

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาลักษณะของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้จากเครื่องยนต์ดีเซล และเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับที่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง (Urban condition) และสภาวะนอกเมือง (Extra Urban condition) ตามมาตรฐานที่ประยุกต์จาก NEDC และ UN R83 นำเสนอข้อมูลผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

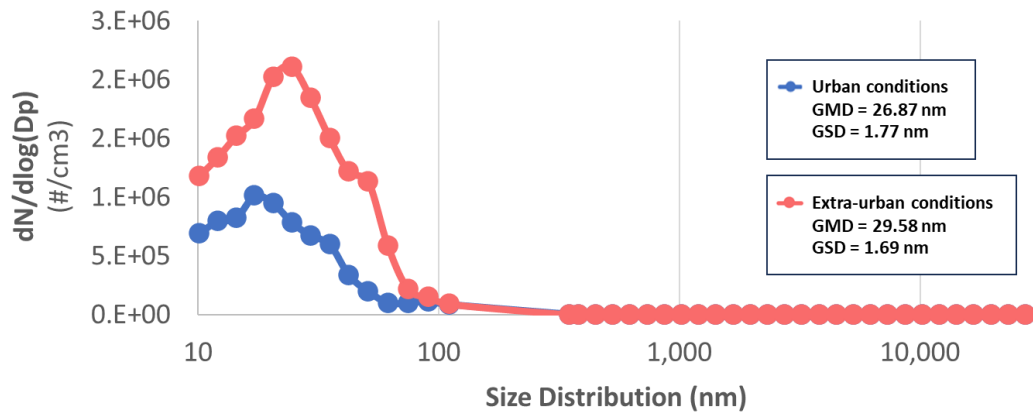
1. การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค (Particle Number Size Distribution and Number Concentration)
2. การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวล (Particle Mass Size Distribution and Particle Mass Concentration)
3. การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอนุภาค (Morphology)
4. การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ (Element Composition)

4.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค (Particle Number Size Distribution and Concentration)

4.1.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนจากเครื่องยนต์ดีเซล ภายใต้การจำลองการขับที่ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

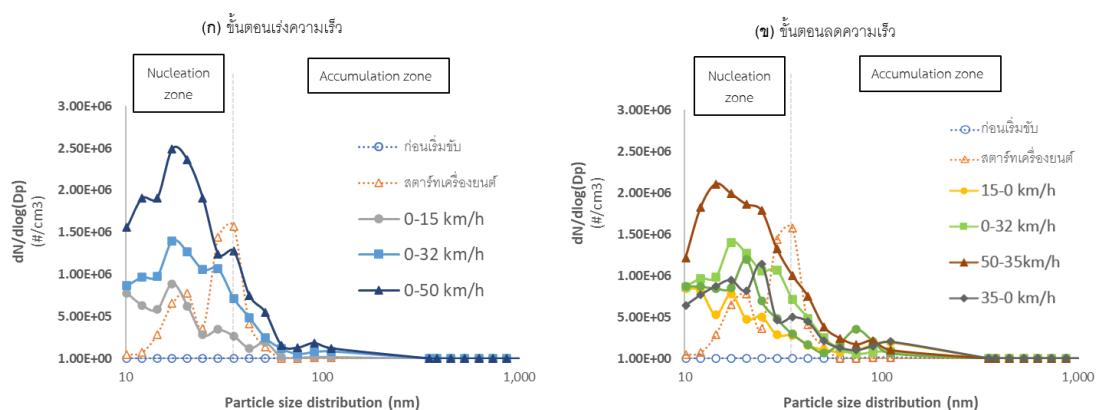
อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับที่ตามสภาวะในเมือง มีการกระจายตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-100 nm โดยการกระจายตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่อนุภาคนขนาด 17.24 nm มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.01×10^6 particles/cm³ มี Geometric mean diameter (GMD) และ Geometric standard deviation (GSD) เท่ากับ 26.87 และ 1.77 nm ตามลำดับ

การจำลองการขับที่ตามสภาวะนอกเมือง อนุภาคมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 10-100 nm โดยมีอนุภาคนขนาด 24.64 nm มีความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 2.11×10^6 particles/cm³ โดยผล GMD และ GSD มีค่าเท่ากับ 29.58 และ 1.69 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคในทั้งสองสภาวะ พบว่าการกระจายตัวของอนุภาคจากสภาวะนอกเมืองมีความเข้มข้นสูงกว่าสภาวะในเมืองในทุกขนาด แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.1



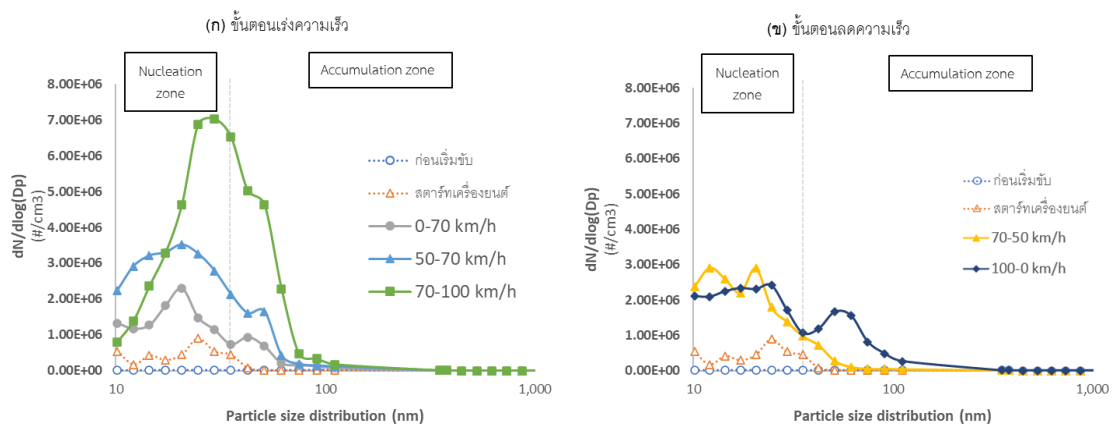
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเฉลี่ยของอนุภาคดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะในเมืองและนอกเมือง

การกระจายตัวของอนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับซีรยนต์ตามสภาวะในเมือง พบว่าในช่วงเร่งความเร็วทุกช่วงมีการกระจายตัวสูงในช่วง 10-30 nm อนุภาคที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มของความเข้มข้นเชิงจำนวนเพิ่มขึ้นตามความเร็ว โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ความเร็ว 0-50 km/h ที่อนุภาคขนาด 17.24 nm และมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 2.49×10^7 particles/cm³ (GMD=21.52, GSD=1.73) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.2 (ก) ขั้นตอนการลดความเร็วทุกช่วง พบว่ามีการกระจายตัวสูงในช่วง 10-30 nm รวมไปถึงมีแนวโน้มการกระจายตัวของอนุภาคใกล้เคียงกับขั้นตอนเร่งความเร็วแต่มีความแตกต่างที่ความเข้มข้นของอนุภาคมีแนวโน้มที่ลดลง โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ขั้นตอน 50-35 km/h ที่อนุภาคขนาด 14.44 nm และมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 2.10×10^7 particles/cm³ (GMD=21.30, GSD=1.70) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.2 (ข)



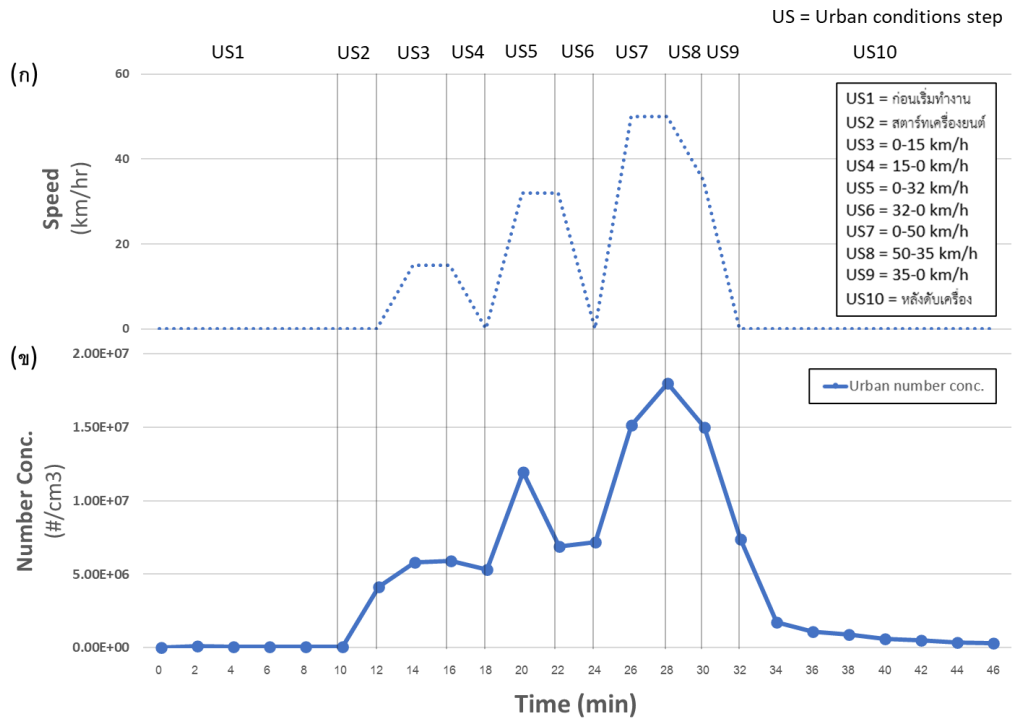
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของอนุภาคดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะในเมือง (ก) ขั้นตอนเร่งความเร็ว (ข) ขั้นตอนลดความเร็ว

การจำลองการขับเคลื่อนตามสภาวะนอกเมืองมีการกระจายตัวสูงในช่วง 10-30 nm ในทุกชั้นตอน และพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ความเร็ว 70-100 km/h ที่อนุภาคขนาด 29.51 nm และมีความเข้มข้น 7.02×10^7 particles/cm³ (GMD=27.52, GSD=1.53) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.3 (ก) ในขณะที่ชั้นตอนการลดความเร็ว อนุภาคมีการกระจายตัวสูงในช่วง 10-30 nm โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ชั้นตอน 70-50 km/h ที่อนุภาคขนาด 20.60 nm มีความเข้มข้นเชิงจำนวน 2.89×10^7 particles/cm³ (GMD=17.89, GSD=1.54) อีกทั้งยังพบการกระจายของอนุภาคที่มีขนาดมากกว่า 30 nm ขึ้นไปในชั้นตอนลดความเร็วจาก 100 ถึง 0 km/h ที่อนุภาคขนาด 51.18 nm โดยมีความเข้มข้น 1.66×10^7 particles/cm³ (GMD=29.38, GSD=1.81) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.3 (ข)

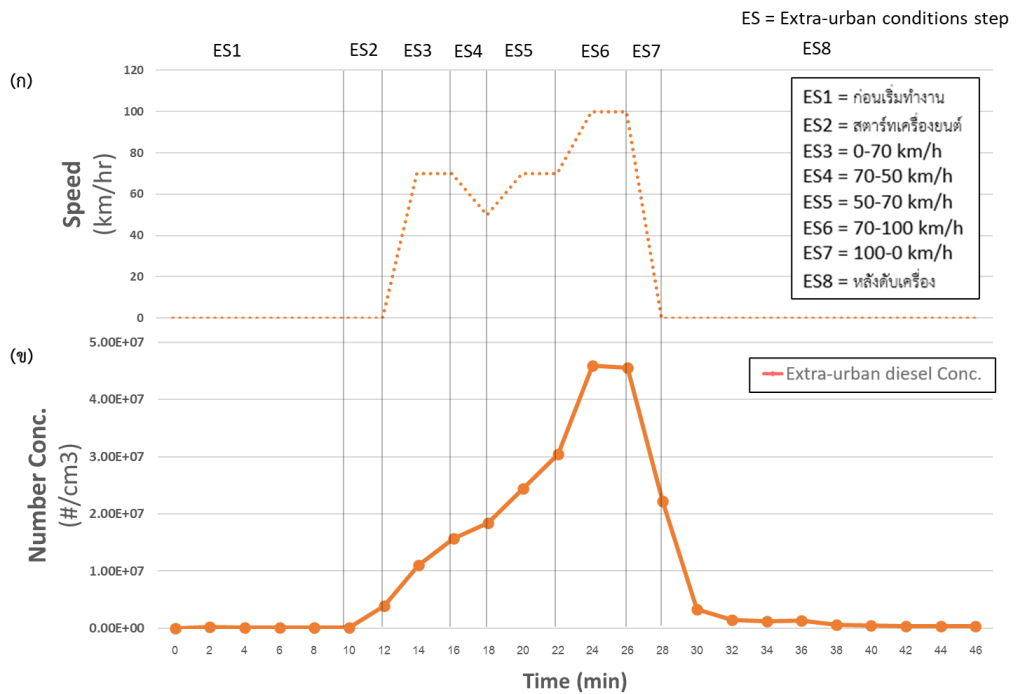


รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของอนุภาคดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสภาวะนอกเมือง (ก) ชั้นตอนเร่งความเร็ว (ข) ชั้นตอนลดความเร็ว

การศึกษาความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลจากการจำลองการขับเคลื่อนในเมืองและสภาวะนอกเมือง พบว่าความเข้มข้นเชิงจำนวนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการเร่งความเร็ว และเพิ่มสูงมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อน ในขณะเดียวกันเมื่อทำการลดความเร็วความเข้มข้นเชิงจำนวนจะลดลงตามไปด้วยแสดงดังรูปที่ 4.4 (ก) และรูปที่ 4.5 (ข) อย่างไรก็ตามในสภาวะนอกเมืองชั้นตอนลดความเร็วจาก 70 km/h มายัง 50 km/h พบความเข้มข้นเชิงจำนวนยังคงเพิ่มสูงขึ้นจากชั้นตอนเร่งความเร็วจาก 50 km/h มายัง 70 km/h



รูปที่ 4.4 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะในเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

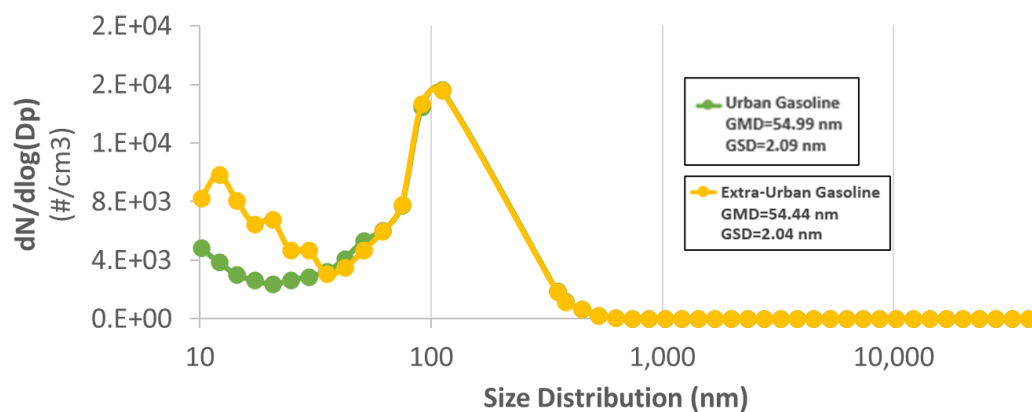


รูปที่ 4.5 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะนอกเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาค ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

4.1.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงจำนวนจากเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการขับขี่ตามสถานะในเมืองและสถานะนอกเมือง

อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินตามสถานะในเมือง มีการกระจายตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-111.37 nm โดยการกระจายตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่อนุภาคขนาด 111.37 nm มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.56×10^4 particles/cm³ มี Geometric mean diameter (GMD) และ Geometric standard deviation (GSD) เท่ากับ 54.99 และ 2.09 nm ตามลำดับ

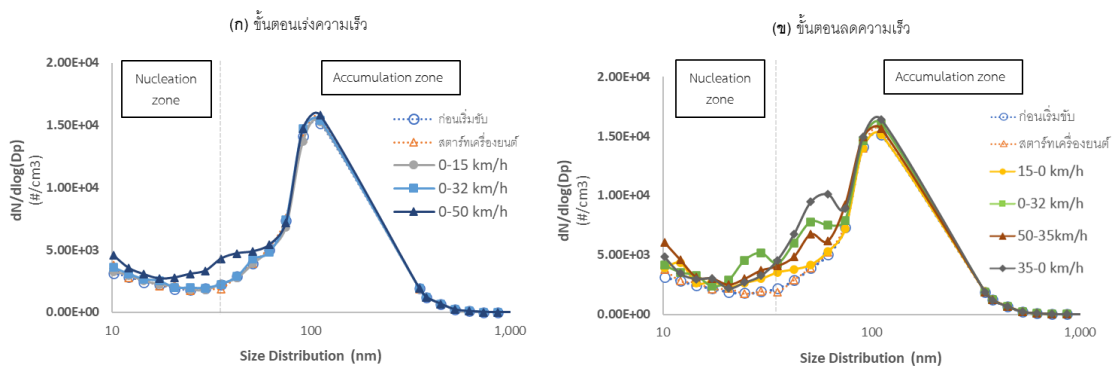
การจำลองการขับขี่ตามสถานะนอกเมือง อนุภาคมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 10-111.37 nm โดยมีอนุภาคขนาด 111.37 nm มีความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 1.55×10^4 particles/cm³ โดยผล GMD และ GSD มีค่าเท่ากับ 54.44 และ 2.04 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคในทั้งสองสถานะ พบว่าการกระจายตัวของอนุภาคจากสถานะนอกเมืองมีความเข้มข้นสูงกว่าสถานะในเมืองในช่วง 10-35.39 nm แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.6



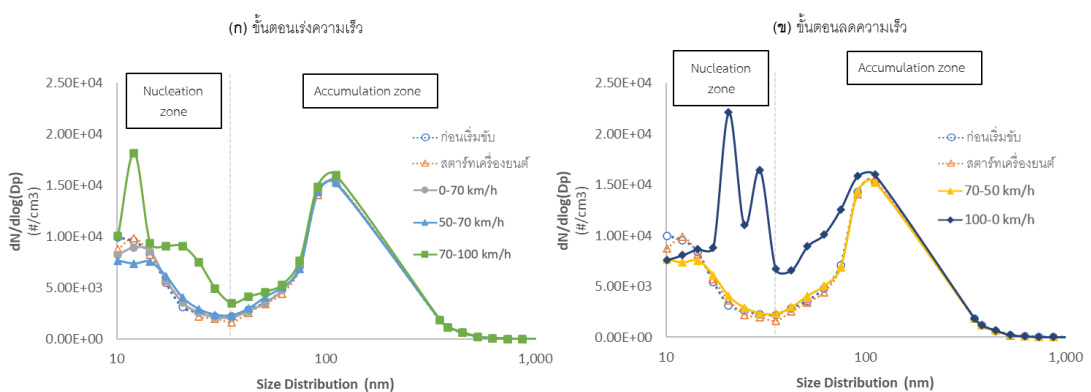
รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเฉลี่ยของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสถานะในเมืองและนอกเมือง

การกระจายตัวของอนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสถานะในเมือง พบว่าในช่วงเร่งความเร็วทุกช่วงมีการกระจายตัวสูงในช่วง 30-500 nm อนุภาคที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มของความเข้มข้นเชิงจำนวนเพิ่มขึ้นตามความเร็ว โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ความเร็ว 0-50 km/h ที่อนุภาคขนาด 111.37 nm และมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 1.58×10^4 particles/cm³ (GMD=53.37, GSD=2.12) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.7 (ก) ขณะที่ขั้นตอนการลดความเร็วทุกช่วง พบว่ามีการกระจายตัวสูงในช่วง 30-500 nm รวมไปถึงมีแนวโน้มการกระจายตัวของอนุภาคใกล้เคียงกับขั้นตอนเร่งความเร็วแต่มีความแตกต่างที่ความเข้มข้นของอนุภาคมีแนวโน้มที่ลดลง โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ขั้นตอน 50-35 km/h 35-0 km/h ที่อนุภาคขนาด 111.37 nm และมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 1.64×10^4 particles/cm³ (GMD=56.22, GSD=2.04) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.7 (ข)

การจำลองการขับชี้ตามสภาวะนอกเมืองมีการกระจายตัวสูงในทั้งสองช่วงคือ 10-30 nm และ 30-500 nm ในทุกชั้นตอนและพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ความเร็ว 70-100 km/h (GMD=45.85, GSD=2.13) ที่อนุภาคขนาด 12.10 nm และมีความเข้มข้น 1.81×10^4 particles/cm³ ที่ช่วง 10-30 nm และที่อนุภาคขนาด 111.37 nm และมีความเข้มข้น 1.59×10^4 particles/cm³ ที่ช่วง 30-500 nm แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.8 (ก) ในขณะที่ชั้นตอนการลดความเร็ว อนุภาคมีการกระจายตัวสูงในช่วง ในช่วง 10-30 nm และ 30-500 nm โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ชั้นตอน 100-0 km/h ที่อนุภาคขนาด 20.60 nm และมีความเข้มข้น 2.21×10^4 particles/cm³ (GMD=46.93, GSD=1.99) ที่ช่วง 10-30 nm และที่อนุภาคขนาด 111.37 nm และมีความเข้มข้น 1.59×10^4 particles/cm³ ที่ช่วง 30-500 nm แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.8 (ข)

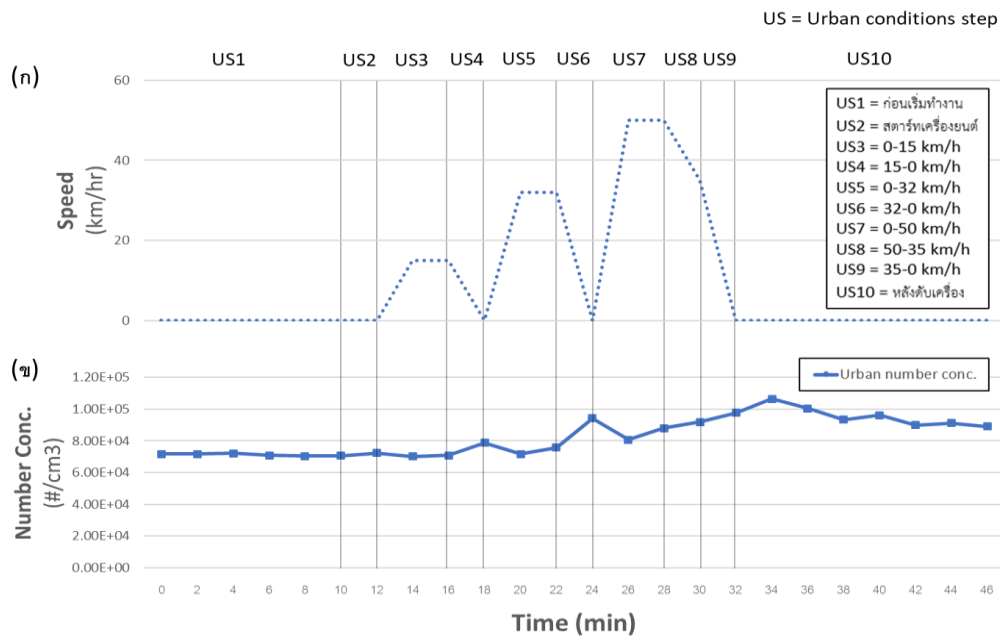


รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะในเมือง (ก) ชั้นตอนเร่งความเร็ว (ข) ชั้นตอนลดความเร็ว

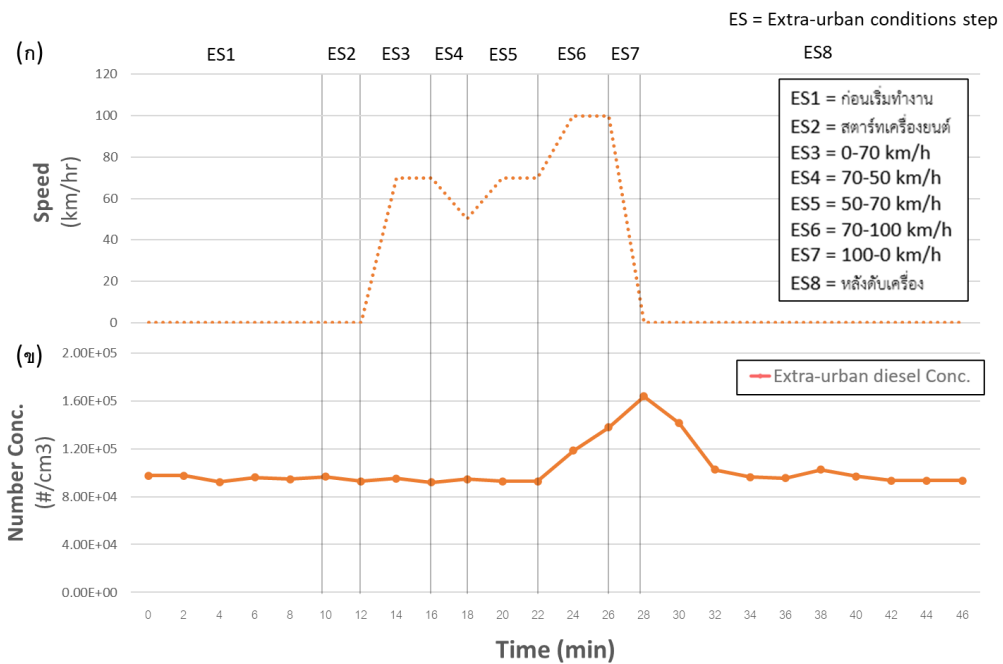


รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง (ก) ชั้นตอนเร่งความเร็ว (ข) ชั้นตอนลดความเร็ว

การศึกษาความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนในสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง ขณะขับชี้พบว่า ทั้งสองสภาวะการขับชี้มีความเข้มข้นเชิงจำนวนที่แนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อทำการเร่งความเร็ว โดยเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเร่งความเร็วจาก 70-100 km ที่การขับชี้ในสภาวะนอกเมือง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นเชิงจำนวนยังคงเพิ่มขึ้นขณะลดความเร็วในการขับชี้ แสดงดังรูปที่ 4.9 (ก) และรูปที่ 4.10 (ข)



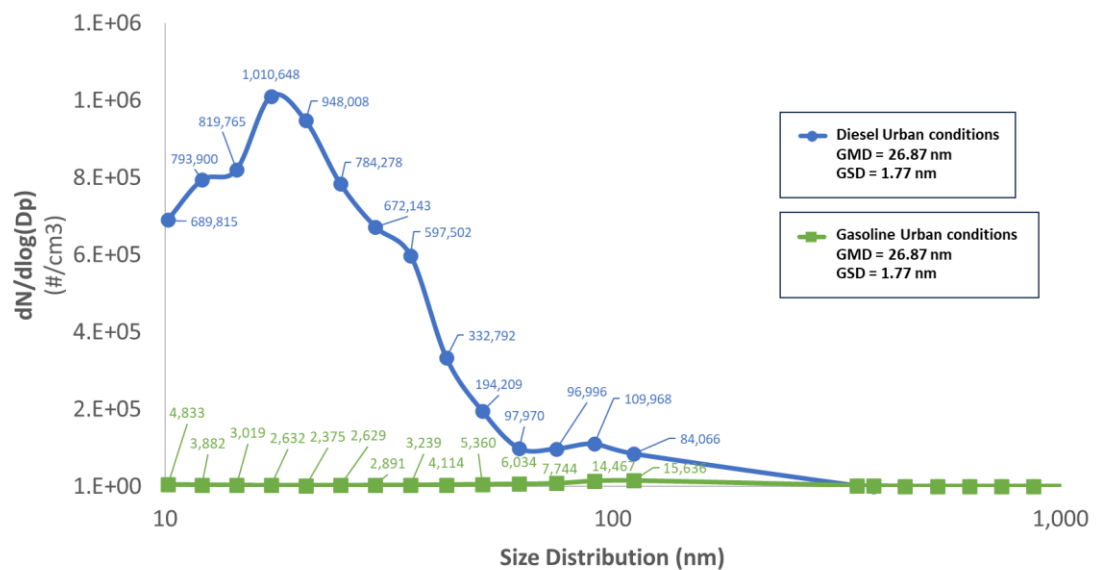
รูปที่ 4.9 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับชี้ตามสภาวะในเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะในเมือง



รูปที่ 4.10 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะนอกเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

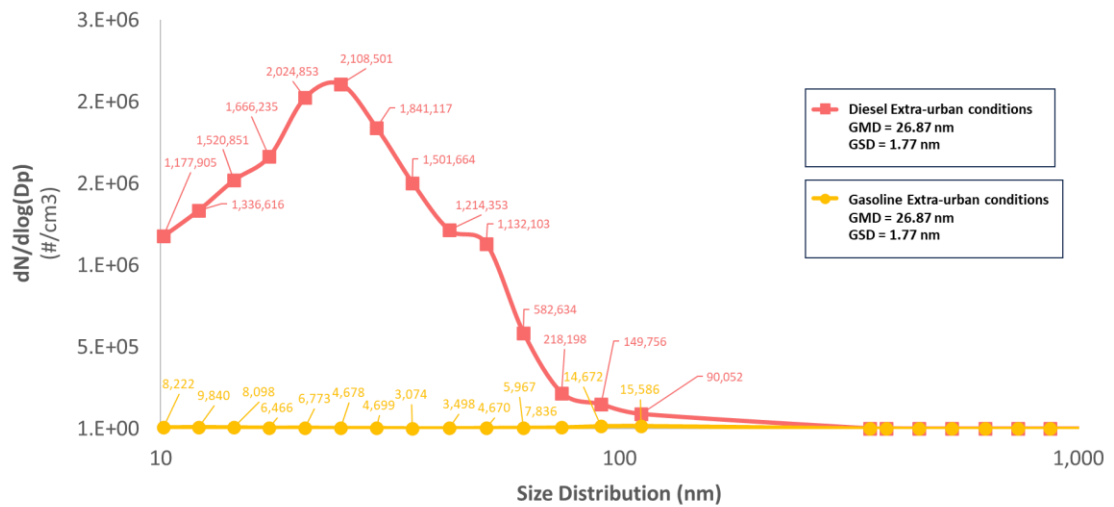
4.1.3 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงและความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซีนจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงจำนวนเฉลี่ยของอนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซีนตามสภาวะในเมือง พบว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายตัวเชิงจำนวนสูงกว่าและเครื่องยนต์เบนซีนในช่วง 10-100 nm และความเข้มข้นของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายเชิงจำนวนตัวที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซีน โดยเครื่องยนต์ดีเซลพบการกระจายตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่อนุภาคขนาด 17.24 nm มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.01×10^6 particles/cm³ (GSD= 26.87, GMD=1.77) และเครื่องยนต์เบนซีนพบการกระจายตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่อนุภาคขนาด 111.37 nm มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.56×10^4 particles/cm³ (GSD= 54.99, GMD=2.09) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.11



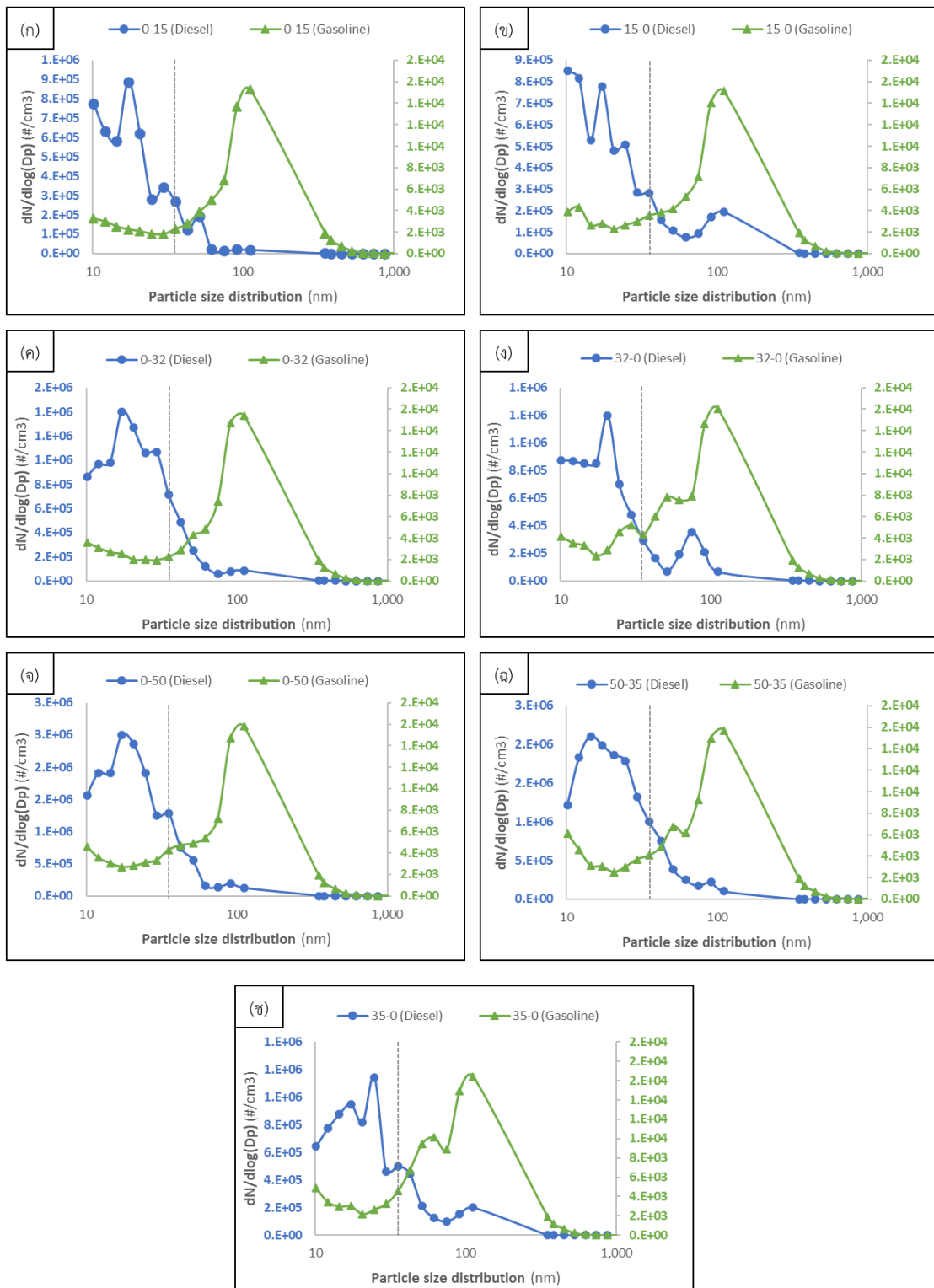
รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่ยานยนต์ตามสภาวะในเมือง

การเปรียบเทียบการกระจายตัวเฉลี่ยของอนุภาคจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจากการจำลองการขับขี่ยานยนต์ตามสภาวะนอกเมือง พบว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายตัวเชิงจำนวนสูงกว่าและเครื่องยนต์เบนซินในช่วง 10-100 nm และความเข้มข้นของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายเชิงจำนวนตัวที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน โดยเครื่องยนต์ดีเซลพบการกระจายตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่อนุภาคขนาด 24.64 nm มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.11×10^6 particles/cm³ (GSD= 29.58, GMD=1.69) และเครื่องยนต์เบนซินพบการกระจายตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่อนุภาคขนาด 111.37 nm มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.56×10^4 particles/cm³ (GSD= 54.44, GMD=2.04) แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.12



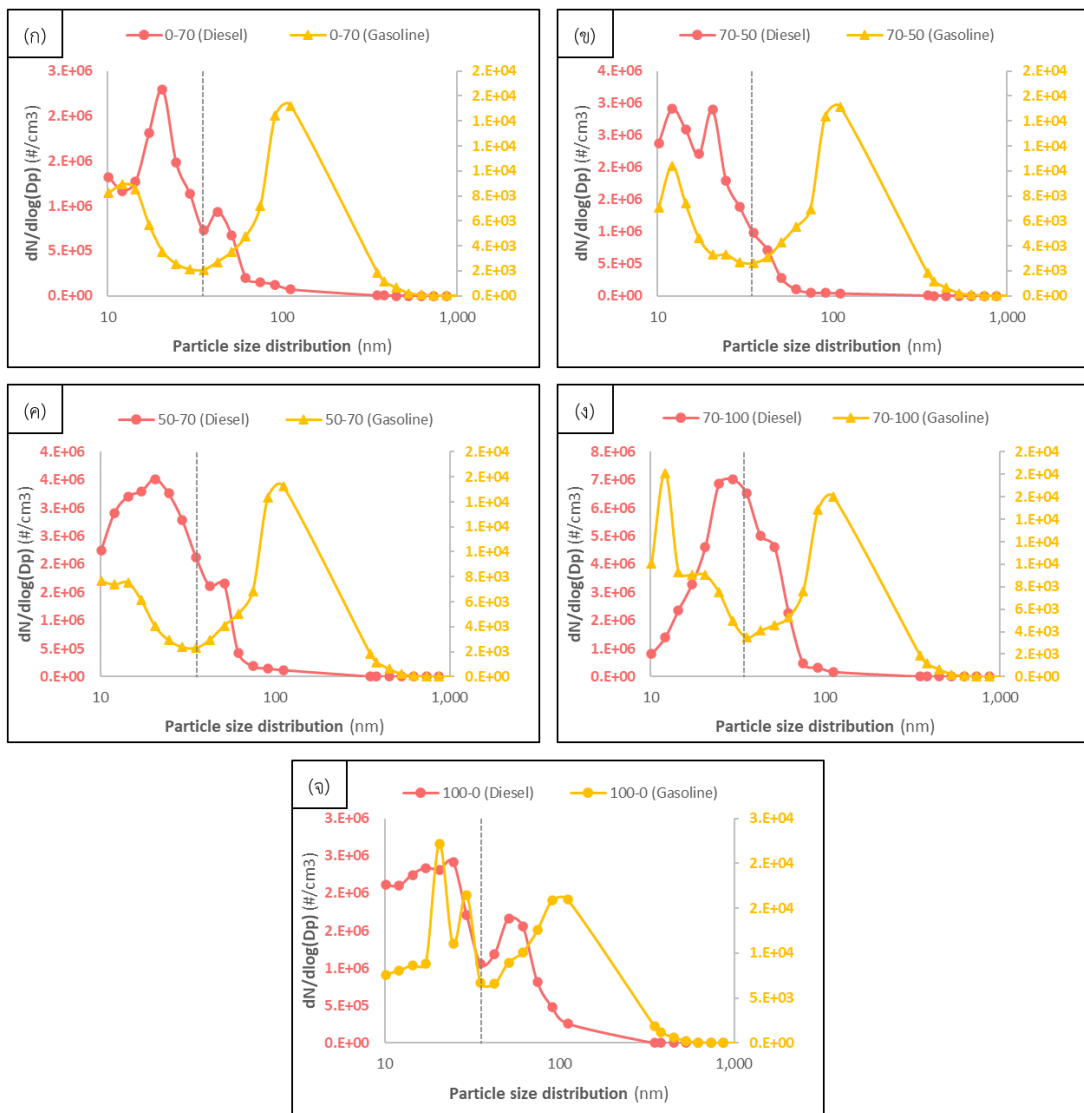
รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

