EFP06

IEA Implementing Agreement on Advanced Motor Fuels

Ethanol as Fuel for Road Transportation

ADVANCED MOTOR FUELS IEA-AMF

Technical University of Denmark DTU

เชื้อเพลิงเอทานอลสำหรับการขนส่งบนท้องถนน

แปลโดย

กันยายน 2553

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

EFP06

Ethanol as Fuel for Road Transportation

เชื้อเพลิงเอทานอลสำหรับการขนส่งบนท้องถนน

แปลโดย

กันยายน 2553

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เชื้อเพลิงเอทานอลสำหรับการขนส่งบนท้องถนน

Ethanol as a Fuel for Road Transportation

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 100 เล่ม

ผู้แต่ง Ulrik Larsen, Troels Johansen and Jesper Schramm

ผู้แปล พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล ศิริลักษณ์ นิวิฐจรรยงค์

ชาญวิทย์ อุดมศักดิกุล ธนทร ศรีสุข

ที่ปรึกษา ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา

จัดทำโดย คลัสเตอร์พลังงานทดแทน ฝ่ายบริหารจัดการคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์: 02-564-650 โทรสาร: 02-564-6501-5

http://www.nstda.or.th http://www.mtec.or.th

คำนำผู้แปล

สภาพวิกฤติพลังงานของโลก โดยเฉพาะด้านราคาได้เกิดขึ้นหลายปีมาแล้ว และยังคงดำรงอยู่ตลอดมาส่งผลให้หลายประเทศเร่งดำเนินการด้านพลังงานทดแทน ทั้งเพื่อให้มีพลังงานทางเลือก และเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานด้วย ขณะที่พลโลกกำลังแก้ไขสถานะการณ์วิกฤตด้านพลังงาน โลกก็ต้องเผชิญปัญหาโลกร้อนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผลของก๊าซเรือนกระจกต่ออุณหภูมิและสภาพบรรยากาศของโลก พลังงานหมุนเวียนที่สะอาด จึงเป็นสิ่งที่มุ่งเฟ้นหาพลังงานชีวภาพซึ่งเป็นพลังงานจากชีวมวลที่หมุนเวียนได้จากการปลูกพืชพลังงานจึงเป็นความหวังที่จะสามารถจัดหาและจัดการได้ ทั้งวัตถุดิบและกระบวนการผลิตพลังงานชีวภาพนั้น

ไบโอเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่เป็นพลังงานทางเลือกในภาคการขนส่งโดยเฉพาะการขนส่งบนท้องถนน โดยสามารถใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องยนต์สันดาปภายในประเภทน้ำมันก๊าซโซลีนหรือที่เรียกในประเทศไทยว่าน้ำมันเบนซิน ไบโอเอทานอลมาจากการหมักวัตถุดิบชีวมวลจำพวกน้ำตาลและแป้ง ซึ่งถูกจัดเป็นไบโอเอทานอลรุ่นที่ 1 (1^{st} Generation Bio-Ethanol) หากเปลี่ยนใช้ชีวมวลจำพวกลิกโนเซลลูโลสจะจัดเป็นไบโอเอทานอลรุ่นที่ 2 (2^{nd} Generation Bio-Ethanol)

การพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงเอทานอลจากจุดเริ่มต้นของวัตถุดิบชีวมวล ผ่านกระบวนการผลิตไปจนถึงการใช้งานในยานยนต์ นับเป็นการพิจารณาจากหลุมถึงล้อ (Well-to-Wheels) โดยเฉพาะด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และสังคม จะช่วยให้การพิจารณาการใช้เชื้อเพลิงทดแทนเอทานอลเป็นพลังงานในอนาคตเป็นไปอย่างสมบูรณ์แบบ รวมถึงการบ่งบอกถึงความเหมาะสมในการผลักดันหรือขับเคลื่อนเชื้อเพลิงไบโอเอทานอล ให้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในภาคการขนส่งในระดับโลกต่อไป

ในประเทศไทย ได้มีการผลิตไบโอเอทานอลจากกากน้ำตาลมาก่อนและกำลังขับเคลื่อนเข้าสู่การใช้มันสำปะหลัง และลิกโนเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบต่อไป และได้นำเข้าสู่การใช้เป็นเชื้อเพลิงยานยนต์ในชื่อของเชื้อเพลิงก๊าซโซฮอล์โดยการผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 85

ก่อนที่เชื้อเพลิงไบโอเอทานอลจะถูกผลักดันและขับเคลื่อนให้นำใช้เป็นเชื้อเพลิงยานยนต์ทั่วโลกอย่างกว้างขวาง ควรมีการศึกษาผลกระทบและปัญหาที่เกิดขึ้นให้รอบด้านในทุกประเด็น เพื่อที่จะได้มีการนำข้อสังเกตต่างๆ ไปแก้ไขและพัฒนา รวมถึงประเด็นข้อถกเถียงเรื่อง อาหารหรือพลังงาน

รายงานผลการศึกษาเรื่อง **เชื้อเพลิงเอทานอลสำหรับการขนส่งบนท้องถนน** ฉบับนี้แปลจากรายงานเรื่อง **Ethanol as a Fuel for Road Transportation** เขียนโดย Ulrik Larsen, Troels Johansen และ Jesper Schramm เสนอต่อที่ประชุม International Energy Agency - Advanced Motor Fuels (IEA/AMF) เป็นงานที่ได้รับทุนสนับสนุนจาก Danish Energy Authority (EFP 2006 - Ethanol som motorbrændstof) ร่วมกับ International Energy Agency - Advanced Motor Fuels (IEA/AMF) โดยรายงานนี้เป็นส่วนของ Subtask 1: Ethanol as a Fuel in Road Vehicles ของรายงานฉบับเต็มเรื่อง Ethanol as a Motor Fuel ดำเนินงานโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคนิคแห่งเดนมาร์ค

การประชุม **Executive Meeting on Advanced Motor Fuels** ครั้งที่ 38 (หรือ **The 38th IEA/AMF ExCo Meeting**) จัดโดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่โรงแรมมณเฑียร ริเวอร์ไซด์ กรุงเทพฯ ประเทศไทย ในระหว่างวันที่ 17-20 พฤศจิกายน 2552 ที่ประชุมมีความเห็นร่วมกันว่ารายงาน **Ethanol as a Fuel for Road Transportation** ฉบับนี้มีประโยชน์ สมควรทำการเผยแพร่อย่างแพร่หลายเป็นภาษาต่างๆ เช่น ภาษาญี่ปุ่นและภาษาไทย สวทช.ในฐานะที่เป็นสมาชิกของ **International Energy Agency - Advanced Motor Fuels (IEA/AMF)** ได้รับการอนุญาตให้เป็นผู้แปลเป็นฉบับภาษาไทย

พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล

ศิริลักษณ์ นิวิฐจรรยงค์

ชาญวิทย์ อุดมศักดิกุล

ธนทร ศรีสุข

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

ความหมายตัวย่อ 1

บทสรุป 7

บทนำ 15

ความมั่นคงในการจัดหาพลังงาน 16

ภาวะโลกร้อน 17

1. เอทานอลเป็นแหล่งพลังงาน-ประเด็นทั่วไป 19

1.1 การจัดจำหน่าย 19

1.2 การผลิต 19

1.2.1 วัตถุดิบ 21

1.2.2 กรรมวิธีการผลิต 23

1.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต 29

1.3.1 ค่าพลังงานสุทธิและก๊าซเรือนกระจก 29

1.3.2 การทบทวนการประเมินวัฏจักรชีวิต 30

1.3.3 วิจารณ์ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและผลได้ที่รับ 34

1.3.4 เอทานอลมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 36

1.4 ความยั่งยืน 39

1.4.1 ประเด็นการใช้ที่ดิน 41

2. คุณสมบัติเชื้อเพลิง 49

2.1 ความรู้พื้นฐานทางเคมี 49

2.2 ประเภทของเชื้อเพลิงเอทานอล 52

2.3 ประเด็นของน้ำและการผสม 54

2.3.1 การผสมเข้ากันได้ระหว่างเอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำ 54

2.3.2 การผสมเข้ากันได้ระหว่างเอทานอล กับน้ำมันดีเซล 61

2.4 ความเป็นพิษ และความปลอดภัย 64

3. การใช้เอทานอลในการขนส่ง 69

3.1 การใช้งานในเครื่องยนต์ประเภทจุดระเบิดด้วยประกายไฟ 69

3.1.1 ความเข้ากันได้ของเชื้อเพลิง 70

3.1.2 วัสดุและการกัดกร่อน 71

3.1.3 ศักยภาพเชิงเทคนิคของเอทานอลในเครื่องยนต์ประเภทจุดระเบิดด้วยประกายไฟ 82
3.1.4 ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น 92
3.2 การปล่อยไอเสีย 102
3.2.1 มลพิษที่ปล่อยจากท่อไอเสีย 102
3.3 การใช้เอทานอลในรถสองล้อ 114
3.4 การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 115
3.4.1 ความเข้ากันได้ของเชื้อเพลิง 115
3.4.2 เทคนิคในการนำไปใช้ 118
3.4.3 การทดลองกับยานยนต์ฟลีท 133
3.4.4 การอภิปราย 134
4. บทสรุป 141
4.1 มุมมองเชิงเทคนิค 141
4.2 มุมมองด้านอื่นๆ 144
5. เอกสารอ้างอิง 147

ความหมายตัวย่อ

AEBIOM	European Biomass Association	สมาคมชีวมวลแห่งสหภาพยุโรป
AFDC	Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center	ศูนย์เชื้อเพลิงทางเลือกและข้อมูลรถยนต์ขั้นสูง
AFR	Air-Fuel Ratio	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงตามทฤษฎี
ANFAVEA	Brazilian Automotive Industry Association Energy & Environment Commission	คณะกรรมการสมาคมพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่ออุตสาหกรรมยานยนต์แห่งบราซิล
ASME	American Society of Mechanical Engineers	สมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา
ASTM	American Society for Testing and Materials	สมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา
BE-diesel	Biodiesel- Ethanol- Diesel Blend	น้ำมันดีเซลผสมระหว่างไบโอดีเซลและเอทานอล
Btu	British Thermal Unit	หน่วยวัดปริมาณความร้อน
CAI	Controlled Auto-Ignition	ระบบควบคุมการจุดระเบิดแบบอัตโนมัติ
CERC	Combustion Engine Research Center, Chalmers University	ศูนย์วิจัยการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แห่งมหาวิทยาลัยคาลเมอร์
CH_4	Methane	ก๊าซมีเทน
CHP	Combined Heat and Power	ระบบไฟฟ้าและพลังงานความร้อนร่วม
CI	Compression Ignition	การจุดระเบิดด้วยการอัด
CO	Carbon Monoxide	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
CO_2	Carbon Dioxide	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
CO_2eq	Carbon Dioxide Equivalent	คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
CONCAWE	European Oil Company Organisation for Environment, Health and Safety	องค์กรน้ำมันแห่งสภาพยุโรปเพื่อสิ่งแวดล้อมสุขภาพและความปลอดภัย
CRC	Coordinating Research Council	คณะกรรมการประสานงานวิจัย
DDGS	Dried Distillers Grains with Solubles	ของแข็งผสมกับส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้
DI	Direct Fuel Injection	การฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง

DOE	U.S. Department of Energy	กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา
E10	Gasoline containing 10 percent ethanol by volume	น้ำมันเบนซินที่มีเอทานอลร้อยละ 10 โดยปริมาตร
E85	Gasoline containing 70–85 percent ethanol by volume	น้ำมันเบนซินที่มีเอทานอลร้อยละ 70-85 โดยปริมาตร
E93	Ethanol containing 7 percent water	เอทานอลที่มีน้ำร้อยละ 7
EBS	Ethanol Boosting System	ระบบเสริมเชื้อเพลิงเอทานอล
ECU	Engine Control Unit	ชุดควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์
EDI	Ethanol Direct Injection	การฉีดเอทานอลเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง
E-Diesel	Specific Ethanol Diesel Blend	น้ำมันดีเซลผสมเอทานอล
EEPS	Engine Exhaust Particle Sizer	เครื่องวัดและวิเคราะห์อนุภาคจากการเผาไหม้
EERE (US)	U.S. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy	สำนักงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานและพลังงานทดแทนแห่งสหรัฐอเมริกา
EGR	Exhaust Gas Recirculation	ระบบหมุนเวียนของไอเสีย
EJ	Exa Joule (10^{18})	อีซาจูล หน่วยพลังงานเท่ากับ 10^{18} จูล
ELPI	Electrical Low Pressure Impactor	เครื่องวัดการกระจายขนาดอนุภาค
EMPA	Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research	ห้องปฏิบัติการทดสอบและวิจัยวัสดุแห่งสหพันธรัฐสวิส
EPA	U.S. Environmental Protection Agency	สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา
ETBE	Ethyl Tertiary Butyl Ether	เอทิลเทอร์เทียรีบิวทิลอีเทอร์ (สารเคมีที่เพิ่มค่าออกเทนแก่เครื่องยนต์)
EU	European Union	สหภาพยุโรป
EUCAR	The European Council for Automotive R & D	สภาวิจัยและพัฒนายานยนต์แห่งสหภาพยุโรป
FAME	Fatty Acid Methyl Esters	เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน
FAO	Food and Agriculture Organization (U.N.)	องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ
FCAI	Federal Chamber of Automotive Industries (Australia)	องค์กรรัฐทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ออสเตรเลีย
FFV	Flex Fuel Vehicles	ยานยนต์ที่สามารถใช้เชื้อเพลิงยืดหยุ่น (ที่มีส่วนผสมเอทานอลร้อยละ 0-85)

FLEET	FLEET	กลุ่มรถแท็กซี่ รถโดยสาร หรือเครื่องบินที่อยู่ในบริษัทเดียวกัน
GDI	Gasoline Direct Injection	การฉีดน้ำมันเบนซินเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง
GHG	Greenhouse Gasses	ก๊าซเรือนกระจก
GM	General Motors	เจเนรัลมอเตอร์
GREET	The Greenhouse Gases, Regulated Emissions and Energy use in Transportation model	แบบจำลองผลกระทบของเชื้อเพลิงต่อสิ่งแวดล้อม (ก๊าซเรือนกระจก การปล่อยตามกฎระเบียบและการใช้พลังงานสำหรับการขนส่ง)
HC	Hydrocarbon	ไฮโดรคาร์บอน
HCCI	Homogenous Charge Compression Ignition	ระบบการผสมเชื้อเพลิงให้เป็นเนื้อเดียวกันและจุดระเบิดด้วยการอัด
IBUS	Integrated Biomass Utilization System	ระบบการใช้ชีวมวลแบบผสมผสาน
IEA	International Energy Agency	องค์การพลังงานระหว่างประเทศ
IFP	French Petroleum Institute	สถาบันปิโตรเลียมฝรั่งเศส
IMF	International Monetary Fund	กองทุนการเงินระหว่างประเทศ
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
JRC	Joint Research Center	ศูนย์วิจัยร่วม
KL	Knock-limited Ignition Timing	เวลาของจังหวะการจุดระเบิดที่จำกัดการน็อค
kWh	Kilowatt-hour	กิโลวัตต์ชั่วโมง
LCA	Life Cycle Assessment	การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
LEV	Low Emission Vehicle	ยานยนต์ที่ปล่อยไอเสียต่ำ
LFL	Lower Flammability Limit	ความเข้มข้นของเชื้อเพลิงต่ำที่สุดในอากาศที่ทำให้ติดไฟ
MBT	Maximum Brake Torque Ignition Timing	จังหวะการจุดระเบิดที่ทำให้เกิดแรงบิดสูงสุด
MTBE	Methyl Tertiary Butyl Ether	เมทิลเทอร์เทียรีบิวทิลอีเทอร์ (สารเคมีที่เพิ่มค่าออกเทนแก่เครื่องยนต์)
N_2O	Nitrous oxide	ก๊าซไนตรัสออกไซด์
NEV	Net Energy Value	ค่าพลังงานสุทธิ

NO_2	nitrogen dioxide	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
NO_x	Nitrogen Oxides	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน
NREL	National Renewable Energy Laboratory (U.S.)	ห้องปฏิบัติการพลังงานหมุนเวียนแห่งชาติ
O_2-diesel	brand of ethanol–diesel blend	ชนิดของน้ำมันดีเซลผสมด้วยเอทานอล
OBDS	On-Board Distillation System	ระบบการกลั่นที่ติดตั้งมากับรถ
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา
PAH	Poly Aromatic Hydro Carbons	โพลีอะโรเมติก ไฮโดรคาร์บอน
PCCI	Partial Premixed Controlled Combustion	ชุดควบคุมการผสมเชื้อเพลิงก่อนเผาไหม้
PFI	Port Fuel Injection	ช่องฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
pHCCI	Partial Homogenous Charge Compression Ignition Homogenous Charge Compression Ignition	ระบบการผสมเชื้อเพลิงให้เป็นเนื้อเดียวกันบางส่วนและจุดระเบิดด้วยการอัด
PM	Particulate Matter	ฝุ่นละอองขนาดเล็ก
PVC	Polyvinyl chloride	พอลิไวนิลคลอไรด์
PZEV	Partial Zero-Emissions Vehicle	ยานยนต์ที่ปลอดมลพิษบางส่วน
RFG	Reformulated Gasoline	น้ำมันเบนซินปรับปรุงใหม่
RON	Research Octane Number	การวัดหาค่าออกเทนตามมาตรฐาน ASTM D 2699 ทดสอบที่ความเร็วต่ำ (600รอบ/นาที) และอุณหภูมิเชื้อผสมต่ำ 125 $^{\circ}$F ในสภาพการทำงานเบาของเครื่องยนต์
RVP	Reid Vapor Pressure	ความดันไอน้ำมันวัดด้วยวิธี Reid
SADE	Spark Assisted Diesel Engine	ชุดช่วยในการจุดระเบิดในเครื่องยนต์ดีเซล
SAE	Society of Automotive Engineers	สมาคมวิศวกรรมยานยนต์
SI	Spark Ignited	การจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (หัวเทียน)
SUV	Sport Utility Vehicle	ยานยนต์เอนกประสงค์
USDA-ARS	U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service	หน่วยงานบริการวิจัยทางการเกษตรของกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา
VOF	Volatile Organic Fractions	สัดส่วนการระเหยของสารอินทรีย์

VVT	Variable Valve Timing	การตั้งจังหวะการเปิด-ปิดของวาล์วแบบแปรผัน
VW	Volkswagen	โฟล์คสวาเก้น
WTW	Well-to-Wheels (Assessment)	กระบวนการที่ได้มาซึ่งพลังงาน ตั้งแต่การจัดหา การผลิต การขนส่ง ตลอดจนการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในลักษณะ “จากหลุมถึงล้อ” (Well-to-Wheels) คือตั้งแต่นำน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อ ไปจนถึงการใช้น้ำมันในการขับเคลื่อนรถยนต์

บทสรุป

ไบโอเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ในภาคการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการขนส่งบนท้องถนน ซึ่งมีการศึกษาและมีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวาง ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและมุมมองทางเทคนิคของเครื่องยนต์ที่นำเอทานอลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงด้วย นอกจากนั้นแล้วยังมีการศึกษาที่ทำให้เกิดความเข้าใจถึงวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชนิดนี้ จากต้นน้ำไปจนถึงการใช้งาน หรือจากหลุมถึงล้อ (Well-to-Wheels) รวมถึงประเด็นด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และสังคมด้วย อย่างไรก็ตามรายงานฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินประเด็นดังกล่าวให้ครบถ้วน ซึ่งจะนำเสนอศักยภาพทางเทคนิคและปัญหาควบคู่ไปกับประเด็นการใช้ไบโอเอทานอลเป็นพลังงานในอนาคตอันใกล้

ไบโอเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมในการเริ่มศึกษาเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงผลิตภัณฑ์ และมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก (GHG) ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต และมีศักยภาพในการใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและจะกลายเป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียนหรือไม่นั้น เป็นเหตุผลหลักที่จะนำเอทานอลมาพิจารณาและนำมาใช้ ฉะนั้นต้องมุ่งเน้นที่ 2 คำถามหลัก ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เอทานอล กล่าวคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สามารถลดลงได้ปริมาณเท่าไร และสามารถทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ในปริมาณเท่าไร มีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เพื่อคาดการณ์หลายชิ้น ส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าไบโอเอทานอลมีศักยภาพที่ดีมาก และสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การศึกษาเหล่านั้นได้แสดงให้เห็นด้วยว่า ศักยภาพของเอทานอลในการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและศักยภาพในการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกนั้น ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว ไบโอเอทานอลสามารถผลิตได้จากชีวมวลหลายประเภท แต่ประสิทธิผลของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลอาจไม่เท่ากัน บราซิลเป็นประเทศแรกที่ทำการผลิตเอทานอลและเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดของโลก จากนั้นสหรัฐอเมริกา จีน อินเดีย และสหภาพยุโรป ก็ได้มีการเพิ่มกำลังการผลิตตั้งแต่นั้นมาอย่างรวดเร็ว

โดยภาพรวมแล้วไบโอเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในภาคการขนส่งที่ดีที่สุด มีการคาดหมายว่าจะมีการขยายการผลิตมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และรักษาปริมาณการผลิตในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งเป็นภาคการใช้งานที่ใหญ่ระดับโลก การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้นจะส่งผลต่อเนื่องไปสู่ศักยภาพด้านอื่นๆ อีกมากมาย สามารถขับเคลื่อนไปสู่ความต้องการในระเบียบและวิธีการการประเมิน การตื่นตัวเหล่านี้เป็นหลักการของการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะความต้องการให้ได้มาซึ่งคำจำกัดความของตัวชี้วัด ระเบียบ และหลักเกณฑ์ ซึ่งคำจำกัดความเหล่านี้ ไม่เหมือนกับที่ใช้ในภาคป่าไม้

ในการผลิตชีวมวลตลอดจนการนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นไบโอเอทานอล มีปัญหาปรากฏขึ้นอย่างชัดเจนคือ มลภาวะ การใช้น้ำ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิต ดินถูกทำลาย และการขัดแย้งในการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูก ในระดับผู้ปฏิบัติงานมีการตื่นตัวและถกเถียงกันถึงปัญหาอาหารและเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นที่ประจักษ์ว่าไม่ควรกีดกันการนำอาหารมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง ตามที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้เคยกล่าวไว้ว่า ปัญหาในปัจจุบันดูเหมือนว่าไม่น่าจะขาดแคลนความสามารถในการผลิตอาหาร แต่จะเป็นปัญหาทางการเมืองเชิงเศรษฐศาสตร์ คือการกีดกันทางการค้า นอกจากนั้นแล้วยังมีการโต้แย้งหาเหตุผลว่าการผลิตเอทานอลเป็นศักยภาพที่แท้จริงของการลดก๊าซเรือนกระจกหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตเอทานอลนอกประเทศบราซิล เนื่องจากชีวมวลที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกอีกชนิดหนึ่งนั้น ออกมาในระหว่างที่เจริญเติบโต ก๊าซชนิดนี้เป็นก๊าซที่ส่งผลให้เกิดภาวะเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 300 เท่า มีรายงานการศึกษาหลายฉบับ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในเชิงลบเช่นนี้ นั่นหมายถึงว่าไบโอเอทานอลจะทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญคือการอนุรักษ์แหล่งสำรองคาร์บอนธรรมชาติ เมื่อพื้นดินเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพาะปลูก จึงมีความเป็นไปได้ที่จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่บรรยากาศมากกว่าที่เชื้อเพลิงชีวภาพจะช่วยลดก๊าซเรือนกระจก

ในปัจจุบันมีความพยายามที่จะแก้ปัญหาการผลิตเอทานอลด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีรุ่นที่สอง ตามแนวทางการผลิตเอทานอลด้วยการใช้ชีวมวลประเภทเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบ ซึ่งได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีนี้ เนื่องจากมีการใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูก และมีค่าประสิทธิภาพพลังงานสูงกว่า รวมถึงสามารถใช้ของเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบได้ เช่น ฟางข้าว และแกนฝักข้าวโพด เป็นต้น อีกทั้งยังมีประโยชน์ด้านประสิทธิภาพกล่าวคือ สามารถใช้วัตถุดิบที่มีผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกสูง ต่อมาภายหลังมีการกล่าวถึงการใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความขัดแย้งในการใช้พื้นที่ อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาอีกหลายประเด็นที่ต้องได้รับการแก้ไข ซึ่งปัญหาหลักๆ ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงค่าใช้จ่าย และการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงกระบวนการผลิตก่อนที่เทคโนโลยีนี้จะถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง

เอทานอลเหมาะที่จะผลิตด้วยกระบวนการเชิงบูรณาการ ดังเช่นในประเทศบราซิลมีกระบวนการผลิตเอทานอล และพลังงานร่วมกันในหลายพื้นที่และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ในระยะแรกชีวมวลที่เหลือใช้ เช่น ชานอ้อย จะถูกนำไปเผาทิ้งโดยไม่มีการแปรรูปเป็นพลังงาน ซึ่งเป็นผลกระทบที่สำคัญต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตเชื้อเพลิง ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการผลิตเอทานอลจากข้าวโพดเป็นจำนวนมหาศาล เป็นการสร้างโอกาสในการผลิตอาหารสัตว์ ในประเทศเดนมาร์คมีการสาธิตการผลิตเอทานอลเชิงบูรณาการ โดยการใช้เทคโนโลยีรุ่นที่สองร่วมกับการผลิตไบโอก๊าซ ไฮโดรเจน และเม็ดเชื้อเพลิงแข็ง จึงเป็นการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีการใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ และมีการหมุนเวียนน้ำจากกระบวนการผลิตมาใช้ใหม่ด้วย แนวความคิดของกระบวนนี้ได้มาจากการเลียนแบบธรรมชาติด้วยการนำผลผลิตจากกระบวนการหนึ่งมาเป็นวัตถุดิบของอีกกระบวนการหนึ่ง เช่น จากการผลิตเอทานอลจะมีของเสียที่เป็นของแข็งซึ่งมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานไฟฟ้าและนำไฟฟ้าป้อนกลับไปยังกระบวนการผลิตเอทานอลอีกครั้ง ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงราคาถูกและต้นทุนต่ำ

คุณสมบัติของเอทานอลแตกต่างจากน้ำมันเบนซิน ทำให้การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงอาจใช้ผสมกับน้ำมันเบนซิน หรือใช้เอทานอลล้วนๆ ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วน

ของเครื่องยนต์รุ่นนั้นๆ เพื่อให้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม ข้อแรก คือ เอทานอลเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติดูดความชื้นจากอากาศได้ดี จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้มีน้ำปะปนในเอทานอล นอกจากนั้นแล้วในการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลด้วยการกลั่นตามปกติจะสามารถดึงน้ำออกจากเอทานอลให้ได้ความบริสุทธิ์ของเอทานอลเพียงร้อยละ 95 การกำจัดน้ำส่วนที่เหลือนั้นจะต้องใช้กระบวนการที่ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัดออก ซึ่งเป็นข้อถกเถียงให้มีการใช้เอทานอลที่มีน้ำปนอยู่บ้าง แต่หากมีน้ำปะปนอยู่จะทำให้เอทานอลผสมได้ไม่ดีนักทั้งในน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเบนซิน เชื้อเพลิงดังกล่าวจะเกิดการแยกชั้นและทำให้เกิดปัญหากับระบบการป้อนเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ จึงทำให้ไม่สามารถใช้น้ำมันดังกล่าวเป็นเชื้อเพลิงได้ สำหรับปัญหาด้านการผสมเชื้อเพลิงนั้นยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสัดส่วนการผสมของเอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำ ดังนั้นการพิจารณาทางเลือกของเทคโนโลยีนั้นจะต้องขึ้นอยู่กับภูมิภาค และลักษณะภูมิประเทศนั้นๆ และปัญหาในการผสมที่แย่ที่สุด คือทำการผสมในภูมิภาคที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยผสมเอทานอลในสัดส่วนต่ำๆ เมื่อมีน้ำปะปนอยู่ด้วย การผสมเอทานอลในสัดส่วนปานกลางและสูง ทำได้โดยมีปัญหาไม่มากนักถึงแม้ว่ามีน้ำปะปนสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ในประเทศบราซิล เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 7 มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งยุทธศาสตร์การใช้เอทานอลที่มีน้ำปนอยู่ด้วยของประเทศบราซิล เกิดขึ้นเนื่องจากต้องการลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ในส่วนที่เป็นพลังงานที่ใช้ในการกำจัดน้ำออกจากเอทานอล

ประเด็นต่อมาคือ ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเครื่องเย็น และการปล่อยมลภาวะเป็นจำนวนมากในขณะติดเครื่อง ปัญหาเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อใช้เอทานอลผสมในสัดส่วนที่สูง เช่น E85 หรือการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงล้วนๆ เอทานอลมีความแตกต่างจากน้ำมันเบนซินทประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดเบาทำให้มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่อุณหภูมิต่ำ มีคุณสมบัติการระเหย และการติดไฟได้ แต่เอทานอลเป็นสารเคมีที่ติดไฟได้ดี ที่สภาวะปกติ เกิดขึ้นได้ในระบบเชื้อเพลิงของยานยนต์ อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ จึงจำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันคุณสมบัติการระเหยและคุณสมบัติของสารเคมีช่วยปล่อยมลพิษให้มีการระเหยสูงจากระบบเชื้อเพลิงเมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำมันเบนซิน หรือแม้แต่การปล่อยมลพิษ

ได้สูงกว่าจากเครื่องยนต์ดีเซล อย่างไรก็ตาม ปัญหาเหล่านี้จะเลวร้ายยิ่งขึ้นเมื่อมีการใช้เอทานอลผสมในสัดส่วนที่ต่ำ และปัญหานี้จะลดลงเมื่อใช้เอทานอลที่ผสมในสัดส่วนที่สูง และใช้เอทานอลล้วนๆ โดยไม่มีการผสมเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินเท่านั้น ไม่ใช่น้ำมันดีเซล

ในความเป็นไปได้ทางเทคนิคของเครื่องยนต์ เอทานอลถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซิน เนื่องจากเอทานอลผสมเข้ากับน้ำมันเบนซินได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ในประเทศบราซิลมีการบังคับใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินในรูปของ E25 และ E100 ในประเทศสวีเดนมีการใช้ E85 กันอย่างกว้างขวาง ในขณะที่อีกหลายประเทศ การใช้ E5 และ E10 เป็นการบังคับใช้โดยเกณฑ์การผสมทั่วไปอยู่ที่สัดส่วนเอทานอลร้อยละ 5-10 ในน้ำมันเบนซิน และใช้ในยานยนต์ทั่วไปที่ไม่มีการดัดแปลงชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศสวีเดน มีการใช้ยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงที่ยืดหยุ่นได้ หรือที่เรียกว่า Flex fuel vehicle ยานยนต์นี้สามารถรองรับเชื้อเพลิงที่มีการผสมเอทานอลในสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 85 ในน้ำมันเบนซิน ยานยนต์ประเภทนี้ได้สาธิตความเป็นไปได้ทางเทคนิคที่รองรับเชื้อเพลิงหมุนเวียนในสัดส่วนที่สูง โดยค่าใช้จ่ายมิได้สูงตามไปด้วย ส่วนประเด็นความเข้ากันได้ของเชื้อเพลิงโดยเฉพาะกับรถยนต์รุ่นเก่านั้น พบว่าเกิดการกัดกร่อน และความเสียหายอื่นๆในระบบเชื้อเพลิง และท้ายที่สุดจะเกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์ ดังนั้น เชื้อเพลิงเอทานอลจึงไม่แนะนำให้ใช้กับรถยนต์ที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2529 (ค.ศ.1986)

การศึกษาการใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ ยืนยันว่าเมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในรูปของแรงบิดและกำลัง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลมีค่าออกเทนสูงกว่า แต่มีค่าพลังงานต่อลิตรของเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน ส่งผลถึงระยะทางที่วิ่งได้สั้นกว่าต่อปริมาตรของเชื้อเพลิงที่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม บางกรณีประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ถูกปรับแต่งทำให้วิ่งได้ระยะไกลกว่า จึงทำให้เป็นที่น่ากังขาว่า เชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลในสัดส่วนสูงหรือใช้เอทานอลล้วนๆ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานโดยรวมได้จริงหรือไม่

แนวโน้มในการพัฒนาเครื่องยนต์ในปัจจุบัน เอทานอลดูเหมือนว่าเป็นคู่แข่งที่ดี ที่ใช้ได้ทั้งในเครื่องยนต์เบนซิน และดีเซล เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การลดขนาดลง การป้อนเชื้อเพลิงโดยตรง การเพิ่มกำลังอัด และการเผาไหม้แบบใหม่ๆ ดังเช่น ระบบการผสมเชื้อเพลิงให้เป็นเนื้อเดียวกันและจุดระเบิดด้วยการอัด (HCCI) และระบบควบคุมการจุดระเบิดแบบอัตโนมัติ (CAI) สามารถใช้และเข้ากันได้ดีกับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ถึงแม้ว่าการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะปล่อยไอเสียที่มีความสะอาดกว่าการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงก็ตาม แต่มลพิษที่เกิดจากการระเหยจะเลวร้ายกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เอทานอลผผสมในสัดส่วนต่ำๆ จากการสำรวจและแบบจำลองที่ได้จากการศึกษา พบว่าในการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงช่วยให้สุขภาพอนามัยโดยรวมดีขึ้น เมื่อเทียบกับผลกระทบของมลภาวะทางอากาศ เช่น เบนซีน และบิวทาไดอีน ที่เป็นสารก่อมะเร็ง ถึงแม้ว่าการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะปล่อยสารอัลดีไฮด์สูงขึ้นก็ตาม เอทานอลสามารถใช้ได้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยมีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วเอทานอลไม่สามารถผสมกับน้ำมันดีเซลได้ แต่ต้องใช้สารเติมแต่ง (additive) ช่วยในการผสม ไบโอดีเซลหรือเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME) เป็นสารที่ช่วยให้เอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซินได้ดี ซึ่งจะช่วยให้สัดส่วนของเชื้อเพลิงหมุนเวียนสูงขึ้น ในการผสมสามารถใช้เชื้อเพลิงหมุนเวียนในปริมาณสูงถึงร้อยละ 30 นอกจากนี้เคยมีการใช้เอทานอลล้วนๆโดยไม่มีการผสมในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่า ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติไอเสียอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าผสมเอทานอลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ก็สามารถช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ปล่อยจากท่อไอเสียได้ จากคำถามที่ยังคงค้างอยู่ คือ ผลกระทบของเอทานอลต่อขนาดของฝุ่นละออง และระบบการลดปริมาณไอเสียนั้น ได้มีความพยายามนำเทคนิคหลายรูปแบบมาใช้ซึ่งประสบความสำเร็จมาแล้วในการพัฒนาให้สามารถใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ทั้งนี้ดูเหมือนว่าเอทานอลจะเหมาะกับแนวโน้มการพัฒนาเครื่องยนต์ เอทานอลจะช่วยเพิ่มอัตราส่วนของก๊าซที่กลับมาเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น ช่วยลดการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กลดลง ซึ่งทำให้สามารถใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ประเภท HCCI ที่เป็น

เครื่องยนต์ในอนาคตด้วย ในการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้เอทานอลนั้น ประเภทของการใช้งานจะเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด เรื่องทั่วๆไป ไม่มีความจำเป็นต้องนำมาพิจารณา เนื่องจากเอทานอลสามารถนำมาใช้ในหลายรูปแบบ นอกจากนั้นแล้วการผสมเอทานอลกับน้ำมันเบนซินในช่วงกว้างๆ ยังมีผลการศึกษาไม่เพียงพอ ประเภทของการใช้ที่ควรพิจารณาคือ ปัจจัยเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพิจารณาลักษณะยานยนต์โดยทั่วไป จากมุมมองทางวิชาการเห็นว่าควรพิจารณาถึงการใช้เอทานอลอย่างเหมาะสมโดยให้มีปริมาณน้ำมากที่สุดเท่าที่สามารถผสมได้ในเอทานอล และรวมถึงการผสมเอทานอลในสัดส่วนต่ำๆด้วย ประโยชน์ที่ควรคำนึง คือ สัดส่วนการผสมเอทานอล หากมีสัดส่วนสูงจะยิ่งส่งผลดี ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และมลพิษที่ปล่อยออกจะดีขึ้นเมื่อผสมเอทานอลในสัดส่วนที่สูงขึ้น เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดทั้งในเชิงการผลิตและการใช้ กล่าวโดยสรุป คือ มีความเป็นไปได้ในการนำเอทานอลมาใช้ได้ในหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบที่จะนำมาใช้นั้น มีความท้าทายหลายอย่างที่ต้องทำการศึกษาค้นคว้า ซึ่งความท้าทายเหล่านั้นสามารถหาคำตอบทางวิชาการได้

บทนำ

รายงานฉบับนี้เกี่ยวข้องกับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น ถึงแม้ว่าเอทิลเทอร์เทียรีบิวทิลอีเทอร์ (ETBE) ที่ผลิตจากเอทานอลจะสามารถใช้ได้ในปริมาณต่ำและผสมได้ดีในน้ำมันเบนซินก็ตาม ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา ทั่วโลกมีการตื่นตัวในการสนับสนุนการใช้ไบโอเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงอย่างแพร่หลาย อันเนื่องมาจากปัญหาสิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน และมีการตั้งเป้าหมายของแต่ละประเทศที่ต้องการลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียม

ในขณะนี้ เนื่องจากยังไม่มีการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง ดูเหมือนว่าไบโอเอทานอลเป็นหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้ในการเข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาราคาน้ำมันและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น ในหลายปีที่ผ่านมา ไบโอเอทานอลเป็นหัวข้อที่มีการนำมาหารือกันบ่อยครั้ง รวมถึงมีรายงานการวิจัยและพัฒนา และเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับเรื่องไบโอเอทานอลจำนวนมาก รายงานฉบับนี้ได้ใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากรายงานและสิ่งตีพิมพ์ทางวิชาการจากองค์การสหประชาชาติ กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (U.S. DOE) องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (IEA) และสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ (SAE) รวมถึงได้นำนานาทัศนะที่ได้จากการเวทีการอภิปราย และการนำเสนอในการประชุมวิชาการมาใช้ร่วมด้วย ด้วยวิธีนี้ อาจเสี่ยงต่อการมองภาพรวมทั้งหมดได้ โดยทั่วไปแล้ว การอภิปรายในเรื่องเอทานอลอาจได้ข้อเท็จจริงเพียงครึ่งเดียว ซึ่งเราหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการนำเสนอรายงานฉบับนี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานทางเทคนิคและจำแนกความแตกต่างด้วยการตัดสินใจที่ถูกต้อง

เอทานอลที่ผลิตจากชีวมวล ได้ให้ประโยชน์กับสังคมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับโลก รายงาน IEA เรื่อง “เชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อการขนส่ง” พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2004) ได้รวบรวมศักยภาพทางผลประโยชน์ และค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งครอบคลุมถึงเอทานอล ตารางที่ 1 แสดงศักยภาพทางผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงชีวภาพ

ตารางที่ 1. ศักยภาพทางผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงชีวภาพ (IEA, พ.ศ. 2547[1])

ศักยภาพทางผลประโยชน์	ศักยภาพทางค่าใช้จ่าย
▪ ความมั่นคงทางพลังงาน ▪ ความสมดุลทางการค้า ▪ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง ▪ ลดมลภาวะทางอากาศ ▪ สมรรถนะเครื่องยนต์ ▪ รายได้ของภาคการเกษตร อาชีพ และการพัฒนาชุมชน ▪ ลดของเสีย และขยะ	▪ ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงสูงขึ้น ▪ การปลดปล่อยไอเสียบางชนิดสูงขึ้น ▪ ราคาพืชผลทางการเกษตรสูงขึ้น ▪ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การเปลี่ยนแปลงในการใช้ที่ดินและถิ่นที่อยู่ของพืช/สัตว์เกิดการเสียหาย

ความมั่นคงในการจัดหาพลังงาน

มีการทำนายกันว่าแหล่งสำรองน้ำมันฟอสซิลมีในปริมาณจำกัดและกำลังจะหมดลงในอนาคต ในหลายปีที่ผ่านมา ราคาน้ำมันมีการแกว่งขึ้นลงอย่างรุนแรง ซึ่งแสดงถึงความต้องการน้ำมันที่มีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ไม่สามารถบอกได้ว่าน้ำมันของโลกจะหมดลงเมื่อใด แต่สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน คือ สถานะความต้องการน้ำมันและการจัดหาน้ำมันรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปราคาน้ำมันจะสูงขึ้นอย่างมากในอีก 10   ข้างหน้า ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสังคมทุกระดับ เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าว่าไม่คุ้มค่าที่จะใช้น้ำมันจากฟอสซิลเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ ควรหาเชื้อเพลิงราคาถูกที่ผลิตจากแหล่งอื่นๆ เช่น ถ่านหิน ก๊าซ ชีวมวล พลังลม และพลังน้ำ หรือแม้กระทั่งจากพลังงานนิวเคลียร์ เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีความเป็นไปได้ในปัจจุบันซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาน้ำมันจากฟอสซิลและเป็นเหตุผลหลักในการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งในทุกวันนี้ ถ้าเอทานอลถูกเลือกให้เป็นส่วนหนึ่งของคำตอบที่ใช้แก้ปัญหาแหล่งสำรองน้ำมันฟอสซิลที่กำลังจะหมดลง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องให้แน่ใจว่าการผลิตเอทานอลมีความยั่งยืน และจะสนองกับความต้องการได้อย่างต่อเนื่อง

สภาวะโลกร้อน

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถูกเรียกว่าเป็นก๊าซเรือนกระจก (GHG) กล่าวคือ ก๊าซนี้จะห่อหุ้มโลกไว้และทำการกั้นพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ ทำให้โลกไม่สามารถปล่อยรังสีความร้อนออกไปสู่จักรวาลได้ ในรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก พ.ศ. 2550[2] (ค.ศ. 2007) IPCC รายงานผลการติดตามอุณหภูมิของภูมิภาคและของโลก พบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นจากรายงานได้พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมนุษย์ ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องหาทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปสู่ชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากฟอสซิล โดยภาคการขนส่งเป็นแหล่งใหญ่ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นปริมาณร้อยละ 13 ของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากแหล่งต่างๆทั้งหมด[2] (ข้อมูลเมื่อพ.ศ. 2547, ค.ศ 2004) ปริมาณก๊าซเหล่านี้ขึ้นกับอยู่ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล และยังไม่มีพลังงานทดแทนใดในปัจจุบันที่จะใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิลได้ทั้งหมด ในภาคการขนส่งในปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับภาคพลังงานที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ และพลังงานแสงอาทิตย์

แทนที่จะมุ่งพิจารณาเฉพาะประเด็นก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับเอทานอลเท่านั้น ควรที่จะพิจารณาภาพรวมทั้งหมดทุกด้านรวมถึงทุกมุมมองของวัฏจักรชีวิตเชื้อเพลิง Durante and Miltenberger (พ.ศ.2550, ค.ศ. 2004) ยืนยันว่าเมื่อใช้ไบโอเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง ในปัจจุบัน จะมีก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่มีเกิดขึ้นเลย[3] ผู้ศึกษาได้ให้แนะนำว่าให้พิจารณาภาพรวมทั้งหมดของการใช้ชีวมวล ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะเอทานอลและภาคการขนส่งเท่านั้น แต่ให้ดูความเป็นไปได้ที่มีการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วย ยกตัวอย่างเช่น ในประเทศเดนมาร์ก การเผาไหม้ของเสียและชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงมาก โดยชีวมวลจะถูกนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับการนำเอทานอลไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งยังมีการนำไปใช้อย่างจริงจังในภาคการขนส่งค่อนข้างน้อย

