Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021

ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

JARST Journal of Applied Research on Science and Technology
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน

Study of Heat Transfer Throughout the Inverse Temperature Phenomena

นวพล ไตรพันธ์วณิช สมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย และ ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช*

Navaphon Traiphunvanich, Somsak Vongpradubchai and Phadungsak Rattanadecho*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12110

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University (Rangsit Campus), Pathumthani 12120, THAILAND

*Corresponding author e-mail: ratphadu@engr.tu.ac.th

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 26 March, 2020

Revised: 24 May, 2021

Accepted: 15 June, 2021

Available online: 00 September, 2021

DOI: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Keywords: heat transfer, the temperature inversion phenomenon, concentration diffusion

ABSTRACT

This research aimed to study the behavior of heat transfer. And heat in the inverse temperature phenomenon in which the problem of pollution and there are various toxins mixed in the air that are created by humans and nature. Because humans need to breathe. And unable to separate toxins from the air Thus making the process of breathing automatically bring toxins into the body Therefore, this research is to study computer simulations to study heat transfer. And heat during inverse temperature phenomena. To study and explain the models, behavior, diffusion, concentration of toxic substances that are affected by variables in the equation such as temperature, convection temperature. Flow velocity and the concentration of toxic substances. By using a model and analyzed with four basic equations: 1. Equation of continuity 2. Momentum equation 3. Energy conservation equation 4. Diffusion equation of substance concentration Using a computer program numerical solution based on finite element methodology. From the study, it is found that the air temperature in high altitude areas. This is an important variable indicating the effect of toxic substance concentration distribution. Therefore, the

ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

concentration of toxic substances in the second case and the second case is the second level. In this study, the results showed that the concentrations of toxic substances were lower, so new fish were more likely to be contaminated. The results of this study can explain the two phenomena. Case study of inversion of 1 layer by temperature, the results show that the accumulation of sulfur dioxide is less than two opposite temperatures.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน โดยในปัญหาการเกิดมลพิษ และมีสารพิษต่างผสมปนอยู่ในอากาศที่มาจากมนุษย์ และธรรมชาติ ในกระบวนการหายใจของมนุษย์นำสารพิษเข้าสู่ร่างกายโดยอัตโนมัติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนระหว่างปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน เพื่อต้องการศึกษาและอธิบายในรูปแบบพฤติกรรมการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารพิษที่มีผลกระทบมาจากตัวแปร ในสมการ เช่น อุณหภูมิ อุณหภูมิของการพาความร้อน ความเร็วของการไหล และปริมาณความเข้มข้นของสารพิษ โดยการใช้แบบจำลอง และวิเคราะห์ด้วยสมการพื้นฐาน 1. สมการความต่อเนื่อง 2. สมการโมเมนตัม 3. สมการอนุรักษ์พลังงาน 4. สมการการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสาร โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากการที่ศึกษาพบว่า อุณหภูมิของอากาศที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ เป็นตัวแปรสำคัญที่บอกถึงผลกระทบต่อการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารพิษ กรณีที่ 1) อุณหภูมิผกผัน 1 ชั้น ส่งผลให้ความเข้มข้นในระบบของสารระบายสารพิษได้ดีกว่าในกรณีที่ 2 และถ้าในกรณีที่ 2) อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้น มีจำนวนชั้นผกผัน 2 ชั้น ส่งผลให้ความเข้มข้นในระบบของสารระบายสารพิษได้น้อยกว่า ดังนั้นสารพิษจึงถูกสะสมในแบบจำลองมากกว่า จากผลของการศึกษาสามารถนำมาอธิบายสาเหตุปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่เกิดขึ้นได้ทั้ง 2 กรณีโดยการเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 1 ชั้น มีจำนวนชั้นผกผัน 1 ชั้นทำให้มีการสะสมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยกว่าในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้น

คำสำคัญ: การถ่ายเทความร้อน ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน การแพร่กระจายความเข้มข้น

บทนำ

ตั้งแต่อดีตมาถึงปัจจุบันปัญหาสภาพแวดล้อมเป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยปัญหาทางมลพิษทางอากาศเป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์หรือเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หากพูดถึงการกระทำของมนุษย์สามารถสร้างมลพิษทางอากาศได้มาจากการใช้เครื่องยนต์ที่มีการสันดาปต่าง ๆ ที่เกิดการเผาไหม้ โดยจะปล่อยสารคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน สารตะกั่วในน้ำมัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งสารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของ PM2.5 และมีผลกระทบต่อมนุษย์ ในส่วนของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ นั้นก็สามารถสร้างมลพิษทางอากาศและเป็นตัวการกักเก็บฝุ่นละอองหรือมลพิษ และยังมีที่มาจากเกิดการกักเก็บฝุ่นละอองหรือมลพิษสามารถแบ่งเป็น 4 แบบ ได้ดังนี้ 1. การผกผันของการแผ่รังสีในช่วงเช้า กลางวัน กลางคืน (Nighttime or Radiation Inversion) 2. การผกผันของอากาศที่อบอุ่นกับอากาศเย็นมาเจอกัน (Frontal Inversion) 3. การผกผันที่เกิดจากความชื่นในอากาศบริเวณติดกับทะเล (Marine Inversion) 4. การผกผันแบบมีการยุบตัว (Subsidence Inversion) ดังนั้นเราจึงตระหนักถึงปัญหามลพิษทาง

Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

อากาศที่เกิดจากการผกผันของอุณภูมิทั้ง 4 แบบ โดยทั้ง 4 แบบมีผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ทั้งในกรณีที่บุคคลนั้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เกิดปรากฏการณ์และที่มลพิษถูกปล่อยออกมา อาจจะทำให้บุคคลได้รับมลพิษเข้าไปในร่างกายทั้งในปริมาณมากและน้อย ในระยะสั้นจะมีอาการเช่น วิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย และในระยะยาวจะทำให้เป็นโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด โรคติดเชื้อทางอากาศ โรคมะเร็งปอด ไม่ว่าจะในกรณีใดก็สามารถส่งผลเสียต่อร่างกายของเราโดยตรง และมันจะยิ่งแย่หนักขึ้นไปอีกถ้าในกรณีที่มลพิษถูกปล่อยออกมาในปริมาณมากในสภาพแวดล้อมที่เกิดปรากฏการอุณหภูมิผกผันที่มีการระบายอากาศไม่ดีหรือสภาพแวดล้อมแบบไม่มีการถ่ายเท (ระบบปิด) เช่น การปล่อยสารพิษจากยานยนต์ และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่สร้างมลพิษในช่วงที่อากาศไม่ถ่ายเท การแพร่กระจายของสารพิษที่ปกคลุมในภูมิประเทศต่าง ๆ ทั้งหมดนี้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายและเสี่ยงต่อการเป็นโรคมากขึ้น ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของมลพิษ ปริมาณเข้มข้นของมลพิษ และการหาวิธีการจัดการลดมลพิษจึงมีความสำคัญที่จะศึกษารวมไปถึงสามารถช่วยลดปัญหาทางมลพิษทางอากาศ การวิเคราะห์ปัญหามลพิษทางอากาศจากตัวแปรที่มีผลต่อการแพร่กระจายความเข้มข้นของมลพิษ เช่น สัมประสิทธิ์การกระจายตัวของสาร (ค่าคงที่) อุณหภูมิการไหล อุณหภูมิของการพาความร้อน ความเร็วของการไหล ทิศทางการไหล และปริมาณความเข้มข้นของสารพิษ

ในวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเกิดปรากฏการอุณหภูมิผกผันที่เราพิจารณาของไหล เช่น การศึกษาผลกระทบของการเกิดปรากฏการอุณหภูมิผกผันโดยการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2011-2016 ในประเทศจีนเพื่อนำวิเคราะห์ ผลและเปรียบเทียบผลของข้อมูล และได้มีการศึกษาการประเมินระดับความเข้มข้นของ PM2.5 โดยใช้ค่าความลึกของละอองลอย (AOD) และตัวแปรต่าง ๆ ในปรากฏการอุณหภูมิผกผัน ทั้งหมดนี้มีส่วนเกี่ยวข้องของอิทธิพลจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นการแพร่กระจายของสารแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ในช่วงฤดูหนาวที่เกิดปรากฏการอุณหภูมิผกผันได้มีการวัดอนุภาคตามพื้นดินและทางอากาศ เนื่องจากประสิทธิภาพความเข้มข้นของจำนวนอนุภาคลดลงอย่างช้า นั้นหมายถึงมีสารพิษปนเปื้อนอยู่ในอากาศมากกว่าฤดูอื่น ๆ และการไหลของอากาศที่ปนเปื้อนในชั้นโทรโพสเฟียร์ ที่มีความสูงประมาณ 8-15 กิโลเมตร จากพื้นผิวโลกมีการตรวจพบอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงตลอดทั้งชั้น และนอกจากนั้นได้มีการศึกษาคุณสมบัติทางสถิติของการแพร่กระจายของ PM2.5 ในชั้นโทรโพสเฟียร์ โดยผลการศึกษาพบว่ามีการผกผันของอุณหภูมิในชั้นโทรโพสเฟียร์ มักจะเกิดบ่อยครั้งและมีการแพร่กระจายของ PM2.5 อยู่ในชั้นโทรโพสเฟียร์ การศึกษาการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารพิษในแบบจำลอง มีการศึกษาถึงการเชื่อมโยงระหว่างความเข้มข้นของควันในระดับพื้นดินและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยอิทธิพลของทิศทางการไหลของอากาศและสารพิษปนเปื้อน ทั้งหมดนี้ทำโดยใช้หลักการพยากรณ์ เทคนิคนี้ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินโดยใช้ความสำคัญสัมพันธ์ของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ ในปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการแพร่กระจายความเข้มข้นของ PM2.5 จะสามารถลดได้เร็วหรือช้า นั้นขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหล และสิ่งกีดขวางที่ของไหลเคลื่อนที่ผ่าน โดยสิ่งปนเปื้อนหรือ PM2.5 มีปริมาณลดลง นั้นหมายความว่าความเร็วในการไหล ไหลได้เร็วสิ่งปนเปื้อนลดลง และสามารถระบายอากาศดี ดังนั้นส่งผลให้ความเข้มข้นที่สะสมอยู่เปลี่ยนแปลงโดยภายในแบบจำลองมีความเข้มข้นลดลงได้มาก โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาการแพร่กระจายความเข้มข้นของ PM2.5 ด้วยการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์สาเหตุการแพร่กระจายความเข้มข้นของมลพิษในปรากฏการอุณหภูมิผกผัน และผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ แล้วนำผลที่ได้มาช่วยในการพิจารณถึงสาเหตุในการลดปริมาณความเข้มข้นของ PM2.5 ในอากาศรวมถึงการคาดการณ์สถานการณ์ล่วงหน้า ดังนั้นสิ่งที่จะสามารถอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ของการแพร่กระจายของ PM2.5 มีหลายรูปแบบ การอธิบายตัวแปรในแบบจำลองและการอธิบายตามทฤษฎีของไหล เช่น ความเร็วตาม

ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

แนวแกน x และแกน y ตำแหน่งและทิศทางการไหลของอากาศ รูปร่างลักษณะการของแบบจำลอง อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เช่น การจำลองเชิงตัวเลขของการทดลองในอุโมงค์ลมได้ดำเนินการโดยใช้เปรียบเทียบข้อมูลการจำลองเชิงตัวเลขกับผลการทดลองในอุโมงค์ลม แต่ในกรณีการพิจารณาและศึกษาผลของอุณหภูมิผกผันนั้น ในปัจจุบันยังมีคนศึกษาอยู่จำนวนไม่มากนัก และส่วนใหญ่มีแต่การศึกษาในลักษณะเก็บข้อมูลของการเกิดปรากฏการอุณหภูมิผกผัน และวิเคราะห์ผล แต่การศึกษาการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารพิษที่มาจากอิทธิพลการพาความร้อนแบบธรรมชาติยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นผมจึงทำการศึกษาการพาความร้อนแบบธรรมชาติในปรากฏการอุณหภูมิผกผัน ด้วยการคำนวณบนพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์ และการวิเคราะห์เชิงตัวเลขในวิธีที่แตกต่างกัน การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิผกผันในกรณีมีการพาความร้อนโดยมีลักษณะการแพร่กระจายความเข้มข้นของ PM2.5 ในการจำลองทางคอมพิวเตอร์บนพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม (Finite volume method) โดยไฟไนต์วอลุมสามารถลดรูปของสมการอนุพันธ์ย่อยได้เป็นพิชคณิตอย่างง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยการแพร่กระจายความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ และฝุ่นละออง ในเงื่อนไขขอบเขต ของการพาความร้อนภายในอากาศ ที่สำคัญได้แก่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสมการที่เกี่ยวข้อง ของการไหล การถ่ายเทความร้อนในของไหล และการแพร่กระจายความเข้มข้นของสาร ดังนี้

การเขียนสมการ

สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) เมื่อพิจารณาการไหลของไหลเป็นแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible fluid) และการเปลี่ยนแปลงของไหลขึ้นอยู่กับเวลา (Unsteady state) จึงทำให้มีพจน์ของการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเวลา และความหนาแน่นของไหลคงที่

$$\rho\frac{\partial u}{\partial x}+\rho\frac{\partial v}{\partial y}=0 \quad (1)$$

โดยที่

ρ ความหนาแน่นของของไหล $[kg/m^3]$
u ความเร็วในแกน x $[m/s]$
v ความเร็วในแกน y $[m/s]$

สมการโมเมนตัม (Momentum Equation) กฎข้อที่ 2 ของนิวตันโดยการเปลี่ยนตัวแปร แรงเท่ากับมวลคูณความเร่ง เป็นสมการโมเมนตัม จะพิจารณาว่าการไหลเข้าของมวลเท่ากับการไหลออกของมวล และในส่วนที่มีแรงมากระทำ มีแรงที่กระทำบนพื้นผิวของไหล แรงที่เกิดจากความดัน (Pressure) แรงที่ความเค้นเฉือนเนื่องมาจากค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของไหล (Shear stress) และแรงที่กระทำทั่วทั้งก้อนของไหล (Body force) เช่น แรงโน้มถ่วง (F = mg) สมการโมเมนตัมใน 2 มิติ ในแกน x และแกน y

$$\mu\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-\frac{\partial p}{\partial x}+\rho g_x=\rho\left[\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right] \quad (2)$$

$$\mu\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}-\frac{\partial p}{\partial y}+\rho g_y=\rho\left[\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}\right] \quad (3)$$

โดยที่

ρ ความหนาแน่นของของไหล $[kg/m^3]$
u ความเร็วในแกน x $[m/s]$
v ความเร็วในแกน y $[m/s]$
μ ความหนืดของของไหล $[Pa\cdot s]$
P ความดัน $[Pa]$
g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก $[m/s^2]$
t เวลา $[s]$

สมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Equation) สมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Equation) สมดุลทางพลังงานคือ พลังงานที่เข้าสู่ระบบลบพลังงานที่ออกจากระบบ หรือเรียกได้อีกอย่างว่าผลต่างของพลังงานจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงทางพลังงาน

Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + Q \quad (4)$$

โดยที่

ρ ความหนาแน่นของของไหล $[kg/m^3]$
u ความเร็วในแกน x $[m/s]$
v ความเร็วในแกน y $[m/s]$
C_p ความจุความร้อนจำเพาะ $[J/kg \cdot K]$
T อุณหภูมิ $[K]$
t เวลา $[s]$
k ค่าการนำความร้อน $[W/m \cdot C]$
Q การสร้างความร้อนภายในระบบ $[W/m^3]$

สมการการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสาร (Diffusion of Concentration) ในอากาศและฝุ่นละอองเกิดจากความเข้มข้นของสารระหว่างสองบริเวณมีค่าต่างกันในปริมาณมาก จะทำให้การแพร่จะเกิดขึ้นเร็ว โดยสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงจะแพร่ไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ ในกรณีที่อุณหภูมิสูง การแพร่ของสารจะจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว เพราะอนุภาคของสารมีพลังงานจลน์สูง โดยสมมุติฐานให้

- ค่าความเข้มข้นของสาร $1x10^{10}\left[mol/m^3\right]$
- สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเข้มข้นของสาร $1x10^{1}\left[m^2/s\right]$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_{yy} \frac{\partial C}{\partial y} \right) + S \quad (5)$$

โดยที่

C คือค่าความเข้มข้นของสารใด ๆ $\left[mol/m^3\right]$
u, v คือความเร็วของของไหลในแกน x, y ตามลำดับ $[m/s]$
t เวลา $[s]$
D คือสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเข้มข้นของสาร $\left[m^2/s\right]$
S คือความเข้มข้นของสารที่ถูกปล่อยหรือเติมเพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง $\left[mol/m^3\right]$

การออกแบบและสร้างแบบ

กรณีที่ 1 อุณหภูมิกับความสูงในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน (Temperature inversion) ขณะที่เกิดชั้นความร้อน 1 ชั้นการเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 1 ชั้นนั้นเกิดจากกราฟในรูปมีลักษณะเป็นฝาชี 1 ชั้นซ้อนกันอยู่โดยมีอุณหภูมิ 303.15, 280.65, 285.65, 273.15 [K] ณ ตำแหน่งความสูงที่ 0, 3000, 3500, 5100 [m] ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิกับความสูง ความสูงเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิลดลง นอกจากนั้นมีช่วงที่ ความสูงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามกัน ทำให้เกิดเป็นปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันดังในรูปที่ 1

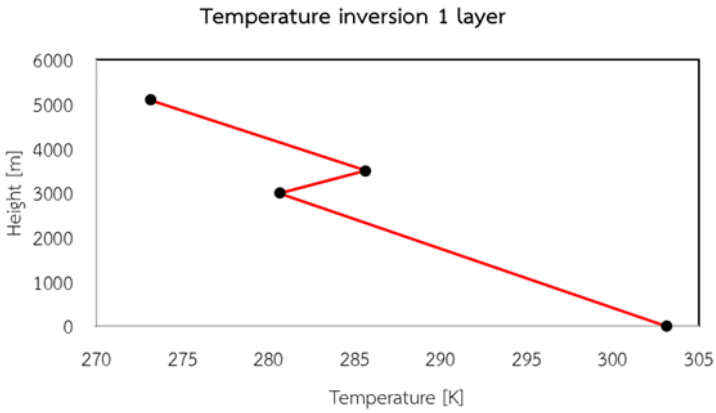
กรณีที่ 2 อุณหภูมิกับความสูงในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน (Temperature inversion) ขณะที่เกิดชั้นความร้อน 2 ชั้น

การเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้นนั้นเกิดจากกราฟในรูปมีลักษณะเป็นฝาชี 2 ชั้นซ้อนกันอยู่ โดยมีอุณหภูมิ 303.15, 291.15, 297.15, 280.65, 285.65, 273.15 [K] ณ ตำแหน่งความสูงที่ 0, 500, 600, 3000, 3500, 5100 [m] ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิกับความสูง ความสูงเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิลดลงและเพิ่มขึ้น ณ ตำแหน่งความสูงที่ 500 - 600 [m] และความสูง 3000 – 3500 [m] เป็นช่วงที่เรียกว่าอุณหภูมิผกผัน ซึ่งทำให้เกิดเป็นปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีลักษณะเป็นฝาชี 2 ชั้นดังในรูปที่ 2

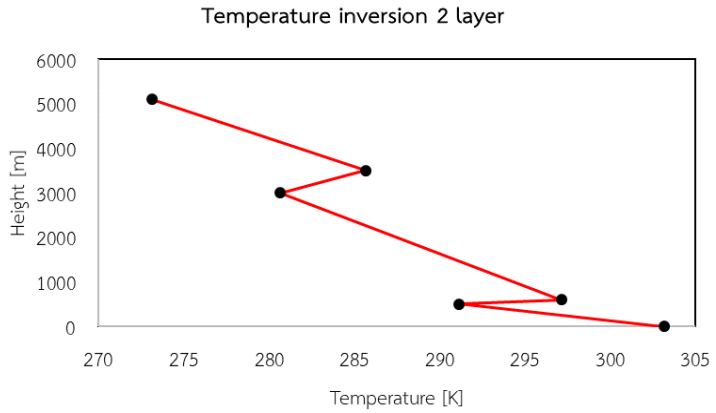
การสร้างแบบจำลองในกรณีที่ 1 การเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 1 ดังรูปที่ 3

การสร้างแบบจำลองในกรณีที่ 2 การเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้น ดังรูปที่ 4

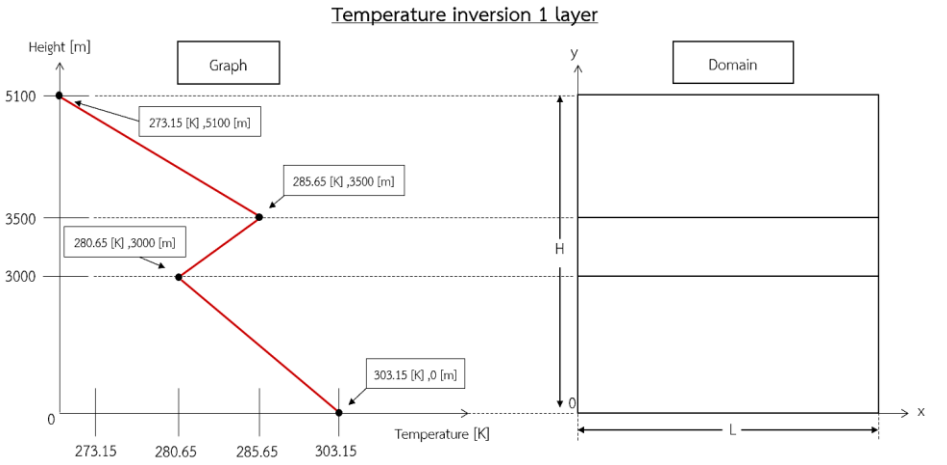
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)



รูปที่ 1 กราฟอุณหภูมิกับความสูงในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 1 ชั้น

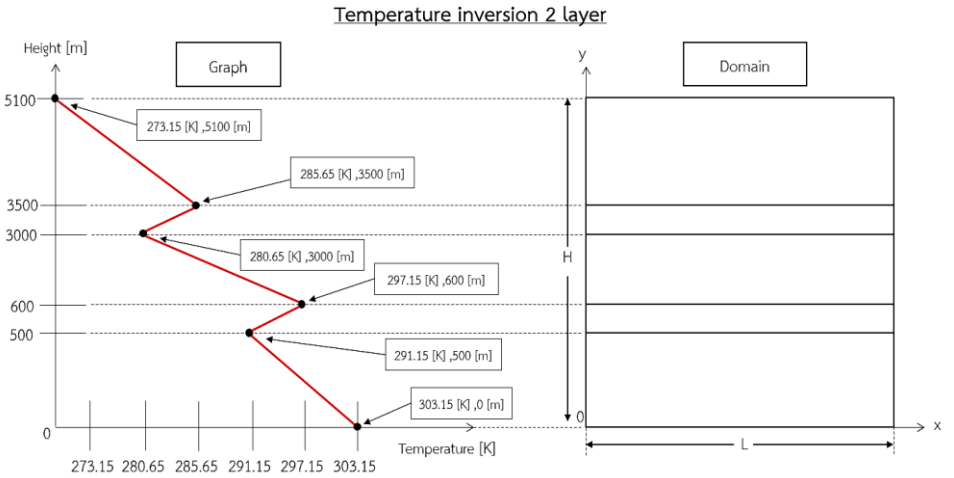


รูปที่ 2 กราฟอุณหภูมิกับความมสูงในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้น

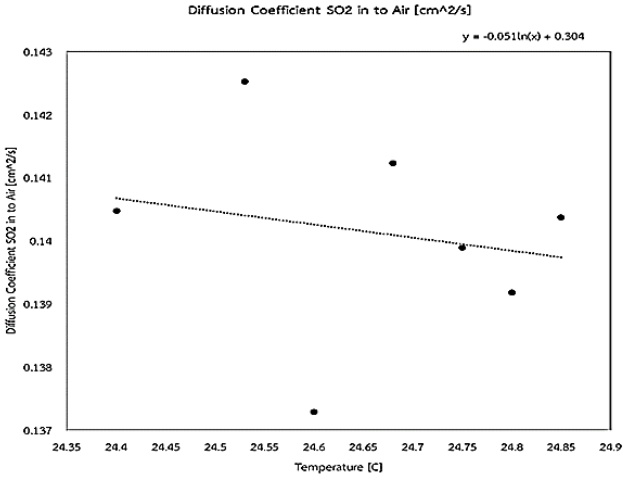


รูปที่ 3 กราฟการเปลี่ยนแปลงความสูงเทียบกับอุณหภูมิ และขอบเขตของงานในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น

Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)



รูปที่ 4 กราฟการเปลี่ยนแปลงความสูงเทียบกับอุณหภูมิ และขอบเขตของงานในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น



รูปที่ 5 สมการของ Diffusion Coefficient of SO_2 in Air

Initial Condition

$u = v = 0$, $T = T(y)$ for $t = 0$

Boundary Condition

$u = v = 0$ at $x = 0, L$ $0 \le y \le H$

$u = v = 0$ at $y = 0, H$ $0 \le x \le L$

$c = c_{so_2} = 0$ at $x = 0, L$ $0 \le y \le H$

$c = c_{so_2} = 0$ at $y = 0, H$ $0 \le x \le L$

$\frac{\partial T}{\partial x} = 0$ at $x = 0, L$ $0 \le y \le H$

$\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ at $y = 0, H$ $0 \le x \le L$

$t > 0$ at $y = 0$ $0 \le x \le L$ $T = 30\ [^{o}C]$

$t > 0$ at $y = 0$ $0 \le x \le L$ $c = c_{so_2} = 5.9313x10^{-5}\ [\frac{mol}{m^2 s}]$

การพิจารณาได้กำหนดเงื่อนไขขอบเขตของงานโดยมีการคำนวณและการศึกษาวิเคราะห์ ในสมมติฐาน ดังนี้

1. เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบของ PM2.5 ดังนั้นพิจารณาค่าการแพร่กระจาย และความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่านั้น

2. อากาศ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) เป็นก๊าซซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาระหว่างกัน โดยที่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งที่อยู่ใน PM2.5

ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

3. การไหลเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Lamina flow) ในแบบจำลอง 2 มิติ

4. คำนวณผลของแรงลอยตัว

5. ไม่คำนวณการถ่ายเทความร้อนเนื่องด้วยจากการแผ่รังสีความร้อน

6. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของของไหล

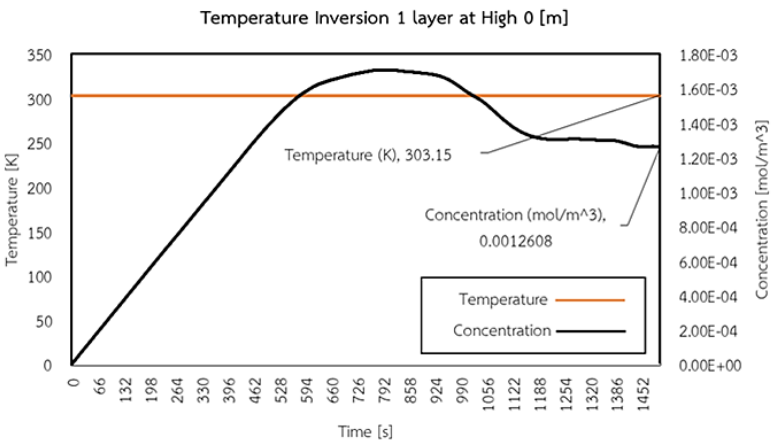
7. ความสูงเป็นฟังชันที่ขึ้นกับอุณหภูมิ H (T) ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