เมื่อเปรียบเทียบโดยแบ่งตามขั้นตอนการจำลองการขับซีตามสภาวะในเมือง เครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายตัวของอนุภาคในช่วง 10-30 nm มากที่สุด โดยพบความเข้มข้นสูงสุดที่ความเร็ว 0-50 km/h ที่อนุภาคขนาด 17.24 nm โดยมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 2.49×10^7 particles/cm³ ในขณะที่อนุภาคเบนซินพบการกระจายตัวในช่วงที่มากกว่า 30-500 nm โดยพบความเข้มข้นสูงสุดที่ความเร็ว 35-0 km/h ที่อนุภาคขนาด 111.37 nm และมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 1.64×10^4 particles/cm³ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ก-ข แสดงการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลอง การทดสอบการขับขี้นยนต์ตามสภาวะในเมืองโดยแบ่งตามขั้นตอนการขับขี้น

เมื่อเปรียบเทียบโดยแบ่งตามขั้นตอนการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกเมือง เครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายตัวของอนุภาคในช่วง 10-30 nm มากที่สุด โดยพบความเข้มข้นสูงสุดที่ความเร็ว 70-50 km/h ที่อนุภาคขนาด 20.60 nm โดยมีความเข้มข้นเชิงจำนวน 2.89×10^7 particles/cm³ ในขณะที่อนุภาคเบนซินส่วนใหญ่มีการกระจายตัวสูงในอนุภาคที่มีขนาดมากกว่า 30 nm ขึ้นไป และพบอนุภาคบางขนาดที่มีการกระจายตัวสูงในช่วง 10-30 nm โดยพบความเข้มข้นเชิงจำนวนสูงสุดที่ความเร็ว 100-0 km/h ที่อนุภาคขนาด 20.60 nm และมีความเข้มข้น 2.21×10^4 particles/cm³ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ก-จ แสดงการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมืองโดยแบ่งตามขั้นตอนการขับขี่

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซนต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

ขั้นตอนการขับขี่	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงจำนวน (Particles/cm ³)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
ก่อนเริ่มขับ	5	6.38E+04	1.99E+04	0.236	0.200
สตาร์ทเครื่องยนต์	5	5.80E+06	4.37E+06	0.243	0.200
0-15	5	4.77E+06	3.00E+06	0.159	0.200
15-0	5	5.12E+06	1.17E+06	0.164	0.200
0-32	5	9.32E+06	7.61E+06	0.221	0.200
32-0	5	7.12E+06	3.49E+06	0.198	0.200
0-50	5	1.64E+07	7.93E+06	0.187	0.200
50-35	5	1.49E+07	7.94E+06	0.211	0.200
35-0	5	7.20E+06	2.80E+06	0.204	0.200
หลังการขับ	5	7.59E+05	1.28E+05	0.281	0.200

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

ขั้นตอนการขับขี่	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงจำนวน (Particles/cm ³)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
ก่อนเริ่มขับ	5	5.17E+04	8.24E+03	0.349	0.051
สตาร์ทเครื่องยนต์	5	5.27E+04	1.11E+04	0.252	0.200
0-15	5	5.11E+04	8.25E+03	0.345	0.051
15-0	5	5.95E+04	1.53E+04	0.229	0.200
0-32	5	5.42E+04	1.13E+04	0.201	0.200
32-0	5	7.41E+04	3.93E+04	0.372	0.230
0-50	5	6.44E+04	2.38E+04	0.373	0.220
50-35	5	7.21E+04	4.11E+04	0.383	0.160
35-0	5	7.72E+04	5.38E+04	0.405	0.070
หลังการขับ	5	7.53E+04	4.31E+04	0.367	0.260

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นที่ขั้นตอนสตาร์ทเครื่องยนต์ และขั้นตอนเร่งความเร็วจาก 0-32 km/h ที่มีความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะในเมือง

ขั้นตอนการขับซี	เครื่องยนต์	ความเข้มข้นเชิงจำนวน (Particles/cm ³)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
ก่อนเริ่มขับ	ดีเซล	6.38E+04	1.99E+04	8	1.21E+04	1.08E+04	1.119	0.296
	เบนซิน	5.17E+04	8.24E+03					
สตาร์ทเครื่องยนต์	ดีเซล	5.80E+06	4.37E+06	4	5.74E+06	2.19E+06	2.627	0.058
	เบนซิน	5.27E+04	1.11E+04					
0-15	ดีเซล	4.77E+06	3.00E+06	4	4.72E+06	1.50E+06	3.146	0.035*
	เบนซิน	5.11E+04	8.25E+03					
15-0	ดีเซล	5.12E+06	1.17E+06	4.001	5.06E+06	5.86E+05	8.634	0.001*
	เบนซิน	5.95E+04	1.53E+04					
0-32	ดีเซล	9.32E+06	7.61E+06	4	9.26E+06	3.81E+06	2.433	0.072
	เบนซิน	5.42E+04	1.13E+04					
32-0	ดีเซล	7.12E+06	3.49E+06	4.001	7.04E+06	1.75E+06	4.035	0.016*
	เบนซิน	7.41E+04	3.93E+04					
0-50	ดีเซล	1.64E+07	7.93E+06	4	1.64E+07	3.96E+06	4.131	0.014*
	เบนซิน	6.44E+04	2.38E+04					
50-35	ดีเซล	1.49E+07	7.94E+06	4	1.48E+07	3.97E+06	3.736	0.020*
	เบนซิน	7.21E+04	4.11E+04					
35-0	ดีเซล	7.20E+06	2.80E+06	4.003	7.12E+06	1.40E+06	5.078	0.007*
	เบนซิน	7.72E+04	5.38E+04					
หลังการขับ	ดีเซล	7.59E+05	1.28E+05	8	6.84E+05	6.74E+04	10.145	0.000*
	เบนซิน	7.53E+04	4.31E+04					

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

ขั้นตอนการขับขี่	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงจำนวน (Particles/cm ³)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
ก่อนเริ่มขับ	5	1.18E+05	2.85E+04	0.231	0.2
สตาร์ทเครื่องยนต์	5	3.88E+06	4.11E+06	0.346	0.2
0-70	5	1.33E+07	1.63E+07	0.357	0.2
70-50	5	1.83E+07	1.25E+07	0.169	0.2
50-70	5	2.74E+07	9.34E+06	0.202	0.2
70-100	5	4.56E+07	1.45E+07	0.3	0.161
100-0	5	2.20E+07	1.16E+07	0.153	0.2
หลังการขับ	5	1.24E+06	3.76E+05	0.144	0.2

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

ขั้นตอนการขับขี่	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงจำนวน (Particles/cm ³)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
ก่อนเริ่มขับ	5	7.61E+04	7.06E+04	0.436	0.200
สตาร์ทเครื่องยนต์	5	7.34E+04	7.45E+04	0.437	0.200
0-70	5	7.43E+04	6.90E+04	0.449	0.200
70-50	5	7.56E+04	7.40E+04	0.434	0.200
50-70	5	7.36E+04	5.99E+04	0.432	0.200
70-100	5	1.08E+05	8.55E+04	0.293	0.185
100-0	5	1.44E+05	1.08E+05	0.219	0.2
หลังการขับ	5	8.35E+04	7.66E+04	0.377	0.019

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ขั้นตอนลดความเร็วจาก 70-50 km/h ถึงขั้นตอนหลังการขับ ในขณะที่ขั้นตอนสตาร์ทเครื่องยนต์ถึงขั้นตอนเร่งความเร็วจาก 0-70 km/h อนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินอนุภาคมีความเข้มข้นเชิงจำนวนที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

ขั้นตอนการขับซี	เครื่องยนต์	ความเข้มข้นเชิงจำนวน (Particles/cm ³)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
ก่อนเริ่มขับ	ดีเซล	1.18E+05	2.55E+04	8	4.23E+04	3.41E+04	1.241	0.250
	เบนซิน	7.61E+04	6.32E+04					
สตาร์ทเครื่องยนต์	ดีเซล	3.88E+06	3.67E+06	4.003	3.80E+06	1.84E+06	2.069	0.107
	เบนซิน	7.34E+04	6.66E+04					
0-70	ดีเซล	1.33E+07	1.45E+07	4	1.32E+07	7.27E+06	1.817	0.143
	เบนซิน	7.43E+04	6.17E+04					
70-50	ดีเซล	1.83E+07	1.12E+07	4	1.82E+07	5.58E+06	3.266	0.031*
	เบนซิน	7.56E+04	6.62E+04					
50-70	ดีเซล	2.74E+07	8.36E+06	4	2.73E+07	4.18E+06	6.53	0.003*
	เบนซิน	7.36E+04	5.36E+04					
70-100	ดีเซล	4.56E+07	1.30E+07	8	4.55E+07	6.50E+06	6.995	0.000*
	เบนซิน	1.08E+05	7.64E+04					
100-0	ดีเซล	2.20E+07	1.04E+07	4.001	2.18E+07	5.20E+06	4.199	0.014*
	เบนซิน	1.44E+05	9.69E+04					
หลังการขับ	ดีเซล	1.24E+06	3.36E+05	8	1.16E+06	1.72E+05	6.763	0.000*
	เบนซิน	8.35E+04	6.85E+04					

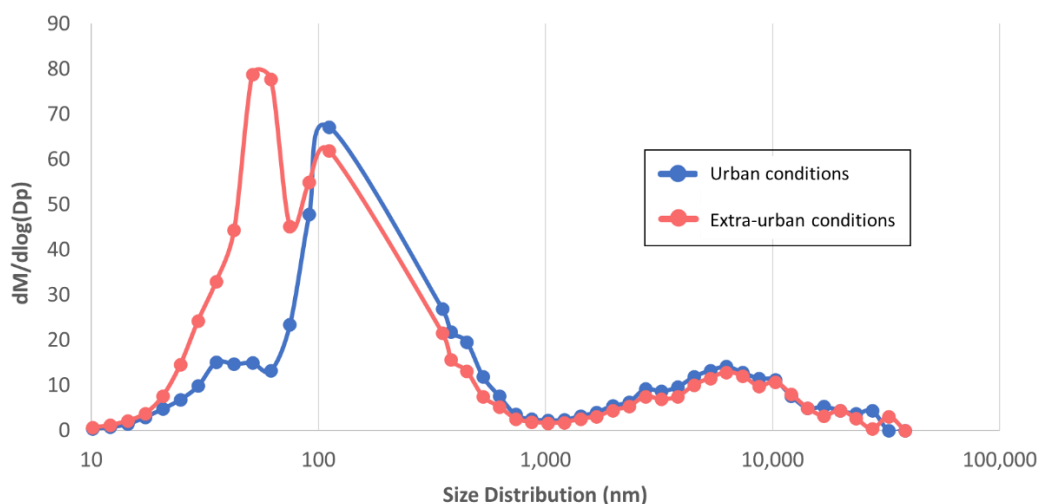
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวล (Particle Mass Size Distribution and Concentration)

4.2.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลจากเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

อนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองมีการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยในช่วง 10-111.37 nm สูงที่สุด โดยกระจายตัวสูงที่สุดที่อนุภาคขนาด 111.37 nm ที่ความเข้มข้นเชิงมวลเท่ากับ $67.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในการจำลองการขับขี่ตามนอกเมือง อนุภาคมีการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยสูงในช่วง 10-111.37 nm โดยกระจายตัวสูงที่สุดที่อนุภาคขนาด 51.18 nm ที่ความเข้มข้นเชิงมวลเท่ากับ $78.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$

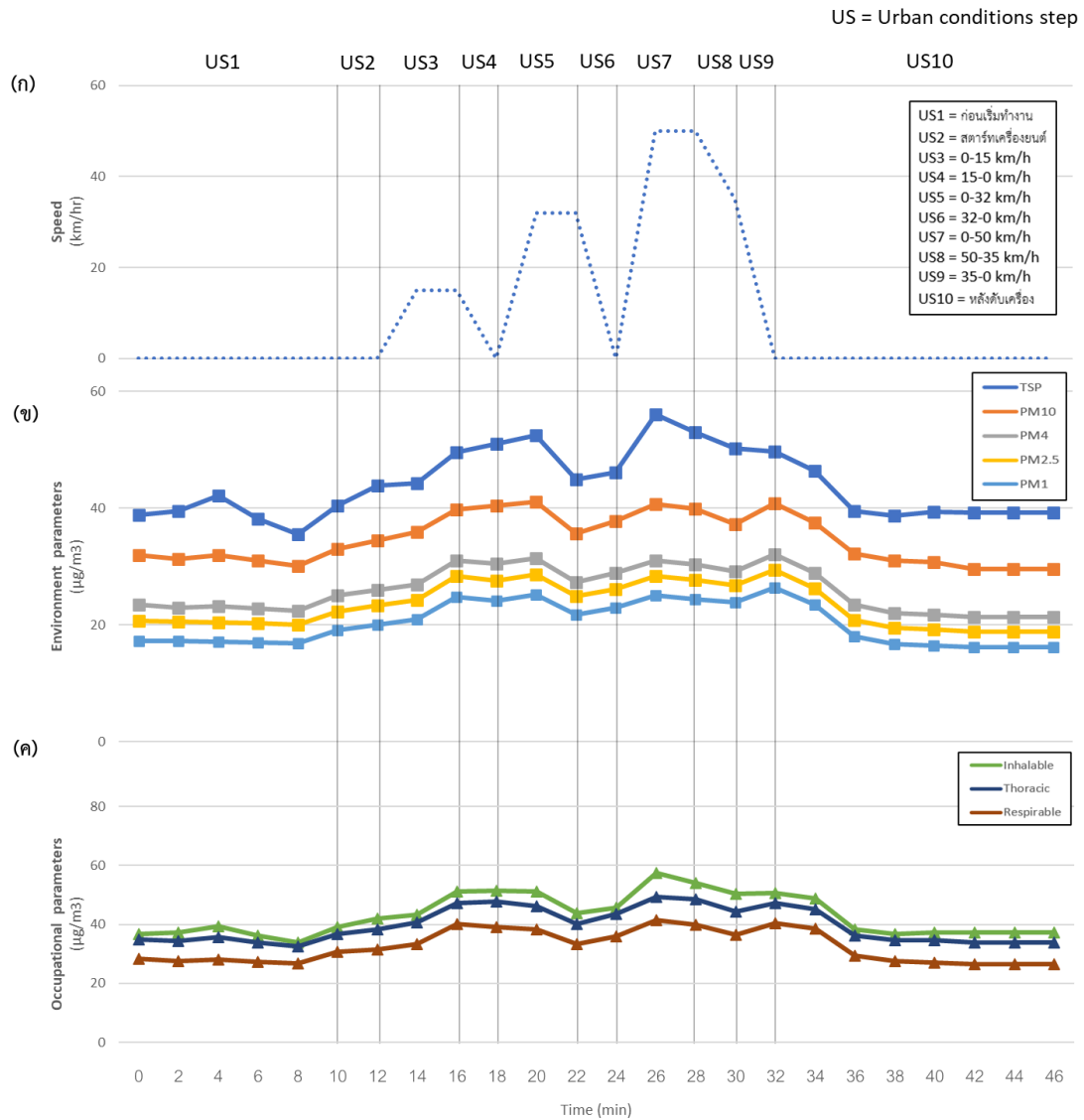
เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลของทั้งสองสภาวะการขับขี่ พบว่าสภาวะนอกเมืองมีการกระจายตัวเชิงมวลที่สูงกว่าสภาวะในเมืองในช่วง 10-100 nm แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลของอนุภาคดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมืองและนอกเมือง

ความเข้มข้นเชิงมวลของสภาวะในเมืองที่จำแนกตาม Environmental Parameters และ Occupational Parameters ตามมาตรฐาน EN 481 พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลเมื่อจำแนกตาม Environmental Parameters ความเข้มข้นเชิงมวลของ Total Suspended Particulate (TSP) สูงที่สุดในทุกขั้นตอนการขับขี่ รองลงมาคือ PM_{10} , PM_4 , $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 ตามลำดับ โดย TSP ที่สภาวะในเมืองมีความเข้มข้นสูงสุดที่ขั้นตอนเร่งความเร็วจาก 0-50 km/h ที่ความเข้มข้น $56.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่า Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดทุกขั้นตอนการขับขี่ รองลงมาคือ Thoracic dust และ Respirable dust ตามลำดับ โดย Inhalable dust มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ขั้นตอนเร่งความเร็วจาก 0-50 km/h ที่ความเข้มข้น $57.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$