1. เอทานอลเป็นพลังงาน-ประเด็นทั่วไป

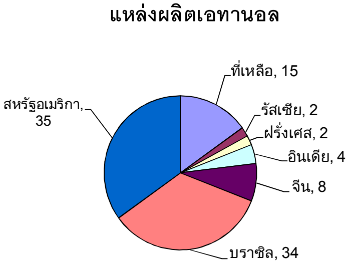
เนื้อหาในส่วนนี้ กล่าวถึงความสำคัญในการผลิตเอทานอลในระดับใหญ่ โดยจะไม่กล่าวถึงการผลิตในเชิงลึก แต่จะทบทวนถึงหลายประเด็นสำคัญจากเอกสารวิชาการ

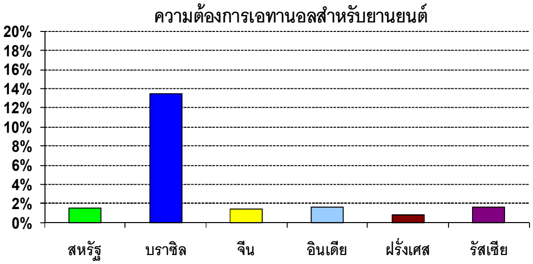
1.1 การจัดจำหน่าย

ในการจัดจำหน่ายเอทานอลโดยเฉพาะการผสมกับน้ำมันเบนซิน มีปัญหาหลัก ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับท่อส่งน้ำมันเบนซิน เนื่องจากเกิดการกัดกร่อนและน้ำในเอทานอล อย่างไรก็ตาม ประสบการณ์ในหลายปีที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า เอทานอลสามารถส่งไปจัดจำหน่ายได้โดยไม่มีปัญหาใหญ่เกิดขึ้น โดยใช้วิธีการที่แตกต่างกันไปจากการใช้และการส่งน้ำมันเบนซิน การจัดจำหน่ายเอทานอลต้องใช้ระบบการแจกจ่ายที่ออกแบบมาโดยเฉพาะและแตกต่างกับระบบที่ใช้กับน้ำมันเบนซิน เพื่อให้เหมาะสมในการใช้กับเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซิน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับน้ำและสิ่งสกปรกเจือปน อย่างน้อยที่สุดให้ขนส่งถึงสถานีบริการน้ำมัน

1.2 การผลิต

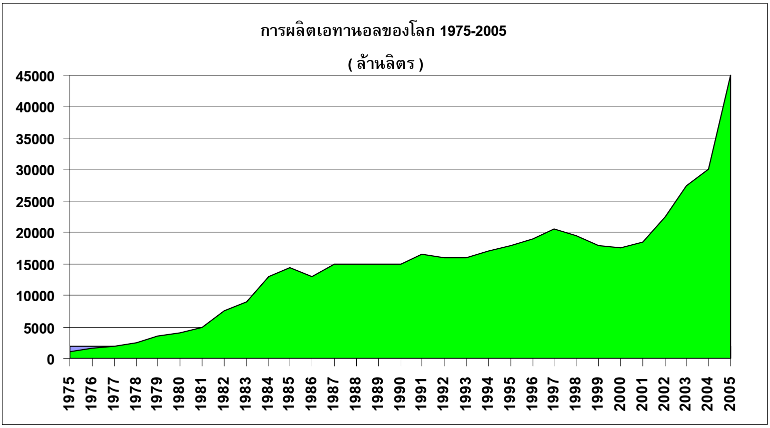
เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีมากที่สุดของโลกในปัจจุบัน และคาดว่าจะคงรักษาปริมาณที่สูงนี้ไว้ต่อไป รูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเอทานอลมีปริมาณต่ำมากและเป็นเพียงส่วนเล็ก ๆเพียงส่วนเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการพลังงานของโลก โดยมีสหรัฐอเมริกา และบราซิล เป็นประเทศผู้ผลิตเอทานอลรายใหญ่ของโลก โดยปริมาณการผลิตเอทานอลเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ระหว่างปี พ.ศ. 2518-2546 (ค.ศ. 1975-2003) และมีความคัญต่อการอธิบายถึงการใช้เอทานอลอย่างไรให้มีประสิทธิภาพ ดังแสดงใน รูปที่ 2 เอทานอลที่ผลิตส่วนใหญ่ เป็นการผลิตเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง





รูปที่ 1. ปริมาณอุปสงค์ และอุปทานเอทานอลของโลก

ที่มา: Fichera and Kueter,2006[5] ,Energy Information Administration, 2003, and Renewable Fuels Association, 2005)



รูปที่ 2. การผลิตเอทานอลของโลก

ที่มา: RISE[6]

ข้อแรก การผลิตและการใช้เอทานอลมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากอย่างต่อเนื่อง มีผลอย่างยิ่งต่อประชากร เศรษฐกิจ และระบบนิเวศของโลก จากการประเมินของ IEA

พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงเหลวชีวภาพ เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.3 ต่อปี ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2573 [15] (ค.ศ. 2005-2030) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเอทานอล ข้อที่สอง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นนี้ขึ้นอยู่กับการผลิตที่เชื่อถือได้ ฉะนั้น การปลูกพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลต้องทำด้วยแนวทางที่ยั่งยืน ***ความยั่งยืน*** ที่กล่าวถึงต้องเป็นไปตามคำจำกัดความที่รายงานในการประชุม ณ กรุงริโอ เดอ จาเนโร ในปี พ.ศ. 2545 (The Rio Conference 1992) ที่ครอบคลุมถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐศาสตร์ สังคม และนิเวศวิทยา และดูเหมือนว่ามีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาทั้ง 3 ประเด็นข้างต้น เมื่อตัดสินใจที่จะนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์อย่างแพร่หลาย จากรายงานของ Brundtland (1987) ได้ให้คำจำกัดความไว้ โดยกล่าวว่า เอทานอลที่ยั่งยืน ต้องให้คำตอบว่า ***"ให้ความพึงพอใจกับความต้องการในวันนี้ โดยไม่ต้องประณีประนอมกับความต้องการของรุ่นต่อไปในอนาคต"***[8]

เศรษฐศาสตร์มีอิทธิพลต่อคำตอบทางวิชาการ ในการเลือกเอทานอลในระดับชุมชนหรือระดับภูมิภาค และส่งผลถึงสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน ในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าจะมีความเหมาะสมที่จะทำการผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นแรก หรือที่รู้จักกันว่า First-generation technology ถึงแม้ว่าผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลดก๊าซเรือนกระจก และการปล่อยไอเสีย ในปริมาณไม่มากนัก[9] ในด้านสังคมมีการอภิปรายกันอย่างรุนแรง ในเวทีต่างๆทั่วโลก ถึงประเด็น *อาหาร หรือ เชื้อเพลิง* แต่ประเด็นอื่นๆ เช่นการพัฒนาการเกษตรในระดับภูมิภาค และความสัมพันธ์ทางการค้าระหว่างประเทศ ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ในเรื่องของระบบนิเวศวิทยา จะมีประเด็นการอภิปรายที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ความต้องการอนุรักษ์ระบบนิเวศวิทยาที่มีค่า เช่น ป่าดิบชื้นในเขตอเมซอน ของประเทศบราซิล เพื่อรักษาพื้นป่า ดินและน้ำที่มีค่าไว้

1.2.1 วัตถุดิบ

โดยทั่วไปแล้ว ไบโอเอทานอลผลิตได้จากการหมักน้ำตาลที่มีอยู่ในชีวมวลหลายชนิด กล่าวคือ

- ชีวมวลที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง เช่น หัวบีทรูท และอ้อย

- ชีวมวลที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูง เช่น ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี มันฝรั่ง ข้าวฟ่างหวาน มันสำปะหลัง
- ชีวมวลที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบสูง เช่น ฟางข้าว เศษไม้ ซังและลำต้นข้าวโพด หญ้า กระดาษ และชานอ้อย

ประมาณครึ่งหนึ่งของการผลิตเอทานอลของโลก ใช้น้ำตาลที่มาจากอ้อยเป็นวัตถุดิบเป็นส่วนใหญ่ มีที่มาจากหัวบีทรูทบ้างเล็กน้อย ส่วนที่เหลือของปริมาณการผลิตเอทานอล ใช้ชีวมวลที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เป็นวัตถุดิบ เช่น ข้าวโพดและข้าวสาลี[15] ปัจจุบันยังไม่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ ที่ใช้ชีวมวลที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบเป็นวัตถุดิบ มีเพียงแผนการจัดตั้งโรงงานผลิตเท่านั้น

ไม่เป็นที่น่าแปลกใจว่า การผลิตเอทานอลทุกวันนี้ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในแง่ของค่าใช้จ่ายและการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเป็นการใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบของประเทศบราซิล วัตถุดิบซึ่งเป็นส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายสูงสุด มีราคาต่ำเนื่องจากเติบโตได้อย่างรวดเร็วในประเทศบราซิล และกระบวนการผลิตมีการปรับปรุงและทำให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นแล้ว การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลใช้ขั้นตอนการผลิตสั้นกว่าการใช้วัตถุดิบประเภทอื่นที่เข้าสู่กระบวนการหมักได้ทันที[15]

การผลิตเอทานอลจากชีวมวลประเภทเส้นใย ขณะนี้อยู่ในระหว่างการทดลองกับวัตถุดิบหลายประเภท เป้าหมายคือการหาวัตถุดิบที่มีผลผลิตต่อไร่สูง และลดผลกระทบด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นยังให้ความสนใจกับประเภทของพื้นที่ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกด้วย เนื่องจากประเด็นของการใช้พื้นที่ดินในการเพาะปลูกเป็นหนึ่งในคำจำกัดความของความยั่งยืน และ ปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรถือเป็นส่วนสำคัญที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปรากฏการณ์เกิดสาหร่ายอย่างรวดเร็ว (Marine Eutrophication) ภาวะโลกร้อน การลดลงของทรัพยากร การปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน และการทำลายโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์[11] ดังนั้นจุดประสงค์ของการใช้เอทานอล ส่วนหนึ่งเพื่อลดภาวะโลกร้อน ดังนั้น จึงควรลดการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ในการเพาะปลูกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล

ธรรมชาติของพืชบางชนิด มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เช่น พืชประเภทถั่ว จึงช่วยลดการใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูกได้ การปลูกในระหว่างแถว

กับการปลูกพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับเอทานอล จะช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช ดังเช่นตัวอย่างการปลูกร่วมกันของข้าวสาลีและถั่ว[7] พืชบางชนิดไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยในปริมาณมากในการปลูก แต่สามารถให้ผลผลิตที่สูงได้ สำหรับต้นหญ้าสวิตช์กราส (Switchgrass) หรือ prairie grass เป็นพืชที่มีศักยภาพที่เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สอง หรือที่เรียกว่า Second-generation technology เนื่องจากให้ผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกสูง โดยมีการใช้ปุ๋ยในปริมาณต่ำ ดินหลังการเพาะปลูกไม่ถูกทำลาย มีความต้านทางต่อโรคและแมลงสูง และมีค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกต่ำ [12,13] การศึกษาร่วมระหว่างหน่วยงานบริการวิจัยทางการเกษตรของกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (USDA-ARS)และ สถาบันการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติแห่งสหรัฐอเมริกา (Institute of Agriculture and Natural Resource, U.S) พบว่า การผลิตเอทานอลจากต้นหญ้าสวิตช์กราส สามารถช่วยลดก๊าซเรือนกกระจกถึงร้อยละ 94 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน ต้นหญ้าสวิตช์กราสมีแนวโน้มที่ปลูกได้ในพื้นที่เสื่อมโทรม และนักวิจัยประเมินว่าสามารถให้ผลผลิตเอทานอลได้ประมาณร้อยละ 85 บนพื้นที่ที่ใช้เท่ากันในการปลูกข้าวโพดในสหรัฐอเมริกา ในการศึกษาได้ใช้พื้นที่ทดลองขนาด 20 เอเคอร์ หรือ 125 ไร่ ดังนั้นต้นหญ้าสวิตช์กราส จึงไม่ใช่คำตอบสำหรับเป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่ง เพราะเป็นวัตถุดิบที่เป็นเส้นใยล้วนๆ (Cellulosic)

การพัฒนาวัตถุดิบสำหรับเอทานอลอยู่ในระหว่างการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีใหม่ๆ ขณะที่เทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่ง และวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีนั้น ได้ดำเนินควบคู่กันไป จนกว่ากระบวนการผลิตด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สองจะได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่และพร้อมใช้ในการผลิตในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าที่ใช้กับวัตถุดิบประเภทเส้นใย

1.2.2 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงระดับของความยั่งยืนของเอทานอล วัฏจักรชีวิตการผลิตเอทานอลมีผลที่แตกต่างกันมาก เมื่อมีการใช้วัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ดังที่จะกล่าวต่อไป

เทคโนโลยีการผลิตรุ่นที่หนึ่ง

การผลิตเอทานอลด้วยวิธีการดั้งเดิม ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆดังนี้

1. การบดวัตถุดิบให้ละเอียด ขั้นตอนนี้สามารถทำได้ด้วยวิธีการบดแบบเปียก หรือบดแบบแห้ง ในบางกรณี กระบวนการบดแบบแห้ง สามารถลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอลได้ถึงร้อยละ 50[15] ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด
2. การทำให้สุกและการทำให้เป็นของเหลว(Liquefaction) เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบที่ผ่านการบดแล้วผสมกับน้ำและเอนไซม์ ผ่านความร้อนให้สุก
3. การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (Saccharification) เป็นขั้นตอนที่ใช้เอนไซม์เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการหมักต่อไป
4. การหมัก (Fermentation) เป็นการหมักน้ำตาลด้วยยีสต์ ให้เป็นเอทานอล ในขั้นตอนนี้จะได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 10 และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นด้วย
5. การกลั่น (Distillation) ขั้นตอนนี้ เป็นการกลั่นแยกน้ำออก เพื่อให้เอทานอลมีความเข้มข้นสูงขึ้น จนมีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 95
6. การแยกน้ำออก หรือ Dehydration เป็นการนำน้ำที่เหลืออยู่ในเอทานอลประมาณ ร้อยละ 5 ออก เพื่อให้เป็นเอทานอลที่เหมาะในการใช้เป็นเชื้อเพลิง
7. Denature หรือขั้นตอนที่เติมสารบางชนิด เช่นน้ำมันเบนซินลงไปในเอทานอล เพื่อให้เอทานอลนั้นใช้ดื่มไม่ได้

ทรัพยากรด้านขาเข้าในกระบวนการผลิตหลัก ๆ ได้แก่ วัตถุดิบ เอนไซม์ ยีสต์ พลังงาน น้ำ และสารแปลงสภาพให้ใช้ดื่มไม่ได้ สำหรับด้านขาออก ได้แก่เอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และผลพลอยได้จากการผลิต ซึ่งส่งไปเป็นอาหารสัตว์ที่มักเรียกกันว่า DDGS สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนใหญ่จะถูกกักเก็บ นำไปทำให้บริสุทธิ์ และส่งขายให้อุตสาหกรรมอื่น ๆต่อไป[14]

ในบางแห่งที่ทำการผลิตเอทานอล เช่นในประเทศบราซิล พลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอล กล่าวคือ พลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ และพลังงานที่ใช้ในกระบวนการกลั่น ได้จากพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น ชานอ้อย อย่างไรก็ตามในบางแห่ง และในบางประเทศ ใช้พลังงานจากแหล่งฟอสซิล เช่นก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ดังนั้นผลกระทบของประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงขึ้นกับทางเลือกการใช้พลังงานดังกล่าวข้างต้น

โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิต่ำเป็นลักษณะพิเศษเฉพาะของการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอล กระบวนการทำให้สุก มักทำที่ 80 องศาเซลเซียส และทำการกลั่นที่ 100 องศาเซลเซียส[14] เมื่อพิจารณาถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรมีการหมุนเวียนความร้อนจากกระบวนการอื่นในโรงงาน ย้อนกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการที่ต้องการอุณหภูมิต่ำด้วย แทนที่จะใช้พลังงานใหม่จากชีวมวล หรือจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหินเพียงอย่างเดียว

เทคโนโลยีการผลิตรุ่นที่สอง

เอทานอลรุ่นที่สอง หรือที่เรียกว่าเอทานอลจากเส้นใย (Cellulosic) ผลิตได้โดยใช้กรรมวิธีในลักษณะเดียวกันกับเอทานอลรุ่นที่หนึ่ง โดยเพิ่มเติมกระบวนการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้น (Pretreatment) เพื่อเปลี่ยนเส้นใยไปเป็นน้ำตาล เป็นการเตรียมความพร้อมให้สามารถทำการหมักน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ได้ อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้ บางครั้งพบว่ามีความยุ่งยาก ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ ที่อาจเหมาะกับการใช้กรด การใช้ไอน้ำความดันสูง การใช้เอนไซม์ชนิดพิเศษ หรือใช้หลาย ๆ อย่างร่วมกัน วิธีการเหล่านี้อาจเกิดสารบางอย่างที่ยับยั้งกระบวนการหมัก ซึ่งเมื่อชีวมวลได้รับการเตรียมเบื้องต้นด้วยวิธีการข้างต้น จะเปลี่ยนไปเป็นเฮมิเซลลูโลส หรือ C5 และเซลลูโลส หรือ C6 ที่เข้าสู่กระบวนการหมักต่อไป

รายงานฉบับล่าสุด[15] ได้บ่งชี้ถึงขั้นตอนของงานวิจัยที่สำคัญสำหรับการผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สองดังนี้

- กระบวนการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้น และการสลายตัว ก่อให้เกิดสารยับยั้งกระบวนการหมักจำนวนเล็กน้อย และใช้สารเคมีเล็กน้อย

- ราคาเอนไซม์ลดลงอย่างมากในระยะนี้ แต่ยังเป็นประเด็นปัญหาเมื่อมีความต้องการใช้ปริมาณมากในการผลิตเอทานอลระดับเชิงพาณิชย์
- เทคนิคในกระบวนการผลิต เมื่อใช้กับวัตถุดิบที่เป็นของแข็งในปริมาณสูงจะมีการใช้น้ำและพลังงานน้อยลง

- การพัฒนาจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักที่มีความทนทานต่อสารที่ยับยั้งการหมัก และสามารถทำการหมักน้ำตาลได้ทั้งที่มีองค์ประกอบ C5 และ C6
- กระบวนการผลิตเชิงบูรณาการ สามารถลดปริมาณน้ำที่ใช้ได้
- การนำของเสียประเภทลิกนินกลับมาใช้ในการผลิตพลังงาน

การผลิตเอทานอลเกือบทั้งหมดในปัจจุบัน ใช้เทคโนโลยีการผลิตรุ่นที่หนึ่ง สำหรับเทคโนโลยีรุ่นที่สองอยู่ในระหว่างการวิจัย โดยมีการพัฒนาและทดลองผลิตในโรงงานต้นแบบและโรงงานสาธิต แต่ยังไม่มีการผลิตในโรงงานระดับเชิงพาณิชย์ ถึงแม้ว่ามีหลายแห่งอยู่ในระยะการจัดทำแผนอยู่ สถานะภาพของโรงงานผลิตเอทานอลเชิงพาณิชย์ในปีพ.ศ. 2550 (ค.ศ. 2007) มีดังนี้

- มีการติดตั้งโรงงานต้นแบบจำนวน 15-20 โรงงานทั่วโลก ส่วนใหญ่เป็นการผลิตขนาดเล็กแบบไม่ต่อเนื่อง
- โรงงานสาธิต 2 โรงงานที่ดำเนินการแล้วที่เมืองออตตาวา และญี่ปุ่น และมีอีก 2-3 แห่งที่จะเปิดทำการในปลายปี พ.ศ. 2550 (ค.ศ.2007)
- โรงงานระดับเชิงพาณิชย์ 15-20 โรงงานทั่วโลก อยู่ในระหว่างการก่อสร้าง
- มีการสำรวจวัตถุดิบหลายชนิดที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ[10]

ข้อดีของการใช้วัตถุดิบประเภทเส้นใยในการผลิตเอทานอล คือ มีราคาถูก ดังที่กล่าวมาแล้วคืออาจจะเป็นเศษพืชผลทางการเกษตร หรือเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวพืชพลังงาน เช่น ต้นสนุ่นหรือต้นหลิวและต้นหญ้าสวิตช์กราส ข้อดีอีกประการหนึ่งสำหรับการผลิตด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สอง คือ มีทิศทางเดียวกันกับการผลิตในเทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่ง ซึ่งผลิตจากพืชที่เป็นอาหารของมนุษย์ แต่โชคไม่ดี การ

ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเอทานอลด้วยวัตถุดิบเส้นใยยังไม่มีความก้าวหน้ามากนัก ทั้งที่ราคาของวัตถุดิบที่มีราคาถูกมาก ซึ่งไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย

เทคโนโลยีรุ่นที่สอง มีข้อดีกว่าเทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่ง ดังนี้

- ใช้ส่วนต่าง ๆของพืชได้เกือบทั้งหมด ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิต และให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า
- ไม่มีข้อขัดแย้งระหว่างการใช้พืชอาหารและพืชพลังงาน เพราะเป็นการใช้พืชผลการเกษตรและเศษวัสดุทางการเกษตร อย่างไรก็ตามอาจมีข้อขัดแย้งบ้าง หากมีการใช้พื้นที่อุดมสมบูรณ์เป็นพื้นที่เพาะปลูก
- วัตถุดิบมีราคาถูก
- การผลิตวัตถุดิบมีความยั่งยืนมากกว่า
- สามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้สูงถึงร้อยละ 94

โครงการของ IEA ที่ใช้เทคโนโลยีรุ่นที่สองกันอย่างกว้างขวาง และจะเป็นจริงได้หลังจากปี พ.ศ. 2563 (ค.ศ.2020)[16] เป็นโครงการที่มีลักษณะแบบบูรณาการ ในที่สุดแล้วกระบวนการผลิตเอทานอลได้มีความเกี่ยวข้องกับการผลิตสารเคมี พลังงานความร้อน อาหารสัตว์ และเชื้อเพลิง[17] การผลิตเอทานอลสามารถใช้ทรัพยากรได้หลายอย่าง เช่น ของเสียจากบ้านเรือนและของเสียทางการเกษตร กระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น และการแปรรูปก๊าซไปเป็นของเหลว (หรือที่รู้จักกันในชื่อ GTL) สามารถใช้ในการผลิตเอทานอล และเชื้อเพลิงอื่นๆ[18] อีกทางเลือกหนึ่ง คือ การบูรณาการการผลิตไบโอดีเซลและเอทานอลเข้าด้วยกัน เพื่อลดการขนส่งชีวมวล ส่วนไบโอดีเซลแสดงให้เห็นว่ามีศักยภาพที่ดี โดยมีคุณสมบัติในการผสมเอทานอลให้เข้ากันกับน้ำมันดีเซล ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป ถ้าไบโอดีเซลผลิตจากน้ำมันปาล์ม จะมีการใช้ประโยชน์เฉพาะส่วนที่เป็นผลปาล์มเท่านั้น การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพเชิงบูรณาการ สามารถผลิตเอทานอลจากส่วนที่เป็นชีวมวล ที่เป็นเส้นใยเหลือจากลำต้นปาล์ม ซึ่งเป็นการใช้ส่วนอื่นๆของปาล์มให้เป็นประโยชน์ ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าเป็นผลพลอยได้ที่ผลิตได้จากความร้อนทิ้งจากการผลิต

ตามเกณฑ์มาตรฐาน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน จะมีการสูญเสียพลังงานประมาณร้อยละ 55-65 ไปเป็นความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ถึงแม้ว่ามีการหมุนเวียนความร้อนกลับมาใช้ใหม่ก็ตาม ดังนั้นศักยภาพที่มีอย่างมากมายนี้ เมื่อนำกระบวนการผลิตระหว่างเอทานอลและการผลิตพลังงานมาบูรณาการเข้าด้วยกัน จะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้อย่างง่ายๆ ทั้งนี้เนื่องจากโดยหลักการแล้ว ความร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิต่ำนั้น จะไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้น

โรงงานนำร่องผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สอง จำนวน 2-3 โรงงานที่มีอยู่ทั่วโลกในขณะนี้ เป็นตัวอย่างที่น่าสนใจ ซึ่งให้แนวคิดที่อาจเป็นแรงบันดาลใจให้กับอุตสาหรรมอื่นๆ ดังเช่น มีโรงงานที่ประเทศเดนมาร์ค ได้ให้แนวคิดที่น่าสนใจดังรายละเอียดดังนี้

1. Maxifuel เป็นแนวคิดที่บูรณาการการผลิตเอทานอล ก๊าซชีวภาพ ไฮโดรเจน และเม็ดเชื้อเพลิงแข็ง จุดประสงค์ของแนวคิดคือ นำวัสดุจากทางออกของกระบวนการผลิต มาหมุนเวียน และนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การผลิตก๊าซชีวภาพถูกเพิ่มเติมเข้าในกระบวนการเพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสีย และนำน้ำจากกระบวนการกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้เป็นเพื่อประโยชน์ต่อการประเมินสมดุลพลังงานและเศรษฐศาสตร์ปรัชญาของแนวคิดนี้[19] คือ ของเสียหรือผลพลอยได้จากกระบวนการหนึ่ง ต้องถูกนำไปใช้เป็นวัสดุขาเข้าของอีกกระบวนการหนึ่งเพื่อเป็นการลดของเสียให้เหลือทิ้งน้อยที่สุด

2. IBUS (Integrated Biomass Utilization System, The Venzin vision) แนวคิดของ IBUS คือ การบูรณาการโรงไฟฟ้าพลังงานร่วมระหว่างชีวมวลและถ่านหินเข้าด้วยกันกับโรงงานผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่งและสอง (CHP) ผลผลิตที่ได้คือ เอทานอล เชื้อเพลิงแข็ง อาหารสัตว์ (DDGS) และปุ๋ย[20]

กระบวนการผลิตเอทานอล ได้ใช้ไอน้ำราคาถูกและพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงจากโรงไฟฟ้า ขณะที่โรงไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงแข็งชีวมวลที่มีคุณภาพสูง ที่เหลือออก

จากโรงงานผลิตเอทานอล การบูรณาการกระบวนการทั้งสองเข้าด้วยกันนี้ สามารถลดค่าลงทุนได้ เพราะโรงงานเอทานอลไม่ต้องติดตั้งหน่วยการผลิตไอน้ำและพลังงาน แนวคิดของ Maxifuel และ IBUS ยืนยันว่าได้แก้ปัญหาที่เป็นคอขวดหลักๆสำหรับการผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สองแล้ว แต่สิ่งที่ท้าทายที่ยังหลงเหลืออยู่คือการขยายขนาดกำลังการผลิต ให้เป็นระดับเชิงพาณิชย์ที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในอนาคต ระบบการกักเก็บคาร์บอน หรือ Carbon Capture and Storage:_CCS ต้องกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้อย่างสมบูรณ์จากกระบวนการบูรณาการนี้ นั่นก็คือ โรงไฟฟ้าและโรงงานผลิตเอทานอลต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากจนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถูกกำจัดออกจากบรรยากาศตลอดวัฏจักรชีวิตของเอทานอล

1.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต

เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าเอทานอลจะให้ผลประโยชน์ได้ในระยะยาว การประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ LCA นับว่าเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ประเมินค่าทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินนี้แบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ การผลิต การใช้ และการกำจัด ทั้งนี้การผลิตเป็นผลประโยชน์หลักของการประเมินเอทานอล

1.3.1 ค่าพลังงานสุทธิ และก๊าซเรือนกระจก

หนึ่งในเหตุผลหลัก ที่ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ รวมถึงเอทานอลด้วยนั้น เพื่อต้องการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งก๊าซเรือนกระจกเป็นก๊าซที่ห่อหุ้มโลกไว้ ทำให้ลดความสามารถของโลกในการแผ่รังสีความร้อนออกไปสู่ชั้นบรรยากาศ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศนี้ขึ้นอยู่กับการหมุนเวียนของคาร์บอนที่มีปริมาณคงที่ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และไอน้ำ ในการประเมินศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกจะใช้วิธีวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกวัดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า[21] ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ มีค่า 23 และ 296 เทียบเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

คำจำกัดความที่ว่า ***คาร์บอนไดออกไซด์นิวทรัล*** (CO_2 neutral) บางครั้งใช้บรรยายถึง ***เอทานอล*** ซึ่งคำที่ใช้อาจทำให้เข้าใจผิด เพราะการผลิตเอทานอลในปัจจุบัน ไม่สามารถทำได้หากปราศจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

ทุกวันนี้ ยังมีการถกเถียงกันอย่างกว้างขวางว่า การใช้เอทานอลในภาคการขนส่งจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จริงหรือไม่ เครื่องมือที่โดดเด่นที่ใช้ในการประเมินคือ ***การประเมินวัฏจักรชีวิต*** (LCA) หรือนัยหนึ่งของภาษาเชื้อเพลิงเรียกว่า ***การประเมินจากหลุมถึงล้อรถ*** (Well-to-Wheels: WTW) ในกรณีการประเมิน WTW นี้ มักจะมุ่งไปที่การประเมินก๊าซเรือนกระจกสุทธิที่ปล่อยออก และใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นตัวเปรียบเทียบทั้งขาเข้าและขาออก ทั้งวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงนั้นๆ โดยมาตรฐานนานาชาติ หรือ มาตรฐานอนุกรม ISO 14000 ได้ให้คำอธิบายวิธีการประเมิน แต่ยังมีการวิพากษ์วิจารณ์[22] ว่าการใช้มาตรฐานนี้เป็นวิธีการประเมินอาจทำให้มุมมองแคบเกินไป

มีผู้นิยมใช้วิธีการประเมินเอทานอลด้วยการใช้ค่าพลังงานสุทธิ (NEV) โดย NEV เป็นการกำหนดค่าแตกต่างระหว่างพลังงานของเชื้อเพลิงนั้น (Output) กับพลังงานที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงนั้นๆ (Input)[23] อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีการวิจารณ์และไม่ยอมรับการประเมินเช่นนี้ แนวทางที่ดูจะตรงประเด็นที่สุดและดีที่สุดในการประเมินเอทานอล คือการเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถหมุนเวียนได้ หรือจากฟอสซิลนั่นเอง

1.3.2 การทบทวนการประเมินวัฏจักรชีวิต

ในส่วนนี้ของรายงานเป็นการทบทวนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเอทานอล ตารางที่ 2 แสดงถึงผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเอทานอลจากงานวิจัยหลายฉบับ

ตารางที่ 2. การรวบรวมผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเอทานอล

การรวบรวมผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเอทานอล ค่าพลังงานสุทธิของเอทานอล (NEV)	
ผู้เขียน	**NEV (LHV,บีทียู)**
Shapouri, et. al (1995)_USDA	+20,436
Lorenz and Morris (1995)_Institute for Local Self-Reliance)	+30,589
Agri. and Agri-Food_CAN (1999)	+29,826
Wang, et. al (1999)_Argonne National Laboratory	+22,500
Pimentel (2001)_Cornell University	-33,562
Shapouri, et. al , update (2002)_USDA	+21,105
Kim and Dale (2002)_Michigan State University	+23,866 to +35,463
Shapouri, et. al , (2004)_USDA	+30,258

ที่มา: Durante and Miltenberger[3]

ดูเหมือนว่ามีการถกเถียงกันอย่างกว้างขวาง ถึงการผลิตเอทานอลว่า ให้การประเมินค่าพลังงานสุทธิเป็นบวกหรือไม่ ซึ่งหมายถึงมีการใช้พลังงานในการผลิตน้อยกว่าค่าพลังงานที่เอทานอลมี อย่างไรก็ตามตารางที่ 2 แสดงได้อย่างชัดเจนว่าการศึกษาจากหลายแหล่งให้ค่าพลังงานสุทธิของเอทานอลเป็นบวก ดร. Wang และ Eric Larsson ทบทวนการศึกษา LCA จากที่ต่างๆ และพบว่าด้วยเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลและเทคโนโลยีของยานยนต์ในปัจจุบันทำให้เอทานอลที่ได้ มีศักยภาพที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด และเป็นการลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน ในการประเมินครั้งนี้ ได้ใช้การวิเคราะห์รูปแบบการประเมินที่เลวร้ายที่สุด หรือ Worst-case scenario โดยการนำเทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่งมาใช้กับวัตถุดิบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งยังไม่ได้มีการปรับให้เป็นเทคโนโลยีรุ่นที่สองที่เป็นภาพในอนาคตเลย การศึกษาที่ใช้เทคโนโลยีรุ่นที่สองในการผลิตจะให้ค่าที่ดีขึ้นมาก ทั้งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล

สิ่งที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกและลดการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลสสำหรับเอทานอล มีดังต่อไปนี้

- ใช้เทคโนโลยีรุ่นที่สองในการผลิต
- ใช้กระบวนการบูรณาการโดยรวมการผลิตเอทานอลและการผลิตพลังงานเข้าด้วยกัน
- ใช้ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอลจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมจากชีวมวล
- ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต[9] ชี้ให้เห็นว่า การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผสมเอทานอลในน้ำมันเบนซินในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ดังเช่นกรณีเอทานอลที่ผลิตจากข้าวโพดซึ่งใช้เทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่งหรือวิธีการแบบดั้งเดิม สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณร้อยละ 18-26 และ 21-29 สำหรับ เอทานอลผสมร้อยละ10 และ 85 ในน้ำมันเบนซิน (หรือที่เรียกว่า E10 และ E85) ตามลำดับ ตัวเลขเหล่านี้ได้จากการทดแทนน้ำมันเบนซินบนพื้นฐานเทียบเท่าพลังงานโดยใช้แบบจำลองของ GREET[1] เช่นเดียวกับผลงานของ ของ Larson[22] ที่ได้ทำการทบทวนงานวิจัยหลายชิ้น และสรุปได้ว่าเอทานอลที่ผลิตจากข้าวโพดช่วยลดก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 10-50 ขณะที่เอทานอลผลิตจากเส้นใยช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้ถึงประมาณร้อยละ 40-100

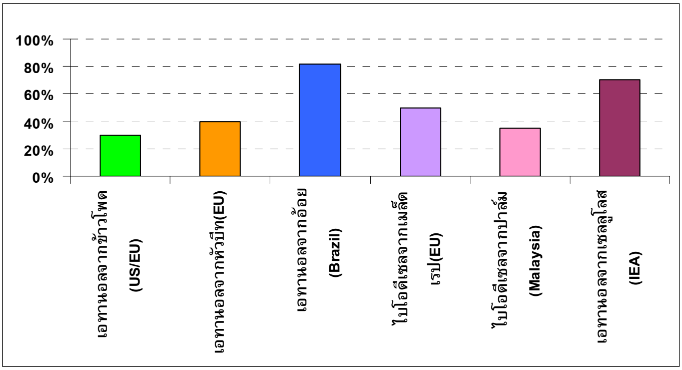
วัตถุดิบต่างชนิดกัน เช่น ข้าวโพด อ้อย และหัวบีทรูท เมื่อนำมาผลิตเอทานอล จะส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่แตกต่างกัน การศึกษาของ OECD[24] บนพื้นฐานข้อมูลจาก IEA และ EMPA พบว่าการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการใช้

---

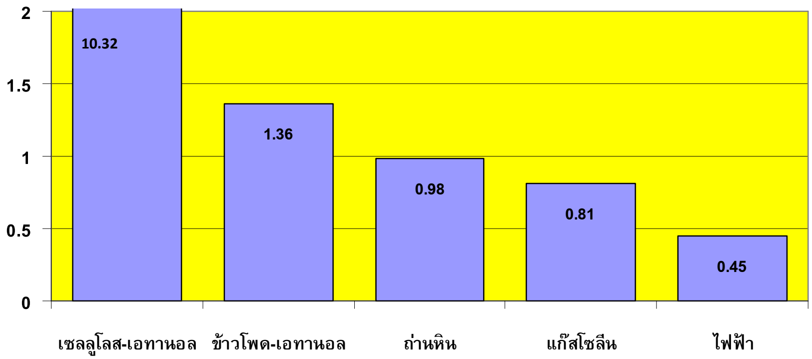
[1] The Geenhouse gases, Regulate Emission and Energy use in Transportation model (GREET) เป็นรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดย ดร. Michael Wang นักวิจัยของ Argonne National Laboratory Center for Transportation Research

หรือ WTW มีค่าแตกต่างกัน กล่าวคือ ก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 30 สำหรับเอทานอลจากข้าวโพดที่ผลิตได้ในยุโรปและสหรัฐอเมริกา ลดลงร้อยละ 40 สำหรับเอทานอลจากหัวบีทรูทที่ผลิตได้ในยุโรป และลดลงร้อยละ 93 สำหรับเอทานอลผลิตจากอ้อยในประเทศบราซิล ดังรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3 รายงานเชื้อเพลิงชีวภาพของ IEA (2004) แสดงลำดับศักยภาพการลดการปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละวัตถุดิบที่ใช้ ในทำนองเดียวกัน

Wang และคณะ จาก Argonne National Laboratory ได้สาธิตให้เห็นถึงสมดุลพลังงานของเชื้อเพลิง จากกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ กล่าวว่า การแปรรูปพลังงานจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง มักมีการสูญเสียพลังงานเสมอ ที่เห็นได้ชัดเจนในทางปฏิบัติ เช่น โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน ถ่านหินเปลี่ยนรูปไปเป็นไฟฟ้า โดยที่ครึ่งหนึ่งของพลังงานจากถ่านหินจะสูญเสียไปเป็นความร้อน หากไม่มีการนำความร้อนนั้นกลับมาใช้ Wang และคณะ จึงมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานจากฟอสซิลเป็นพลังงานขาเข้า รูปที่ 4 แสดงสัดส่วนพลังงานฟอสซิล สัดส่วนระหว่างพลังงานที่เป็นผลิตผล และพลังงานฟอสซิลที่ใช้เป็นพลังงานขาเข้า โดยเทคโนโลยีรุ่นที่หนึ่งใช้ได้ดีกับการผลิตเอทานอล เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตพลังงานในปัจจุบัน ส่วนเทคโนโลยีรุ่นที่สองจะมีศักยภาพสูงมากเมื่อทำการประเมินด้วยวิธีนี้



รูปที่ 3. การลดก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก WTW
ที่มา: Doornbosch and Steenblik[24]



รูปที่ 4. พลังงานที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานฟอสซิลขาเข้า
ที่มา: Wang[25]

1.3.3 วิจารณ์ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต และผลที่ได้รับ

การศึกษา*การประเมินวัฏจักรชีวิต* และการประเมิน WTW ได้แสดงผลจากรูปแบบที่ใช้เครื่องมือต่าง ๆกัน บนสมมติฐานและวิธีการที่ต่างกัน ซึ่งให้ผลการศึกษาที่ต่างกันไป ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการประเมิน WTW ที่เกี่ยวข้องกับเอทานอล มีดังนี้

1. วัตถุดิบ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี อ้อย ต้น หญ้าสวิตช์กราส และอื่นๆ
2. การนำผลพลอยได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตเอทานอลที่มีผลพลอยเกิดขึ้น มีการจัดการกับผลพลอยได้อย่างไร เช่น ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ มีการนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะค่าพลังงานจากผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น หรือมีการนำส่วนของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตไปผลิตผลพลอยได้เรียกว่า DDGS เป็นผลพลอยได้ที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ DDGS เป็นสารที่มีโปรตีนสูงใช้เป็นอาหารสัตว์ มีปริมาณเป็นสัดส่วนถึงหนึ่งในสามของเมล็ดข้าวโพดที่ใช้ในการผลิต ดังนั้น DDGS จึงนับว่ามีความสำคัญมากในการประเมินวัฏจักรชีวิต[24]
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ จะกล่าวต่อไปภายหลัง

4. การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในดิน ตัวอย่างเช่น เมื่อนำพื้นดินที่ไม่เคยทำการเพาะปลูกมาก่อน มาใช้ในการเพาะปลูกวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล คาร์บอนที่ถูกกักเก็บในดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว ผลที่เกิดขึ้นสำหรับวัฏจักรชีวิตสุทธิ คือ อาจทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ถึงแม้ว่าเชื้อเพลิงชีวภาพจะมีการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพก็ตาม การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตบางชิ้นเท่านั้น ที่ครอบคลุมประเด็นนี้เข้าไว้ด้วย [22,26]

เนื่องจากมีการใช้ปัจจัยที่แตกต่างกันในการประเมิน จึงไม่น่าแปลกใจว่าการประเมิน WTW ทั่วโลก จะมีผลการศึกษาที่แตกต่างกัน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีผลต่อการเกิดภาวะเรือนกระจกสูงมาก มีค่าสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 300 เท่า ปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดจากการเพาะปลูกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ดิน สภาวะภูมิอากาศ พืชและแนวทางที่ใช้ในการเพาะปลูก ทำให้ปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ประเมินได้มีความไม่แน่นอน การพยากรณ์ปริมาณที่ได้มีช่วงกว้างมาก ส่งผลกระทบถึงการนำประเมินวัฏจักรชีวิตที่ได้รับไปใช้ในการตัดสินใจ หากมีการนำไปรวมไว้ในรายการประเมินวัฏจักรชีวิต[27] ดร. Wang[28] กล่าวว่าก๊าซไนตรัสออกไซด์เกิดจากปุ๋ยที่ใช้ในการเพาะปลูก มีปริมาณถึงร้อยละ 25 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากข้าวโพด

การศึกษาเมื่อเร็วๆนี้[29] ที่ดำเนินการโดยนักเคมีที่ได้รับรางวัลโนเบลชื่อ Paul Crutzen ยืนยันว่าโดยทั่วไปการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล อาจทำให้ก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ในกรณีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการผลิตเอทานอลที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ พบว่ามีก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้น 0.90-1.5 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับมีความปลอดภัยจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การประเมินในกรณีเอทานอลที่ผลิตจากอ้อย พบว่ามีตัวแปรที่แปรปรวนประมาณร้อยละ 0.5-0.9 มีผู้วิจารณ์ผลงานจากการการศึกษานี้ ในเรื่องการตั้งสมมติฐานและตัวเลขที่ใช้ในการ

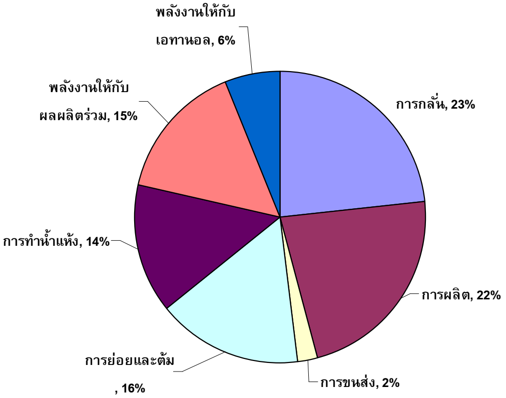
แปรรูปวัตถุดิบไปเป็นเอทานอล แต่รายงานของ OECD[24] สนับสนุนงานของ Crutzen

นักวิจัยหลายท่านได้ชี้ว่า ควรใช้แนวทางที่ครอบคลุมภาพอย่างกว้างขวาง และมองภาพทั้งหมดให้มากกว่านี้ เพิ่มเติมจากการใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตที่เป็นมาตรฐานที่ใช้อยู่เท่านั้น การทดแทนพลังงานจากฟอสซิลกับเชื้อเพลิงชีวภาพ มีผลที่ตามมามากมายบนความแตกต่างทั้งในระดับท้องถิ่น และระดับโลก สิ่งที่เกิดตามมา คือ เอทานอลมีศักยภาพสูงในการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตอันใกล้ แต่ยังมีความยุ่งยากและอุปสรรคอยู่ การให้คำแนะนำสำหรับการผลิตเอทานอลในระดับการผลิตใหญ่ๆ จะทำได้ต่อเมื่อรู้อย่างชัดเจนถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นและมีการบันทึกไว้อย่างดี รวมถึงการให้ความมั่นใจได้ว่าจะเกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีประสิทธิภาพ และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตเอทานอลได้