จากการศึกษาการแพร่กระจายความเข้มข้นของสาร SO_2 เพื่อให้งานวิจัยนั้นสมจริง และเป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ โดยการนำค่าการแพร่กระจายและความเข้มข้นที่มาจากการวิจัยในหัวข้อ Diffusion Coefficient of SO_2 in Air ทำให้ทราบว่าการแพร่กระจายของ SO_2 ในอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นมีค่าการแพร่กระจายความเข้มข้นที่แตกต่างกันด้วย โดยสามารถนำข้อมูลเบื้องต้นไปทำการ Plot Graph โดยเลือกใช้วิธี Regression ดังรูปที่ 5

$y = -0.051ln(x) + 0.304$ มาจากการ PlotGraph โดยกำหนดให้อุณหภูมิในช่วงต่าง ๆ อยู่แนวแกน x กับค่าการแพร่กระจายความเข้มข้นอยู่แนวแกน y โดยต้องการจะทราบค่าอุณหภูมิที่ 30 [°C] ดังนั้นจึงแทนค่าลงสมการที่ x = 30 [°C] ค่า y หรือ Diffusion Coefficient SO_2 in to Air = 0.13053 [cm^2/s] และค่าความเข้มข้นหรือ Concentration SO_2 เท่ากับ 5.9313x10^{-5}[mol/m^2s] โดยทุก ๆ 1 s จะปล่อย SO_2 เท่ากับ 5.9313x10^{-5} [mol/m^2s] โดยอ้างอิงตามงานวิจัยในหัวข้อ Diffusion Coefficient of SO_2 in Air

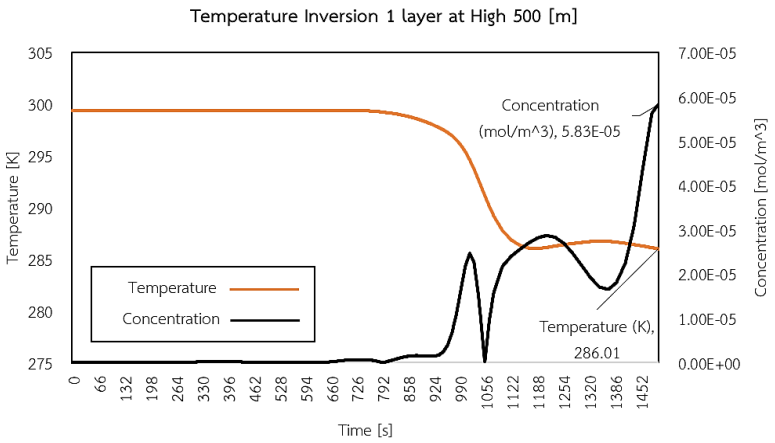
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

กรณีที่ 1 การเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 1 ชั้น นั้นเกิดจากกราฟในรูปมีลักษณะเป็นฝาชี 1 ชั้น การแพร่กระจายความเข้มข้นของ PM2.5 หรือมลพิษเป็นผลมาจากการเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันในลักษณะที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้นในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันส่งผลต่อการแพร่กระจายความเข้มข้นในชั้นความร้อน โดยค่าความเข้มข้นการแพร่กระจายเพิ่มมากขึ้นเมื่อเกิดการไหลเนื่องจากความร้อนซึ่งแสดงออกมาในลักษณะความเข้มข้นเทียบกับเวลา นอกจากนั้นค่าความเข้มข้นและการแพร่กระจายเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับผลของอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาตอนต้น จะสามารถแสดงผลออกมาในลักษณะอุณหภูมิเทียบกับเวลา และการแพร่กระจายของความเข้มข้นเทียบกับเวลา ณ ตำแหน่งที่พื้น ที่ความสูง 500 เมตร ที่ความสูง 3250 เมตร

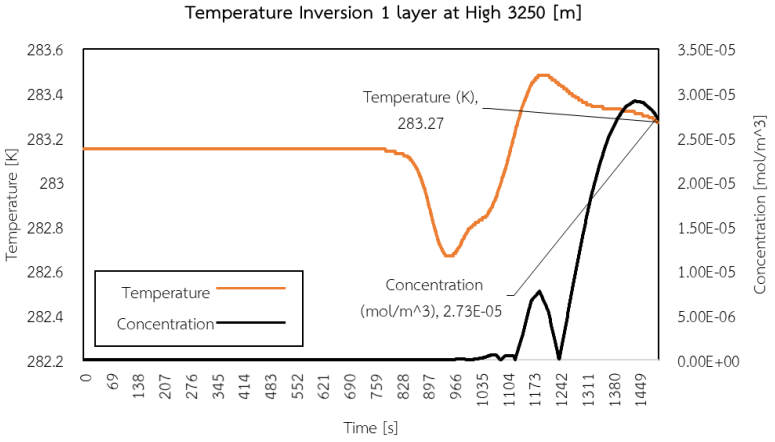


รูปที่ 6 อุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลาภายในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น ณ ตำแหน่งที่พื้น

Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)



รูปที่ 7 อุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลาภายในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น ณ ตำแหน่งที่ความสูง 500 เมตร



รูปที่ 8 อุณหภูมิกับความเร็วเทียบกับเวลาภายในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น ณ ตำแหน่งที่ความสูง 3250 เมตร

รูปที่ 6 สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของมวลพิษโดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาโดยพิจารณาที่อุณหภูมิทางซ้ายมือกับค่าความเข้มข้นทางขวามือในรูปที่ 6 จะทำให้ทราบค่า ณ เวลาที่ ณ เวลาที่ 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 [s] มีค่าอุณหภูมิ 303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15 [K] มีค่าความเข้มข้น 0.0013837, 0.0015886, 0.0016732, 0.0017071, 0.0016887, 0.001595, 0.0014234, 0.0013106 [mol/m^3] ตามลำดับตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ อุณหภูมินั้นคงที่ทุกช่วงเวลา (เป็นไปตามเงื่อนไขและขอบเขตที่กำหนด) ส่วนค่าความเข้มข้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาที่ 800-900 [s] โดยมีค่าความเข้มข้น 0.0017071 - 0.0016887 [mol/m^3] ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิและความเข้มข้นมีแนวโน้มแปรผันตามกัน ดังนั้นสามารถอธิบายได้ เมื่อเวลาผ่านไป ณ ตำแหน่งที่พื้นมีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สะสมอยู่โดยการสะสมได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันแบบมีชั้นความร้อน 1 ชั้น

เมื่อพิจารณาในรูปที่ 7 โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาโดยพิจารณาที่อุณหภูมิกับค่าความเข้มข้นในรูปที่ 7 ณ ตำแหน่งที่ 500 เมตร สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ PM2.5 โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาทำให้ทราบค่า ณ เวลาที่ 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 [s]

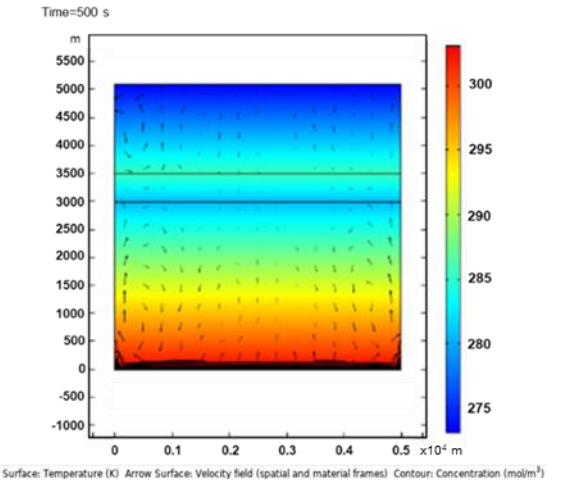
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

มีค่าอุณหภูมิ 299.4, 299.41, 299.41, 299.21, 298.36, 295.75, 287.83, 286.08 [K] มีค่าความเข้มข้น 1.04E-07, 8.36E-09, 5.63E-07, 1.15E-07, 1.51E-06, 1.90E-05, 2.16E-05, 2.84E-05 [mol/m^3] ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงหลังช่วงเวลา 900-1200 [s] ส่วนค่าความเข้มข้นคงที่ในช่วงแรก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังช่วงเวลา 1200 [s] แสดงว่าอุณหภูมิและความเข้มข้นมีแนวโน้มแปรผกผันกัน ดังนั้นสามารถอธิบายได้ เมื่อเวลาผ่านไป ณ ตำแหน่งที่ความสูง 500 เมตร มีความเข้มข้นของมลพิษสะสมอยู่โดยการสะสมของมลพิษได้รับการสะสมต่อเนื่องมาจากตำแหน่งที่สูงจากพื้น และได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันแบบมีชั้นความร้อน 1 ชั้น

