ผลการทดสอบ

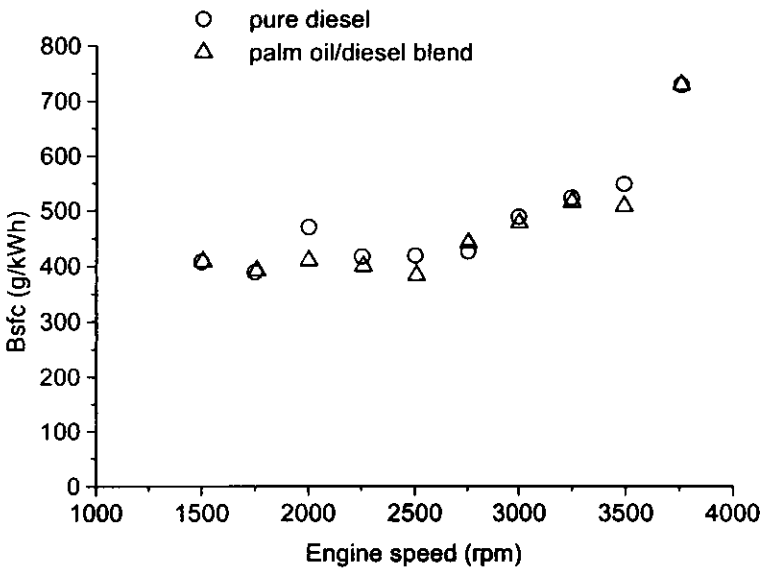
ผลการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดโดยตรงสำหรับรถกระบะ

ผลการทดสอบด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในการทดสอบทางด้านสมรรถนะ เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ จะทำกับเครื่องยนต์สภาพใหม่ พึ่งมาจากโรงงาน และยังไม่ได้ใช้งานมาก่อน ซึ่งจะทำการปรับแขนคันเร่งให้อยู่ตำแหน่งเปิดมากที่สุดตลอดการทดสอบ ก่อนการทดสอบทุกครั้งจะมีการตรวจสอบปริมาณน้ำมันหล่อลื่น ระดับน้ำหล่อเย็นในหม้อน้ำ และจะปล่อยให้มีการเดินเครื่องจนกระทั่งอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิไอเสียอยู่ในระดับคงที่ เครื่องยนต์พร้อมจะทำการทดสอบ จึงจะเริ่มทำการทดสอบ โดย ทำการปรับความเร็วรอบไปที่ความเร็วต่างๆ และจะวัดค่าสมรรถนะเครื่องยนต์ระหว่างน้ำมันทั้งสองชนิดโดยใช้เครื่องยนต์เครื่องเดียวกันเพื่อตัดปัญหาในด้านความแตกต่างของชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ ซึ่งจะใช้เวลาในการทดสอบต่อครั้งประมาณ 2 ชั่วโมง

- อัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

รูปที่ 32 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (brake specific fuel consumption, BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ เป็นเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบพบว่า การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์มีค่าค่อนข้างคงที่ ที่รอบเดินเบา จนถึง ความเร็วรอบประมาณ 2,500 รอบต่อนาที ที่ความเร็วรอบสูงกว่านี้ขึ้นไป ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะไม่แตกต่างกันที่มีนัยสำคัญ



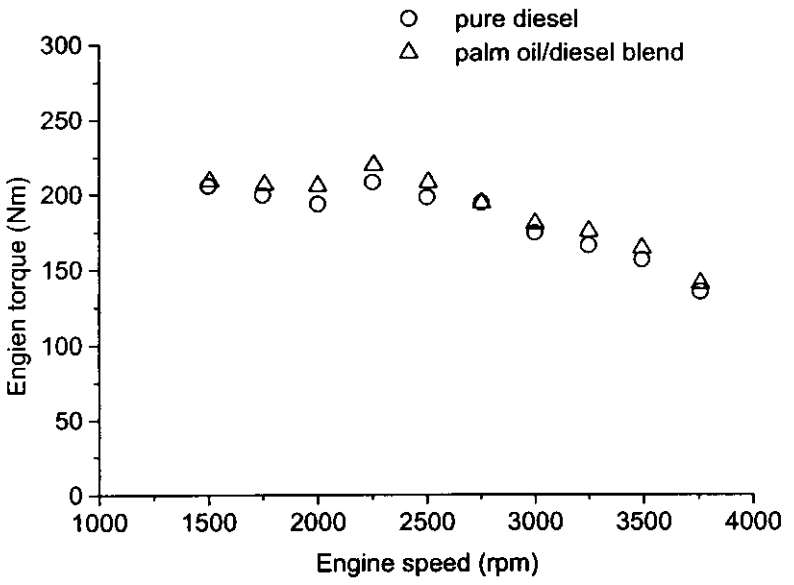
รูปที่ 32 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

- แรงบิดของเครื่องยนต์

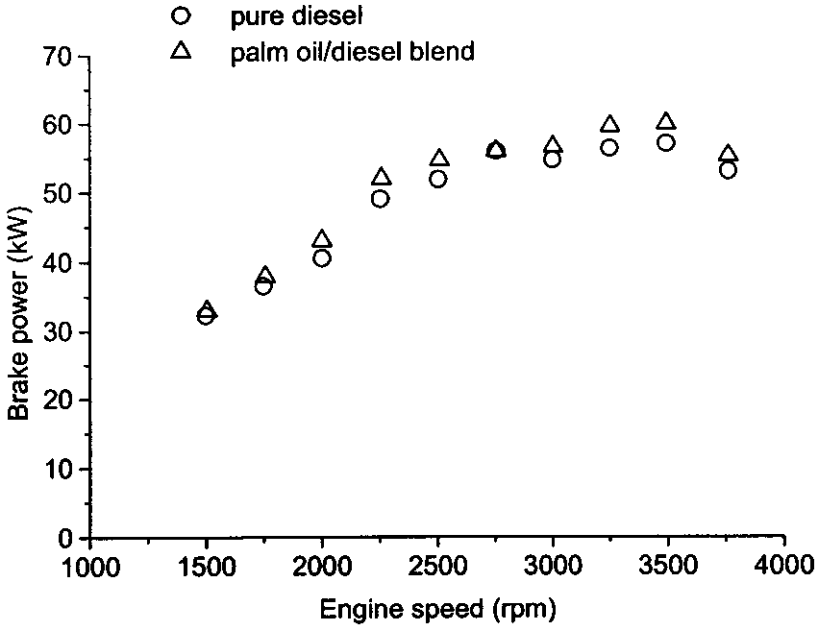
รูปที่ 33 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ เป็นเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบพบว่า แรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าค่อยๆเพิ่มขึ้น ที่รอบเดินเบา จนถึงค่าสูงสุดที่ ความเร็วรอบประมาณ 2,250 rpm ที่ความเร็วรอบสูงกว่านี้ขึ้นไป ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์มีแนวโน้มลดลงกับความเร็วรอบ สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ ในด้านแรงบิดของเครื่องยนต์ พบว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยค่าแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยซึ่งความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

