิดพัดลมระบายอากาศเพื่อให้อากาศถ่ายเท อนุรักษ์เพื่อป้องกันความชำรุดเสียหายของจิตรกรรม (กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, 2563)

ภาพที่ 70 ความชำรุดของปูนและปูนจับขอบ ผนังกรุชั้นบน

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**, (เอกสารอัดสำเนา)) (กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, 2563)

ภาพที่ 71 ความชื้นที่ขึ้นผิวจิตรกรรม ผิวปูน และศิลาแลง เป็นคราบฝ้า คราบเกลือ กรุชั้นบน (ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)

ภาพที่ 72 ความชื้นที่ขึ้นผิวจิตรกรรม ผิวปูน และศิลาแลง เป็นคราบฝ้า คราบเกลือ กรุชั้นบน (ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)

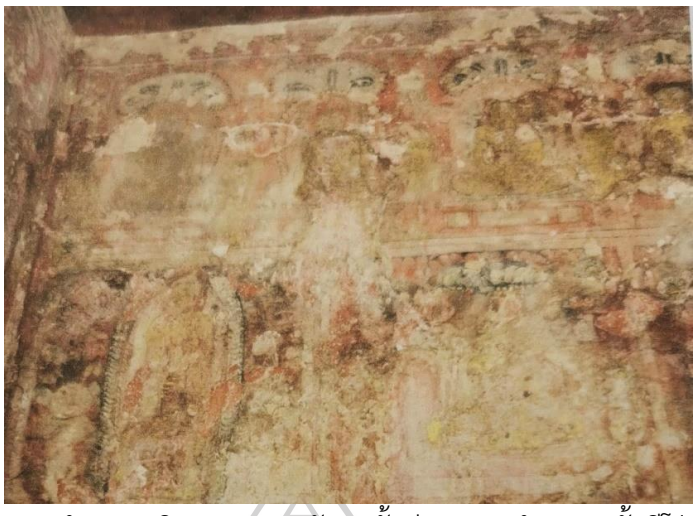


ภาพที่ 73 ชั้นสีโป่งพองและสีซีดจาง จิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)

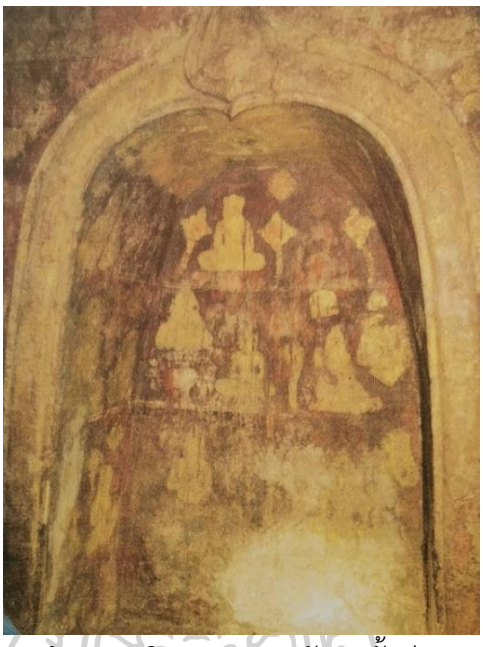
ภาพที่ 74 ชั้นสีโป่งพองและสีซีดจาง จิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)

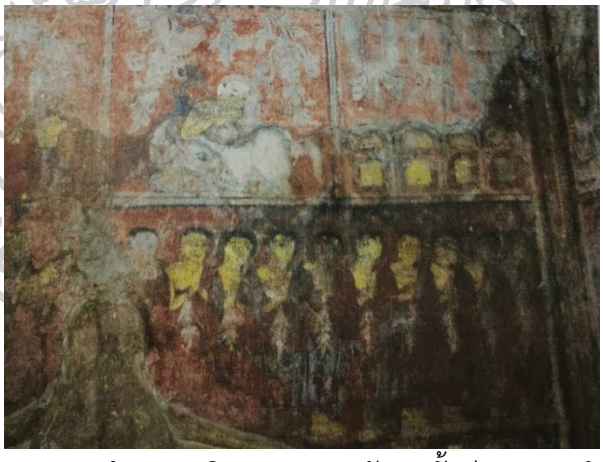


ภาพที่ 75 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นสีโป่งพองและสีซีดจาง (ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)

ภาพที่ 76 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นสีโป่งพองและสีซีดจาง (ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)



ภาพที่ 77 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นปูน
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)



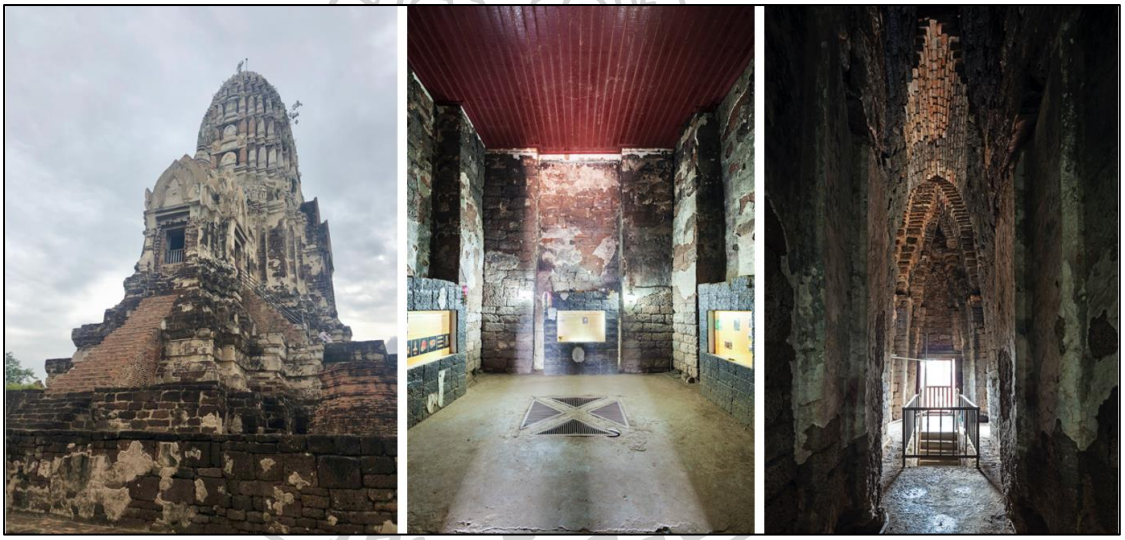
ภาพที่ 78 สภาพความชำรุดของจิตรกรรมฝาผนัง กรุชั้นล่าง ความชำรุดของชั้นปูน
(ที่มาภาพ: กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม, (2563), **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**.)

**3. สถานการณ์ปัจจุบันของของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะและภาพจิตรกรรมฝาผนัง**

ภายในพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นห้องโถงกลาง ก่อด้วยศิลาแลง พื้นมีช่องระบายอากาศแต่เดิมเป็นช่องที่คนร้ายขุดกรุ จากห้องโถงกลางมีบันไดเดินลงไปในกรุได้อีก 2 ชั้น

กรุชั้นบน หรือกรุบริวารอยู่ถัดมาจากห้องโถงกลาง มีภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งสี่ด้าน มีรูปแบบศิลปะแบบไทยปนจีน แสดงเรื่องราวทั้งสี่ด้าน

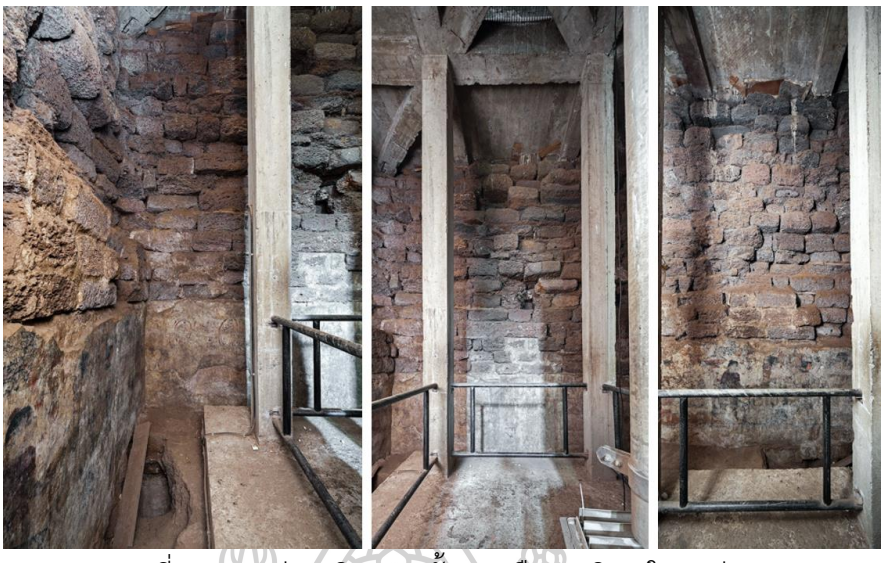
กรุชั้นล่าง มีภาพเขียนทั้งสี่ด้าน และเพดานชั้นบน เขียนด้วยสีแดง ทอง และดำ มีภาพเขียนเรียงเป็นแถว แถวบนสุดเขียนภาพพระอดีตพุทธเจ้าประทับนั่งบนพระรัตนบัลลังก์ภายใต้โพธิมณฑล เรียงเป็นแถวเดี่ยว ที่ใต้พุทธบัลลังก์มีตัวอักษรบอกพระนามของพระพุทธเจ้าเหล่านั้นทั้ง 24 พระองค์ สองแถวถัดมาแสดงเรื่องราวพระพุทธประวัติ แถวถัดมาแถวสุดท้ายเป็นภาพพระสาวก 80 รูป เพดานกรุเป็นภาพเขียนสีปิดทองบนพื้นสีแดงเป็นรูปวงกลมใหญ่และมีวงกลมขนาดเล็กกระจายอยู่โดยทั่วไป



ภาพที่ 79 (ซ้าย) พระปรางค์ประธานวัดราชบูรณะ

ภาพที่ 80 (กลาง) โถงกลาง พื้นเป็นช่องระบายอากาศแต่เดิมเคยเป็นช่องที่คนร้ายขุดกรุ

ภาพที่ 81 (ขวา) มุมมองจากโถงกลางมองไปด้านนอก

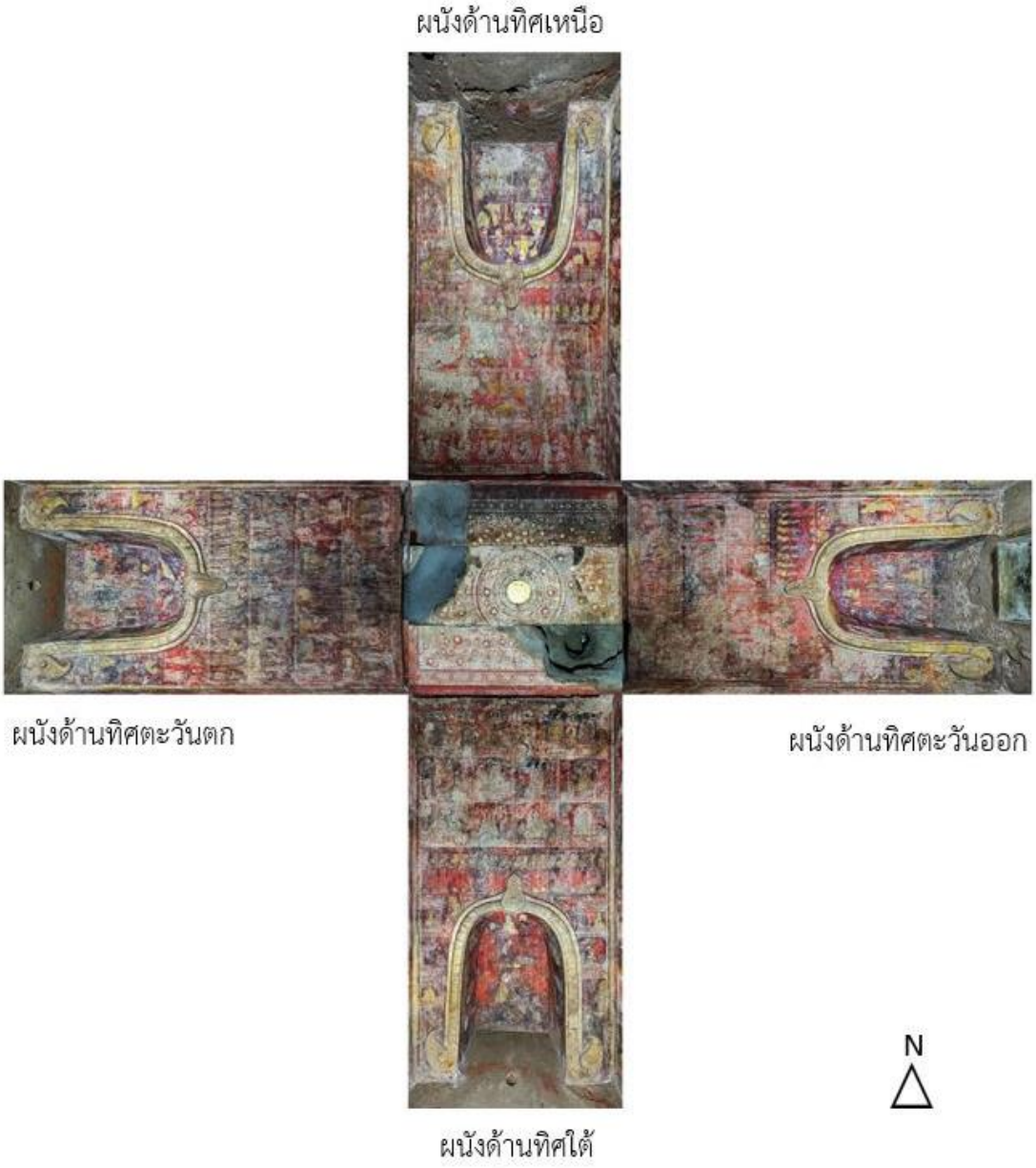


ภาพที่ 82 ภาพถ่ายบริเวณกรุชั้นบนหรือกรุบริวารในมุมต่าง ๆ
(ที่มาภาพ: บริษัท บานาน่า สตูดิโอ จำกัด)

ภาพที่ 83 มีพัดลมระบายอากาศจากกรุชั้นล่างมาที่กรุชั้นบน
และระบายอากาศจากกรุชั้นบนผ่านท่อสู่โถงกลางชั้นบนสุดต่อไป

ภาพที่ 84 ผนังด้านทิศเหนือ ตะวันออก ใต้ และตะวันตก ของกรุชั้นบน

(ที่มาภาพ: บริษัท บานาน่า สตูดิโอ จำกัด)




ภาพที่ 85 ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุชั้นล่าง

(ที่มาภาพ: บริษัท บานาน่า สตูดิโอ จำกัด)

เดิมกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ เปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าเยี่ยมชมภายในกรุ จนกระทั่งเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2561 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมระบบระบายอากาศและแสงไฟภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเกิดขัดข้อง ทำให้แสงสว่างและระบบระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้ กรมศิลปากรจึงปิดกรุไม่ให้นักท่องเที่ยวเข้าไปเยี่ยมชมกรุใต้โถงกลางได้จนกระทั่งเดือนมีนาคม พ.ศ.2562 ระบบไฟฟ้าได้ซ่อมแซมจนเสร็จ จึงเปิดประตูบริเวณคูหาโถงกลางเพื่อระบายอากาศ แต่ยังไม่อนุญาตให้นักท่องเที่ยวเข้าลงบันไดเพื่อเยี่ยมชมกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างจนถึงปัจจุบัน

ภาพที่ 86 นักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้าไปเยี่ยมชมกรุพระปรางค์ในวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ.2561

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพที่ 87 ประตูปิดไม่เปิดให้เข้าชม ระหว่างพฤศจิกายน 2561 - มีนาคม 2562

ภาพที่ 88 ระบบไฟฟ้าขัดข้องทำให้แสงสว่างและระบบระบายไม่ทำงาน
ทำให้มืดทั้งบริเวณ อากาศไม่ได้ระบายออก เกิดกลิ่นค้างคาวคละคลุ้ง

# บทที่ 5
# บทวิเคราะห์

จากการศึกษาได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

## 1. การตรวจสอบและการประเมินการเสื่อมสภาพ

การตรวจสอบและประเมินสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์ วัดราชบูรณะ พบว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังมีลักษณะเปื่อย ยุ่ย หลุดล่อน และมีคราบเกลือในบางบริเวณ โดยเฉพาะผนังด้านทิศใต้ มีเกลือขึ้นเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร และทำลายภาพจิตรกรรมไปบางส่วนแล้ว นอกจากนั้นยังมีฝุ่นติดบนภาพจิตรกรรมและพื้น เมื่อเข้าไปภายในกรุชั้นล่างจะหายใจลำบากและสัมผัสได้ว่ามีฝุ่นหนาทั่วบริเวณทั้งติดกับผนัง พื้น ราวบันได และในอากาศ และยังมีสัตว์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ค้างคาวอาศัยอยู่ในโถงภายในพระปรางค์ ทำให้บริเวณภายในห้องโถงและภายในกรุมีมูลค้างคาวเป็นจำนวนมากและส่งกลิ่นแอมโมเนียไปทั่วบริเวณ ซากงูลอกคราบและกิ้งกือพบบริเวณบันไดทางลงสู่กรุชั้นล่าง จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถจัดจำแนกร่องรอยและสาเหตุการเสื่อมสภาพได้ดังนี้

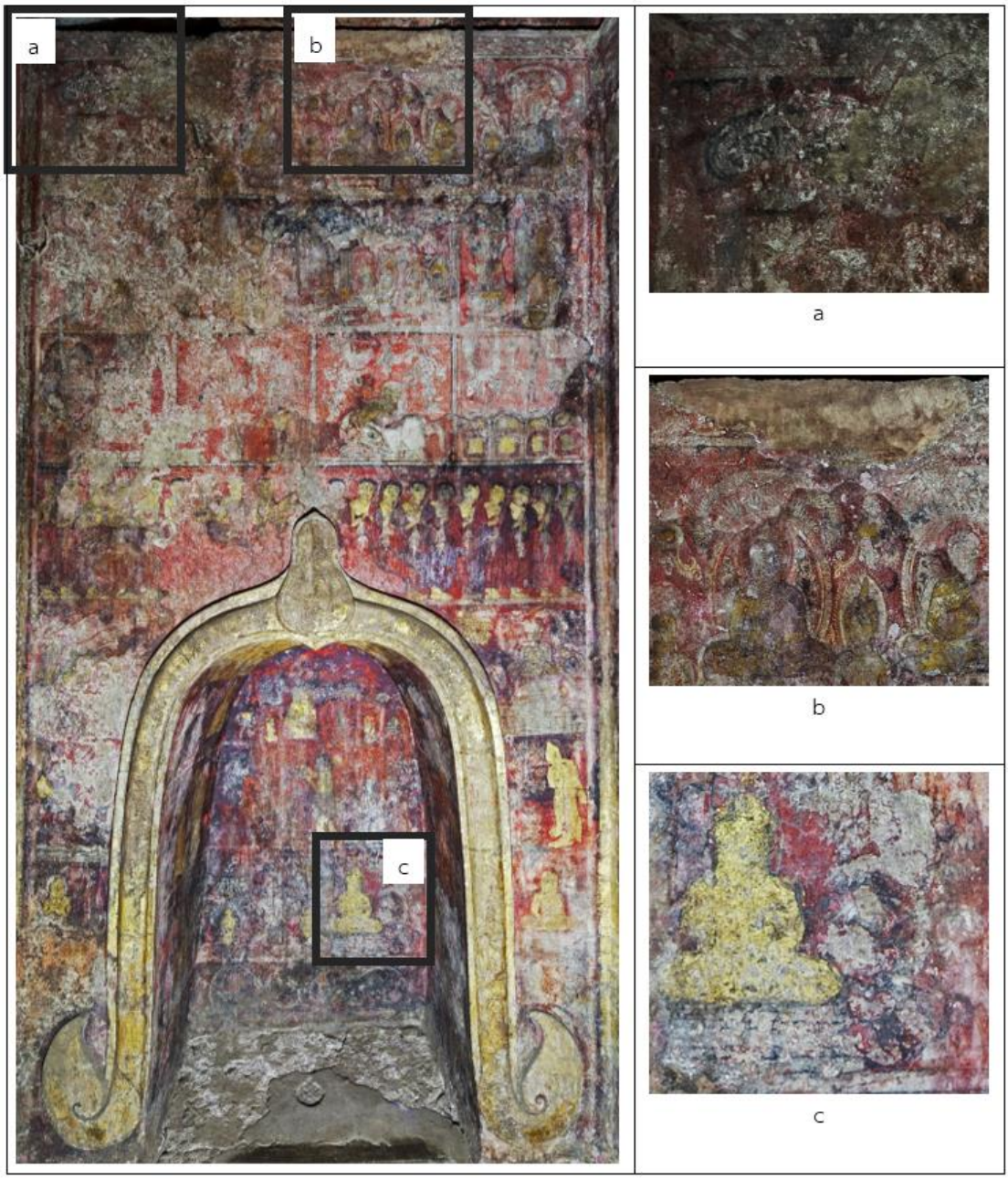
### 1.1 ร่องรอยการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง