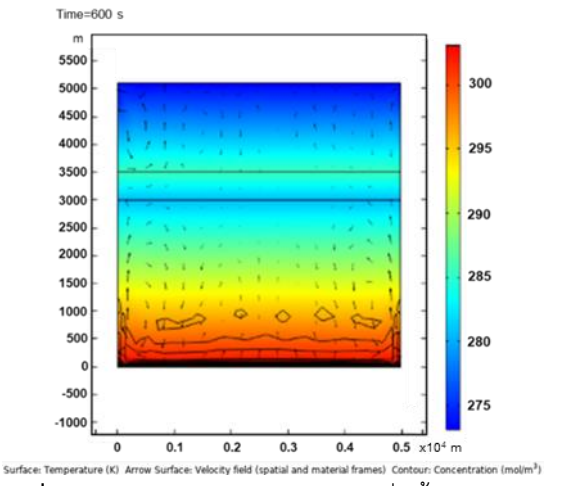
รูปที่ 8 ณ ตำแหน่งความสูงที่ 3250 เมตร สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ PM2.5 โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาโดยพิจารณาที่อุณหภูมิกับค่าความเข้มข้นใน ณ เวลาที่ 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 [s] มีค่าอุณหภูมิ 283.15, 283.15, 283.15, 283.14, 282.91, 282.77, 283.05, 283.48 [K] มีค่าความเข้มข้น 3.26E-10, 3.60E-10, 6.45E-11, 2.65E-10, 6.59E-11, 6.76E-08, 4.81E-07, 6.81E-06 [mol/m^3] ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงในช่วงเวลา 800-900 [s] และอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังในช่วงเวลา 1000 [s] ส่วนความเข้มข้นคงที่ในช่วงแรก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังช่วงเวลา 1200 [s] แสดงว่าอุณหภูมิ และความเข้มข้นแปรผันตรงกับเวลา

ดังนั้นสามารถอธิบายได้ เมื่อเวลาผ่านไป ณ ตำแหน่งที่ความสูง 3250 เมตร (ในชั้นปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน) มีความเข้มข้นของมลพิษสะสมอยู่โดยการสะสมของมลพิษได้รับการสะสมต่อเนื่องมาจากตำแหน่งที่สูงจากพื้น และได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันแบบมีชั้นความร้อน 1 ชั้น

ในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น ในรูปที่ 9 ณ เวลาที่ 500 [s] พฤติกรรมการไหลของของไหลมีลักษณะหมุนวนเข้าสู่จุดศูนย์กลางของ Domain และเกิดการสะสมของ SO_2 ตรงบริเวณพื้นส่วนในรูปที่ 10 ณ เวลาที่ 600 [s] ได้รับอิทธิพลของปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันทำให้เกิดการแพร่กระจายของ SO_2 ณ ความสูงในช่วง 500 [m] จึงทำให้ SO_2 ไม่สามารถลอยตัวขึ้นที่สูงได้

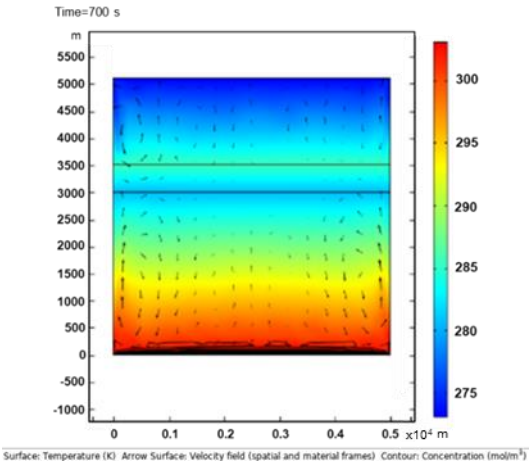


รูปที่ 9 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 500 [s]

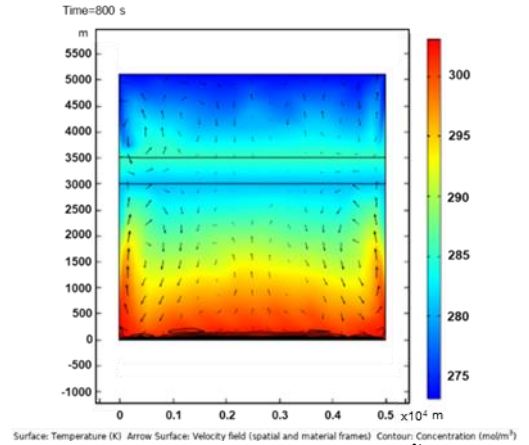


รูปที่ 10 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 600 [s

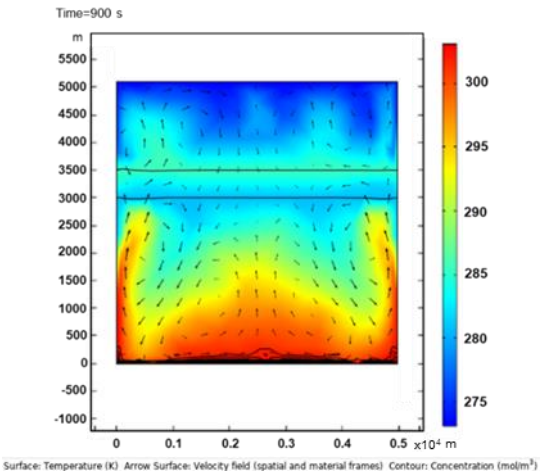
Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)



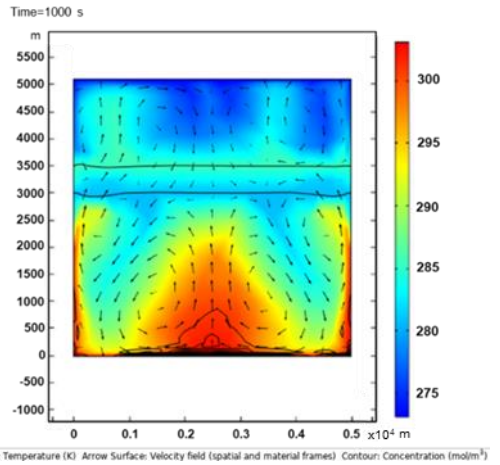
รูปที่ 11 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 700 [s]



รูปที่ 12 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 800 [s]

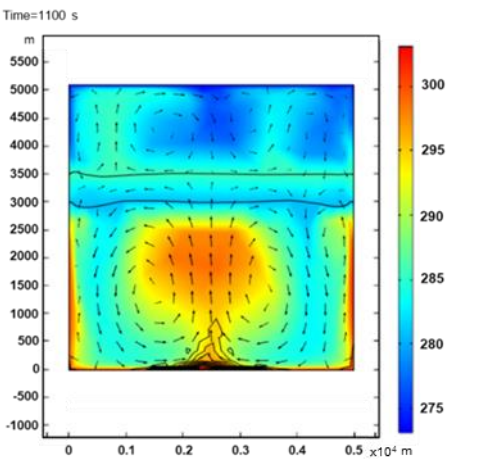


รูปที่ 13 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 900 [s]



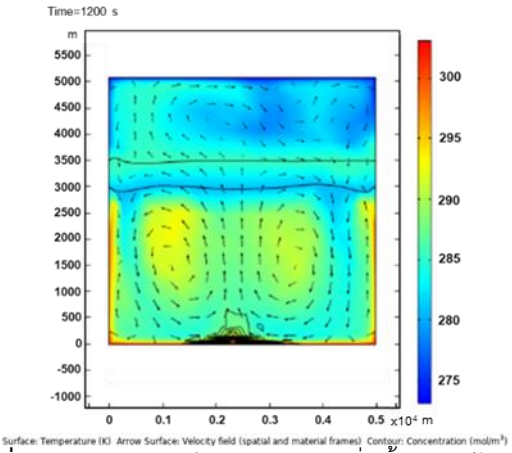
รูปที่ 14 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1000 [s]

ในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น รูปที่ 11 - 14 ณ เวลาที่ 700 - 1000 [s] พฤติกรรมการไหลของของไหลมีลักษณะหมุนวนเข้าสู่จุดศูนย์กลางของ Domain เหมือนในช่วงเวลา 500 – 600 [s] แต่จุดที่เริ่มหมุนวนอยู่ใน Inversion Layer หรือชั้นอุณหภูมิผกผันจึงทำให้การแพร่กระจายของSO_2 ไม่สามารถลอยตัวขึ้นที่สูงได้ และส่งผลให้หมุนวน และช้อน SO_2 อยู่ตรงกลางของ Domain ทำให้เกิดการสะสมของ SO_2 อย่างต่อเนื่อง ณ ตำแหน่งที่พื้น



รูปที่ 15 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1100 [s]

ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

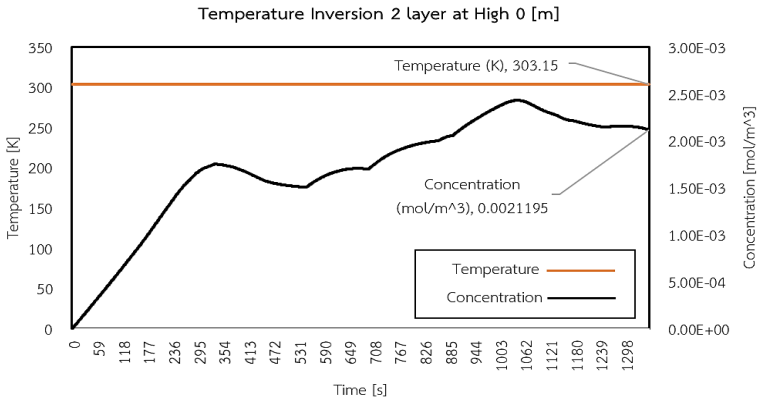


รูปที่ 16 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1200 [s]

ส่วนรูปที่ 15 –16 ณ เวลาที่ 1100 - 1200 [s] เกิดการหมุนวนที่ตำแหน่งสูงขึ้น และอิทธิพลของ Inversion Layer ทำให้เกิดการกดตัวของของไหลโดยส่งผลให้การแพร่กระจายของ SO2 ไม่สามารถลอยตัวขึ้นที่สูง และแพร่กระจายไปในตำแหน่งที่สูงขึ้นได้

กรณีที่ 2 การเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้นแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชั้นความร้อน

ลักษณะของการแพร่กระจายความเข้มข้นของ PM2.5 หรือมลพิษเป็นผลมาจากการเกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันในลักษณะที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น โดยมีลักษณะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชั้นความร้อน ในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันส่งผลต่อการแพร่กระจายความเข้มข้นในชั้นความร้อน โดยค่าความเข้มข้นการแพร่กระจายเพิ่มมากขึ้นเมื่อเกิดการไหลเนื่องจากการถ่ายเทความร้อน และการพาความร้อน ซึ่งมีผลลัพธ์แสดงออกมาในลักษณะความเข้มข้นเทียบกับเวลาณ ตำแหน่งที่พื้น, ที่ความสูง 500 เมตร, ที่ความสูง 3250 เมตรรูปที่ 16 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 1 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1200 [s]

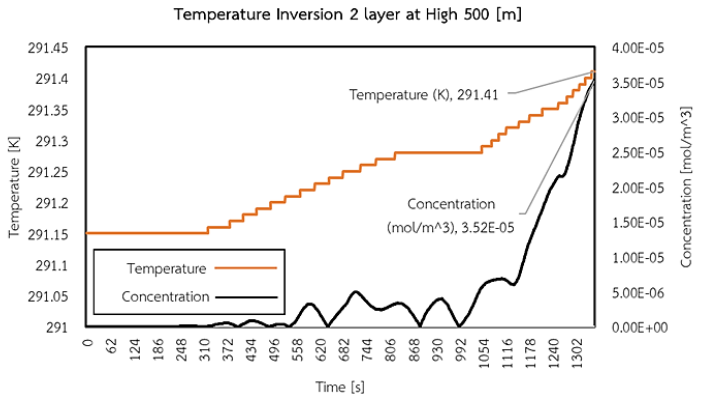


รูปที่ 17 อุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลาภายในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น ณ ตำแหน่งที่พื้น

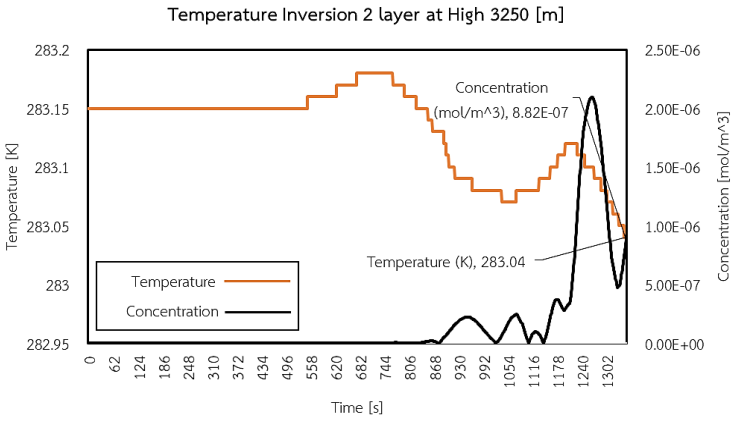
รูปที่ 17 สามารถวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลา โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาโดยพิจารณาที่ ณ ตำแหน่งที่พื้น (0 เมตรในขอบเขตของงาน) สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลา โดยพิจารณาที่อุณหภูมิกับค่าความเข้มข้นทำให้ทราบค่า ณ เวลาที่ 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 [s] มีค่าอุณหภูมิ 303.15 [K] (ทุก ๆ ช่วงเวลา) มีค่าความเข้มข้น 0.001529, 0.0016394, 0.0017147, 0.0019525, 0.0020799, 0.0023642, 0.002338, 0.0021877 [mol/m^3] ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ อุณหภูมินั้นคงที่ทุกช่วงเวลา (เป็นไปตามเงื่อนไขและขอบเขตที่กำหนด) ส่วนค่าความเข้มข้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาที่ 900-1100 [s] โดยมีค่าความเข้มข้น 0.0020799 - 0.002338 [mol/m^3] ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิ และความเข้มข้นมีแนวโน้มแปรผันตามกัน ดังนั้นสามารถอธิบายได้ เมื่อเวลาผ่านไป ณ ตำแหน่งที่พื้นมีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ PM2.5 สะสมอยู่โดยการ

Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

สะสมได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน แบบมีชั้นความร้อน 2 ชั้น



รูปที่ 18 อุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลาภายในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น ณ ตำแหน่งที่ความสูง 500 [m]



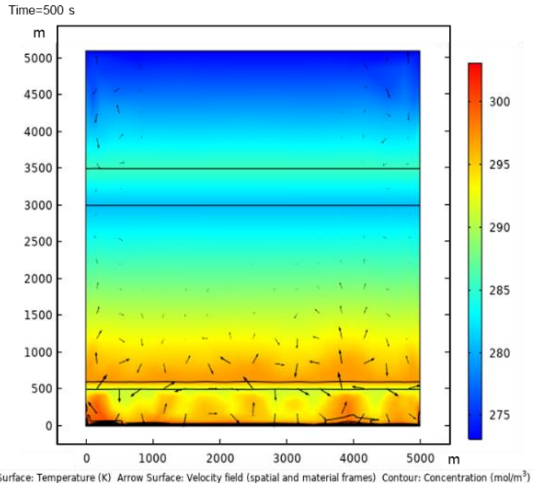
รูปที่ 19 อุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลาภายในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น ณ ตำแหน่งที่ความสูง 3250 [m]

รูปที่ 18 สามารถวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลา โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาโดยพิจารณาที่ ณ ตำแหน่งความสูงที่ 500 เมตร (วิเคราะห์ในช่วงความสูงที่เกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้น) สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลา โดยพิจารณาที่อุณหภูมิกับค่าความเข้มข้น ณ เวลาที่ 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 [s] มีค่าอุณหภูมิ 291.2, 291.22, 291.25, 291.27, 291.28, 291.28, 291.31, 291.34 [K] มีค่าความเข้มข้น 2.15E-07, 3.18E-06, 3.82E-06, 2.67E-06, 1.30E-06, 3.48E-07, 6.81E-06, 1.46E-05 [mol/m^3] ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ อุณหภูมินั้นคงที่ช่วงเวลาแรกตั้งแต่ 0 – 300 [s] ส่วนค่าความเข้มข้น มีแนวโน้มคงที่ในช่วงแรก และมีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาที่ 1100 [s] ถึงช่วงหลัง 1300 [s] ไปแล้ว โดยมีค่าความเข้มข้น 6.81E-06 [mol/m^3] ถึงช่วงหลัง 2.65E-05 [mol/m^3] ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิ และความเข้มข้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และแปรผันตามกับเวลา ดังนั้นสามารถอธิบายได้ เมื่อเวลาผ่านไป ณ ตำแหน่งความสูงที่ 500 เมตร มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ PM2.5 สะสมอยู่โดยการสะสมได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันแบบมีชั้นความร้อน 2 ชั้น

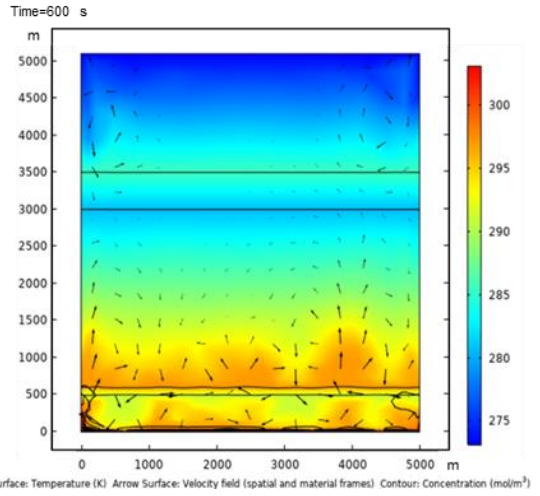
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