1.3.4 เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (Hydrous ethanol)

เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยมีจุดประสงค์หลัก คือ ต้องการลดราคาเชื้อเพลิงให้ถูกลง การใช้เอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่ด้วย นั้นต้องก้าวข้ามอุปสรรคต่างๆ และต้องพิสูจน์ในทางปฏิบัติในการใช้งานทุกวันที่มีการดำเนินการมาแล้วในประเทศบราซิลและสวีเดน จากมุมมองทางด้านสิ่งแวดล้อม การใช้เอทานอลที่ยังคงมีน้ำอยู่ด้วยนั้น สามารถช่วยลดพลังงานที่ต้องใช้ในขั้นตอนการผลิตเอทานอล รูปที่ 5 แสดงสมดุลพลังงานสุทธิของเอทานอลที่ผลิตจากข้าวโพดในสหรัฐอเมริกา

จากรูปที่ 5 แสดงพลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอลและผลพลอยได้ จะเห็นว่าเอทานอลไร้น้ำที่ผลิตจากข้าวโพดในสหรัฐอเมริกาได้รับพลังงานสุทธิเพียงร้อยละ 21 เมื่อรวมการผลิตผลพลอยได้เข้ากับการผลิตเอทานอล ขณะที่น้ำที่มีอยู่ร้อยละ 5 ในเอทานอล หากต้องกำจัดออกต้องผ่านกระบวนการเอาน้ำออก หรือ Dehydration ที่ต้องใช้พลังงานถึงร้อยละ 14 หนทางที่มีประสิทธิภาพในการใช้เอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วยในเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้น คือ การใช้ระบบ HCCI และมีการศึกษาบางชิ้นแสดงให้เห็นว่าอาจเป็นไปได้ที่จะใช้เอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วยถึงร้อยละ 70[31, 32]

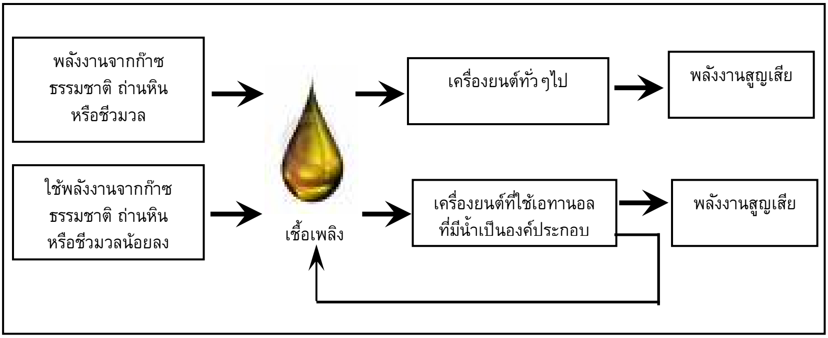


รูปที่ 5. สมดุลพลังงานสุทธิของเอทานอลที่ผลิตจากข้าวโพดในสหรัฐอเมริกา ที่มา: U.S. DOE[30]

จากรายงานของ Flowers and Aceves[32] ยังต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์พิเศษ เช่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อทำให้เอทานอลที่ผสมในน้ำระเหยกลายเป็นไอ แนวคิดนี้ยังต้องทำการพิสูจน์ แต่ได้รับการยอมรับในการใช้ในการขนส่ง ยกตัวอย่างเช่น ยานยนต์ระบบไฮบริดที่ใช้ร่วมกับแบตเตอรี่ กล่าวคือการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า และเครื่องยนต์สันดาป พลังงานที่ใช้ในการกลั่น เมื่อเอทานอลมีน้ำผสมอยู่ร้อยละ 65 จะลดลงจากร้อยละ 23 เหลือเพียงร้อยละ 3 ทำให้พลังงานสุทธิเพิ่มขึ้นร้อยละ 55 จากเดิมที่มีพลังงานสุทธิเพิ่มเพียงร้อยละ 21 เมื่อประเมินจากการผลิตเอทานอลไร้น้ำ[32] การศึกษาอื่นๆ อาจให้ผลที่แตกต่างกันได้ แต่อาจสรุปได้ว่าเมื่อมีการใช้เอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วย จะช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมาก

เครื่องยนต์สันดาปโดยทั่วไปจะประสบปัญหาเนื่องจากมีประสิทธิภาพต่ำ ถึงแม้ว่า เครื่องยนต์สันดาปจะมีการพัฒนาและปรับปรุงมาเป็นเวลานาน การจุดระเบิดด้วยการอัด (CI) เช่นเครื่องยนต์ดีเซล เป็นตัวแทนของเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด กล่าวคือ ยังใช้เชื้อเพลิงเพียงร้อยละ 25-35 ของพลังงาน

เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า เชื้อเพลิงส่วนที่เหลือจะสูญเสียไปเป็นความร้อนที่ถูกปล่อยออกทางท่อไอเสีย และไปใช้ในการลดอุณหภูมิของน้ำลง ความร้อนสูญเสียจากเครื่องยนต์จะถูกนำไปชดเชยสำหรับเชื้อเพลิงที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ แทนการปล่อยทิ้ง ด้วยวิธีนี้ พลังงานสูญเสียจากยานยนต์จะได้รับการนำกลับมาใช้ แทนการใช้พลังงานที่มีคุณค่าสูงกว่า เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และชีวมวล แสดงดังแผนผังในรูปที่ 6



รูปที่ 6. แผนผังการไหลของพลังงาน ด้วยแนวคิดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ

แนวความคิดใหม่ที่เกิดขึ้นนี้ มีศักยภาพสูงต่อการประหยัดพลังงานและการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีในระดับโลก ระดับภูมิภาค และระดับชาติ จึงมีความต้องการที่จะให้เกิดการผลิตในระดับใหญ่ และน่าจะมีความคุ้มต่อความพยายามที่ทำไป ทางออกอื่นที่ให้ผลรองลงมา บางแห่งทำให้เป็นจริงได้ง่ายกว่าและยังให้ผลที่ดีเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่นในประเทศบราซิล เอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วยร้อยละ7 หรือ E93 ได้รับการนำมาใช้ในระดับชาติ โดยมีการประหยัดพลังงานได้จำนวนมหาศาล แทบไม่ต้องกล่าวถึงการประหยัดด้านเศรษฐศาสตร์อีกมากมายมหาศาลเช่นกัน มุมมองด้านเทคนิคที่ใช้เอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่ด้วยนั้นจะมีกล่าวต่อไปในรายงาน แต่การใช้เอทานอลที่มีน้ำปนอยู่ด้วยนั้น โดยทั่วไปจะต้องมีการทุ่มเทเพื่อหาคำตอบทางเทคนิค นั่นคือการทดแทนกับตลาดยานยนต์ในปัจจุบัน

1.4 ความยั่งยืน

เนื่องจากจุดประสงค์หลักของการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง คือการลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก จึงมีความสำคัญที่ต้องให้เกิดความแน่ใจเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนของการผลิตเอทานอล นอกจากนั้นแล้ว เมื่อมีการใช้เอทานอลเพิ่มขึ้นในระดับโลกจะเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงต้องทำการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ใช้เป็นวัตถุดิบด้วยแนวทางการผลิตอย่างยั่งยืน ในอีกหลายปีข้างหน้าจากนี้ไปจะมีการพึ่งพาพืชผลทางการเกษตรจำนวนมากเพื่อใช้ในการผลิตเอทานอล ดังนั้นจำเป็นต้องให้แน่ใจว่ามีความปลอดภัยและผลกระทบระยะยาวทางสังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ ที่ต้องเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีรายงานฉบับหนึ่งกล่าวไว้ว่า *"ไม่มีเหตุผลที่จะทดแทนระบบที่ไม่ยั่งยืนด้วยสิ่งอื่น"* ตามหลักตรรกวิทยาที่คาดว่าผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงขึ้นกับระบบนิเวศวิทยา ดิน และน้ำ เกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงจากฟอสซิล โดยที่เชื้อเพลิงจากฟอสซิลไม่ต้องใช้พื้นที่ดินขนาดใหญ่ในการเพาะปลูก ดังนั้นเชื้อเพลิงทั้งสองประเภทนี้จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรงในด้านนี้ การเปรียบเทียบจะต้องมีการชั่งน้ำหนักความแตกต่างผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม EMPA34 รวบรวมดัชนีที่ชี้บอกผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสุขภาพอนามัยของคน ระบบนิเวศวิทยาและการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งเรียกว่า ดัชนี UBP ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 แสดงถึงผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในการเพาะปลูกพืชประเภทต่างๆที่มีผลต่อการประเมินวัฏจักรชีวิตของเอทานอล (และไบโอดีเซล) ที่มาจากพืชต่างชนิดกัน รูปนี้ได้แสดงให้เห็นว่า อาจเกิดการผิดพลาดได้ หากการประเมินมีการพิจารณาเฉพาะเรื่องของการปล่อยก๊าซไอเสียจากยานยนต์เท่านั้นการประชุมโต๊ะกลมว่าด้วยเชื้อเพลิงชีวภาพอย่างยั่งยืน ที่ประกอบด้วยองค์กรที่ไม่ใช่หน่วยงานราชการหรือNGO บริษัท หน่วยงานราชการ หน่วยงานระหว่างรัฐบาล ผู้เชี่ยวชาญ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พัฒนาหลักการ 4 ข้อที่ใช้เป็นเกณฑ์การพิจรณาเพื่อให้แน่ใจว่ามีระดับความยั่งยืนเกิดขึ้นในการผลิตและใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ เกณฑ์การพิจารณานี้เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพวัฏจักรชีวิตของก๊าซเรือนกระจกและ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ ประเด็นของดิน และทรัพยากรน้ำ) ผลกระทบทางสังคม (เช่น ความมั่งคงด้านอาหาร) และการนำไปใช้กับหลายกิจกรรมที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบันนี้ ซึ่งปัจจุบันมีหลายกิจกรรมที่มีอิทธิพลในระดับสูง เช่น รัฐบาลแห่งชาติ สหภาพยุโรป และ IEA ที่กำลังพยายามหาหนทางเพื่อให้เกิดความยั่งยืน อีกหนึ่งตัวอย่างที่ดำเนินการโดยรัฐบาลเนเธอร์แลนด์ ซึ่งได้มอบอำนาจให้คณะกรรมการ ทำการชี้แนะถึงเกณฑ์การพิจารณาความยั่งยืนที่ยอมรับได้เพื่อให้ความช่วยเหลือได้อย่างเหมาะสม24 นอกจากนั้นแล้ว ได้มีการเสนอแนะอีกหนึ่งแนวทาง คือ การเรียนรู้จากประสบการณ์ในการให้หนังสือรับรองของผลิตภัณฑ์ป่าไม้ สมาคมชีวมวลแห่งสหภาพยุโรป หรือ European Biomass Association (AEBIOM)34 สนับสนุนแนวคิดของความยั่งยืน แต่ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรทั้งหมดเกิดความยั่งยืน ไม่เฉพาะเพียงเรื่องเชื้อเพลิงชีวภาพเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากทั้งหมดนี้ได้มีการกำหนดเป็นนโยบายในยุโรปแล้ว เพื่อให้แน่ใจถึงระดับความยั่งยืน รวมถึงการปลูกพืชเพื่อพลังงานชีวภาพ ซึ่ง AEBIOM กำหนดว่าการให้คำรับรองควรมุ่งเน้นถึงเชื้อเพลิงชีวภาพที่นำเข้าด้วย

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอลอย่างยั่งยืน พบว่ามีข้อที่ต้องคำนึงถึงโดยไม่ได้จัดลำดับความสำคัญ ดังต่อไปนี้ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเอทานอล ต้องมีปริมาณต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างมีนัยสำคัญ ธาตุอาหารพืชจากชีวมวล ต้องนำกลับคืนสู่ดินจะต้องไม่มีการทำลายระบบนิเวศวิทยาที่มีค่า อย่างน้อยต้องมีการรักษาสภาพความหลากหลายทางชีวภาพเช่นเดิมคาร์บอนที่กักเก็บไว้ใต้ดิน และบนฝั่งดิน ต้องได้รับการพิจารณาก่อนการเพาะปลูกชีวมวลใหม่ๆ ต้องมีการดูแลอย่างจริงจัง ในเรื่องการพังทลายและถูกทำลายของดิน รวมถึงเรื่องแหล่งทรัพยากรน้ำและคุณภาพน้ำต้องมีการพิจารณาถึงความมั่นคงด้านอาหารและราคา ทั้งระดับท้องถิ่น และระดับโลก เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นสินค้าระดับนานาชาติ ควรมีการพัฒนาระบบการให้การรับรองและ

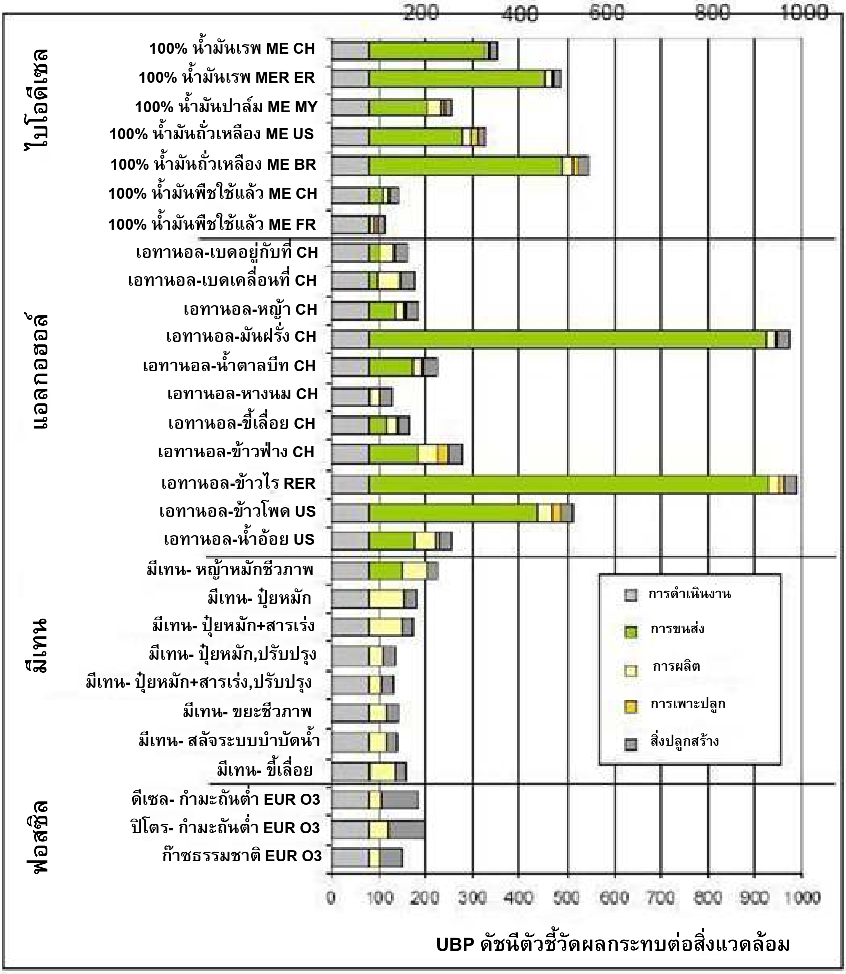
เครื่องหมายมาตรฐานในระดับนานาชาติ เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าได้ผ่านเกณฑ์ระดับต่ำสุดของความยั่งยืน

1.4.1 ประเด็นการใช้ที่ดิน

เรื่องที่ควรให้ความสำคัญอีกเรื่องหนึ่งสำหรับการผลิตเอทานอล คือ การใช้ที่ดิน เนื่องจากโลกมีพื้นที่ดินที่จำกัดในการเพาะปลูกชีวมวล ความสนใจหลักสำหรับพื้นที่ที่เหมาะกับการเพาะปลูกเป็นอาหาร อาหารสัตว์ วัสดุพลังงาน การอนุรักษ์ธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งการใช้พื้นที่กับสาขาใดสาขาหนึ่ง ไม่ควรเกิดข้อขัดแย้งกับสาขาอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น เรื่องเอทานอล ได้มีการทำเค้าโครงให้เห็นโดยสังเขปว่า การใช้ที่ดินในการผลิตเอทานอล ไม่เกิดการขัดแย้งกับอุตสาหกรรมอื่น และอย่างน้อยอาหารสัตว์ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเอทานอลก็ได้สร้างโอกาสให้กับอุตสาหกรรมปศุสัตว์33 อีกตัวอย่างหนึ่งคือ การผลิตอาหารและเชื้อเพลิงร่วมกันโดยการใช้เทคโนโลยีรุ่นที่สอง และปรับปรุงความหลากหลายทางชีวภาพด้วยการปลูกพืชแทรกระหว่างแถว

ศักยภาพเชื้อเพลิงชีวภาพทั่วโลก

การประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงจากชีวมวลทั่วโลกให้ถูกต้องและแม่นยำเป็นไปได้ยาก ข้อแรก คือ มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคหรือไม่ ข้อที่สองอะไรคือความจริง และอะไรเป็นขอบเขตของเงื่อนไขสำหรับการผลิตเชื้อเพลิง และยังมีอีกหลายๆปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ต้องนำมาพิจารณา คือ ชีวมวลที่ต้องการสำหรับเป็นอาหารและสำหรับภาคอื่นๆ การกีดกันทางการค้า นโยบายเชิงเกษตรกรรม เศรษฐกิจ พืชผลทางการเกษตร ประสิทธิภาพการผลิตเอทานอล เทคโนโลยีใหม่ๆที่ก้าวหน้า และพืชชนิดใหม่



รูปที่ 7. ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับเอทานอลและทางเลือกเชื้อเพลิงอื่น ๆ

คำอธิบาย: CH- จีน RER สหภาพยุโรป MY มาเลเซีย US สหรัฐอเมริกา

BR บราซิล FR ฝรั่งเศส CN แคนาดา

ที่มา: EMPA34

ปัจจุบัน มีการพลังงานในภาคการขนส่งในแต่ละปี ประมาณ 100 อีซาจูลล์ (EJ หรือ Exa Joule) ถ้าอัตราการเติบโตต่อปียังคงเป็นเช่นนี้35 จะทำให้การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 ภายในปีพ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) การที่ราคาน้ำมันดิบมีแนวโน้มสูงขึ้นและการผลิตน้ำมันลดลงนั้น36 อาจทำให้อัตราการเติบโตของภาคขนส่งชะลอตัวลง การใช้เชื้อเพลิงของโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในการขนส่งนั้นต้องการการเติบโตอย่างรวดเร็วในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพด้วย เพื่อให้ปริมาณสุทธิของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในภาคการขนส่งลดลง หรืออย่างน้อยให้มีปริมาณคงที่ เมื่อเร็วๆนี้ได้มีสิ่งที่เกิดขึ้น คือ การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในระหว่างปีพ.ศ. 2543 และ 2550 (ค.ศ 2000 และ 2007) ในขณะที่การผลิตน้ำมันปิโตรเลียมดิบเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 7.716 การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพทั่วโลกที่เพิ่มขึ้น 4 เท่าภายในปีพ.ศ. 2563 (ค.ศ 2020) จะเทียบเท่าการเพิ่มร้อยละ 7 ของน้ำมันดิบสำหรับภาคการขนส่งทั่วโลก หลังจากปี พ.ศ. 2563 (ค.ศ 2020) จะมีศักยภาพในการผลิตเอทานอลด้วยเทคโนโลยีรุ่นที่สอง และมีที่ดินที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เนื่องจากมีการใช้ผลิตภัณฑ์ของเสียอื่นๆ ด้วย เช่น เศษวัสดุทางการเกษตรและป่าไม้ สัตว์ และของเสียอินทรีย์อื่นๆ รวมทั้งมีการศึกษาหลายชิ้นได้มีพยายามที่จะพิสูจน์สัดส่วนเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลเพื่อการขนส่ง ในอนาคตข้างหน้า ในปีพ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) Doornbosch24 ประเมินศักยภาพการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่สัดส่วนร้อยละ 23 ภายในปีพ.ศ. 2593 (ค.ศ 2050) Hoogwijk37 ทำแผนภาพในอนาคต 4 ชุด ในการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากชีวมวลเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงจากฟอสซิล แผนภาพที่วางไว้มีช่วงการประเมินปริมาณการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการขนส่ง ระหว่างร้อยละ 20 ถึง ร้อยละ 50 นอกจากนี้ IEA ได้ทำการพยากรณ์16 ปริมาณการทดแทนน้ำมันฟอสซิลเพื่อการขนส่งด้วยเช่นกัน โดยระบุว่าการทดแทนน้ำมันฟอสซิลถึงร้อยละ 100 มีความเป็นไปได้ ถ้าการผลิตพลังงานจากชีวมวลทั่วโลกทั้งหมด ทำการแปรรูปไปเป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยไม่สำรองปริมาณชีวมวลที่มีไปทำการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน อย่างไรก็ตามการนำไปใช้เพื่อผลิตเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งเพียงอย่างเดียวอาจเป็นการตั้งสมมติฐานที่ไม่สมจริง การคาดการณ์สำหรับปีพ.ศ. 2563 (ค.ศ 2020)

นั้นเป็นการประเมินโดยตั้งสมมุติฐานที่มีการปรับปรุงเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตและเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น การใช้เทคโนโลยีรุ่นที่สอง ซึ่งเป็นการสร้างโอกาสและสามารถถึงเป้าหมายได้ถ้ามีการดำเนินการปฏิบัติ เว้นแต่รัฐบาล หน่วยงานและสถาบันวิจัยต้องการที่ให้การสนับสนุนและพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณที่ต่ำลงเท่านั้น แผนภาพที่วาดไว้นั้นเป็นการดำเนินการโดยพิจารณาเฉพาะชีวมวลที่เกิดขึ้นบนพื้นดินเท่านั้น ยังไม่ครอบคลุมถึงชีวมวลในบริเวณมหาสมุทรซึ่งคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 70 ของพื้นผิวโลก ซึ่งเห็นได้ชัดว่ามีศักยภาพอีกมหาศาล และมีนักวิจัย และบริษัทเอกชนหลายแห่งกำลังทำการศึกษาด้านนี้อยู่ แต่เทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการผลิตชีวมวลจากมหาสมุทรในระดับใหญ่ยังคงอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา ถึงแม้ว่าแผนภาพอนาคตนี้จะเต็มไปด้วยความไม่แน่นอน เอทานอลและเชื้อเพลิงชีวภาพอื่นๆก็แสดงให้เห็นว่ามีศักยภาพสูงในการใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล แต่มิได้หมายความว่าเชื้อเพลิงทดแทนนี้จะเป็นคำตอบที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสำหรับการใช้ในภาคการขนส่งได้อย่างยั่งยืน เชื้อเพลิงฟอสซิลจะยังคงใช้เป็นเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ในภาคการขนส่งในอนาคตอันใกล้ ซึ่งมีเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีของเครื่องยนต์อื่นๆ และเชื้อเพลิงทดแทนที่ผสมในเชื้อเพลิงฟอสซิลใช้ควบคู่กันไป

ชีวมวลเพื่อการขนส่งหรือเพื่อพลังงาน

มุมมองที่สำคัญในการอภิปรายเรื่องเอทานอล คือ เรื่องของชีวมวล เมื่อเร็วๆนี้ที่ Technical University of Denmark ได้ทำการศึกษาประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม4 ยกตัวอย่างเช่นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การก่อให้เกิดของเสีย การเกิดโอโซน และการเกิดกรด ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอล IBUS ได้อนุมานถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีรุ่นที่สองในการผลิตเอทานอล โดยบูรณาการเข้ากับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมที่ใช้ถ่านหินในประเทศเดนมาร์ก คำถามกลางที่มีการกำหนดในการศึกษานี้ คือ ที่ดินเป็นทรัพยากรที่จำกัด ควรใช้เพื่อเป็นพลังงานสำหรับการขนส่ง เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทดแทนการใช้พลังงานฟอสซิลหรือไม่ บทสรุปที่ได้รับจากการศึกษาซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีที่ดีที่สุดในการ

ผลิตเอทานอลในประเทศเดนมาร์ก คือ ควรใช้ชีวมวลที่มีอยู่อย่างจำกัดในการผลิตความร้อนร่วมมากกว่าใช้ในการผลิตเอทานอล หากพิจารณาด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การผลิตเอทานอลเป็นธาตุอาหารที่ถูกเก็บไว้ในระบบการเกษตร เช่น ในรูปของผลพลอยได้หลัก อาหารสัตว์ ในทางกลับกันการเผาชีวมวลในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ไม่สามารถหมุนเวียนนำธาตุอาหารกลับคืนสู่พื้นดินให้เกิดอย่างยั่งยืนเพื่อการเจริญเติบโตของพืช และลดการใช้ปุ๋ยได้ รายงานเปรียบเทียบพลังความร้อนร่วมกับการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นเรื่องที่มีการถกเถียงกันในประเด็นของการใช้ที่ดิน การใช้ชีวมวลที่มีอยู่อย่างจำกัดมีความเหมาะสมและไม่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อพิจารณาถึงเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดลง รายงานนี้ได้สรุปว่า การทดแทนในปริมาณมาก ทำได้สำเร็จด้วยการใช้ชีวมวลในการผลิตพลังงานความร้อนร่วม อย่างไรก็ตาม ยังเป็นคำถามที่เปรียบเทียบการใช้ถ่านหินทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังความร้อนร่วมกับการทดแทนเพื่อการขนส่ง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านหินยังคงมีแหล่งสำรองอยู่และยังไม่หมดลงเหมือนน้ำมัน และยังมีข้อโต้แย้งอีกว่า ไม่มีทางเลือกในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นไปได้สำหรับเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่ง เมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกที่เป็นไปได้หลายทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานนิวเคลียร์ โดยไม่ต้องกล่าวถึงการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน รายงานฉบับนี้ได้เสนอแนะว่า การใช้ชีวมวลที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้รถไฟฟ้าร่วมกับการใช้พลังความร้อนร่วม หรือ CHP CHP ไม่ใช่ทางเลือกของทุกประเทศ โดยเฉพาะในประเทศที่อยู่ในเขตร้อนที่ไม่ต้องการระบบให้ความร้อนจากส่วนกลาง ดังนั้น CHP เป็นการใช้ชีวมวลสำหรับประเทศที่ต้องการเท่านั้น นอกจากนั้นจึงไม่ควรเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานรวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการใช้งานอยู่กับที่ กับการใช้งานเคลื่อนที่ ถึงแม้ว่าจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงก็ตาม เพราะการใช้งานที่มีการเคลื่อนที่มักมีการสูญเสียพลังงานที่ให้ประสิทธิภาพพลังงานต่ำกว่าร้อยละ 100 เมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการใช้ประโยชน์ของพลังงาน พลังงานความร้อนอุณหภูมิต่ำจะถูกจัดให้มีคุณภาพต่ำเมื่อ

เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงเหลว การเปรียบเทียบเช่นนี้ก็ไม่ยุติธรรมเช่นกัน การบูรณาการการผลิต เทคโนโลยี และกระบวนการ น่าจะเป็นคำตอบในภาพรวมที่ดีที่สุด โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นตัวอย่างหนึ่งที่ไม่ได้พิจารณาทุกด้านของพลังงานเช่นที่รายงานนี้ยอมรับ ซึ่งสามารถเข้าใจได้ แต่ไม่เป็นที่น่าพอใจทั้งหมด เช่น การศึกษาของ Larson ที่เสนอแนะไว้รวมทั้งภาพทั้งหมดของเชื้อเพลิงชีวภาพและสถานการณ์พลังงานที่ดูเหมือนมีความเกี่ยวข้องและจำเป็นในจุดนี้

ชีวมวล เพื่อเป็นอาหาร หรือ เชื้อเพลิงชีวมวล

หัวข้อนี้ เป็นข้อมูลที่ค่อนข้างจำเป็น ซับซ้อน และมีความขัดแย้ง ในการบรรยายต่อไปนี้ จะเป็นการให้เห็นภาพ และประเด็นการขัดแย้งเท่านั้น แต่ไม่มีการสรุปใดๆ ซึ่งมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและมีคู่แข่งมากมายที่ให้ความสนใจ การถกเถียงและโต้แย้งดำเนินไปตามความสนใจของตนเอง มูลนิธิสหประชาติ หรือ United Nation Foundation ได้จัดทำรายงานชื่อ Biofuel FAQ38 มีถ้อยแถลงว่า ตามที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) การเพิ่มการผลิตอาหารต้องให้เพียงพอกับการเพิ่มของประชากรโลก นอกจากนั้นรายงานยังได้กล่าวด้วยว่าภาวการณ์ขาดสารอาหารในระดับโลก ไม่ใช่เกิดจากการขาดแคลนอาหาร แต่โลกสามารถผลิตอาหารได้เพิ่มขึ้นถ้ามีความต้องการเพิ่มขึ้น นั่นคือถ้าคนยากจนสามารถจ่ายเงินซื้ออาหารได้และเพิ่มปริมาณความต้องการ เขาควรได้รับประโยชน์จากการผลิตพืชพลังงาน เพราะคนยากจนส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชนบท และประเทศยากจนหลายประเทศ เช่น ในทวีปแอฟริกาเหมาะที่จะทำการเพาะปลูกพืชพลังงาน ตามรายงานดังกล่าวดูเหมือนว่าจะเสนอศักยภาพให้กับประเทศยากจนในการผลิตพืชพลังงานและส่งออกเชื้อเพลิงชีวภาพนั้น จึงเป็นประเด็นเชิงนโยบายด้านโครงสร้างพื้นฐาน และบางครั้งก็ข้อจำกัดในระดับนานาชาติ และเกี่ยวข้องความสัมพันธ์ทางการค้าที่ต้องการปล่อยให้ผู้ที่ยากจนหิวโหยต่อไป มิใช่เป็นเรื่องของเชื้อเพลิงชีวภาพดังเสนอ ซึ่งราคาพืชผลอาหารที่เพิ่มขึ้นจะเกิดผลกระทบทางลบต่อคนจนของโลกอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และส่งผลให้คนจนไม่มีเงินเพียงพอที่จะซื้ออาหารบริโภคได้

รายงานของ AEBIOM34 ยอมรับว่ามีความเชื่อมโยงระหว่างราคาอาหารและการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ แต่ยังกล่าวด้วยว่าสถานการณ์ระหว่างอาหารและเชื้อเพลิงมักมีการประเมินมากเกินไปเสมอ ซึ่งได้ยืนยันในข้อแรกว่า มีที่ดินเพียงพอที่ใช้เพาะปลูกพืชอาหารและพืชพลังงาน ในข้อที่สองคือ มีการผลิตอาหารมากเกินความต้องการในสหภาพยุโรป นอกจากนี้ AEBIOM ยังชี้ให้เห็นว่าส่วนเกินจากการผลิตอาหารนั้น จะถูกส่งไปในประเทศกำลังพัฒนาและมีผลให้ราคาสินค้าในตลาดในท้องถิ่นไม่สามารถแข่งขันได้ นอกจากนั้นแล้ว AEBIOM พบว่าราคาพืชผลมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อราคาของผลิตภัณฑ์ ยกตัวอย่างเช่น ข้าวสาลี มีราคาเพียงร้อยละ 10 ของราคาขนมปัง ดังนั้น AEBIOM จึงเสนอแนะว่าสหภาพยุโรปไม่ควรจำกัดเชื้อเพลิงชีวภาพ จากเหตุผลที่ตระหนักถึงการใช้ที่ดินหรือราคาอาหาร ขณะที่ยอมรับว่าอาจจะมีผลกระทบในท้องถิ่นระยะสั้นในประเทศที่พึ่งพิงการนำเข้าอาหาร อย่างไรก็ตาม AEBIOM เป็นองค์กรที่มีความสนใจในเรื่องนี้อย่างเหนียวแน่น

บทความเดือนธันวาคม 2550 (ค.ศ 2007) ของ Simon Johnson ที่ปรึกษาทางเศรษฐกิจ และผู้อำนวยการหน่วยวิจัยของกองทุนการเงินระหว่างประเทศ หรือ International Monetary Fund-IMF วิจารณ์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีราคาสูงขึ้น โดยให้เหตุผลว่าราคาอาหารที่สูงขึ้นจะขึ้นอยู่กับความมั่งคั่งของประชาคมโลก โดยประเมินจากสภาวะตลาด ความแห้งแล้ง โรคระบาดในสัตว์และเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น ราคาข้าวโพดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในประเทศสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก จากปีพ.ศ.2548 ถึงปีพ.ศ. 2550 (ค.ศ 2005-2007) และราคาเมล็ดเรฟเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน จากการประเมินของเจ้าหน้าที่ของ IMF แสดงให้เห็นว่าส่วนสำคัญของราคาอาหารที่สูงขึ้นนี้เนื่องมาจากนโยบายที่ให้การสนับสนุนเชื้อเพลิงชีวภาพ เกิดผลกระทบไม่รุนแรงนักในประเทศที่รวย เพราะราคาอาหารเป็นเพียงร้อยละ 10-15 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และวัตถุดิบเป็นเพียงส่วนเล็กๆของราคาอาหารที่แท้จริง ในประเทศที่ไม่รวยนัก ราคาอาหารคิดเป็นร้อยละ 30-50 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด หรือถ้าในประเทศยากจนเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นผลกระทบจะเกิดขึ้นรุนแรงกับคนจน คนที่อาศัยอยู่ในเมืองในประเทศที่ยากจน จะเป็นผู้ได้รับผลกระทบโดยตรง เนื่องจากเป็นผู้ที่ต้องจ่ายเงินสำหรับซื้ออาหารและไม่สามารถเพาะปลูกพืช

ที่เป็นอาหารได้เอง นอกจากนั้นแล้ว Johnson ได้กล่าวว่า การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพไม่สามารถทำได้ในพื้นที่ที่มีราคาถูกได้ เนื่องจากมีการกีดกันทางการค้า และให้การอุดหนุน ผู้ที่ได้รับการอุดหนุนจากสถานการณ์เช่นนี้ คือ เกษตรกรในประเทศยากจน และ เขาให้คำแนะนำด้วยว่า การใช้สถานการณ์ที่อาหารมีราคาสูง เพื่อละเว้นการให้การสนับสนุน และนำภาษีนำเข้าสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้ ซึ่งจะทำให้ประเทศยากจนมีโอกาสในการพัฒนา โดยการผ่านการค้าเสรีสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ

ทุกวันนี้ดูเหมือนว่ายังมีช่องว่างสำหรับการปลูกพืชเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ แต่ไม่ได้หมายความว่าจะไม่มีผลร้ายติดตามมา บทความต่างๆได้กล่าวซ้ำหลายครั้งถึงเอทานอลที่ผลิตโดยใช้เส้นใยเป็นวัตถุดิบ คือคำตอบที่เป็นความจริงเพียงส่วนเดียวสำหรับประเด็นอาหารหรือเชื้อเพลิง ที่วัตถุดิบไม่ได้ถูกนำไปเป็นคู่แข่งกับแหล่งอาหารและของเสียจากการผลิตอาหาร สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลได้ อย่างไรก็ตามสถานการณ์ได้กลายเป็นคู่แข่งในการใช้ที่ดินในพื้นที่เพาะปลูก ยกตัวอย่างเช่น การใช้หญ้าแทนพืชอาหารเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง ดังนั้นอาจมีความต้องการแทรกแซงในตลาดเสรี และขั้นตอนป้องกันข้อขัดแย้งหรือภัยพิบัติระหว่างอาหารและเชื้อเพลิง จากภาพที่มุ่งเน้นนี้ดูเหมือนว่ามีความสำคัญที่จะใช้เชื้อเพลิงลดลง (เช่น การใช้รถยนต์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือลดปริมาณรถยนต์ลง) ทั้งนี้เนื่องจากผลที่ตามมาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ คือ การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในปริมาณมากมายมหาศาล

2. คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

ในส่วนนี้ เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเอทานอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานยนต์ คุณสมบัติเฉพาะเช่น ความหนาแน่น อัตราออกเทน และคุณสมบัติอื่นๆ ได้แสดงไว้ในส่วนนี้

2.1 ความรู้พื้นฐานทางเคมี

สูตรโมเลกุลทางเคมีของเอทานอล คือ C_2H_5OH บางครั้งอาจเขียนในรูป EtOH หรือ C_2H_6O และเรียกกันในชื่อ เอทิลอัลกอฮอล์ หรือ ไฮดรอกซีอีเทน เป็นแอลกอฮอล์ประเภทที่ใช้เป็นเครื่องดื่ม เอทานอลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยกลุ่มของอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจน เชื่อมต่อกับกลุ่มของไฮดรอกซิล (ที่มีอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจน) เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนประกอบส่วนใหญ่ของน้ำมันเบนซิน โมเลกุลของเอทานอลมีขนาดเล็กและเบา มีน้ำหนักโมเลกุลเพียง 46 กรัม/โมล ดังตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล เอทานอลเป็นสารที่มีคุณสมบัติพิเศษทางเคมีไฟฟ้า ด้านหนึ่งของโมเลกุลมีคุณสมบัติที่มีขั้ว (polar) ส่วนอีกด้านหนึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่มีขั้ว (nonpolar) คุณสมบัติของการมีขั้วของโมเลกุล หมายถึงการกระจายของภาระไฟฟ้าในโมเลกุล และเป็นปัจจัยที่สำคัญในพฤติกรรมทางกายภาพและทางเคมีของสารนั้นๆ กลุ่มไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในโมเลกุลของเอทานอลทำให้เกิดแกนไฮโดรเจนไปเชื่อมต่อกับโมเลกุลของเอทานอลอื่น หรือเชื่อมต่อกับสารอื่นที่มีคุณสมบัติมีขั้ว แกนเชื่อมต่อนี้มีกำลังมากพอที่ทำให้เอทานอลมีความหนืดมากขึ้นและมีคุณสมบัติการระเหยได้ต่ำลง มากกว่าสารอื่นๆที่คล้ายกันแต่มีคุณสมบัติมีขั้วน้อยกว่า ด้วยความจริงที่ว่าโมเลกุลของเอทานอล มีคุณสมบัติทั้งมีขั้วและไม่มีขั้วที่ปลายทั้งสองด้าน ทำให้เอทานอลละลายได้ดีทั้งในสารที่มีคุณสมบัติมีขั้วและไม่มีขั้ว ปลายที่มีขั้วทำให้เอทานอลและสารอื่นๆที่มีขั้วสามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งที่ไม่ขั้วทำให้เอทานอลสามารถละลายได้ดีในสารที่ไม่มีขั้วหลายชนิด เช่น น้ำมันเบนซิน และละลายได้เล็กน้อยในน้ำมันดีเซล แกนเชื่อมต่อไฮโดรเจนในโมเลกุลของเอทานอลช่วยให้เป็นสารที่ระเหยได้ต่ำ ในสภาวะภายใต้บรรยากาศ เอทานอลมีคุณสมบัติเป็น

ของเหลว และค่อยๆระเหยทีละน้อยเมื่อปล่อยให้เปิดสู่บรรยากาศ เอทานอลเป็นสารที่ไม่มีสี มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว เป็นสารที่ถูกจัดว่าเป็นสารที่มีความเป็นพิษอย่างไม่รุนแรง เอทานอลมักจะมีการปนเปื้อนด้วยน้ำในจำนวนเล็กน้อย ซึ่งเป็นการปนเปื้อนโดยไม่ตั้งใจที่เกิดจากการเก็บรักษาแบบไม่ถูกวิธี การปนเปื้อนของน้ำในเอทานอลบริสุทธิ์เกิดขึ้นได้อย่างง่ายดาย เนื่องจากเอทานอลเป็นสารที่ชอบดูดความชื้นหรือที่เรียกว่า Hygroscopic substance ดังนั้นเอทานอลจะดูดซับความชื้นจากบรรยากาศหากเก็บในถังเปิด ตามปกติแล้วจะแบ่งการผลิตเอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ออกเป็น 2 ประเภท กล่าวคือ

- **เอทานอลไร้น้ำ** มีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าร้อยละ 1 เอทานอลชนิดนี้มักเรียกว่าเอทานอลบริสุทธ์และแห้ง
- **เอทานอลที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ** โดยทั่วไปหมายความถึงเอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10

เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าร้อยละ 95.6 โดยน้ำหนัก ไม่สามารถผลิตได้ด้วยการกลั่นแบบธรรมดา แต่ต้องการการแยกน้ำออกด้วยอุปกรณ์แยกน้ำ เอทานอลไร้น้ำต้องใช้พลังงานมากกว่าถึงร้อยละ 20-25 เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอลความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 ตามการคำนวณของ Martinez-Frias et al[40]

เพื่อไม่ให้เกิดการสับสนระหว่างเอทานอลที่ใช้ในดื่มและใช้เป็นเชื้อเพลิงที่มีอัตราการเก็บภาษีที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้ว เชื้อเพลิงเอทานอลมักทำให้กลายเป็นเอทานอลที่ดื่มไม่ได้ โดยการเติมสารลงไปภายหลังการกลั่น สารที่นิยมใช้เติมได้แก่ น้ำมันเบนซิน บางครั้งอาจใช้เมทานอล โปรปานอล หรืออะซิโตน มักเติมในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 10 ทำให้ได้เอทานอลที่ไม่เหมาะกับดื่มอีกต่อไป หรือที่เรียกว่า Denatured alcohol

ตารางที่ 3. คุณสมบัติของเอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	เอทานอล	น้ำมันเบนซิน	น้ำมันดีเซล
สูตรทางเคมี	C_2H_5OH	C4 to C12	C3 to C25
น้ำหนักโมเลกุล [กรัม/โมล]	46.07	100–105	≈200
คาร์บอน [มวล%]	52.2	85–88	84–87
ไฮโดรเจน [มวล %]	13.1	12–15	33–16
ออกซิเจน [มวล %]	34.7	0	0
ความหนาแน่น, 20 °ซ [กก./ลิตร]	0.792	0.72–0.78	0.81–0.88
ความหนืด [เซนติสโตรก]	1.52	0.4-0.9	2-6
	(20°C)	(16°C)	(37°C)
จุดเดือด, 1 บรรยากาศ [°ซ]	78.4	27-225	288-340
ความดันไอ Reid, [กิโลปาสคาล]	16	50-100	0.1-0.15
เกณฑ์การติดไฟ, 20 °ซ [ปริมาตร %]	3.3-19	1.0-8.0	0.6-5.5
Stoichiometric อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	9	14.5-14.7	14.6-15
จุดวาบไฟ, [°ซ]	12	-42	74
อุณหภูมิที่จุดระเบิดได้โดยอัตโนมัติ [°ซ]	423	257	≈315
ความร้อนของการระเหย [กิโลจูลล์/กิโลกรัม]	910	330-400	225-600
ความร้อนของการเผาไหม้ (ค่าความร้อนต่ำ) [กิโลจูลล์/กิโลกรัม]	26900	42000-44000	42800-45300
ความร้อนของการเผาไหม้ (ค่าความร้อนต่ำ) [กิโลจูลล์/ลิตร]	21300	≈32000	≈37200
ค่าออกเทน, Research	108	90–100	N/A
ค่าออกเทน, Motor	92	81–90	N/A
(R + M)/2	100	86–94	N/A
ค่าซีเทน	--	5–20	40–55
การละลายน้ำ, ปริมาตร %	ละลายได้สมบูรณ์	Negligible	Negligible
CO_2 ในไอเสีย [kg/kg fuel]	1.91	3.18	3.20
ความร้อนต่อ CO_2 ที่ปล่อยออก [เมกกะจูลล์ เชื้อเพลิง/กก. CO_2 ปล่อย] (a)	14.1	≈13.5	≈13.8