การตรวจสอบและการประเมินการเสื่อมสภาพพบร่องรอยการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังดังนี้

**ผนังด้านทิศเหนือ** - มีลักษณะหลุดล่อน กะเทาะ เลือนจาง สีหมอง คราบฝุ่น หยากไย่ ทั่วทั้งบริเวณ โดยเฉพาะด้านบน

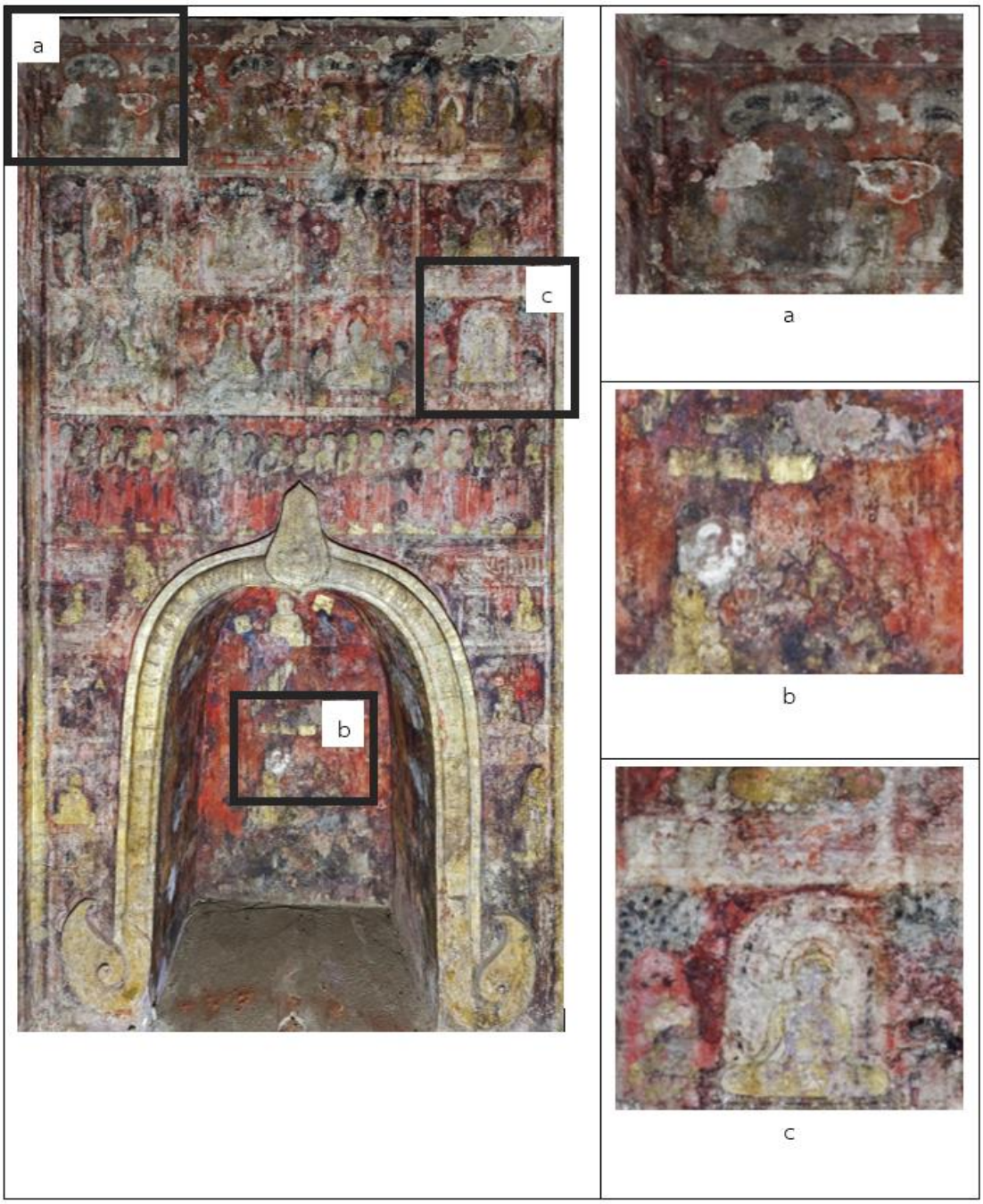
ภาพที่ 89 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศเหนือ

**ผนังด้านทิศตะวันออก** - มีลักษณะหลุดล่อน กะเทาะ เลือนจาง สีหมอง คราบฝุ่น หยากไย่ ทั่วทั้งบริเวณ พบเกล็ดสีขาวสันนิษฐานว่าเป็นคราบเกลือบริเวณด้านบนในส่วนของ a และ b



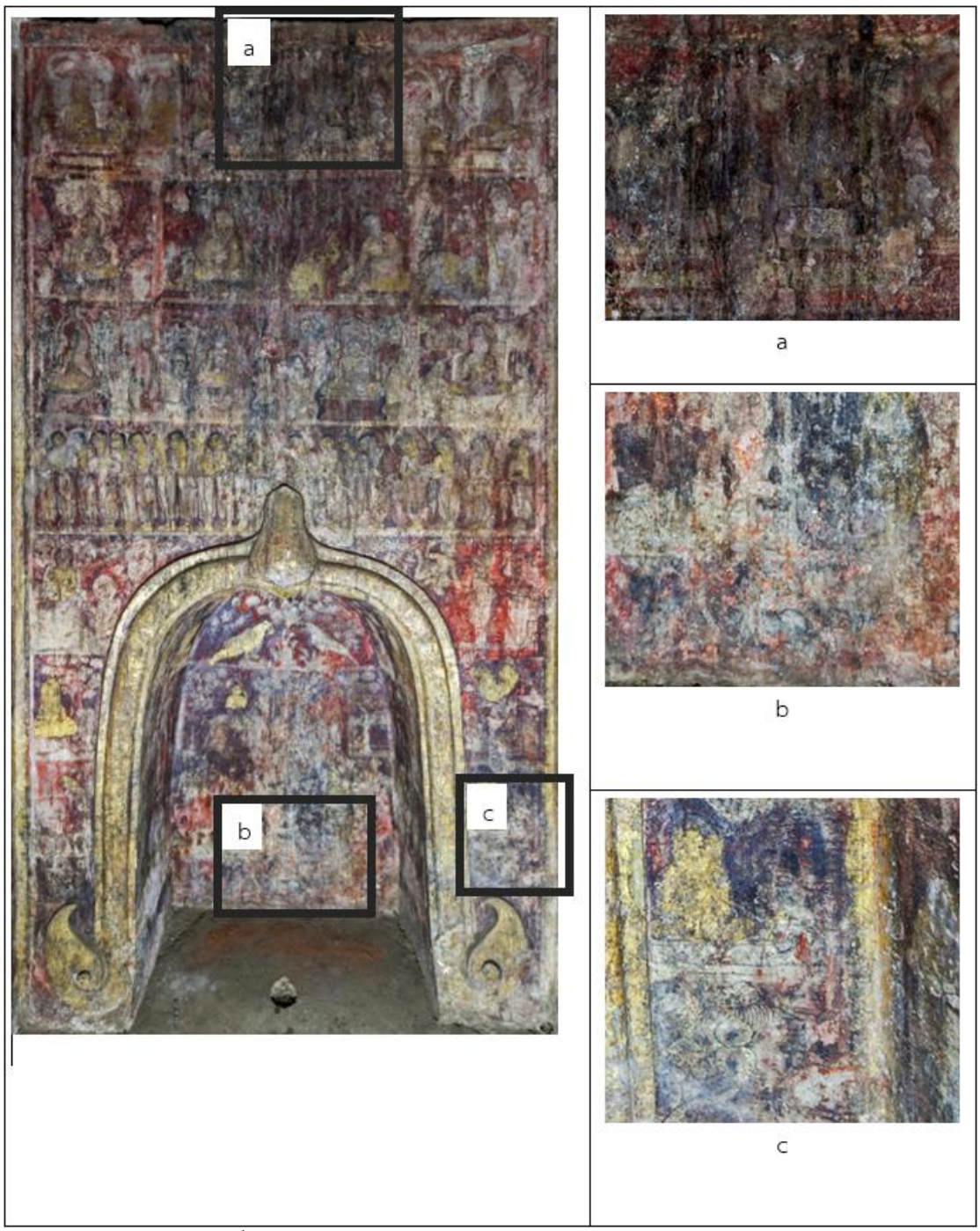

ภาพที่ 90 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศตะวันออก

**ผนังด้านทิศใต้** - มีลักษณะหลุดล่อน กะเทาะ เลือนจาง สีหมอง คราบฝุ่น หยากไย่ ทั่วทั้งบริเวณ พบเกล็ดสีขาวสันนิษฐานว่าเป็นคราบเกลือบริเวณส่วน b




ภาพที่ 91 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศใต้

**ผนังด้านทิศตะวันตก** - มีลักษณะหลุดล่อน กะเทาะ เลือนจาง สีหมอง คราบฝุ่น หยากไย่ทั่วทั้งบริเวณ และเกิดคราบดำโดยเฉพาะส่วนผนังตอนบน




ภาพที่ 92 สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังผนังด้านทิศตะวันตก

**1.2 สาเหตุการเสื่อมสภาพ**

จากการตรวจสอบภาพด้วยตาเปล่า (visual inspection) พบร่องรอยของการเสื่อมสภาพที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ โดยสรุปได้ดังนี้

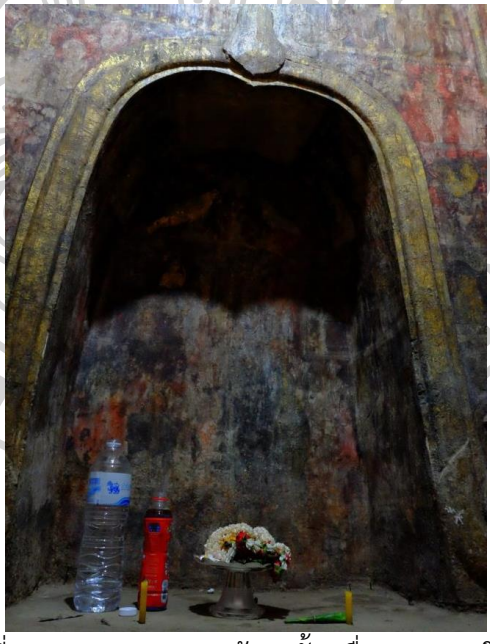
**1.2.1 สาเหตุจากมนุษย์**

พบสาเหตุที่เกี่ยวข้องมนุษย์เป็นผู้กระทำเป็นสาเหตุหลัก ได้แก่

1) การต่อสายไฟเข้ากับผนังของภาพจิตรกรรม และการวางสายไฟและปลั๊กไฟที่ไม่เป็นระเบียบ รวมทั้งการให้แสงสว่างส่องโดยตรงที่ภาพจิตรกรรมฝาผนัง

2) ระบบไฟฟ้าที่ติดขัด ทำให้บางวันมีไฟและบางวันไม่มีไฟ และทำให้ระบบระบายอากาศไม่ทำงานในวันที่ไฟฟ้าขัดข้อง

3) บุคคลภายนอกเข้าการตั้งเครื่องบูชาภายในกรุพระปรางค์ นอกจากนั้นภายในกรุยังมีคราบฝุ่นทั่วทั้งบริเวณ พบคราบงูและกิ้งกือ แสดงให้เห็นถึงว่ายังไม่มีมาตรการในการดูแลรักษาที่เหมาะสมและเป็นประจำสม่ำเสมอ



ภาพที่ 93 บุคคลภายนอกเข้ามาตั้งเครื่องบูชาภายในกรุ

ภาพที่ 94 แสงไฟฉายไปที่ภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยตรง สายไฟและปลั๊กไฟที่วางไม่เป็นระเบียบ การต่อสายไฟจากรูบนเพดานจากรุชั้นบนลงสู่กรุชั้นล่าง

**1.1.2 สาเหตุจากสัตว์และแมลง**

พบคราบงูและกิ้งกือบริเวณทางลงบันไดไปยังกรุชั้นล่าง มูลสัตว์ โดยเฉพาะมูลค้างคาวเป็นจำนวนมาก และได้กลิ่นแอมโมเนียซึ่งน่าจะมาจากของเสียของค้างคาวทั้งปัสสาวะและมูล พบค้างคาวอาศัยอยู่บริเวณเพดานของโถงกลางเป็นจำนวนมาก และพบแมงมุมและหยากไย่เป็นจำนวนมาก

ภาพที่ 95 คราบงูและคราบกิ้งกือบริเวณทางลงบันไดไปยังกรุชั้นล่าง

**1.1.3 สาเหตุจากสภาพแวดล้อม**

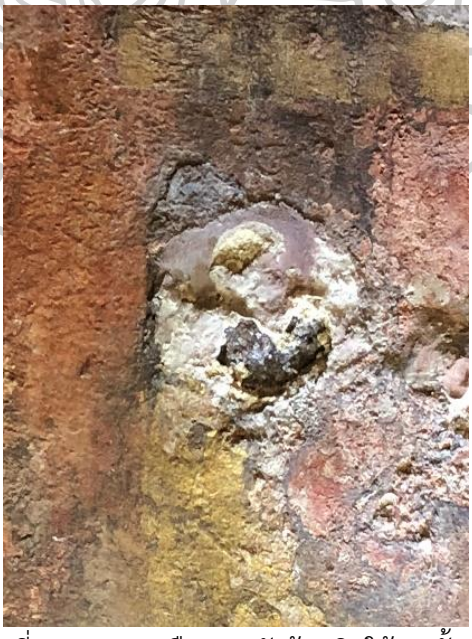
พบสาเหตุที่มาจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่

1) คราบฝุ่นละอองเกาะหนาทั่วทั้งบริเวณ ทั้งที่เกาะอยู่บนภาพและพื้นผนังโดยรอบ รวมทั้งอนุภาพฝุ่นแขวนลอยในอากาศ เมื่อหายใจจะสัมผัสได้ว่าไม่สามารถหายได้ได้อย่างสะดวก เมื่อเดินลงไปในกรุ ยิ่งลึกยิ่งหายใจไม่สะดวกและมีอากาศเบาบางอย่างสัมผัสได้

2) คราบเกลือเกาะอยู่เป็นวงเส้นผ่าศูนย์กลางราว 8 เซนติเมตร บริเวณผนังด้านทิศใต้ และด้านทิศเหนือ

3) แสงประดิษฐ์จากหลอดไฟที่ติดตั้งไว้ในกรุชั้นล่าง เป็นแสงที่ส่องตรงสู่ภาพจิตรกรรม

ภาพที่ 96 ฝุ่นเกาะหนาอยู่ทั่วบริเวณ



ภาพที่ 97 คราบเกลือบนผนังด้านทิศใต้ กรุชั้นล่าง

**1.3 เปรียบเทียบสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังในอดีตและปัจจุบัน**

การศึกษาในครั้งนี้ได้นำภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะที่ถ่ายในช่วงเวลาต่าง ๆ เท่าที่หาได้มาเปรียบเทียบตำแหน่งบริเวณที่เหมือนกัน พบว่าลายเส้น ลวดลาย ความคมชัดของลายเส้นในปัจจุบันลดน้อยลงกว่าอดีต ถึงแม้จะมีการอนุรักษ์มาแล้วโดยกรมศิลปากรมาแล้วโดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบภาพถ่ายในตำแหน่งเดียวกันระหว่างปัจจุบันและในปี พ.ศ.2522 อย่างไรก็ตามภาพจิตรกรรมดังกล่าวไม่สามารถเปรียบเทียบสีสัน โทนสีหรือเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปได้ เนื่องจากสีของภาพถ่ายขึ้นอยู่กับกล้อง ฟิล์ม และเทคนิคการถ่ายภาพ ดังนั้นในแต่ละช่วงเวลามีการใช้กล้อง ฟิล์ม และเทคนิคการถ่ายภาพที่แตกต่างกันทำให้สีของภาพถ่ายแตกต่างกันไปด้วย ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตไปปัจจุบัน ดังนี้

1) รายละเอียดของภาพและความคมชัดของลายเส้นภาพจิตรกรรมที่น้อยลงไปจากเดิม เช่น รายละเอียดของใบหน้าและลำตัวพระ บุคคล รายละเอียดของต้นไม้ จีวร ลวดลายต่าง ๆ ที่ซีดจางและลดน้อยลง ไม่คมชัดเหมือนภาพถ่ายในปี พ.ศ.2522 ในบางบริเวณ

2) เกิดคราบสีดำขึ้นบนภาพจิตรกรรมฝาผนังคล้ายรอยถ่านเป็นแถว โดยเฉพาะตำแหน่งบริเวณที่วาดด้วยสีแดง น่าจะมีสาเหตุมาจากสีขาวตะกั่ว (White lead) ซึ่งเป็นตะกั่วคาร์บอเนต ($PbCO_3$) ทำปฏิกิริยากับสีแดงชาด ที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นปรอทซัลไฟด์ (HgS) และกลายเป็นตะกั่วซัลไฟด์ที่ให้สีดำ (PbS)[1]

3) ตำแหน่งของผนังฉาบปูนที่มีการเสื่อมสภาพมาแต่เดิมและได้รับการซ่อมแซมมากลับผุกร่อนเป็นปัญหาเช่นเดิม กล่าวคือ ผนังทางด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่างที่เคยผุกร่อนเป็นรู ได้รับการซ่อมแซมและผนึกชั้นปูนกลับเข้าไป **แต่ในปัจจุบันพบว่ารูดังกล่าวผุกร่อนมากกว่าเดิมและกลายเป็นเกลือ แสดงให้เห็นว่าการซ่อมแซมโดยผนึกชั้นปูนยังไม่ใช่การแก้ปัญหาการเสื่อมสภาพที่ต้นเหตุ**

น่าสังเกตว่า ภาพจิตรกรรมฝาผนังที่กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะแห่งนี้มีอายุในสมัยอยุธยาตอนต้น อย่างน้อยมีอายุประมาณ 600 ปีมาแล้ว ซึ่งอยู่ในกรุที่ปิดตายมาโดยตลอด ถึงแม้จะไม่มีภาพถ่ายภาพจิตรกรรมฝาผนังเมื่อแรกค้นพบใน พ.ศ.2500 แต่อย่างน้อยใน พ.ศ.2522 ภาพถ่ายยังแสดงความคมชัดของลายเส้น รายละเอียดของภาพ และลวดลวยต่าง ๆ และสีไม่หม่นหมองเป็นสีดำ

---

[1] คราบสีดำบนภาพจิตรกรรมอาจจะเกิดจากการทำปฏิกิริยาในอากาศกับไฮโดรเจนซัลไฟด์ก็ได้ หากในกรณีนี้คราบสีดำเกิดขึ้นเฉพาะส่วนที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่วาดด้วยสีแดงและสีขาวไม่พบบนสีขาวส่วนอื่น ๆ คราบสีดำบนภาพจิตรกรรมฝาผนังน่าจะเกิดจากการทำปฏิกิริยากับสีแดงชาดที่เป็นปรอทซัลไฟด์มากกว่า ปรากฏการณ์เช่นนี้พบเห็นบ่อยครั้งในภาพจิตรกรรมที่มีการวาดด้วยสีขาวตะกั่ว (จิราภรณ์ อรัณยะนาค, 2563 สัมภาษณ์ 7 ตุลาคม 2563)

หรือมีเกลืออย่างที่พบในปัจจุบัน หากในปัจจุบันผ่านไปเพียง 41 กว่าปีจากภาพถ่ายปี พ.ศ.2522 ยังพบการเสื่อมสภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก เห็นได้ชัดเจนว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุที่ปิดตายมาโดยตลอดอยู่ในสภาพแวดล้อมคงที่และเมื่อมีการค้นพบและการเปิดกรุทำให้สภาพแวดล้อมและบรรยากาศต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังนั้นมีการเสื่อมสภาพและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามไปด้วย

ภาพที่ 98 รายละเอียดของภาพและความคมชัดของลายเส้นภาพจิตรกรรมที่น้อยลงไปจากเดิมและเกิดคราบดำเปื้อนบนผิวจิตรกรรม

ภาพจิตรกรรมฝาผนังบริเวณผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง

พ.ศ.2522 พ.ศ.2528 พ.ศ.2553

พ.ศ.2563

ภาพที่ 99 การเกิดเกลือตำแหน่งซ้ำ ๆ ถึงแม้มีการซ่อมแซมด้วยการผนึกชั้นปูนแล้วก็ตาม

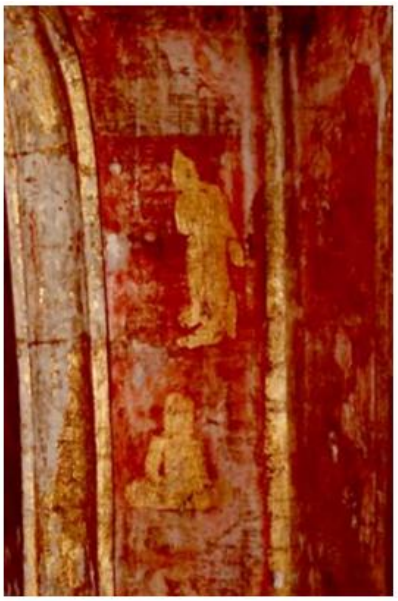
ภาพจิตรกรรมฝาผนังบริเวณผนังทิศใต้ กรุชั้นล่าง