รูปที่ 19 สามารถวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิกับความเข้มข้นเทียบกับเวลา โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลาโดยพิจารณาที่ ณ ตำแหน่งความสูงที่ 3250 เมตร (วิเคราะห์ในช่วงความสูงที่เกิดปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน 2 ชั้น) สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลา โดยพิจารณาที่อุณหภูมิกับค่าความเข้มข้น ณ เวลาที่ 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 [s] มีค่าอุณหภูมิ 283.15, 283.16, 283.18, 283.16, 283.12, 283.08, 283.08, 283.12 [K] มีค่าความเข้มข้น 3.15E-12, 5.85E-11, 1.95E-09, 4.04E-09, 6.66E-08, 9.57E-08, 8.72E-08, 2.91E-07 [mol/m^3] ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิในช่วงที่ 1 อุณหภูมินั้นคงที่ในช่วงเวลาที่ 0 – 500 [s] ส่วนช่วงที่ 2 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 500 – 750 [s] และช่วงสุดท้ายอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ส่วนในค่าความเข้มข้นคงที่ในช่วงเวลาที่ 0 – 900 [s] และมีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาที่ 1200 - 1250 [s] โดยมีค่าความเข้มข้น 2.91E-07 - 1.88E-06 [mol/m^3] แสดงว่าอุณหภูมิ และความเข้มข้นมีแนวโน้มแปรผกผันกับเวลา ดังนั้นสามารถอธิบายได้ เมื่อเวลาผ่านไป ณ ตำแหน่งความสูงที่ 3250 เมตร มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ PM2.5 สะสมอยู่โดยการสะสมได้รับอิทธิพลมาจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันแบบมีชั้นความร้อน 2 ชั้น (แต่ในการสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นั้นมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากเดิมแต่เป็นการเพิ่มขึ้นที่ไม่คงที่)

ในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น ในรูปที่ 20 ณ เวลาที่ 500 [s] กับรูปที่ 21 ณ เวลาที่ 600 [s] เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันและ วิเคราะห์มีพฤติกรรมการไหลของของไหลมีลักษณะลอยตัวขึ้นสูงขึ้นทั้งเวลาที่ 500 [s] และ 600 [s] แต่พิจารณาที่เวลา 500 [s] นั้นยังไม่เกิดการหมุนวนเข้าสู่จุด ศูนย์กลางของ Domain แต่ในทางกับกันนั้น ณ เวลาที่ 600 [s] ของไหลเริ่มก่อตัวให้เห็นว่าหมุนวนเข้าสู่จุดศูนย์กลางของ Domain และเกิดการสะสมของ SO_2 ตรงบริเวณพื้นจนถึง ณ ความสูงที่ 500 เมตร ซึ่งเริ่มได้รับอิทธิพลของปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันทำให้เกิดการแพร่กระจายของ SO_2 และการแพร่กระจายของ SO_2 ไม่สามารถลอยตัวขึ้นที่สูงได้

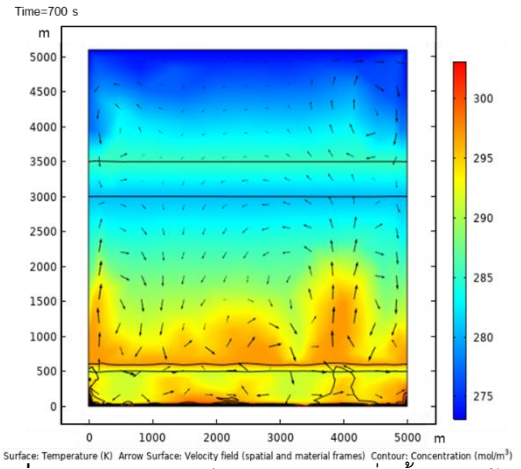


รูปที่ 20 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 500 [s]

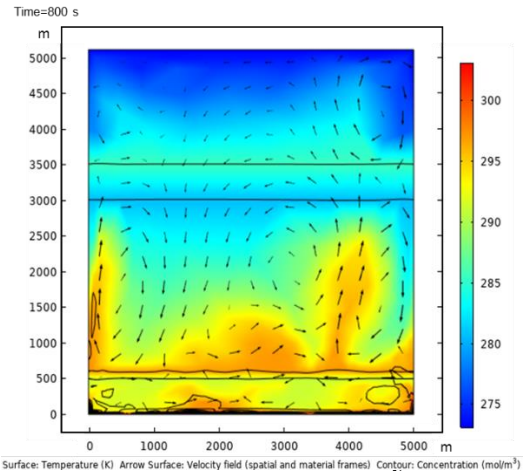


รูปที่ 21 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 600 [s]

Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), Vol 20, Issue 2, 2021
ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)

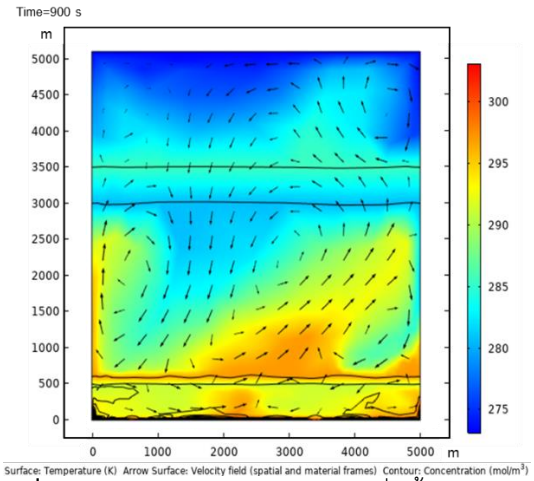


รูปที่ 22 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 700 [s]

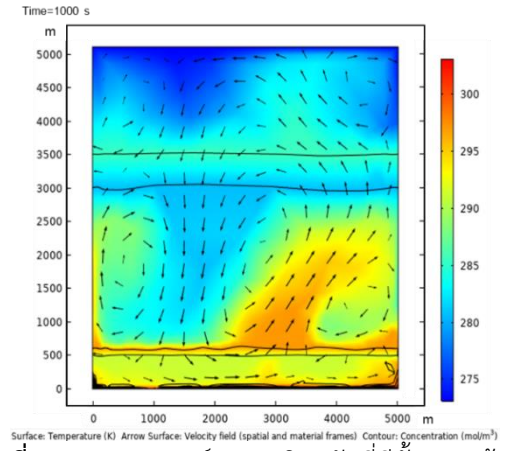


รูปที่ 23 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 800 [s]

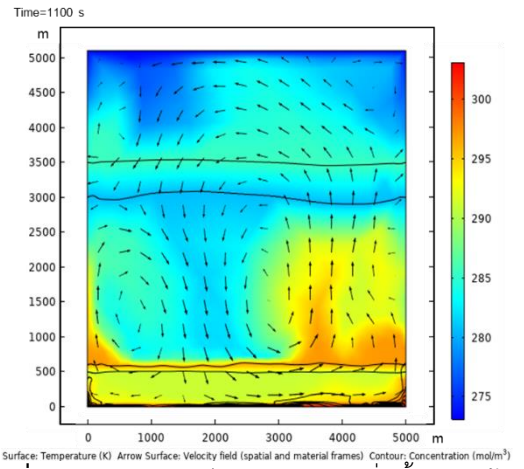
ในปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น รูปที่ 22 - 23 ณ เวลาที่ 700 - 800 [s] เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างรูปที่ 22 ณ เวลาที่ 700 [s] พฤติกรรมการไหลของของไหลนั้นมีลักษณะไหลของสู่จุดศูนย์กลางชัดเจนมากกว่าตอนที่เวลา 500 [s] กับ 600 [s] ส่วนการแพร่กระจายของ SO_2 มีการแพร่ชัดเจนตรงกลางของ Domain เมื่อนำมาเทียบกับรูปที่ 23 ณ เวลาที่ 800 [s] พฤติกรรมการไหลของของไหลมีการหมุนวนเข้าสู่จุดศูนย์กลางอย่างเห็นได้ชัดเจนมากกว่า ณ เวลาที่ 700 [s] การแพร่กระจายของ SO_2 มีการแพร่กระจายทั่วบริเวณตำแหน่งด้านล่างของ Domain อย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 24 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 900 [s]

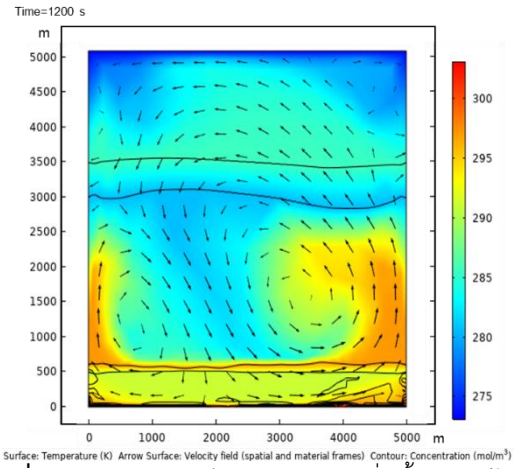


รูปที่ 25 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1000 [s]



รูปที่ 26 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1100 [s]

ISSN: 2773-9376 (Print), 2773-9473 (Online)



รูปที่ 27 ปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น เมื่อเวลาที่ 1200 [s]