- กำลังของเครื่องยนต์

รูปที่ 34 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ เป็นเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบพบว่า กำลังของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากกับความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น จากรอบเดินเบา อัตราการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังเครื่องยนต์ ค่อยๆลดลง จนถึงค่ากำลังเครื่องยนต์สูงสุดที่ ความเร็วรอบประมาณ 3,500 รอบต่อนาที ที่ความเร็วรอบสูงกว่านี้ขึ้นไป ค่ากำลังของเครื่องยนต์ลดลง สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ ในด้านกำลังของเครื่องยนต์ พบว่ามีพฤติกรรมคล้ายคลึงกัน โดยค่ากำลังของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่งความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 33 ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ที่ความเร็วรอบต่างๆ



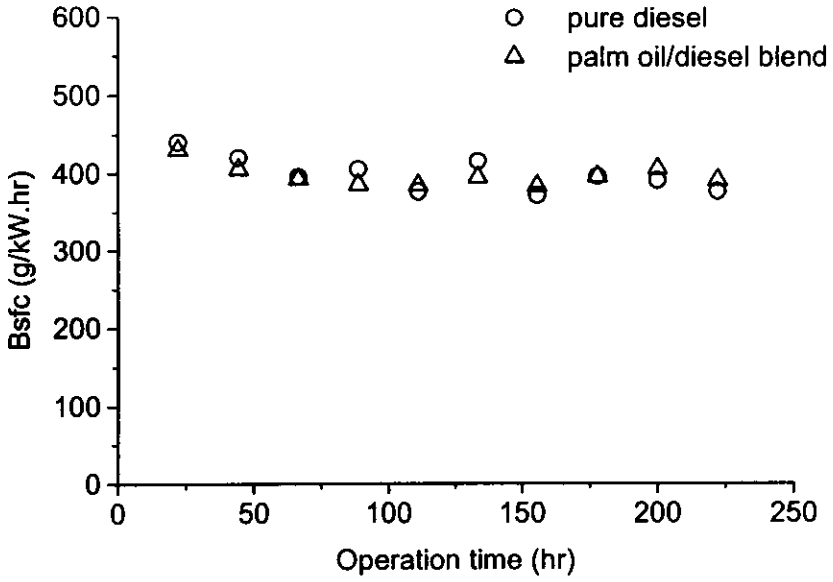
รูปที่ 34 กำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

ผลกระทบต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษควันดำหลังเครื่องยนต์ผ่านการใช้งานเป็นเวลา 250 ชั่วโมง (หรือเทียบเท่า 20,000 กิโลเมตร)

ระหว่างเวลาการทดสอบจนครบ 20,000 กิโลเมตร หรือ ประมาณ 250 ชั่วโมง จะมีการทดสอบประเมินผลของอายุการใช้งานต่อสมรรถนะและการปล่อยควันดำของเครื่องยนต์ เป็นระยะทุกๆ 5,000 กิโลเมตร ดังนี้

- อัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

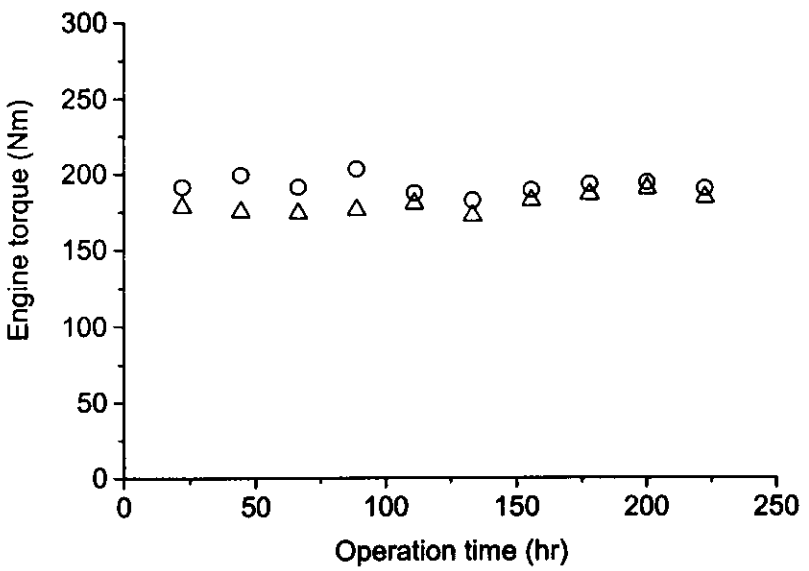
รูปที่ 35 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางหรืออายุการใช้งานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จาก อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อเวลา และค่าแรงบิดที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ พบว่าค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากในขณะที่อัตราการใช้เชื้อเพลิงประมาณคงที่ แต่ค่าแรงบิดมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยกับระยะทาง อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 400 g/kWh ภายในขอบเขตของอายุการใช้งานที่พิจารณา