พ.ศ.2522

พ.ศ.2558

ภาพที่ 100 รายละเอียดของภาพและความคมชัดของลายเส้นภาพจิตรกรรมที่น้อยลงไปจากเดิม และเกิดคราบดำเปื้อนบนผิวจิตรกรรม

ภาพจิตรกรรมฝาผนังบริเวณผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง



พ.ศ.2522

พ.ศ.2558

ภาพที่ 101 สีซีดจางและหายไปบางส่วน

ภาพจิตรกรรมฝาผนังบริเวณผนังทิศตะวันออก กรุชั้นล่าง

พ.ศ.2528

พ.ศ.2553

พ.ศ.2563

ภาพที่ 102 คราบดำเปื้อนบนผิวจิตรกรรม

ภาพจิตรกรรมฝาผนังบริเวณผนังทิศตะวันตก กรุชั้นล่าง

พ.ศ.2522

พ.ศ.2558

ภาพที่ 103 สีซีดจางและหายไปบางส่วน

**2. ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์**

การตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะได้ผลดังนี้

**2.1 การตรวจวัดในสภาพแวดล้อมแบบเปิด (สภาพเปิดกรุที่มีนักท่องเที่ยวเข้าออกโถงกลางตลอดทั้งวัน)**

ทั้งกรุชั้นบนและกรุชั้นล่าง เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม – 31 พฤษภาคม 2562 วันละ 24 ชั่วโมง และเปิดระบบระบายอากาศ ได้ผลดังนี้

**กรุชั้นบน**

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 51.3 – 90.4% ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 80 – 87% ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 27.6 – 34.2 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าในวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือมีค่ามากกว่า 89% มีทั้งหมด 9 วัน ในช่วงเวลาที่ฝนตก ได้แก่ วันที่ 26 มีนาคม 2562, 3 เมษายน 2562, 13 เมษายน 2562, 2 - 3 พฤษภาคม 2562, 13 – 14 พฤษภาคม 2562 และ 22 – 25 พฤษภาคม 2562 จะเห็นได้ว่าในช่วงระหว่างเดือนมีนาคมมีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำกว่า 80% ในขณะที่เดือนเมษายน 2562 เป็นต้นไป จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80%

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ภายในกรุชั้นบนมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ อย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนแปลงแปรผันไปตามสภาพอากาศภายนอกอย่างรวดเร็วกว่ากรุชั้นล่าง

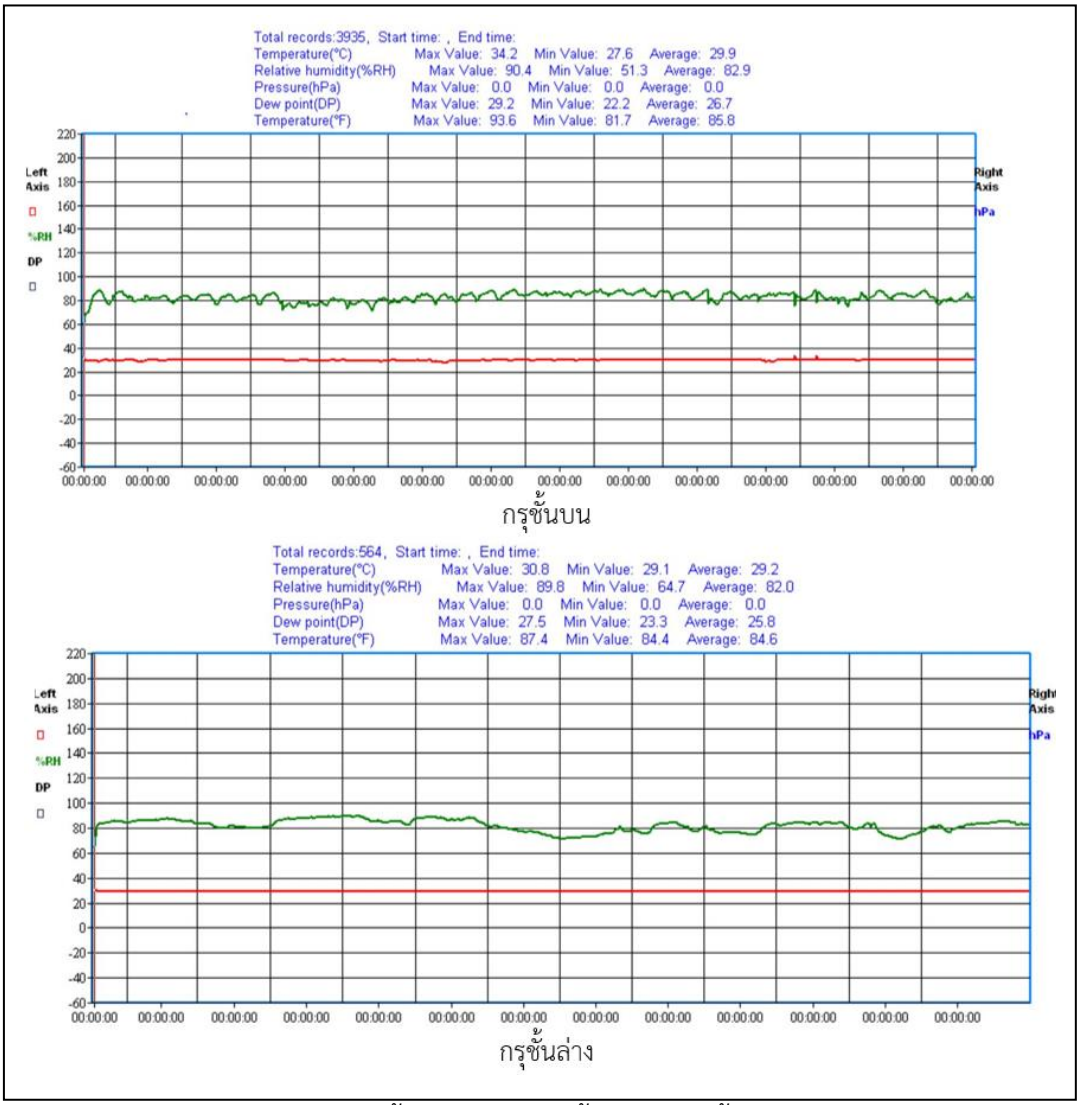
**กรุชั้นล่าง**

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 64.7 – 89.8% ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 30.8 – 29.1 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าในวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือมีค่ามากกว่า 85% จะเกาะกลุ่มในช่วงฝนตกเช่นเดียวกับกรุชั้นบน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า บรรยากาศภายในกรุชั้นล่างมีอุณหภูมิมีค่าคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญ ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศ แต่มีความถี่คงที่และค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ และไม่ผันผวนเหมือนกรุชั้นบน แสดงให้เห็นว่ากรุชั้นล่างมีการระบายความชื้นได้ช้ากว่าหรือการไหลเวียนของอากาศได้น้อยกว่ากรุชั้นบน ทำให้ค่าต่าง ๆ ค่อนข้างคงที่และไม่ได้เปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบเปิด

| ผลการวิเคราะห์ | กรุชั้นบน | | กรุชั้นล่าง | |
|---|---|---|---|---|
| | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด |
| **ความชื้นสัมพัทธ์ (RH: %)** | 51.3 | 90.4 | 64.7 | 89.8 |
| **อุณหภูมิ (T: C)** | 27.6 | 34.2 | 29.1 | 30.8 |




ภาพที่ 104 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างในสภาพแวดล้อมแบบเปิด

**2.2 การตรวจวัดในสภาพแวดล้อมแบบปิด (สภาพปิดกรุที่นักท่องเที่ยวไม่สามารถเดินเข้าไปด้านในพระปรางค์ได้)**

ทั้งกรุชั้นบนและกรุชั้นล่าง เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 17 – 26 ธันวาคม พ.ศ. 2561 วันละ 24 ชั่วโมง และปิดระบบระบายอากาศ ได้ผลดังนี้

**กรุชั้นบน**

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 42.2 – 82.7% ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 22.9 – 32.9 องศาเซลเซียส โดยมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่ำสุด - สูงสุดที่ 10 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าในวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือมีค่าน้อยกว่า 60% มีทั้งหมด 2 วัน คือวันที่ 18 – 19 ธันวาคม ทั้งหมดอยู่ในวันที่ฝนไม่ตก หลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าคงที่ระหว่าง 70 – 80%

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ภายในกรุชั้นบน อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ อย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศภายนอกอย่างรวดเร็วกว่ากรุชั้นล่าง

**กรุชั้นล่าง**

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 58.9 – 90.6 % ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 28.2 – 30.8 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ น่าจะมีผลเนื่องมาจากกรุชั้นล่างมีการเก็บความชื้นได้ดี และไม่มีช่องระบายอากาศ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า บรรยากาศในกรุชั้นล่างมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญ ค่าไม่ผันผวนเหมือนกรุชั้นบน แสดงให้เห็นว่ากรุชั้นล่างมีการระบายความชื้นได้ช้ากว่าหรือการไหลเวียนของอากาศได้น้อยกว่ากรุชั้นบน ทำให้ค่าต่าง ๆ ค่อนข้างคงที่และไม่ได้เปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญ

**สรุปผลการวิเคราะห์**

ในสภาพแวดล้อมแบบเปิดและปิดในกรุชั้นบนและชั้นล่างมีความแตกต่างกัน สรุปได้ดังนี้

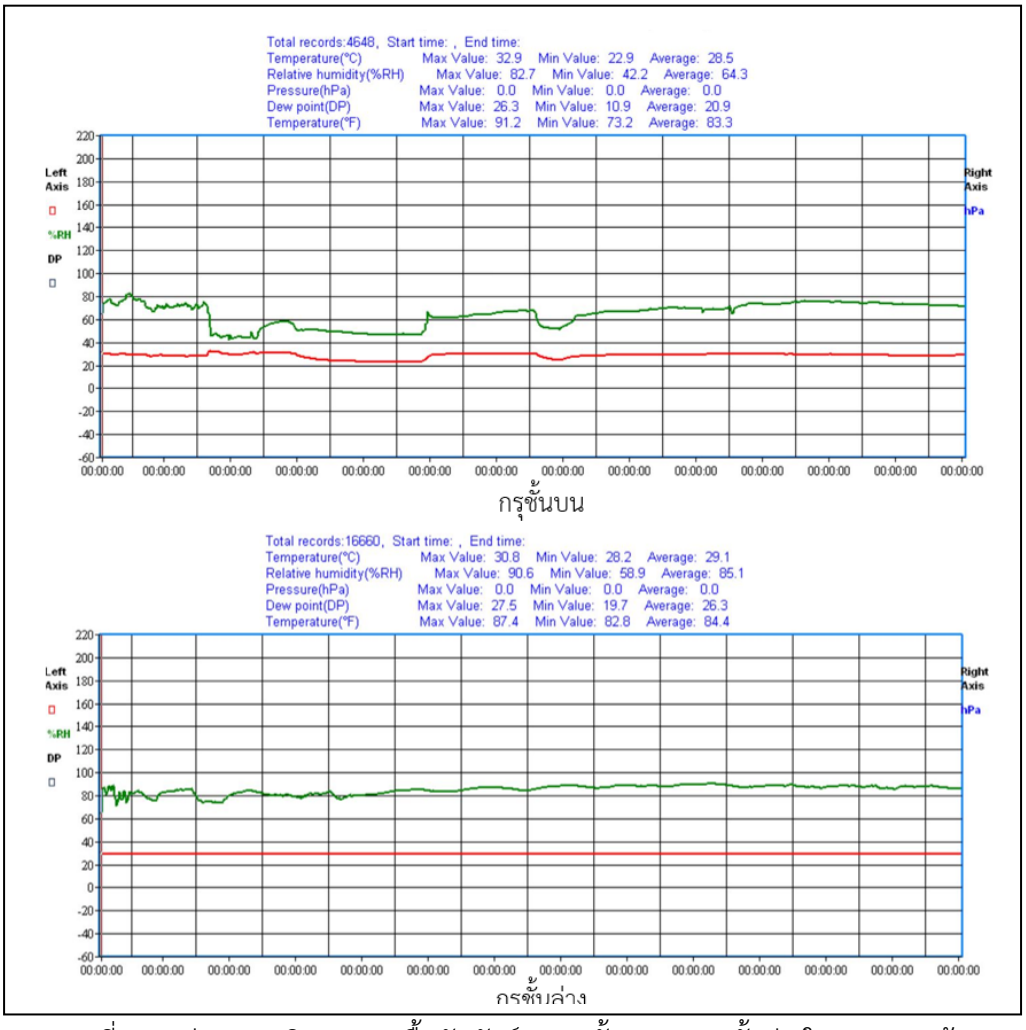
1) ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุชั้นล่างมีค่าความคงที่มากกว่ากรุชั้นบนไม่ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบเปิดหรือปิด

2) สภาพแวดล้อมแบบปิดจะทำให้ค่าต่าง ๆ คงที่มากกว่าสภาพแวดล้อมแบบเปิด

3) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่าคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เป็นผลดีต่อการอนุรักษ์มากกว่าค่าผกผันหรือค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 5 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบปิด

| ผลการวิเคราะห์ | กรุชั้นบน | | กรุชั้นล่าง | |
|---|---|---|---|---|
| | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด |
| **ความชื้นสัมพัทธ์ (RH: %)** | 42.2 | 82.7 | 58.9 | 90.6 |
| **อุณหภูมิ (T: C)** | 22.9 | 32.9 | 28.2 | 30.8 |




ภาพที่ 105 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างในสภาพแวดล้อมแบบปิด

**3. ผลการตรวจวัดคุณภาพของอากาศ**

การตรวจวัดคุณภาพของอากาศเป็นการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) ด้วยเครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI เป็นเวลา 10 นาทีต่อตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศและขณะปิดระบบระบายอากาศ

ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าฝุ่นละออง PM2.5 มีปริมาณมากกว่าฝุ่นละออง PM10 ทั้งกรุชั้นบนและล่าง แสดงให้เห็นว่าฝุ่นละอองที่เข้ามาภายในกรุพระปรางค์มีขนาดเล็กมากกว่า โดยคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปยังอยู่ในเกณฑ์ของค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร (ค่าเฉลี่ยในเวลา 8 ชั่วโมง) ของกรมอนามัย

**สรุปผลการวิเคราะห์**

1) ฝุ่นละออง PM2.5 มีปริมาณมากกว่า PM10 ทุกพื้นที่

2) ระบบระบายอากาศสามารถระบายอากาศในกรุชั้นล่างได้แต่ไม่มากนัก สังเกตจากค่าฝุ่นละอองในระหว่างที่เปิดระบบระบายอากาศที่ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปิดระบบระบายอากาศ คือ ลดลงเพียง 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3) การระบายอากาศภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะใช้ระบบพัดลมดูดมวลอากาศในกรุชั้นล่างขึ้นไปสู่กรุชั้นบน ก่อนจะมีพัดลมดูดอากาศผ่านท่อระบายจากกรุชั้นบนต่อออกไปยังห้องโถงกลาง และเมื่อมวลอากาศจากกรุชั้นล่างถูกดูดขึ้นมายังกรุชั้นบนแล้ว มวลอากาศยังวนเวียนภายในกรุชั้นบนจำนวนมาก โดยระบบระบายอากาศไม่สามารถดูดอากาศและฝุ่นอนุภาคต่าง ๆ ในกรุชั้นบนขึ้นต่อไปยังโถงกลางได้ ทำให้กรุชั้นบนจะมีฝุ่นละอองสะสมและหมุนเวียนภายในกรุโดยไม่ได้ถูกระบายออกและตกลงไปสะสมตัวในกรุชั้นล่าง

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา วันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ.2562 เวลา 10.00 - 13.00 น.

หน่วย: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

| สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **ขนาดของฝุ่น** | **ค่าเฉลี่ย** | **ค่าสูงสุด** | **ค่าต่ำสุด** |
| **กรุชั้นล่าง** | $PM_{10}$ | 11 | 15 | 7 |
| | $PM_{2.5}$ | 22 | 22 | 21 |
| **กรุชั้นบน** | $PM_{10}$ | 8 | 10 | 7 |
| | $PM_{2.5}$ | 24 | 25 | 24 |
| **สภาพแวดล้อมขณะปิดระบบระบายอากาศ** | | | | |
| | **ขนาดของฝุ่น** | **ค่าเฉลี่ย** | **ค่าสูงสุด** | **ค่าต่ำสุด** |
| **กรุชั้นล่าง** | $PM_{10}$ | 18 | 23 | 16 |
| | $PM_{2.5}$ | 23 | 23 | 22 |
| **กรุชั้นบน** | $PM_{10}$ | 9 | 11 | 8 |
| | $PM_{2.5}$ | 23 | 23 | 23 |

**หมายเหตุ:** - ตรวจวัด 10 นาทีต่อตัวอย่าง ด้วยเครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI

- ขณะที่ทำการตรวจวัด ภายนอกมีฝนตก

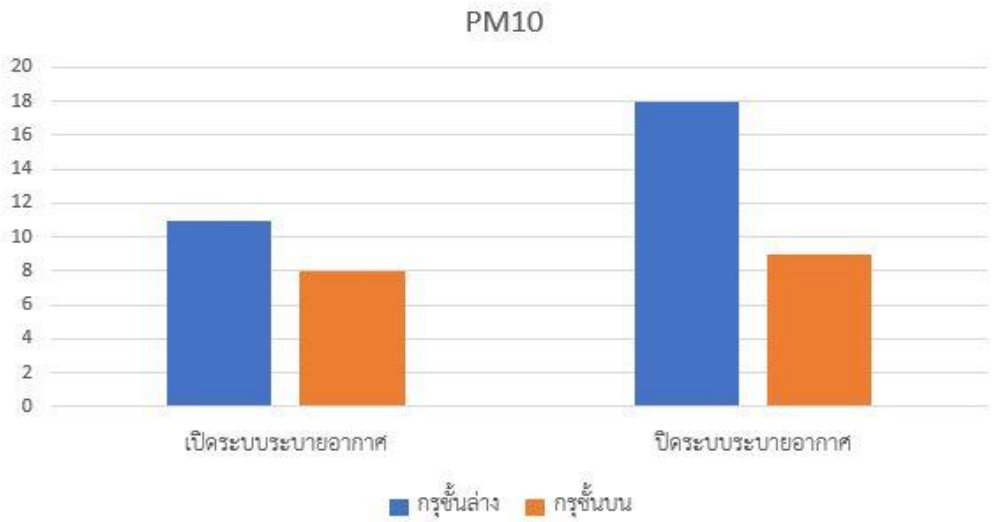
(ร่าง ) ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร (ค่าเฉลี่ยในเวลา 8 ชั่วโมง) ของกรมอนามัย

ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($PM_{10}$) เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

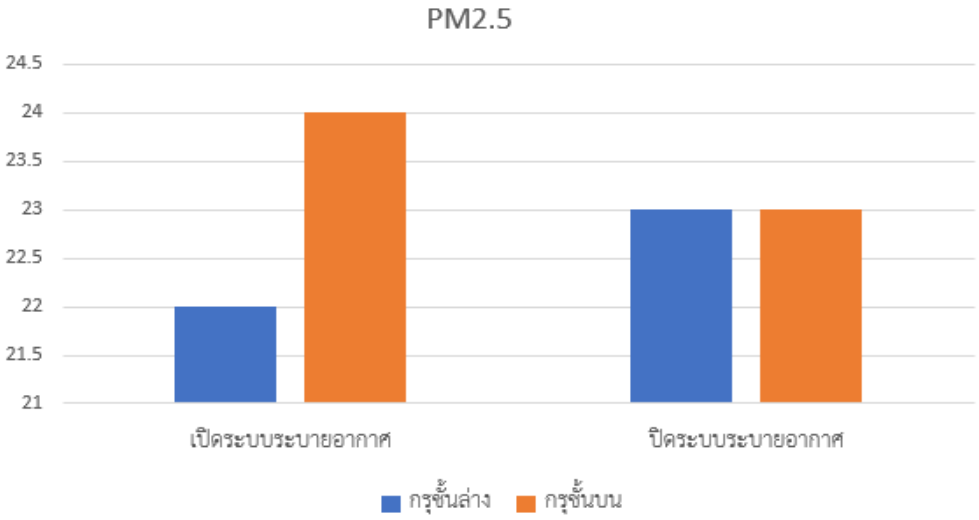
ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เท่ากับ 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**ผู้ตรวจวัด** นายสิรภพ พินิจการ และรองศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร




ภาพที่ 106 ผลการการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM10 ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ




ภาพที่ 107 ผลการการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM2.5 ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