ที่มา: Sinor 1993 (Sinor et al.: Current and Potential Future Performance of Ethanol Fuels, SAE tech paper 930376) and U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Alternative Fuels Data Center. Ref. [41] (http://www.eere.energy.gov/afdc/altfuel/fuel_properties.html)

(a) = calculated

ตารางที่ 3 รวบรวมคุณสมบัติเชื้อเพลิงเอทานอลเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์เช่นค่าความร้อนจากการเผาไหม้ ความดันไอ และค่าออกเทน ได้แสดงไว้ในส่วนนี้ที่เป็นการใช้เอทานอลในการขนส่ง

2.2 ประเภทของเชื้อเพลิงเอทานอล

เอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทั่วโลกมีในหลายรูปแบบ เช่น การผสมกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล โดยมีน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน ผู้ผลิตเชื้อเพลิงกำหนดส่วนผสมเชื้อเพลิงตามมาตรฐานเพื่อให้เหมาะสมกับกฎหมายของท้องถิ่น ยานยนต์ ภูมิอากาศ พฤติกรรมผู้บริโภค และเงื่อนไขอื่นๆของตลาด

การใช้เอทานอลทั่วโลกส่วนใหญ่ มากกว่าครึ่งมีการใช้เอทานอลในลักษณะที่เป็นสารผสมในน้ำมันเบนซิน ซึ่งหมายความว่ามีการใช้ผสมในสัดส่วนประมาณร้อยละ 5-10 เหตุผลหลักๆที่ใช้เอทานอลเป็นสารผสมในน้ำมันเบนซินนอกเหนือจากเหตุผลที่ช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ข้อที่หนึ่งคือ การผสมเอทานอลในน้ำมันเบนซินช่วยเพิ่มค่าออกเทนให้กับน้ำมันเบนซินที่ผสมด้วยเอทานอล ซึ่งป้องกันการเกิดเครื่องยนต์น๊อคที่อาจทำความเสียหายให้กับเครื่องยนต์ได้ เอทานอลเป็นสารทดแทนตัวเพิ่มค่าออกเทนอื่นที่มีราคาแพงกว่า ข้อที่สอง เอทานอลเป็นสารที่มีองค์ประกอบของออกซิเจนอยู่ด้วย จึงช่วยให้การเกิดการเผาไหม้ได้สะอาดหมดจดกว่าการใช้น้ำมันเบนซินล้วนๆ นอกจากนั้นแล้วยังช่วยลดมลพิษอันตรายที่ปล่อยออกหลังการเผาไหม้ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ฝุ่นละออง และสารประกอบของน้ำมันเบนซินที่ถูกเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์

เอทานอลที่ใช้เป็นสารผสมโดยทั่วไปแล้วจะเป็นเอทานอลไร้น้ำ เพื่อป้องกันการเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำกับเอทานอลหลังการผสม การใช้เอทานอลผสมเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในประเทศบราซิลมี 2 ชนิด คือ

- แก๊สโซฮอล์ ที่ประกอบด้วยเอทานอลไร้น้ำในสัดส่วนร้อยละ 20 ในน้ำมันเบนซิน

- E100 เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้เอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่ด้วยประมาณร้อยละ 7 โดยปริมาตรโดยไม่มีการผสมกับน้ำมันเบนซิน

ในประเทศบราซิลไม่มีการจำหน่ายน้ำมันเบนซินล้วน และในสถานีบริการน้ำมันภายในประเทศ เอทานอลล้วนๆหรือที่เรียกว่า E100 เป็นเชื้อเพลิงที่มีจุดเด่นที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ ซึ่งส่งผลให้เชื้อเพลิงเมื่อเปรียบเทียบเป็นรูปค่าเงินแล้วพบว่ามีราคาถูกกว่าเอทานอลไร้น้ำ อย่างไรก็ตามแก๊สโซฮอล์มีความสามารถในการติดเครื่องที่อุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าและมีค่าความร้อนต่อลิตรสูงกว่า E100 นอกจากเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดนี้แล้ว ยังมี E85 ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงใหม่ที่ผสมเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน ที่เริ่มมีการใช้กันอย่างแพร่หลายขึ้น ส่วนน้ำมัน E85 เป็นเชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลไร้น้ำในสัดส่วนระหว่างร้อยละ 71-85 ในน้ำมันเบนซิน ในเบื้องต้นได้มีการใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาและสวีเดน โดยใช้ในเครื่องยนต์ที่เรียกว่า Flex Fuel Vehicles (FFVs) หรือเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงยืดหยุ่น ประสบการณ์ในการใช้ที่อุณหภูมิต่ำในประเทศเหล่านี้ เอทานอลที่ใช้ในการผสมกับน้ำมันเบนซินต้องการเอทานอลที่ไร้น้ำอย่างแท้จริง เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการแยกชั้นของเชื้อเพลิง

ท้ายที่สุด เมื่อเร็วๆนี้ พบว่ามีการใช้ดีโซฮอล์เพิ่มมากขึ้น โดยดีโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงที่ผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับเอทานอล สำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล มีการจดสิทธิบัตรเชื้อเพลิงดังกล่าวขึ้น เรียกว่า E-dieselซึ่งเป็นการผสมเอทานอลไร้น้ำกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนร้อยละ 15 และ 85 ตามลำดับ นอกจากนั้นได้มีการจดทะเบียนเครื่องหมายการค้าเรียกว่า O_2-Diesel ที่ประกอบด้วยเอทานอลไร้น้ำในสัดส่วนร้อยละ 7.7 ในน้ำมันดีเซล ซึ่งประสบความสำเร็จในการใช้ในรถเมล์มากกว่า 5,000 คันในเมือง Karnataka[42] ประเทศอินเดีย จุดเด่นของการใช้เอทานอลผสมในน้ำมันดีเซลคือ ปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งมักจะเกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลลดลง

เชื้อเพลิงอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้เรียกว่า E95 เป็นเชื้อเพลิงที่มีการผสมเอทานอลที่มีน้ำปนอยู่ด้วยในปริมาณร้อยละ 95 และสารผสมเพิ่มอีกร้อยละ 5 ซึ่งประสบความสำเร็จในการใช้ในรถเมล์และรถบรรทุกของบริษัท Scania ในประเทศสวีเดน[43]

ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่มีการใช้อย่างกว้างขวาง และยังมีอีกบางชนิดที่อยู่ในระหว่างการศึกษา

2.3 ประเด็นของน้ำ และการผสม

สูตรการผสมเอทานอลมักจะถูกจำกัดจากการเกิดการแยกชั้นของเชื้อเพลิง ถึงแม้ว่าน้ำกับเอทานอลสามารถผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี แต่เมื่อมีน้ำในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดการแยกชั้นได้ โดยที่ของเหลวชั้นบนเป็นชั้นที่มีน้ำมันเบนซินมากและชั้นล่างเป็นชั้นที่มีน้ำมาก เนื่องจากเอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วยเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกกว่าและเป็นมิตรกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเอทานอลไร้น้ำ ดังนั้นจึงมีแรงจูงใจด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมที่ให้ใช้เอทานอลที่มีน้ำปนอยู่ด้วย และเนื่องจากเอทานอลเป็นสารที่มักดูดซับน้ำจากบรรยากาศ จะด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม ทำให้เอทานอลที่ผสมกับน้ำมันเบนซินมักจะมีน้ำปะปนอยู่ด้วยและอาจทำให้เกิดการแยกชั้นของเชื้อเพลิง ปัญหาที่เกิดนี้จะเลวร้ายขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เครื่องยนต์ทำงานขัดข้องและเครื่องไม่ติด นอกจากนั้นแล้ว การเกิดการแยกชั้นที่มีชั้นน้ำมากกว่าน้ำมันเบนซินในระบบเชื้อเพลิง ทำให้โลหะที่เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์เกิดการกัดกร่อนได้

เอทานอลกับน้ำมันดีเซลไม่สามารถผสมเข้ากันได้ดีเหมือนการผสมเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน การผสมเอทานอลกับน้ำมันดีเซล ปริมาณน้ำในเอทานอลมีข้อจำกัดมากกว่าการผสมเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน การศึกษาพบว่าถึงแม้ว่าจะใช้เอทานอลไร้น้ำในการผสม ก็เกิดการแยกชั้นได้ที่อุณหภูมิในฤดูหนาว[44] กรณีศึกษาของการผสมระหว่างเอทานอล-น้ำมันเบนซิน และเอทานอล-น้ำมันดีเซล จะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.3.1 การผสมเข้ากันได้ระหว่างเอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำ

เนื่องจากน้ำและน้ำมันเบนซินมีโมเลกุลที่แตกต่างกัน กล่าวคือน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ส่วนน้ำมันเบนซินเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ทำให้น้ำไม่สามารถละลายได้ในน้ำมันเบนซินจึงเกิดการแยกชั้น โดยน้ำซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะอยู่ที่ก้นถัง

น้ำมัน สำหรับทางเข้าของท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจะติดตั้งใกล้ก้นถังน้ำมันทั้งที่สถานีบริการน้ำมันและในยานยนต์ น้ำที่มีอยู่ถึงแม้ว่ามีอยู่ในจำนวนน้อยในขณะทำการผสม อาจเป็นสัดส่วนที่มีอยู่มากในเชื้อเพลิงเมื่อป้อนเข้าสู่ยานยนต์และเครื่องยนต์ตามลำดับ

ของผสมเอทานอล-น้ำ และเอทานอล-น้ำมันเบนซิน ล้วนแต่เป็นของผสมที่ผสมเข้ากันได้ดี แต่เมื่อมีการผสมสาร 3 อย่าง คือ เอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำก็จะเกิดการแยกชั้น ในกรณีนี้ โดยทั่วไปแล้วจะเกิดของผสมเอทานอล-น้ำในชั้นล่างและน้ำมันเบนซินที่มีเอทานอลผสมอยู่เล็กน้อยในชั้นบน[45] สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาเมื่อมีการแยกชั้นในถังน้ำมัน คือ ชั้นที่มีเอทานอล-น้ำจะถูกป้อนเข้าเครื่องยนต์ โดยที่ชั้นของน้ำมันเบนซินยังคงค้างอยู่ในถังน้ำมัน ถึงแม้ว่าชั้นที่มีเอทานอล-น้ำ มีค่าความร้อนอยู่ แต่ยังเป็นข้อกังขาว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ด้วยเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบและคุณภาพที่ไม่คงที่จะก่อให้เกิดปัญหาใดแก่เครื่องยนต์ จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการให้เชื้อเพลิงเกิดการแยกชั้นและต้องมีการตรวจสอบสัดส่วนที่ถูกต้องแม่นยำในการผสมเอทานอล-น้ำ-น้ำมันเบนซินให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

การแยกชั้นมักจะเกิดขึ้นในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงจำเป็นต้องหาจุดที่น้ำยอมอยู่ได้ในเชื้อเพลิงโดยไม่แยกชั้นที่อุณหภูมิในฤดูหนาว เช่น ระหว่าง +10 ถึง -40 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งของประเทศนั้นๆตามเส้นรุ้งและภูมิอากาศ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าแปลกใจว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องขีดจำกัดการผสมระหว่างสาร 3 ชนิดคือ เอทานอล-น้ำมันเบนซิน-น้ำ ให้เข้ากันได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ มีการนำออกสู่สาธารณะให้รับรู้น้อยมาก สำหรับรายงานฉบับนี้มีการศึกษาที่ Technological Institute of Aarhus ประเทศเดนมาร์ก แสดงภาพแผนที่การแยกชั้นที่อุณหภูมิระหว่าง -2 ถึง -25 องศาเซลเซียส ข้อมูลเหล่านี้รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่อุณหภูมิสูงขึ้น[46,47] แสดงให้เห็นแนวโน้มต่างๆดังนี้

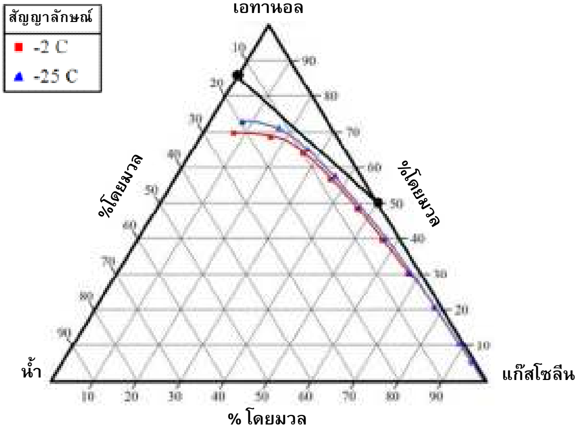
- การรวมตัวเข้ากันได้ดีระหว่างน้ำมันเบนซิน-น้ำ เป็นสัดส่วนกับปริมาณเอทานอลในของผสม นั่นหมายความว่า ปริมาณเอทานอลยิ่งสูงในของผสม ปริมาณน้ำและน้ำมันเบนซินยิ่งผสมเข้าได้มาก ด้วยเหตุผลที่เอทานอลมีคุณสมบัติที่เป็นโมเลกุลที่มีขั้ว

- การรวมตัวระหว่างน้ำมันเบนซิน-น้ำ เข้ากันได้ดีมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิการผสมสูงขึ้น แต่ยังเป็นสัดส่วนที่ไม่แน่นอน

ถึงแม้ว่าแนวโน้มเหล่านี้เป็นหลักสากลที่รับรู้กันดี ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำที่ยอมให้รวมตัวได้ขึ้นกับองค์ประกอบของน้ำมันเบนซินที่ใช้ และขึ้นกับวิธีการวัดและเกณฑ์การพิจารณาที่ใช้ในการวัดการแยกชั้นของเชื้อเพลิงด้วย การทดลองนี้ น้ำมันเบนซินเกรดที่ใช้ในฤดูหนาวของเดนมาร์ก (RON95) ผสมกับเอทานอลไร้น้ำ และค่อยๆเติมน้ำกลั่นทีละน้อยจนกระทั่งถึงจุดขุ่นของเชื้อเพลิง ซึ่งบ่งชี้ถึงจุดที่ของเหลวสองชั้นอยู่ด้วยกันได้โดยไม่แยกชั้น ข้อมูลตัวเลขของการทดลองแสดงเป็นแผนผัง ดังรูปที่ 8

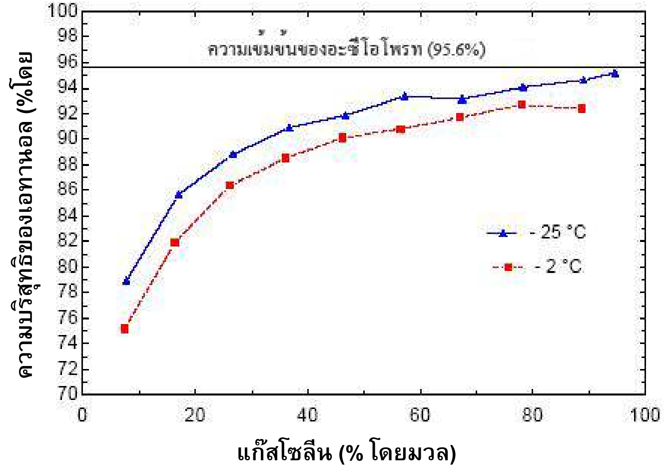
การผสมเหนือเส้นโค้งเป็นของเหลวที่อยู่เป็นชั้นเดียวตามอุณหภูมิที่กำหนด การผสมภายใต้เส้นโค้งแสดงของเหลวที่เกิดการแยกชั้น น้ำมีแนวโน้มเกิดการแยกชั้นที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส มากกว่าที่ -2 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าไม่มากนัก ตัวเลขที่แสดงนี้แสดงให้เห็นถึงความบริสุทธิ์ของเอทานอลที่ต้องการ เป็นฟังชั่นกับปริมาณน้ำมันเบนซินในการผสม ความบริสุทธิ์ของเอทานอล หมายถึง ร้อยละของเอทานอลในปริมาณน้ำและเอทานอลที่ผสมกัน ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าความบริสุทธิ์ของเอทานอลเพิ่มขึ้น เมื่อผสมน้ำมันเบนซินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิต่ำลง การทดลองที่มีความไม่แน่นอนทำให้ยากต่อการกำหนดปริมาณน้ำที่แน่นอนที่จะผสมในน้ำมันเบนซินที่มีปริมาณสูงมากกว่าร้อยละ 95 เพื่อให้ยังคงเป็นเนื้อเดียวกันได้ แต่ตัวเลขในดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเอทานอลที่ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าจุด Azeotrope สามารถใช้ผสมกับน้ำมันเบนซินที่มีปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 95 ที่อุณหภูมิต่ำถึง -25 องศาเซลเซียสได้



ไดอะแกรมการแบ่งเฟส

รูปที่ 8. แผนผังการผสมของสาร 3 ชนิด



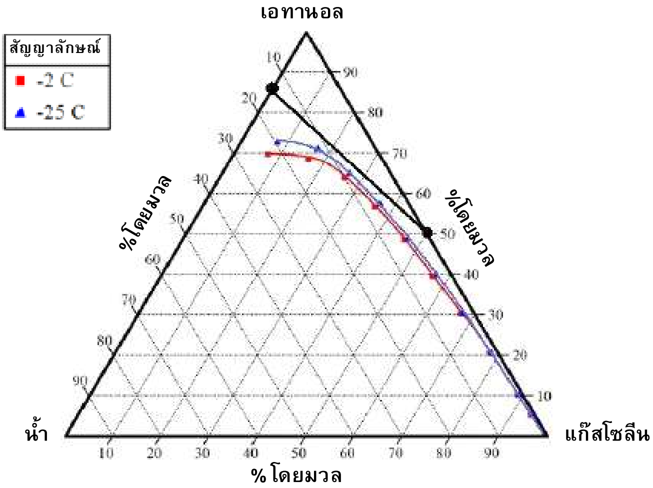
รูปที่ 9. ความบริสุทธิ์ของเอทานอลที่ต้องการ

ประเด็นของน้ำที่ยอมให้มีอยู่ในของเหลวผสมเอทานอล-น้ำมันเบนซิน-น้ำ โดยไม่มีการแยกชั้นนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อนเมื่อใช้เชื้อเพลิงนั้นในยานยนต์ FFVs หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงยืดหยุ่น คือ เพื่อให้เจ้าของรถสามารถเติมน้ำมันรถหลายๆประเภทได้ ยกตัวอย่าง เช่น E85 ที่เป็นส่วนผสมของเอทานอลไร้น้ำกับน้ำมันเบนซินบริสุทธิ์ ซึ่งเชื้อเพลิงสองประเภทที่เป็นใช้กันมากใน northern flex fuel สิ่งสำคัญคือเชื้อเพลิงผสมในส่วนผสมใดๆก็ตาม ระหว่างเชื้อเพลิงทั้งสองนั้น ต้องมีความคงตัว ไม่เปลี่ยนแปลง โดยเชื้อเพลิงผสมนั้นไม่มีการแยกชั้น หลักการของเชื้อเพลิงยืดหยุ่น มีจุดเด่นหลายประการ แต่ต้องระมัดระวังอย่างมากในประเด็นเรื่องปริมาณน้ำที่เป็นส่วนผสม ยกตัวอย่างเช่นปัญหาที่เกิดขึ้นขณะที่มีเชื้อเพลิงอยู่ครึ่งถัง แล้วเติมน้ำมันที่มีเอทานอลเป็นส่วนผสมเป็นจำนวนมากลงไป อาจจะเกิดการแยกชั้น ซึ่งในเรื่องนี้สามารถใช้รูปที่ 8 ที่เป็นแผนผังของสารผสม 3 ชนิดมาใช้พิจารณา เพื่อหาชนิดของเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่เข้ากันได้มาเติม พิจารณาตามเส้นตรงที่เชื่อมแกนของเชื้อเพลิงสองชนิด พบว่าทุกส่วนผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างเชื้อเพลิงทั้งสองจะเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ได้และไม่มีการแยกชั้น แสดงให้เห็นว่าทุกส่วนผสมที่เกิดจากเชื้อเพลิงทั้งสองเหนือเส้นเชื่อมนี้ จะไม่มีการแยกชั้น

ประเด็นดังกล่าวข้างต้นสามารถยกตัวอย่างให้เห็นภาพได้ดังนี้ คือ เส้นที่เชื่อม (a) ส่วนผสม 85-15 ระหว่างเอทานอล-น้ำ กับ เส้นที่เชื่อม (b) ส่วนผสม 50-50 ระหว่างน้ำมันเบนซิน-เอทานอลไร้น้ำ ไม่เกิดการตัดกันที่เส้นบ่งถึงการแยกชั้น (ดังแสดงในรูปที่10) ทำให้เชื้อเพลิงผสมทั้งสองนี้ยอมรับให้ใช้เป็นเชื้อเพลิงยืดหยุ่นได้ที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส

ประเด็นหลักในที่นี้ คือ เมื่อผสมเอทานอลในปริมาณที่สูงขึ้นในเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีน้ำมันเบนซินสูง จะยอมให้มีน้ำผสมในเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีเอทานอลสูงในปริมาณที่สูงขึ้นด้วย จากข้อมูลตัวเลขจากการทดลองเหล่านี้ สามารถนำมาตั้งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้คำนวณเกณฑ์ที่ยอมให้มีปริมาณน้ำในเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีเอทานอลในปริมาณสูง เมื่อนำไปใช้ควบคู่กับเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีน้ำมันเบนซินในปริมาณสูงได้ เช่น เมื่อมีเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีเอทานอลสูงประกอบด้วย

น้ำมันเบนซินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (เป็นกรณีของ E85) ตารางที่ 4 แสดงถึงปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีเอทานอลในปริมาณสูงขึ้น

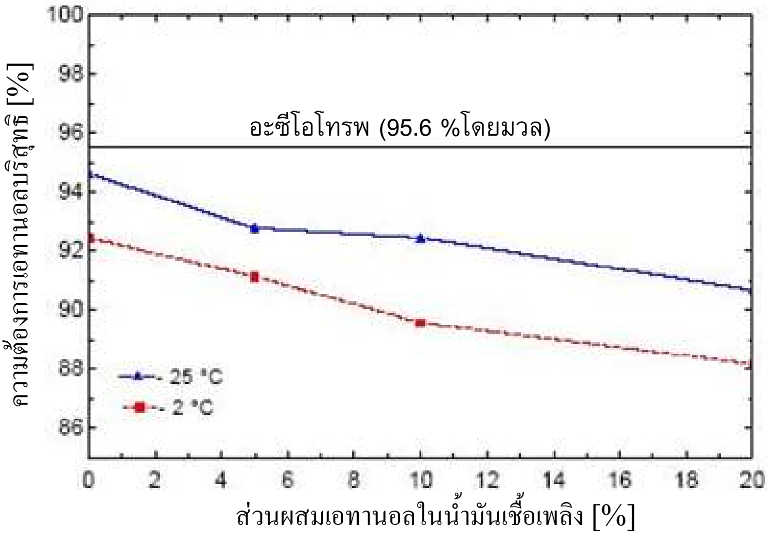


รูปที่ 10. การแยกชั้นของสารผสมสามชนิด

ตารางที่ 4. ความบริสุทธิ์ของเอทานอลที่ต้องการในการผสมเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีปริมาณเอทานอลสูง

เชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีน้ำมันเบนซินในปริมาณสูง	ความบริสุทธิ์ของเอทานอลค่าต่ำสุด(% โดยน้ำหนัก) ที่ -25°C	ที่ -2°C
น้ำมันเบนซินล้วนๆ	94.7	92.5
E5 (5% เอทานอลไร้น้ำโดยน้ำหนัก)	92.8	91.2
E10 (10% เอทานอลไร้น้ำโดยน้ำหนัก)	92.5	89.6
E20 (20% เอทานอลไร้น้ำโดยน้ำหนัก)	90.7	88.2

ผลการทดลองดังกล่าว ขัดแย้งกับความเชื่อดังเดิมในการผสมเอทานอลและน้ำมันเบนซิน ที่แสดงให้เห็นว่าเอทานอลที่มีน้ำที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 เป็นที่ยอมรับได้ในการผสมกับน้ำมันเบนซินทุกวันนี้ ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิต่ำลงถึง -25 องศาเซลเซียส ก็ตาม ในทุกๆส่วนผสมที่อยู่ในถังน้ำมันของยานยนต์ FFVs ปริมาณเอทานอลยิ่งสูงในเชื้อเพลิงยืดหยุ่นจะทำข้อจำกัดเรื่องความบริสุทธิ์ของเอทานอลในการผสมเชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่มีเอทานอลในปริมาณสูง ยิ่งน้อยลง นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นด้วยว่า เมื่อใช้เอทานอลเป็นสารผสมเพิ่ม หรือ additive ในน้ำมันเบนซิน ไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้เอทานอลไร้น้ำ อย่างไรก็ตาม ดังที่กล่าวแล้วข้างต้นว่า ข้อมูลที่พบนี้ยังต้องมีการยืนยันในการทดสอบระบบเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จริง เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่ยังมองไม่เห็นที่เกิดจากเกณฑ์ที่เชื้อเพลิงผสมเข้ากันได้ ในการใช้เชื้อเพลิงที่มีน้ำปนอยู่ด้วยในยานยนต์ ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ตกค้างอยู่ในระบบเชื้อเพลิง และที่ก้นถังน้ำมันที่ป้อนเชื้อเพลิงเข้า อาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในคุณลักษณะการผสมเข้ากันได้ดีของเชื้อเพลิงได้



รูปที่ 11. ความบริสุทธิ์ของเอทานอลที่ต้องการในการผสมเอทานอล-น้ำมันเบนซิน

2.3.2 การผสมเข้ากันได้ระหว่างเอทานอล และน้ำมันดีเซล

การละลายเอทานอลในน้ำมันดีเซล ณ อุณหภูมิต่ำ ด้วยการผสมแบบสัดส่วน จะเกิดการแยกเป็นสองชั้น ประกอบด้วยชั้นของน้ำมันดีเซลและชั้นของเอทานอล[44] อย่างไรก็ตามน้ำมันดีเซล สามารถเกิดการแยกชั้นด้วยตัวเอง ณ อุณหภูมิต่ำ ถึงแม้ว่าไม่ได้ผสมกับสารใด เมื่อถึงจุดที่อุณหภูมิต่ำเพียงพอ เมื่อ องค์ประกอบที่เป็นไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงเริ่มแข็งตัวจะทำให้เกิดมีไขเกิดขึ้นที่ส่งผลให้เกิดเครื่องยนต์ขัดข้อง คำศัพท์ที่ใช้ในน้ำมันดีเซล คำว่า “จุดขุ่น-cloud point” หมายถึงอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงเปลี่ยนสภาพเป็นสารที่เกิดการขุ่นมัว ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เริ่มมีไขเกิดขึ้น[48] สำหรับคำศัพท์ของ “จุดไหลเท-pour point” หมายถึงอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงเปลี่ยนสภาพเป็นไข จนกระทั่งของเหลวนั้นไม่สามารถสูบป้อนได้

การผสมเอทานอล-น้ำมันดีเซล มี 2 รูปแบบ กล่าวคือ เป็นสารละลายและเป็นของผสมที่มีลักษณะเหมือนน้ำนม(emulsion) สารละลายเป็นของผสมเนื้อเดียวกันเข้ากันได้ดีที่โมเลกุลของน้ำมันดีเซลและเอทานอลรวมอยู่ด้วยกันอย่างสมบูรณ์ ของผสมที่มีลักษณะเหมือนน้ำนมหรือ emulsion เป็นของผสมที่มีของเหลวสองชั้นอยู่ด้วยกันโดยไม่รวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นของเหลวที่อยู่กันเป็นหยดเล็กๆเหมือนน้ำนม ถึงแม้ว่า การผสมเป็นลักษณะน้ำนมของเอทานอล-น้ำมันดีเซลจะเข้ากันได้ดี แต่ยังมีงานวิจัยศึกษาที่มุ่งพัฒนาสารละลายเอทานอลดีเซล เช่น สารละลายที่มีชื่อเครื่องหมายการค้าว่า **“E-diesel”** และ **“O_2-diesel”**[49] เชื้อเพลิงที่เป็นสารละลายมีจุดเด่นกว่าเชื้อเพลิงที่เป็นของผสมลักษณะน้ำนมในกระบวนการผสม ถ้าเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นสารละลาย สามารถนำมาผสมเข้ากันได้ทันที ส่วนของเหลวที่มีลักษณะน้ำนม ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนทีละน้อยและกวนให้เข้ากัน ซึ่งทำให้การผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล-น้ำมันดีเซลที่มีลักษณะคล้ายน้ำนม มีค่าใช้จ่ายในการผลิตมากกว่า

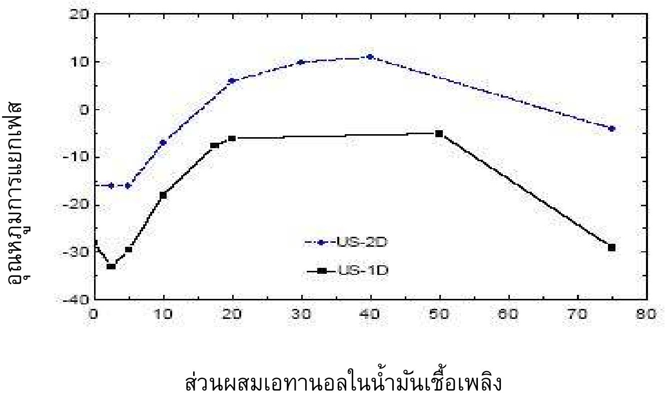
สารละลายเอทานอล-น้ำมันดีเซล มีความคงตัวเพิ่มขึ้นโดยการเติมสารผสมเพิ่มที่เป็นสารละลายร่วม เพื่อให้การผสมเป็นเนื้อเดียวกันมีความคงตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันดีเซล ปริมาณน้ำ และอุณหภูมิ การทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าเอทานอลไร้น้ำสามารถผสมเข้ากันได้ดีกับน้ำมันดีเซล ไม่ว่าจะ

มีสัดส่วนเท่าใด แต่เมื่อมีน้ำเพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.1-0.2 จะมีการแยกชั้นเกิดขึ้น[50] จุดเด่นที่สำคัญสำหรับการใช้ในลักษณะที่เป็นสารละลาย คือ ของผสมสามารถใช้กับเครื่องยนต์ได้ทันที หรืออาจมีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่เพียงเล็กน้อย ส่วนจุดด้อย คือ สารละลายมักมีแนวโน้มดูดซับความชื้นจากบรรยากาศ และเกิดการแยกชั้นในระหว่างเก็บก่อนการใช้งาน ซึ่งเป็นข้อจำกัดของอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามปัญหาคล้ายคลึงกันนี้เกิดขึ้นกับน้ำมันดีเซลปกติเช่นกัน[51] โดยทั่วไปเอทานอลมักใช้ผสมในน้ำมันดีเซลในสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 20[52,53] วงการวิชาการใหม่ๆ ใช้อุปกรณ์ทำการผสมเอทานอล น้ำมันดีเซลและสารละลายร่วมหรือสารผสมเพิ่ม ในขณะที่ป้อนเข้าสู่ถังน้ำมันเชื้อเพลิง หากเชื้อเพลิงนี้ใช้ในระยะเวลาสั้นๆ ปัญหาของการเก็บรักษาและการแยกชั้นของเชื้อเพลิงจะหมดไป ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิง E-diesel หากต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ จะเป็นการปรับจังหวะการฉีดน้ำมัน และ nozzle orifice size ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของเอทานอลที่ใช้ผสม

โดยทั่วไปแล้ว มีความจำเป็นที่ต้องใช้สารเติมแต่งในเชื้อเพลิงผสมเอทานอล-น้ำมันดีเซล เพื่อช่วยปรับปรุงค่าซีเทน การหล่อลื่นของเชื้อเพลิง การป้องกันการเกิดการกัดกร่อน และรักษาเสถียรภาพให้เป็นเชื้อเพลิงเนื้อเดียวกัน การผสมเอทานอล-น้ำมันดีเซลมีปรากฏการณ์เช่นเดียวกับการผสมเอทานอล-น้ำมันเบนซิน กล่าวคือความคงตัวของการเป็นเชื้อเพลิงเนื้อเดียวกัน จะรักษาไว้ดีมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และลดลงหรือแยกชั้นเมื่อมีน้ำผสมมากขึ้นในเชื้อเพลิงนั้น เสถียรภาพของของผสมที่เป็นอิมัลชั่น จะลดลงเมื่อเชื้อเพลิงนั้นมีขนาดของหยดเล็กลง สารที่ใช้เป็นสารช่วยให้เกิดเสถียรภาพ ต้องเติมมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้ต้องเป็นสารที่เผาไหม้ได้ รูปที่ 12 แสดงอุณหภูมิที่เกิดการแยกชั้นของสารละลายเอทานอล-น้ำมันดีเซล โดยไม่มีสารละลายร่วม

ข้อมูลตัวเลขที่แสดงในรูปที่ 12 แสดงให้เห็นความจริงหลายประการ เช่น การแยกชั้นมักไม่ค่อยเกิดในสารละลายที่มีปริมาณเอทานอลผสมสูงมากหรือน้อยมาก ดูได้จากสารละลายที่อยู่ภายใต้เส้นที่แสดงการแยกชั้น สำหรับสารละลายที่มีเอทานอลผสมอยู่น้อยกว่าร้อยละ 5 สถานะของเอทานอลจะไม่นำไปสู่การแยกชั้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดขุ่นของน้ำมันดีเซลบริสุทธิ์ หมายความว่า การผสมเอทา

นอลในปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยปริมาตร มีค่าเท่ากับอุณหภูมิต่ำของน้ำมันดีเซลบริสุทธิ์ ซึ่งเคยเกิดปรากฏการณ์ในทำนองเดียวกันนี้ กับการผสมเอทานอลในสัดส่วนที่สูงกว่าร้อยละ 75 โดยที่การผสมระหว่างร้อยละ 5 - 75 จะมีปัญหาในการผสมเกิดขึ้น



รูปที่ 12. อุณหภูมิที่เกิดการแยกชั้นของสารละลายเอทานอล-น้ำมันดีเซล
คำอธิบาย: US-2D และ US-1D เป็นน้ำมันดีเซลมาตรฐานที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาในฤดูร้อน และฤดูหนาว ตามลำดับ, US-1D มีค่าการระเหยสูงกว่า มีจุดวาบไฟและจุดขุ่นต่ำกว่า US-2D
ที่มา: Gerdes et al[44]

ความก้าวหน้าในการใช้สารละลายร่วม ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับปรุงการผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น สารละลาย E-diesel ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ที่ผสมเอทานอลไร้น้ำร้อยละ 15 ในน้ำมันดีเซล ที่เหมาะสมกับการใช้ในฤดูหนาว โดยไม่ต้องเสี่ยงต่อการต้องผสมให้เข้ากันใหม่[49] น้ำมัน O_2-diesel เป็นอีกหนึ่งสิทธิบัตรที่ใช้สารละลายร่วมในปริมาณร้อยละ 1 เพื่อทำให้สารละลายเอทานอลปริมาณร้อยละ 7.7 มีความคงตัวในน้ำมันดีเซลได้

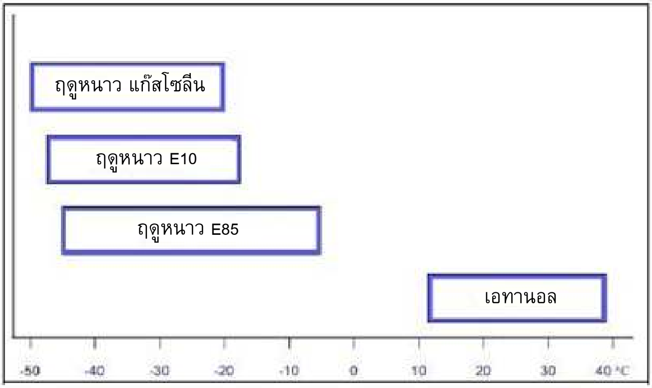
อิมัลชั่นเป็นของผสมระหว่างของเหลวที่ไม่ละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เอทานอลและน้ำมันดีเซลเป็นของเหลวประเภทอิมัลชั่นที่ต้องใช้สาร Emulsifying Agent ที่ช่วยให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันของผสมน้ำในปริมาณร้อยละ 5 เอทานอลไร้น้ำและน้ำมันดีเซล สามารถทำให้เป็นสารอิมัลชั่นได้ แต่ข้อสำคัญคือ การที่ทำให้ของผสมนั้นคงรูปเป็นอิมัลชั่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่ำ อิมัลชั่นที่เกิดการแยกชั้นในระบบเชื้อเพลิงทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ขัดข้องและก่อความเสียหายต่อเครื่องยนต์ได้[52,53] ของผสมเอทานอล-น้ำมันดีเซล มักทำการผสมด้วยเทคนิคที่เรียกว่า microemulsion หมายถึงการทำการผสมจากหยดเล็กๆที่จะให้ของผสมนั้นความคงตัวสูง[54] อิมัลชั่นเอทานอล-น้ำมันดีเซลสามารถผสมได้โดยใช้เอทานอลถึงร้อยละ 40 ขึ้นกับประเภทของน้ำมันดีเซลที่ใช้ผสม[52] เมื่อผสมเอทานอลในปริมาณสูงขึ้น ก็ต้องใช้สารผสมเพิ่มในปริมาณสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นข้อเสียในเรื่องนี้ที่ต้องมีค่าใช้จ่ายของสารผสมเพิ่มสูงตามไปด้วย ไบโอดีเซลจะเป็นตัวที่ช่วยให้เอทานอลละลายในน้ำมันดีเซลได้ดี ซึ่งจะกล่าวต่อไป[54] ความคงตัวของอิมัลชั่นที่อุณหภูมิต่ำบางครั้งดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซลธรรมดา เนื่องจากสารเติมแต่ง[55] การใช้สาร Emulsifying Agent ผสมกับเอทานอลที่มีน้ำร้อยละ 5 กับน้ำมันดีเซลและสามารถมีความคงตัวอยู่ได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง -15.5 องศาเซลเซียส

กล่าวโดยสรุป การใช้เอทานอลเป็นสารเติมแต่งในน้ำมันดีเซลด้วยสัดส่วนต่ำกว่าร้อยละ 15 มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคถึงแม้ที่อุณหภูมิในฤดูหนาว ข้อมูลตัวเลขที่แสดงในรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่าการผสมน้ำมันดีเซลด้วยเอทานอลในสัดส่วนที่สูงอาจเกิดการแยกชั้นได้ ยกเว้นเอทานอลที่มีสัดส่วนการผสมสูงกว่าร้อยละ 75 ซึ่งยังไม่มีการศึกษาความเป็นไปได้ของประเภทของการผสมเอทานอลมากนัก

2.4 ความเป็นพิษและความปลอดภัย

เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันเบนซินและน้ำดีเซล ถือว่าเอทานอลเป็นพิษน้อยมากต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ต่างจากน้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงเบนซิน เอทานอลไม่มีองค์ประกอบของสารก่อมะเร็งและสลายตัวได้ทั้งหมดหากมีการหกหรือล้นอันเนื่องจากถังเก็บเกิดการรั่วไหล แต่ถ้านำเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซิน หรือดีเซล

จะมีความเป็นพิษเพิ่มขึ้นความกังวลของปัญหาด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงโดยทั่วไปแล้วจะเป็นเรื่องของอันตรายที่เกิดจากไฟไหม้และการระเบิดของไอระเหยของเชื้อเพลิงในพื้นที่ปิด สำหรับไอเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้เองนั้น อัตราส่วนระหว่างไอเชื้อเพลิงและอากาศต้องอยู่ระหว่างเกณฑ์การติดไฟ ในช่วงบนและช่วงล่าง หรือ Upper และ Lower Flammability (LFL / UFL) ที่ช่วงอุณหภูมิที่ติดไฟได้ ช่วงอุณหภูมิติดไฟสำหรับการผสมเชื้อเพลิงเอทานอลในภาชนะปิดแสดงในรูปที่ 13



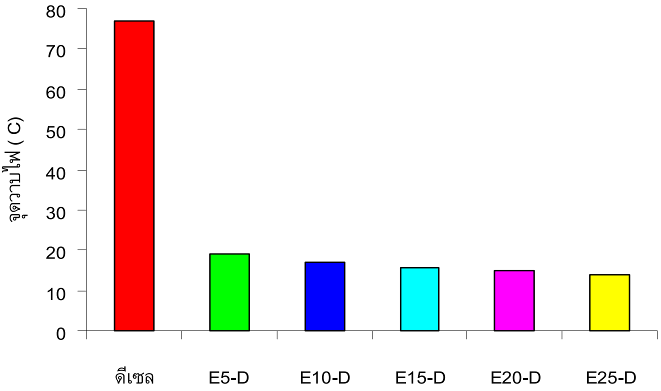
รูปที่ 13 ช่วงอุณหภูมิที่น้ำมันเบนซินติดไฟ

ที่มา : Valavdv [56]

ช่วงอุณหภูมิที่ติดไฟนี้ ใช้ได้กับเงื่อนไขที่อยู่ในภาชนะปิดเท่านั้น เช่น ในไอน้ำมันที่ระเหยด้านบนของถังเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ช่วงการติดไฟของ E85 และเอทานอลเกิดขึ้นได้เร็วกว่า หมายความว่า โดยทฤษฎีแล้วน้ำมันผสมเหล่านี้จะมีความเสี่ยงในการติดไฟในด้านบนของถังน้ำมันเชื้อเพลิงได้มากกว่าถึงแม้ว่าจะเป็นถังขนาดเล็กก็ตาม[56] มีเพียงประมาณ 100 ราย ที่เกิดเพลิงไหม้จากกรณีดังกล่าวกับน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดที่ได้รับรายงานทั่วโลก[57] ส่วนความเสี่ยงหลักของการเกิดไฟไหม้ เกิดขึ้นระหว่างการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงลงถัง[56] เนื่องจากการปล่อยไฟฟ้าสถิตระหว่างคอบรรจุ (filler neck)และหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel hose

nozzle) อย่างไรก็ตาม โดยรวมแล้วปัญหาอันตรายต่าง ๆที่เกิดจากการลุกเป็นไฟ อันเนื่องมาจากการใช้เอทานอลบริสุทธิ์หรือเอทานอลผสมน้ำมันเบนซิน เป็นเรื่องที่สามารถจัดการได้

ปัญหาที่รุนแรงเกี่ยวกับการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ คือ ปัญหาของเอทานอลที่มีค่าจุดวาบไฟต่ำ เอทานอลมีค่าจุดวาบไฟ 13 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับ จุดวาบไฟของเชื้อเพลิงที่เป็นมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลเท่ากับ 74 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา ระบุตามมาตรฐาน ASTM D-975 ซึ่งจุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงสามารถผสมกับอากาศ และติดไฟได้ ในถังน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้จะหมด ทำให้มีเนื้อที่เหลือด้านบนถังน้ำมันมาก เมื่อไอของเชื้อเพลิงผสมกับอากาศอาจเกิดการติดไฟได้ เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล แสดงคุณสมบัติการติดไฟ เหมือนกับเอทานอลบริสุทธิ์ น้ำมัน E-diesel ถูกจัดให้อยู่ในระดับความปลอดภัยเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน ไม่ใช่น้ำมันดีเซล[49] ถึงแม้ว่าจะผสมเอทานอลในปริมาณเพียงเล็กน้อยในน้ำมันดีเซลก็ตาม ค่าจุดวาบไฟจะลดลงอย่างมากและไม่สามารถประเมินค่าจุดวาบไฟได้ ส่วนลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการผสมเอทานอลและจุดวาบไฟได้ในทางปฏิบัติ น้ำมันผสม E-diesel ซึ่งผสมด้วยเอทานอลในสัดส่วนระหว่าง ร้อยละ 5 -15 มีค่าจุดวาบไฟเท่ากับเอทานอล[58] นอกจากนั้นแล้วข้อจำกัดของการติดไฟไม่สามารถเทียบกับน้ำมันดีเซลหรือเบนซินได้เลย สำหรับน้ำมันเบนซิน ไอจะมีความหนาแน่นที่สูงกว่าอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และสำหรับน้ำมันดีเซล ไอจะบางที่อุณหภูมิต่ำกว่า 64 องศาเซลเซียส [59]