รูปที่ 35 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน

- แรงบิดของเครื่องยนต์

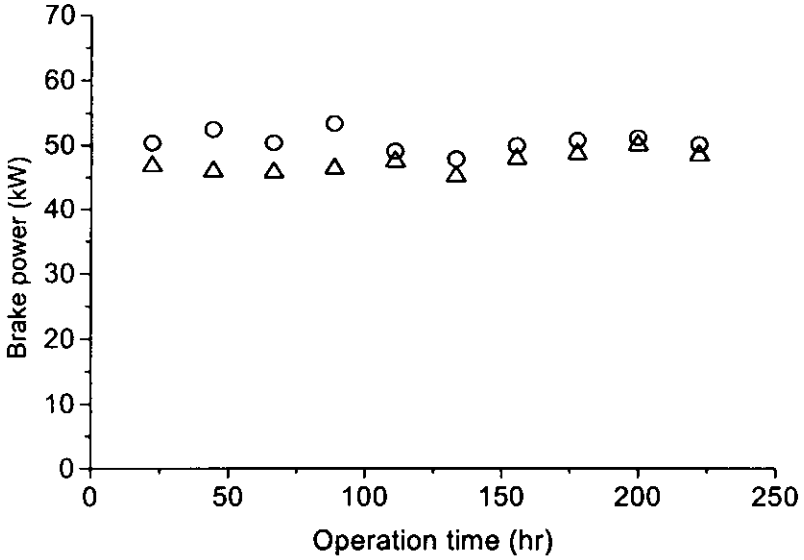
แรงบิดที่ได้จากเครื่องยนต์เกี่ยวโยงกับความหนาแน่นของพลังงานหรือค่าความร้อนของเชื้อเพลิง รูปที่ 36 แสดงถึงค่าแรงบิดซึ่งมีการปรับแก้ตามอุณหภูมิบรรยากาศแล้ว ที่ระยะทางหรืออายุการใช้งานต่างๆ ของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง จากการเก็บข้อมูลในการทดลอง พบว่า ค่าแรงบิดที่ได้ใกล้เคียงกันมาก ที่เป็นเช่นนี้ อาจเป็นเพราะค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทั้งสองไม่แตกต่างกันมากนัก โดยรวมแล้วน้ำมันทั้งสองชนิดมีพฤติกรรมคล้ายกัน กล่าวคือ มีการแกว่งของค่าแรงบิดเพียงเล็กน้อยโดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นกับอายุการใช้งาน อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่า ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์แทบจะไม่มีการสูญเสียหรือเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งาน ภายในขอบเขตของระยะทางที่พิจารณาเลย ค่าการแกว่งของข้อมูลหรือค่าความแตกต่างเพียงเล็กน้อยที่สังเกตได้ คาดว่าอาจจะมาจาก ธรรมชาติของการทำงานของเครื่องยนต์เอง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบรรยากาศในห้องทดสอบเครื่องยนต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 35 – 45°c รวมถึง ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำการทดลองด้วย



รูปที่ 36 ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน

- กำลังของเครื่องยนต์

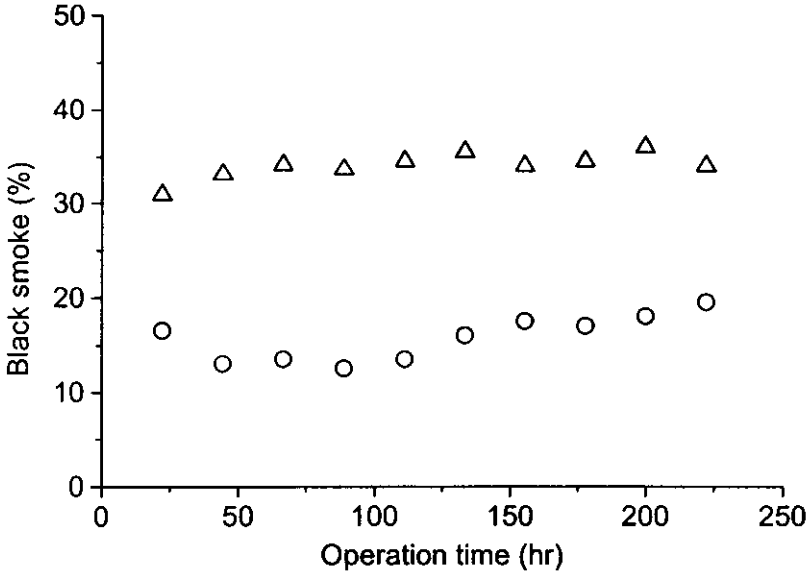
พิจารณา กำลังของเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 37 พบว่า สำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน และลักษณะพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกับอายุการใช้งานคล้ายคลึงกับผลของแรงบิด นั่นคือ ค่ากำลังมีค่าค่อนข้างคงที่ในระยะ 10,000 กิโลเมตร หรือ 120 ชั่งโมงแรก แต่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระยะ 10,000 กิโลเมตรหลัง แต่ก็ไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามอายุใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 37 กำลังของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน

- ปริมาณควันดำ

ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณควันดำจากไอเสียของเครื่องยนต์ กับอายุการใช้งานของเครื่องยนต์แสดงไว้ในรูปที่ 38 ปริมาณควันดำตรวจวัดโดยการเทียบหาค่าความทึบแสง ค่าที่ได้จะออกมาเป็นเปอร์เซ็นความทึบแสง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีเดียวกันกับทางกรมการขนส่งใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจวัดควันดำ จากผลการทดสอบ พบว่า ปริมาณควันดำที่วัดได้อยู่ในช่วง 12 – 37 % ซึ่งอยู่ภายในมาตรฐานที่กรมการขนส่งกำหนดคือ 50 % การเปลี่ยนแปลงของปริมาณควันดำโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะอายุการใช้งานของเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น แต่เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รายละเอียดการวัดแบบใช้กระดาษกรองแสดงใน ภาคผนวก ข