**4. ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)**

การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide ($SO_2$)) ในอากาศ จำนวน 4 ตำแหน่ง ได้แก่

1) ภายนอกพระปรางค์ประธาน

2) ภายในพระปรางค์บริเวณโถงกลาง

3) ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นบน

4) ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นล่าง

ใช้วิธีวิเคราะห์ คือ Spectrophotometric Method ตรวจวัดวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ.2563 โดยกลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กรมศิลปากร ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (Sulfur dioxide ($SO_2$))

| ตัวอย่างที่ | จุดตรวจวัด | ผลการตรวจวัด (ppm) | มาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| 1 | ภายนอกพระปรางค์ประธาน | 0.097 | -(1), -(2) |
| 2 | ภายในพระปรางค์บริเวณโถงกลาง | 0.134 | -(1), -(2) |
| 3 | ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นบน | 0.168 | -(1), -(2) |
| 4 | ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นล่าง | 0.140 | -(1), -(2) |

หมายเหตุ: (1) มาตรฐาน: ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย พ.ศ.2560

(2) มาตรฐาน: GUIDELINES FOR GOOD INDOOR AIR QUALIT IN OFFICE PREMISES (1996: 40), Singapore, 2003

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า

1) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในพระปรางค์ทั้งสามบริเวณ (ตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4) มีปริมาณมากกว่าภายนอกพระปรางค์ (ตัวอย่างที่ 1) ซึ่งภายนอกพระปรางค์อยู่ในสภาพอากาศแบบเปิด ปลอดโปร่ง ถ่ายเทอากาศได้ดีกว่า

2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในพระปรางค์บริเวณกรุชั้นบน (ตัวอย่างที่ 3) มีปริมาณมากที่สุด อยู่ที่ 0.168 ppm ที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์รองลงมาคือที่กรุชั้นล่าง อยู่ที่ 0.140 ppm (ตัวอย่างที่ 4) และโถงกลางอยู่ที่ 0.134 ppm (ตัวอย่างที่ 2) ตามลำดับ

3) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบภายนอกอากาศมีค่าน้อยกว่า 0.1 ppm (ตัวอย่างที่ 1) ยังไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ แต่ภายในกรุพระปรางค์ทั้งสามบริเวณ (ตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4) มีค่ามากกว่า 0.1 ppm เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพในระดับปานกลาง โดยอาจเริ่มมีผลกระทบกับผู้ป่วยที่มีโรคทางเดินหายใจ (ค่าเฉลี่ยเมื่อได้รับก๊าซที่ระดับต่าง ๆ ในเวลาเฉลี่ย 15 นาที) โดยไม่ควรได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกิน 0.12 ppm ภายใน 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หรือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 1 ชั่วโมง/พื้นที่อื่น ไม่เกิน 0.30 ppm ตามมาตรฐานค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศในเวลา 1 ชั่วโมง ตามกฎหมายการควบคุมมลพิษในอากาศ

**สรุปผลการวิเคราะห์** กรุชั้นบนจะมีปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากที่สุด โดยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สามารถระบายออกจากกรุชั้นบนได้ จึงสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก

มหาวิทยาลัยศิลปากร

**5. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเกลือและมูลค้างคาว**

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) จากตัวอย่างเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง และมูลค้างคาวจากโถงกลาง พบว่าตัวอย่างเกลือและมูลค้างคาวมีค่าความเป็นกรดเล็กน้อย โดยมูลค้าคาวมีความเป็นกรดมากกว่าเกลือเล็กน้อย ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์หาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

| **ตัวอย่าง** | **ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)** |
|---|---|
| มูลค้างคาว (โถงกลาง) | 5 - 6 |
| เกลือ (กรุชั้นล่าง) | 6 - 7 |

**สรุปผลการวิเคราะห์** มูลค้างคาวมีความเป็นกรดมากกว่าเกลือเล็กน้อย เป็นเพราะว่าเกลืออยู่บนผนังปูน ซึ่งมีสารประกอบแคลไซด์ จึงมีความเป็นด่างมากกว่า

การวิเคราะห์หาอนุมูล Carbonate ($CO_3^{2-}$), Phosphate ($PO_4^{3-}$), Sulfate ($SO_4^{2-}$) Nitrate ($NO_3^-$) จากตัวอย่างเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่างและมูลค้างคาวจากโถงกลาง พบว่า ทั้งเกลือและมูลค้างคาวพบอนุมูลของของซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) และไนเตรต ($NO_3^-$) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาอนุมูล Carbonate ($CO_3^{2-}$), Phosphate ($PO_4^{3-}$), Sulfate ($SO_4^{2-}$) Nitrate ($NO_3^-$) ตัวอย่างเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง และมูลค้างคาวจากโถงกลาง

| Ion<br>**ชนิดตัวอย่าง** | $CO_3^{2-}$ | $PO_4^{3}$ | $SO_4^{2-}$ | $NO_3^-$ |
|---|---|---|---|---|
| มูลค้างคาว (โถงกลาง) | ไม่มี | ไม่มี | มี | มี |
| เกลือ (กรุชั้นล่าง) | ไม่มี | ไม่มี | มี | มี |

**สรุปผลการวิเคราะห์** มูลค้างคาวและเกลือมีอนุมูลของซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) และไนเตรต ($NO_3^-$) ชนิดเดียวกันทั้งคู่ ซึ่งอนุมูลทั้งสองเป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดเกลือที่ละลายน้ำได้ที่เป็นเกลือซัลเฟตและเกลือไนเตรต **ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่มูลค้างคาวเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดเกลือที่ปรากฏบนผนังปูนของกรุชั้นล่าง**

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง และมูลค้างคาวจากโถงกลาง วิเคราะห์ด้วยเทคนิค ICP-OES ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเกลือจากผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่างและมูลค้างคาวจากโถงกลาง

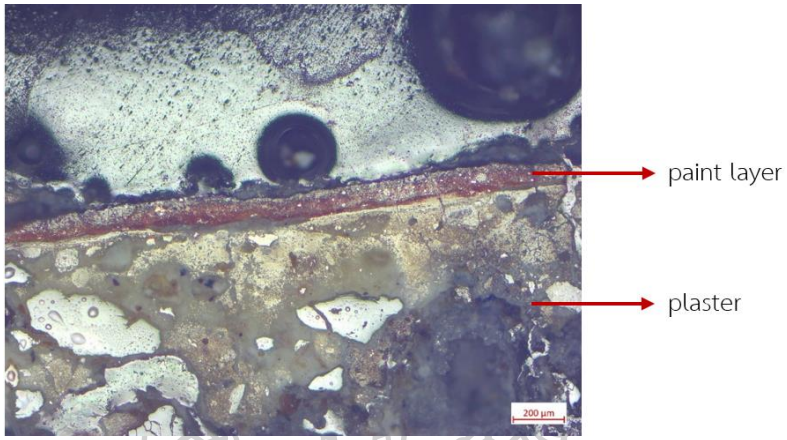
| **Element** | **unit** | **มูลค้างคาว** (โถงกลาง) | **เกลือ** (กรุชั้นล่าง) |
|---|---|---|---|
| K | mg/L | 27.95 | 12.53 |
| Ca | mg/L | 12.36 | 42.19 |
| Mn | mg/L | 1.59 | ND |
| Mg | mg/L | 3.88 | 0.56 |
| Cu | mg/L | 0.091 | ND |
| Fe | mg/L | 24.28 | 2.63 |
| Zn | mg/L | 0.43 | 0.30 |
| Pb | mg/L | ND | 0.060 |
| As | mg/L | ND | ND |
| Cd | mg/L | ND | ND |
| Ni | mg/L | ND | ND |
| Cr | mg/L | ND | ND |
| B | mg/L | ND | ND |
| Mo | mg/L | ND | ND |

**สรุปผลการวิเคราะห์** โพแทสเซียมมีที่มาจากของเสียของค้างคาว มูลค้างคาวและเกลือมีองค์ประกอบของโพแทสเซียม (K) ชนิดเดียวกันทั้งคู่ และพบอนุมูลไนเตรต ($NO_3^-$) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดเกลือที่ละลายน้ำได้ ที่เรียกว่าเกลือโพแทสเซียมไนเตรต ($KNO_3$) **ดังนั้นเกลือที่พบบนผนังกรุชั้นล่างเป็นเกลือโพแทสเซียมไนเตรต ซึ่งมีที่มาจากมูลค้างคาว**

**6. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างของภาพจิตรกรรมฝาผนัง**

**6.1 การวิเคราห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง**

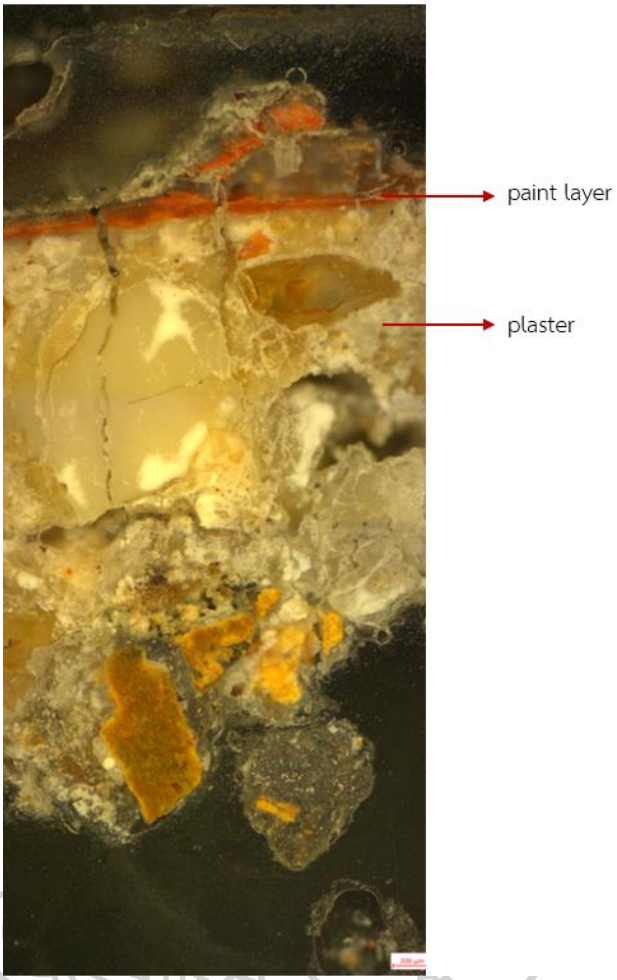
**ตัวอย่างที่ 1** จากการส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสงพบว่ามีชั้นสีที่เป็นสีแดง (paint layer) แยกตัวกับชั้นปูนฉาบ (plastar) อย่างชัดเจน




ภาพที่ 108 ตัวอย่างที่ 1 แสดงให้เห็นชั้นสีแดงแยกตัวกับชั้นปูนฉาบ

**ตัวอย่างที่ 2** จากการส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโดยใส่ฟิลเตอร์พบว่า มีชั้นสีที่เป็นสีแดงแยกตัวกับชั้นปูนฉาบอย่างชัดเจน และมีชั้นสีที่คาดว่าเป็นการซ่อมเขียนสีแดงทับในสมัยหลัง แสดงเป็นชั้นปูน ชั้นสี ชั้นแคลไซด์ ชั้นสี และชั้นแคลไซด์เคลือบทับผิวหน้าด้านบน ตามลำดับ

**สรุปผลการวิเคราะห์** เทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังเริ่มต้นด้วยฉาบผนังปูน วาดด้วยสีแดง เวลาผ่านไปเกิดผลึกแคลไซด์เคลือบผิวหน้า ต่อมามีการวาดสีแดงเพื่อซ่อมแซม แล้วเกิดผลึกแคลไซด์เคลือบผิวหน้าอีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการวิเคราะห์ร่วมกับการใช้วิธี SEM-EDS เพื่อวิเคราะห์รายละเอียดของชั้นรองพื้นและรายละเอียดอื่น ๆ ทั้งทางกายภาพและเคมีที่กล้องจุลทรรศน์ไม่สามารถมองเห็น




ภาพที่ 109 ตัวอย่างที่ 2 ลำดับชั้นของภาพตัดของภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยกล้องจุลทรรศน์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

**6.2 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ๊กซ์**

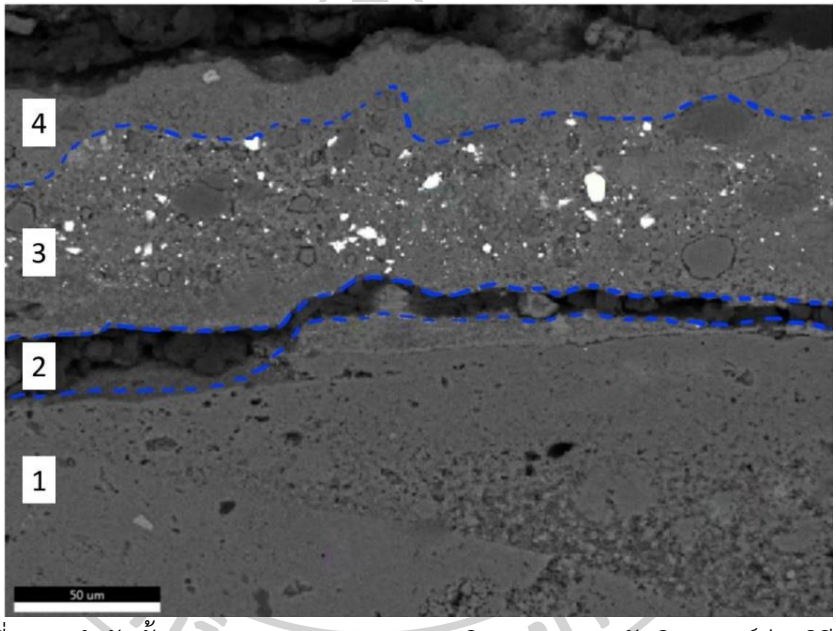
การวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงผลว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังประกอบไปด้วยชั้นต่าง ๆ จำนวน 4 ชั้น ได้แก่

ชั้นที่ 1 ชั้นปูนฉาบ (plaster)

ชั้นที่ 2 ชั้นรอยแตกระหว่างชั้นปูนฉาบและชั้นรองพื้น (crack)

ชั้นที่ 3 ชั้นรองพื้นและชั้นสี (background and paint layer)

ชั้นที่ 4 ชั้นแคลไซด์เคลือบผิวหน้า (calcite layer)



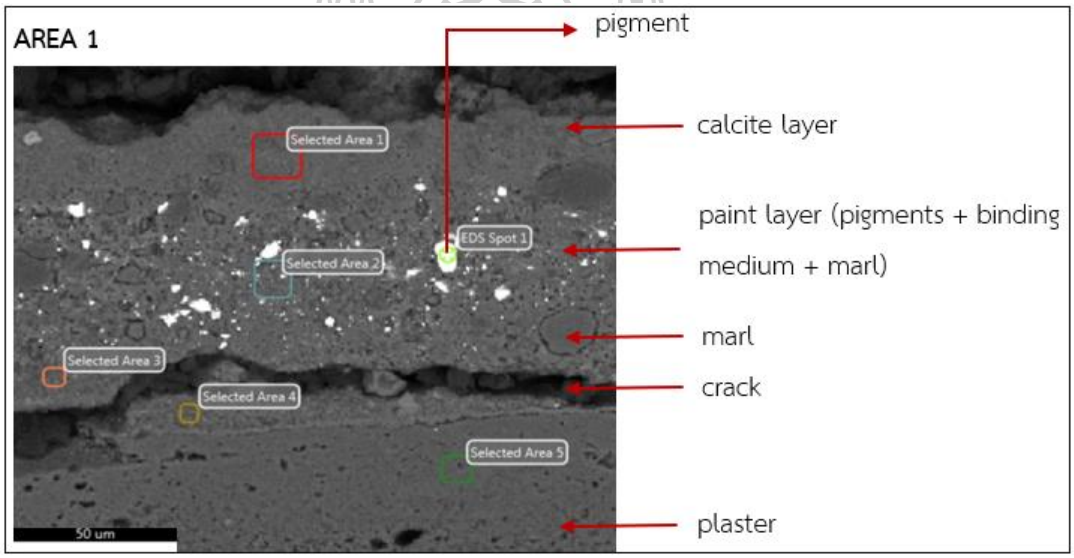

ภาพที่ 110 ลำดับชั้น (layers) ของการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง วิเคราะห์ผ่านวิธี SEM

จากนั้นได้วิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ เพื่อหาธาตุและปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบภายในของแต่ละชั้น ได้ผลดังนี้

**6.2.1 ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 1 จำนวน 6 ตำแหน่ง**

**(AREA 1 - Selected Area 1-5, EDS Spot 1)**

การวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 1 จำนวน 6 ตำแหน่งเป็นการยืนยันความถูกต้องของชั้นต่าง ๆ ที่แบ่งไว้จากการวิเคราะห์ด้วย SEM ที่สำคัญ คือ ชั้นรองพื้นและชั้นสีจะพบสารสีจะมีลักษณะเป็นผลึกเรืองแสงและให้ธาตุ Hg ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็น HgS หรือซินนาบาร์ (cinnabar) ซึ่งเป็นแร่ของปรอทที่ให้สีแดง หรือที่เรียกกันว่าสีแดงชาด (EDS Spot 1) หรืออาจจะเป็นเวอร์มิเลียน (vermilion) ซึ่งเป็น HgS ที่ได้มาจากการสังเคราะห์




ภาพที่ 111 ตำแหน่งวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 1 จำนวน 6 ตำแหน่ง

ตารางที่ 11 ตำแหน่งของตัวอย่าง AREA 1 ที่วิเคราะห์ด้วย EDS

| Layer | Sample |
|---|---|
| ชั้นที่ 1 ชั้นปูนฉาบ | Selected Area 4 / Selected Area 5 |
| ชั้นที่ 2 ชั้นรอยแตกระหว่างชั้นปูนฉาบและชั้นรองพื้น | - |
| ชั้นที่ 2 ตำแหน่งที่คาดว่าเป็นสารสี | EDS Spot 1 |
| ชั้นที่ 3 ชั้นรองพื้นและชั้นสี | Selected Area 2 / Selected Area 3 |
| ชั้นที่ 4 ชั้นแคลไซต์เคลือบผิวหน้า | Selected Area 1 |

ตารางที่ 12 องค์ประกอบของตัวอย่าง AREA 1 วิเคราะห์โดย SEM-EDS

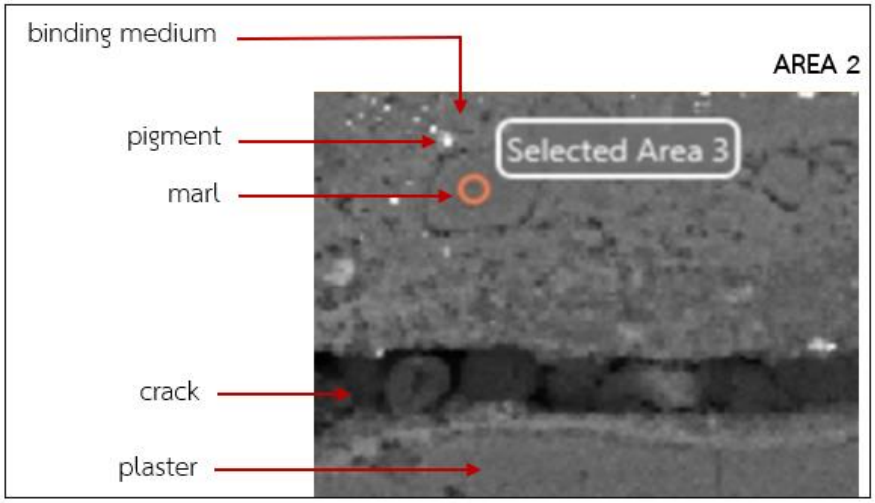
| Element | O | | Na | | Al | | Si | | S | | K | | Ca | | Zn | | C | | Fe | | Hg | | Pb | | Mg | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Selected Area | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% |
| 1 | 41.81 | 62.66 | 0.34 | 0.35 | 2.56 | 2.27 | 9.68 | 8.27 | 1.61 | 1.20 | 1.16 | 0.71 | 38.09 | 22.79 | 4.76 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 42.06 | 61.80 | - | - | 2.81 | 2.44 | 7.62 | 6.38 | - | - | 1.51 | 0.91 | 24.54 | 14.39 | 4.23 | 1.52 | 5.73 | - | - | - | 11.51 | 1.35 | - | - | - | - |
| 3 | 41.29 | 58.08 | - | - | 4.11 | 3.46 | 8.64 | 6.93 | - | - | 0.93 | 0.54 | 18.95 | 10.64 | 5.52 | 1.90 | 6.96 | 13.03 | 9.15 | 3.69 | - | - | 2.89 | 0.31 | 1.58 | 1.46 |
| 4 | 44.80 | 66.17 | 0.10 | 0.11 | 5.73 | 5.02 | 8.04 | 6.76 | - | - | 0.75 | 0.45 | 26.68 | 15.73 | 4.28 | 1.55 | - | - | 6.56 | 2.78 | - | - | 1.78 | 0.20 | 1.27 | 1.24 |
| 5 | 46.46 | 61.64 | - | - | - | - | 0.99 | 0.75 | - | - | - | - | 43.87 | 23.23 | - | - | 7.62 | 13.76 | - | - | - | - | - | - | 1.06 | 0.93 |
| EDS Spot1 | 1.34 | 5.78 | - | - | - | - | - | - | 12.22 | 26.21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 26.85 | - | - | - | - |