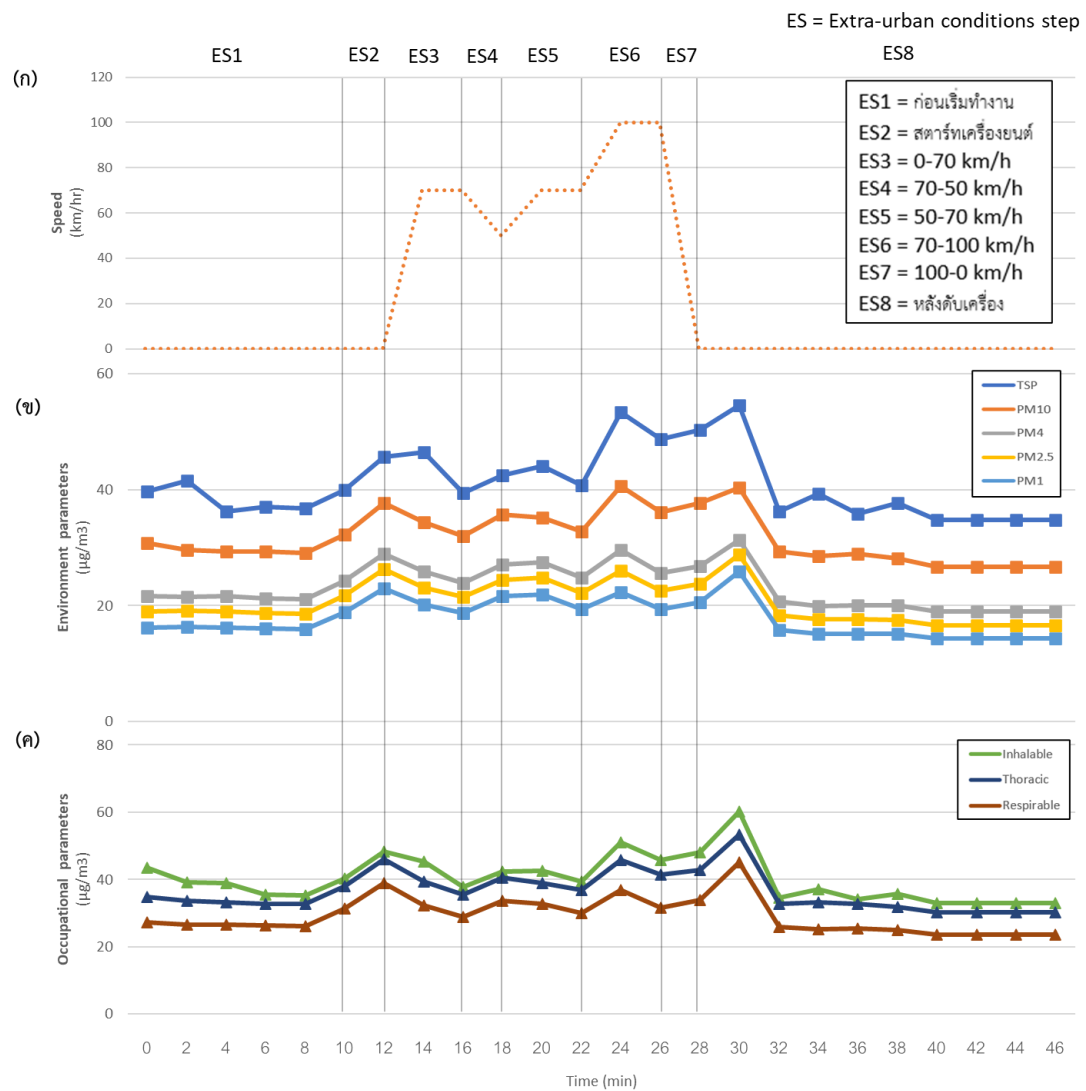
เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มความเข้มข้นเชิงมวลขณะขับขี่ พบว่าที่สภาวะในเมืองแนวโน้มของความเข้มข้นเชิงมวลจะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเร่งความเร็ว ในขณะที่เดียวกันความเข้มข้นเชิงมวลลดลงเมื่อลดความเร็วในการขับขี่ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะในเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลจำแนกตาม Environmental Parameters (ค) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลจำแนกตาม Occupational Parameters

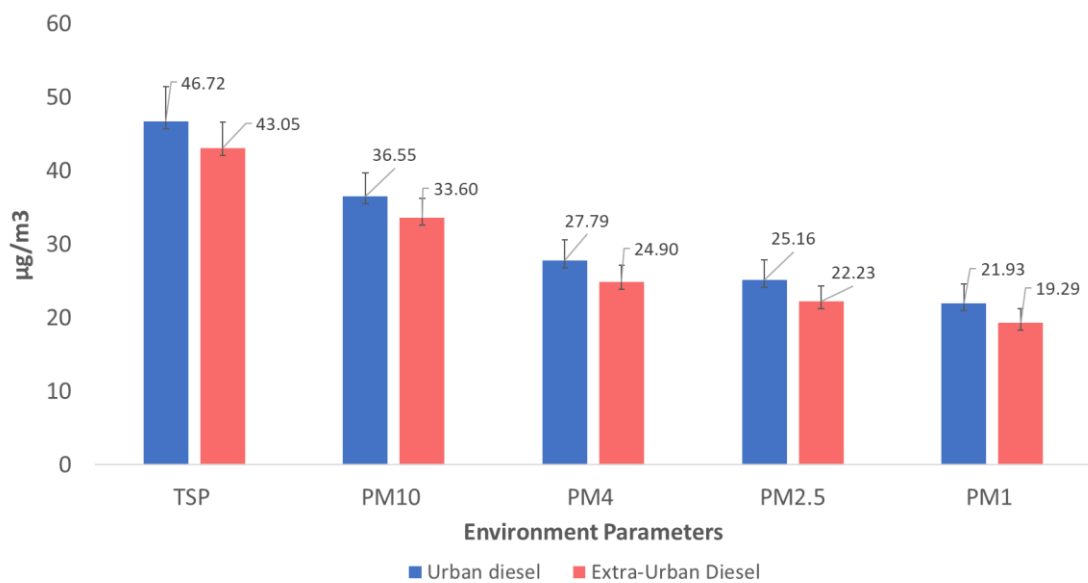
ความเข้มข้นเชิงมวลของสภาวะนอกเมืองที่จำแนกตาม Environmental Parameters พบว่า TSP มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ขึ้นตอนลดความเร็วจาก 100-0 km/h ที่ความเข้มข้น 54.60 µg/m³ และเมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่า Inhalable dust มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ขึ้นตอนลดความเร็วจาก 100-0 km/h ที่ความเข้มข้น 60.13 µg/m³

แนวโน้มความเข้มข้นเชิงมวลขณะขับขี่ของสภาวะนอกเมือง พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเร่งความเร็วและความเข้มข้นเชิงมวลเพิ่มขึ้นในขณะที่ลดความเร็วแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะนอกเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลจำแนกตาม Environmental Parameters (ค) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคดีเซลจำแนกตาม Occupational Parameters

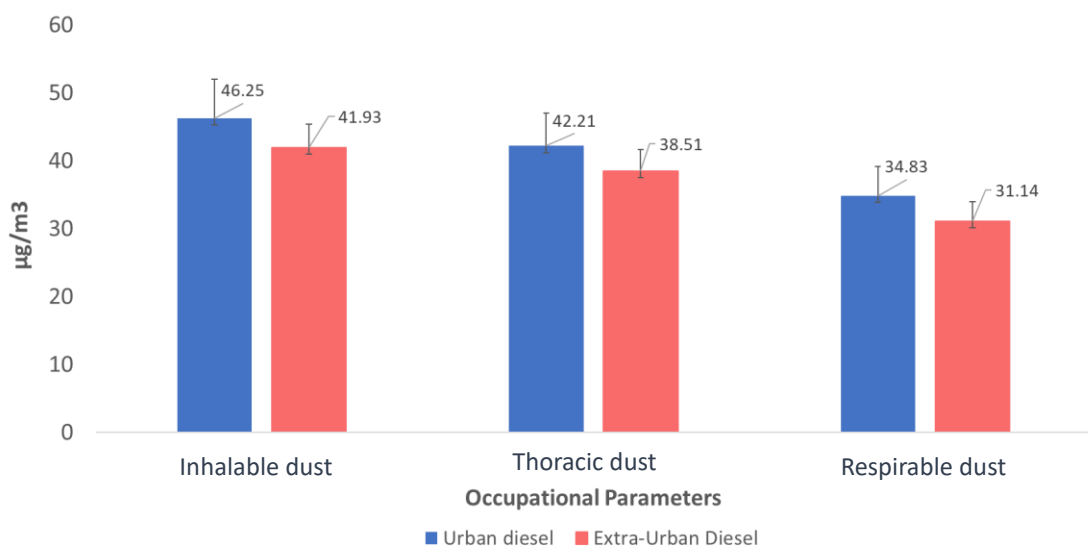
จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยทุกชั้นตอนของอนุภาคภายใต้การจำลองการจำลองการขับเคลื่อนตามสถานะในเมืองและนอกเมืองของเครื่องยนต์ดีเซลจำแนกตาม Environmental Parameters พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของสถานะในเมืองสูงกว่าสถานะนอกเมืองทุกพารามิเตอร์และ TSP มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดในทั้งสองสถานะการขับเคลื่อน โดย TSP มีความเข้มข้นสูงกว่า PM₁₀, PM₄, PM_{2.5} และ PM₁ ที่สถานะในเมือง 1.27, 1.68, 1.85 และ 2.13 เท่าตามลำดับ ขณะที่ TSP จากการจำลองการขับเคลื่อนตามสถานะนอกเมืองมีความเข้มข้นสูงกว่า PM₁₀, PM₄, PM_{2.5} และ PM₁ ที่สถานะนอกเมือง 1.28, 1.72, 1.93 และ 2.23 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลจำแนกตาม Environmental Parameters ของอนุภาคดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสถานะในเมืองและนอกเมือง

การเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยทุกชั้นตอนของอนุภาคภายใต้การจำลองการจำลองการขับซีรถยนต์ตามสถานะในเมืองและนอกเมืองโดยจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลของสถานะในเมืองสูงกว่าสถานะนอกเมืองทุกพารามิเตอร์

ขณะที่สถานะในเมือง Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดในทั้งสองสถานะการขับซี โดย Inhalable dust ที่สถานะในเมืองมีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า Thoracic dust และ Respirable dust 1.09 และ 1.32 เท่าตามลำดับ ขณะที่การจำลองการขับซีตามสถานะนอกเมืองพบว่า Inhalable dust มีความเข้มข้นสูงกว่า Thoracic dust และ Respirable dust 1.08 และ 1.34 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลจำแนกตาม Occupational Parameters ของอนุภาคดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรถยนต์ตามสถานะในเมืองและนอกเมือง

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซนต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
TSP	5	4.67E+01	1.70E+01	0.196	0.200
PM ₁₀	5	3.66E+01	1.43E+01	0.175	0.200
PM ₄	5	2.78E+01	1.08E+01	0.204	0.200
PM _{2.5}	5	2.52E+01	9.73E+00	0.198	0.200
PM ₁	5	2.19E+01	8.26E+00	0.201	0.200
Inhalable dust	5	4.63E+01	1.58E+01	0.189	0.200
Thoracic dust	5	4.22E+01	1.52E+01	0.205	0.200
Respirable dust	5	3.48E+01	1.25E+01	0.185	0.200

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
TSP	5	4.71E+01	1.43E+01	0.297	0.173
PM ₁₀	5	3.59E+01	1.21E+01	0.250	0.200
PM ₄	5	2.57E+01	9.63E+00	0.202	0.200
PM _{2.5}	5	2.29E+01	8.47E+00	0.206	0.200
PM ₁	5	1.98E+01	7.07E+00	0.209	0.200
Inhalable dust	5	4.57E+01	1.29E+01	0.276	0.200
Thoracic dust	5	4.17E+01	1.18E+01	0.254	0.200
Respirable dust	5	3.28E+01	1.06E+01	0.213	0.200

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองและนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองสูงกว่าการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกเมืองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคที่ละลายภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะในเมืองและนอกเมือง

พารามิเตอร์	สภาวะการขับชี้	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
TSP	ในเมือง	4.67E+01	1.87E+01	8	-4.13E-01	9.93E+00	-0.042	0.968
	นอกเมือง	4.31E+01	2.05E+01					
PM ₁₀	ในเมือง	3.66E+01	1.50E+01	8	6.58E-01	8.38E+00	0.078	0.939
	นอกเมือง	3.36E+01	1.55E+01					
PM ₄	ในเมือง	2.78E+01	1.16E+01	8	2.04E+00	6.49E+00	0.315	0.761
	นอกเมือง	2.49E+01	1.10E+01					
PM _{2.5}	ในเมือง	2.52E+01	1.05E+01	8	2.31E+00	5.77E+00	0.4	0.700
	นอกเมือง	2.22E+01	9.51E+00					
PM ₁	ในเมือง	2.19E+01	9.01E+00	8	2.09E+00	4.86E+00	0.43	0.679
	นอกเมือง	1.92E+01	8.06E+00					
Inhalable dust	ในเมือง	4.63E+01	1.77E+01	8	5.82E-01	9.14E+00	0.064	0.951
	นอกเมือง	4.19E+01	1.88E+01					
Thoracic dust	ในเมือง	4.22E+01	1.62E+01	8	5.14E-01	8.59E+00	0.06	0.954
	นอกเมือง	3.85E+01	1.67E+01					
Respirable dust	ในเมือง	3.48E+01	1.37E+01	8	1.99E+00	7.34E+00	0.271	0.793
	นอกเมือง	3.41E+01	1.32E+01					

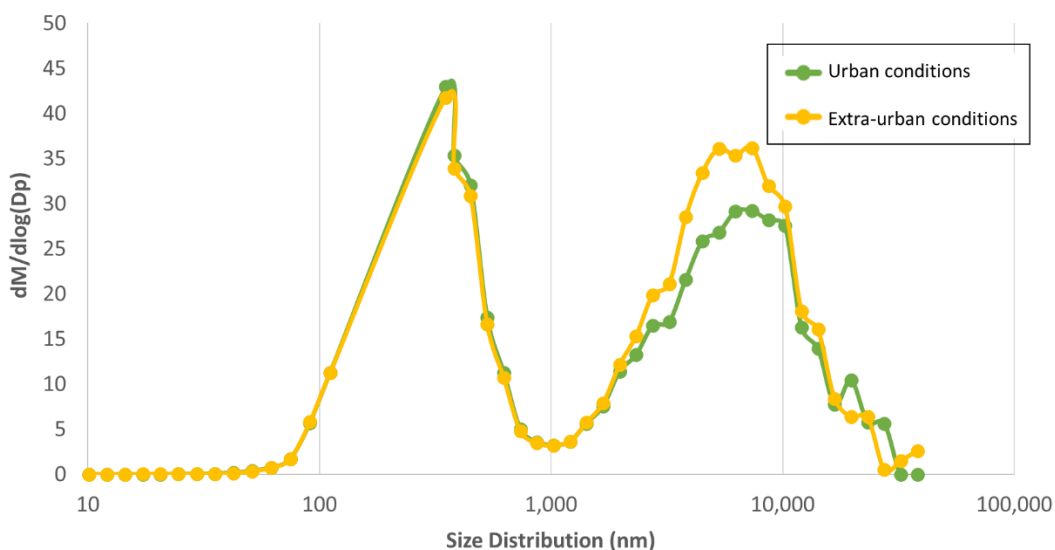
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาคของเครื่องยนต์เบนซินตามสถานะในเมืองและสถานะนอกเมือง

อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับซีตามสถานะในเมือง พบว่าอนุภาคมีการกระจายตัวสูงสุดในสองช่วงได้แก่ ช่วงที่หนึ่งขนาดของอนุภาคเท่ากับ 91.05-737.02 nm และช่วงที่สองขนาดของอนุภาคเท่ากับ 1,422.66-23,301.03 nm โดยช่วงที่หนึ่งมีการกระจายตัวสูงที่สุดที่อนุภาคขนาด 351 nm ที่ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ $42.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ขณะที่ช่วงที่สองมีการกระจายตัวสูงที่สุดที่อนุภาคขนาด 7,368.58 nm ที่ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ $29.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

ขณะที่สถานะนอกเมืองอนุภาคมีการกระจายตัวสองช่วงเช่นเดียวกับสถานะในเมือง โดยช่วงที่หนึ่งมีการกระจายตัวสูงที่สุดที่อนุภาคขนาด 351 nm ที่ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ $41.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และช่วงที่สองมีการกระจายตัวสูงที่สุดที่อนุภาคขนาด 7,368.58 nm ที่ความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ $36.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลของทั้งสองสถานะการขับซี พบว่าที่ช่วงที่หนึ่ง (91.05-737.02 nm) มีการกระจายตัวเชิงมวลที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ช่วงที่สอง (1,422.66-23,301.03) สถานะนอกเมืองมีการกระจายตัวที่สูงกว่าสถานะในเมือง แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.20

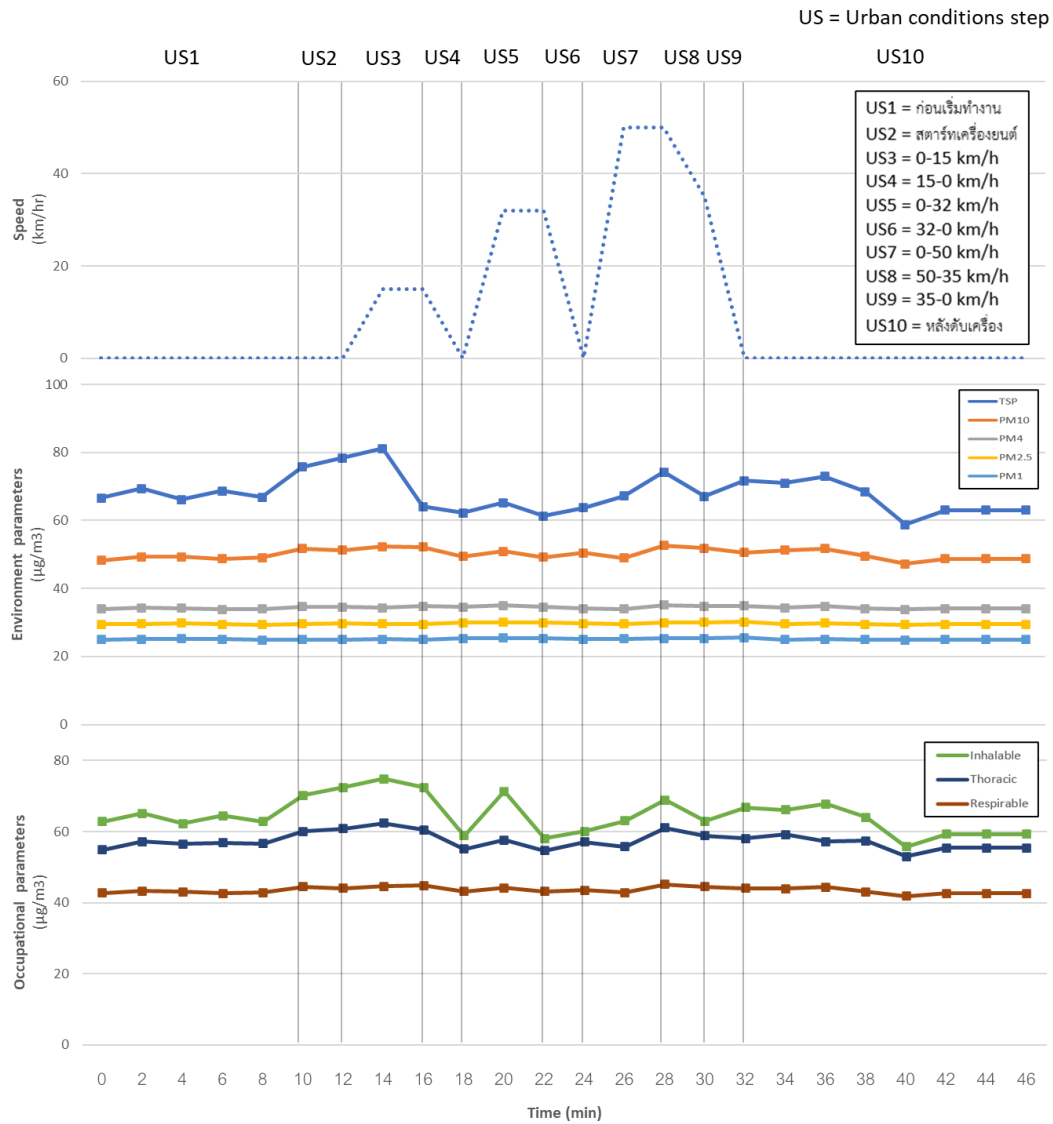


รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรถยนต์ตามสถานะในเมืองและนอกเมือง