รูปที่ 14. จุดวาบไฟของเชื้อเพลิงดีเซลเอทานอล :

ที่มา: Li et al [58]

รูปที่ 14 แสดงให้เห็นว่าการผสมเอทานอลเพียงร้อยละ 5 ในน้ำมันดีเซล จะช่วยลดอุณหภูมิของจุดวาบไฟของเชื้อเพลิงลง จนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับจุดวาบไฟของเอทานอล การมีข้อจำกัดเรื่องคุณสมบัติลุกเป็นไฟได้ง่ายและมีจุดวาบไฟต่ำ จึงต้องมีมาตรการในการเก็บรักษา การจ่าย การจัดการ และการใช้เอทานอลและ E-diesel เพื่อลดระดับความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน ซึ่ง เป็นมาตรการที่แนะนำโดย Waterland, Venkatesh and Unnasch [59] มีดังนี้

- ถังเชื้อเพลิงในยานยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล จะต้องพัฒนาให้มีมาตรฐานความปลอดภัยเทียบเท่ายานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นอย่างน้อย รวมถึงติดตั้งวาล์วและตัวจับเปลวไฟในช่องเติมน้ำมันเชื้อเพลิง และด้านทางออกของถังเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการลุกเป็นไฟของเชื้อเพลิง ที่เป็นไอ ระเหยอยู่ที่ด้านบนของถัง

- ควรมีการติดตั้งระบบการหมุนเวียนไอกลับมาใช้ใหม่ ในทุกพื้นที่ที่มีการขนย้าย เชื้อเพลิง ตั้งแต่จุดที่ทำการผลิตไปจนถึงจุดที่มีการใช้งาน
- ควรมีการติดตั้งสายดิน ที่สถานีบริการเชื้อเพลิง และอาจต้องทำการออกแบบการวัดระดับเชื้อเพลิงที่ถังน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่ด้วย

เทคโนโลยีความปลอดภัย ที่จำเป็นสำหรับเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล เป็นที่รู้กันดี และสามารถนำไปใช้ได้โดยตรงกับเบนซิน แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เพื่อปรับปรุงหัวจ่ายน้ำมันดีเซลและยานยนต์เพื่อตอบสนองความต้องการในการผสมนั้นๆ

สรุปได้ว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงควรมีการเก็บรักษา ขนย้าย จัดการ และใช้งานอย่างระมัดระวัง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีในการนำเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงไปใช้ และการยอมรับถึงประโยชน์ของเชื้อเพลิงเอทานอลที่เกิดขึ้นนั้น เป็นที่รับรู้และพิสูจน์ทราบได้ ห้องปฏิบัติการด้านพลังงานหมุนเวียนแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา หรือ NREL[60] ได้กล่าวถึงปัญหาและอุปสรรคทางเทคนิคหลัก ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการลุกเป็นไฟ ในการนำน้ำมัน E-diesel ไปใช้เชิงพาณิชย์ คือ

- จุดวาบไฟต่ำ ทำให้มีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับการทดสอบแบบ Fleet
- บริษัทผู้ผลิต หรือ OEM ในสหรัฐอเมริกาไม่ยอมรับและไม่ให้การรับประกันการใช้น้ำมัน E-diesel เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์
- การเห็นชอบในข้อกำหนดเชื้อเพลิงและมาตรฐานเชื้อเพลิง

3. การใช้เอทานอลในการขนส่ง

ตลาดเอทานอลทั่วโลกมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยตลาดหลักของเอทานอลดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15. ภาพรวมของตลาดเอทานอลของโลก

ที่มา: Tsunooka[61]

จากรูปแสดงให้เห็นว่า นอกเหนือจากตลาดบราซิลซึ่งมีความเด่นเป็นพิเศษแล้ว ยังมีการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในรูปอื่นๆ ด้วย ไม่ว่าจะเป็นประเภทที่มีการผสมในปริมาณต่ำ เช่น E5 E10 หรือผสมในปริมาณสูง เช่น E85 ที่จะถูกทดแทนด้วย E70 ในช่วงฤดูหนาว ในตลาดบราซิลและตลาดที่ใช้ E85 เชื้อเพลิงจะถูกผสมในถังเชื้อเพลิงโดยผู้บริโภคเอง ส่งผลให้สัดส่วนเปอร์เซนต์ของเอทานอลมีความแตกต่างกัน นอกจากนั้นแล้ว ยังพบว่ามีเชื้อเพลิงเอทานอล ในตลาดที่จำหน่ายน้ำมันดีเซลด้วย แต่มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งประเมินได้ว่าเป็นตลาดที่มีลักษณะเฉพาะ

3.1 การใช้งานในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark-Ignited Engines: SI engines)

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงความเป็นไปได้และความยุ่งยากที่อาจเกิดขึ้น เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เอทานอลในรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน จากนั้นจะบรรยายถึงคุณสมบัติ

เชื้อเพลิงที่สำคัญ ความเข้ากันได้และศักยภาพการใช้ของเชื้อเพลิงเอทานอลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ หรือเครื่องยนต์เอสไอ

3.1.1 ความเข้ากันได้ของเชื้อเพลิง

มีการใช้ E5 และ E10 ในตลาดทั่วโลก แสดงให้เห็นว่า มีการเข้ากันได้กับเครื่องยนต์เอสไอที่มีอยู่ในปัจจุบัน[62] สำหรับรถเก่าพบว่ายังมีปัญหา ซึ่งอยู่ในระหว่างการเก็บข้อมูล ปัญหาเหล่านี้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับปัญหาการกัดกร่อนในท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาการบวมและกรอบของยางหรือพลาสติกที่ใช้เป็นชิ้นส่วนในท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิง และปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ ถึงแม้ว่า จากประสบการณ์ของผู้ใช้ ยังไม่พบปัญหาที่เกิดขึ้นกับรถเก่าของพวกเขา แต่มีโอกาสที่จะพบว่ามีการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาของ Orbital[63] ซึ่งรวมถึงงานทดลองที่มุ่งเน้นถึงผลกระทบของการใช้ E20 ในยานยนต์เบนซินประเภท Fleet ของประเทศออสเตรเลีย ผลการทดลองพบว่า การใช้ E20 เป็นเชื้อเพลิงมีแนวโน้มของมลพิษที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียเพิ่มขึ้น ทั้งที่มีการควบคุมและที่ไม่มีการควบคุม เครื่องยนต์มีสมรรถนะต่ำลงโดยไม่สามารถปรับแต่งเครื่องยนต์สำหรับเอทานอลที่ใช้ในรถยนต์รุ่นเก่าได้ นอกจากนั้นแล้วยังทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับไอเสียเสื่อมสภาพลง รวมถึงมีการสึกหรอและมีเขม่าสะสมที่เครื่องยนต์

ในปี พ.ศ. 2550 (ค.ศ 2007) Orbital แห่งประเทศออสเตรเลีย[187] ได้เสร็จสิ้นการศึกษาการประเมินการใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลในยานยนต์ Fleet ในการทดสอบ ยานยนต์ที่เลือกมาใช้ทดสอบจำนวน 16 คัน เป็นยานยนต์ที่อยู่ในบัญชีขององค์กรรัฐทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ออสเตรเลีย หรือ Federal Chamber of Automotive Industries (FCAI) ซึ่งเป็นรถที่ไม่เหมาะกับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง มาทำการศึกษาการใช้งาน และความเข้ากันได้ของเชื้อเพลิง โดยใช้ E5 และ E10 ในการศึกษา ผลการทดสอบพบว่า การใช้ E5 และ E10 เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะเหล่านี้ ก่อให้เกิดการกัดกร่อนและเกิดผลกระทบต่อการขับขี่ ซึ่งผล

การศึกษานี้ สอดคล้องกับคำแนะนำจากผู้ผลิตรถยนต์และผู้นำเข้าตามประกาศโดย FCAI สำหรับผู้จัดจำหน่ายยานยนต์ในออสเตรเลีย

สำหรับยานยนต์รุ่นใหม่ ทุกรุ่น สามารถใช้เชื้อเพลิงที่มีการผสม E5 เป็นอย่างน้อย ได้โดยไม่มีปัญหาใดๆ โดยอยู่ภายใต้การรับประกันของผู้ผลิต ส่วนยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินในอนาคต มีแนวโน้มที่จะสามารถใช้เชื้อเพลิงที่ผสมด้วยเอทานอลในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ E0 จนถึง E85 ดังเช่นยานยนต์จำนวนมากที่มีการจำหน่ายในตลาดสหรัฐอเมริกา โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับการดัดแปลงยานยนต์ดังกล่าว[62] นอกจากแล้ว ผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่มีแนวโน้มที่จะผลิตรถยนต์ให้เข้าได้กับเอทานอลที่มีสัดส่วนต่างๆกัน จนถึงสามารถใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย หรือที่เรียกว่า Hydrated ethanol (E100) ซึ่งในขณะนี้ มีการผลิตรถยนต์ดังกล่าวสำหรับตลาดประเทศบราซิลอยู่แล้ว

3.1.2 วัสดุและการกัดกร่อน

ความกังวลหลักเกี่ยวกับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงการขนส่ง คือเรื่องการกัดกร่อน ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบเชื้อเพลิงและสถานที่ในการเก็บรักษาเชื้อเพลิง ในการทดสอบกับรถ Fleet ปัญหาที่พบหลักๆ ได้แก่

- ยางและวัสดุพลาสติกที่ใช้เป็นชิ้นส่วนในรถยนต์มีการเสื่อมสภาพ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย เมื่อโมเลกุลเอทานอลถูกดูดซึมเข้าสู่วัสดุดังกล่าว จากคุณสมบัติที่เป็นตัวทำละลาย ทำให้วัสดุเหล่านั้นนุ่ม และพองตัว
- โลหะมีการเสื่อมสภาพ เนื่องจากคุณสมบัติที่มีความเป็นกรดหรือคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเอทานอล ถึงแม้ว่ามีการใช้เอทานอลที่ไม่มีน้ำ ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนโลหะเพียงเล็กน้อย แต่ด้วยคุณสมบัติที่ง่ายต่อการดูดซับน้ำจากอากาศ หรือที่เรียกว่า hygroscopic ของเอทานอล ทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดการปนเปื้อนของน้ำในเอทานอลได้ ด้วยเหตุนี้ จึงมีแนวโน้มสูงที่เอทานอลจะมีน้ำปะปนอยู่ด้วย ทั้งจากการจงใจหรือจากการ

ดูดซึมจากอากาศ จึงเกิดความเสี่ยงที่จะเกิดการกัดกร่อนของโลหะเพิ่มสูงขึ้น ตามปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบ โดยสาเหตุหลักของสารที่มีการปนเปื้อนในน้ำเช่นโซเดียมคลอไรด์และกรดอินทรีย์[64]

- การอุดตันของท่อส่งเชื้อเพลิง เกิดขึ้นเนื่องจาก เอทานอลชะล้างสารที่สะสมในระบบเชื้อเพลิงออกมาตามท่อ ปรากฏการณ์นี้สังเกตพบในรถยนต์ที่มีการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซิน มาเป็นเชื้อเพลิงผสมเอทานอลในสัดส่วน ระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 โดยปริมาตร[65] อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์นี้ ไม่มีการรายงานว่าเป็นปัญหาในระหว่างการใช้ E10 ในสหรัฐอเมริกา

ผลกระทบเหล่านี้ได้มีการนำมาพิจารณาในการทดสอบขนาดใหญ่ จากการสนับสนุนทดสอบกับรถ Fleet ของ รัฐบาลออสเตรเลีย พบว่า เชื้อเพลิง E20 มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2533[63] (ค.ศ 1990) จากสามบริษัท จากรายงานพบว่า ระบบเชื้อเพลิงมีการเสื่อมสภาพ และมีการกัดกร่อนเกิดขึ้น เมื่อใช้เอทานอลผสมในน้ำมันเบนซินตั้งแต่สัดส่วนประมาณร้อยละ 14[65] อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำในเอทานอลที่ใช้ในการทดสอบเหล่านี้ ดูเหมือนว่ามีค่าสูงเกินกว่าที่จะเรียกได้ว่าเป็นเอทานอลชนิดไร้น้ำ [66] การทดสอบล่าสุด ที่ดำเนินการโดยศูนย์วิจัยสำหรับยานยนต์ที่มลรัฐมินนิโซตา ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบโดยตรง โดยใช้เอทานอลไร้น้ำ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าร้อยละ 1 ผสมกับน้ำมันเบนซิน เป็นเชื้อเพลิง E10 และ E20[67] พบว่า การใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด เกิดผลกระทบที่รุนแรงคล้ายคลึงกัน คือ การเสื่อมสภาพของวัสดุพลาสติกหลายชนิดที่ใช้กันทั่วไปใน ยานยนต์ที่ไม่สามารถใช้เชื้อเพลิงยืดหยุ่น (non-FFV) แต่ไม่เกิดการกัดกร่อนของโลหะที่ใช้ในระบบเชื้อเพลิง ไม่ว่าจะเป็น โลหะอลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง เหล็กหล่อ และเหล็กกล้าไร้สนิม นอกจากนี้แล้ว ทั้ง E10 และ E20 ไม่ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ ถึงระดับที่ต้องมีความกังวล ในขณะที่การใช้เชื้อเพลิงไร้น้ำเป็นส่วนผสมใน E10 อาจเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อพลาสติกจำนวนมากที่เป็นชิ้นส่วนภายในรถยนต์ แต่เชื้อเพลิงที่ใช้เอทานอลที่มีน้ำปนอยู่ มีแนวโน้มที่ทำให้ชิ้นส่วนในระบบเชื้อเพลิงที่เป็นโลหะเกิดการกัดกร่อน และ

ยางและพลาสติกมีการเสื่อมสภาพ ความเสียหายเหล่านี้อาจนำไปสู่ความเสียหายต่ออุปกรณ์ มาตรวัดเชื้อเพลิงมีความเบี่ยงเบน ไม่แม่นยำ เชื้อเพลิงรั่ว และเครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ นอกเหนือจากยานยนต์ประเภท FFV บริษัทผู้ผลิตรถยนต์จะกำหนดปริมาณเอทานอลสูงสุดไว้ เพื่อเตรียมความพร้อมในประเด็นผลกระทบความเสียหายที่เกิดจากสัดส่วนการผสมเอทานอล และหลีกเลี่ยงความผิดพลาดอันเกิดจากการรับประกันของรถ สำหรับรถใหม่ทั้งหมดที่ไม่ใช่ประเภทใช้เชื้อเพลิงยืดหยุ่นที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดเกณฑ์การผสมสูงสุดไม่เกินร้อยละ 10 สำหรับ บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ในภูมิภาคอาเซียนและยุโรปบางบริษัท ได้กำหนดเชื้อเพลิงที่มีเกณฑ์การผสมเอทานอลสูงสุดสำหรับรถใหม่เพียงร้อยละ 5 ได้แก่ เฟียต เรโนลต์ แดวู อัลฟ่าโรเมโอ ซูซูกิ และมาสด้าบางรุ่น[68] สำหรับรถรุ่นเก่าโดยทั่วไปแล้วมีแนวโน้มที่ผสมเอทานอลในสัดส่วนที่ต่ำกว่า ในขณะที่รถเก่าบางรุ่นและแม้แต่รถที่หรูหราบางรุ่น ไม่ยอมให้มีเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงเลย รายละเอียดรุ่นของยานยนต์ที่สามารถใช้เอทานอลในสัดส่วนที่แตกต่างๆกันสามารถสืบค้นได้บนข้อมูลออนไลน์ [68, 69]

กล่าวโดยรวม ดูเหมือนว่าจะมีข้อขัดข้องที่ค่อนข้างรุนแรง เกิดขึ้นเมื่อใช้เอทานอลที่มีน้ำในการผสมเป็นเชื้อเพลิงผสม ในรถยนต์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน แม้ว่าเป็นการผสมเอทานอลในสัดส่วนที่ต่ำๆ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาของศูนย์วิจัยสำหรับยานยนต์ที่มลรัฐมินนิโซตา[57] มีความเป็นไปได้ที่จะมีการปรับปรุงยานยนต์รุ่นใหม่ให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงที่มีการผสมเอทานอลไร้น้ำในสัดส่วน ร้อยละ 0 จนถึงร้อยละ 20 แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากมีพลาสติกบางชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้เปลี่ยนชิ้นส่วนของระบบเชื้อเพลิงได้

การใช้เอทานอลในยานยนต์ Non-FFV และการใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันเบนซินกับเอทานอลในยานยนต์ FFV ทเป็นระบบเชื้อเพลิงยืดหยุ่น พบว่าปัญหาของการกัดกร่อนและการเสื่อมสภาพ ถูกต้านโดยการใช้วัสดุที่ทนต่อเอทานอลในระบบเชื้อเพลิง เช่นการใช้เหล็กสแตนเลส ทดแทนอลูมิเนียม แมกนีเซียม ตะกั่ว และทองเหลือง สำหรับโพลิไวนิลคลอไรด์ และชิ้นส่วนยางบางชนิด ถูกทดแทนด้วยวัสดุที่มีความทนทาน เช่น โพลีเอทเทอรีนความหนาแน่นสูง ไนลอน

และพลาสติกฟลูออริเนท เช่น เทฟลอน[70] มาตรการเหล่านี้ สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับวัสดุที่เข้ากันได้กับเอทานอล จากประสบการณ์การใช้ E85 ในยานยนต์ FFV ได้[71] พบว่าไม่ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และไม่การสึกหรอในระบบเชื้อเพลิง สำหรับการใช้ E100 เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ของบราซิล ยังไม่มีเอกสารรายงานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสึกหรอของเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิง แต่จากประสบการณ์ 30 ปีของบริษัทรถยนต์ ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่ด้วย ได้ทำการลดปัญหาใหญ่ๆที่เกิดขึ้นโดยการเลือกใช้วัสดุที่เข้ากันได้กับเอทานอล[73]

มีรายงานเมื่อเร็วๆนี้ ว่า การใช้ E85 ในบางกรณี ทำให้เกิดการสะสมเขม่าบนบ่าวาล์วเพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้น้ำมันเบนซินล้วนๆ[64] อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยเดียวกัน ได้รายงานด้วยว่า ปัญหานี้สามารถดูแลได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการเติมสารเติมแต่งในน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อควบคุมการสะสมของเขม่า

กรณีที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันดีเซลและเอทานอล ควรพิจารณาประเด็นต่างๆเช่นเดียวกับการใช้ในยานยนต์ FFV กล่าวคือ การเลือกใช้วัสดุที่ทนต่อเอทานอลในระบบเชื้อเพลิงและชิ้นส่วนเครื่องยนต์ พบว่าการใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างดีเซลกับเอทานอลไร้น้ำ ในการทดสอบวิ่งบนถนน จะให้ความคงทนต่อเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับการใช้น้ำมันดีเซลล้วนๆ จนถึงการผสมเอทานอลไร้น้ำสูงสุดที่ร้อยละ 30 ในเชื้อเพลิง[49] อีกทั้งยังมีการทดสอบที่คล้ายคลึงกันนี้กับเชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่มีน้ำกับน้ำมันดีเซลแต่ไม่มีการรายงานผล แต่อนุมานได้ว่า มีการกัดกร่อนและการสึกหรอเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื่องจากมีการแยกชั้นของเอทานอล น้ำและน้ำมันดีเซล การแยกชั้นของของผสมระหว่างเอทานอล น้ำมันเบนซิน และน้ำ หรือของผสมระหว่างเอทานอล และน้ำมันดีเซล ที่มักจะเกิดขึ้นนั้น เป็นที่แน่ชัดว่าความเข้มข้นของ เอทานอล หรือเอทานอลและน้ำ ในระบบน้ำมันเชื้อเพลิง มักจะมีความเข้มข้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุหรือชิ้นส่วนที่ไม่ทนต่อเชื้อเพลิง เช่นชิ้นส่วนที่ทำด้วยอลูมิเนียม แมกนีเซียมผสมตะกั่ว และพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์

ความหนาแน่นพลังงาน

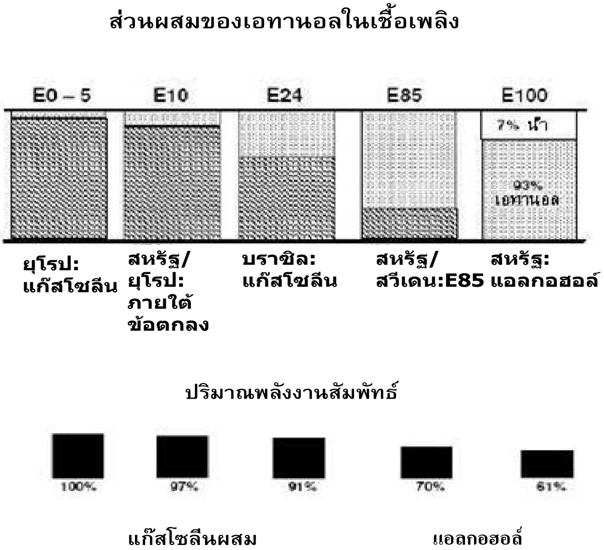
หนทางหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากรถยนต์ คือ การใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ หรือพัฒนารถยนต์ให้ใช้เชื้อเพลิงอย่างคุ้มค่า โดย เอทานอลมีความหนาแน่นพลังงาน (หรือจูลล์ต่อลิตร) ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 2 ใน 3 ของน้ำมันเบนซิน ดังนั้น จะมีการใช้เชื้อเพลิงสิ้นเปลืองกว่าร้อยละ 50 โดยปริมาตรในการใช้วิ่งต่อ 1 กิโลเมตร ในกรณีที่เครื่องยนต์ติดตั้งสำหรับใช้เอทานอลได้อย่างเหมาะสม การใช้เอทานอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องยนต์ และมีการใช้เชื้อเพลิงสิ้นเปลืองกว่า การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน นำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึงแม้ว่ามีการใช้เชื้อเพลิงสูงกว่าก็ตาม จากความหนาแน่นพลังงานของเอทานอลที่ต่ำกว่า จึงมีความจำเป็นต้องใช้ถังเชื้อเพลิงขนาดใหญ่กว่า และป้อนเชื้อเพลิงด้วยอัตราสูงกว่า หากต้องการให้รถมีสมรรถนะเท่าเดิม ระดับของมาตรการที่ใช้จะขึ้นกับสัดส่วนของเอทานอลที่ใช้ผสมในน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการผสมที่สัดส่วนต่ำๆ เช่น E5 และ E10 เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถยนต์ที่ไม่ได้ทำการดัดแปลง สมรรถนะของรถยนต์จะลดลงเล็กน้อย สำหรับรถยนต์ที่ใช้ E85 หรือเชื้อเพลิงผสมระหว่าง E85 กับน้ำมันเบนซินธรรมดา (หรือผสมด้วยเอทานอลในปริมาณต่ำ) มักจะไม่พบว่าประสิทธิภาพรถยนต์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากรถยนต์ได้ถูกออกแบบไว้สำหรับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง รูปที่ 16 แสดงค่าพลังงานของเชื้อเพลิงเอทานอลในปัจจุบันที่ใช้ทั่วไปในท้องตลาด

ปริมาณออกซิเจน

เมื่อมีการผสมสารในน้ำมันเบนซินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง สารที่มีออกซิเจนอยู่จะเป็นประโยชน์ต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้และการปล่อยไอเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เอทานอลมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก และได้รับการจัดให้เป็นสารประเภท oxygenate เมื่อเทียบกับ oxygenates อื่นๆ เช่น MTBE, ETBE และ FAME เอทานอลเป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าจึงเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ดี

เนื่องจากเอทานอลเป็นสารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ จึงมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (AFR) ต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน หมายความว่าเอทานอลมีค่าสัดส่วน 9:1 และน้ำมันเบนซินมีสัดส่วน 14.7:1 ดังนั้นในช่วงจังหวะการอัดฉีดเชื้อเพลิง สามารถป้อนเชื้อเพลิงต่อรอบของเครื่องยนต์ได้มากกว่าในรูปของค่าพลังงาน ปริมาตรของเชื้อเพลิงผสม AFR ให้พลังงานที่เท่ากันกับน้ำมันเบนซินและเอทานอล นี่คือเหตุผลหลักที่เครื่องยนต์เบนซินในปัจจุบัน ไม่จำเป็นต้องออกแบบเชิงพื้นฐานใหม่เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอล และทำงานได้คล้ายคลึงกับการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น[75]

ตามที่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาสามทาง (Three –way catalyst) ในรถยนต์โดยสาร มีการติดตั้งระบบ closed-loop เพื่อใช้ในการวัด และให้แน่ใจถึงอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (AFR) โดยใช้ lambda probe หรือที่รู้จักกันว่า เป็นเซ็นเซอร์ออกซิเจน ดังนั้น รถยนต์รุ่นใหม่ จึงสามารถปรับ AFR ได้โดยอัตโนมัติ อย่างน้อยเมื่อใช้สัดส่วนการผสมเอทานอลในปริมาณต่ำ เช่น E5 และ E10 สำหรับรถยนต์รุ่นเก่า ไม่มีการติดตั้งระบบ closed-loop หรือ รถที่มีคาร์บูเรเตอร์ ไม่สามารถปรับ AFR ได้ จึงไม่สามารถเดินเครื่องด้วยอัตราส่วน AFR ที่ถูกต้องได้ อาจก่อให้เกิดปัญหา เช่น การเผาไหม้ที่มีเชื้อเพลิงน้อยเกินไป ส่งผลให้ปล่อยไอเสียที่มีคุณภาพต่ำ ปัญหาการติดเครื่องยนต์กำลังตก หรือเครื่องยนต์เกิดความเสียหาย จึงไม่แนะนำให้ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในรถยนต์รุ่นเก่า[68]



รูปที่ 16. การเปรียบเทียบค่าพลังงานของเชื้อเพลิงเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน
ที่มา: Kapus et al[74]

ค่าออกเทน

ประโยชน์สูงสุดของเอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เอสไอ คือการที่มีค่าออกเทนสูง ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ประเภทนี้ คือความสามารถในการแปลงพลังงานเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานกล ซึ่งส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการอัด เพราะฉะนั้นจึงเป็นข้อได้เปรียบในการเพิ่มค่าอัตราส่วนนี้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้น เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูง สามารถใช้กับอัตราการอัดสูง ซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงตามไปด้วย

ส่วนข้อเสียเปรียบที่เกิดขึ้น คือ ทำให้เกิดก๊าซ NO_x เพิ่มขึ้นภายในเครื่องยนต์เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดอันเนื่องมาจากการเพิ่มอุณหภูมิการเผาไหม้สูงสุด[76] ในทางกลับกัน อัตราส่วนการอัดที่สูงขึ้น เมื่อใช้เอทานอล ดูเหมือนว่าจะทำให้อัตราส่วนของระบบหมุนเวียนของไอเสีย หรือ Exhaust Gas Recirculation:

EGR สูงตามไปด้วย ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซ NO_x ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ[77, 78] ผลสุทธิของกลไกทั้งสองนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเครื่องยนต์

เมื่อก๊าซถูกอัด อุณหภูมิภายในเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น ซึ่งในเครื่องยนต์เอสไอ นี้ หากอุณหภูมิในช่วงจังหวะการอัดสูงเกินไป เชื้อเพลิงมีโอกาสเกิดการเผาไหม้ได้เองก่อนเวลา และเกิดคลื่นกระแทก (Shockwaves) ขึ้นภายในลูกสูบ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า อาการน๊อค ซึ่งต้องทำการออกแบบตัวแปรและการทำงานของน้ำมันเบนซินและเชื้อเพลิงเอทานอลภายในเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์ประเภทนี้ ของผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ จะลุกไหม้ที่จังหวะลูกสูบเริ่มขยายตัว และไม่ต้องการให้มีการลุกไหม้ก่อนจังหวะดังกล่าว เพราะประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลง นอกจากนั้นแล้ว หากมีอาการน๊อคอย่างรุนแรง จะทำให้เครื่องยนต์ได้รับความเสียหายอย่างมาก ในเครื่องยนต์ที่ได้ปรับแต่งมาแล้ว ตัวชี้วัดว่า เครื่องยนต์จะเกิดอาการน๊อคหรือไม่นั้น ขึ้นกับสองตัวแปรหลัก กล่าวคือ อัตราส่วนการอัดและความสามารถของเชื้อเพลิงที่ทนต่อการเกิดการลุกไหม้ได้เอง ซึ่งคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงนี้เรียกว่า ดัชนีต้านการน๊อค หรือ Anti-knock Index หรือค่าออกเทน ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูง จึงสามารถใช้ในเครื่องยนต์เอสไอ ที่มีอัตราส่วนการอัดสูง ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น ซึ่งมีความหมายว่า เกิดการประหยัดเชื้อเพลิง และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับค่อนข้างต่ำ

ในปัจจุบัน บริษัทผลิตรถยนต์มักพัฒนาเครื่องยนต์ให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงหลายประเภท หากนำรถยนต์ประเภทที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน มาเติมเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมเอทานอลในสัดส่วนต่ำๆ มักจะได้ประโยชน์จากเอทานอลที่มีค่าออกเทนสูง การเพิ่มอัตราการอัดและใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูงอาจเกิดปัญหาขึ้น หากรถยนต์นั้นใช้ได้กับ ทั้งเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินล้วนๆ กับเชื้อเพลิงที่มีเอทานอลผสมอยู่ด้วย ผลที่ได้รับคือเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ มักจะเหมาะกับน้ำมันเบนซินปกติ ในขณะนี้ไม่มีรถยนต์ในท้องตลาดที่ผลิตขึ้นเพื่อรองรับการเปลี่ยนค่าอัตราส่วนการอัดโดยอัตโนมัติตามชนิดของเชื้อเพลิง เพียงแต่มีการทดลองและสาธิตแนวคิดดังกล่าวเท่านั้น และมีผู้ผลิตรถยนต์ขนาดใหญ่หลายรายทำการศึกษาในประเด็นนี้[79] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในการ

ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนการอัดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพน้ำมันเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดในยานยนต์ FFV [80, 81]

เทคโนโลยีอื่นๆ ที่พัฒนาขึ้น เช่น การตั้งจังหวะการเปิด-ปิดของวาล์วแบบแปรผัน (Variable Valve Timing:VVT) เทอร์โบชาร์จจิ้ง (Turbocharging) และระบบเสริมเชื้อเพลิงเอทานอล (EBS) สามารถใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีค่าออกเทนสูงได้ดี และยังสามารถทนใช้ได้กับเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่ำได้ด้วย โดยทั่วไป รถยนต์รุ่นใหม่จะใช้ระบบควบคุมความแม่นยำของตัวแปรต่างๆของเครื่องยนต์ เช่น จังหวะการเปิด-ปิดของวาล์ว จังหวะการจุดระเบิด ค่า AFR จังหวะการฉีดเชื้อเพลิงระบบเทอร์โบ และระบบ EGR ซึ่งผลที่ได้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ในการเข้าถึงจุดเผาไหม้ที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขทั้งหมด รวมถึงการใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทนที่แตกต่างกัน การปรับปรุงเหล่านี้ ทำให้อุตสาหกรรมมีอิสระมากขึ้น ที่จะทำให้เครื่องยนต์สามารถทดต่อเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนต่ำได้ ทั้งๆที่ออกแบบมาสำหรับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีค่าออกเทนสูง

ในอีกทางเลือกหนึ่ง สามารถผสมเอทานอลในปริมาณต่ำ เมื่อต้องการคงค่าออกเทนของน้ำมันในระดับปกติไว้ ในการเติมเอทานอลในน้ำมันเบนซินนั้น นอกจากใช้เพื่อเพิ่มค่าออกเทนแล้ว ยังใช้ทดแทนสารเพิ่มออกเทนที่มีราคาแพง และเป็นสารที่มีพิษมากกว่า เช่นสาร Alkylate หรือ สาร Aromatic ได้ด้วย

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ คุณสมบัติของความร้อนแฝงจากการระเหยตัวสูง ซึ่งหมายถึงปริมาณความร้อนที่ต้องการในการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง สำหรับเครื่องยนต์SI การระเหยของเชื้อเพลิงจะดูดซับพลังงานจากบรรยากาศรอบๆเครื่องยนต์ ทำให้ วัสดุในห้องเผาไหม้และอากาศ ที่ดูดเข้าเครื่องยนต์ มีอุณหภูมิลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการฉีดเชื้อเพลิง เนื่องจากเอทานอลมีค่าความร้อนในการระเหยสูงมากกว่าน้ำมันเบนซิน ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์มักจะต่ำกว่าเมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ด้วยคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลที่มีค่าออกเทนสูงนี้ ทำให้ปรากฏการณ์ที่จุดระเบิดแบบอัตโนมัติ (Auto-ignition) หรือ เกิดอาการน๊อค (knocking) มีแนวโน้มที่เกิดขึ้นได้น้อยมากเมื่อเดินเครื่องขณะเย็น การที่มีค่าความร้อนแฝงสูง เป็นประโยชน์ในการเดินเครื่องยนต์

ในขณะเครื่องเย็น[82] โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้การฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct injection: DI) และเครื่องยนต์ที่ใช้การฉีดเชื้อเพลิงแบบมี ช่องฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Port fuel injection: PFI) การที่ของผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง อันเนื่องมาจากการป้อนเอทานอลจำนวนมากซึ่งมีค่าความร้อนแฝงสูง มีความหนาแน่นของอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถป้อนอากาศในปริมาณที่มากขึ้นเข้าสู่กระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรคงที่ เมื่ออากาศปริมาณมากถูกบังคับป้อนเข้าเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงก็สามารถฉีดได้มากขึ้น ทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเพิ่มขึ้นด้วยขนาดของเครื่องยนต์ที่เท่ากัน ส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นแล้ว อุณหภูมิในการทำงานที่ต่ำลง มีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ได้ เนื่องจากการสูญเสียความร้อนภายในเครื่องยนต์ และการสูญเสียความร้อนจากไอเสียที่ปล่อยออกลดลง ซึ่งสังเกตได้จากอุณหภูมิของไอเสียที่ปล่อยออกมีอุณหภูมิต่ำลง กำลังที่ต้องการระหว่างจังหวะอัดของเครื่องยนต์ได้แสดงให้เห็นว่าลดลงด้วย เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลที่มีความร้อนแฝงสูง[77] ซึ่งส่งผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เพราะค่าความร้อนจากการกลายเป็นไอที่มีค่าสูงของเชื้อเพลิงเอทานอลจะ มีข้อเสียที่ทำให้คุณสมบัติการติดเครื่องขณะเครื่องเย็นลดลง

ปริมาณน้ำ

จุดมุ่งหมายหลักในการใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยนั้น คือ เพื่อลดพลังงานและค่าใช้จ่ายในกระบวนการกำจัดน้ำ อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยรวมลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วย เป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในเชิงค่าพลังงานและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การแก้ปัญหาเรื่องน้ำ เอทานอล และน้ำมันเบนซิน ในบางกรณียังไม่มีความแน่นอน เนื่องจากยังไม่มีการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วย ในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศเย็น โดยมีการใช้เฉพาะในการผสมเอทานอลในปริมาณสูงหรือใช้เอทานอลล้วนๆ ที่ไม่มีการเจือปน[83] และมีการใช้ในการวิจัยล่าสุดที่ทำการทดสอบเปรียบเทียบเชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำ และเอทานอลไร้น้ำ ใน

เครื่องยนต์เอสไอ น้ำที่ผสมในเอทานอลไม่มีค่าพลังงาน ถูกป้อนเข้าเครื่องยนต์พร้อมๆกับเอทานอล เพื่อให้กำลังจากเครื่องยนต์และจากการขับขี่ เช่นเดียวกับการป้อนเอทานอลไร้น้ำเป็นเชื้อเพลิง ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของเอทานอลที่มีน้ำ มีค่าสูงกว่าเอทานอลไร้น้ำ ซึ่งมีค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบ ส่วน น้ำสามารถเพิ่มค่าออกเทน หมายความว่า สามารถเพิ่มขีดจำกัดของการน็อคแต่ลดสัดส่วน AFR เนื่องจากเอทานอลที่มีน้ำมีค่าความร้อนต่ำ[83]

ผลกระทบของน้ำในเครื่องยนต์SI นั้น มีการศึกษาโดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การฉีดไอน้ำ การฉีดป้อนน้ำในรูปของเหลวเข้าโดยตรงและหลายๆทาง และใช้น้ำผสมกับเชื้อเพลิงฉีดเข้าโดยตรงและหลายๆทาง จากประสบการณ์ของประเทศบราซิลตั้งแต่ปี พ.ศ 2513 (ค.ศ. 1970) การศึกษาเหล่านั้นได้แสดงให้เห็นว่า การเติมน้ำให้ผลดีมากในการลดการปล่อย NOx ถึงร้อยละ 90 จากไอเสีย แต่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มการปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ในรถรุ่นใหม่มีการติดตั้งเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic converter) ซึ่งจะทำการเปลี่ยนสารไฮโดรคาร์บอนในไอเสียไปเป็นน้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลกระทบต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์มีข้อจำกัด คือ การใช้เอทานอลไร้น้ำและเอทานอลที่มีน้ำในปริมาณค่อนข้างสูง ให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ที่เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ได้ โดยการเดินเครื่องด้วยสัดส่วนแรงอัดได้สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลไร้น้ำ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการรายงานผลการวิจัยในเรื่องนี้แต่อย่างใด[83]

เมื่อเร็วๆนี้ บริษัทดัทช์ ชื่อ HE Blends ทำการทดลองใช้เอทานอลไร้น้ำร้อยละ 15 ผสมกับเอทานอลร้อยละ 20 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 (มีน้ำประมาณร้อยละ 4)[84] กับรถโฟล์กสวาเกน รุ่นกอล์ฟ 5 FSI เป็นระยะทาง 32,000 กิโลเมตร ระยะเวลากว่า 1 ปี โดย ทำการทดลองในสภาวะปกติที่อุณหภูมิ จาก -20องศาเซลเซียส ถึง + 35องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ามีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลง ในขณะที่ไอเสียที่ปล่อยออกเป็นไปตามมาตรฐาน Euro4 โดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด ไม่พบว่ามีความเสียหายเกิดขึ้นในชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ เช่น ปะเก็น ซีล ระบบเชื้อเพลิง หรือส่วน อื่นๆ ในขณะนี้ บริษัท HE Blends กำลังทำ

ความร่วมมือกับ European BEST (Bioethanol for Sustainable Transport) ทดลองตลาดและทำการทดสอบเพิ่มเติมในโปรแกรมภายใต้การสนับสนุนของรัฐบาลเนเธอร์แลนด์และรัฐบาลเยอรมัน

3.1.3 ศักยภาพเชิงเทคนิคของเอทานอลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงประโยชน์ของเอทานอล โดยมุ่งเน้นเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน หนึ่งในอุปสรรคที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับเอทานอล คือการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลมีความสิ้นเปลืองต่อระยะทางมากกว่าเชื้อเพลิงปกติ ดังที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าเอทานอลมีค่าพลังงานเพียงสองในสามของค่าพลังงานน้ำมันเบนซิน ซึ่งความจริงในข้อนี้ได้สะท้อนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อระยะทาง ถึงแม้ว่าจะมีการชดเชยโดยการเพิ่มประสิทธิภาพในเครื่องยนต์เอสไอ แล้วก็ตาม ในกรณีที่ดีที่สุด หากเครื่องยนต์สามารถใช้เอทานอลอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ก็จะมีการใช้เชื้อเพลิงสิ้นเปลืองที่เท่ากัน ในการทดสอบที่ใช้เครื่องยนต์ที่มีสัดส่วนการอัดสูง พบผลที่ได้รับจริงว่า การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมน้ำมันเบนซินร้อยละ 30 หรือ E30 สามารถวิ่งระยะทางได้ไกลกว่าการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ด้วยปริมาณเชื้อเพลิงที่เท่ากัน[85]

เอทานอลถือเป็นตัวแทนเชื้อเพลิงที่ดี สำหรับเครื่องยนต์เอสไอ ในเชิงของค่าออกเทน และความร้อนแฝงในการระเหยเป็นไอ โดยพื้นฐานแล้ว เอทานอลมีความสามารถทนต่อความดัน และอุณหภูมิสูง โดยปราศจากการจุดระเบิดที่ไม่สามารถควบคุมได้ ในกรณีที่ทำการผสมเอทานอลในปริมาณต่ำร้อยละ 5-10 หรือ E5-E10 มีความเป็นไปได้ ที่จะผลิตเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูงกว่า หรือคล้ายกันเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินปกติ ในกรณี ดังกล่าว รถยนต์รุ่นใหม่ ๆที่ออกแบบอย่างทันสมัย สามารถกำหนดจังหวะการจุดระเบิดและระยะเวลาล่วงหน้าในระดับที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้ร้อยละ 2-3

ในปัจจุบัน การพัฒนาเครื่องยนต์เอสไอ มีแนวโน้มที่จะลดขนาดของเครื่องยนต์ลง นั่นหมายความว่า ปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะเล็กลง

ในขณะที่ยังคงรักษากำลังและแรงบิดให้คงเดิม ถึงแม้ว่าปริมาตรของเครื่องยนต์ของรถรุ่นใหม่จะเล็กลง แต่สมรรถนะของเครื่องยนต์จะถูกเพิ่มขึ้น เป้าหมายหลักของการลดขนาดลง คือ ต้องการลดการสูญเสียพลังงานของเครื่องยนต์ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงสูงขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เอสไอจะแปรผันตามความเร็ว และภาระของเครื่องยนต์ จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะใช้ช่วงของความเร็วและภาระของเครื่องยนต์ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงโดยรวม และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ช่วงประหยัดเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดในหลายกรณีแตกต่างจากสภาพการใช้งานจริงบนถนน อย่างไรก็ตาม การลดขนาดของปริมาตรเครื่องยนต์ ให้ช่วงประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงและภาระบรรทุกบนท้องถนนที่มีค่าใกล้เคียงกัน[86]

บริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ต้องทำการสาธิตให้เห็นว่า เครื่องยนต์ขนาดเล็กมีสมรรถนะที่ทัดเทียมและประหยัดเชื้อเพลิง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้การลดขนาดเครื่องยนต์เป็นที่ดึงดูดความสนใจยิ่งขึ้น จึงมีเทคโนโลยีหลักที่ทำให้การลดขนาดเครื่องยนต์เป็นไปได้ คือ การทำงานแบบซุปเปอร์ชาร์จ (Supercharge) หมายความว่า ทำการเพิ่มความดันของกระแสอากาศขาเข้าสู่เครื่องยนต์ ซึ่งการเพิ่มความดันทำได้โดยการอัดอากาศด้วยคอมเพรสเซอร์ที่ขับเคลื่อนทางกลหรือไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ หรือใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbocharger) ที่ขับเคลื่อนด้วยก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ บางครั้งการอัดด้วยคอมเพรสเซอร์และเทอร์โบชาร์จเจอร์จะใช้เพื่อเพิ่มช่วงการทำงานของเครื่องยนต์ให้เต็มกำลัง ความท้าทายที่สำคัญเพื่อให้การลดขนาดเครื่องยนต์ประสบความสำเร็จคือให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องยนต์ขนาดเล็กโดยทั่วไปแล้ว ไม่มีแรงบิดเพียงพอ[86] ในช่วงความเร็วรอบต่ำ และที่ความเร็วรอบต่ความดันในเครื่องยนต์จะลดต่ำลงไปด้วย ทำให้มีพื้นที่เหลือพอที่จะเพิ่มความดันและผลผลิตได้ด้วย ที่ความเร็วสูงและภาระเครื่องยนต์สูง ความดันเพิ่มขึ้นและมีปรากฏการณ์การน๊อคมักเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์ เนื่องจากเอทานอลมี