W% = Weight%

A% = Atomic%

### 6.2.2 ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 2 จำนวน 1 ตำแหน่ง (AREA 2 - Selected Area3)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 2 - Selected Area 3 เพื่อดูผลึกก้อนสีเหลี่ยมมุมมนว่าเป็นผลึกใดที่แทรกตัวอยู่ในชั้นสี ผลจากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของผลึกดังกล่าวเป็นผลึกของดินสอพอง และองค์ประกอบมี Ca และ O เป็นปริมาณมาก จึงเป็นไปได้ว่าเป็นดินสอพองที่เป็นส่วนผสมของชั้นรองพื้น เนื่องจากมีส่วนผสมของปูนขาวเป็นจำนวนมาก




ภาพที่ 112 ตำแหน่งวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 2 - Selected Area 3

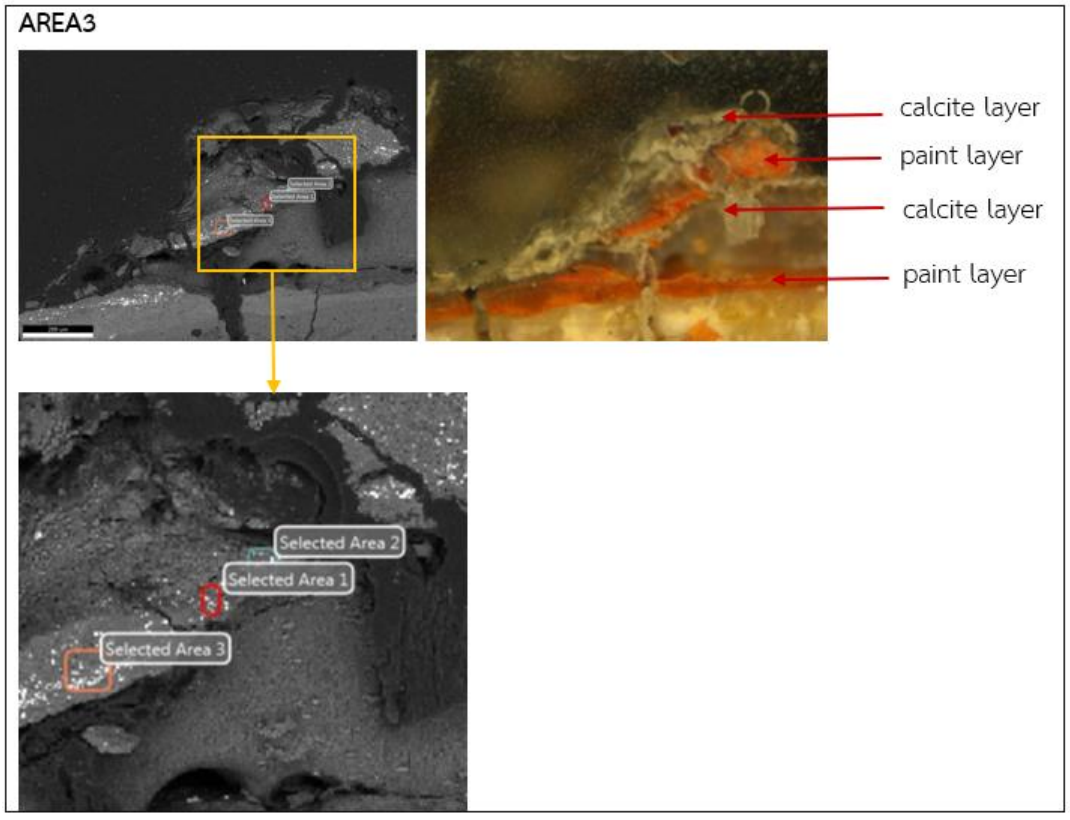
ตารางที่ 13 องค์ประกอบของ AREA 2 - Selected Area 3 วิเคราะห์โดย SEM-EDS

| AREA | Element | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | | O | | Ca | |
| **AREA 2** | Weight% | Atomic% | Weight% | Atomic% | Weight% | Atomic% |
| Selected Area 3 | 8.30 | 14.81 | 44.96 | 60.21 | 46.74 | 24.98 |

### 6.2.3 ผลวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 3 จำนวน 3 ตำแหน่ง (AREA 3 - Selected Area1-3)

ผลวิเคราะห์ชั้นสีจากตัวอย่าง AREA 3 จำนวน 3 ตำแหน่ง (AREA 3 - Selected Area1-3) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ชั้นสีใน AREA 1 โดยพบสารสีจะมีลักษณะเป็นผลึกเรืองแสง และให้ธาตุ Hg ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็น HgS หรือซินนาบาร์ ซึ่งเป็นแร่ของปรอทที่ให้สีแดง หรือที่เรียกกันว่าสีแดงชาด (EDS Spot 1) หรืออาจจะเป็นเวอร์มิเลียน ซึ่งเป็น HgS ที่ได้มาจากการสังเคราะห์

ภาพบางบริเวณแสดงให้เห็นว่ามีบางส่วนที่มีการเขียนสีทับ เนื่องจากมีชั้นสีถูกทับด้วยชั้นแคลไซต์ แล้วมีการเขียนชั้นสีทับอีกรอบก่อนจะเกิดชั้นแคลไซต์ขึ้นที่ผิวหน้าตามลำดับ




ภาพที่ 113 ตำแหน่งวิเคราะห์ตัวอย่าง AREA 3 - Selected Area 1-3

องค์ประกอบของตัวอย่าง AREA 2 วิเคราะห์โดย SEM-EDS

| AREA | Element | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | O | | Na | | Al | | Si | | S | | K | | Ca | | Zn | | C | | Hg | |
| Selected Area | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% | W% | A% |
| 1 | 38.76 | 59.18 | 0.01 | 0.01 | 0.86 | 0.78 | 7.66 | 6.66 | 2.57 | 1.96 | | | 15.97 | 9.73 | 1.64 | 0.61 | 8.95 | 18.20 | 23.58 | 2.87 |
| 2 | 50.72 | 65.28 | 0.01 | 0.01 | 1.18 | 0.90 | 5.75 | 4.22 | | | 0.79 | 0.42 | 25.23 | 12.96 | 1.95 | 0.61 | 8.76 | 15.02 | 5.61 | 0.58 |
| 3 | 37.48 | 65.36 | | | 1.35 | 1.40 | 4.97 | 4.94 | 2.26 | 1.97 | 1.01 | 0.72 | 31.30 | 21.79 | 2.86 | 1.22 | | | 18.76 | 2.61 |

W% = Weight%

A% = Atomic%

**สรุปผลจากการวิเคราะห์** การวิเคราะห์ด้วย SEM-EDS สรุปได้ว่า ภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุชั้นล่าง มีการซ้อนทับของชั้นวาดภาพดังนี้

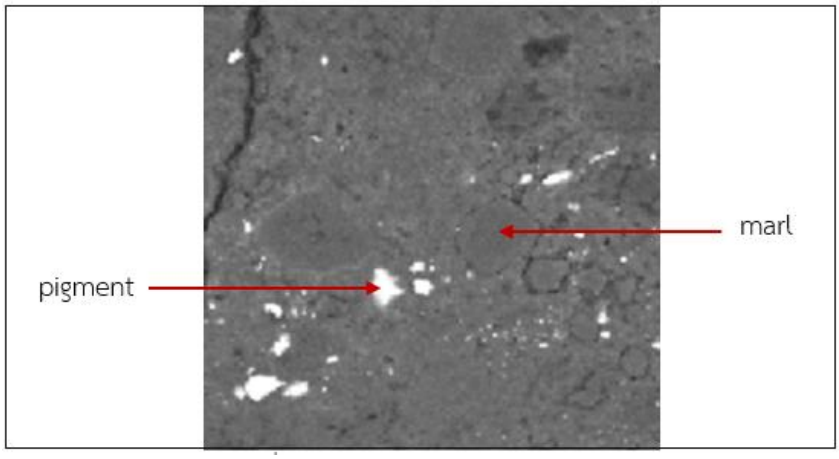
**ชั้นที่ 1** ชั้นปูนฉาบมีธาตุ Ca และ O ผสมอยู่มากที่สุด โดยไม่ปรากฏสารสี (AREA 1 - Selected Area 4 / AREA 1 - Selected Area 5)

**ชั้นที่ 2** ชั้นรอยแตกระหว่างชั้นปูนฉาบและชั้นรองพื้น กว้างประมาณ 15 ไมครอน (0.015 มิลลิเมตร) เกิดจากเมื่อเวลาผ่านไป การหดตัวของวัสดุสองพื้นผิวทั้งชั้นปูนฉาบและชั้นรองพื้นไม่เท่ากัน จึงเกิดรอยแยกและทำให้ชั้นรองพื้นแยกออกจากชั้นปูนฉาบ

**ชั้นที่ 3** ชั้นรองพื้นและชั้นสี หนาประมาณ 80 ไมครอน (0.08 มิลลิเมตร) ชั้นนี้พบสารสีที่มีลักษณะเป็นผลึกเรืองแสงและพบธาตุ Hg ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็น HgS คือ ซินนาบาร์ หรือ เวอร์มิเลียน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของปรอทที่ให้สีแดง หรือที่เรียกกันว่าสีแดงชาด (EDS Spot 1) ซึ่งผลึกสารสีเหล่านี้อยู่ปะปนกับเม็ดดินสอพอง (AREA 2 - Selected Area 3) และกาวซึ่งเป็นสารยึดเหนี่ยว (binder – medium) ที่ทำให้เม็ดสียึดเกาะติดกัน

**ชั้นที่ 4** ชั้นแคลไซด์เคลือบผิวหน้าสุด หนาประมาณ 30 ไมครอน (0.03 มิลลิเมตร) โดยไม่พบสารสี (AREA 1 - Selected Area 1) แต่พบธาตุ O (41.81%) และ Ca (38.09%) มากที่สุดตามลำดับ

เทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังที่กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ มีการใช้ดินสอพองผสมกาวทาเป็นชั้นรองพื้น แล้ววาดภาพทับ โดยชั้นรองพื้นมีองค์ประกอบหลักเป็นดินสอพองทำหน้าที่ดูดซับชั้นสี ทำให้เห็นสารสีปะปนอยู่กับดินสอพอง ส่วนสารยึดเหนี่ยวเสื่อมสภาพหายไปแล้ว ดังนั้นจึงไม่อาจกล่าวได้ว่าการเขียนภาพที่นี่เป็นเทคนิคการวาดภาพบนปูนเปียกได้ และสังเกตว่าเหนือชั้นสีมีชั้นแคลไซด์เคลือบใสบาง ๆ บนผิวหน้า ทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังเสื่อมสภาพได้ยากกว่าที่ไม่มีสารเคลือบผิวเลย




ภาพที่ 114 สารสีอยู่ปะปนกับดินสอพอง

**7. อภิปรายผล**

จากการผลการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่การตอบคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ ได้ดังนี้

ตารางที่ 15 การอภิปรายผลการวิจัย

| ที่ | คำถามการวิจัย | อภิปรายผล |
|---|---|---|
| 1 | ภาพจิตรกรรมฝาผนังในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะมีเทคนิคการวาดภาพในขณะที่ปูนยังเปียกหรือไม่ | ใช้เทคนิคการวาดภาพโดยใช้ดินสอพองทาเป็นชั้นรองพื้น แล้ววาดภาพทับในขณะที่ชั้นดินสอพอง และสารสีซึมเข้าไปในเนื้อดินสอพอง ต่อมาเกิดผลึกแคลไซด์เคลือบเป็นชั้นบาง ๆ ที่ผิวหน้า แต่ไม่อาจกล่าวได้ว่าเป็นเทคนิคการวาดภาพแบบปูนเปียก ทั้งนี้แคลไซด์เป็นชั้นที่เกิดขึ้นใหม่บนผิวหน้าภาพจิตรกรรมซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นมาจากการวาดภาพของจิตรกร ผิวหน้าของภาพจึงมีความแววววาวคล้ายมีสารเคลือบผิว ข้อดีของแคลไซด์เคลือบผิวคือทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังมีความแข็งแรง อย่างไรก็ตามพบว่าระหว่างชั้นรองพื้นและชั้นปูนฉาบเกิดรอยแยกตัวแล้ว ซึ่งมีผลทำให้ภาพจิตรกรรมฝาผนังหลุดล่อนในเวลาต่อมา |
| 2 | เกลือที่พบอยู่บนภาพจิตรกรรมฝาผนังเป็นเกลือที่มาจากแหล่งใด | เกลือที่พบบนผนังกรุชั้นล่างเป็นเกลือโพแทสเซียมไนเตรต เกลือไนเตรต มีที่มาจากมูลค้างคาว และเกลือซัลเฟต ซึ่งอาจจะมาจากแหล่งอื่น |
| 3 | สิ่งแวดล้อมชนิดใดที่เป็นสาเหตุของการเสื่อม สภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ | 1. ความชื้นภายในกรุชั้นบนมีความผันผวนมากกว่ากรุชั้นล่าง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังในกรุชั้นบนได้มากกว่ากรุชั้นล่าง ความชื้นจากฝน อากาศและจากน้ำใต้ดินและผนังดูดความชื้นขึ้นมา ทำให้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 80% เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของสัตว์บางชนิด นอกจากนั้นหากมีความชื้นที่เพิ่มขึ้นมากในฤดูฝนจะมีโอกาสเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ และนำไปสู่การเกิดเกลือในอนาคต<br>2. ค้างคาว ทำให้เกิดสารประกอบชนิดต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเกิดผลึกเกลือที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง<br>3. ฝุ่นละอองสะสมเป็นจำนวนมากซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขาดการทำความสะอาดและการบำรุงรักษา รวมทั้งฝุ่นละอองใน |

| ที่ | คำถามการวิจัย | อภิปรายผล |
|---|---|---|
| | | อากาศไม่สามารถระบายได้เหมาะสมโดยเฉพาะบริเวณกรุชั้นบน |
| 4 | ระบบระบายอากาศในปัจจุบันสามารถระบายสิ่งแวดล้อมได้แก่ ความชื้นและมลภาวะทางอากาศภายในกรุพระปรางค์ได้อย่างเหมาะสมหรือไม่ | 1. ระบบระบายอากาศในปัจจุบัน ไม่สามารถระบายสิ่งแวดล้อมได้แก่ ความชื้นและมลภาวะทางอากาศภายในกรุพระปรางค์ได้อย่างเหมาะสม<br>2. กรุชั้นบนจะเป็นพื้นที่ที่สะสมความชื้นและมลภาวะทางอากาศไว้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกรุชั้นล่าง โถงกลาง และภายนอกพระปรางค์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศและไหลเวียนอากาศไม่ดี<br>3. การทำงานของระบบระบายอากาศในปัจจุบัน จะพามวลอากาศจากกรุชั้นล่างดูดผ่านเครื่องระบายอากาศขึ้นมายังกรุชั้นบนแล้วเวียนภายในกรุ แต่ไม่สามารถระบายไปสู่โถงกลางต่อไปได้ ทำให้มวลอากาศที่มีทั้งความชื้น ฝุ่นละอองและก๊าซยังสะสมอยู่ในกรุชั้นบน และถึงแม้ว่ามวลอากาศและมลพิษบางส่วนถูกระบายสูงโถงกลาง มวลอากาศและมลพิษก็วนเวียนภายในโถงกลางโดยไม่มีระบบระบายอากาศสู่ภายนอก |

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 6
# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และมลภาวะทางอากาศ และตรวจสอบและประเมินสาเหตุของการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้น รวมทั้งได้วิเคราะห์วัตถุที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เกลือ มูลค้างคาว เพื่อเข้าใจบริบทของสิ่งแวดล้อมรอบตัวอันเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง

อย่างไรก็ตาม การที่จะเข้าใจสาเหตุการเสื่อมสภาพและเสนอแนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ได้นั้น จำเป็นต้องเข้าใจวัสดุและเทคนิคของการก่อเกิดภาพจิตรกรรมฝาผนังเสียก่อนถึงจะเข้าใจจุดแข็งและจุดอ่อนของวัสดุและเทคนิควิธีการทำ จากการวิจัยได้ผลการศึกษาดังนี้

**1. เทคนิคการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง**

ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จากการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ ทำให้ทราบว่า ภายหลังจากก่ออิฐฉาบปูนบนผนังและรอจนปูนฉาบแห้งดีแล้ว จะใช้ดินสอพองมาผสมทำชั้นรองพื้น หลังจากนั้นจิตรกรก็จะร่างและวาดภาพเกิดเป็นชั้นสี ซึ่งพบว่าสารสีและสารยึดเหนี่ยวแทรกซึมลงไปในเนื้อของชั้นรองพื้นซึ่งดูดซับสี ทำให้ชั้นสีซึมลงไปกลายเป็นเนื้อเดียวกันกับชั้นรองพื้นโดยมีความหนารวมกันประมาณ 0.80 ไมครอน (0.08 มิลลิเมตร) และต่อมาเกิดแคลไซด์เคลือบบนผิวหน้าชั้นสีซึ่งเกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับความชื้น ทำให้เกิดชั้นแคลไซด์บาง ๆ ประมาณ 30 ไมครอน (0.03 มิลลิเมตร) เคลือบบนผิวหน้าของภาพจิตรกรรมฝาผนัง ซึ่งทำให้ภาพจิตรกรรมมีความแวววาวเมื่อมองด้วยตาเปล่าและมีความแข็งแรงกว่าไม่ได้เคลือบ

อย่างไรก็ตาม ชั้นสี (ที่ปะปนกับดินสอพอง) กลับแยกตัวออกจากชั้นปูนฉาบอย่างชัดเจน เกิดเป็นรอยแยกประมาณ 15 ไมครอน (0.015 มิลลิเมตร) แสดงถึงการล่อนของชั้นสีของจิตรกรรมฝาผนังออกจากผนังปูนฉาบจนเกิดเป็นช่องว่าง และมีผลทำให้ชั้นจิตรกรรมฝาผนังจะหลุดล่อนในเวลาต่อมา โดยเฉพาะเมื่อมีความชื้นแทรกซึมไปในช่องว่างระหว่างชั้น อย่างไรก็ตามสามารถสรุปได้ว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังที่กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะจากตัวอย่างวิเคราะห์ในครั้งนี้ไม่ใช่การเขียนภาพด้วยเทคนิคแบบปูนเปียกตามแบบอย่างตะวันตก ซึ่งควรมีการศึกษาตัวอย่างเพิ่มเติมทั้งจำนวน

ตำแหน่ง และเทคนิคการวิเคราะห์ และควรมีตัวอย่างของภาพจิตรกรรมที่เขียนด้วยเทคนิคแบบปูนเปียกแบบตะวันตก จีน เปรียบเทียบกับการเขียนสีฝุ่นแบบไทย

**2. สาเหตุการเสื่อมสภาพ**

การวิจัยในครั้งนี้ได้ตรวจสอบสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ซึ่งในขณะที่ตรวจสอบนั้นเป็นช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะที่ปิดประตูเรือนธาตุทางเข้าสู่ภายในองค์พระปรางค์โดยไม่เปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าชม และในช่วงเดือนมีนาคม 2563 เป็นต้นไป จะเปิดประตูเรือนธาตุโดยให้นักท่องเที่ยวสามารถเยี่ยมชมเฉพาะโถงกลางได้เท่านั้นแต่ไม่สามารถลงไปสู่กรุชั้นบนและกรุชั้นล่างได้ จากการวิจัยพบว่าการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะมีเหตุปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม ดังนี้

**2.1 ค้างคาว**

ค้างคาวอาศัยอยู่ที่โถงกลางของพระปรางค์วัดราชบูรณะ พบว่าไม่ว่าจะปิดหรือเปิดประตูบริเวณทางเข้าองค์พระปรางค์ ค้างคาวก็ยังบินเข้าออกอยู่ แสดงให้เห็นว่าภายในองค์พระปรางค์มีรูหรือช่องว่างที่ค้างคาวเข้าไปภายในองค์พระปรางค์ได้

ของเสียจากค้างคาวทั้งจากปัสสาวะและมูลเป็นสาเหตุหลักของการเกิดเกลือที่ปรากฏอยู่บนภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยเฉพาะภายในกรุชั้นล่าง ผลจากการวิเคราะห์มูลค้างคาวและเกลือบนภาพจิตรกรรมฝาผนังที่กรุชั้นล่างพบความเชื่อมโยงกันระหว่างสองชุดข้อมูล กล่าวคือ มูลค้างคาวและเกลือมีอนุมูลของซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) และไนเตรต ($NO_3^-$) ชนิดเดียวกันทั้งคู่ ซึ่งอนุมูลทั้งสองเป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดเกลือที่ละลายน้ำได้ทั้งที่เป็นเกลือซัลเฟตและเกลือไนเตรต และเมื่อรวมตัวกับความชื้นที่กลายเป็นหยดน้ำจะทำให้เกิดเกลือ