ความเข้มข้นเชิงมวลของสถานะในเมืองจำแนกตาม Environmental Parameters พบว่า TSP มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดในทุกขั้นตอนการขับซี รองลงมาคือ PM_{10} , PM_4 , $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 ตามลำดับ โดย TSP ที่สถานะในเมืองมีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ขั้นตอนเร่งความเร็วจาก 0-15 km/h ที่ความเข้มข้น $81.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่า Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดทุกขั้นตอนการขับซี รองลงมาคือ Thoracic dust และ Respirable dust

ตามลำดับ โดย Inhalable dust มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ขั้นตอนเร่งความเร็วจาก 0-15 km/h ที่ความเข้มข้น 74.81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

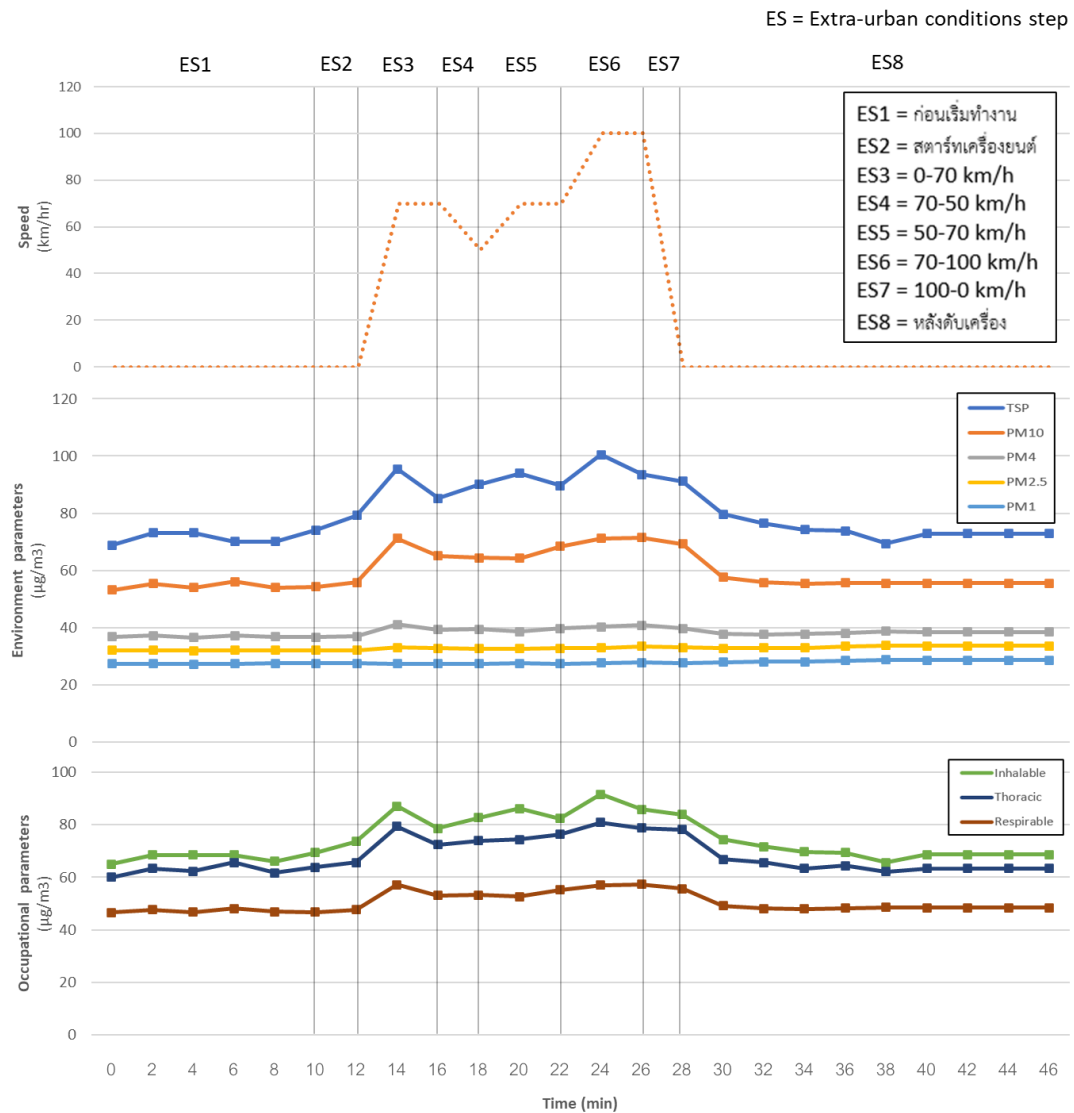
ในส่วนของแนวโน้มความเข้มข้นเชิงมวลขณะขับขี่ พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลจะขึ้นเมื่อทำการเร่งความเร็ว ในขณะที่เดียวกันความเข้มข้นเชิงมวลจะลดลงเมื่อลดความเร็วในการขับขี่ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะในเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนจำแนกตาม Environmental Parameters (ค) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนจำแนกตาม Occupational Parameters

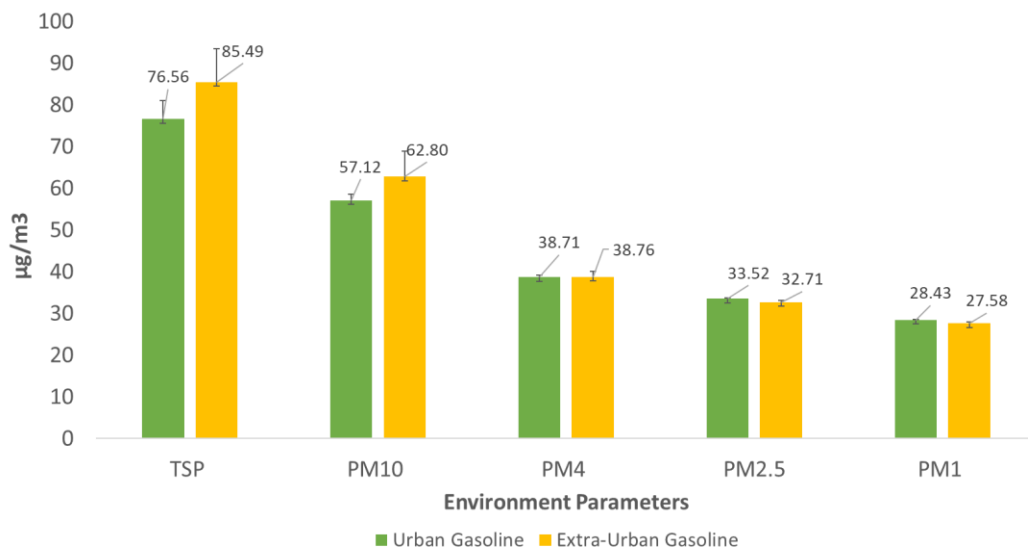
ความเข้มข้นเชิงมวลของสภาวะนอกเมืองจำแนกตาม Environmental Parameters พบว่า TSP มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดในทุกชั้นตอนการขับเคลื่อนของลม คือ PM_{10} , PM_4 , $PM_{2.5}$ และ PM_1 ตามลำดับ โดย TSP มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดที่ชั้นตอนลดความเร็วจาก 70-100 km/h ที่ความเข้มข้น $100.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่า Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดทุกชั้นตอนการขับเคลื่อนของลม คือ Thoracic dust และ Respirable dust ตามลำดับ และ Inhalable dust มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ชั้นตอนลดความเร็วจาก 70-100 km/h ที่ความเข้มข้น $91.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

แนวโน้มความเข้มข้นเชิงมวลขณะขับเคลื่อนของทั้งสองสภาวะ พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลจะขึ้นเมื่อทำการเร่งความเร็ว ยกเว้นในชั้นตอนลดความเร็วจาก 70-50 km/h พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลจะเพิ่มขึ้นลดความเร็ว แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.22



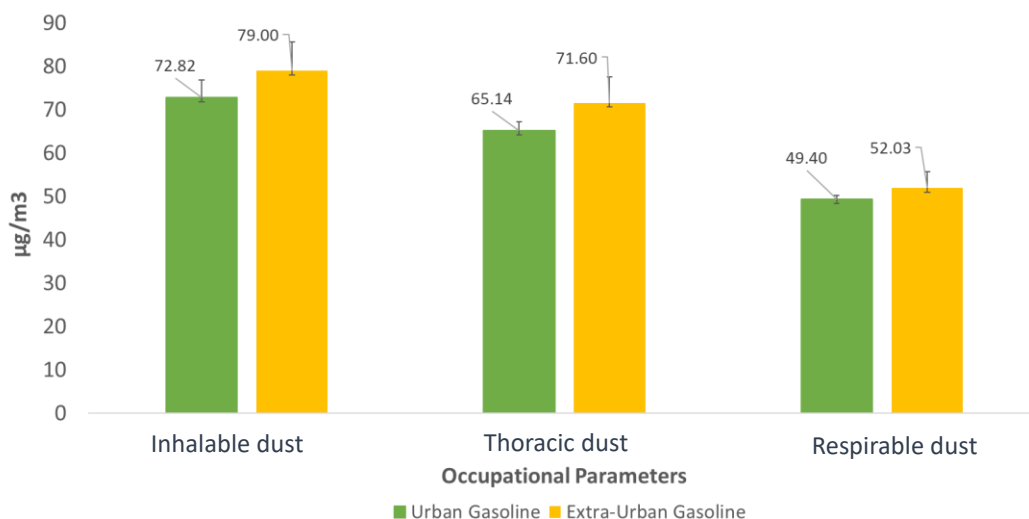
รูปที่ 4.22 (ก) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ตามสภาวะนอกเมือง (ข) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนจำแนกตาม Environmental Parameters (ค) ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคเบนซีนจำแนกตาม Occupational Parameters

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคเบนซีนภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมืองและนอกเมืองที่จำแนกตาม Environmental Parameters พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยในทุกพารามิเตอร์ของสภาวะนอกเมืองสูงกว่าสภาวะในเมืองทุกพารามิเตอร์ยกเว้น $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 ที่สภาวะในเมืองมีความเข้มข้นสูงกว่าสภาวะนอกเมือง โดย TSP เป็นพารามิเตอร์ที่มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดในทั้งสองสภาวะการขับขี่ ที่สภาวะในเมือง TSP มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า PM_{10} , PM_4 , $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 1.34, 1.97, 2.28 และ 2.69 เท่าตามลำดับ ขณะที่สภาวะนอกเมือง TSP มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า PM_{10} , PM_4 , $\text{PM}_{2.5}$ และ PM_1 1.36, 2.20, 2.61 และ 3.09 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยจำแนกตาม Environmental Parameter ของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรอนต์ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

เมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยในทุกพารามิเตอร์ของสภาวะนอกเมืองสูงกว่าสภาวะในเมือง โดย Inhalable dust เป็นพารามิเตอร์ที่มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงที่สุดในทั้งสองสภาวะการขับซีและที่สภาวะในเมือง Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า Thoracic dust และ Respirable dust 1.11 และ 1.47 เท่าตามลำดับ ขณะที่สภาวะนอกเมือง Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า Thoracic dust และ Respirable dust 1.10 และ 1.51 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยจำแนกตาม Occupational Parameters ของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรอนต์ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซนต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
TSP	5	7.66E+01	2.11E+01	0.277	0.200
PM ₁₀	5	5.71E+01	1.81E+01	0.220	0.200
PM ₄	5	3.87E+01	1.39E+01	0.165	0.200
PM _{2.5}	5	3.35E+01	1.30E+01	0.156	0.200
PM ₁	5	2.84E+01	1.15E+01	0.159	0.200
Inhalable dust	5	7.28E+01	1.94E+01	0.239	0.200
Thoracic dust	5	6.51E+01	1.94E+01	0.238	0.200
Respirable dust	5	4.94E+01	1.69E+01	0.197	0.200

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงจำนวนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การทดสอบการกระจายตัวของความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
TSP	5	8.55E+01	2.22E+01	0.210	0.200
PM ₁₀	5	6.28E+01	1.66E+01	0.199	0.200
PM ₄	5	3.88E+01	1.03E+01	0.269	0.200
PM _{2.5}	5	3.27E+01	9.25E+00	0.186	0.200
PM ₁	5	2.76E+01	8.24E+00	0.148	0.200
Inhalable dust	5	7.90E+01	2.04E+01	0.220	0.200
Thoracic dust	5	7.16E+01	1.85E+01	0.210	0.200
Respirable dust	5	5.20E+01	1.39E+01	0.232	0.200

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองและนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองสูงกว่าการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกเมืองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

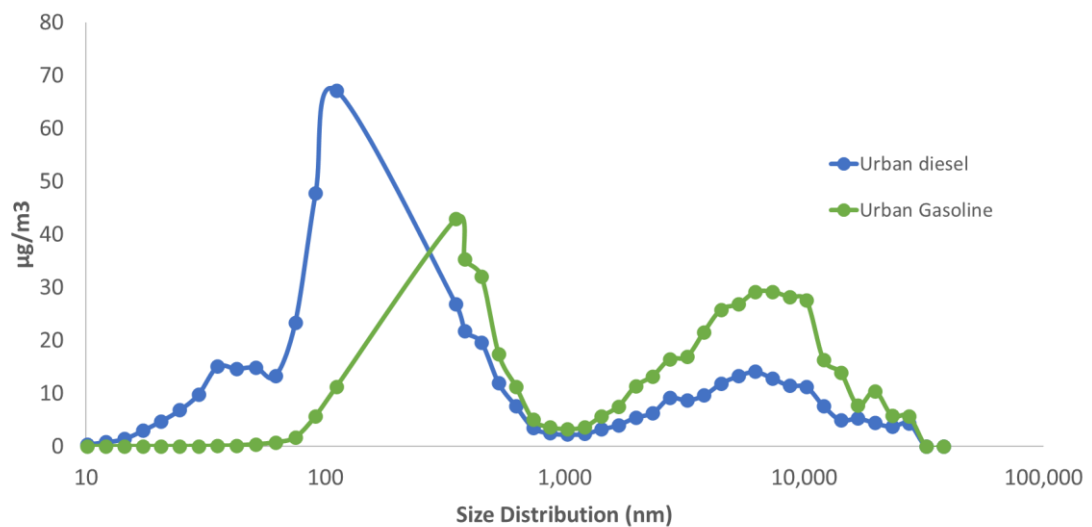
ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะในเมืองและนอกเมือง

พารามิเตอร์	สภาวะการขับชี้	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
TSP	ในเมือง	7.66E+01	2.18E+01	8	-8.93E+00	1.37E+01	-0.652	0.533
	นอกเมือง	8.55E+01	2.52E+01					
PM ₁₀	ในเมือง	5.71E+01	1.83E+01	8	-5.68E+00	1.10E+01	-0.517	0.619
	นอกเมือง	6.28E+01	1.82E+01					
PM ₄	ในเมือง	3.87E+01	1.40E+01	8	-4.09E-02	7.76E+00	-0.005	0.996
	นอกเมือง	3.88E+01	1.06E+01					
PM _{2.5}	ในเมือง	3.35E+01	1.30E+01	8	8.08E-01	7.14E+00	0.113	0.913
	นอกเมือง	3.27E+01	9.28E+00					
PM ₁	ในเมือง	2.84E+01	1.15E+01	8	8.44E-01	6.32E+00	0.134	0.897
	นอกเมือง	2.76E+01	8.26E+00					
Inhalable dust	ในเมือง	7.28E+01	2.05E+01	8	-6.18E+00	1.26E+01	-0.491	0.637
	นอกเมือง	7.90E+01	2.28E+01					
Thoracic dust	ในเมือง	6.51E+01	2.00E+01	8	-6.46E+00	1.20E+01	-0.539	0.605
	นอกเมือง	7.16E+01	2.03E+01					
Respirable dust	ในเมือง	4.94E+01	1.70E+01	8	-2.62E+00	9.78E+00	-0.268	0.795
	นอกเมือง	5.20E+01	1.48E+01					

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

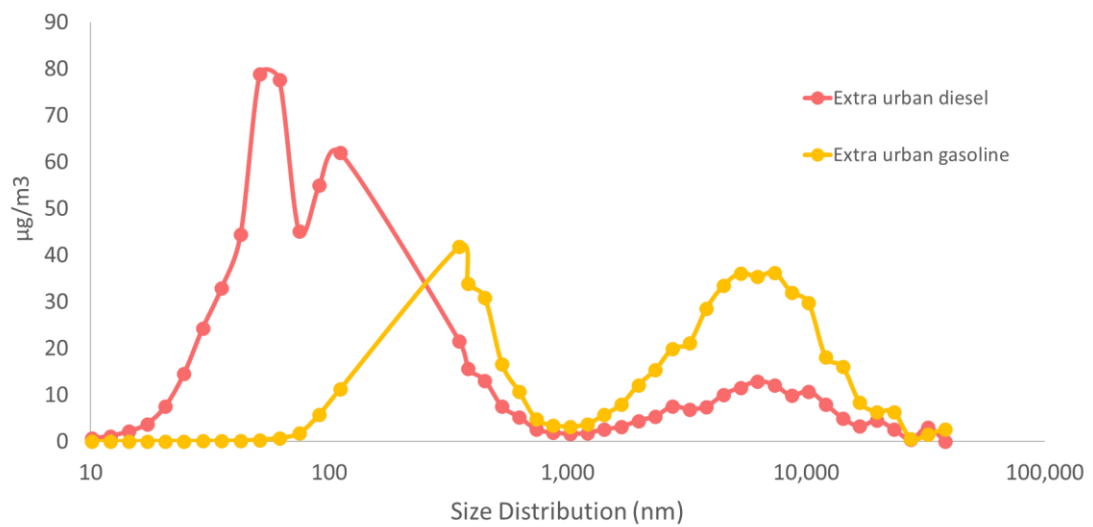
4.2.3 การเปรียบเทียบการกระจายตัวและความเข้มข้นเชิงมวลจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการขับขี่ตามสถานะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

การศึกษาอนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินตามสถานะในเมือง พบว่าอนุภาคในช่วง 10-100 nm ของเครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายตัวเชิงมวลที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินในทุกขนาด ในขณะที่อนุภาคที่มีขนาดมากกว่า 100 nm ขึ้นไป พบว่าเครื่องยนต์เบนซินจะมีการกระจายตัวที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.25



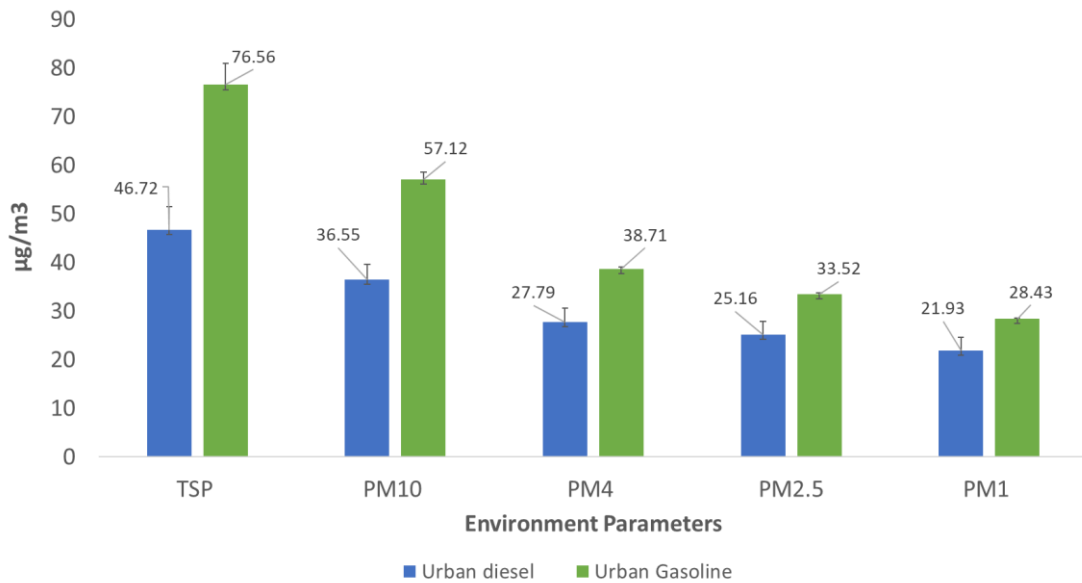
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสถานะในเมือง

การกระจายตัวเชิงมวลของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินในสภาวะนอกเมือง พบว่าอนุภาคในช่วง 10-100 nm ของเครื่องยนต์ดีเซลมีการกระจายตัวเชิงมวลที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินในทุกขนาด ในขณะที่อนุภาคที่มีขนาดมากกว่า 100 nm ขึ้นไปเครื่องยนต์เบนซินจะมีการกระจายตัวที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.26



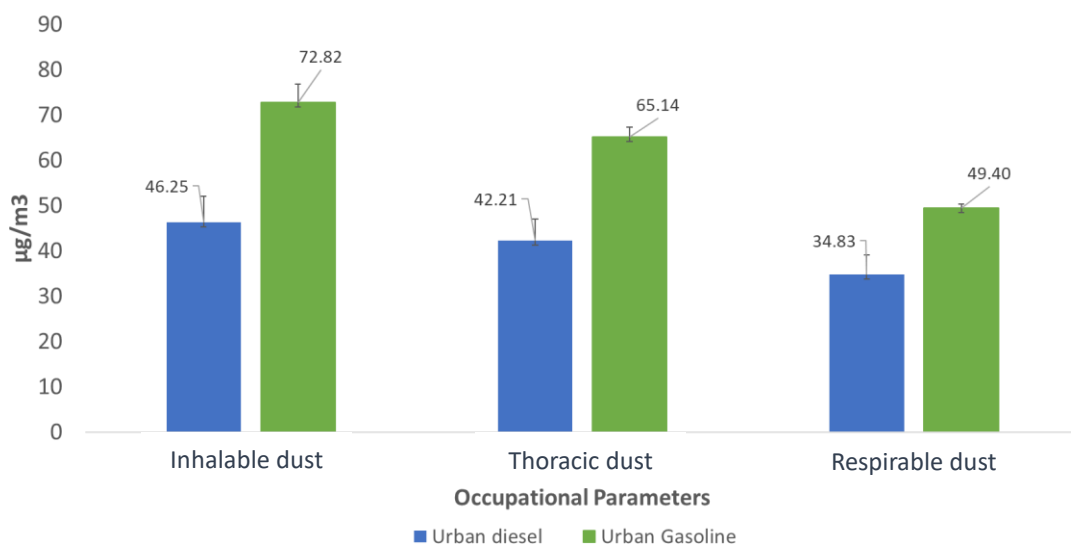
รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซึ่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซึ่รถยนต์ตามสภาวะในเมืองเมื่อจำแนกตาม Environmental Parameters พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยในทุกพารามิเตอร์ของเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลในทุกพารามิเตอร์ โดย TSP ของเครื่องยนต์เบนซินมีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล 1.63 เท่า ขณะที่พารามิเตอร์ประเภทอื่น ๆ เช่น PM_{10} , PM_4 , $PM_{2.5}$ และ PM_1 มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า 1.56, 1.39, 1.33 และ 1.29 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยจำแนกตาม Environmental Parameters ของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซึ่งรถยนต์ตามสภาวะในเมือง

เมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยในทุกพารามิเตอร์ของเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลในทุกพารามิเตอร์โดย Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า 1.57 เท่า ขณะที่ Thoracic dust และ Respirable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า 1.54 และ 1.41 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยจำแนกตาม Occupational Parameters ของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซึ่งรถยนต์ตามสภาวะในเมือง

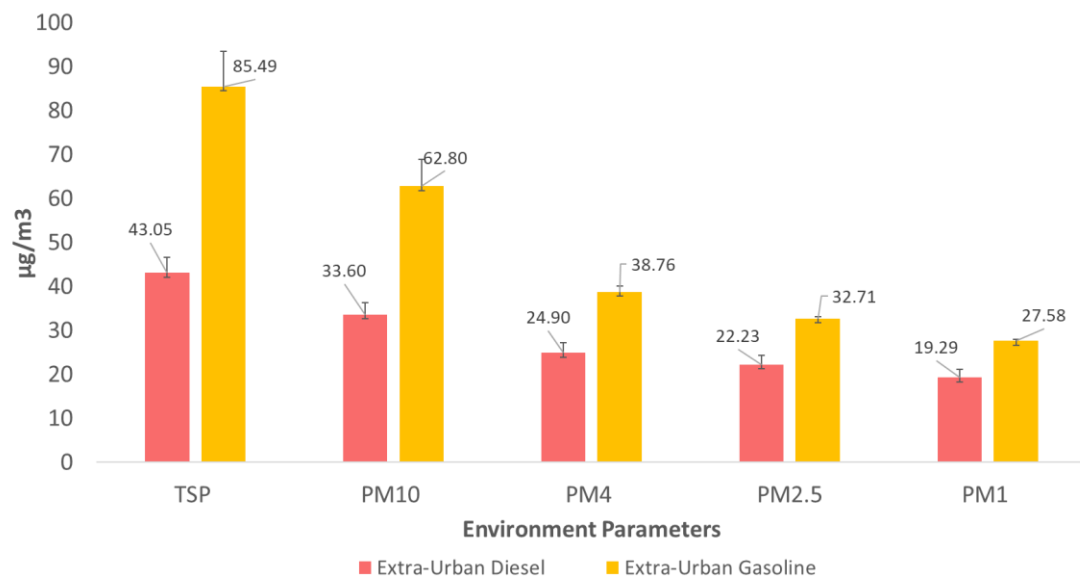
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจากการจำลองการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลของ TSP และ Inhalable dust จากเครื่องยนต์เบนซินที่เกิดจากการจำลองการขับเคลื่อนในเมืองสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ PM_{10} , PM_4 , $PM_{2.5}$ PM_1 Thoracic dust และ Respirable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคดีเซลและเบนซีนภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสถานะในเมือง

พารามิเตอร์	สถานะการขับขี่	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
TSP	ในเมือง	4.67E+01	1.87E+01	8	-2.98E+01	1.21E+01	-2.459	0.039*
	นอกเมือง	7.66E+01	2.18E+01					
PM ₁₀	ในเมือง	3.66E+01	1.50E+01	8	-2.06E+01	1.03E+01	-1.993	0.081
	นอกเมือง	5.71E+01	1.83E+01					
PM ₄	ในเมือง	2.78E+01	1.16E+01	8	-1.09E+01	7.90E+00	-1.384	0.204
	นอกเมือง	3.87E+01	1.40E+01					
PM _{2.5}	ในเมือง	2.52E+01	1.05E+01	8	-8.36E+00	7.26E+00	-1.151	0.283
	นอกเมือง	3.35E+01	1.30E+01					
PM ₁	ในเมือง	2.19E+01	9.01E+00	8	-6.50E+00	6.32E+00	-1.027	0.334
	นอกเมือง	2.84E+01	1.15E+01					
Inhalable dust	ในเมือง	4.63E+01	1.77E+01	8	-2.66E+01	1.12E+01	-2.373	0.045*
	นอกเมือง	7.28E+01	2.05E+01					
Thoracic dust	ในเมือง	4.22E+01	1.62E+01	8	-2.29E+01	1.10E+01	-2.084	0.071
	นอกเมือง	6.51E+01	2.00E+01					
Respirable dust	ในเมือง	3.48E+01	1.37E+01	8	-1.46E+01	9.41E+00	-1.549	0.160
	นอกเมือง	4.94E+01	1.70E+01					

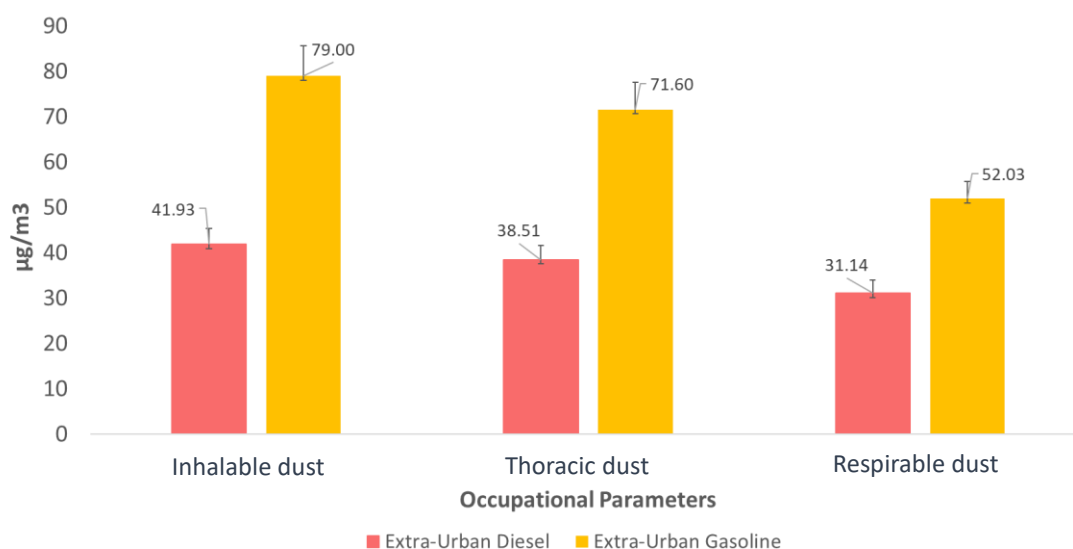
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลอง การทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะนอกเมืองเมื่อจำแนกตาม Environmental Parameters พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยในทุกพารามิเตอร์ของเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลในทุกพารามิเตอร์โดย TSP ของเครื่องยนต์เบนซินมีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล 1.98 เท่า ขณะที่พารามิเตอร์ประเภทอื่น ๆ เช่น PM₁₀, PM₄ PM_{2.5} และ PM₁ มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า 1.86, 1.39, 1.55 และ 1.42 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลจำแนกตาม Environmental Parameters ของ อนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับซีรยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

เมื่อจำแนกตาม Occupational Parameters พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยในทุกพารามิเตอร์ของเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลในทุกพารามิเตอร์โดย Inhalable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า 1.88 เท่า ขณะที่ Thoracic dust และ Respirable dust มีความเข้มข้นเชิงมวลสูงกว่า 1.85 และ 1.67 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลจำแนกตาม Occupational Parameters ของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเชิงมวลเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจากการจำลองการขับชี้ตามสภาวะนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นเชิงมวลของ TSP, PM₁₀, Inhalable dust, Thoracic dust และ Respirable dust จากเครื่องยนต์เบนซินที่เกิดจากการจำลองการขับชี้ตามสภาวะนอกเมืองสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ PM₄, PM_{2.5} และ PM₁ มีความเข้มข้นเชิงมวลของอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงมวลเฉลี่ยของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับชี้รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

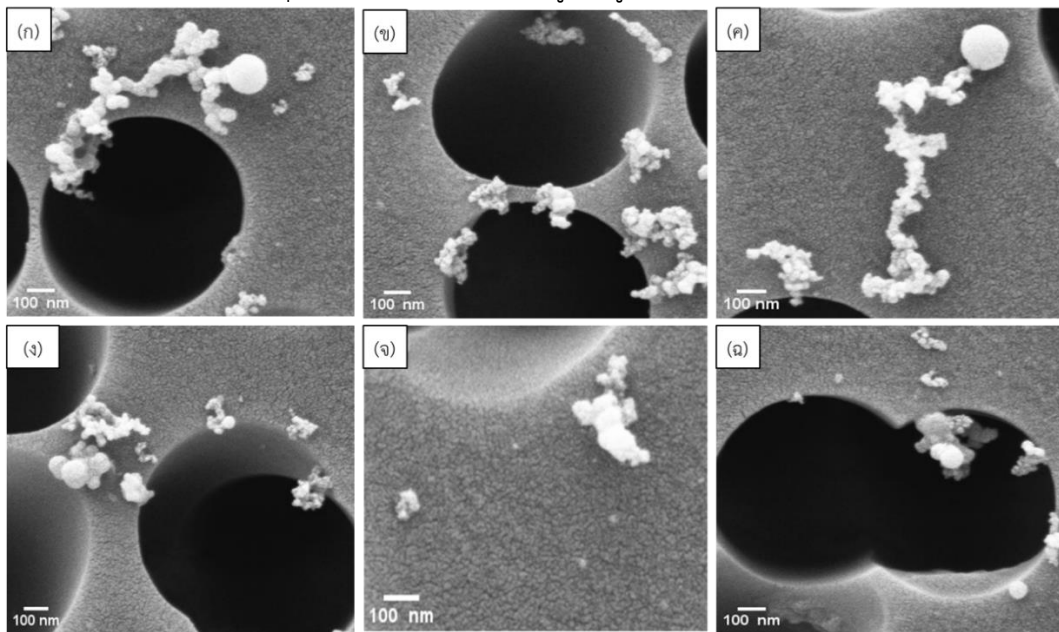
พารามิเตอร์	สภาวะการขับชี้	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
TSP	ในเมือง	4.31E+01	2.05E+01	8	-3.84E+01	1.18E+01	-3.253	0.012*
	นอกเมือง	8.55E+01	2.52E+01					
PM ₁₀	ในเมือง	3.36E+01	1.55E+01	8	-2.69E+01	9.21E+00	-2.923	0.019*
	นอกเมือง	6.28E+01	1.82E+01					
PM ₄	ในเมือง	2.49E+01	1.10E+01	8	-1.30E+01	6.32E+00	-2.058	0.074
	นอกเมือง	3.88E+01	1.06E+01					
PM _{2.5}	ในเมือง	2.22E+01	9.51E+00	8	-9.86E+00	5.61E+00	-1.758	0.117
	นอกเมือง	3.27E+01	9.28E+00					
PM ₁	ในเมือง	1.92E+01	8.06E+00	8	-7.74E+00	4.86E+00	-1.594	0.150
	นอกเมือง	2.76E+01	8.26E+00					
Inhalable dust	ในเมือง	4.19E+01	1.88E+01	8	-3.33E+01	1.08E+01	-3.086	0.015*
	นอกเมือง	7.90E+01	2.28E+01					
Thoracic dust	ในเมือง	3.85E+01	1.67E+01	8	-2.99E+01	9.83E+00	-3.043	0.016*
	นอกเมือง	7.16E+01	2.03E+01					
Respirable dust	ในเมือง	3.41E+01	1.32E+01	8	-1.92E+01	7.82E+00	-2.454	0.04*
	นอกเมือง	5.20E+01	1.48E+01					

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

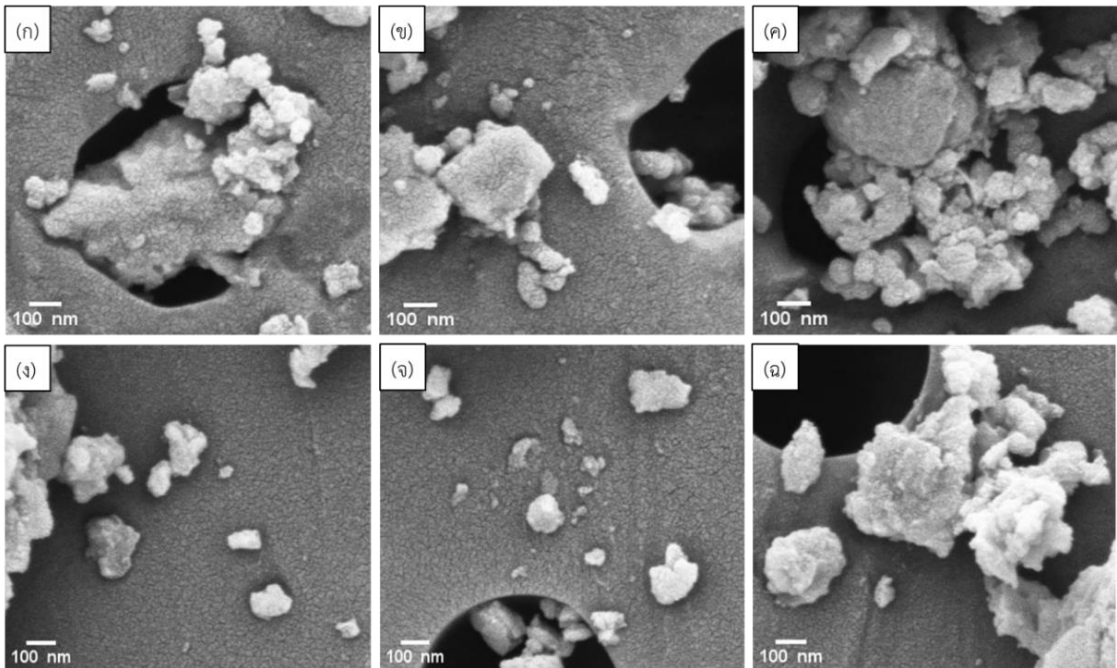
4.3 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอนุภาค (Morphology)