ค่าออกเทนสูง จึงสามารถรับเทอร์โบชาร์จได้ในระดับสูง ทำให้การลดขนาดเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับเครื่องยนต์เอทานอล

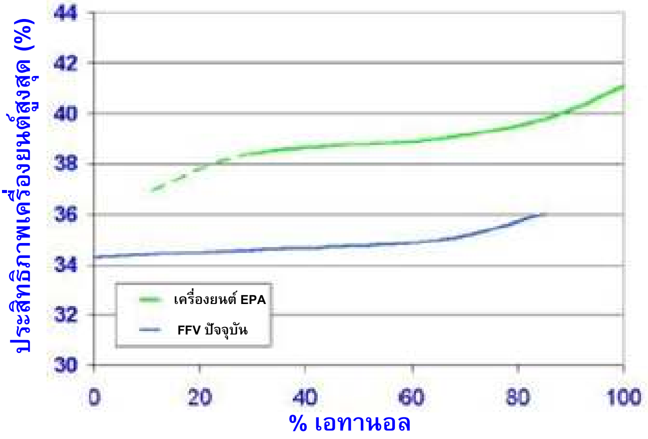
ตัวแปรที่สำคัญเมื่อพยายามที่จะใช้เอทานอลให้เต็มศักยภาพ คือจังหวะการจุดระเบิด (Ignition timing) ช่วงระยะเวลาที่สำคัญ 2 ช่วง คือ knock-limited ignition timing (KL) และ maximum brake torque ignition timing (MBT) ในรถยนต์รุ่นใหม่ ได้ทำการควบคุมจังหวะการจุดระเบิด ด้วยชุดควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ในระหว่างการทำงาน และ จังหวะของKL จะใช้เพื่อหน่วงเวลาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ไปจนถึงจุดที่ใกล้เกิดการน๊อค ค่า KL เป็นช่วงเวลาที่ตั้งไว้เพื่อรักษาเครื่องยนต์ให้มีระดับการใช้เชื้อเพลิง และให้กำลังอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการจำกัดสภาพทางกายภาพและทางเคมีในเครื่องยนต์ ถ้าไม่มีประเด็นเกิดการน๊อคเกิดขึ้น เวลา MBT จะเป็นจังหวะที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นเครื่องยนต์เอสไอ ที่ภาระเครื่องยนต์สูงสุด จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อทำงานที่อัตราส่วนการอัดสูงสุดที่ไม่เกิดอาการน๊อค อัตราส่วน AFR และจังหวะ MBT [81, 87] ดังนั้นความพยายามในการเพิ่มอัตราส่วนการอัด และ/หรือเพิ่มเทอร์โบชาร์จ มีเป้าหมายหลัก เพื่อให้ได้ค่า MBT หรือให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงค่า KL ที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ภายใต้เงื่อนไขที่ไม่มีอาการน๊อคของเครื่องยนต์เกิดขึ้น

บริษัท Lotus Engineering ได้ทำการปรับปรุงเครื่องยนต์โตโยต้า ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยเครื่องยนต์ถูกออกแบบให้มีอัตราส่วนการอัดเป็น 11.5:1 ซึ่งนับว่าเป็นอัตราส่วนที่สูงสำหรับเครื่องยนต์เบนซินตาม PFI ที่ติดตั้งเทอร์โบชาร์จ ผลที่ได้รับคือ ทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้ E85 มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 95 (RON95) ถึงร้อยละ 9 ความแตกต่างที่เกิดขึ้น เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงที่ เทอร์โบชาร์จ และจังหวะการจุดระเบิดที่แตกต่างกัน ดังนั้นเชื้อเพลิง E85 จะใช้กับจังหวะการจุดระเบิดที่ทำให้เกิดแรงบิดสูงสุด MBT ส่วนน้ำมันเบนซินใช้กับค่าจำกัดของจังหวะการจุดระเบิดที่ทำให้เครื่องยนต์น็อค (KL) [81]

กลยุทธ์อื่น ได้ทำการปรับปรุงระบบตรวจวัดการน็อค (Knock sensor) เพื่อควบคุมให้ใกล้ช่วงการจำกัดการน๊อคให้มากที่สุด อันนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับตลาดรถยนต์ในประเทศบราซิล บริษัทฟอร์ด ได้ทำการ

ออกแบบเครื่องยนต์ที่เหมาะสำหรับเชื้อเพลิง E93 (มีน้ำร้อยละ 7) และยังคงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อใช้กับแก๊สโซฮอล์ E25 นอกเหนือจากการเพิ่มอัตราส่วนการอัด บริษัทฟอร์ดได้ใช้ระบบตรวจวัดการน๊อคอย่างเต็มรูปแบบ และใช้วาลว์ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิการเย็นตัวของเครื่องยนต์ให้ดีขึ้น การรับสัญญาณการน๊อคที่มีความแม่นยำสูงขึ้น จะช่วยให้มีจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสม และวาล์วจะช่วยให้อุณหภูมิเครื่องยนต์เย็นลงได้มากขึ้น เมื่อใช้เชื้อเพลิง E93 เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ [73]

Brusstar และคณะวิจัยจากสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA) ใช้กลยุทธ์ในการปรับปรุงกับเครื่องยนต์ดีเซลเทอร์โบของโฟล์กสวาเกน (VW TDI) เป้าหมายในการศึกษาจำนวนมากคือการใช้ตัวอย่างของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลและเมทานอล ที่มีประสิทธิภาพ เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลสมัยใหม่ขณะเดียวกันยังประสบความสำเร็จซึ่งการมีต้นทุนการผลิตต่ำและปล่อยไอเสียต่ำในเครื่องยนต์เบนซิน ในการป้องกันการน๊อค ได้มีการนำระบบ EGR มาใช้อย่างครบถ้วน การศึกษาเหล่านี้และอื่นๆได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์ที่สามารถใช้งานกับเอทานอล สามารถเดินเครื่องได้ด้วยการใช้อัตราส่วน EGR สูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน (ซึ่งเป็นจริงสำหรับการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซล) โดยให้ประโยชน์ในด้านการปล่อยไอเสียอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับ E30 มีพลังงานประมาณร้อยละ 8 ต่อลิตร ซึ่งน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน ส่งผลให้รถยนต์ที่ใช้ E30 เป็นเชื้อเพลิง สามารถวิ่งได้ระยะทางน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงร้อยละ 8 ในกรณีที่ประสิทธิภาพเครื่องยนต์เท่าเทียมกันเมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้งสองประเภท จากการศึกษาของ EPA ได้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ร้อยละ 10-12 ทำให้รถที่ใช้ E30สามารถวิ่งได้ระยะทางยาวกว่า เมื่อใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เมื่อวัดในรูปของ ลิตร / แกลลอน [77] ตามรูปที่ 17 แสดงข้อมูลจากการวัดเมื่อทำการสร้างเครื่องยนต์ VW TDI ขึ้นใหม่ ให้ใช้งานได้กับเอทานอลถึงร้อยละ 100 เมื่อเทียบเทียบกับเครื่องยนต์ FFV ของสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 17. ประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุด เมื่อเดินเครื่องด้วยเชื้อเพลิงเอทานอลที่แตกต่างกัน

ที่มา: Brusstra[88]

จากรูปแสดงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ เมื่อเพิ่มสัดส่วนปริมาณเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนั้นแล้ว เครื่องยนต์ FFV ในปัจจุบัน ยังคงมีศักยภาพที่ดีเยี่ยมในการเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพที่จุดสูงสุด มีค่าสูงมาก และยังแสดงให้เห็นว่าสามารถทำงานในช่วงกว้างขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา นำเสนอผลงานชิ้นนี้เป็นเทคโนโลยีทางเลือก หรือเป็นเทคโนโลยีเชื่อมต่อ ที่มีราคาถูก สะอาดและมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซล โฟล์กสวาเกนดั้งเดิม[77]

การศึกษาที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา หรือ U.S. DOE[78] ได้ทำการเปรียบเทียบยานยนต์ FFV ที่มีในปัจจุบัน กับยานยนต์ที่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะกับการใช้ E85 เป็นเชื้อเพลิง พบว่า การใช้ E85 ในการเดินเครื่องก่อนทำการปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงอยู่ร้อยละ 3 เมื่อปรับอัตราการอัดให้เพิ่มขึ้น เครื่องยนต์ที่ใช้

E85 เป็นเชื้อเพลิง จะให้ประสิทธิภาพเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันเบนซินปกติ ร้อยละ 10 เมื่อคิดในเชิงพลังงาน สรุปได้ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนเกียร์ ยานยนต์ที่ใช้ E85 สามารถให้แรงบิดสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 10 ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วต่ำ ในขณะที่สามารถรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เดิมไว้ได้ วิธีการนี้เรียกว่า "Down-speeding" หรือ การลดความเร็วลง เพื่อรับสมรรถนะเพิ่มขึ้นอีก ร้อยละ 10 จากเชื้อเพลิง โดยทั่วไปเอทานอลช่วยให้เครื่องยนต์มีกำลังและแรงบิดมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้น การลดความเร็วลง สามารถเป็นทางเลือกหรือเทคนิคสำหรับผู้ผลิตยานยนต์ที่จะลดขนาดเครื่องยนต์ลงได้

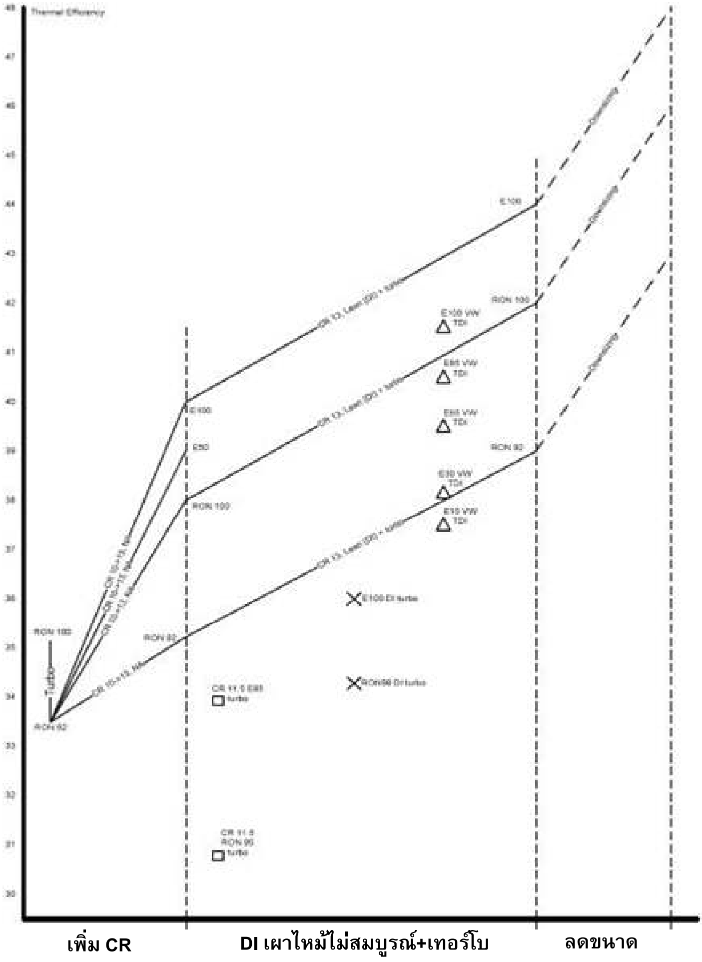
เมื่อเร็วๆนี้ ได้มีแนวคิดของนักวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) (MIT) ได้ให้ความสำคัญกับการได้รับประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุด ในขณะที่มีการใช้เอทานอลต่ำสุด จากข้อจำกัดในการจัดหาเอทานอลนั้นทำให้แนวคิดนี้ดูเป็นเรื่องที่ตรงประเด็นที่สุด จากแนวคิดของ EBS ที่เน้นการใช้ประโยชน์สูงสุดจากคุณสมบัติของเอทานอลและน้ำมันเบนซิน โดยการฉีดพ่นเชื้อเพลิงเอทานอลผ่านระบบเชื้อเพลิงที่แยกออกจากกัน เอทานอลบริสุทธิ์หรือ E85 จะถูกส่งเข้าตามปริมาณที่เครื่องยนต์ต้องการ ขึ้นกับภาระและความเร็วของเครื่องยนต์เพื่อหลีกเลี่ยงการน๊อค ดังนั้นการฉีดพ่นเอทานอล จะเกิดขึ้นเฉพาะช่วงที่เครื่องยนต์มีภาระและความเร็วสูงเท่านั้น จากการคำนวณพบว่าต้องการใช้เอทานอลเพียง 1 ส่วนใน 20 ส่วนของการบริโภคน้ำมัน ขณะที่ยังคงรักษาประสิทธิภาพสูงมาก เนื่องจากมีการใช้อัตราการอัดสูง ใช้เทอร์โบชาร์จ และมีการลดขนาดเครื่องยนต์ลง จากการศึกษาดังกล่าว ทำให้มีการนำเสนอว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้ถึงร้อยละ 30 สูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์เบนซินประเภท PFI ดั้งเดิม[89] โดยทั่วไป ศักยภาพของการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์เอสไอ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินธรรมดา มีคำเตือนดังต่อไปนี้

ก.เครื่องยนต์รุ่นที่แตกต่างกัน มีการตอบสนองต่อการใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยที่แตกต่างๆกัน เช่น ปริมาณสัดส่วนเอทานอลในเชื้อเพลิง เทอร์โบชาร์จ อัตราส่วนการอัดที่เพิ่มขึ้น และอื่นๆ

ข. ศักยภาพประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น ต้องทำการสังเกตให้เต็มช่วงเวลาของการทำงานเครื่องยนต์ ซึ่งหมายถึง ตั้งแต่เดินเครื่องเปล่า จนถึงเดินเครื่องเต็มกำลัง ถ้าจะให้ดียิ่งขึ้น ให้ทดลองเดินเครื่องบนท้องถนนด้วย

จากการสำรวจข้อมูลที่ผ่านมา มีข้อมูลที่น่าสังเกตคือ ถึงแม้มีการใช้เอทานอลในปริมาณที่จำกัด ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เอสไอ สมัยใหม่ ทั้งที่รับภาระบางส่วนและรับภาระเต็มกำลังในเครื่องยนต์ที่มีโครงสร้างต่างๆกัน นอกจากนั้นแล้วเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าในช่วงที่กว้างกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน ในรูปที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องยนต์ กับเทคโนโลยีของเครื่องยนต์หรือเชื้อเพลิง จากรูปที่ 18 ประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุดเพิ่มขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีต่างๆและเชื้อเพลิง ข้อมูลที่แสดงได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ล่าสุด ในส่วนแรก จากซ้ายไปขวา แสดงการเพิ่มประสิทธิภาพเนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจากสัดส่วนระหว่าง 10:1 ถึง 13:1 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นที่อัตราส่วนการอัดที่ต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยทั่วไปการใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูง(RON) จะเพิ่มศักยภาพของการใช้เทคโนโลยีนี้ ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น ข้อมูลชุดที่อยู่ทางด้านซ้าย แสดงผลของการใช้เทอร์โบชาร์จและใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูงเมื่อใช้อัตราส่วนการอัดที่เท่ากันในส่วนถัดไป แสดงศักยภาพสำหรับช่วงของเทคโนโลยีกล่าวคือ เทอร์โบชาร์จ การเผาไหม้ไอดีบาง (lean combustion) และการฉีดโดยตรง (DI) ผลที่เกิดขึ้นคล้ายคลึงกับเชื้อเพลิง 3 ประเภทคือ เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 92 ออกเทน 100 และ E100 (RON 92, RON 100 และ E100) การใช้ E100 แสดงให้เห็นว่า มีประสิทธิภาพสูงมาก ถึงแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพสูงอันเนื่องมาจากอัตราการอัดที่สูงถึง 13:1 ก็ตาม ในส่วนนี้ของกราฟแสดงค่าแนวโน้มไว้ด้วย ในส่วนด้านล่างของกราฟ ภาพสี่เหลี่ยมแสดงถึงผลของการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงที่

มีค่าออกเทน 95 ไปเป็น E85 นั่นหมายถึงว่า ประสิทธิภาพเครื่องยนต์สามารถเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30.7 เป็นร้อยละ 33.8 ด้วยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเท่านั้น เครื่องหมายกากบาทแสดงถึงแนวโน้มที่เกิดขึ้นที่คล้ายคลึงกัน จากการศึกษาโดยนักวิจัยอื่นๆ เครื่องหมายสามเหลี่ยมเป็นกรณีพิเศษที่ทดลองในเครื่องยนต์ดีเซล ที่นำมาดัดแปลงให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงผสมในสัดส่วนต่างๆกันระหว่างน้ำมันเบนซินและเอทานอล เครื่องหมายกากบาทแสดงให้เห็นว่า เพียงการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงและการจัดการเครื่องยนต์ สามารถส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากร้อยละ 37.5 เป็นร้อยละ 41.5 ในส่วนสุดท้ายของรูปที่ 18 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการลดขนาดเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 92 ออกเทน 100 และ E100 มีการสันนิษฐานว่า การลดขนาดเครื่องยนต์จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้ร้อยละ 10[86] แต่การประมาณการนี้ อาจแตกต่างกันไปตามการออกแบบเฉพาะของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น



รูปที่ 18. ศักยภาพพลังงานของเครื่องยนต์ปฏิบัติการที่ใช้เอทานอล

ที่มา: [90, 77, 75, 81, 91]

เอทานอลแสดงให้เห็นว่ามีคุณภาพที่ดีสำหรับเทคโนโลยีเครื่องยนต์เบนซินเช่นกัน การควบคุมการจุดระเบิดอัตโนมัติ หรือ Controlled auto-ignition (CAI) เป็นเทคนิคขั้นสูงของการเผาไหม้น้ำมัน เทียบเท่ากับ HCCI ตามที่เรียกกันว่าเป็นการจุดระเบิดโดยอัตโนมัติ นั่นก็คือ มีการจุดระเบิดเมื่อมีการอัด บริษัทเมอร์ซิเดสเบนซ์ เป็นหนึ่งในผู้ผลิตรถยนต์ที่นำหลักการนี้มาใช้ในการผลิต ภายใต้ชื่อ DiesOtto บริษัทได้ให้รายละเอียดว่า การจุดระเบิดจะเริ่มเกิดขึ้นหลายจุดพร้อมกันแทนที่จะเกิดเพียงจุดใดจุดหนึ่งในเครื่องยนต์ หลังจากนั้นแล้ว การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วถึง และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ทำให้มีก๊าซ NO_x เกิดขึ้นต่ำ การปฏิบัติการตามระบบ CAI นี้ จะใช้ภาระเพียงบางส่วน (ภาระต่ำ และปานกลาง) และมีการจุดระเบิดที่ภาระสูง การสลับปรับเปลี่ยนระหว่างสองโหมดนี้ สามารถทำได้ภายในหนึ่งรอบของการเผาไหม้เท่านั้น[92,93] สำหรับงานวิจัยของบริษัทฟอร์ดมอเตอร์ ได้แสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงเอทานอลเหมาะสมที่ใช้สำหรับระบบ CAI และสามารถปรับปรุงช่วงการรับภาระให้สามารถใช้ CAI ได้ เนื่องจาก เอทานอลมีความทนต่อการใช้ที่มีอัตราส่วน EGR สูงๆ[94]

บริษัทเจอเนอรัลมอร์เตอร์ ได้พัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้เทคโนโลยี HCCI ที่สามารถใช้ได้กับน้ำมันเบนซินธรรมดา และ E85 บริษัทกล่าวว่าการเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิงร้อยละ 15 และการลดการปล่อย ก๊าซ NO_x ให้ต่ำลง สามารถทำได้ในเครื่องยนต์ที่มีโหมดการเผาไหม้แบบ HCCI เช่นเดียวกับแนวคิดของ DiesOtto ที่เกิดขึ้นได้เมื่อเงื่อนไขภายในเครื่องยนต์เอื้ออำนวย ทางออกที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาขั้นพื้นฐานของเครื่องยนต์ เช่น การควบคุมการเผาไหม้นั้น ดูเหมือนว่าจะใช้โหมดการเผาไหม้เพียงบางส่วน HCCI (บางครั้งเรียกว่า pHCCI หรือ CCS ระบบการเผาไหม้รวม)[95] บริษัทรถโฟล์กสวาเกน ยังได้เปิดเผยแผนการผลิตของเครื่องยนต์ระบบ pHCCI[96] จากการที่รถยนต์รุ่นใหม่ๆ มีการติดตั้งระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีความซับซ้อน มีการควบคุมตัวแปรของจังหวะการจุดระเบิด ความดันของซุปเปอร์ชาร์จ อัตรา EGR และการฉีดพ่นเชื้อเพลิง จึงเป็นโอกาสที่โหมดการเผาไหม้ที่ทันสมัย เช่น CAI และ HCCI จะเกิดในเชิงพาณิชย์ในเร็วๆ นี้ และเชื้อเพลิงเอทานอลสามารถใช้ได้ดีในกรณีนี้อีกด้วย Wolfgang Steiger ผู้บริหาร

ของโฟล์กสวาเกนในหน่วยงานการเปลี่ยนรูปของพลังงาน ได้เล็งเห็นถึงความแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์เอสไอ และเครื่องยนต์ซีไอ จะหมดไป เนื่องจากความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างเครื่องยนต์ดีเซลประเภท pHCCI และเครื่องยนต์เบนซินประเภท CAI คือเชื้อเพลิงที่ใช้เท่านั้น

3.1.4 ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น (Cold Start)

เมื่อใช้เอทานอลในเครื่องยนต์เอสไอ มีสองปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องกับการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น การเริ่มติดเครื่องยนต์ควรหลีกเลี่ยงการติดมอเตอร์สตาร์ทมากเกินไป (cranking) และการปล่อยไอเสียจากการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น มีความสัมพันธ์กับการใช้เชื้อเพลิงมากเกินไป และตัวเร่งปฏิกิริยาสามทางได้รับความร้อนช้า โดยทั่วไปแล้วเครื่องยนต์ FFV มักจะไม่มีปัญหาการเริ่มติดเครื่องยนต์ตราบเท่าที่นำมาตรการที่แน่นอนมาใช้ การติดเครื่องยนต์ขณะเย็นโดยทั่วไปไม่เกิดปัญหาเมื่อใช้เอทานอลผสมในสัดส่วนต่ำ เช่น E5 หรือ E10 (นอกเหนือจากปัญหาที่พบจากประสบการณ์ เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน) การศึกษาเรื่อง E10 โดยองค์กรน้ำมันแห่งสภาพยุโรปเพื่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพและความปลอดภัย หรือ CONCAWE และ GFC[97] พบว่าเอทานอลเองไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการติดเครื่องขณะเย็น เท่าที่มีการระเหยต่ำอันเกิดจากการผสมเอทานอล หรืออาจจะพูดได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะทำการปรับและรักษาระดับการระเหยให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำมันเบนซินที่มีอยู่

แม้ในพื้นที่ ที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศบราซิล ต้องมีมาตรการรองรับคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์บางตัวของเอทานอลที่เกี่ยวข้องกับการติดเครื่องยนต์ โดยทั่วไปแล้ว เมื่อมีการผสมเอทานอลในสัดส่วนที่สูง มักมีแนวโน้มที่เกิดปัญหาของการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นเย็นขึ้น[98] แต่ยังไม่เคยศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีอัตราการผสมเอทานอลระหว่างร้อยละ 10-70

ในเครื่องยนต์เอสไอ ปัญหาของการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นเกิดขึ้นเนื่องจากส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงเอทานอลที่บางเกินกว่าที่จะจุดระเบิดและเกิดการเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน การใช้เอทานอลล้วนๆ

ต้องการความเข้มข้นก๊าซสูงกว่าในอากาศ ที่จะทำให้การลุกไหม้ นั่นก็คือ มีสัดส่วนร้อยละ 3.3 โดยปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนเซินร้อยละ 1.0 ดังแสดงในตารางที่ 3 น้ำมันเบนซิน ประกอบด้วยสารประกอบที่ระเหยได้สูง เช่น เพนเทน และเฮกเซน ที่ช่วยให้เครื่องยนต์เบนซินติดเครื่องได้ดีที่อุณหภูมิต่ำมาก[70] เนื่องจากการรวมกันของทั้งสองปัจจัยนี้ เอทานอลบริสุทธิ์จะมีความเข้มข้นในรูปก๊าซต่ำกว่าน้ำมันเบนซินที่อุณหภูมิบรรยากาศ ในขณะเดียวกัน เอทานอลต้องการความเข้มข้นของก๊าซสูงกว่าน้ำมันเบนซินที่จะเผาไหม้ได้ ทางออกหลักในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือให้เสริมเชื้อเพลิง (Boost) ให้กลายเป็นไอเพิ่มขึ้น

ในการพิจารณาระบบ ที่จะเอาชนะปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น เกณฑ์การพิจารณา เช่นประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายของเทคโนโลยี ความสะดวกสบายของการใช้ และการเริ่มปล่อยไอเสีย ต้องทำการประเมินเกณฑ์ดังกล่าวตามตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และสถานการณ์ตลาด

ทางออกเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน

ในปัจจุบันรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงมีการผสมเอทานอลในสัดส่วนที่สูง สามารถแบ่งการแก้ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

- ใช้ระบบเชื้อเพลิงสองชนิด(Dual Fuel) เริ่มต้นใช้ในประเทศบราซิล
- ลดปริมาณเอทานอลที่ใช้ผสม จาก E85 ไปเป็นร้อยละ 70 พร้อมๆกับใช้เครื่องทำความร้อน วิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ ใช้กับยานยนต์ FFV วิ่งบนท้องถนนในพื้นที่ในซีกโลกทางเหนือในฤดูหนาว

ระบบเชื้อเพลิงสองชนิด (Dual Fuel System)

ระบบเชื้อเพลิงสองชนิด ได้รวมเอาระบบแยกน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ระบบเข้าด้วยกัน รวมทั้งถังน้ำมันขนาดเล็กที่ใช้บรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงผสมที่ระเหยตัวได้ เพื่อใช้ในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น โดยแนวคิดนี้ถูกใช้ในประเทศบราซิลเป็นเวลาหลายปีแล้ว สำหรับรถยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง จะใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม และยังช่วยแก้ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นในยานยนต์ FFV รุ่น

ใหม่ๆของประเทศบราซิล[72] แนวคิดของระบบเชื้อเพลิงสองชนิดนี้ ใช้ได้ดีในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น แต่เจ้าของรถต้องทำการตรวจสอบและเติมเชื้อเพลิงทั้งสองถัง ซึ่งระบบนี้อาจไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในบางประเทศ

E85 กับ เครื่องทำความร้อน (Block Heater)

ในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศเย็น มักทำการผสมน้ำมันเบนซินในสัดส่วนที่สูงในเอทานอล เพื่อใช้เป็นตัวช่วยในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ตามฤดูกาลและภูมิอากาศในท้องถิ่นการผสม E85 จะทำโดยการผสมเอทานอลในสัดส่วนระหว่างร้อยละ 70 และร้อยละ 85 ส่วนที่เหลือเป็นส่วนผสมของน้ำมันเบนซิน[99] ถึงแม้ว่ากลยุทธ์นี้ จะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการติดเครื่องยนต์ก็ตาม แต่จะนำไปสู่การปล่อยไอเสียในปริมาณสูงมากซึ่งเกิดจากสารที่ไม่ถูกเผาไหม้และเผาไหม้ได้เพียงบางส่วน ในช่วงการติดเครื่องและการอุ่นเครื่องยนต์[70] เหตุผลหลักมาจากเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่ได้รับการฉีด เกิดการควบแน่นเกาะติดบนผนังกระบอกสูบที่อุณหภูมิต่ำ จากนั้นจะถูกปล่อยออกมาทางท่อไอเสียในลักษณะที่ไม่ถูกเผาไหม้[100] ปรากฏการณ์นี้ สามารถลดการเกิดได้บางส่วน โดยการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเข้าช่วย ในขณะนี้ บริษัทฟอร์ดมอเตอร์ และบริษัท Saab ผู้ผลิตรถยนต์ FFV ในซีกโลกเหนือ ได้นำวิธีการดังกล่าวมาใช้ เครื่องทำความร้อนที่ติดตั้งนี้ เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนในสารหล่อเย็น ซึ่งขับเคลื่อนโดยสายเคเบิลภายนอกเชื่อมต่อกับปลั๊กไฟฟ้า ให้ความร้อนกับสารหล่อเย็นที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 90 องศาเซลเซียส

การติดตั้งเครื่องทำความร้อนนี้มีข้อบกพร่องหลายประการ ซึ่งต้องเสียบปลั๊กสายไฟในรถ เพื่อให้ความร้อนแก่สารทำความเย็น และเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานที่ต้องรักษาอุณหภูมิของสารหล่อเย็นให้อุ่นอยู่เสมอ แม้ไม่มีการขับรถ หรือมิฉะนั้นต้องรอนานมากสำหรับอุ่นเครื่องยนต์ให้ร้อนเพียงพอที่จะเริ่มติดเครื่องยนต์ ถึงแม้ว่า ในทางออกที่ใช้วิธีติดตั้งเครื่องทำความร้อนนี้ ไม่ต้องติดตามตรวจสอบถังเชื้อเพลิงทั้ง 2 ถัง ระบบนี้ก็ยังเป็นที่ถกเถียงกันว่ายังมีผู้ใช้น้อยกว่าระบบการใช้เชื้อเพลิงสองชนิด ในขณะเดียวกันระบบนี้ ยังต้องมีโครงสร้างพื้นฐานในการเชื่อมต่อพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะรองรับอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ระบบที่ใช้เครื่องทำความร้อนเป็นตัวช่วยในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นนั้น ยังมีประโยชน์หลายประการ ประการแรกคือ อุปกรณ์ประกอบที่ใช้ มีราคาถูก และมีประสิทธิภาพในการอำนวยความสะดวกในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ประการที่สอง ช่วยลดการปล่อยไอเสียปริมาณมากที่เกิดจากการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ทั้งไอเสียที่อยู่ในรูปก๊าซ และลดไอน้ำมันที่ควบแน่นเกาะบนฝาลูกสูบ ที่เกิดจากการให้ความร้อนเพียงพอแก่ผนังกระบอกสูบ

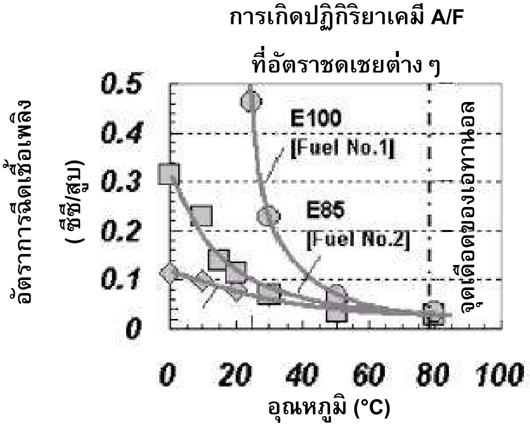
แนวโน้มเทคโนโลยีเครื่องยนต์ในปัจจุบัน และศักยภาพอื่น ๆ

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงมาตรการสำคัญต่าง ๆที่ใช้อยู่ สำหรับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น แนวโน้มของเทคโนโลยีเครื่องยนต์ในปัจจุบัน ดูเหมือนว่าคำแนะนำรวมถึงมาตรการต่าง ๆ แทบจะไม่มีนัยสำคัญเลย เพื่อให้เกิดผลสำเร็จทางการสอบเทียบเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์และการบริหารจัดการ เทคโนโลยีที่ดูว่ามีแนวโน้มที่สุดคือ การฉีดน้ำมันเบนซินโดยตรง (GDI) การตั้งจังหวะการเปิด-ปิดของวาล์วแบบแปรผัน (VVT) และระดับของการจัดการเครื่องยนต์และการควบคุม เนื่องจากควบคุมโดยใช้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการรับสัญญาณ (Sensor) และชุดควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ECU)

การฉีดโดยตรง

เทคโนโลยีการฉีดน้ำมันเข้าในกระบอกสูบโดยตรง ได้รับการพิจารณาว่าเป็นทางออกสำหรับการแก้ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น เมื่อใช้เอทานอลบริสุทธิ์และ E85 เป็นเชื้อเพลิง ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการฉีดโดยตรงด้วยตัวของเทคโนโลยีเองนั้นมีการพัฒนามาอย่างเต็มที่และมีการใช้ในเชิงพาณิชย์แล้ว การดัดแปลงและปรับปรุงเพื่อให้ใช้ได้ดีกับเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนการผสมเอทานอลสูง ๆ และยานยนต์ FFV นั้น ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา รถยนต์ที่ผลิตขึ้นตามแนวคิดนี้ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นการแสดงสินค้าเท่านั้น บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ และสถาบันวิจัยหลายแห่ง กำลังศึกษาเครื่องยนต์ที่ฉีดเอทานอลโดยตรง (EDI) แต่รายงานผล

การศึกษายังมีไม่มากนัก การศึกษาโดยบริษัทโตโยต้า[61] ในเครื่องยนต์ PFI แสดงให้เห็นถึงปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ว่ามีความเกี่ยวข้องกับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง ส่วนรูปที่ 19 แสดงถึงปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องการในการฉีดพ่นขณะติดเครื่องยนต์ของน้ำมันเชื้อเพลิง 3 ชนิด เมื่ออุณหภูมิลดลงปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องการจะเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกับ เชื้อเพลิง E100 ที่เป็นเอทานอลที่มีน้ำปนอยู่ด้วย เมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดพ่นมากเท่าใด ความเสี่ยงของเชื้อเพลิงที่เกาะภายในกระบอกสูบในรูปของเหลวจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เอทานอลที่เป็นของเหลวที่เกาะสะสมอยู่ที่หัวเทียน ก่อให้เกิดความซับซ้อนของกลไกภายใน เนื่องจากเอทานอลทำตัวเป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งอาจทำให้การจุดไฟติดผิดพลาดได้ ต่างจากน้ำมันเบนซินซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวน[101] เมื่อปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดพ่นเข้าไปเพิ่มขึ้นเพียงพอเพื่อให้เกิดการติดไฟหรือเพิ่มปริมาณสารระเหยสูงภายใต้สภาวะปกติ ส่งผลให้การปล่อยไอเสียรุนแรงขึ้น



รูปที่ 19. จำนวนน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นที่จำเป็นสำหรับการติดเครื่อง

ที่มา: Tsunooka et al.[61]

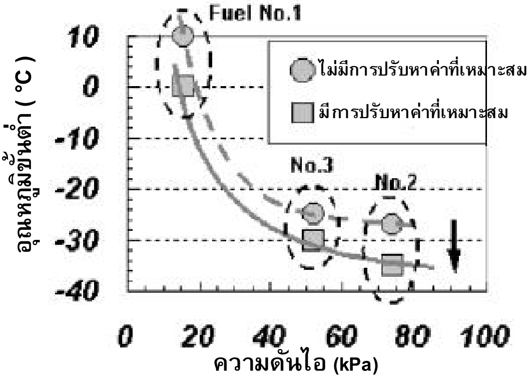
ในสภาวะอากาศเย็น การฉีดพ่นเชื้อเพลิงในปริมาณมาก ด้วยระบบน้ำมันเชื้อเพลิงแบบฉีดตรง (DI) อาจทำให้เกิดปัญหาได้ เนื่องจากระบบนี้ออกแบบมาให้ใช้งานภายใต้ความดันสูง ในช่วงที่เครื่องยนต์เริ่มติดอาจจะมีความดันไม่เพียงพอที่จะป้อนเชื้อเพลิงได้ตามปริมาณที่ต้องการ ในช่วงเวลาการฉีดพ่นที่กำหนด อาจทำให้เครื่องยนต์ไม่สามารถติดได้ ช่วงเวลาที่ฉีดป้อนเชื้อเพลิงค่อนข้างจำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ประเภท PFI เนื่องจากความเสี่ยงของการฉีดพ่นเชื้อเพลิงโดยตรงไปสู่ท่อไอเสีย การศึกษาของบริษัท เจเนอรัล มอเตอร์ส (GM)[102] ได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ของการเริ่มต้นด้วยความดันสูงเพื่อให้แน่ใจว่าฉีดพ่นเชื้อเพลิงในปริมาณที่เพียงพอ ทางเลือกที่ใช้ความดันสูง ช่วยให้ระยะเวลาการฉีดพ่นเชื้อเพลิงสั้นลงมากและฉีดได้ต่อเนื่องจนถึงช่วงปลายของจังหวะอัด ซึ่งเมื่ออัดอากาศอัดเกิดความร้อนมาก ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงระเหยเป็นไอได้มากขึ้น การเริ่มต้นด้วยความดันสูงยังทำให้เชื้อเพลิงพ่นได้เป็นละอองฝอยได้ดีกว่า ซึ่งช่วยให้เชื้อเพลิงกลายเป็นไอและความดันสูงนี้จะชะลอการเดินเครื่องประมาณหนึ่งวินาที ซึ่งปล่อยให้เกิดช่วงเวลาที่ปั๊มน้ำมันสะสมความดัน การศึกษานี้ ให้ข้อสังเกตว่าความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นในการติดเครื่องขณะที่อากาศเย็นด้วยระบบการฉีดโดยตรงนี้จะลดลง ด้วยสัดส่วน 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ PFI ถึงแม้ว่าจะมีความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงก็ตาม แต่น้ำมันเชื้อเพลิงยังคงไหลได้อย่างเต็มที่ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถติดได้ที่อุณหภูมิต่ำ

การศึกษาโดย AVL[74] ได้ทำการทดลองถึงลักษณะการฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ในช่วงเริ่มเดินเครื่องยนต์ โดยในช่วงเริ่มต้น ระบบการฉีดน้ำมันโดยตรง สามารถลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนเกินได้อย่างดี เนื่องจากทำงานที่ความดันสูงและควบคุมการฉีดได้อย่างแม่นยำ ระบบการฉีดโดยตรงสามารถลดปริมาณไอเสียจากเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญ เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้จับไอเสียที่ติดตั้งที่ท่อไอเสีย ไม่ร้อนพอที่จะลดไอเสียเหล่านี้ได้ ในกรณีนี้ การลดไอเสียที่มีประสิทธิภาพ ไม่เพียงแต่ขึ้นกับการฉีดพ่นเชื้อเพลิงด้วยความดันสูงเท่านั้น แต่ยังต้องมีการออกแบบการฉีดแบบใหม่ที่แบ่งเป็นหลายหัวฉีดเล็กหลายหัวฉีดด้วย

การตั้งจังหวะการเปิด-ปิดของวาล์วแบบแปรผัน (Variable Valve Timing)

VVT ช่วยให้วาล์วไอดีและไอเสีย เปิดและปิดในจังหวะที่แตกต่างกัน และยกขึ้น ตามสภาวะและความต้องการของเครื่องยนต์ ซึ่งเทคโนโลยีนี้ได้มีการใช้งานอยู่แล้วอย่างกว้างขวาง และบริษัทโตโยต้าได้สาธิตถึงศักยภาพของการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ด้วยเชื้อเพลิงเอทานอลในปริมาณสูง[61] โดยการจำกัดปริมาณอากาศที่ดูดเข้าด้วยการทำงานของ VVT อัตราส่วนการอัดที่มีประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น และทำให้อุณหภูมิการอัดสูงสุดเพิ่มขึ้น มากกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งผลที่ได้รับคือ เกณฑ์ขั้นต่ำของอุณหภูมิ ที่ทำให้เครื่องยนต์ติดขณะเย็นได้ขยับต่ำลงมา ดังแสดงในรูปที่ 20

รูปที่ 20 แสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ใช้ VVT นี้ยังไม่ใช่วิธีแก้ปัญหาที่สมบูรณ์ของการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น เนื่องจากเชื้อเพลิงหมายเลข 1 (หรือ E100 ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วย) ยังคงมีอุณหภูมิที่เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่ 0 องศาเซลเซียส ซึ่ง Brusstar[77] ได้อธิบายถึงแนวทางการเพิ่มอุณหภูมิการอัดสูงสุด ที่เป็นเทคนิคที่เพิ่มความเร็วของข้อเหวี่ยง (cranking) ของเครื่องยนต์ ซึ่งช่วยปรับปรุงการผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงด้วย



รูปที่ 20. เกณฑ์ขั้นต่ำของอุณหภูมิ ที่ทำให้เครื่องยนต์ติดได้ขณะเย็น โดยการทำงานของ VVT

ที่มา: Tsunooka et al. [61]

สารเติมแต่งในเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 20 พบว่าอุณหภูมิที่เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำของเชื้อเพลิงหมายเลข 2 และ 3 (E85) มีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงหมายเลข 1 มาก เนื่องจากเชื้อเพลิงมีความดันไอสูงกว่า ซึ่งเกิดจากโครงสร้างทางเคมีของเชื้อเพลิง แรงดันไอ Reid (RVP) ซึ่งมีอิทธิพลมากกว่า VVT ในกรณีนี้ RVP สูงขึ้นได้ด้วยการเติมบิวเทนและน้ำมันเบนซินลงในเอทานอล เมื่อพบว่าบิวเทนมีอิทธิพลอย่างมากต่อ ซึ่ง RVP มากกว่าองค์ประกอบของน้ำมันเบนซินธรรมดา[61] ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคือเชื้อเพลิง E100 ที่มีน้ำปะปนอยู่ และมีบิวเทนจำนวนเล็กน้อย จะให้คุณสมบัติในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ที่ดีกว่าเชื้อเพลิง E85 ที่ผสมกับน้ำมันเบนซินธรรมดา การศึกษาด้านการตลาดในประเทศบราซิล[103] ได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับ MTBE โดยเห็นว่าเป็นทางออกที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ถึงแม้มีการวิพากษ์วิจารณ์ว่า MTBE มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ MTBE เป็นสารเติมแต่งในเชื้อเพลิง ทำให้สามารถติดเครื่องยนต์ได้เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง-6 องศเซลเซียส ซึ่งนับว่าดีเกินพอสำหรับตลาดในประเทศบราซิล สารเติมแต่ง สามารถใช้เป็นทางออกที่ดีสำหรับปัญหาการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม รวมถึงการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมด้วย อย่างไรก็ตาม RVP ของน้ำมันเบนซินที่ใช้ผสมกับเอทานอลนับว่าเป็นเรื่องสำคัญมาก

ระบบการกลั่นที่ติดตั้งมากับรถ (OBDS)

ระบบการกลั่นที่ติดตั้งมากับรถ (OBDS) ได้ดำเนินการและจัดทำรายงานโดยนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยเท็กซัสแห่งออสติน นักศึกษาเหล่านี้ได้ร่วมงานกันในการแข่งขันในงาน ***“ความท้าทายเรื่องเอทานอล ปี2541-2543”*** (The three 1988f-2000 Ethanol Challenge) โดยมีนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยต่างๆ ของสหรัฐอเมริกาทำการแข่งขันดัดแปลงรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิง E85 ไร้น้ำ ได้มีรายงานตีพิมพ์เผยแพร่หลายฉบับทำการรายงานถึงการออก

แบบอย่างละเอียดถี่ถ้วน[70, 104] และในปี 2543 ได้มีการรับรองสิทธิบัตรสำหรับระบบที่ทำการออกแบบ ซึ่งมหาวิทยาลัยเทกซัส แห่งออสตินเป็นเจ้าของสิทธิบัตรดังกล่าว