**ดังนั้น มูลค้างคาวเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดเกลือโพแทสเซียมไนเตรต ($KNO_3$) เกลือไนเตรตและเกลือซัลเฟตที่ปรากฏบนภาพจิตรกรรมฝาผนังด้านทิศใต้ของกรุชั้นล่าง ซึ่งเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ ทั้งนี้ไม่พบโซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) ซึ่งเป็นเกลือโซเดียมที่มาจากปูนซีเมนต์ เกลือที่เกิดขึ้นในตัวอย่างวิเคราะห์ในครั้งนี้จึงไม่เกี่ยวข้องกับปูนซีเมนต์เป็นสาเหตุ** อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาตัวอย่างของเกลือในตำแหน่งอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบที่มาของเกลือที่มาจากมูลค้างคาว และจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น ก๊าซมลพิษ และปูนซีเมนต์ เป็นต้น

**2.2 ความชื้นและอุณหภูมิ**

ไม่ว่าในสภาพแวดล้อมแบบเปิดหรือปิด ความชื้นสัมพัทธ์ภายในกรุจะมีค่าสูงส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 80% และจะมีค่าสูงเป็นพิเศษโดยเฉพาะในวันที่ฝนตก โดยมีสูงสุดถึง 90.6% ในกรุชั้นล่าง โดยกรุชั้นล่างจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่ากรุชั้นบน และค่าความชื้นสัมพัทธ์ส่วนใหญ่มากกว่า 80% ขึ้นไป มีความอับชื้น เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีและเป็นสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการดำรงอยู่ของสัตว์หลายชนิด ซึ่งควรจะต้องเฝ้าระวังเชื้อราที่อาจจะทำความเสียหายให้กับภาพจิตรกรรมฝาผนังในอนาคต และควรมีการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้มีค่าคงที่เท่าที่จะเป็นไปได้

จากการตรวจวัดจะเห็นได้ว่า ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุชั้นล่างมีค่าคงที่มากกว่ากรุชั้นบนไม่ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบเปิดหรือปิด และภายใต้สภาพแวดล้อมแบบปิดจะทำให้ค่าต่าง ๆ คงที่มากกว่าสภาพแวดล้อมแบบเปิด

**ดังนั้น การปิดกรุจะทำให้สิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะความชื้นและอุณหภูมิมีค่าคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการเปิดกรุ อีกทั้งยังเป็นการรักษาความสมดุลของอากาศภายในกรุได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามกรุชั้นล่างจะสามารถรักษาสภาวะคงที่ของอากาศได้ดีกว่ากรุชั้นบน โดยมีการหมุนเวียนของอากาศน้อยกว่าและกักเก็บความชื้นและอุณหภูมิเอาไว้ ในขณะที่กรุชั้นบนจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศที่ได้รับมาจากด้านบน**

อย่างไรก็ตาม ที่มาของความชื้นจะมาจากสภาพอากาศภายนอกที่เข้ามาได้จากโถงกลาง ความชื้นที่มนุษย์นำพาเข้ามา ไอระเหยจากมนุษย์ รวมทั้งความชื้นที่มาจากน้ำใต้ดินที่เคลื่อนที่จากใต้ดินสู่ผนังด้านบนโดยอาศัยแรงดึงจากรูพรุนขึ้นสู่อิฐและปูนก่อที่เป็นวัสดุก่อผนัง ทั้งนี้ ผนังของกรุพระปรางค์มีการบูรณะใหม่หลังปี พ.ศ.2500 โดยทำเป็นผนังซีเมนต์ฉาบปิดผนังตอนล่างสูง 1.40 เมตร ผนังซีเมนต์ทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกได้โดยสะดวก น้ำจึงเคลื่อนที่สูงขึ้นตามแรงดึงในรูพรุนและหาที่ระเหยและระบายออกในพื้นที่เหนือผนังซีเมนต์ ซึ่งคือบริเวณภาพจิตรกรรมฝาผนังและผนังปูนเดิม ในประเด็นดังกล่าวควรมีการศึกษาอย่างลุ่มลึกต่อไปโดยเฉพาะเรื่องความชื้นในผนังและผนังซีเมนต์มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความชื้นในผนังอย่างไร

**2.3 ฝุ่นละออง**

ภายในกรุมีฝุ่นละอองสะสมเป็นจำนวนมาก พบคราบฝุ่นละอองเกาะหนาทั่วทั้งบริเวณทั้งที่เกาะอยู่บนภาพ พื้นผนัง และที่เป็นอนุภาคฝุ่นแขวนลอยในอากาศ เมื่อหายใจจะสัมผัสได้ว่าไม่สามารถหายใจได้อย่างสะดวก เมื่อเดินลงไปในกรุพบว่ายิ่งลึกยิ่งหายใจไม่สะดวกและมีอากาศเบาบางอย่างสัมผัสได้ ผลจากการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศพบว่า **ฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายในอากาศภายในกรุพระปรางค์มีปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ โดยมีขนาด 2.5 ไมครอน มากกว่าขนาด 10 ไมครอน**

สำหรับระบบการระบายอากาศพบว่ามีการใช้ระบบพัดลมดูดมวลอากาศในกรุชั้นล่างขึ้นไปสู่กรุชั้นบน ก่อนที่พัดลมดูดอากาศผ่านท่อระบายจากกรุชั้นบนปล่อยออกไปยังห้องโถงโดยไม่ได้ควบคุม จากการตรวจวัดพบว่าระบบระบายอากาศสามารถระบายอากาศในกรุชั้นล่างได้แต่ไม่มากนัก คือ เมื่อเปิดระบบระบายอากาศฝุ่นละอองลดลงเพียงลดลงเพียง 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเทียบกับการเปิดระบบระบายอากาศ แสดงถึงประสิทธิภาพของการระบายอากาศที่ไม่ดี และเมื่อมวลอากาศจากกรุชั้นล่างถูกดูดขึ้นมายังกรุชั้นบนแล้ว มวลอากาศยังวนเวียนภายในกรุชั้นบนจำนวนมาก โดยไม่สามารถดูดอากาศและฝุ่นอนุภาคต่าง ๆ ในกรุชั้นบนขึ้นต่อไปยังโถงกลางได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถึงแม้ว่าจะสามารถระบายอากาศไปสู่โถงกลาง อากาศเสียนั้นก็จะวนเวียนภายในโถงกลางโดยไม่ได้ระบายออก ทำให้กรุชั้นบนและโถงกลางจะมีฝุ่นละอองสะสมและหมุนเวียนภายในโดยไม่ได้ระบายออก

**2.4 ระบบไฟฟ้า**

ระบบไฟฟ้าที่ใช้งานภายในวัดราชบูรณะมาจากหม้อแปลงที่ตั้งอยู่ด้านหน้าวัดแล้วดึงสายไฟเข้าสู่ภายในองค์พระปรางค์ ไฟฟ้าถูกใช้งาน 2 ระบบ คือ ระบบแสงสว่างและระบบระบายอากาศ และเนื่องจากระบบไฟฟ้าที่ขัดข้องเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ทำให้ระบบแสงสว่างและระบบระบายอากาศภายในใช้งานไม่ได้ และถึงแม้จะมีการซ่อมแซมระบบไฟแล้ว ยังพบว่ายังประสบปัญหาไฟติด ๆ ดับ ๆ อยู่บ่อยครั้ง ซึ่งมีผลทำให้สิ่งแวดล้อมภายในกรุพระปรางค์มีการเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นความชื้นหรืออุณหภูมิหรือสภาพแวดล้อมใด ๆ ล้วนเป็นสาเหตุหนึ่งของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยไม่รู้ตัว

นอกจากนั้น ระบบการให้แสงสว่างภายกรุพระปรางค์ยังใช้หลอดไฟส่องตรงไปยังภาพโดยตรงและมีการโยงสายไฟอย่างไม่เป็นระเบียบ ส่วนระบบระบายอากาศยังพบว่าไม่สามารถระบายอากาศหรือทำให้อากาศไหลเวียนได้อย่างแท้จริง

**2.4 มนุษย์**

พบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ ได้แก่ การวางเครื่องบูชาในกรุชั้นล่างซึ่งน่าจะมาจากนักท่องเที่ยวภายนอก พบการติดตั้งสายไฟและหลอดไฟในพื้นที่และตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม โดยวางสายไฟและหลอดไฟระเกะระกะไม่เป็นระเบียบ และหลอดไฟยังวางส่องไปยังภาพจิตรกรรมฝาผนังโดยตรง พบคราบงู คราบกิ้งกือ คราบสัตว์และฝุ่นละอองหนาจับทั่วบริเวณ ถึงแม้จะไม่ใช่สิ่งที่มนุษย์ทำโดยตรงแต่แสดงให้เห็นว่ายังขาดมาตรการการดูแล บำรุงรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม

**3. แนวทางการป้องกันการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนัง**

ด้วยวัดราชบูรณะเป็นโบราณสถานที่สำคัญระดับชาติ ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะมีคุณค่าในระดับสูงโดยเฉพาะในด้านประวัติศาสตร์และสุนทรียะ โดยเป็นจิตรกรรมฝาผนังสมัยอยุธยาตอนต้นที่เก่าแก่และเหลืออยู่ไม่มีแห่งในประเทศ และภาพจิตรกรรมยังมีเอกลักษณ์ของจิตรกรรมสมัยอยุธยาตอนต้นที่แฝงไปด้วยความหมายทางศาสนา สัญลักษณ์ คติความเชื่อ รวมทั้งสุนทรียะความงามและความรู้ด้านศิลปกรรม และเพื่อเป็นการป้องกันการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ รวมทั้งพิจารณาร่วมกับประโยชน์ใช้สอยดั้งเดิมขององค์พระปรางค์และประโยชน์ใช้สอยใหม่ในปัจจุบัน จึงเสนอแนวทางการอนุรักษ์เชิงป้องกัน (preventive conservation) ซึ่งการอนุรักษ์เชิงป้องกันเป็นการแก้ไขปัญหาการเสื่อมสภาพภาพจิตรกรรมฝาผนังที่ต้นเหตุก่อนภาพจิตรกรรมฝาผนังเสียหายแล้วจึงมาซ่อมแซมภาพในภายหลัง (conservation treatment) โดยกำหนดเป็นข้อปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 การทำความสะอาด**

ทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เปื้อนภาพจิตรกรรมฝาผนัง เพดาน และพื้น ทั่วทั้งบริเวณ และกำหนดตารางเวลาในการบำรุงรักษาดังนี้

1) กำหนดตารางเวลาเพื่อทำความสะอาดในระดับรายสัปดาห์ เพื่อทำความสะอาดขั้นพื้นฐาน

2) กำหนดตารางเวลาเพื่อติดตาม ตรวจสอบและประเมินการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังและสภาพโดยรอบในระดับรายเดือน

ทั้งนี้การทำความสะอาดและการติดตาม ตรวจสอบและประเมินการเสื่อมสภาพให้กระทำโดยนักอนุรักษ์ ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ผ่านการอบรมเรื่องการอนุรักษ์แล้วเท่านั้น

**ขั้นตอนที่ 2 กำจัดค้างคาว**

กำจัดค้างคาวออกจากองค์พระปรางค์ และสำรวจหาช่องทางเข้าสู่องค์พระปรางค์และปิดช่องทางเข้านั้น กำจัดแหล่งที่อยู่อาศัยโดยทำความสะอาดบริเวณที่อาศัยของค้างคาวและสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณโถงกลางทั้งบริเวณพื้น ผนัง และหลังคา และควบคุมไม่ให้มีค้างคาวเข้าไปอาศัย รวมทั้งสัตว์ประเภทอื่น ทั้งนี้ไม่ควรใช้น้ำล้างทำความสะอาดภายในองค์พระปรางค์ เพราะจะทำให้เกลือที่ละลายน้ำได้เข้าไปแทรกตัวและสะสมในเนื้อวัสดุมากขึ้น และในระยะยาวจะตกผลึกเกลือมากขึ้นกว่าเดิม

**ขั้นตอนที่ 3 ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ**

ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติจำนวน 3 เครื่อง ติดตั้งในกรุชั้นล่าง กรุชั้นบน และโถงกลาง เครื่องวัดจะส่งผลบันทึกการตรวจวัดไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยอัตโนมัติและจะส่งสัญญาณเตือนเมื่อมีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงผิดปกติ อย่างไรก็ตามเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติที่ส่งสัญญาณไปภายนอกได้จะใช้ระบบสัญญาณ wifi ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งระบบอินเตอร์เน็ตภายในองค์พระปรางค์ด้วย

**ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงระบบไฟฟ้า**

ปรับปรุงระบบไฟฟ้าภายในให้มีความเสถียรมากขึ้น โดยปรับปรุงระบบการให้แสงสว่างใหม่ทั้งการเดินสายไฟและหลอดไฟ โดยติดตั้งสายไฟและหลอดไฟในตำแหน่งที่ไม่รบกวนภาพจิตรกรรมฝาผนัง รวมทั้งควบคุมประเภทของหลอดไฟและค่าความสว่างของแสงไฟไม่ทำอันตรายกับภาพจิตรกรรม ถึงแม้ว่าจะมีการปิดกรุภายในแต่แสงสว่างยังจำเป็นโดยเฉพาะเมื่อต้องเข้าไปตรวจสอบและประเมินสภาพภายในกรุในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ควรให้ผู้เชี่ยวชาญมาตรวจวัดค่าแสงสว่างและให้คำแนะนำตำแหน่งการติดตั้งสายไฟและหลอดไฟที่เหมาะสมสำหรับภาพจิตรกรรมฝาผนังต่อไป

**ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงระบบระบายอากาศ**

ปรับปรุงระบบระบายอากาศใหม่ โดยติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถระบายอากาศจากกรุชั้นล่าง กรุชั้นบนและโถงกลางได้สมบูรณ์หรือ 100% โดยสามารถนำมวลอากาศจากกรุชั้นล่าง กรุชั้นบน รวมทั้งโถงกลางออกไปนอกอาคาร โดยติดตั้งระบบระบายอากศแบบซ่อนไว้ในจุดต่าง ๆ เพื่อไม่ให้ขัดต่อภาพดั้งเดิมของโบราณสถาน ทั้งนี้ควรให้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบระบายอากาศร่วมกับนักอนุรักษ์เพื่อออกแบบอุปกรณ์และวิธีการติดตั้งที่เหมาะสมต่อไป

**ขั้นตอนที่ 6 การปิดกรุ**

การปิดกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ หมายถึง การปิดประตู หน้าต่าง หรือช่องเปิดใด ๆ ที่ให้นักท่องเที่ยวเข้าชมโดยเสรี ทั้งนี้สามารถเปิดกรุเพื่อให้นักอนุรักษ์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน นักวิชาการ ผู้เข้าชมเป็นกรณีพิเศษได้ เมื่อมีความจำเป็น เช่น เพื่อการอนุรักษ์และบำรุงรักษา หรือเพื่อการศึกษาในระดับลุ่มลึกที่มีประโยชน์ต่อวงการวิชาการในระดับสูง เป็นต้น

การปิดกรุมี 2 แนวทาง ได้แก่

1) ปิดบริเวณทางลงบันไดกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างโดยไม่ให้นักท่องเที่ยวเข้าเยี่ยมชม แต่นักท่องเที่ยวยังสามารถเยี่ยมชมบริเวณโถงกลางได้ โดยจัดเป็นนิทรรศการแสดงความรู้เกี่ยวกับกรุ

พระปรางค์ในบริเวณดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ทางลงบันไดที่มีอยู่เดิมควรทำเป็นบานประตูทางลงแบบเปิดและปิดได้ โดยเปิดได้เฉพาะเมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น

2) ปิดบริเวณประตูทางเข้าและช่องหน้าต่างเรือนธาตุ แต่ต้องจัดหาประตูหรือหน้าต่างที่มีรูหรือช่องระบายอากาศขนาดเล็กเพื่อให้อากาศมีการไหลเวียนและถ่ายเทอากาศ แต่รูหรือช่องระบายอากาศไม่ควรกว้างจนค้างคาว แมลงหรือสัตว์ลอดเข้าไปได้ และ/หรือติดตาข่ายหรือมุ้งลวดที่มีตาละเอียดเพื่ออุดช่องและต่าง ๆ พร้อมติดตั้งระบบระบายอากาศโดยซ่อนไว้ในจุดต่าง ๆ เพื่อระบายอากาศภายใน ทั้งนี้ควรสร้างระบบการไหลเวียนอากาศโดยหาช่องหรือรูขนาดเล็กที่กันด้วยตาข่าย ช่องหรือรูนี้จะอยู่ด้านบนขององค์พระปรางค์ โดยอากาศร้อนภายในองค์พระปรางค์จะลอยขึ้นสู่ที่สูงและระบายออกผ่านช่องหรือรูนี้ ส่วนอากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่ผ่านช่องประตูหน้าต่าง

ทั้งนี้ ควรจัดหาหรือสร้างพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง โดยจำลองภาพจิตรกรรมและบรรยากาศภายในของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะที่เป็นกรุใต้ฐานของพระปรางค์ประธานที่ปิดตายไม่ให้ผู้ใดเข้าไปได้ และให้ผู้เข้าชมเกิดจินตภาพเมื่อครั้งแรกสร้าง ด้วยคติความเชื่อความศรัทธาทางพุทธศาสนาที่แฝงอยู่ภายใต้งานศิลปกรรมชั้นครูที่สรรค์สร้างไม่ใช่เพื่อเผยความงามให้ผู้ใดชื่นชม แต่เป็นสัญลักษณ์ที่แฝงไปด้วยความหมายคติความเชื่อความศรัทธาทางพุทธศาสนา นอกจากนี้ควรจำลองและจัดแสดงศิลปวัตถุประเภทต่าง ๆ ที่ค้นพบ (ปัจจุบันบางส่วนจัดแสดงอยู่ที่พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติเจ้าสามพระยา) โดยรวมเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัดราชบูรณะไว้ที่นี่ ในพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงที่ใช้ visual art มาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดแสดง

**4. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ**

ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมและรอบด้านเป็นสหวิทยาการ โดยร่วมมือทั้งจากกลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์, กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม และอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา กรมศิลปากร ร่วมกับนักอนุรักษ์ นักวิชาการทั้งในมหาวิทยาลัยและนอกมหาวิทยาลัย ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อศึกษาเพิ่มเติมโดยเฉพาะในประเด็นสำคัญดังนี้

1) ศึกษาความชื้นอยู่ในผนังมีมากน้อยเพียงใด โดยเฉพาะความชื้นที่มาจากใต้ดินและเคลื่อนที่จากใต้ดินขึ้นมาสู่ผนัง และการระเหยออกของความชื้นไปได้สะดวกหรือไม่ อย่างไร

2) ตรวจสอบผลกระทบของปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุหลักที่ใช้ตั้งแต่แรกบูรณะกรุ ปัจจุบันปูนซีเมนต์เป็นส่วนหนึ่งของเสา บันได และผนังกรุชั้นบนและชั้นล่าง เมื่อเวลาผ่านไปนานตั้งแต่เปิดกรุปูนซีเมนต์ได้ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพหรือไม่อย่างไรมากน้อยเพียงไร

3) ตรวจสอบเกลือและที่มาของเกลือโดยเก็บตัวอย่างเกลือตำแหน่งอื่น ๆ เพิ่มเติมโดยเฉพาะบริเวณผนังศิลาแลงบริเวณบันไดทางลงกรุ และบริเวณอื่นที่พบทั้งบนภาพจิตรกรรมฝาผนัง

และผนังอื่น ๆ ทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง และโถงกลาง เพื่อเปรียบเทียบว่าเป็นเกลือชนิดใด และอะไรเป็นสาเหตุของเกลือชนิดนั้น ๆ เพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้

4) ศึกษาวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนังด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ปูนและสี เพื่อศึกษาองค์ประกอบภายในของสี ชนิดของสารสี วัสดุประเภทต่าง ๆ และร่องรอยการเสื่อมสภาพที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกใช้วัสดุหรือสีที่ใช้ซ่อมภาพจิตรกรรมฝาผนัง ที่มีคุณลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด อันเป็นหลักการอนุรักษ์

5) ควรนำความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะไปในแง่มุมต่าง ๆ ทั้งเรื่องราวการค้นพบ ภาพจิตรกรรมฝาผนัง ศิลปวัตถุ จำลองในลักษณะของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวและจัดแสดงในสื่อประเภทอื่น ๆ เช่น การสร้างดิจิตัลมิวเซียม การสร้างภาพจำลองมัลติมิเดีย 3D แทนที่การลงไปในกรุ โดยร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญทางด้านมัลติมิเดีย ศิลปะและเทคโนโลยี

ท้ายที่สุดนี้ การวิจัยครั้งนี้เป็นการแสดงผลการศึกษาอย่างเป็นเหตุเป็นผลทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นของสาเหตุของการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์ วัดราชบูรณะที่มาจากสิ่งแวดล้อม พร้อมเสนอแนวทางในการอนุรักษ์เชิงป้องกันการเสื่อมสภาพในอนาคต นับว่าเป็นครั้งแรกที่มีการศึกษาในประเด็นดังกล่าว ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้จริงและควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การออกแบบการควบคุมสภาพแวดล้อมรอบด้านก่อนที่ศิลปกรรมชั้นครูที่มีคุณค่าในระดับชาติจะเสื่อมสภาพรวดเร็วเกินกว่าจะแก้ไขหรือควบคุมได้ในอนาคต

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# รายการอ้างอิง


<u>เอกสารไทย</u>

กรมศิลปากร. (2502). **พระพุทธรูปและพระพิมพ์ในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**. พระนคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิวพร.