รูปที่ 38 ปริมาณควันดำจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน

ผลการตรวจวัดการสึกหรอจากการใช้งานยาวนาน

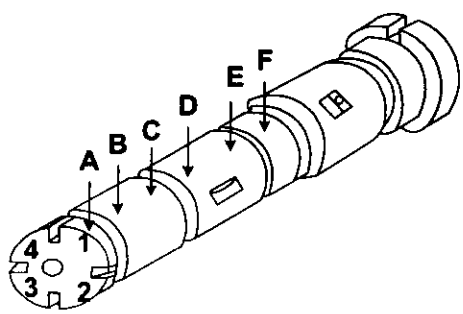
- ปริมาณเศษโลหะจากชุดกรองน้ำมันหล่อลื่น

การตรวจวัดสภาพการสึกหรอ วิธีหนึ่งจะทำการตรวจสอบปริมาณเศษโลหะจากชุดกรองน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งกระทำโดยการชั่งน้ำหนักของชุดกรองน้ำมันหล่อลื่นที่สภาพใหม่และที่มีการชุบน้ำมันเครื่องเพื่อให้คล้ายคลึงสภาวะการทำงาน เปรียบเทียบกับน้ำหนักของชุดกรองน้ำมันหล่อลื่นที่สภาพใช้งานในระยะอายุการใช้งานต่างๆ ซึ่งหลังจากเก็บข้อมูลแล้ว มีการเปลี่ยนชุดกรองใหม่ทุกครั้ง จากผลการวัดพบว่าปริมาณเศษโลหะมีมากในระยะ 5,000 กิโลเมตรแรกของการทดลอง อันเป็นผลมาจากการขัดสีของชิ้นส่วนอะไหล่ต่างๆที่มีการเคลื่อนไหวภายในเครื่องยนต์ยังมีมากในการเดินเครื่องยนต์ ถึงแม้ว่าได้ผ่านช่วงระยะรันอิน (Run-in) มาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4 สำหรับระยะ 5,000 กิโลเมตรหลังของการทดลองจนถึง 20,000 กิโลเมตร ยังมีเศษโลหะปะปนมาบ้างทุกช่วงระยะอายุการใช้งาน อย่างไรก็ตามในการตรวจสภาพด้วยตาเปล่า ไม่พบการสึกหรอที่ชัดเจนบนพื้นผิวของชิ้นส่วน เช่น ลิ้นไอดี ไอเสีย บ่าวาล์ว แหวนลูกสูบ หรือ กระบอกสูบ มีเพียงคราบเล็กน้อย ซึ่งเหมือนกันทั้งกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของชุดกรองน้ำมันหล่อลื่นที่สภาพการใช้งานต่างๆ

	น้ำมันดีเซล		น้ำมันผสมดีเซลชีวภาพ 10%	
รายการ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
น้ำหนักที่	5,000	31.5	5,000	7.4
	10,000	13.7	10,000	9.1
	15,000	18.3	15,000	7.3

รูปที่ 39 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบของลูกสูบปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูง



- การสึกหรอของลูกสูบและการทำงานของสูบปั๊มเชื้อเพลิง

การตรวจสอบจะพิจารณาจากตำแหน่งของลูกสูบปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงตามตำแหน่งได้ดังรูปที่ 39 รวมทั้งสิ้น 24 ตำแหน่ง ซึ่งรายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค และ ง จากการเปรียบเทียบการสึกหรอของลูกสูบปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงที่ตำแหน่งต่างๆดังกล่าว พบว่าหลังจากการใช้งานลูกสูบปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงมีการสึกหรอจากการเสียดสีทำให้เป็นรอยเส้นและหลุมจากการกระทบกันของลูกสูบและเสื้อสูบเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ และการปล่อยมลพิษไอเสีย ในระยะทางดังกล่าวแต่อย่างใด ในการทดสอบการทำงานของปั๊มเชื้อเพลิงด้วยเครื่องทดสอบ พบว่า ปั๊มเชื้อเพลิงสามารถทำงานได้ตามปกติ ค่าที่วัดได้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ

- การสึกหรอของชิ้นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

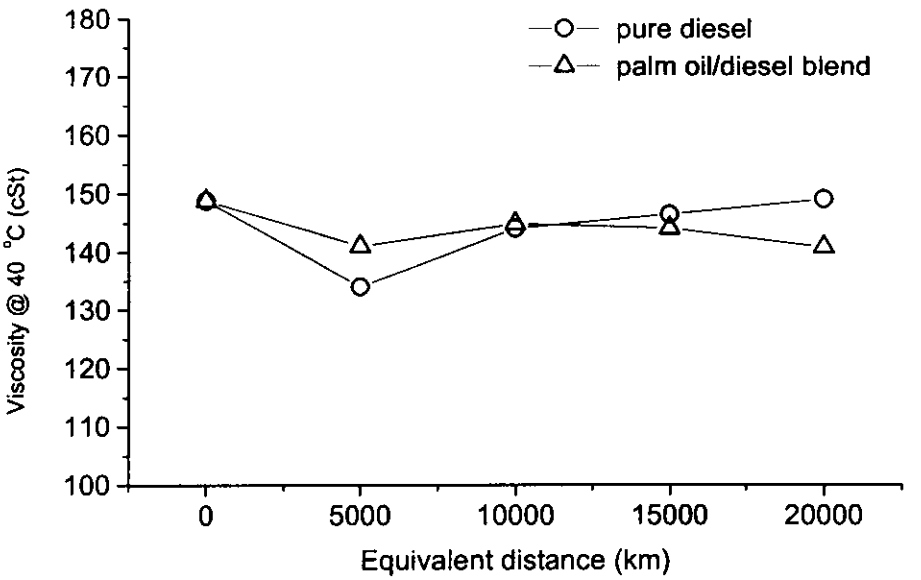
จากการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันปาล์มผสมดีเซล ในระยะทางทั้งหมดประมาณ 20,000 กิโลเมตร จากนั้นทำการถอดชิ้นส่วนต่างๆ ออกมาเพื่อแสดงผลการสึกหรอด้วยสายตาพบว่า ชิ้นส่วนต่างๆ มีการสึกหรอไม่แตกต่างจากการสึกหรอที่ใช้งานตามปกติ ไม่มีคราบยางเหนียวในชิ้นส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ที่ลิ้น ลูกสูบ กระบอกสูบ ก้านสูบหรือเพลาข้อเหวี่ยง ดังรูปในภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