ระบบการกลั่นที่ติดตั้งมากับรถ (OBDS) แสดงผลงานได้ดีที่สุดในงานการแข่งขันความท้าทายเรื่องเอทานอล ในการติดเครื่องยนต์ที่อากาศเย็น โดยใช้เวลาในการติดเครื่องยนต์น้อยกว่า 2 วินาที ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ซึ่งผลที่ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินในรุ่นเดียวกัน นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า ระดับของไอเสียที่ปล่อยออกมาจากทีมนักศึกษามหาวิทยาลัยเท็กซัส ต่ำกว่าของคู่แข่งทั้งหมด ในทำนองเดียวกันกับเทคโนโลยีการใช้ระบบถังคู่ ซึ่ง OBDS ได้ถูกออกแบบให้มีระบบถังเชื้อเพลิงสองถังแยกออกจากกัน โดยถังเชื้อเพลิงหลักใช้บรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้งานตามปกติ ส่วนถังสำรองใช้สำหรับการติดเครื่องยนต์ขณะเย็น ความแตกต่างคือ OBDS ทำการผลิตเชื้อเพลิงที่ใช้ในการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นด้วยตนเองโดยการกลั่น ในช่วงปกติที่เครื่องยนต์อุ่นแล้ว เชื้อเพลิงจะไหลกลับไปยังถัง โดยไหลผ่านหอกลั่น ซึ่งจะสกัดแยกองค์ประกอบของเชื้อเพลิงที่ระเหยได้สูงสุด และเก็บไว้ในถังเชื้อเพลิงสำหรับการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นซึ่งถูกติดตั้งแยกกัน เมื่อถังทั้งสองเต็ม หอกลั่นจะทำงานโดยอัตโนมัติให้น้ำมันไหลผ่านเลยไป ในช่วงสองนาทีแรกของการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นนั้น เชื้อเพลิงที่ระเหยเป็นไอจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องยนต์ หลังจากนั้นเป็นช่วงที่กั้นเครื่องยนต์ไว้และน้ำมันที่ดูดเข้าจะได้รับความร้อนเพียงพอสำหรับ E85 โดยปราศจากอันตรายจากการจุดระเบิดผิดพลาดหรือปล่อยไอเสียมากเกินไป

ความท้าทายเรื่องเอทานอล ได้สาธิตถึงระบบที่สามารถติดตั้งภายในห้องเครื่องยนต์ได้ทั้งยานยนต์อเนกประสงค์ (SUV) และซีดาน ซึ่งหมายความว่ายานยนต์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่จะดัดแปลงด้วยแนวทางของ OBDS ที่มีค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงประมาณ 300 เหรียญสหรัฐ ในกรณีที่รถผลิตขึ้นด้วยความร่วมมือและใช้เทคโนโลยีของ OBDS ตั้งแต่ต้น ประมาณการณ์ว่าจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนที่ติดตั้งชิ้นส่วนพิเศษของเทคโนโลยี OBDS ประมาณ 60 เหรียญสหรัฐ เมื่อเปรียบเทียบกับรถในรุ่นเดียวกัน

ส่วนสำคัญคือ เทคโนโลยี OBDS สามารถทำให้ระบบการใช้ถังเชื้อเพลิงคู่ทำงานได้ ซึ่งผู้ใช้มีความพอใจ และด้วยค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก สามารถดัดแปลงให้ใช้กับรถที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ โดยภาพรวมแล้ว สิทธิบัตรนี้น่าจะมีความเป็นไปได้และเป็นเทคโนโลยีที่เหนือกว่าระบบการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นของเครื่องยนต์เอสไอ เมื่อเปรียบเทียบด้านราคา ความสะดวกสบายในการใช้ ระยะเวลาการติดเครื่อง การปล่อยไอเสีย และศักยภาพในการดัดแปลงเครื่องยนต์ สารที่กลั่นได้มีการระเหยตัวได้ดีกว่าน้ำมันเบนซินจึงให้สมรรถนะการติดเครื่องและปล่อยไอเสียขณะเครื่องอุ่น ได้ดีกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินและน้ำมันสองชนิดเป็นเชื้อเพลิง ในขณะเดียวกันราคาของระบบค่อนข้างต่ำ ทั้งการใช้ชุดการดัดแปลง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตยานยนต์ใหม่ (Mass product) จากโรงงาน การศึกษาเบื้องต้นที่มหาวิทยาลัยทางเทคนิค ของประเทศเดนมาร์ก[105] ระบุว่า OBDS ไม่สามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่เป็นการผสมของเอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบในน้ำมันเบนซิน ปราศจากความเสี่ยงที่เกิดการแยกชั้นของเชื้อเพลิงในถังน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ถ้าหากมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดังกล่าวที่มีเป็นเอทานอลประกอบด้วยน้ำผสมอยู่ร่วมกับเทคโนโลยี OBDS จำเป็นต้องศึกษาประเด็นต่างๆเพิ่มเติม เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ระเหยตัวสูง มีความเสี่ยงสูงในด้านความปลอดภัย

มหาวิทยาลัย Kettering[101] ได้ให้คำแนะนำในประเด็นที่เกี่ยวกับการศึกษาเรื่อง “ความท้าทายเรื่องเอทานอล” ว่าวิธีการที่ง่ายและมีความคุ้มค่าจะช่วยให้การติดเครื่องยนต์ขณะเย็นในยานยนต์ FFV ที่ใช้ E85 เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมและช่วยเพิ่มการจุดประกายไฟได้ การใช้ระบบที่ให้พลังงานมากขึ้นและจุดประกายไฟหลายจุดแสดงให้เห็นว่าสามารถเริ่มติดเครื่องยนต์ขณะเย็นและเดินเครื่องเปล่าได้ดีขึ้นอย่างน้อยระดับหนึ่ง

ห้องปฏิบัติการด้านพลังงานหมุนเวียนแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (U.S. NREL) ได้พัฒนาและจดสิทธิบัตรเทคโนโลยีสำหรับเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic converter) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีนี้ไม่ได้ออกแบบเฉพาะเพื่อใช้กับเอทานอลเท่านั้น แต่ควรลดการปล่อยไอเสียจากการใช้เอทานอลระหว่างการติดเครื่องยนต์ขณะเย็นด้วย แนวคิดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาอุณหภูมิของ คอนเวอร์

เตอร์ให้อุ่นและให้มีประสิทธิภาพนานที่สุดตลอดระยะเวลาการเดินทาง โดยทั่วไปอุณหภูมิของคอนเวอร์เตอร์จะลดลงค่อนข้างเร็ว แต่ด้วยวิธีนี้ช่วยให้คอนเวอร์เตอร์มีอุณหภูมิอุ่นเพียงพอที่จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่มากกว่า 24 ชั่วโมงหลังจากการเดินทางครั้งสุดท้าย[106]

3.2 การปล่อยไอเสีย

ในการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล มีสองเรื่องหลักๆที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสีย ที่ควรคำนึงถึง คือไอเสียที่ปล่อยออกทางท่อไอเสีย และไอเสียที่ระเหยจากเอทานอล การปล่อยไอเสียจากท่อไอเสียมีปริมาณลดลงในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีกฎระเบียบที่เข้มงวดมากขึ้น ในขณะที่ไอเสียที่ระเหยจากเอทานอลยังไม่ได้รับความสนใจในระดับเดียวกัน เมื่อมีการแนะนำให้ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง จึงต้องมีการกล่าวถึงไอเสียที่เกิดจากการระเหยตัวของเอทานอล และได้รับการดูแลในระดับเดียวกับไอเสียที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียด้วย

ในปี พ.ศ. 2551 (ค.ศ. 2008) รัฐบาลออสเตรเลียได้ทำการศึกษา และออกมาตรการการปล่อยไอเสียของยานยนต์ทั้งจากการระเหยตัวและปล่อยจากท่อไอเสียที่ใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอล E5 และ E10[188]

3.2.1 มลพิษที่ปล่อยจากท่อไอเสีย

ไอเสียจากท่อไอเสีย ของรถที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นปัญหาต่อสุขภาพมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น และทำความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ระดับภูมิภาคและทั่วโลก ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นทันทีแก่มนุษย์ ได้แก่ ฝุ่นละอองที่มีอนุภาคเล็ก ก๊าซที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และไฮโดรคาร์บอน ตัวอย่างของปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงเหล่านี้ คือมะเร็งปอด การเร่งการเติบโตของเนื้องอก ปัญหาการหมุนเวียนของกระแสเลือด และโรคทางเดินหายใจ โดยเฉพาะโรคหอบหืด และทำให้การทำงานของปอดลดลง[107] นอกจากเหตุการณ์โศกนาฏกรรมที่เกิดกับมนุษย์ทำให้เกิดการพิการและเกิดความไม่สะดวกในการใช้ชีวิตเนื่องจากโรคต่างๆนี้แล้ว ยังเกิดปัญหา

ด้านค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจและสังคมที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศที่เกิดจากยานยนต์ที่วิ่งบนท้องถนนอีกด้วย

ฝุ่นละอองที่มีอนุภาคเล็กหรือเขม่าดำที่ปล่อยออกจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน โดยทั่วไปแล้วจะแตกต่างกับเขม่าดำที่เกิดจากรถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ทั้งนี้เพราะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน มวลของอนุภาคขนาดเล็กที่ปล่อยออกมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ดีเซล อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยที่ชี้บ่งว่าปริมาณมวลของอนุภาคที่ปล่อยออก ไม่ใช่เรื่องสำคัญเท่ากับขนาดของอนุภาค อนุภาคที่ปล่อยออกมีขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวค่อนข้างใหญ่ที่เป็นสารก่อมะเร็งจะถูกพาเข้าสู่ปอดได้ง่าย นอกจากนั้นแล้วการเป็นอนุภาคขนาดเล็กทำให้เจาะได้ลึกถึงปอด จากรายงานที่มีการเผยแพร่มีแนวโน้มว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอล จะสามารถลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กลงได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินปกติ[108] ในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ 2005) Australian Biofuels Taskforce ได้ทบทวนรายงานการศึกษาที่ได้มีการเผยแพร่และพบว่าสมมติฐานของเอทานอลก่อนหน้านี้ ไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งต้องทำการศึกษาและทบทวนใหม่ เนื่องจากการศึกษาของตนเองพบว่า การใช้ E10 สามารถลดการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กลงได้ถึงร้อยละ 40[109]

ในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ 2008) การศึกษาของประเทศออสเตรเลีย[188] ได้ทำการทดลองการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิง E5 และ E10 ในการศึกษาได้ใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาคตรวจวัดเป็นเวลาจริง เครื่องวัดขนาดฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ (EEPS) และเครื่องวัด Electrical Low Pressure Impactor (ELPI) ทั้งสองเทคนิคมีผลต่อ ชาร์จ (Charge) การวัดอนุภาคและการนับจำนวนอนุภาคภายในช่องเก็บฝุ่นละออง โดยทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของปริมาณอนุภาคกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค สำหรับเครื่อง ELPI จะทำการแยกแยะอนุภาคตามพลวัตของมวลอนุภาคที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียรถที่ผลิตหลังจากปี พ.ศ.2549 (ค.ศ 2006) พบว่าปล่อยฝุ่นละอองเล็กลดลงร้อยละ 19 เมื่อใช้ E5 เป็นเชื้อเพลิง และปล่อยฝุ่นละอองเล็กลดลงร้อยละ 33 เมื่อใช้ E10

เป็นเชื้อเพลิง การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า Aromatic compound ที่อยู่ในเชื้อเพลิงมีผลต่อการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก[110] เนื่องจาก Aromatics ในน้ำมันเบนซินช่วยเพิ่มค่าออกเทนเช่นเดียวกับเอทานอล ดังนั้นการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจึงมีศักยภาพในการลดปริมาณ Aromatics และช่วยลดการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กด้วย

ปรากฏการณ์ที่รู้จักกันดีในเขตเมือง คือ การเกิดควันหมอกจากยานพาหนะ ซึ่งการปล่อยมลพิษจากไอเสียที่มีองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เมื่อได้รับพลังงานจากแสงแดด จะเกิดปฏิกิริยาเคมีแสง (photochemical) ที่เป็นปฏิกิริยาที่ซับซ้อน เกิดเป็นโอโซนและสารอื่นๆ ในบรรดาสารเหล่านี้โอโซนนับว่าเป็นสารที่เป็นพิษ เมื่ออยู่ในระดับใกล้พื้นดินจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ เพื่อเป็นการลดปริมาณโอโซนที่ระดับใกล้พื้นดินลง จึงมีน้ำมันเบนซินชนิดใหม่ที่เรียกว่าน้ำมันเบนซินสูตรใหม่ (Reformulated Gasoline : RFG) ที่ได้มีการนำเสนอตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 (ค.ศ 1990) ในประเทศสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรป RFG[2] มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ จะช่วยให้การเผาไหม้ได้ดีขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนในไอเสียลดลง[111] การศึกษาทดลองพบว่าเอทานอลและ MTBE เป็นสารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ จึงให้ผลคล้ายกันกับการเกิดโอโซน[110] อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการใช้เอทานอลผสมในน้ำมันเบนซินเป็นการช่วยปรับปรุงหรือทำให้การปล่อยไอเสียเลวร้ายลงซึ่งขณะนี้ยังอยู่ระหว่างการศึกษา

นอกจากนั้นแล้ว ยังมีอีกหลายความเห็นผสมกันไปถึงการใช้เอทานอลว่าทำให้การปล่อย NO_x เพิ่มขึ้นหรือไม่[110] การศึกษาจากประเทศออสเตรเลีย[188] ในปี พ.ศ. 2551 (ค.ศ 2008) พบว่าเมื่อใช้ E10 ส่งผลให้มีไนตรัสออกไซด์และโอโซนเพิ่มขึ้น ผลของการใช้ E5 พบว่ามีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ด้วยค่าที่แปรปรวน และ สำหรับ E10 จะนำไปสู่การเพิ่มก๊าซไนตรัสออกไซด์ การศึกษาหลายแห่ง

[2] น้ำมันเบนซินผสม ด้วยสารที่มีองค์ประกอบของออกซิเจน MTBE ETBE และเอทานอล

รายงานถึงการพบ เหตุการณ์ร้ายแรงของควันหมอกในหลายเมืองของสหรัฐอเมริกาได้ลดลงเนื่องจากการนำ E10 มาใช้เป็นเชื้อเพลิง[112] และการทบทวน[113] ของโครงการเอทานอลบราซิลชื่อ ProAlcool ระบุว่า มลพิษทั่วไปในเขตเมืองของ Sao Paolo ลดลงประมาณร้อยละ 20 เนื่องจากการใช้ เอทานอล แต่ไม่ได้รายงานในรายละเอียด นอกจากนั้นแล้ว ยังมีการทดสอบของ ANFAVEA แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์ที่ไม่ได้ทำการดัดแปลงใดๆที่ใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิง จะมีการปล่อยไอเสียที่ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนประมาณร้อยละ 15 ต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันเบนซินปกติเป็นเชื้อเพลิง ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 เมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ การเปรียบเทียบการใช้น้ำมันเบนซินกับเอทานอลซึ่งประกอบด้วยน้ำ (E100) จากการศึกษาพบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงร้อยละ 51 ก๊าซไฮโดรคาร์บอนลดลงร้อยละ 53 และออกไซด์ของไนโตรเจนลดลงร้อยละ 86[114]

มีการศึกษาจำนวนมากที่ มุ่งเน้นเรื่องสารพิษทางอากาศ ที่ถูกปล่อยออกจากยานยนต์ เช่น เบนซีน, 1,3-butadiene, อะซีทาลดีไฮด์ และฟอร์มาลดีไฮด์ สารพิษที่ปล่อยสู่อากาศนี้ เป็นสารที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยเฉพาะกับคน เบนซีนถือว่าเป็นสารประกการศึกษาจากบางแหล่งรายงานว่ายังมีโทลูอีนและไซลีน ที่เป็นสารพิษปล่อยมากับไอเสียด้วย สารเบนซีนและ 1,3-butadiene ถือว่าสารก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ส่วนอะซีทาลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ถูกจัดเป็นสารที่มีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งเช่นกัน[115,116] สารพิษทางอากาศยังก่อให้เกิดการสร้างโอโซนในระดับพื้นดิน ซึ่งมี รายงานจากการศึกษาหลายฉบับมีผลตรงกันว่า การใช้เอทานอลช่วยลดการปล่อยสารเบนซีนและ 1,3-butadiene ในขณะที่เพิ่มการปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณระดับปานกลาง และเพิ่มปริมาณอะซีทาลดีไฮด์ขึ้นในไอเสียอย่างน่าตกใจ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (USEPA) ได้ให้ข้อมูลปัจจัยความเสี่ยงของสารแต่ละชนิดเพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยความเสี่ยงของสารแต่ละชนิด ข้อมูลจาก U.S. EPA

สารประกอบ	ความเสี่ยง EPA (มก./ม^3)$^{-1}$	ปัจจัย EPA
1,3-butadiene	2.8×10^{-4}	1.000
เบนซีน	8.3×10^{-6}	0.030
ฟอร์มาลดีไฮด์	1.3×10^{-5}	0.046
อะซีทาลดีไฮด์	2.2×10^{-4}	0.008

ที่มา: Hammel-Smitch et. al.[117]

การใช้ปัจจัยเหล่านี้ ในหลายการศึกษาพบว่าการลดลงของ 1,3-butadiene และสารเบนซีน มีค่ามากเกินไปต่อการเพิ่มขึ้นของฟอร์มาลดีไฮด์และอะซีทาลดีไฮด์ในไอเสียที่ปล่อยออกมา EPA Complex Model[3] พบว่าการใช้เอทานอลร้อยละ 10 ผสมในน้ำมันเบนซิน จะทำให้ความเสี่ยงของสารพิษทางอากาศลดลงร้อยละ 21[108, 110] จากการศึกษาของประเทศแคนาดา พบว่าการเพิ่มขึ้นของการปล่อยอะซีทาลดีไฮด์มีความเสี่ยงต่ำเนื่องจากมีปริมาณน้อย และสารเหล่านี้ได้รับการกำจัดออกได้อย่างมีประสิทธิภาพโดย Catalytic converter[62] การศึกษาของประเทศออสเตรเลียในปี พ.ศ.2551[188] (ค.ศ 2008) พบว่าจากการประเมินผลสภาพอากาศพบว่า ค่าสูงสุดของโอโซนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อใช้ E5 และ E10 เป็นเชื้อเพลิง การค้นพบเหล่านี้ แสดงนัยว่าปริมาณสารพิษที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียที่ลดลงจนสังเกตได้นี้ ไม่เพียงพอที่จะชดเชยการเพิ่มขึ้นของการระเหยตัวของสารอินทรีย์ (VOC) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อใช้เอทานอลผสมในน้ำมันเบนซินเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน การศึกษา[188]พบว่ามากกว่าร้อยละ 97 ของเงินออมถูกนำมาใช้ด้านสุขภาพกับผลกระทบที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เช่น

---

[3] เครื่องมือของ U.S. EPA model ใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่เกิดจากมาตรฐานเชื้อเพลิงที่ใช้

โรคหอบหืด โรคหัวใจและหลอดเลือด ส่วนที่เหลืออีกเล็กน้อย เป็นการใช้กับผลกระทบของสารพิษจากอากาศโดยรวม

ภาพรวมของความจริงที่พบ

ข้อมูลการเปรียบเทียบการใช้เอทานอลในสัดส่วนต่างๆ กับน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง จากแหล่งข้อมูล:[108, 109, 118-132, 188] มีต่อไปนี้

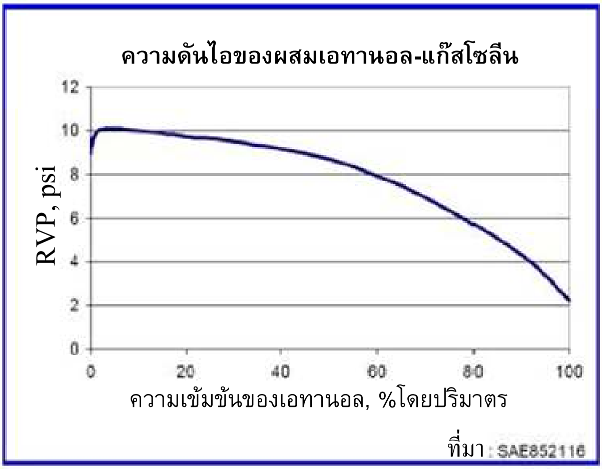
- โดยทั่วไปสารไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออกมากับไอเสียมีปริมาณลดลงร้อยละ 70 แต่มีการศึกษารายหนึ่งที่แสดงปริมาณการปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20
- จากการศึกษาส่วนใหญ่ พบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณลดลงถึงร้อยละ 60 ในขณะที่บางการศึกษาพบว่ามี ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 27 และจากการศึกษาประเทศออสเตรเลีย[188] พบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ลดลงถึงร้อยละ 95 จากการใช้ E5 และ E10 เป็นเชื้อเพลิง
- การศึกษาการปล่อยก๊าซ NO_x มีผลการศึกษาแบบผสมกัน กล่าวถึงบางการศึกษาพบว่ามีการลดประมาณร้อยละ 60 ขณะที่บางการศึกษาแสดงผลที่มีการปล่อยก๊าซ NO_x เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 ยานยนต์ประเภท FFVsและยานยนต์ที่ผลิตเฉพาะสำหรับการใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลในสัดส่วนที่สูงหรือใช้เอทานอลล้วนๆ แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วน EGR สูงๆ และลดการปล่อยก๊าซ NO_x
- โดยทั่วไปแล้ว ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่ค่อยเป็นประเด็นที่มุ่งเน้นในยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเท่าไร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าสามารถลดปริมาณฝุ่นลงได้ถึงร้อยละ 40 - 50
- การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ $_2$ ในไอเสีย พบว่าลดลงประมาณร้อยละ 5 ต่อกิโลเมตร
- ก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 120
- เบนซีน พบว่าลดลงได้ในทุกกรณีประมาณร้อยละ 25 - 80

- การปล่อย 1,3-butadiene ในไอเสียในทุกกรณี ลดลงประมาณร้อยละ 10 - 80
- โทลูอีนที่ปล่อยออกมา มีปริมาณลดลงร้อยละ 30 - 80
- ไซลีนที่ปล่อยออกมา มีปริมาณลดลงร้อยละ 80
- ฟอร์มาลดีไฮด์ในไอเสียที่ปล่อยออกทางท่อไอเสีย มีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 70
- อะซีทาลดีไฮด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากถึงร้อยละ 3500

การปลดปล่อยสารระเหยสู่บรรยากาศ

คำวิพากษ์ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงเอทานอลที่ว่า ถึงแม้ว่าเชื้อเพลิงเอทานอลช่วยลดปริมาณการปล่อยไอเสียทางท่อไอเสียก็ตาม แต่ยังคงปล่อยไอเสียในรูปของไอระเหยสารอินทรีย์สู่อากาศ แต่อย่างไรก็ตามอาจเป็นเรื่องที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด การปล่อยไอเสียในรูปของไอระเหยสารอินทรีย์จากยานยนต์ทุกประเภท เป็นเรื่องที่มีการมุ่งเน้นทำวิจัยกันมากในปีที่ผ่านๆมา มุ่งเน้นศึกษาการปล่อยไอเสียในรูปของสารอินทรีย์ระเหยซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยจากยานยนต์ อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความดันไอ (RVP) ของเชื้อเพลิงนั้นๆโดยตรง ความดันไอของของผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน แสดงไว้ในรูปที่ 21

จากรูปแสดงให้เห็นถึงเอทานอลที่ระดับการผสมต่ำๆ มีค่าความดันไอ หรือ RVP ของเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลและน้ำมันเบนซิน มีสัดส่วนการผสมเอทานอลสูงสุดที่ร้อยละ 5 ถึงร้อยละ10 ค่า RVP จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินที่นำมาใช้ในการผสม ด้วยตัวของเอทานอลเอง มีค่า RVP ต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าเอทานอลจะมีค่า RVP ต่ำกว่าเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเบนซินเสมอ เหตุผลเพื่อเพิ่มค่า RVP ของเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลในปริมาณต่ำกับน้ำมันเบนซินในเบื้องต้นนั้น คือ เอทานอลรวมตัวเป็นสารละลายที่เรียกว่า Azeotropic กับสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเบนซิน เกิดเป็นชั้นของสารละลายที่มีจุดเดือดต่ำมากๆ[82]



รูปที่ 21. ความดันไอของของผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน
ที่มา: Kassel[133]

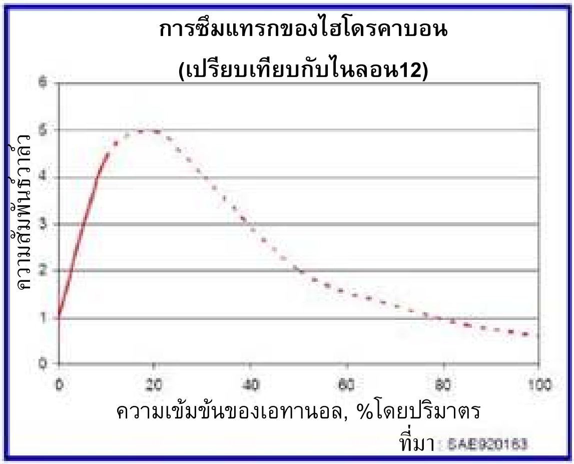
ในทางปฏิบัติ เชื้อเพลิงผสม E10 มีความดันไอสูงกว่าน้ำมันเบนซินบริสุทธิ์ เนื่องจากผู้ผลิตจงใจหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการใช้น้ำมันเบนซินที่มีสารระเหยน้อยในการใช้ผสมกับเอทานอล เพื่อให้เชื้อเพลิงมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดของความดันไอเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามเมื่อผสม E10 กับน้ำมันเบนซินบริสุทธิ์ การเติมเชื้อเพลิงลงถังทำให้เข้าใจได้ว่า จะได้เชื้อเพลิงผสม E5 กับความดันไอที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ระบุ[134] เพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้น เชื้อเพลิงควรมีสูตรที่มีค่าแตกต่างที่เพียงพอต่อเกณฑ์ความดันไอที่ระบุ

การระเหยตัวของสารในไอเสียสู่บรรยากาศแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. องค์ประกอบของเชื้อเพลิงซึมแทรกระบบเชื้อเพลิงของยานยนต์
2. การรั่วไหลของของเหลวและไอ
3. การสูญเสียจากท่อระบายอากาศของถังน้ำมันเชื้อเพลิง[135]
4. การระเหยของไอน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเติมน้ำมัน

การรั่วไหลเหล่านี้ สามารถจัดการได้ง่าย ๆด้วยการบำรุงรักษารถเป็นประจำ ถึงแม้ว่าความดันไอของเชื้อเพลิงเอทานอลจะสามารถปรับได้เท่ากับระดับการระเหยตัวของน้ำมันเบนซินปกติ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าไม่มีปัจจัยที่ใช้ตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการซึมผ่านของเอทานอล แต่จะขึ้นกับปริมาณของเอทานอลที่เป็นส่วนผสม[136]

การซึมแทรกของไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างเด่นชัด แต่ผลด้านบวกที่ได้รับ คือ ไอเสียจากปรากฏการณ์นี้มีปริมาณลดลง ตัวอย่างเช่น ยานยนต์ที่ปล่อยไอเสียต่ำ หรือ LEV และยานยนต์ที่ไร้การปล่อยไอเสียเป็นบางส่วนหรือ PZEV[135] จากการเผยแพร่มีการรายงานว่าเชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลในสัดส่วนที่ต่ำร้อยละ 5 - 10 มีแนวโน้มที่จะเกิดการซึมแทรกได้มาก ในขณะที่การผสมเอทานอลในปริมาณสูง เช่น E85 จะมีการปล่อยไอเสียลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินปกติ จากรายงานการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในสัดส่วนการผสมระดับปานกลางประมาณร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 70 หรือ E20 และ E70 ไม่พบข้อมูลการซึมแทรกของไฮโดรคาร์บอนแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 22. การซึมแทรกของไฮโดรคาร์บอน

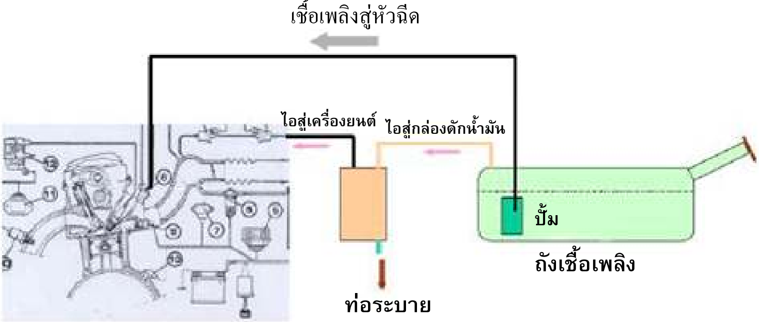
ที่มา: Kassel[133]

ส่วนหนึ่งของการระเหยตัวของสารที่ปล่อยออกมาจากไอเสียถูกดักไว้ได้ด้วยกล่องบรรจุผงถ่าน ไอระเหยภายในระบบเชื้อเพลิงของยานยนต์มีการหมุนเวียนผ่านกล่องที่บรรจุถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะดูดซับไอระเหยนี้ไว้ขณะที่หยุดการเดินเครื่องยนต์ และปล่อยไอระเหยเหล่านี้ผ่านไส้กรองก่อนเข้าไปในเครื่องเมื่อเดินเครื่องดังแสดงในรูปที่ 23

เอทานอลมักชอบสะสมตัวในกล่องกรองก๊าซพิษ (Canister)และสามารถยอมรับในประสิทธิภาพที่มี[137] จากการศึกษาพบว่าการนำเอทานอลออกจากกล่องกรองก๊าซพิษทำได้ยากแม้ว่าจะเดินเครื่องด้วยน้ำมันเบนซินปกติ และยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าระดับประสิทธิภาพของกล่องนี้จะลดลงเมื่อใดอาจขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละรุ่นและประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ด้วยเหตุนี้การใช้เอทานอลจึงมีผลทางอ้อมกับการปล่อยไอเสียในรูปของสารระเหยอินทรีย์ยาวนานกว่าเอทานอลที่ถูกใช้จริงในรถยนต์

มีการศึกษาการปล่อยสารระเหยจากไอเสีย ในประเทศสวีเดนในปี พ.ศ. 2549 (ค.ศ 2006) และพบว่าเป็นเรื่องที่สำคัญถึงหนึ่งในสามของการปล่อยไอเสียทั้งหมดจากการจราจรบนท้องถนนทั้งในประเทศสวีเดน[138] จากรถ 50 คันที่ใช้ในการทดสอบ พบว่ามีรถ 20 คัน ที่ปล่อยไอเสียเกินเกณฑ์ที่กำหนดโดยกฎระเบียบของสหภาพยุโรป รถยนต์เหล่านั้นมีอายุอยู่ระหว่าง6 เดือน จนถึงอายุ 5 ปี และมีอายุการใช้งานมาแล้ว 15,000 - 80,000 กิโลเมตร ซึ่งรถยนต์บางคันมีค่าไอเสียเกินกว่าที่กำหนดถึง 20 เท่า

การศึกษา[63] ผลกระทบจากการใช้ E20 ในการทดลองแบบ fleet ในประเทศออสเตรเลียพบว่าการระเหยของ E20 จากการปล่อยไอเสีย มีค่าเท่ากันหรือในบางกรณีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน ล่าสุดมีการศึกษาในออสเตรเลีย[188] ในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ 2008) พบว่าการปล่อยสารระเหยในรูปของอัลดีไฮด์ที่เป็นกรด เช่น อะซีทาลดีไฮด์ และฟอร์มาลดีไฮด์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ E5 และ E10 เทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน ไฮโดรคาร์บอนรวมทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสม E5 และ E10 การระเหยของแอลกอฮอล์จากไอเสียมีอิทธิพลจากปัจจัยของรถแต่ละคันขึ้นกับการออกแบบกล่องดักไอเสียของยานยนต์นั้นๆ



รูปที่ 23. ระบบการควบคุมการปล่อยไอเสียจากการระเหยตัว
ที่มา: ICONCAWE/EUCAR/JRC Joint Programme[137]

การศึกษา[139] ของเจ็ดบริษัทรถยุโรปที่ทันสมัย ได้ดำเนินการเพื่อคณะกรรมาธิการยุโรปโดยความร่วมมือของ CONCAWE/EUCAR/JRC โดยใช้เชื้อเพลิงผสมโดยการสาดให้กระเด็นเข้ากัน โดยมีสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง E5 และ E10 และไม่ได้มีการปรับค่า RVP และ E5 และ E10 ที่ทำการปรับค่า RVP เพื่อให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่าการปล่อยสารระเหยจากยานยนต์ขึ้นอยู่กับค่าความดันไอของเชื้อเพลิง การทดสอบไม่ได้แสดงถึงความเชื่อมโยงที่ชัดเจนระหว่างปริมาณเอทานอลและการปล่อยสารระเหยของเชื้อเพลิงที่มีค่า RVP ที่เท่ากัน อิทธิพลของเอทานอลที่ขาดหายไป ได้รับการสนับสนุนจากการค้นพบของ Soloman[136] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปล่อยไอเสียนี้โดยหลักๆแล้วขึ้นอยู่กับการระบบการดูดซับในกล่องกรองก๊าซพิษไม่ทำงานและไม่เกิดการซึมแทรก

รถยนต์ของสหรัฐอเมริกา จำนวน 10 คัน ได้ถูกนำมาใช้ทดสอบ[136] ทั้งรถรุ่นเก่าและใหม่ เป็นรุ่นรถที่อยู่ระหว่างปี พ.ศ.2521 – พ.ศ.2544 (ค.ศ 1978-2001) การใช้เชื้อเพลิง E6 พบว่าเกิดการซึมแทรกเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ในรถทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ในรถรุ่นใหม่ภายหลังปี พ.ศ.2539 (ค.ศ 1996) พบว่าการซึมแทรกเพิ่มขึ้นร้อยละ 157 เมื่อใช้ E6

ดูเหมือนว่ายังมีปัญหาสำคัญที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข เมื่อใช้เอทานอลผสมในสัดส่วนต่ำๆในน้ำมันเบนซิน เนื่องจากมีกฎระเบียบเข้มงวดมากขึ้นในปัญหาการปล่อยไอเสียจากยานยนต์ ประเด็นนี้จะเป็นอุปสรรคสำหรับ E5 และ E10 โดยเฉพาะอย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถแก้ไขได โดยเฉพาะในรัฐแคลิฟอร์เนีย ที่มีการใช้ยานยนต์ประเภท LEV และ PZEV

ประเทศออสเตรเลีย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของเชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่มีผลต่อสุขภาพ[188] โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนรถยนต์ fleet ของออสเตรเลียในปัจจุบัน และเปรียบเทียบผลกระทบจากการปล่อยไอเสียจริง ทั้งในรูปที่เป็นไอเสียที่ปล่อยทางท่อไอเสียและจากการระเหยเมื่อใช้เชื้อเพลิง E5 E10 และน้ำมันเบนซิน ข้อมูลการปล่อยไอเสียที่ได้จะนำมาใช้ในการทำโมเดลสภาพของอากาศที่เมืองซิดนีย์ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน เช่น ยานยนต์ทั้งหมดที่ใช้เชื้อเพลิง E10 และตรวจสอบแนวโน้มผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นกับประชากร

ผลที่ได้รับจากการศึกษานี้ได้แก่

- ไอเสียที่ปล่อยออกมาเมื่อใช้เชื้อเพลิง E5 และ E10 แสดงให้เห็นว่าระดับของมลพิษ เช่น NO_x และอัลดีไฮด์ มีค่าเพิ่มขึ้นจนปริ่มเกณฑ์ที่กำหนด ขณะที่การปล่อยฝุ่นละออง CO และเบนซีนลดลง
- ฝุ่นละอองขนาดเล็ก หรือ $PM_{2.5}$ ที่ปล่อยออกจากท่อไอเสีย พบว่ามีค่าลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 19 เมื่อใช้ E5 และลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 33 เมื่อใช้ E10
- ประชากรได้รับผลจากโอโซนเมื่อใช้ E5 และ E10 และจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เมื่อใช้ E10
- สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ด้านสุขภาพได้ร้อยละ 97 จากการลดลงของอัตราการตายจากปัญหาที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก
- ศักยภาพของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพมีแนวโน้มลดลงได้เมื่อมีรถรุ่นใหม่ที่มีระบบการควบคุมไอเสียออกมาแทนรถรุ่นเก่า

3.3 การใช้เอทานอลในรถสองล้อ

โดยปกติยานพาหนะสองล้อขนาดเล็กจะขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สองหรือสี่จังหวะขณะที่รถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่จะขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สี่จังหวะ ซึ่งทั้งหมดเป็นเครื่องยนต์เอสไอ ดังนั้นปัญหาและความเป็นไปได้ต่างๆ คาดว่าจะเกิดขึ้นในเครื่องยนต์เอสไอ ทั้งในยานพาหนะสองล้อ และเช่นเดียวกับในรถยนต์ โดยทั่วไปแล้วผู้ผลิตจะไม่แนะนำให้ใช้เชื้อเพลิงเอทานอล แต่มีข้อยกเว้นเล็กน้อยสำหรับการใช้เชื้อเพลิง E5[140, 141, 68]

ข้อที่กังวลหลักๆเกี่ยวกับยานพาหนะสองล้อ คือ การปล่อยไอเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเครื่องยนต์สองจังหวะ การวิจัยในเรื่องนี้ยังมีอยู่ในวงจำกัดซึ่งสามารถสรุปจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ [142, 119, 143, 144, 145] ดังต่อไปนี้

- สารไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมากับไอเสียมีปริมาณลดลงอย่างสม่ำเสมอเมื่อใช้เอทานอล ถึงแม้ว่าลดลงในปริมาณไม่มากนัก และมีการศึกษาหนึ่งที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น
- สัดส่วนเอทานอลที่เพิ่มขึ้นในเชื้อเพลิง ทำให้ไอเสียที่ปล่อยออกมีความสะอาดมากขึ้น
- ในการศึกษาหนึ่งกรณี พบว่า Catalytic converter มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเนื่องจากมีการใช้เอทานอล
- เมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเครื่องยนต์มีการสึกหรอและการกัดกร่อนเกิดขึ้น
- ประสิทธิภาพพลังงานของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น
- การใช้เชื้อเพลิงในเชิงปริมาตร(ลิตรต่อกิโลเมตร) เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้น

3.4 การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (CI Engines)

เครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (CI) นับว่าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการขนส่งและมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง แต่มีข้อเสียคือ มีมลพิษที่เป็นปัญหากับสุขภาพเกิดขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น มีรายงานการศึกษาหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ (CI) สามารถลดปริมาณไอเสียที่ปล่อยออกจากท่อไอเสีย เช่น เอทานอลจะเป็นส่วนหนึ่งของทางออกในประเด็นการแก้ปัญหาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโลกและปัญหามลพิษในเมืองใหญ่ นอกจากนี้เอทานอลที่ใช้ในเครื่องยนต์ (CI) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในเครื่องยนต์ (SI) สามารถเป็นตัวแทนที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการใช้พลังงานด้วยเอทานอล ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องยนต์ (CI) มีประสิทธิภาพพลังงานสูงกว่า โดยเฉลี่ยแล้วสูงกว่าประมาณร้อยละ 30

3.4.1 ความเข้ากันได้ของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงเอทานอลมีคุณสมบัติโดยพื้นฐานที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล แต่คุณสมบัติเหล่านี้สามารถปรับให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันได้ เป็นที่แน่ใจได้ว่าเครื่องยนต์ (CI) สามารถปรับแต่งเพื่อให้ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลได้ ซึ่งรวมถึงเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลทุกชนิด ในหลายกรณีพบว่าเชื้อเพลิงเหล่านั้นใช้งานได้ดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในส่วนต่อไปจะรายงานถึงคุณสมบัติหลักๆของเชื้อเพลิงที่เป็นปัญหาที่เคยมีการศึกษาและตีพิมพ์มาแล้ว ดังนี้

ค่าพลังงาน

น้ำมันดีเซลมีค่าพลังงานประมาณ 36 เมกกะจูลต่อลิตร ขณะที่เอทานอลมีค่าพลังงาน 21 เมกกะจูลต่อลิตร ดังนั้นเครื่องยนต์จะต้องฉีดเอทานอลด้วยปริมาตรค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อให้ได้ผลผลิตพลังงานที่เท่ากัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหัวฉีดน้ำมันไม่ใหญ่พอที่จะให้เชื้อเพลิงไหลเข้าได้ตามปริมาณที่

ต้องการ กำลังของเครื่องยนต์สูงสุดที่ได้จะลดลง ดังนั้นข้อแตกต่างในการออกแบบยานยนต์ให้ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล คือ ต้องออกแบบให้หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มสูบน้ำมันและถังน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีขนาดใหญ่กว่า เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลมีค่าพลังงานลดลงประมาณร้อยละ 2 สำหรับเอทานอลที่เติมลงไปทุกๆ ร้อยละ 5 โดยปริมาตร ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของเครื่องยนต์ได้อย่างลึกซึ้ง ถึงแม้ว่าจะใช้เชื้อเพลิงด้วยสัดส่วนผสมที่สูงๆ จนถึงใช้เอทานอลล้วนๆได้[49] ด้วยเหตุผลนี้ ค่าพลังงานจึงสามารถใช้แสดงเกณฑ์สูงสุดสำหรับปริมาณเอทานอลในเชื้อเพลิงมาตรฐาน เพราะถึงแม้ว่ามีค่าพลังงานต่ำก็ยอมให้ยานยนต์ทำงานได้โดยที่มีกำลังและแรงบิดที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นผลที่เกิดขึ้นจากการที่มีค่าพลังงานต่ำ เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจึงมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในเชิงปริมาตรในทุกๆกรณี

ค่าซีเทน

ข้อได้เปรียบของเอทานอลที่เชื้อเพลิงมีค่าออกเทนสูงสำหรับเอสไอ เป็นข้อเสียเปรียบโดยพื้นฐานอย่างมากที่จะนำมาใช้ในเครื่องยนต์ซีไอ *ความสามารถของเชื้อเพลิงที่จุดติดไฟได้ด้วยตัวเอง ที่เป็นคุณสมบัติของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลนั้นเรียกว่าเป็นค่าซีเทน* เครื่องยนต์ดีเซลในปัจจุบันถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับเชื้อเพลิงที่มีค่าซีเทน 40 และ 51 อ้างอิงตามมาตรฐาน U.S. ASTMD975 และ EU EN590 ของสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปตามลำดับ ได้มีการถกเถียงกันเรื่องค่าซีเทนที่เป็นตัวเลขที่แน่นอนของเอทานอลมาเป็นเวลายาวนาน เนื่องจากวิธีมาตรฐานสำหรับการวัดและประมาณค่า ไม่สามารถนำไปใช้อย่างถูกต้อง[146] แต่ค่าซีเทนของเอทานอลล้วนๆ ประเมินได้ว่ามีค่าประมาณ 5 - 15 ซึ่งหมายความว่าเชื้อเพลิงจากเอทานอลจะไม่มีโอกาสติดไฟได้ภายใต้เงื่อนไขของเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ลักษณะของการเผาไหม้มีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเชื้อเพลิงมีค่าซีเทนต่ำ กล่าวคือ การจุดระเบิดจากเชื้อเพลิงเอทานอลเกิดขึ้นได้ช้ากว่าด้วยน้ำมันดีเซล แต่เวลาการเผาไหม้จะสิ้นสุดในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งหมายความว่า ในขณะที่เกิดการ