_____. (2504). **พระราชพงศาวดารกรุงศรีอยุธยา (ฉบับหลวงประเสริฐอักษรนิติ์ และ ฉบับกรมพระปรมานุชิตฯ) และพงศาวดารเหลือฉบับพระวิเชียรปรีชา (น้อย) (เล่ม** 2). กรุงเทพฯ: องค์การค้าคุรุสภา.

_____. (2557). **จิตรกรรมและศิลปวัตถุในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**. กรุงเทพฯ: บริษัทไทภูมิ พับลิชชิ่ง.

กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม. (2563). **รายงานการสำรวจสภาพจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ**. (เอกสารอัดสำเนา).

จิราภรณ์ อรัณยะนาค. (2535).**บทบาทของเกลือและความชื้นบนโบราณสถาน**. (เอกสารอัดสำเนา).

_____. (2540). **การดูแลรักษาศิลปโบราณวัตถุ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

_____. (2563). สัมภาษณ์ 7 ตุลาคม 2563.

_____. (ม.ป.ป.). **การดูแลรักษาวัตถุพิพิธภัณฑ์**. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อิน สตูดิโอ.

_____. (ม.ป.ป.). **การทำความสะอาดวัตถุพิพิธภัณฑ์**. กรุงเทพฯ: บริษัท ดับเบิลยูพริ้นท์ จำกัด.

ชนม์ธนัช สุวรรณ (ม.ป.ป.). **เอกสารประกอบคำสอนวิชา มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม**. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

ชลูด นิ่มเสมอ. (2544). **องค์ประกอบของศิลปะ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ชุลี ชัยศรีสุข, จิราภรณ์ อรัณยนาค และ พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์. (25??). **การศึกษาเชื้อราที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของกาวและสีฝุ่นที่ใช้ในการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง ณ วัดพระศรีรัตนศาสดาราม**. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

ธนู ศรีนาวาวงศ์. (2551). **การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักในตัวอย่างดินโดย Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry**. กรุงเทพฯ: กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.

น ณ ปากน้ำ. (2516). **สถูปเจดีย์ในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศิลป์ พีระศรี (ผู้เขียน), เขียน ยิ้มศิริ (ผู้แปล) (2537) “บันทึกร่างภาพเขียนสีบนฝาผนังปูนเปียกซึ่งค้นพบในกรุเล็กของปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.” ใน **อักษร ศิลป์ พีระ**

**ศรี**. กรุงเทพฯ: หอสมุดมหาวิทยาลัยศิลปากร.

มนัส สุวรรณ. (2537). “การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม”, **วารสารศึกษาศาสตร์**, 6, 1: 82 - 88.

สว่าง สิมะแสงยาภรณ์. (2523). “แบบศิลปที่ปรากฏในงานจิตรกรรมฝาผนังภายในพระปรางค์ประธานวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา”, **ศิลปนิพนธ์ในหลักสูตรศิลปบัณฑิต**, ภาควิชาประยุกต์ศิลป์ศึกษา สาขาศิลปประเพณี คณะมัณฑนศิลป์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สน สีมาตรัง. (2553). **100 ปี เฟื้อ หริพิทักษ์: ชีวิตและงาน**. กรุงเทพฯ: หอศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สมชาติ มณีโชติ. **จิตรกรรมไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สุรศักดิ์ เจริญวงศ์. (2525). “ลักษณะแบบ 2 มิติของรูปทรงต่าง ๆ ในจิตรกรรมฝาผนัง สมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น.” **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร** ปีที่ 3 ฉบับที่ 1: 60 - 83.

เสมอชัย พูลสุวรรณ. (2539). **สัญลักษณ์ในงานจิตรกรรมไทย ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 19 ถึง 24**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

<u>เอกสารต่างประเทศ</u>

Bastian Fabiola and Alabouvette. Claude. (2019). “Lights and shadows on the conservation of a rock art cave: The case of Lascaux Cave”, **International Journal of Speleology**, 38, Bologna (Italy), January: 55 - 60.

Boersma, Foekje. (2007). “Our Load in the Attic: A Preventive Conservation Study.” **The GCI Newsletter**. 22, 1: 22 - 25.

Cannistraro Mauro and Guglielmino Cecilia. (2019). “Considerations on the Thermo-hygrometric and Luminous Microclimate of a Museum Buliding. A Case Study Messina Museum”, **TECNICA ITALIANA-Italian Journal of Engineering Science**, 63, 2 - 4 June 2019: 211 - 220.

Colalucci, Gianluigi. (2016). “Michelangelo Buonarroti: Restoration of the Frescoes on the Vaulted Ceiling.” **Conservation Science in Cultural Heritage**, 16.

De Maio, Romeo. (1990). **Michelangelo e la Controriforma**. Firenze: Sansoni Editore.

Gianluigi. Colalucci. (2016). “Michelangelo Buonarroti: Restoration of the Frescoes on the Vaulted Ceiling”, **Conservation Science in Cultural Heritage**- 16.

Honey Borne D. B.. (1991). **“Weathering and decay of masonry.” In J. Ashurst and F. G. Dimes (eds), Conservation of building and decorative stone (vol. 1)**. London: Butterworth - Heinemann.

Horgnies Matthieu, Bayle Marine, Gueit Eléonore, Darque-Ceretti Evelyne and Aucouturier. Marc. (2015). “Microstructure and Surface Properties of Frescoes Based on Lime and Cement: the Influence of the Artist’s Technique”, **Archaeolometry**, 57, 2: 344 - 361.

Krus M., Rilian Ralf and K. Sedlbauer. (2007). “Mould Growth Prediction by Computational Simulation on Historic Buildings”, **Museum Microclimates**: 185 - 189.

Kuntz Margaret. (2003). “Designed for Ceremony: The Cappella Paolina at the Vatican Palace”, **Journal of the Society of Architectural Historians**, 62, 2: 225 - 228.

Larzen, K. Poul. (2007). “Climate Control in Danish Churches”, **Museum Microclimates**: 167 - 174.

Maekawa, Shin, Ankersmit, Bart, Neuhaus, Edgar, Schellen Henk, Beltran, Vincent and Boersma, FoelJe. (2007). **Investigation and Impacts of Large Numbers of Visitors on the Collection Environment at OUR LORD IN THE ATTIC In Museum Microclimates**. Contributions to the conference in Copenhagen, 19 - 23 November 2007.

Martin-Sanchez Pedro, Miller Ana Z and Saiz-Jimenez. Cesareo. (2015). **“Lascaux Cave : An Example of Fragile Ecological Balance in Subterranean Environments.” in Microbial Life of Cave Systems**. Germany: Walter de Gruyter.

Mora Paolo. (1974). **Causes of deterioration of mural paintings**. International centre for the study of the preservation and the restoration of cultural property, Rome: Via Di San Michele.

Piero, Baglioni, Berti, Debora, Bonini, Massimo, Carretti, Emiliano, Dei, Luigi, Fratini, Emiliano, Giorgi, Rodorico. (2014) “Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage” **Advances in Colloid and Interface Science**. 205: 361 - 371.

Robeva-Čukovska, Lidija, Šijakova-Ivanova, Tena and Kokolanski, Živko. (2017). “Analytical Study of the XIV Century Wall Painting and Lime Mortar in the Sy. George Church in Storo Nagoricane, Republic of Mecedenia”,

**Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, 36, 1: 1 - 18.

The Getty Conservation Institute. (2019). “Rock Art Conservation”, **Conservation Perspectives: The GCI Newsletter**, 34, 1, Spring-.

Vahur,Signe, Teearu, Anu, Peets, Pilleriin, Joosu, Lauri and Leito, Ivo (2016). “ATR-FT-IR spectral collection of conservation materials in the extended region of 4000-80 cm–1” **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, 2016: 3373 – 3379.

Wong Lori, Stephen Bedair, Salem Bedair R.M and Ramadam. Mohammed. (2017). **Conserving the wall paintings in the tomb of Tutankhamen: How the past informs the future**. ICOM-CC 18 Triennial Conference.

<u>เว็บไซต์</u>

Atelier Saint André (2008). “Fresco technique summary”, Accessed 7 October. https://www.atelier-st-andre.net/en/pages/technique/fresco_technique/fresco_technique_summary.html.

George O'Hanlon. (2013). “History and Technique of Fresco Painting”, Accessed 7 October. https://www.naturalpigments.com/artist-materials/history-technique-fresco-painting.

Office de Tourisme Lascaux - Dordogne Vallée Vézère. “Lascaux and prehistory Vézère Valley”, Accessed 4 January. http://www.lascaux-dordogne.com/en/prehistory

UK Genealogy Archives. “St Just in Penwith, Cornwall”, Accessed 5 October. https://ukga.org/index.php?pageid=1627.

.

# ภาคผนวก

## 1. Area 1

EDAX APEX

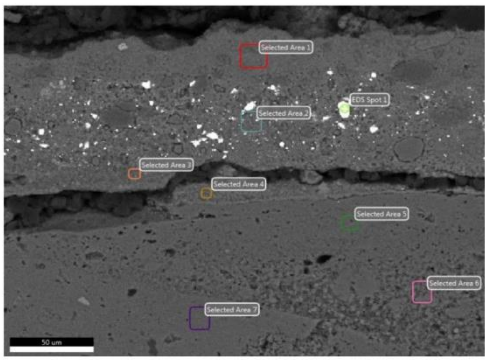
EDAX AMETEK



Kannika20200810

Author: Apex User
Creation: 08/10/2020 9:36:00 AM
Sample Name: 01

**Area 1**



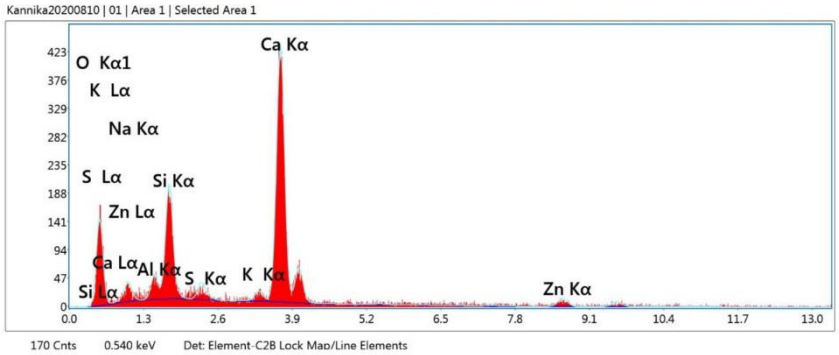

EDAX APEX

EDAX AMETEK



Selected Area 1

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 36.6 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 0.24 | Resolution:(eV)178.7 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 41.81 | 62.66 | 105.12 | 12.42 | 0.0616 | 1.0807 | 0.1364 | 1.0000 |
| NaK | 0.34 | 0.35 | 1.80 | 93.73 | 0.0010 | 0.9841 | 0.2985 | 1.0013 |
| AlK | 2.56 | 2.27 | 31.68 | 15.00 | 0.0142 | 0.9651 | 0.5727 | 1.0041 |
| SiK | 9.68 | 8.27 | 147.47 | 7.20 | 0.0656 | 0.9868 | 0.6829 | 1.0049 |
| S K | 1.61 | 1.20 | 21.89 | 20.93 | 0.0126 | 0.9673 | 0.7992 | 1.0125 |
| K K | 1.16 | 0.71 | 13.59 | 27.17 | 0.0105 | 0.9167 | 0.9457 | 1.0441 |
| CaK | 38.09 | 22.79 | 374.97 | 2.84 | 0.3449 | 0.9338 | 0.9649 | 1.0047 |
| ZnK | 4.76 | 1.75 | 14.16 | 14.95 | 0.0403 | 0.7970 | 0.9943 | 1.0682 |

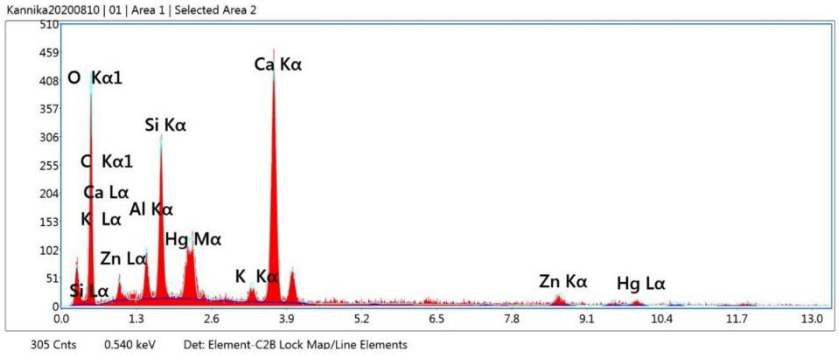
EDAX APEX

EDAX AMETEK



Selected Area 2

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 5.73 | 11.21 | 18.01 | 16.86 | 0.0175 | 1.1481 | 0.2667 | 1.0000 |
| O K | 42.06 | 61.80 | 146.64 | 11.46 | 0.0766 | 1.1028 | 0.1652 | 1.0000 |
| Al K | 2.81 | 2.44 | 39.75 | 11.00 | 0.0159 | 0.9870 | 0.5718 | 1.0017 |
| Si K | 7.62 | 6.38 | 131.42 | 7.02 | 0.0521 | 1.0095 | 0.6757 | 1.0024 |
| K K | 1.51 | 0.91 | 18.70 | 18.79 | 0.0128 | 0.9395 | 0.8821 | 1.0233 |
| Ca K | 24.54 | 14.39 | 263.37 | 3.88 | 0.2158 | 0.9573 | 0.9095 | 1.0105 |
| Zn K | 4.23 | 1.52 | 15.86 | 15.17 | 0.0403 | 0.8203 | 0.9939 | 1.1666 |
| Hg L | 11.51 | 1.35 | 8.84 | 34.09 | 0.0673 | 0.5672 | 1.0341 | 0.9981 |

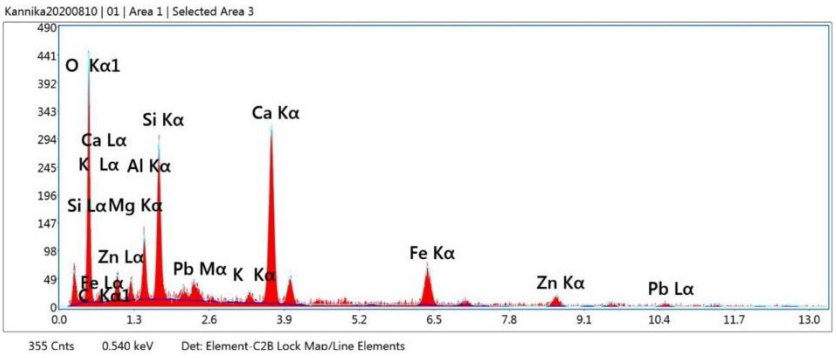
มหาวิทยาลัยศิลปากร

EDAX APEX



Selected Area 3

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 6.96 | 13.03 | 17.41 | 17.71 | 0.0181 | 1.1295 | 0.2306 | 1.0000 |
| O K | 41.29 | 58.08 | 156.55 | 11.31 | 0.0875 | 1.0841 | 0.1955 | 1.0000 |
| MgK | 1.58 | 1.46 | 14.75 | 19.66 | 0.0063 | 1.0051 | 0.3987 | 1.0012 |
| AlK | 4.11 | 3.43 | 49.83 | 10.75 | 0.0213 | 0.9686 | 0.5332 | 1.0020 |
| SiK | 8.64 | 6.93 | 128.42 | 7.48 | 0.0544 | 0.9905 | 0.6341 | 1.0025 |
| PbM | 2.89 | 0.31 | 17.64 | 23.12 | 0.0245 | 0.6398 | 1.1896 | 1.1144 |
| K K | 0.93 | 0.54 | 10.88 | 25.76 | 0.0080 | 0.9206 | 0.9217 | 1.0106 |
| CaK | 18.95 | 10.64 | 192.53 | 3.91 | 0.1688 | 0.9378 | 0.9460 | 1.0039 |
| FeK | 9.15 | 3.69 | 50.98 | 7.78 | 0.0770 | 0.8382 | 0.9840 | 1.0201 |
| ZnK | 5.52 | 1.90 | 16.74 | 12.13 | 0.0455 | 0.8013 | 0.9936 | 1.0348 |

มหาวิทยาลัยศิลปากร

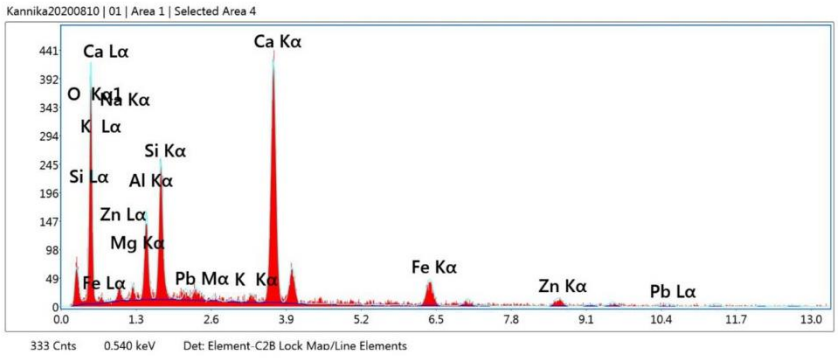
EDAX APEX

EDAX AMETEK



Selected Area 4

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 44.80 | 66.17 | 142.99 | 11.26 | 0.0875 | 1.0865 | 0.1796 | 1.0000 |
| NaK | 0.10 | 0.11 | 0.51 | 99.99 | 0.0003 | 0.9896 | 0.2826 | 1.0008 |
| MgK | 1.27 | 1.24 | 11.10 | 22.90 | 0.0052 | 1.0072 | 0.4057 | 1.0016 |
| AlK | 5.73 | 5.02 | 64.97 | 9.46 | 0.0303 | 0.9706 | 0.5437 | 1.0024 |
| SiK | 8.04 | 6.76 | 109.00 | 7.99 | 0.0506 | 0.9925 | 0.6317 | 1.0031 |
| PbM | 1.78 | 0.20 | 10.53 | 32.27 | 0.0160 | 0.6410 | 1.1952 | 1.1717 |
| K K | 0.75 | 0.45 | 8.11 | 32.34 | 0.0065 | 0.9223 | 0.9301 | 1.0178 |
| CaK | 26.68 | 15.73 | 250.34 | 3.44 | 0.2402 | 0.9395 | 0.9539 | 1.0044 |
| FeK | 6.56 | 2.78 | 33.37 | 8.78 | 0.0552 | 0.8395 | 0.9771 | 1.0245 |
| ZnK | 4.28 | 1.55 | 12.00 | 14.49 | 0.0357 | 0.8024 | 0.9930 | 1.0451 |

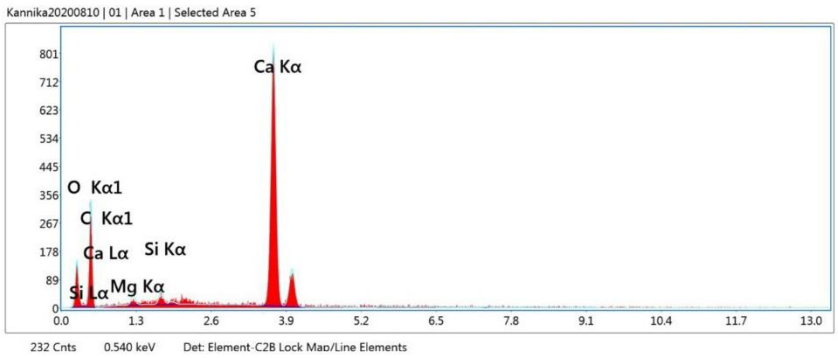
EDAX APEX

EDAX AMETEK



Selected Area 5

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

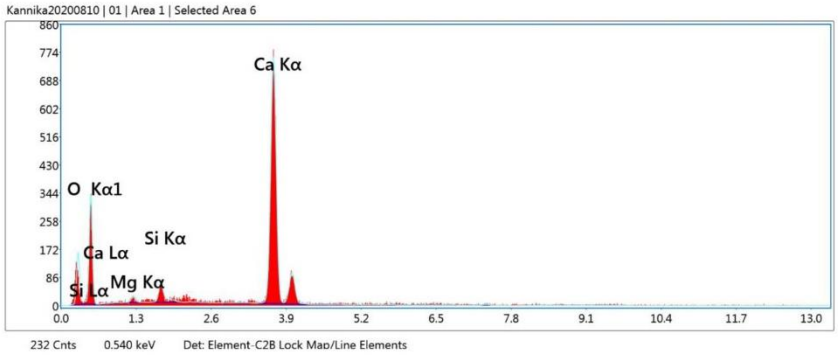
| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 7.62 | 13.46 | 35.77 | 12.13 | 0.0354 | 1.1023 | 0.4223 | 1.0000 |
| O K | 46.46 | 61.64 | 114.29 | 12.05 | 0.0608 | 1.0571 | 0.1239 | 1.0000 |
| MgK | 1.06 | 0.93 | 11.19 | 20.29 | 0.0046 | 0.9789 | 0.4396 | 1.0024 |
| SiK | 0.99 | 0.75 | 17.12 | 16.42 | 0.0069 | 0.9642 | 0.7175 | 1.0072 |
| CaK | 43.87 | 23.23 | 483.52 | 2.35 | 0.4035 | 0.9117 | 1.0062 | 1.0029 |