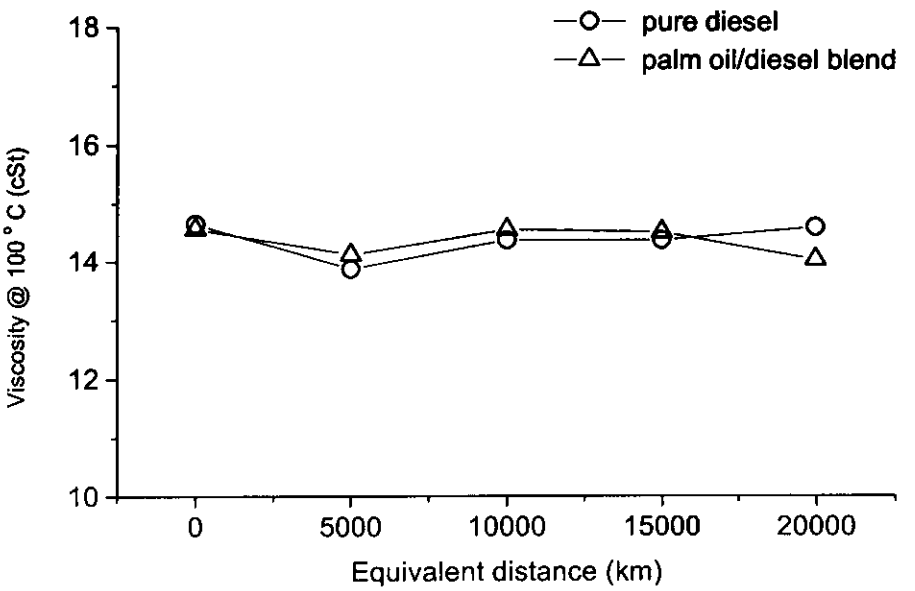
น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่สุ่มตัวอย่างจากเครื่องยนต์ที่อายุการใช้งานต่างๆ ถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติ ได้ผลออกมาดังแสดงใน ตารางที่ 5 – 8 ซึ่งสรุปผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น ในตารางที่ 9 และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเทียบตามอายุการใช้งานต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 40 – 49 ซึ่งพบว่า

- ค่าความหนืด ทั้งที่อุณหภูมิ 40 และ 100°c มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยที่ระยะอายุการใช้งานต่างๆ ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นใหม่ไม่ถือว่าเกิดความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ
- ค่าความเป็นกรดรวม มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
- ค่าความเป็นด่างรวม มีแนวโน้มไม่ชัดเจน มีทั้งเพิ่มขึ้น และ ลดลง ตามระยะอายุการใช้งาน
- ปริมาณโลหะ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนสำหรับโลหะเกือบทุกชนิดที่พิจารณา ซึ่งมาจากการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ หรือจากสารเติมแต่งที่ใส่ลงไปในน้ำมันหล่อลื่น หรือ จากฝุ่นผงแวดล้อม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ฉะนั้นการสึกหรอที่พบในเครื่องยนต์เกิดขึ้นตามสภาพการทำงานตามปกติ

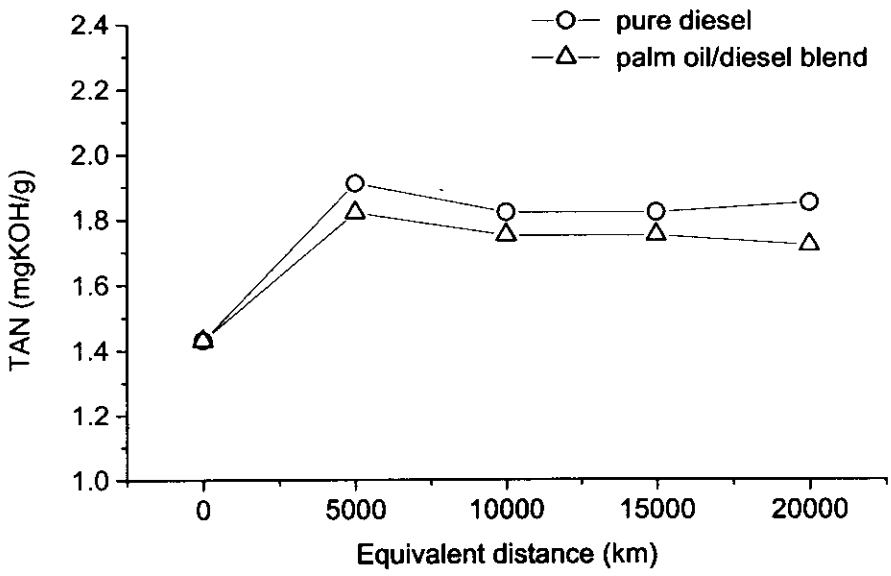
เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันหล่อลื่นใหม่กับน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่างพบว่าคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ความแตกต่างของคุณสมบัติที่ตรวจพบไม่มีนัยสำคัญ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงอยู่ในเกณฑ์ปกติ น้ำมันหล่อลื่นโดยรวมอยู่ในสภาพดี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่มีการใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันผสมพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติแปรตามอายุการใช้งาน และมีลักษณะคล้ายกัน ไม่แตกต่างกันมาก แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงที่พบไม่ได้บ่งชี้ถึงความผิดปกติในการทำงานของเครื่องยนต์แต่อย่างใด



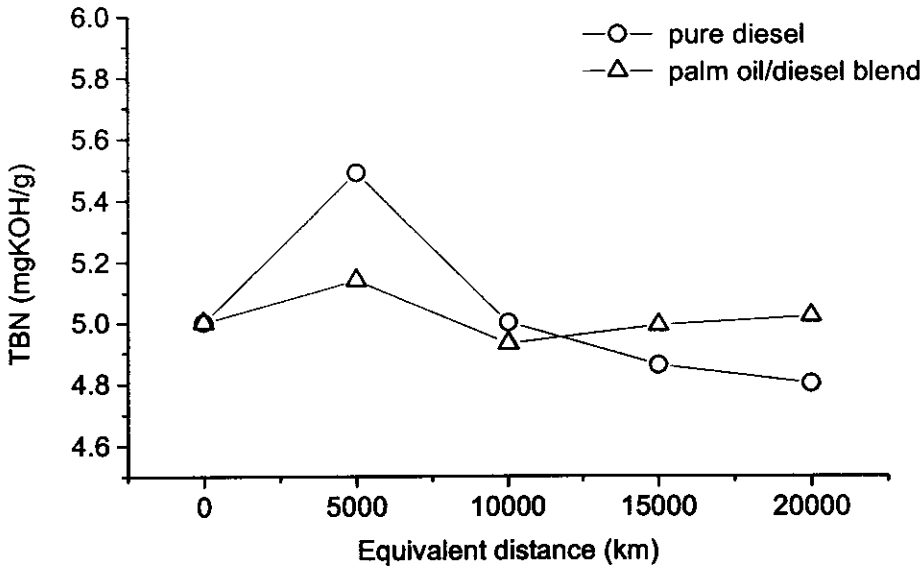
รูปที่ 40 ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 40 °c ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