4.3.1 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอนุภาคของเครื่องยนต์ดีเซลตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

จากผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของอนุภาคจากการเผาไหม้ของดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมืองและตามสภาวะนอกเมืองพบว่า อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ในทั้งสองสภาวะพบอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 30 nm หรืออนุภาคที่เป็นโหมดนิวเคลียส (Nucleation Mode) และพบอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 30 nm หรืออนุภาคที่เป็นโหมดสะสม (Accumulation Mode) ที่เกิดขึ้นจากการสะสมเกาะกลุ่มรวมกัน ในส่วนของรูปทรงของอนุภาคที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ดีเซลเป็นอนุภาคที่มีรูปทรงที่ไม่แน่นอน โดยสภาวะในเมืองอนุภาคที่พบส่วนใหญ่เป็นอนุภาคโหมดนิวเคลียสที่มีการเกาะกลุ่มรวมกันเป็นสายโซ่ (chain-like agglomerates) ขณะที่สภาวะนอกเมืองอนุภาคส่วนใหญ่ที่พบเป็นอนุภาคโหมดสะสมและอนุภาคมีการซ้อนทับก่อให้เกิดเป็นอนุภาคขนาดใหญ่แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.31 และ 4.32



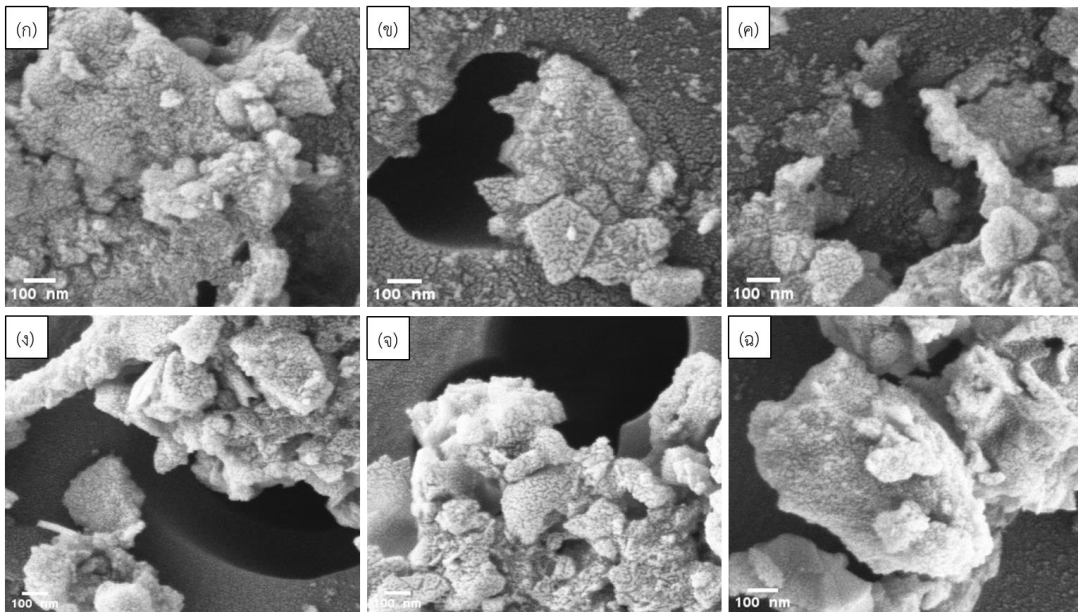
รูปที่ 4.31 สัณฐานวิทยาของอนุภาคดีเซลจากการจำลองการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมือง (ก-ฉ)



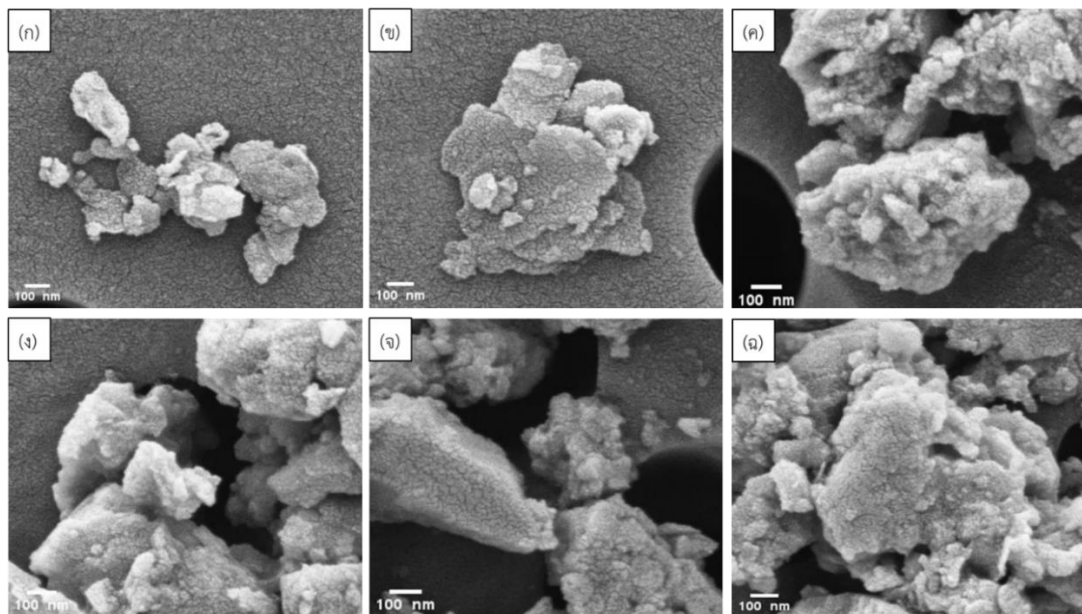
รูปที่ 4.32 สัณฐานวิทยาของอนุภาคดีเซลจากการจำลองการขับเคลื่อนตามสภาวะนอกเมือง (ก-ฉ)

4.3.2 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอนุภาคของเครื่องยนต์เบนซินตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของอนุภาคจากการเผาไหม้ของเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมืองและตามสภาวะนอกเมือง ผลการศึกษา พบว่าอนุภาคส่วนใหญ่ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินในทั้งสองสภาวะเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 30 nm (อนุภาคโหมตสะสม) อีกทั้งยังพบอนุภาคขนาดเล็กกว่า 30 nm (อนุภาคโหมตนิวเคลียส) บางส่วน โดยรูปร่างของอนุภาคที่เกิดขึ้นมีรูปร่างไม่แน่นอนและมีการเกาะกลุ่มรวมกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ในทั้งสองสภาวะ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.33 และ 4.34



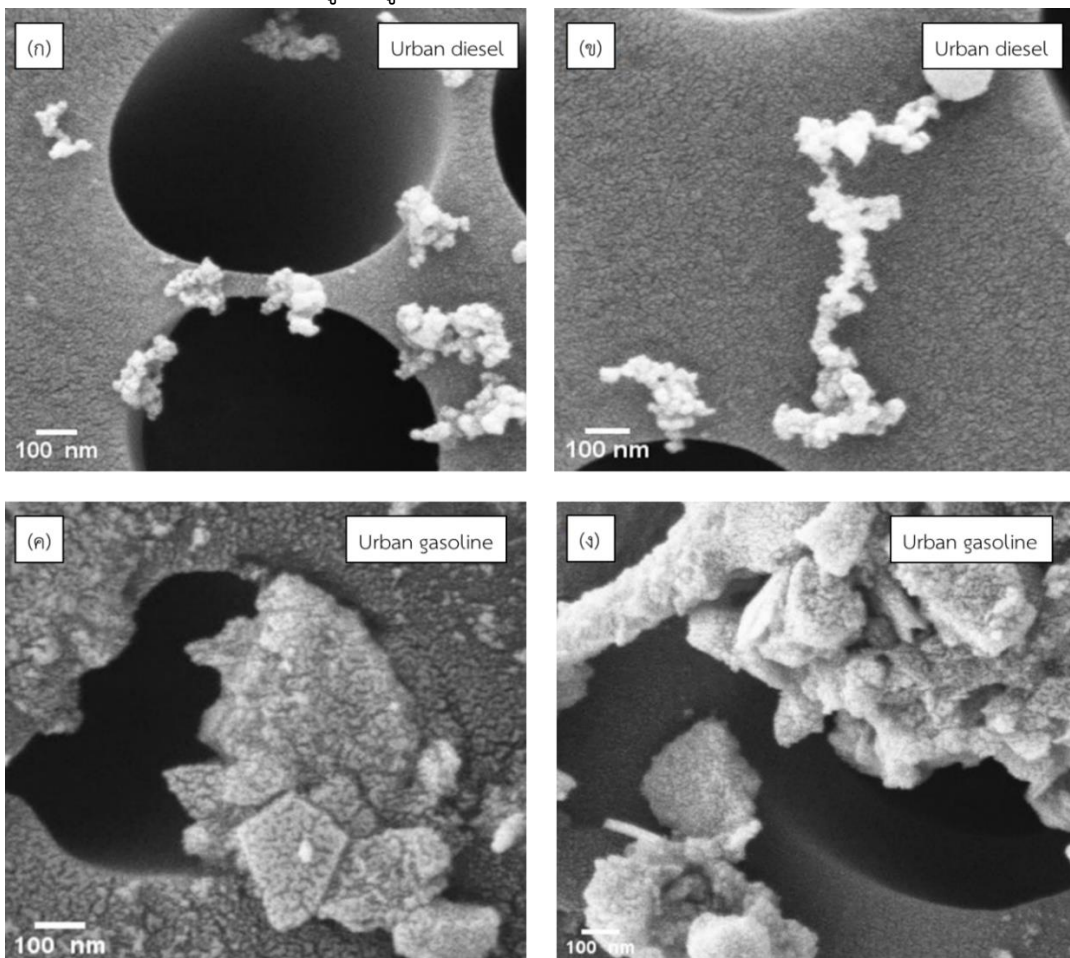
รูปที่ 4.33 สัณฐานวิทยาของอนุภาคเบนซีนจากการจำลองการซบซึ่ตามสภาวะในเมือง (ก-ฉ)



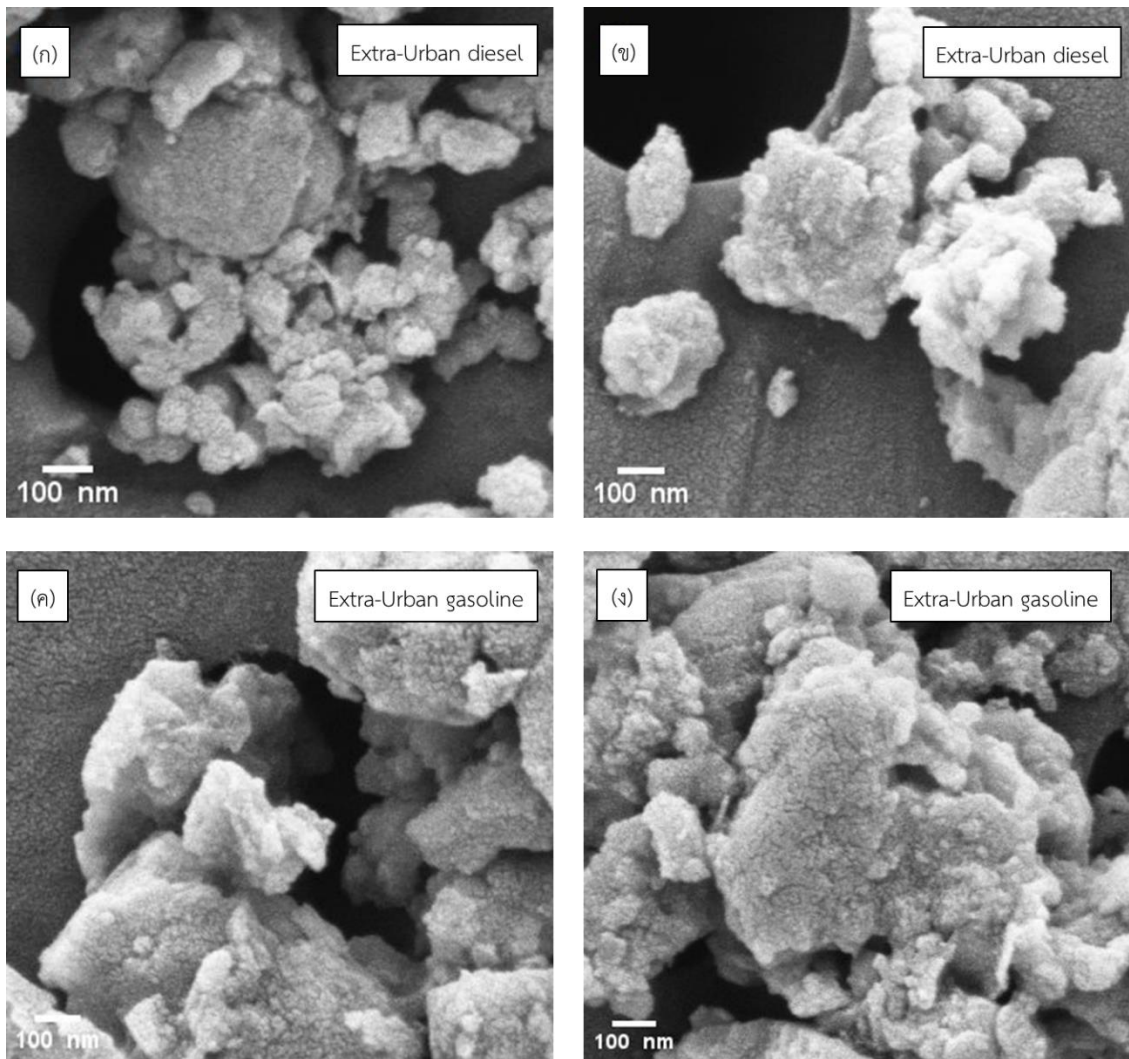
รูปที่ 4.34 สัณฐานวิทยาของอนุภาคเบนซีนจากการจำลองการซบซึ่ตามสภาวะนอกเมือง (ก-ฉ)

4.3.3 การเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของอนุภาคของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

จากการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของอนุภาคจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมืองและตามสภาวะนอกเมือง ผลการศึกษาพบว่าอนุภาคที่เกิดขึ้นจากทั้งสองสภาวะการขับเคลื่อนมีขนาดเล็กกว่า 30 nm (อนุภาคโหนดนิวเคลียส) และมีขนาดใหญ่กว่า 30 nm (อนุภาคโหนดสะสม) รูปทรงของอนุภาคมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจากการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมืองพบว่าอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินมีขนาดใหญ่กว่าเครื่องยนต์ดีเซลและในส่วนของการรวมตัวกันของอนุภาคพบว่าอนุภาคดีเซลเกาะกลุ่มรวมกันเป็นสายโซ่ต่างจากอนุภาคเบนซินที่เป็นการซ้อนทับกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามในสภาวะนอกเมืองอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์ทั้งสองประเภทมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันทั้งรูปร่างและการซ้อนทับกัน แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.35 และ 4.36



รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของอนุภาคจากเครื่องยนต์ดีเซล (ก-ข) และเบนซิน (ค-ง) จากการจำลองการขับเคลื่อนตามสภาวะในเมือง



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยาของอนุภาคจากเครื่องยนต์ดีเซล (ก-ข) และเบนซิน (ค-ง) จากการจำลองการขับเคลื่อนตามสภาวะนอกเมือง

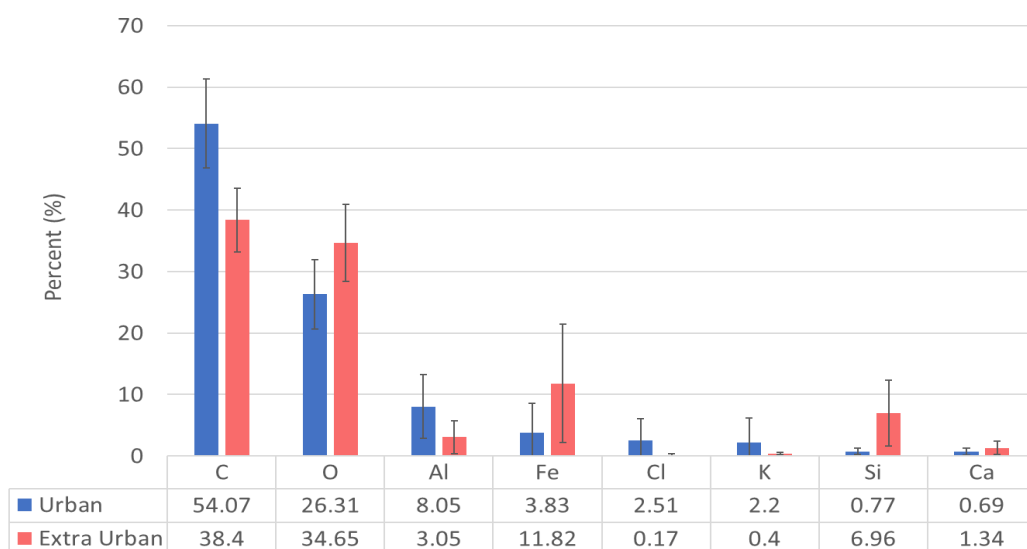
4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ (Element Composition)

4.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของอนุภาคของเครื่องยนต์ดีเซลตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

จากการศึกษาองค์ประกอบธาตุจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง พบว่าคาร์บอน (C) เป็นธาตุที่มีปริมาณสูงที่สุดในทั้งสองสภาวะการขับซี้และรองลงมาคือ ออกซิเจน โดยสภาวะในเมืองมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าสภาวะนอกเมือง 1.4 เท่า ขณะที่ออกซิเจนในสภาวะนอกเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะในเมือง 1.31 เท่า

นอกจากนี้พบธาตุประเภทที่เป็นโลหะ เช่น อลูมิเนียม (Al) และ เหล็ก (Fe) โดยพบว่าอลูมิเนียมในสภาวะในเมืองมากกว่าสภาวะนอกเมือง 2.6 เท่า ในขณะที่ธาตุเหล็กในสภาวะนอกเมืองมากกว่าสภาวะในเมือง 3.08 เท่า

ขณะที่ธาตุประเภทอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาค เช่น คลอรีน (Cl) โพแทสเซียม (K) ซิลิกอน (Si) แคลเซียม (Ca) พบว่า คลอรีนและโพแทสเซียมที่สภาวะในเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะนอกเมือง 14.76 และ 5.5 เท่าตามลำดับ ในทางกลับกันซิลิกอนและแคลเซียมที่สภาวะนอกเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะในเมือง 9.03 และ 1.94 เท่าลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 องค์ประกอบธาตุของอนุภาคดีเซลจากการจำลองการขับซี้ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลความเข้มข้นขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซนต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	องค์ประกอบธาตุ (ร้อยละ)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
C	5	5.41E+01	8.06E+00	0.207	0.200
O	5	2.63E+01	6.32E+00	0.174	0.200
Al	5	6.98E+00	5.84E+00	0.225	0.200
Fe	5	3.83E+00	5.35E+00	0.340	0.060
Cl	5	2.51E+00	3.96E+00	0.334	0.071
K	5	2.21E+00	4.45E+00	0.429	0.200
Si	5	7.78E-01	6.05E-01	0.244	0.200
Ca	5	6.91E-01	6.05E-01	0.216	0.200