## EDAX APEX



### Selected Area 6

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

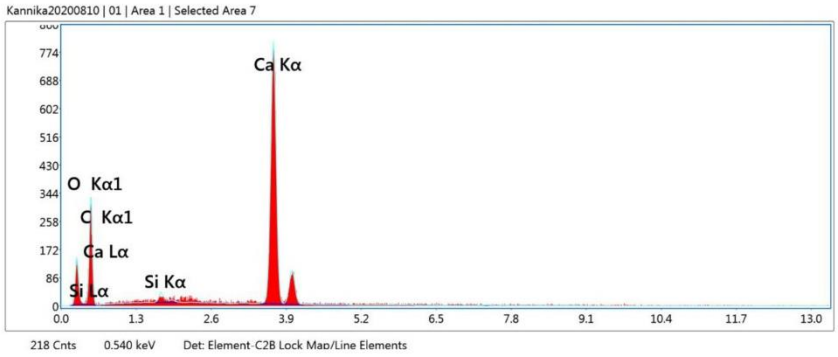
| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 51.00 | 71.73 | 114.56 | 12.29 | 0.0699 | 1.0657 | 0.1285 | 1.0000 |
| MgK | 0.87 | 0.81 | 7.87 | 25.76 | 0.0037 | 0.9872 | 0.4270 | 1.0024 |
| SiK | 1.81 | 1.45 | 27.03 | 13.52 | 0.0125 | 0.9725 | 0.7068 | 1.0070 |
| CaK | 46.33 | 26.01 | 447.48 | 2.44 | 0.4282 | 0.9198 | 1.0018 | 1.0027 |

## EDAX APEX



### Selected Area 7

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 7.59 | 13.38 | 35.57 | 11.86 | 0.0367 | 1.1018 | 0.4387 | 1.0000 |
| O K | 47.33 | 62.63 | 111.43 | 12.35 | 0.0617 | 1.0566 | 0.1234 | 1.0000 |
| SiK | 0.78 | 0.59 | 13.03 | 17.95 | 0.0055 | 0.9637 | 0.7228 | 1.0073 |
| CaK | 44.30 | 23.40 | 469.81 | 2.37 | 0.4079 | 0.9113 | 1.0079 | 1.0029 |

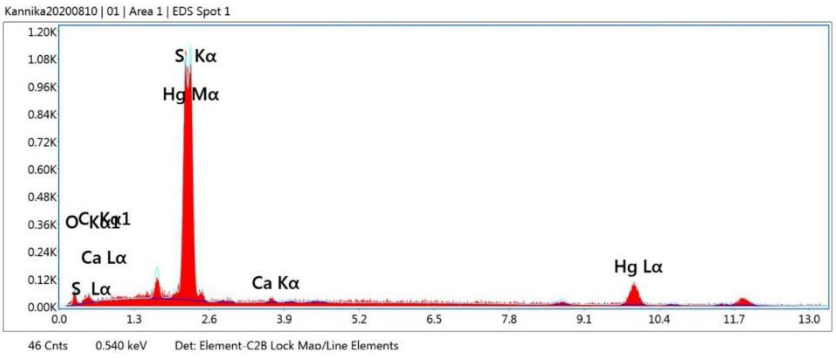
EDAX APEX

EDAX AMETEK



EDS Spot 1

| kV: 20 | Mag:955 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 6.81 | 38.96 | 21.47 | 17.66 | 0.0186 | 1.5395 | 0.1779 | 1.0000 |
| O K | 1.34 | 5.78 | 6.44 | 55.01 | 0.0030 | 1.4759 | 0.1514 | 1.0000 |
| S K | 12.22 | 26.21 | 247.49 | 6.64 | 0.1132 | 1.3350 | 0.6906 | 1.0040 |
| CaK | 1.29 | 2.21 | 14.28 | 36.67 | 0.0104 | 1.3004 | 0.6112 | 1.0214 |
| HgL | 78.34 | 26.85 | 98.29 | 12.88 | 0.6684 | 0.8434 | 1.0116 | 1.0000 |

2. Area 2

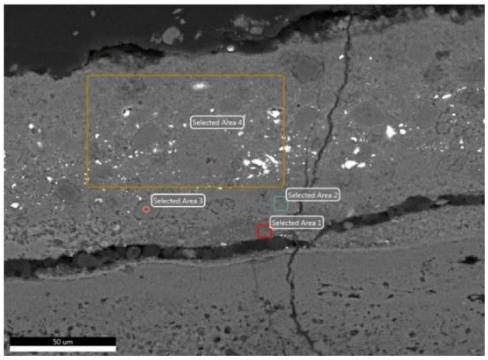
EDAX APEX

Page1

Kannika20200810

Author: Apex User
Creation: 08/10/2020 9:48:56 AM
Sample Name: 01

**Area 2**

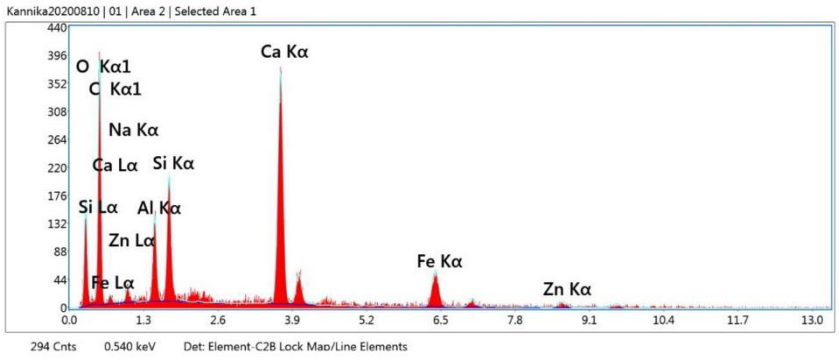



EDAX APEX

Page2

Selected Area 1

| kV: 20 | Mag:1210 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 15.61 | 25.94 | 44.59 | 12.71 | 0.0472 | 1.1001 | 0.2749 | 1.0000 |
| O K | 41.70 | 52.03 | 133.26 | 11.72 | 0.0757 | 1.0547 | 0.1721 | 1.0000 |
| NaK | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 99.99 | 0.0000 | 0.9597 | 0.2917 | 1.0011 |
| AlK | 4.62 | 3.42 | 58.26 | 9.61 | 0.0253 | 0.9408 | 0.5798 | 1.0032 |
| SiK | 5.95 | 4.23 | 89.67 | 7.73 | 0.0386 | 0.9618 | 0.6724 | 1.0041 |
| CaK | 21.62 | 10.77 | 219.67 | 3.48 | 0.1956 | 0.9095 | 0.9832 | 1.0123 |
| FeK | 7.83 | 2.80 | 42.59 | 8.04 | 0.0653 | 0.8119 | 0.9899 | 1.0381 |
| ZnK | 2.68 | 0.82 | 8.03 | 19.69 | 0.0221 | 0.7752 | 0.9974 | 1.0704 |

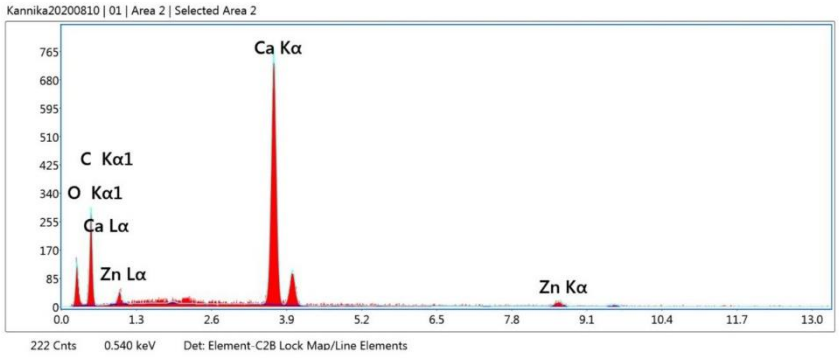
EDAX APEX

EDAX AMETEK

*Page3*

## Selected Area 2

kV: 20 | Mag:1210 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.19 | 14.97 | 35.03 | 12.17 | 0.0370 | 1.1121 | 0.4065 | 1.0000 |
| O K | 43.44 | 59.58 | 100.41 | 12.46 | 0.0570 | 1.0669 | 0.1229 | 1.0000 |
| CaK | 43.53 | 23.83 | 453.38 | 2.34 | 0.4036 | 0.9215 | 1.0015 | 1.0044 |
| ZnK | 4.84 | 1.62 | 14.62 | 14.68 | 0.0403 | 0.7863 | 0.9947 | 1.0644 |

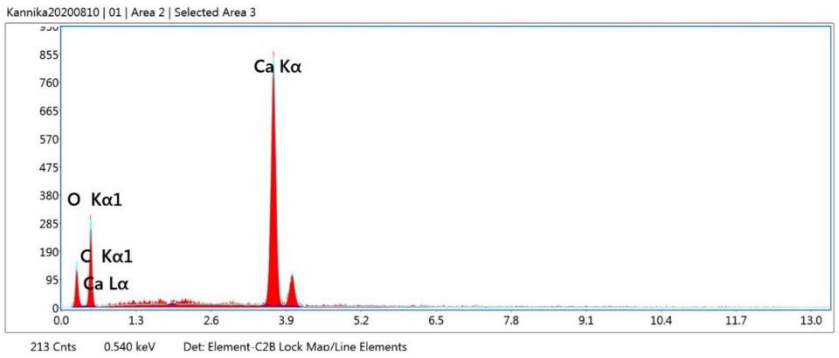
EDAX APEX

EDAX AMETEK

*Page4*

## Selected Area 3

kV: 20 | Mag:1210 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5




**Smart Quant Results**

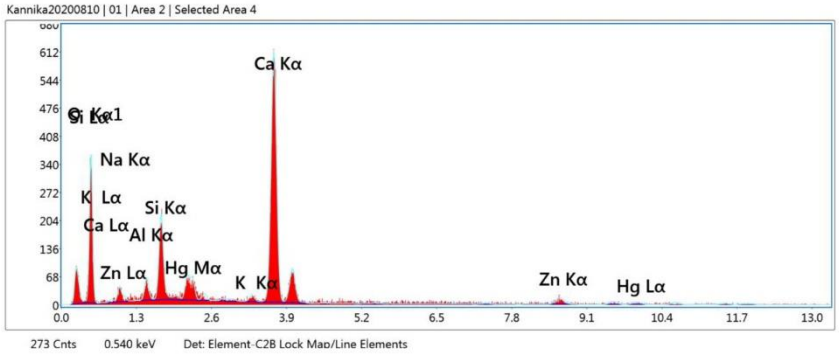
| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.30 | 14.81 | 40.23 | 10.94 | 0.0421 | 1.1042 | 0.4596 | 1.0000 |
| O K | 44.96 | 60.21 | 99.28 | 12.56 | 0.0558 | 1.0590 | 0.1173 | 1.0000 |
| CaK | 46.74 | 24.98 | 490.18 | 2.37 | 0.4321 | 0.9137 | 1.0095 | 1.0026 |

EDAX APEX



Selected Area 4

| kV: 20 | Mag:1210 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 43.80 | 68.06 | 122.80 | 12.11 | 0.0700 | 1.1036 | 0.1447 | 1.0000 |
| NaK | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 99.99 | 0.0000 | 1.0062 | 0.2888 | 1.0006 |
| AlK | 1.83 | 1.68 | 23.30 | 13.85 | 0.0101 | 0.9875 | 0.5606 | 1.0021 |
| SiK | 5.78 | 5.11 | 91.46 | 7.88 | 0.0395 | 1.0100 | 0.6753 | 1.0031 |
| K K | 0.72 | 0.46 | 8.44 | 29.36 | 0.0063 | 0.9397 | 0.9074 | 1.0301 |
| CaK | 35.91 | 22.28 | 362.06 | 3.27 | 0.3235 | 0.9574 | 0.9338 | 1.0075 |
| ZnK | 3.60 | 1.37 | 11.99 | 18.15 | 0.0332 | 0.8200 | 0.9911 | 1.1338 |
| HgL | 8.35 | 1.04 | 5.87 | 42.33 | 0.0488 | 0.5668 | 1.0332 | 0.9971 |

3. Area 3

EDAX APEX

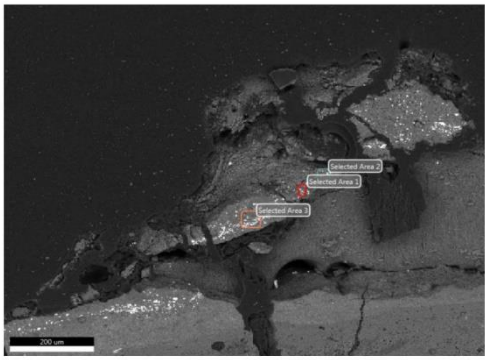
EDAX AMETEK

Page1

Kannika20200810

Author: Apex User
Creation: 08/10/2020 10:00:42 AM
Sample Name: 01

**Area 3**



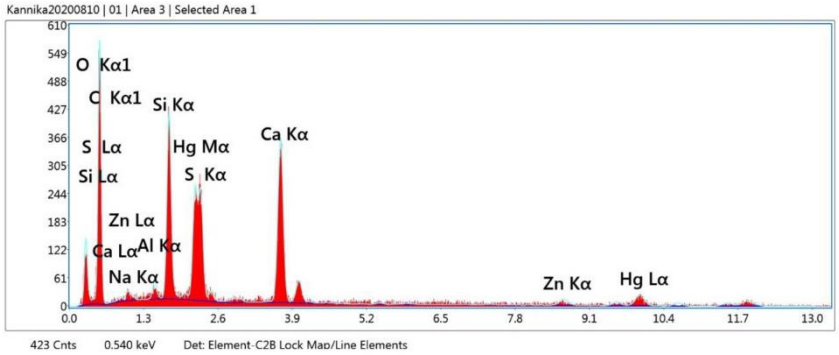

EDAX APEX

EDAX AMETEK

Page2

Selected Area 1

| kV: 20 | Mag:240 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

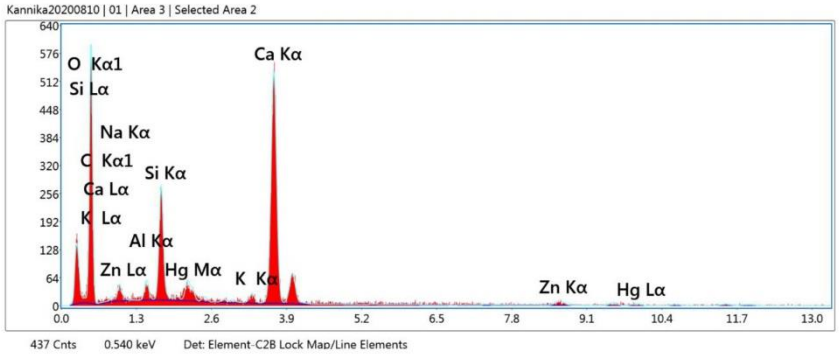
| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.95 | 18.20 | 35.73 | 13.81 | 0.0265 | 1.1802 | 0.2512 | 1.0000 |
| O K | 38.76 | 59.18 | 202.42 | 11.05 | 0.0807 | 1.1349 | 0.1834 | 1.0000 |
| NaK | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 99.99 | 0.0000 | 1.0362 | 0.3142 | 1.0002 |
| AlK | 0.86 | 0.78 | 16.90 | 17.42 | 0.0051 | 1.0179 | 0.5847 | 1.0013 |
| SiK | 7.66 | 6.66 | 184.89 | 6.31 | 0.0558 | 1.0416 | 0.6987 | 1.0019 |
| S K | 2.57 | 1.96 | 52.63 | 11.98 | 0.0206 | 1.0225 | 0.7779 | 1.0051 |
| CaK | 15.97 | 9.73 | 219.04 | 4.98 | 0.1368 | 0.9899 | 0.8525 | 1.0153 |
| ZnK | 1.64 | 0.61 | 9.21 | 26.06 | 0.0178 | 0.8523 | 0.9905 | 1.2883 |
| HgL | 23.58 | 2.87 | 24.81 | 20.18 | 0.1441 | 0.5916 | 1.0332 | 1.0001 |

EDAX APEX



## Selected Area 2

| kV: 20 | Mag:240 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

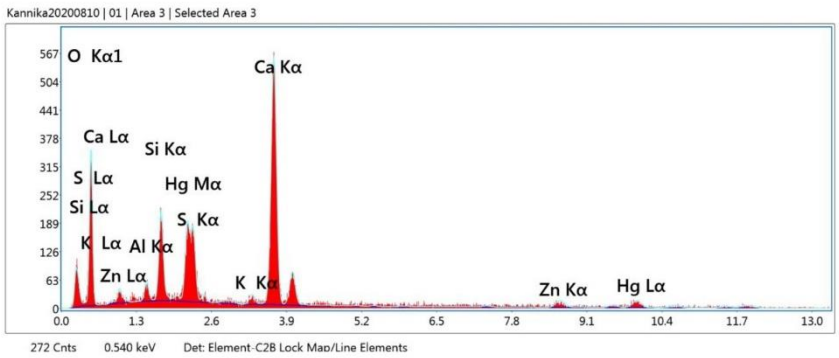
| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.76 | 15.02 | 36.80 | 13.27 | 0.0307 | 1.1094 | 0.3158 | 1.0000 |
| O K | 50.72 | 65.28 | 205.63 | 11.04 | 0.0920 | 1.0643 | 0.1704 | 1.0000 |
| NaK | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 99.99 | 0.0000 | 0.9690 | 0.2990 | 1.0006 |
| AlK | 1.18 | 0.90 | 19.48 | 15.55 | 0.0066 | 0.9503 | 0.5894 | 1.0024 |
| SiK | 5.75 | 4.22 | 117.28 | 7.32 | 0.0398 | 0.9717 | 0.7089 | 1.0033 |
| K K | 0.79 | 0.42 | 11.72 | 23.27 | 0.0069 | 0.9028 | 0.9359 | 1.0309 |
| CaK | 25.23 | 12.96 | 319.34 | 3.20 | 0.2239 | 0.9196 | 0.9569 | 1.0087 |
| ZnK | 1.95 | 0.61 | 8.13 | 21.10 | 0.0177 | 0.7850 | 0.9990 | 1.1536 |
| HgL | 5.61 | 0.58 | 4.84 | 36.32 | 0.0315 | 0.5410 | 1.0379 | 1.0012 |

EDAX APEX



## Selected Area 3

| kV: 20 | Mag:240 | Takeoff: 35 | Live Time(s): 20 | Amp Time(µs): 3.84 | Resolution:(eV)132.5 |
|---|---|---|---|---|---|




**Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 37.48 | 65.36 | 118.21 | 12.21 | 0.0632 | 1.1466 | 0.1469 | 1.0000 |
| AlK | 1.35 | 1.40 | 19.04 | 17.33 | 0.0078 | 1.0283 | 0.5582 | 1.0015 |
| SiK | 4.97 | 4.94 | 87.10 | 8.28 | 0.0353 | 1.0522 | 0.6724 | 1.0024 |
| S K | 2.26 | 1.97 | 35.43 | 14.05 | 0.0186 | 1.0328 | 0.7888 | 1.0063 |
| K K | 1.01 | 0.72 | 12.07 | 24.74 | 0.0085 | 0.9808 | 0.8369 | 1.0223 |
| CaK | 31.30 | 21.79 | 329.78 | 4.00 | 0.2761 | 0.9997 | 0.8731 | 1.0105 |
| ZnK | 2.86 | 1.22 | 11.23 | 23.09 | 0.0291 | 0.8606 | 0.9856 | 1.2007 |
| HgL | 18.76 | 2.61 | 14.80 | 29.72 | 0.1153 | 0.5975 | 1.0304 | 0.9976 |

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ-สกุล** นางสาวกรรณิการ์ สธีรัตนาภิรมย์

**วุฒิการศึกษา** ศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี)

ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม)

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (โบราณคดีประวัติศาสตร์)

**ที่อยู่ปัจจุบัน** 99/120 ถนนเพชรเกษม 48 แยก 20

ซอยเพชรเกษม 48 บางด้วน

ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

มหาวิทยาลัยศิลปากร