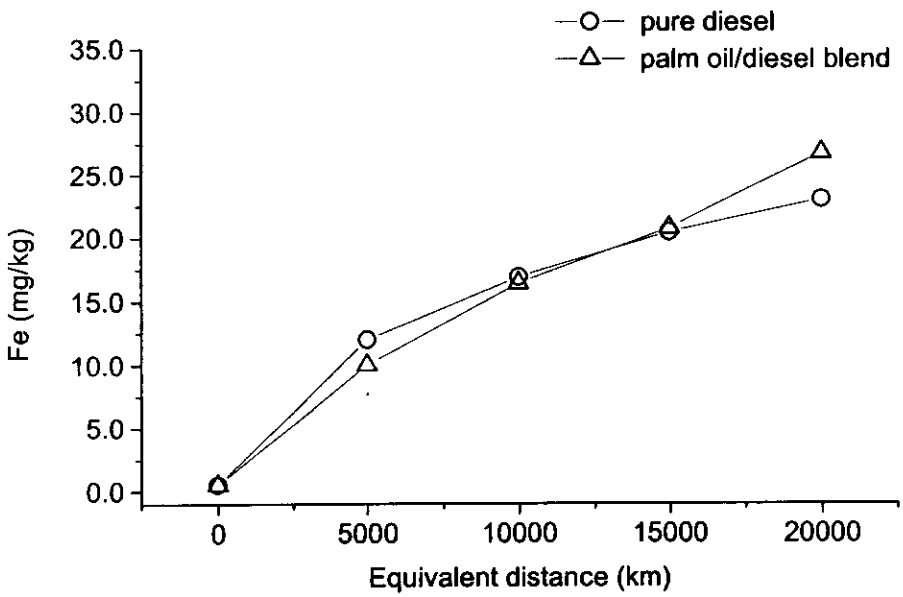
รูปที่41 ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 100°c ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



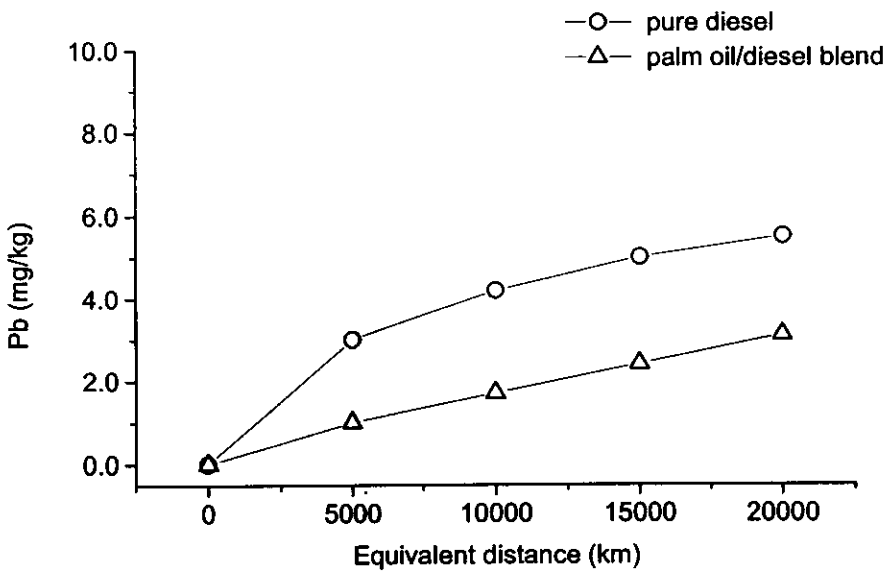
รูปที่ 42 ค่าความเป็นกรดรวมของน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



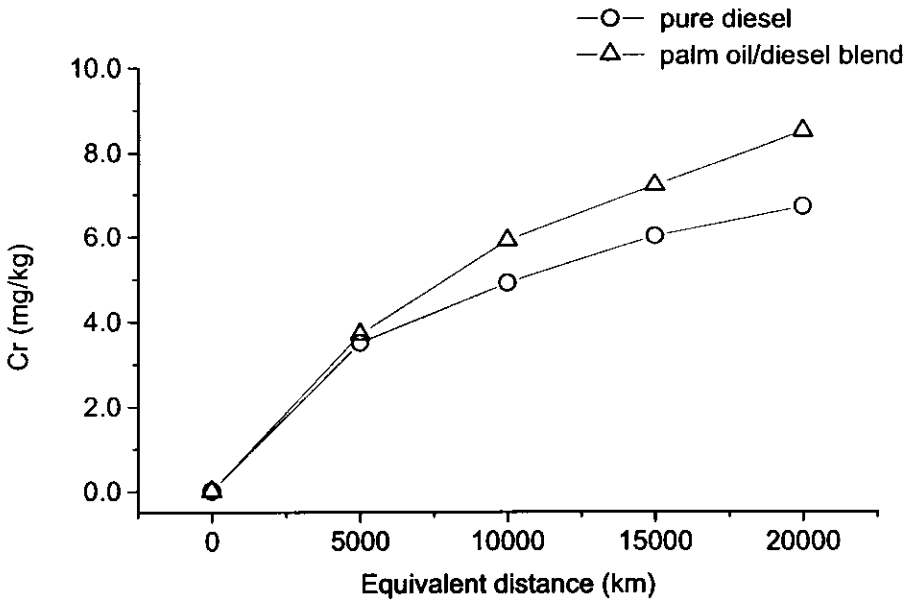
รูปที่ 43 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