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลความเข้มข้นขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	องค์ประกอบธาตุ (ร้อยละ)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
C	5	3.84E+01	5.82E+00	0.209	0.200
O	5	3.47E+01	6.98E+00	0.207	0.200
Al	5	3.06E+00	3.05E+00	0.210	0.200
Fe	5	1.18E+01	1.08E+01	0.203	0.200
Cl	5	1.77E-01	2.58E-01	0.354	0.200
K	5	4.01E-01	2.09E-01	0.275	0.200
Si	5	6.97E+00	6.01E+00	0.264	0.200
Ca	5	1.34E+00	1.25E+00	0.225	0.200

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของเครื่องยนต์ดีเซลจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองและนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าธาตุคาร์บอนจากสภาวะการขับขี่ในเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะการขับขี่นอกเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่องค์ประกอบธาตุประเภทอื่นที่จากเครื่องยนต์ดีเซลในทั้งสองสภาวะการขับขี่อยู่ในระดับที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี้อยนต์ตามสภาวะในเมืองและนอกเมือง

ธาตุ	สภาวะการขับขี่	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
C	ในเมือง	5.41E+01	7.21E+00	8	1.57E+01	4.45E+00	3.523	0.008*
	นอกเมือง	3.84E+01	5.20E+00					
O	ในเมือง	2.63E+01	5.65E+00	8	-8.34E+00	4.21E+00	-1.98	0.083
	นอกเมือง	3.47E+01	6.24E+00					
Al	ในเมือง	8.05E+00	5.22E+00	8	3.92E+00	2.95E+00	1.331	0.220
	นอกเมือง	3.05E+00	2.73E+00					
Fe	ในเมือง	3.83E+00	4.78E+00	8	-8.00E+00	5.37E+00	-1.489	0.175
	นอกเมือง	1.18E+01	9.61E+00					
Cl	ในเมือง	2.20E+00	3.98E+00	8	2.33E+00	1.78E+00	1.314	0.259
	นอกเมือง	4.00E-01	1.80E-01					
K	ในเมือง	7.70E-01	5.40E-01	8	1.80E+00	1.99E+00	0.905	0.416
	นอกเมือง	6.96E+00	5.37E+00					
Si	ในเมือง	6.90E-01	5.40E-01	8	-6.19E+00	2.70E+00	-2.29	0.083
	นอกเมือง	1.34E+00	1.12E+00					
Ca	ในเมือง	5.41E+01	7.21E+00	8	-6.50E-01	6.23E-01	-1.043	0.328
	นอกเมือง	3.84E+01	5.20E+00					

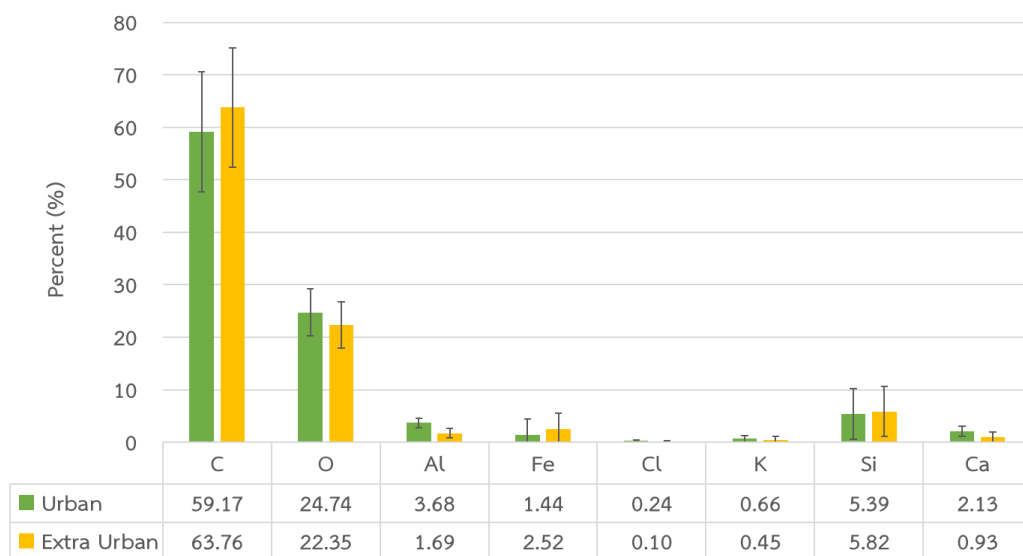
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

4.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของอนุภาคของเครื่องยนต์เบนซินตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

จากการศึกษาองค์ประกอบธาตุจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง พบว่าคาร์บอน (C) เป็นธาตุที่มีปริมาณสูงที่สุดในทั้งสองสภาวะการขับซี้และรองลงมาคือ ออกซิเจน โดยสภาวะนอกเมืองมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าสภาวะในเมือง 1.07 เท่า ขณะที่ออกซิเจนในสภาวะในเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะนอกเมือง 1.10 เท่า

ในส่วนของธาตุประเภทที่เป็นโลหะ เช่น อลูมิเนียม (Al) และ เหล็ก (Fe) พบว่าอลูมิเนียมในสภาวะในเมืองมากกว่าสภาวะนอกเมือง 2.17 เท่า ในขณะที่ธาตุเหล็กในสภาวะนอกเมืองมากกว่าสภาวะในเมือง 1.75 เท่า

ขณะที่ธาตุประเภทอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาค เช่น คลอรีน (Cl) โพแทสเซียม (K) ซิลิกอน (Si) แคลเซียม (Ca) พบว่า คลอรีน โพแทสเซียมและแคลเซียมที่สภาวะในเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะนอกเมือง 2.4, 1.46 และ 2.29 เท่าตามลำดับ ในทางกลับกันซิลิกอนที่สภาวะนอกเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าสภาวะในเมือง 1.07 เท่า แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 องค์ประกอบธาตุของอนุภาคเบนซินจากการจำลองการขับซี้ตามสภาวะในเมืองและสภาวะนอกเมือง

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลความเข้มข้นขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซนต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	องค์ประกอบธาตุ (ร้อยละ)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
C	5	5.94E+01	1.42E+01	0.251	0.200
O	5	2.46E+01	6.00E+00	0.258	0.200
Al	5	3.68E+00	2.65E+00	0.165	0.200
Fe	5	1.44E+00	9.75E-01	0.237	0.200
Cl	5	2.43E-01	4.73E-01	0.418	0.200
K	5	6.13E-01	1.07E+00	0.352	0.200
Si	5	5.39E+00	4.45E+00	0.349	0.200
Ca	5	2.13E+00	1.55E+00	0.204	0.200

การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ความเข้มข้นขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะนอกในเมืองโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 การทดสอบการกระจายตัวขององค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

พารามิเตอร์	จำนวน (ครั้ง)	องค์ประกอบธาตุ (ร้อยละ)		K-S test	p-value
		Mean	SD		
C	5	6.38E+01	1.28E+01	0.197	0.200
O	5	2.23E+01	4.95E+00	0.234	0.200
Al	5	1.69E+00	1.00E+00	0.180	0.200
Fe	5	2.52E+00	3.29E+00	0.387	0.200
Cl	5	9.80E-02	2.02E-01	0.429	0.200
K	5	4.52E-01	7.15E-01	0.375	0.200
Si	5	5.82E+00	5.32E+00	0.300	0.161
Ca	5	9.30E-01	1.07E+00	0.286	0.200

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสภาวะในเมืองและนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าองค์ประกอบธาตุที่จากเครื่องยนต์เบนซินในทั้งสองสภาวะการขับขี่อยู่ในระดับที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับเคลื่อนตามสถานะในเมืองและนอกเมือง

ธาตุ	สถานะการขับเคลื่อน	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
C	ในเมือง	5.92E+01	1.27E+01	8	-4.33E+00	8.54E+00	-0.507	0.626
	นอกเมือง	6.38E+01	1.14E+01					
O	ในเมือง	2.47E+01	5.37E+00	8	2.24E+00	3.48E+00	0.643	0.538
	นอกเมือง	2.24E+01	4.42E+00					
Al	ในเมือง	3.68E+00	2.36E+00	8	1.99E+00	1.27E+00	1.569	0.155
	นอกเมือง	1.69E+00	8.90E-01					
Fe	ในเมือง	1.14E+00	8.70E-01	8	-1.08E+00	1.53E+00	-0.707	0.500
	นอกเมือง	2.52E+00	2.94E+00					
Cl	ในเมือง	6.60E-01	9.50E-01	8	1.45E-01	2.30E-01	0.632	0.545
	นอกเมือง	4.50E-01	6.30E-01					
K	ในเมือง	5.39E+00	3.98E+00	8	1.61E-01	5.74E-01	0.28	0.786
	นอกเมือง	5.82E+00	4.76E+00					
Si	ในเมือง	2.13E+00	1.38E+00	8	-4.24E-01	3.10E+00	-0.137	0.895
	นอกเมือง	9.30E-01	9.50E-01					
Ca	ในเมือง	5.92E+01	1.27E+01	8	1.20E+00	8.41E-01	1.425	0.192
	นอกเมือง	6.38E+01	1.14E+01					

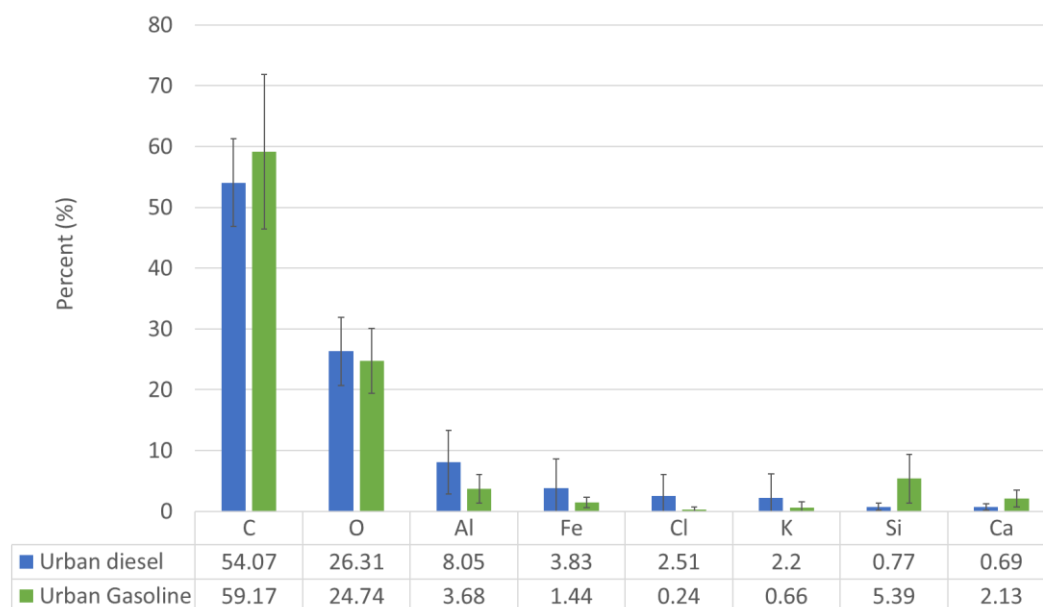
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.4.3 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของอนุภาคของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินตามสถานะในเมืองและสถานะนอกเมือง

จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจากการขับขี่ในสถานะในเมือง พบว่าคาร์บอนของเครื่องยนต์เบนซินมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล 1.09 เท่า ขณะที่ออกซิเจนของเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน 1.06 เท่า

ในส่วนของธาตุประเภทที่เป็นโลหะพบว่าอลูมิเนียมและเหล็กของเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน 2.18 และ 2.65 เท่า ตามลำดับ

ขณะที่ธาตุประเภทอื่น ๆ พบว่า คลอรีน โพแทสเซียม ของเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน 10.45 และ 3.33 เท่าตามลำดับ ในทางกลับกันซิลิกอนและแคลเซียมของเครื่องยนต์เบนซินเมืองมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล 7 และ 3.08 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสถานะในเมือง

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการขับขี่ตามสถานะในเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าองค์ประกอบธาตุที่เกิดจากจากเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินจากการขับขี่ตามสถานะในเมืองอยู่ในระดับที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับที่รถยนต์ตามสภาวะในเมือง

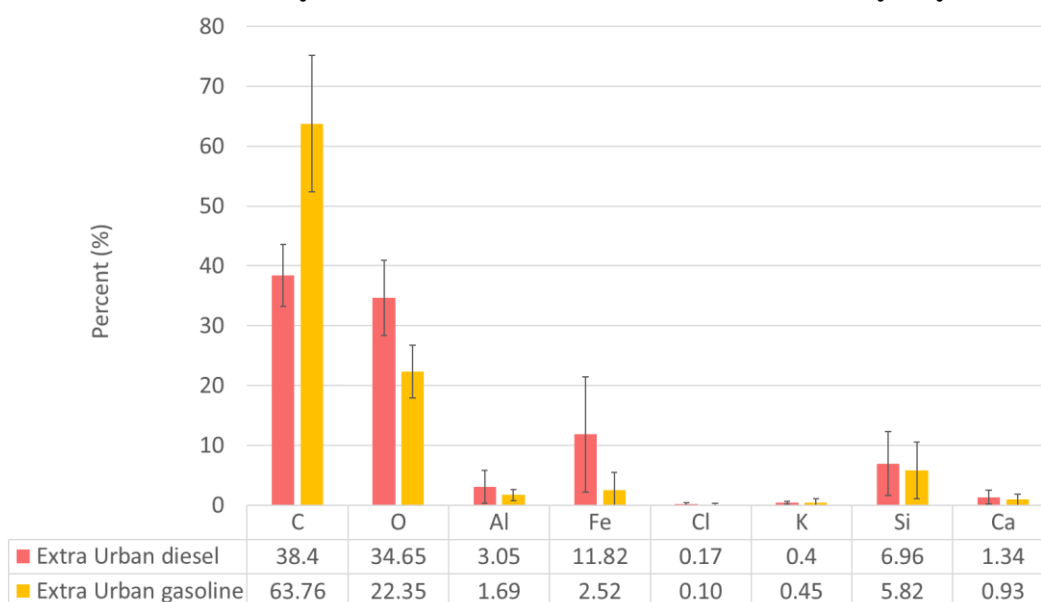
ธาตุ	เครื่องยนต์	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
C	ดีเซล	5.41E+01	7.21E+00	8	-5.36E+00	7.30E+00	-0.734	0.484
	เบนซิน	5.92E+01	1.27E+01					
O	ดีเซล	2.63E+01	5.65E+00	8	1.73E+00	3.90E+00	0.445	0.668
	เบนซิน	2.47E+01	5.37E+00					
Al	ดีเซล	8.05E+00	5.22E+00	8	3.30E+00	2.87E+00	1.151	0.283
	เบนซิน	3.68E+00	2.36E+00					
Fe	ดีเซล	3.83E+00	4.78E+00	4.266	2.39E+00	2.43E+00	0.985	0.377
	เบนซิน	1.14E+00	8.70E-01					
Cl	ดีเซล	2.20E+00	3.98E+00	4.114	2.27E+00	1.78E+00	1.271	0.271
	เบนซิน	6.60E-01	9.50E-01					
K	ดีเซล	7.70E-01	5.40E-01	8	1.59E+00	2.05E+00	0.778	0.459
	เบนซิน	5.39E+00	3.98E+00					
Si	ดีเซล	6.90E-01	5.40E-01	8	-4.62E+00	2.01E+00	-2.297	0.051
	เบนซิน	2.13E+00	1.38E+00					
Ca	ดีเซล	5.41E+01	7.21E+00	8	-1.44E+00	7.42E-01	-1.936	0.089
	เบนซิน	5.92E+01	1.27E+01					

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 05.

จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจากการจับซึ่ในสถานะในเมือง พบว่าคาร์บอนของเครื่องยนต์เบนซินมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล 1.66 เท่า ขณะที่ออกซิเจนของเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน 1.55 เท่า

ในส่วนของธาตุประเภทที่เป็นโลหะพบว่าอลูมิเนียมและเหล็กของเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน 1.80 และ 4.69 เท่า ตามลำดับ

ขณะที่ธาตุประเภทอื่น ๆ พบว่า คลอรีน ซิลิกอนและแคลเซียมของเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน 1.7, 1.19 และ 1.44 เท่าตามลำดับ ในทางกลับกันโพแทสเซียมของเครื่องยนต์เบนซินมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล 1.12 เท่าตามลำดับ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของอนุภาคดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการจับซึ่รถยนต์ตามสถานะนอกเมือง

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุของเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินจากการจำลองการจับซึ่ตามสถานะนอกเมืองโดยใช้ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าธาตุคาร์บอนจากเครื่องยนต์เบนซินมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมไปถึงธาตุออกซิเจนจากเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบธาตุจากเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินประเภทอื่น ๆ จากการจับซึ่ตามสถานะนอกเมืองอยู่ในระดับที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 การเปรียบเทียบองค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินภายใต้การจำลองการทดสอบการขับขี่รถยนต์ตามสภาวะนอกเมือง

ธาตุ	เครื่องยนต์	ความเข้มข้นเชิงมวล ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		df	Mean Difference	Std. Error Difference	t	p-value
		Mean	SD					
C	ดีเซล	3.84E+01	5.20E+00	8	-2.53E+01	6.27E+00	-4.042	0.004*
	เบนซิน	6.38E+01	1.14E+01					
O	ดีเซล	3.47E+01	6.24E+00	8	1.23E+01	3.83E+00	3.217	0.012*
	เบนซิน	2.24E+01	4.42E+00					
Al	ดีเซล	3.05E+00	2.73E+00	8	1.37E+00	1.44E+00	0.951	0.369
	เบนซิน	1.69E+00	8.90E-01					
Fe	ดีเซล	1.18E+01	9.61E+00	8	9.31E+00	5.03E+00	1.851	0.101
	เบนซิน	2.52E+00	2.94E+00					
Cl	ดีเซล	4.00E-01	1.80E-01	8	7.95E-02	1.47E-01	0.542	0.603
	เบนซิน	4.50E-01	6.30E-01					
K	ดีเซล	6.96E+00	5.37E+00	8	-5.05E-02	3.33E-01	-0.152	0.883
	เบนซิน	5.82E+00	4.76E+00					
Si	ดีเซล	1.34E+00	1.12E+00	8	1.15E+00	3.59E+00	0.321	0.757
	เบนซิน	9.30E-01	9.50E-01					
Ca	ดีเซล	3.84E+01	5.20E+00	8	4.11E-01	7.37E-01	0.557	0.593
	เบนซิน	6.38E+01	1.14E+01					

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05