ในส่วนปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันที่มีชั้นความร้อน 2 ชั้น รูปที่ 24 - 27 ณ เวลาที่ 900 - 1200 [s] เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างรูปที่ 24 ณ เวลาที่ 900 [s] พฤติกรรมการไหลของของไหลนั้นมีการพา และแพร่กระจายของ SO_2 ลอยตัวสูงขึ้นโดยมีการหมุนวนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาเป็นวงกลมอย่างเห็นได้ชัดเจน แต่ในการพาของของไหล และการแพร่กระจายของ SO_2 นั้นไม่สามารถลอยตัวขึ้นที่สูงเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของปราฏการณ์อุณหภูมิผกผัน เมื่อนำมาเทียบกับรูปที่ 25 ณ เวลาที่ 1000 [s] พฤติกรรมการไหลของของไหลมีการหมุนวนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาเป็นวงกลมซึ่งมีลักษณะคล้ายกับช่วง ณ เวลาที่ 900 [s] และเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นความร้อน หรือที่เรียกว่า Moving Boundary อย่างเห็นได้ชัด

ส่วนรูปที่ 26– 27 ณ เวลาที่ 1100 - 1200 [s] เกิดการหมุนวนที่ตำแหน่งสูงขึ้นมีลักษณะเป็นวงกลมใหญ่ หมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และเกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นความร้อน หรือ Moving Boundary ทั้ง 2 ช่วงความสูง ณ ความสูงที่ 500 – 600 เมตร และช่วง 3000 – 3500 เมตร ซึ่งเป็นอิทธิพลของปราฏการณ์อุณหภูมิผกผัน ทำให้เกิดการกดตัวลงโดยส่งผลให้การแพร่กระจายของ SO_2 ไม่สามารถลอยตัวขึ้นที่สูง และแพร่กระจายไปในตำแหน่งที่สูงขึ้นได้

สรุปผล

ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยจำลองปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันทั้ง 2 แบบ โดยมีลักษณะปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันแบบชั้นความร้อน 1 ชั้น และ 2 ชั้น และในสภาพปกติ โดยการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสาร แพร่กระจายเข้าสู่ปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันซึ่งทำให้เกิดเป็นมลพิษหรือฝุ่น PM2.5 โดยจำลองแบบเป็นสี่เหลียม 2 มิติ โดยในแบบจำลองเป็น อากาศ และมีมลพิษแพร่กระจายผสมอยู่ในอากาศ และแบบจำลองปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันนี้เป็นแบบจำลองแบบของไหล ดังนั้นเพื่อคำนวณผล การทำนายผลของสาเหตุการเกิดฝุ่นและการสะสมของ PM2.5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพในขั้นตอนการทดลอง ในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มขอบเขตของบรรยากาศ (Boundary Layer) หรือชั้นของความร้อนหรือฟังก์ชันความสูงของอุณหภูมิ $H(T)$ และความหนาแน่นของอุณหภูมิ $\rho(T)$ เพื่อคล้ายกับลักษณะความเป็นจริงมากที่สุด โดยขอบเขตเงื่อนไขการวิเคราะห์การไหลของของไหล เป็นการศึกษาในสมมติฐานบนพื้นฐานของสมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation) ส่วนขอบเขตเงื่อนไขการวิเคราะห์การถ่ายเทพลังงานความร้อนใช้สมมติฐานบนพื้นฐานของ สมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Equation) โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการศึกษาจากการอธิบายด้วยสมการนำความร้อนกับสมการพาความร้อนในของไหลร่วมกับสมการการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสาร (Diffusion of Concentration) พบว่า ปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของ PM2.5 เมื่อเวลาเปลี่ยนไปมีการแพร่กระจายเพิ่มมากขึ้น และมีการสะสมของ PM2.5 เพิ่มมากขึ้น ตัวแปรที่สำคัญต่อผลกระทบนี้คือความสูงกับอุณหภูมิ ทำให้ไม่สามารถระบาย PM2.5 ทำให้เกิดการสะสมของ PM2.5 เพราะฉะนั้นในสภาพปกติก็จะมีอิทธิพลตรงกันข้ามกับปรากฏการณ์อุณภูมิผกผัน โดยเมื่อเวลาเปลี่ยนไปมีการแพร่กระจายเพิ่มมากขึ้น การสะสมของ PM2.5 ต่ำกว่า

ตอนที่เกิดปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันให้สามารถระบาย PM2.5 ได้ดีกว่าทำให้ไม่เกิดการสะสมของ PM2.5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และความเข้มข้นเทียบกับเวลาในปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันนั้นเริ่มชัดเจน ณ เวลาที่ 500 [s] เพราะเนื่องจากขอบเขตงานมีขนาดใหญ่ และมีความแตกต่างของอุณหภูมิในปริมาณไม่มาก ดังนั้นจึงพิจารณาอิทธิพลของปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันในช่วงเวลา 500 -1200 [s] การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ณ ความสูงต่าง ๆ ได้รับผลกระทบจากการพาความร้อน และการถ่ายเทความร้อนของ ๆ ไหล และในทางเดียวกันนั้นสนามและทิศทางการไหลความเร็วการไหลก็ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งช่วงความสูงต่าง ๆ ส่วนตัวแปรอื่น ๆ เป็นตัวแปรรองที่แทบจะไม่สามารถส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ค่าความเข้มข้นของสารพิษจะลดลงหรือเกิดการสะสมน้อยลง เกิดจากอุณหภูมิ ณ ความสูงที่เปลี่ยนลดลงและความเร็วที่พามลพิษลอยตัวสูงขึ้น ถ้าหากอุณหภูมิของอากาศที่พื้นมีความต่างกับอุณหภูมิด้านบนโดยไม่มีชั้นความร้อนอยู่ภายในแบบจำลอง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะตำแหน่งที่พื้นมีอุณหภูมิสูงกว่าตำแหน่งด้านบน ทำให้เกิดการไหลเนื่องจากการพาความร้อน และการถ่ายเทความร้อนช่วยให้พาความเข้มข้นของสารพิษลอยตัวไปด้วย และช่วยลดการแพร่กระจายความเข้มข้นของสารพิษ ณ ตำแหน่งบริเวณพื้น

การศึกษาปรากฏการณ์อุณภูมิผกผันในลักษณะการเกิดชั้นความร้อน 1 และ 2 ชั้น สามารถอธิบายได้ว่าการเกิดอุณภูมิผกผันทำให้เกิดการเก็บสะสมของ PM2.5 ณ ตำแหน่งต่าง ๆ และสาเหตุรวมถึงผลลัพธ์ของเหตุการณ์ในสถานที่จริงต่าง ๆ ที่มีการสะสมของ PM2.5

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้กรุณามอบทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang Y, Garrick JM. Developmental impact of air pollution on brain function. Neurochemistry International (NCI). 2019;131:104580.
2. Singh A, Pant P, Pope FD . Air quality during and after festivals. Atmos Res. 2019;227:220-32.
3. Shendell D. Community outdoor air quality:sources, exposure agents and health outcomes. Encyclopedia of Environmental Health. 2011;791-805.
4. Li Y, Yan J , Sui X . Tropospheric temperature inversion over central China. Atmos Res. 2012;116:105-15.
5. Geng L, Wu Z, Zhang S, Zhou K. The end effect in air pollution: The role of perceived difference. J Environ Manage. 2019;232:413-20.
6. Xu T, Song Y, Liu M, Cai X, Zhang H, Guo J, et al. Temperature inversions in severe polluted days derived from radiosonde data in North China from 2011 to 2016. Sci Total Environ. 2019;647:1011-20.
7. Zang Z, Wang W, You W, Li Y, Ye F, Wang C. Estimating ground-level PM 2.5 concentrations in Beijing, China using aerosol optical depth and parameters of the temperature inversion layer. Sci Total Environ. 2017;575:1219-27.

8. Ganbat G, Baik J. Wintertime winds in and around the Ulaanbaatar metropolitan area in the presence of a temperature inversion. The Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences (APJAS). 2016;52:309–25.

9. Zhang Z, Li Y. Near-surface temperature inversion over the east china sea. Earth and Environmental Science. 2020;531:012048.

10. Milionis AE, Davies TD. Regression and stochastic models for air pollution-II. Application of stochastic models to examine the links between ground-level smoke concentrations and temperature inversions. Atmos Environ. 1994;28:2811-2822.

11. Santiago JL, Buccolieri R, Rivas E, Calvete-Sogo H, Sanchez B, Martilli A, et al. CFD modelling of vegetation barrier effects on the reduction of traffic-related pollutant concentration in an avenue of Pamplona, Spain. Sustain Cities Soc. 2019;48:101559.

13. Abed B, Benzerdjeb A, Hamidou M. A numerical analysis on the effect of turbulent schmidt number on numerical prediction of pollutant dispersion within street canyons. The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics. 2018:(4):230–40.

13. Jouberta P, Quéréb PL, Bégheina C, Collignanc B, Couturierc S, Glocknerd S, et al. A numerical exercise for turbulent natural convection and pollutant diffusion in a two-dimensional partially partitioned cavity. INT J Therm Sci. 2005;44(4):311-22.

14. Yuan Y, Yang K, Du C, Fu X. Study on Schmidt number of pollutant diffusion in urban street atmosphere: Procedia Engineer. 2017;205:1711-17.

15. Fish BR, Durham JL. Diffusion coefficient of SO2 in air. Environ Lett. 1971;2(1):13-21.