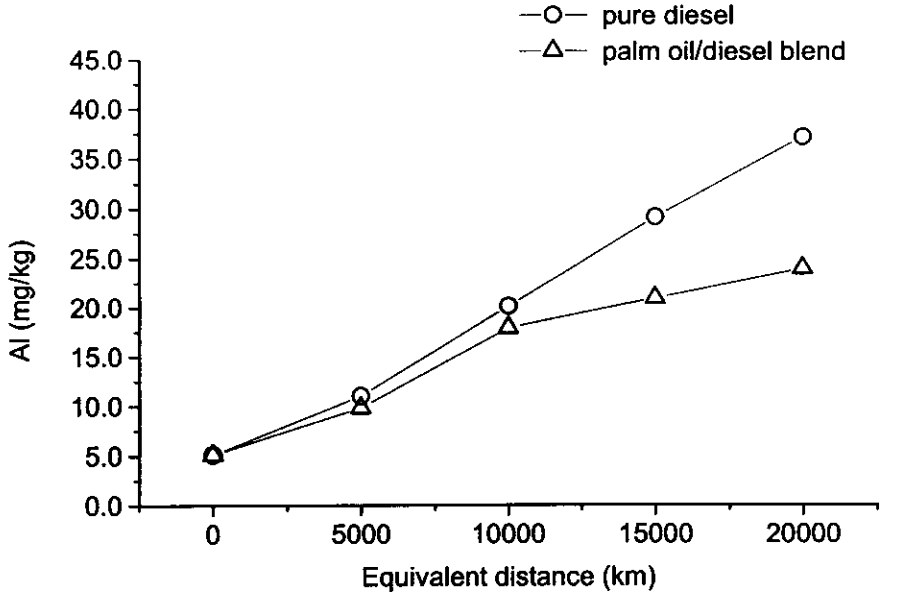
รูปที่ 44 ปริมาณโลหะ เหล็ก ในน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



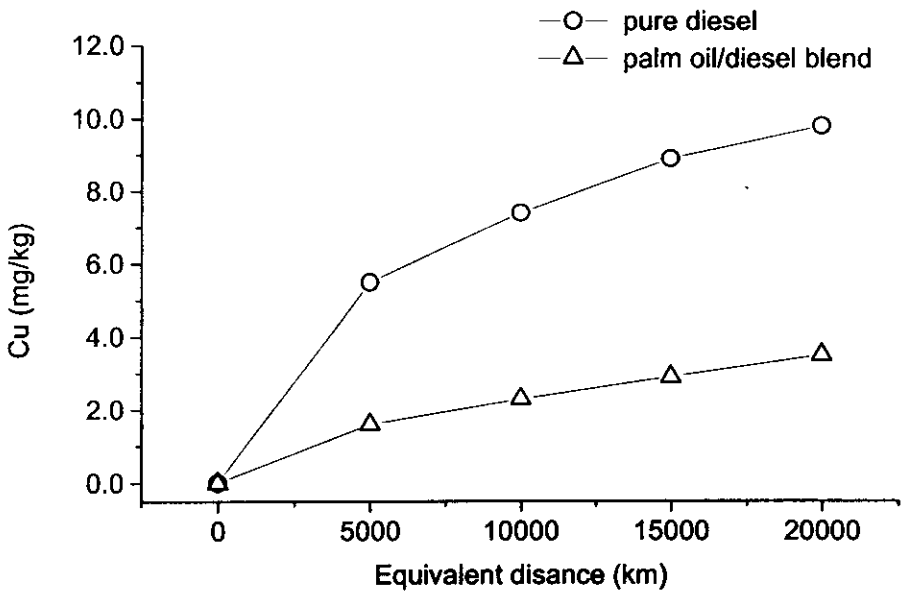
รูปที่ 45 ปริมาณโลหะ ตะกั่ว ในน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



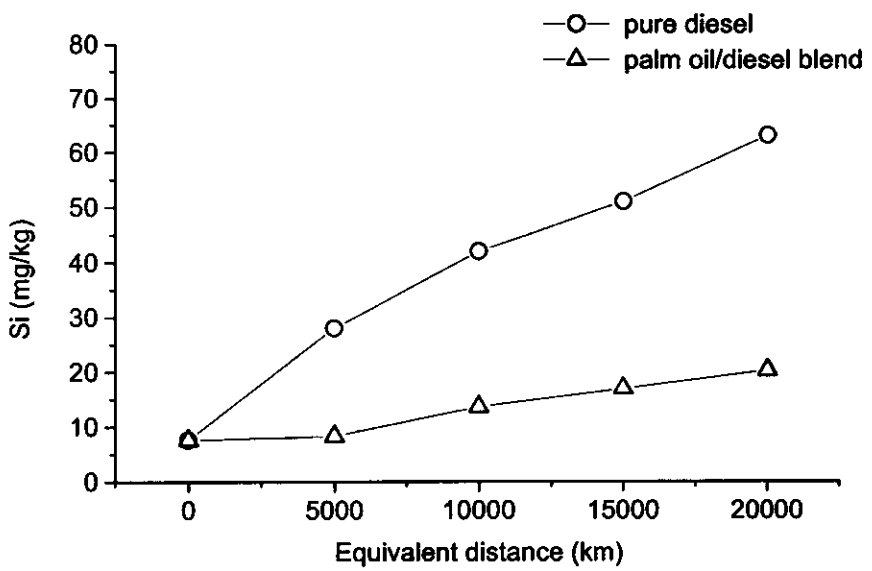
รูปที่ 46 ปริมาณโลหะ โครเมียม ในน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



รูปที่ 47 ปริมาณโลหะ อลูมิเนียม ในน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



รูปที่ 48 ปริมาณโลหะ ทองแดง ในน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน



รูปที่ 49 ปริมาณโลหะ ซิลิกอน ในน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะอายุการใช้งาน

ผลกระทบอื่นๆที่พบระหว่างการใช้งาน

จากการสังเกตระหว่างทำการทดสอบซึ่งมีการหยุดเครื่องและติดเครื่องใหม่วันต่อวัน พบว่าการเริ่มติดเครื่องยนต์สามารถทำได้โดยง่ายสะดวกดี และไม่พบความแตกต่างระหว่างการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด

ระหว่างการทดสอบเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ พบว่า ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงมีการสะสมของคราบตะกอนและทำให้เกิดการอุดตันเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ซึ่งจะพบปัญหาหลังจากที่ทดสอบแล้ว ประมาณ 10,000 กิโลเมตร ซึ่งก็มีการเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่ ในรูปที่ 50 แสดงลักษณะของตะกอนหรือสิ่งแปลกปลอมที่เกิดขึ้น ในน้ำมันผสมดีเซลชีวภาพที่คาดว่าไปสะสมบนไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยสีน้ำตาลขุ่น ตะกอนนี้ถูกตรวจพบได้ด้วยตาเปล่าหากน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ ไว้นานๆ ประมาณ 3-4 สัปดาห์ แต่จะสังเกตด้วยตาเปล่าได้ยาก หลังจากที่ผสมเสร็จใหม่ๆ และตั้งทิ้งไว้ภายใน 1 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม, ในบริเวณอื่นๆเช่น ผนังท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่พบว่ามีไขหรือตะกอนติดอยู่เลย

กากตะกอนของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ ผสมแล้ว 4 สัปดาห์

ใส ไม่มีกากตะกอน ผสมแล้ว 1 สัปดาห์

รูปที่ 50 ตะกอนที่เกิดขึ้นในน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว 5,000 กิโลเมตร เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่

	ใหม่	อายุการใช้งาน 5,000 กิโลเมตร	
หัวข้อวิเคราะห์		ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ
ความหนืดที่ 40°C (cSt)	148.8	134.0	141.0
ความหนืดที่ 100°C (cSt)	14.65	13.87	14.12
จุดวาบไฟ (°C)	262	-	244
ค่าความเป็นกรดรวม (mgKOH/g)	1.43	1.91	1.82
ค่าความเป็นด่างรวม (mgKOH/g)	5.00	5.49	5.14
สารที่ไม่ละลายในเพนเทน (%wt.)	-	-	0.003
Fe (mg/kg)	0.51	12	10
Pb (mg/kg)	ND	3.0	1.0
Cr (mg/kg)	ND	3.5	3.7
Al (mg/kg)	5.1	11	9.8
Cu (mg/kg)	ND	5.5	1.6
Si (mg/kg)	7.6	28	8.3

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว 10,000 กิโลเมตร เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่

	ใหม่	อายุการใช้งาน 10,000 กิโลเมตร	
หัวข้อวิเคราะห์		ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ
ความหนืดที่ 40°C (cSt)	148.8	144.0	144.8
ความหนืดที่ 100°C (cSt)	14.65	14.37	14.55
จุดวาบไฟ (°C)	262	-	250
ค่าความเป็นกรดรวม (mgKOH/g)	1.43	1.82	1.75
ค่าความเป็นด่างรวม (mgKOH/g)	5.00	5.00	4.93
สารที่ไม่ละลายในเพนเทน (%wt.)	-	-	0.000
Fe (mg/kg)	0.51	4.9	6.4
Pb (mg/kg)	ND	1.2	0.68
Cr (mg/kg)	ND	1.4	2.2
Al (mg/kg)	5.1	9.1	8.1
Cu (mg/kg)	ND	1.9	0.89
Si (mg/kg)	7.6	14	5.3

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว 15,000 กิโลเมตร เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่

	ใหม่	อายุการใช้งาน 15,000 กิโลเมตร	
หัวข้อวิเคราะห์		ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ
ความหนืดที่ 40°C (cSt)	148.8	146.4	144.0
ความหนืดที่ 100°C (cSt)	14.65	14.37	14.51
จุดวาบไฟ (°C)	262	-	246
ค่าความเป็นกรดรวม (mgKOH/g)	1.43	1.72	1.75
ค่าความเป็นด่างรวม (mgKOH/g)	5.00	4.86	4.99
สารที่ไม่ละลายในเพนเทน (%wt.)	-	-	0.000
Fe (mg/kg)	0.51	3.5	4.3
Pb (mg/kg)	ND	0.82	0.73
Cr (mg/kg)	ND	1.1	1.3
Al (mg/kg)	5.1	9.0	3.0
Cu (mg/kg)	ND	1.5	0.59
Si (mg/kg)	7.6	9.5	3.3

ตารางที่ 8 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว 20,000 กิโลเมตร เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่

	ใหม่	อายุการใช้งาน 20,000 กิโลเมตร	
หัวข้อวิเคราะห์		ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ
ความหนืดที่ 40°C (cSt)	148.8	149.0	140.8
ความหนืดที่ 100°C (cSt)	14.65	14.59	14.03
จุดวาบไฟ (°C)	262	-	260
ค่าความเป็นกรดรวม (mgKOH/g)	1.43	1.85	1.72
ค่าความเป็นด่างรวม (mgKOH/g)	5.00	4.80	5.02
สารที่ไม่ละลายในเพนเทน (%wt.)	-	-	0.003
Fe (mg/kg)	0.51	2.6	6.0
Pb (mg/kg)	ND	0.48	0.73
Cr (mg/kg)	ND	0.73	1.3
Al (mg/kg)	5.1	8.0	3.0
Cu (mg/kg)	ND	0.85	0.59
Si (mg/kg)	7.6	12	3.3

ตารางที่ 9 สรุปค่าการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ระยะการใช้งานต่างๆ

น้ำมันหล่อลื่น	อายุการใช้งาน 5,000 กิโลเมตร		อายุการใช้งาน 10,000 กิโลเมตร		อายุการใช้งาน 15,000 กิโลเมตร		อายุการใช้งาน 20,000 กิโลเมตร	
หัวข้อวิเคราะห์	ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ	ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ	ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ	ดีเซล	ดีเซลผสมปาล์มดิบ
ความหนืดที่ 40°C (% change)	-9.9	-5.2	-3.2	-3.3	-1.6	-3.2	1.3	-5.4
ความหนืดที่ 100°C (% change)	-5.3	-3.6	-1.9	-0.7	-1.9	-1.0	-0.4	-4.2
จุดวาบไฟ (°C change)	-	18	-	12	-	16	-	4
ความเป็นกรดรวม (% change)	33.6	27.3	27.3	22.4	20.3	22.4	29.4	20.3
ความเป็นด่างรวม (% change)	9.8	2.8	0	-1.4	-2.8	-0.2	-4.0	0.4
Fe (mg/kg change)	11.5	9.5	4.4	5.9	3.0	3.8	2.1	5.5
Pb (mg/kg change)	3.0	1.0	1.2	0.68	0.82	0.73	0.48	0.73
Cr (mg/kg change)	3.5	3.7	1.4	2.2	1.1	1.3	0.73	1.3
Al (mg/kg change)	5.9	4.7	4.0	3.0	3.9	-2.1	2.9	-2.1
Cu (mg/kg change)	5.5	1.6	1.9	0.89	1.5	0.59	0.85	0.59
Si (mg/kg change)	20.4	0.7	6.4	-2.3	1.9	-4.3	4.4	-4.3