เผาไหม้เมื่อใช้เอทานอลจะมีความรุนแรงมากกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล[147, 148] ในการผสมของเอทานอลและน้ำมันดีเซล ค่าซีเทนจะต่ำลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้น[149] ในการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจะต้องเติมสารเติมแต่งที่เรียกว่า สารช่วยจุดระเบิด เพื่อแก้ปัญหาการจุดระเบิด การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีค่าซีเทนต่ำเกินไปในเครื่องยนต์ซีไอ ทำให้เกิดปัญหาการติดเครื่องขณะเครื่องเย็น คือ ติดเครื่องได้ยากขึ้น[147] และปัญหาการปล่อย NO_x มาก[51]

คุณสมบัติในการหล่อลื่น

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล โดยเฉพาะหัวฉีดน้ำมันและปั๊มเชื้อเพลิง อาศัยคุณสมบัติหล่อลื่นของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการสึกหรอเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากที่หัวฉีดน้ำมันและปั๊มเชื้อเพลิง ในขณะที่การทดสอบอื่นๆไม่ได้แสดงปัญหาในเรื่องนี้[148, 48] เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลที่มีการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน มีสัดส่วนการผสมเอทานอลน้อยกว่าร้อยละ 15 พบว่าทำงานได้ดีกว่าที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดของมาตรฐาน U.S. ASTM ในเชิงคุณสมบัติการหล่อลื่นและความหนืดในเครื่องยนต์ดีเซล[49] การทดสอบได้แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงที่ผสมโดยใช้น้ำมันดีเซลชนิดที่ใช้ในฤดูหนาวกับเอทานอลโดยไม่เติมสารเติมแต่งเพิ่มคุณภาพจะสามารถผสมเอทานอลได้ถึงประมาณร้อยละ 45 โดยคุณสมบัติด้านความหนืดยังคงอยู่ในเกณฑ์ขั้นต่ำของมาตรฐาน ASTM ขณะที่เมื่อใช้น้ำมันดีเซลชนิดเฉพาะฤดูร้อนจะสามารถผสมเอทานอลได้ประมาณร้อยละ 20[49]

ดังนั้น เมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลและใช้เอทานอลล้วนๆ ต้องมีการเติมสารเติมแต่งที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติการหล่อลื่นหรือสารอื่นๆ เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถป้องกันปัญหานี้ได้ รถโดยสารขนาดใหญ่ของบริษัท Scania ทุกวันนี้มีการใช้เชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบเอทานอลร้อยละ 95 ผสมกับสารเติมแต่งเพิ่มคุณภาพร้อยละ 5 โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆในการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นจากที่ใช้ในรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ Scania ใช้ตามปกติ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าปัญหาการหล่อ

ลื่นสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้สารเติมแต่งเพิ่มคุณภาพหรือสารปรับปรุงคุณภาพอื่นๆได้

ค่าความหนืด

ความหนืดของเอทานอลมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลและแตกต่างจากข้อกำหนดของมาตรฐานน้ำมันดีเซล เนื่องจากปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงได้รับการออกแบบมาสำหรับเชื้อเพลิงที่มีค่าความหนืดสูงกว่า จึงทำให้เกิดปัญหาการสูบน้ำมันได้[49] คุณสมบัติการหล่อลื่นได้รับผลกระทบน้อยมากและปัญหาการรั่วซึมอาจเกิดขึ้นเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอล ในช่วงที่มีอากาศเย็นน้ำมันดีเซลจะเริ่มแข็งตัว แต่เมื่อเติมเอทานอลอาจช่วยในเรื่องนี้ได้ ลักษณะของการฉีดเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงด้วย เนื่องมาจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีความหนืดลดลงซึ่งในการศึกษาพบเรื่องนี้ไม่มากนัก

ความดันไอ

เอทานอลมีความดันไอสูงกว่าน้ำมันดีเซล หมายความว่าเอทานอลระเหยตัวได้รวดเร็วกว่าการใช้เชื้อเพลิง E-diesel ที่มีคุณสมบัติดันไอสูงร่วมกับมีความหนืดต่ำทำให้เกิดไอล๊อคและเกิดช่องว่างภายในระบบเชื้อเพลิงทำให้เชื้อเพลิงส่งไปยังเครื่องยนต์ได้ยากและน้อยลง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ควรต้องการการแก้ไข [51] เช่นเดียวกับเครื่องยนต์เอสไอ ส่วนความดันไอสูงของเอทานอลคาดว่าจะก่อให้เกิดการระเหยจากการปล่อยไอเสียในปริมาณสูง แต่ยังมีรายงานการศึกษาน้อยชิ้นเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ รวมถึงความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับความดันไอสูง

3.4.2 เทคนิคในการนำไปใช้

ตั้งแต่ปี พ.ศ.2523 (ค.ศ 1980) เป็นต้นมา ได้มีการศึกษาการใช้งานเอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซลรวมถึงเทคนิคทั่วไปในการใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้

1. เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล ทั้งในรูปที่เป็นอิมัลชั่นหรือของเหลวเหมือนนม และในรูปของสารละลาย
2. เชื้อเพลิงเอทานอลล้วนๆ ใช้ในเครื่องยนต์เอสไอโดยตรง หรือเติมสารเติมแต่งเพิ่มค่าซีเทน
3. ระบบการฉีดเอทานอลแยกต่างหาก ที่เป็นการฉีดพ่นเชื้อเพลิงคู่หรือใช้อบควัน

เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับเอทานอล

จากที่มีการศึกษากันมา เชื้อเพลิงผสมที่ใช้ 3 ประเภท คือ เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลและน้ำมันดีเซลในรูปที่เป็นสารละลายบริสุทธิ์ เชื้อเพลิงผสมในรูปสารละลายที่เติมสารเติมแต่งและเชื้อเพลิงผสมในรูปที่เป็นอิมัลชั่น ซึ่งรายงานการศึกษาจะมุ่งเน้นการใช้งานที่เป็นเชื้อเพลิงผสมในรูปสารละลายที่เติมสารเติมแต่ง เนื่องจากสะดวกแก่การนำมาใช้และดัดแปลงให้เข้ากับระบบเชื้อเพลิงของยานยนต์แบบ fleet สำหรับเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปอิมัลชั่นนั้น ราคาการผลิตจะเป็นอุปสรรคที่ต้องให้ความสนใจ

เอกสารอ้างอิง ดูเหมือนว่ามีศักยภาพที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ซีไอ โดยใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลได้[77, 58, 150, 151, 152, 153, 154] เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลที่เดินเครื่องด้วยน้ำมันดีเซลปกติ ได้รับการพิจารณาว่าเป็นเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงสุดสำหรับการขนส่ง ศักยภาพนี้ อาจอยู่โดยเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 2 - 4 หรือร้อยละ 5 - 10 ของการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน ด้วยเชื้อเพลิงเอทานอลปริมาณต่ำผสมกับน้ำมันดีเซล เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเกิดขึ้นชัดเจนเมื่อใช้ที่ภาระระหว่างกลางและที่รับภาระโหลดสูงๆ จากนั้นจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามปริมาณเอทานอลที่เพิ่มสูงขึ้น ศักยภาพนี้อาจจะไม่ได้มาง่ายๆเพียงการเปลี่ยนเชื้อเพลิง แต่อาจต้องทำการปรับเปลี่ยนและดัดแปลงด้วย[51, 153, 58, 152]

ประเด็นที่เห็นชัดเจน คือ ปัญหาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นในเชิงปริมาตร แม้ว่าเครื่องยนต์อาจจะมีประสิทธิภาพในเชิงพลังงานมากกว่า เอทานอล

ยังคงใช้พลังงานต่อลิตรต่ำกว่า ดังนั้นจึงต้องใช้เชื้อเพลิงมากกว่าในการเดินทางด้วยระยะทางที่เท่ากัน ส่วนกำลังและแรงบิดเห็นได้ว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการดัดแปลงระบบเชื้อเพลิงให้เชื้อเพลิงไหลได้มากขึ้น[155] การศึกษาบางชิ้นแสดงผลที่ให้กำลังและแรงบิดสูงกว่า ขณะที่บางชิ้นแสดงถึงกำลังและแรงบิดที่ต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อดีเซลผสมเอทานอล เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ

ในปี พ.ศ.2546 (ค.ศ 2003) บริษัท Lubrizol Corporation ได้ตีพิมพ์รายงานที่ทบทวนการศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสียจากเครื่องยนต์ที่เดินด้วยเชื้อเพลิงผสมE-diesel ข้อมูลจคลอบคลุมถึงความแตกต่างของเครื่องยนต์ รูปแบบการขับขี่และการผสมกับ E-diesel ผลที่ได้รับแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าโดยเฉลี่ยของการปล่อยไอเสียเมื่อใช้เชื้อเพลิง E-diesel

	ไฮโดรคาร์บอน	คาร์บอนมอนอกไซด์	ไนโตรเจนออกไซด์	ฝุ่นละอองขนาดเล็ก
ข้อมูลทั้งหมด				
ค่าเฉลี่ย	**41%**	**16%**	**1%**	**-13%**
ค่าต่ำสุด	-16%	-30%	-20%	-72%
ค่าสูงสุด	164%	93%	25%	65%
ข้อมูลที่มีค่าซีเทนที่เท่ากัน				
ค่าเฉลี่ย	**6%**	**-9%**	**-2%**	**-25%**
ค่าต่ำสุด	-16%	-30%	-20%	-31%
ค่าสูงสุด	22%	5%	25%	-20%

ที่มา: Corkwell, Jackson and Daly[156]

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าไอเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากการใช้เชื้อเพลิงE-diesel ทั้งที่มีการเติมและไม่มีการเติมสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าซีเทน ***“ข้อมูลที่มีค่าซีเทนที่เท่ากัน”*** ที่แสดงในตารางหมายถึงการที่เชื้อเพลิงมีการเติมสารเติมแต่ง

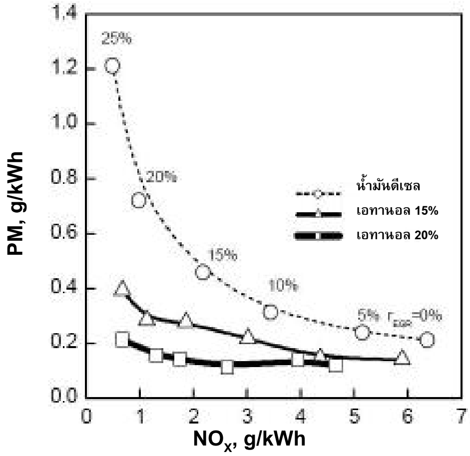
เพื่อปรับค่าซีเทนให้เท่ากัน ค่าที่เป็นลบ หมายถึงการลดการปล่อยก๊าซในไอเสียเมื่อทดสอบโดยใช้เชื้อเพลิงE-diesel เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลทั่วไป เชื้อเพลิงE-diesel ที่เติมสารปรับปรุงค่าซีเทนแล้วมีสมรรถนะที่ดีขึ้นกว่าเดิมในด้านการควบคุมไอสีย เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลธรรมดาที่ไม่ได้เติมสารปรับปรุงค่าซีเทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) สำหรับออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ดูเหมือนจะไม่ได้รับผลกระทบจากปริมาณเอทานอลที่ผสมในน้ำมันดีเซลและยังสามารถสรุปว่าก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่ปล่อยออกมีปริมาณสูงขึ้นหรือที่ดีที่สุดเท่ากับเมื่อใช้ E-diesel เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ ส่วนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน มีปริมาณที่คล้ายคลึงกันไม่ว่าจะใช้น้ำมันE-diesel หรือใช้น้ำมันดีเซลปกติ ดูได้จากค่าเฉลี่ยของจำนวนที่ทำการศึกษา ฝุ่นละอองขนาดเล็กลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้น้ำมันE-diesel และในการศึกษาหนึ่งสามารถลดลงได้ถึงร้อยละ 72 โดยใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลกับน้ำมันดีเซลโดยไม่เติมสารปรับปรุงค่าซีเทน[156] ซึ่งสรุปได้ว่า ไฮโดรคาร์บอน และคาร์บอนนอกไซด์จากไอเสียที่ปล่อยออกสามารถลดลงได้อย่างง่ายดายเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

รายงานล่าสุดได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่คล้ายกัน นั่นก็คือ ฝุ่นละอองและหมอกควันสามารถลดลงได้อย่างมากเมื่อมีนัยสำคัญใช้เอทานอลผสมในน้ำมันดีเซล [150, 148, 153, 157, 158, 154, 159] ผลการศึกษาที่มีความแตกต่างกันเนื่องมาจากมีเงื่อนไขตัวแปรที่แตกต่างกันไป เกี่ยวกับภาระเครื่องยนต์ การดัดแปลงเครื่องยนต์ และสารเติมแต่งเชื้อเพลิง การศึกษาส่วนใหญ่มีการมุ่งเน้นการผสมเอทานอลด้วยสัดส่วนต่ำกว่าอัตราส่วนปกติ ร้อยละ 20 ขณะที่มีเพียงไม่กี่การศึกษาที่ทำการทดลองผสมเอทานอลด้วยสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามปริมาณสารเติมแต่งที่ต้องการในการเติมในเชื้อเพลิงผสมเหล่านั้นเป็นเรื่องสำคัญ น้ำมันE-diesel และเชื้อเพลิงเอทานอลผสมน้ำมันดีเซลมีศักยภาพที่ช่วยลดปริมาณไอเสียได้อย่างมีนัยสำคัญทั้งในเครื่องยนต์เก่าและใหม่ที่ต้องดัดแปลงเครื่องเพื่อให้พร้อมกับการใช้งานกับเอทานอลที่เหมาะสม จากการศึกษาชิ้นหนึ่ง[51] ได้กล่าวว่า *"มีอุปสรรคมากมายในการใช้*

เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซล แต่นับว่าโชคดีที่อุปสรรคเหล่านั้น สามารถก้าวข้ามได้ด้วยค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมที่น้อยมาก หรือแทบไม่มีค่าใช้จ่ายเลย” การลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กและหมอกควันในเครื่องยนต์ซีไอ มีผลข้างเคียงในทางบวกดังนี้

- มีความเป็นไปได้ที่จะชดเชยสมดุลของออกไซด์ของไนโตรเจนและฝุ่นละออง ให้เป็นการลดออกไซด์ของไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- มีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มผลผลิตของกำลังและแรงบิดในเครื่องยนต์ที่จำกัดค่าหมอกควัน

การชดเชยสมดุลของสัดส่วน NO_x/PM เป็นปรากฏการณ์ที่รู้จักกันดี ในสถานการณ์ที่ปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนมากขึ้น ถ้าปรับตัวแปรของเครื่องยนต์ให้ปล่อยฝุ่นละอองลดน้อยลง และในทางกลับกัน การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง สมดุลนี้สามารถชดเชยได้มากกว่าที่จะลดออกไซด์ของไนโตรเจน โดยยอมให้มีการปล่อยฝุ่นละอองในปริมาณที่ลดน้อยลง ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24. สมดุลความสัมพันธ์ระหว่าง NO_x/PM

ที่มา: Mohammadi[160]

รูปที่ 24 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนกับฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ ที่มีผลมาจากการใช้ E15 และ E20 เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ ในขณะที่ปรับเปลี่ยนอัตราส่วน EGR ออกไซด์ของไนโตรเจนลดลงได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษที่มีราคาแพง แต่ในรูปที่ 24 นี้ แสดงให้เห็นว่าออกไซด์ของไนโตรเจนสามารถลดลงจากประมาณ 4.7 เป็น 1.3 กรัม/กิโลวัตต์-ชม. ในทางปฏิบัติจริงไม่มีฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น แนวโน้มนี้มีศักยภาพสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลทุกประเภทที่ใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลกับน้ำมันดีเซล สำหรับการใช้อุปกรณ์การกรองอนุภาคสมดุลของน้ำมันดีเซลจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

การปล่อยไอเสียที่ระเหยจากยานยนต์ พบว่าเป็นปัญหาในการศึกษาของประเทศออสเตรเลีย[161] ซึ่งเอทานอลก่อให้เกิดความดันไอที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีสัดส่วนการผสมเอทานอลที่ต่ำๆในน้ำมันเบนซิน ปรากฏการณ์เดียวกันนี้เกิดขึ้นเช่นกันในการผสมของเอทานอลในน้ำมันดีเซล สำหรับความดันไอที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการปล่อยสารระเหยออกมาได้สูงขึ้น แต่ต่างกับรถยนต์เบนซินที่ว่ารถยนต์ดีเซลไม่มีมาตรการควบคุมการปล่อยไอเสียจากการระเหยตัวเพราะโดยปกติแล้วปัญหานี้ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับรถยนต์ดีเซล ดังนั้นจึงไม่พบว่ามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบในเรื่องนี้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ไบโอดีเซล / เอทานอล / การผสมน้ำมันดีเซล

ขณะที่การผสมไบโอดีเซลในเชื้อเพลิงที่มีเป็นเอทานอลผสมอยู่กับน้ำมันดีเซลเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่ แต่ก็มีแนวโน้มที่มีความหวังสำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด เชื้อเพลิงไบโอดีเซลโดยทั่วไป คือ เมทิลเอสเทอร์ ที่ได้มาจากการเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันพืชหรือสัตว์หรือไขมันโดยผ่านปฏิกิริยาเคมี จากนั้นนำมาผสมในน้ำมันดีเซลด้วยสัดส่วนระดับหนึ่ง และมักใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยไม่มีการดัดแปลงทั้งเครื่องยนต์หรือดัดแปลงระบบเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามยังมีการใช้ไบโอดีเซลล้วนๆ เป็นเชื้อเพลิงด้วย ซึ่งอาจเกิดปัญหาที่เชื้อเพลิงนั้นมีค่าความหนืดค่อนข้างสูง ในเครื่องยนต์ซีไอ ที่ใช้การป้อนเชื้อเพลิงด้วยการฉีดโดยตรงนั้น อาจเกิดปัญหาการฉีด

พ่นฝอยของเชื้อเพลิงอันนำไปสู่การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าที่หัวฉีด และมีเขม่าสะสมที่หัวฉีด[162]

เชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซล เอทานอลและน้ำมันดีเซลปกติ ที่เรียกกันว่า ***BE-diesel*** หรือ ***EB-diesel*** เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นทางออกที่สามารถช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆที่เกิดขึ้นจากคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลและน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลสามารถใช้ผสมกับเอทานอลได้ในอัตราส่วนต่าง ๆและสามารถทำหน้าที่เป็นสารเติมแต่งที่ทำให้เชื้อเพลิงไม่เกิดการแยกชั้นสำหรับเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล ยกตัวอย่างเช่น ปรับปรุงคุณสมบัติการเป็นสารละลาย[163,164] การทดสอบโดยทั่วไปจะใช้เอทานอลผสมในปริมาณต่ำประมาณร้อยละ 5 - 10 ไบโอดีเซลประมาณร้อยละ 10 - 20 และน้ำมันดีเซลปกติประมาณร้อยละ 70 - 80 ดังนั้นจึงเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานหมุนเวียนร้อยละ 20-30 ซึ่งมีปริมาณพลังงานหมุนเวียนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเทคนิคในปัจจุบันและความคาดหวังทางการเมือง ประโยชน์หลักของการใช้ไบโอดีเซลในน้ำมันE-diesel มีดังต่อไปนี้

- ไบโอดีเซลมีค่าความหล่อลื่นที่สูง จึงช่วยบรรเทาค่าความหล่อลื่นต่ำของเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล
- ไบโอดีเซลมีค่าความหนืดสูง จึงช่วยชดเชยค่าความหนืดต่ำของเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล
- ไบโอดีเซลมีค่าซีเทนสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลปกติ มีค่าซีเทนสูงถึง 66 มีประโยชน์ที่ใช้ในเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลเพื่อช่วยชดเชยค่าซีเทนต่ำของเอทานอล
- ไบโอดีเซลช่วยป้องกันการแยกชั้นของเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลและช่วยเพิ่มเนื้อน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปของพลังงานหมุนเวียนมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
- ฟอร์มาลดีไฮด์และอะซีทาลดีไฮด์ในไอเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เอทานอล ขณะที่เมื่อใช้ไบโอดีเซล ไอเสียเหล่านั้นมีปริมาณลดลง
- น้ำมัน BE-diesel เป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าพลังงานคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลจากฟอสซิล

- ข้อสำคัญที่สุด คือ ไบโอดีเซลช่วยเพิ่มจุดวาบไฟให้กับน้ำมันE-diesel

อุปสรรคสำคัญสำหรับการใช้ไบโอดีเซลในภูมิอากาศเย็น คือ คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำ ที่มักรู้จักกันในคุณสมบัติของจุดขุ่น ในทางตรงกันข้ามเอทานอลที่ผสมในเชื้อเพลิงผสมไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล มีศักยภาพที่เป็นข้อได้เปรียบดังต่อไปนี้ [162, 165, 159, 166, 167, 168]

- มีคุณสมบัติที่อากาศเย็นที่ดีขึ้น หมายความว่า มีค่าจุดขุ่นและจุดไหลเทที่ต่ำลง
- มีค่าความหนืดลดลง ช่วยให้ปรับปรุงคุณลักษณะการฉีดพ่นเชื้อเพลิงและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้
- มีการปล่อยควันและออกไซด์ของไนโตรเจน ในไอเสียต่ำ
- ลดปัญหาการสะสมและมีคาร์บอนเกาะในเครื่องยนต์

ในการศึกษา[169]เอสเทอร์จากไขวัวใช้ผสมกับเอทานอลในอัตราส่วน 65:35 เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่มีค่าความหนืดสอดคล้องกับความหนืดของมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมายเลข 2 การผสมนี้ใช้น้ำมันดีเซลธรรมดาในการผสมและทำการตรวจสอบคุณสมบัติ ยกตัวอย่างเช่น การผสมใช้เอสเทอร์ร้อยละ 32.5 เอทานอลร้อยละ 17.5 และน้ำมันดีเซลร้อยละ 50 ได้เชื้อเพลิงผสมที่มีค่าซีเทนที่ดี มีค่าความหนืดและความหนาแน่นคล้ายคลึงกับคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลหมายเลข 2 ไบโอดีเซลสามารถใช้ป้องกันการแยกชั้นของน้ำมันE-diesel อ้างอิงตามการศึกษาของ He และคณะ[165] และ Fernando และคณะ[166] ที่พบว่าน้ำมัน BE-diedel อยู่ตัวได้อย่างมีเสถียรภาพที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส น้ำมันดีเซลเอทานอลและ O_2-diesel ที่มีการจำหน่ายทางการค้า มีการทดสอบการใช้งานที่เมืองวอชิงตันดี.ซี. สหรัฐอเมริกา พบว่าสามารถใช้งานได้เป็นที่น่าพอใจในคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการไหลที่อุณหภูมิต่ำและมีเสถียรภาพที่ดีลงไปจนถึงอุณหภูมิ - 26 องศาเซลเซียส[170]

ในบางกรณี พบว่าไบโอดีเซลช่วยลดจุดวาบไฟในเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล[159, 166] การค้นพบนี้นำไปสู่ความเป็นไปได้อีกหลายทาง เพราะในทางปฏิบัติ ข้อจำกัดในการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล คือ เรื่องค่าจุดวาบไฟต่ำ ถึงแม้ว่าจะผสมเอทานอลในจำนวนน้อยๆก็ตาม หากมีเอทานอล

เพียงร้อยละ 5-10 ผสมในน้ำมันดีเซลจะลดจุดวาบไฟลงได้เท่ากับจุดวาบไฟของเอทานอลล้วนๆ นั่นก็คือ มีจุดวาบไฟ 13 องศาเซลเซียส ในขณะที่จุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลบริสุทธิ์อยู่ที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นที่น่าสังเกตว่าไบโอดีเซลถึงแม้ว่าผสมลงในปริมาณที่น้อยมาก ก็ช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้ จุดวาบไฟมีค่า 56 องศาเซลเซียส สำหรับร้อยละ 5 ของ น้ำมัน E-diesel ที่ผสมไบโอดีเซลร้อยละ 1 และจุดวาบไฟมีค่า 45 องศาเซลเซียส สำหรับร้อยละ 10 ของน้ำมันE-dieselผสมไบโอดีเซลร้อยละ 1[167] ในการศึกษานี้ พบว่าถึงแม้ว่าจะใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่สูงกว่านี้ก็ไม่ช่วยเพิ่มจุดวาบไฟต่อไป ขณะที่ปริมาณเอทานอลที่ผสมเพิ่มมากขึ้นจะลดจุดวาบไฟลงอย่างมีนัยสำคัญ

จุดสำคัญที่สุดของการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง คือ สัดส่วนที่น้ำมันดีเซลสามารถถูกแทนที่ได้ โดยที่ยังสามารถใช้งานได้ในเครื่องยนต์ที่ไม่ต้องดัดแปลง และยังคงรักษาประโยชน์ที่ได้รับในเชิงการเกิดฝุ่นละอองจากเชื้อเพลิงผสมเอทานอลกับน้ำมันดีเซล ด้วยงานวิจัยที่มีเชื้อเพลิง EB-Diesel ที่เติมสารเติมแต่งเพียงเล็กน้อยทำให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานเชื้อเพลิงดีเซลได้

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมัน EB-diesel กับน้ำมันดีเซลธรรมดา

คุณสมบัติ	ASTM D975	EN 590	E-DIESEL (E15)	BE10-Diesel
ความหนาแน่นที่ 15 , กรัม/ซม^3	0.803-0.887	0.820-0.845	0.851	0.833
ค่าซีเทน	> 40	> 51	45	50
จุดวาบไฟ, ° ซ	> 52	> 55	13	45
ความร้อนของการเผาไหม้, เมกกะจูลล์ / กก.	43	-	40.4	43.1
ค่าความหนืด ที่ 40 °ซ, มม^2 / วินาที	1.9-4.1	2.0-4.5	2.25	2.21
ค่าความหล่อลื่น, ไมโครเมตร	<360	สูงสุด 460	-	<360
จุดขุ่น, °ซ	-19	-	-5	-24

ที่มา: [171, 167, 172, 59]

เอทานอล

การใช้เอทานอลล้วนๆในเครื่องยนต์ดีเซล ต้องใช้ทั้งการจุดระเบิดด้วยหัวเทียน (spark plug) โกรว์ปลั๊ก (glow plug) หรือใช้สารช่วยจุดระเบิดเพื่อช่วยให้เชื้อเพลิงจุดระเบิดได้อย่างเหมาะสมหรือหลีกเลี่ยงความล่าช้าของการจุดระเบิดที่ยาวนาน เอทานอลล้วนๆยังต้องใช้วัสดุในระบบเชื้อเพลิงและการสอบเทียบเครื่องยนต์เป็นพิเศษ การใช้สารช่วยจุดระเบิดจะเพิ่มค่าซีเทน และจากประสบการณ์ที่ใช้เอทานอลล้วนกับรถโดยสารขนาดใหญ่ของ บริษัท Scania ในประเทศสวีเดน[173] แสดงให้เห็นว่าหากใช้สารช่วยปรับปรุงการจุดระเบิดประมาณร้อยละ 5 เครื่องยนต์ยังสามารถเดินเครื่องได้ตามต้องการ โดยในท้องตลาดมีการจำหน่ายสารปรับปรุงการจุดระเบิดหลายประเภทและหลายยี่ห้อ จึงสามารถพิจารณาเลือกนำมาใช้ได้ตามคุณสมบัติ ราคา และผลลัพธ์ที่ต้องการ

แนวคิดของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีอุปกรณ์ช่วยการติดไฟ หรือ spark-assisted diesel engine (SADE) เป็นการเชื่อมต่อเครื่องยนต์สองประเภท คือ เครื่องยนต์เอสไอ และเครื่องยนต์ซีไอ แนวคิดของเครื่องยนต์ SADE อาจใช้รูปแบบของเครื่องยนต์ชนิดใดชนิดหนึ่งและเป็นรูปแบบของเครื่องยนต์ในอนาคต ในการกำหนดขอบเขตที่เป็นความหมายของเครื่องยนต์เอสไอ และซีไอ หายไป ตัวอย่างเช่น ระบบ CAI ที่ใช้ในแนวคิดของเครื่องยนต์ DiesOtto ของบริษัท Mercedes Benz[92, 93] ซึ่งสวิตช์ของเครื่องยนต์จะติดโดยอัตโนมัติ ในระหว่างช่วงโหมดของเครื่องยนต์เอสไอและซีไอทำงาน หัวเทียน (spark plug) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่ทำให้เอทานอลซึ่งมีคุณสมบัติการติดไฟที่ไม่ดี เผาไหม้ในเครื่องยนต์ซีไอ และแม้ว่าเอทานอลล้วนๆ ก็นำมาใช้ได้ งานทดลองที่ดำเนินการที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเฮลซิงกิ แสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นที่มีเอกลักษณ์พิเศษของแนวคิดนี้ โดยใช้หัวเทียนเครื่องยนต์ดีเซลสามารถทำงานได้ดีด้วยการใช้น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และใช้เอทานอลล้วนๆ[151] แนวคิดของเครื่องยนต์ SADE พบว่ามีประสิทธิภาพและกำลังที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซล ที่เดินเครื่องได้โดยไร้ควันในไอเสียที่ปล่อยออก

การนำระบบเอสไอ มาใช้ ต้องทำการออกแบบเครื่องยนต์ซีไอ ใหม่ แต่มีข้อได้เปรียบที่ไม่ต้องมีสารปรับปรุงการจุดระเบิด ขณะที่ได้เครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและทำงานได้เหมือนเครื่องยนต์ดีเซล[52,77,151] เนื่องจากห้องเผาไหม้แต่เดิมออกแบบให้เหมาะกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซล รูปร่างจึงไม่เหมาะสำหรับการเผาไหม้เอทานอล อย่างไรก็ตามคุณลักษณะรูปทรงที่สำคัญของห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล คือ ความสามารถที่ให้ของผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเกิดการหมุนได้อย่างปั่นป่วน เพื่อเพิ่มการผสมและเกิดการเผาไหม้ได้ การเกิดการหมุนอย่างปั่นป่วนกับเอทานอลนี้อาจเกิดอาการน๊อคได้[53] เนื่องจากเครื่องยนต์ประเภท SADE เดินเครื่องได้อย่างสัมพันธ์กัน (stoichiometrically) การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาสามทาง (Three way Catalyst) จะช่วยลดการปล่อยไอเสียลงได้ พร้อมๆกับความเป็นไปได้ที่เกิดการเผาไหม้โดยไร้ควัน ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยให้เกิดทางเลือกในการใช้เอทานอลทำให้เกิดการเผาไหม้สะอาดพร้อมๆกับได้ประสิทธิภาพสูงสุด อีกวิธีการ

หนึ่งที่ช่วยให้การจุดระเบิดเมื่อใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ คือ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ทำได้ด้วยการติด glow plug ที่เคลือบด้วยวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยานี้ช่วยลดอุณหภูมิเผาไหม้ที่สามารถเริ่มเกิดขึ้นได้บางทีถึงหลายร้อยองศาเซลเซียสต่ำกว่าอุณหภูมิการติดไฟตามปกติ[52] การเผาไหม้ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาให้ประโยชน์ในการลดความล่าช้าในการจุดระเบิดซึ่งเป็นปัญหาปกติสำหรับเอทานอลที่ใช้ในเครื่องยนต์ซีไอ[174] วิธีการแก้ปัญหานี้เป็นการพัฒนาโดยบริษัทวิจัย Sonex ทำการวิจัยพัฒนาลูกสูบพิเศษที่มีช่องว่างเล็กๆที่เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบ ช่องว่างนี้ช่วยเพิ่มปฏิกิริยาเคมีในช่วงก่อนการจุดระเบิดอย่างรวดเร็วและทำหน้าที่เหมือนเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มค่าซีเทน ในเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลล้วนๆ[175]

ทางเลือกอีกทางหนึ่งเป็นทางเลือกที่ค่อนข้างหรูหราที่ใช้เอทานอลล้วนๆ คือ การผลิตสารเพิ่มค่าซีเทนบนยานยนต์ ศูนย์วิจัยการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แห่งมหาวิทยาลัยคาลาเมอร์ เป็นศูนย์วิจัยที่ตั้งขึ้นโดยอุตสาหกรรมรถยนต์และเชื้อเพลิงของสวีเดนโดยความร่วมมือของภาครัฐของประเทศ เป็นการดำเนินการวิจัยเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มค่าซีเทนโดยผลิตตัวเร่งปฏิริยา (Catalyticaly on-board) บนยานยนต์จากเอทานอลระหว่างที่มีการใช้งาน[176]

สมรรถนะของการใช้งานเอทานอลล้วน ๆ

ศักยภาพของข้อดีในการใช้เอทานอลล้วนๆในเครื่องยนต์ซีไอ มีดังนี้

- สามารถทดแทนปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลได้สูงสุด
- มีการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือควัน และการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนในปริมาณต่ำมาก
- ประสิทธิภาพพลังงานสูง
- การใช้เอทานอลที่มีน้ำช่วยบรรเทาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ในระดับสูง

เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอล เอทานอลล้วนๆเป็นเชื้อเพลิงที่ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้สูงสุด ในการศึกษาการเดินเครื่องด้วยเอทานอลล้วนๆหรือเชื้อเพลิงเอทานอลปริมาณสูง มีการรายงานว่า ปล่อยออกไซด์ของ

ไนโตรเจนต่ำ เป็นผลมาจากการที่มีค่าความร้อนแฝงสูงและอุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เชื้อเพลิงมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมกับการปรับแต่งเครื่องยนต์ ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ที่ต่ำอาจเป็นสาเหตุจากการที่เอทานอลจุดไฟติดช้า การติดไฟช้านี้ขยับให้การเผาไหม้เกิดช้าลง ไปอยู่ในช่วงการขยายตัวของเครื่องยนต์ซีไอ ทำให้ลดความดันและอุณหภูมิลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ลดลง[150] ปฏิบัติการที่เรียกว่า ปฏิบัติการไร้ควันนั้นเกิดขึ้นได้กับการใช้เอทานอลล้วนๆเป็นเชื้อเพลิง ในงานวิจัยหลายชิ้นในเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นอย่างสม่ำเสมอว่ามีการเพิ่มประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นฐานการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ระบบคู่ (Dual Systems)

ถึงแม้ว่าแนวคิดของการมีการจัดการสองระบบคู่ที่ใช้กับเชื้อเพลิงแตกต่างกัน ดูเหมือนว่าไม่น่าเป็นไปได้ที่จะใช้ในเชิงพาณิชย์ได้อย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังมีข้อดีเมื่อเทียบกับข้อยุ่งยากที่มีไม่มาก ข้อเสียหลักสำหรับผู้ใช้ คือ จำเป็นต้องทำการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงสองถังที่แยกออกจากกัน อย่างไรก็ตามราคาเอทานอลที่เป็นเชื้อเพลิงที่ถูกกว่า อาจเป็นแรงผลักดันให้ผู้ใช้รถให้ความสนใจและหันมาใช้อยู่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผลที่ได้รับคือการเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิง

การรมควัน Fumigation ของเอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซลทำได้โดยการปล่อยให้เอทานอลระเหยในกระแสอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่เครื่องยนต์ ระบบเชื้อเพลิงเพิ่มเติมสำหรับเอทานอลประกอบด้วยถังเชื้อเพลิง ท่อน้ำมัน ระบบควบคุม และคาร์บูเรเตอร์หรือหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินการนี้ ปริมาณการใช้เอทานอลที่ภาระและความเร็วที่แตกต่างกันเพื่อเป็นการปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่ภาระต่ำๆจะใช้เอทานอลน้อยมากหรือแทบไม่ใช้เลยเพื่อป้องกันไม่ให้เปลวไฟดับและเกิดการติดไฟอย่างไม่ถูกต้อง ที่ภาระสูงๆเอทานอลที่ใช้ยังมีปริมาณค่อนข้างต่ำเพื่อป้องกันการจุดระเบิดก่อนเวลาและป้องกันอาการน็อค ที่ภาระช่วงกลางใช้เอทานอลประมาณร้อยละ 50 - 60 (โดยพลังงาน) ในการรมควันได้ ข้อดีของการรมควัน คือ สามารถใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบได้[55,177] การใช้

การรมควันในเครื่องยนต์ดีเซลเทอร์โบที่เป็นเครื่องยนต์ในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่ามีปัญหาเกิดขึ้นในบางกรณี และพบว่าชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีการเสียหายเนื่องจากผลกระทบจากการฉีดของเหลวในเทอร์โบคอมเพรสเซอร์[53] ข้อดีของเทคนิคนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ได้ ในบางกรณการเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงทดแทนได้ในปริมาณสูง และทำการดัดแปลงระบบได้ง่ายและเครื่องยนต์มีความยืดหยุ่นเพียงพอที่ใช้กับน้ำมันดีเซลธรรมดาได้ถ้าต้องการ

การฉีดพ่นเชื้อเพลิงระบบคู่หรือการฉีดพ่นนำร่อง คือ การรวมระบบเชื้อเพลิงสองระบบเข้าด้วยกัน หัวฉีดหนึ่งใช้ฉีดเอทานอล อีกหัวฉีดหนึ่งใช้สำหรับฉีดน้ำมันดีเซล การฉีดระบบเชื้อเพลิงระบบคู่ หมายถึงการฉีดพ่นเชื้อเพลิงทั้งสองโดยตรงเข้าสู่ห้องเผาไหม้[177] โดยการใช้น้ำมันดีเซลฉีดนำร่องหลังจากนั้นจึงทำการฉีดเอทานอล ซึ่งสามารถใช้เอทานอลได้จนถึงร้อยละ 90 (โดยพลังงาน) ที่ภาระสูงๆ และในปริมาณร้อยละ 50-60 ที่ภาระต่ำๆ และภาระช่วงกลาง[150, 53] เทคนิคนี้ทำให้เครื่องยนต์มีความยืดหยุ่นสูง เพราะสามารถใช้ได้กับเอทานอลในสัดส่วนที่กว้างตลอดจนถึงการใช้เอทานอลล้วนๆถ้าจำเป็นต้องใช้ การยืดหยุ่นนี้ยังขยายไปยังตัวแปรของเครื่องยนต์ด้วย ซึ่งสร้างโอกาสให้มีการควบคุมการเผาไหม้ได้ในระดับสูง ยกตัวอย่างเช่น มุ่งเน้นที่ประสิทธิภาพสูงสุดหรือปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน และฝุ่นละอองต่ำ[160] เทคนิคนี้เป็นตัวแปรของสิ่งที่เรียกว่าชุดความคุมการผสมเชื้อเพลิงก่อนเผาไหม้ (PCCI) สารเติมแต่งช่วยการหล่อลื่นหรือวัสดุปรับปรุงคุณภาพอาจจำเป็นสำหรับใช้กับเทคนิคนี้ ประโยชน์หลัก คือ เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูง ปริมาณเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลสูง และปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนและฝุ่นละอองต่ำ[55]

เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบในเครื่องยนต์ซีไอ (CI Engines)

วัตถุประสงค์ของการใช้เอทานอลซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบในเบื้องต้นอยู่ที่ขั้นตอนการผลิต แต่ยังไม่มีในการใช้งานมากนัก อย่างไรก็ตามเอทานอลที่มีน้ำดูจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาที่พอจ่ายได้เมื่อเทียบกับเอทานอลไร้น้ำ เรื่องนี้ถูกใช้เป็นแรงจูงใจในตลาดบราซิลการศึกษาในอินเดีย[178] ได้มีการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงผสม

เอทานอลและน้ำมันดีเซล มีระดับ 150-200 ° proof[4] ของเชื้อเพลิงผสมเอทานอลกับน้ำมันดีเซล โดยมีส่วนผสมเอทานอลร้อยละ 10 - 20 ในลำดับ มีการตรวจสอบแนวโน้มของการแยกชั้นของเชื้อเพลิง และผลแสดงให้เห็นว่า 150° และ 160° เอทานอลไม่เหมาะสำหรับการผสม ถึงแม้ว่ามีปริมาณที่ต่ำถึงร้อยละ 10 สำหรับ 170° สามารถใช้กับปริมาณเอทานอลร้อยละ 15 ในการผสม ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงผสมพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในส่วนผสม ค่าความหนืดของการผสมเอทานอลพบจะคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลล้วนๆ กำลังที่ได้หรือที่เรียกว่า แรงม้าเพลา "Brake Horsepower : Bhp" พบว่ามีค่าคล้ายกันมกา จากภาระร้อยละ 25 - 100 กับเชื้อเพลิงผสมทุกประเภท ประสิทธิภาพเชื้อเพลิงพบว่ามีค่าสูง ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงผสมเอทานอลและน้ำมันดีเซลมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าแม้ว่ามีการใช้น้ำร้อยละ 15 ในเอทานอลผสมดีเซล ก็ไม่ทำให้เกิดปัญหาใดๆในประเด็นต่างๆ ดังนี้ คือ กำลังส่งออก ความหนืด และการแยกชั้นของเชื้อเพลิง ในขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ยังคงเพิ่มขึ้น ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของชั้นของสารละลาย มีข้อสังเกตว่าการศึกษานี้ยังไม่ได้ระบุว่าจะสามารถรักษาความคงตัวของชั้นสารละลายได้ที่อุณหภูมิใด สมมติว่ามีการนำมาตรฐานของอินเดียมาใช้ อุณหภูมิอาจจะค่อนข้างสูงและผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่เหมือนกับภูมิอากาศในเขตหนาวเย็น

ถึงแม้ว่าการวิจัยในเรื่องเหล่านี้ยังมีจำกัด งานศึกษาได้ให้แนะนำว่ามีศักยภาพในด้านดี โดยหลักๆ คือ การปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนในปริมาณต่ำและมีประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูง ประสบการณ์ในประเทศสวีเดนกับรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ทดสอบโดยใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 95 ผสมกับน้ำร้อยละ 5 พบว่าไม่มีปัญหาใดเกิดขึ้นเพิ่มเติมเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วยสามารถใช้ได้งานได้ในกรณีพิเศษแต่มีศักยภาพสูง

[4] Proof เป็นค่าการวัดของสหรัฐอเมริกาถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลและน้ำ Proof เป็นค่าสองเท่าของร้อยละปริมาตรเอทานอล เช่น 200° proof เป็นเอทานอลบริสุทธิ์ และ 160° proof เป็นเอทานอลร้อยละ 80 ในน้ำร้อยละ 20

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แนวคิดที่นำเอทานอลที่มีน้ำอยู่ด้วยมาใช้ในเครื่องยนต์ซีไอ นั้น มีข้อดี 2 ประการ คือ เป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงบนพื้นฐานวงจรชีวิตในช่วงการผลิตและเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพเท่าเทียมกันหรือดีขึ้นกว่าน้ำมันดีเซลในช่วงการใช้งาน

3.4.3 การทดลองกับยานยนต์ฟลีท (Fleet)

การทดลองรถกับยานยนต์ Fleet ได้ดำเนินการศึกษาโดยใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซลในภูมิอากาศที่แตกต่างกันทั่วโลก ในรัฐต่างๆในอเมริกา ออสเตรเลีย สวีเดน เดนมาร์ค ไอร์แลนด์ และอินเดีย[62] ในขณะนี้มีการทดสอบเดินเครื่องแล้วเป็นล้านไมล์ การทดลองยังดำเนินการต่อไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อเร็วๆนี้มีการทดสอบในระดับใหญ่ที่รัฐ Karnataka ในประเทศอินเดีย ที่รัฐ Karnataka อินเดีย ในขณะนี้เป็นการทดสอบเชื้อเพลิงเอทานอลผสมดีเซลที่ใหญ่ที่สุดของโลก ประกอบด้วยรถโดยสาร 5,200 คัน ใช้ O_2-diesel (Enerdiesel) ซึ่งเป็นน้ำมันดีเซลที่ประกอบด้วยเอทานอลร้อยละ 7.7 และสารเติมแต่งที่ได้จากชีวมวลร้อยละ 0.5[179] การทดลองแบบ fleet ใช้น้ำมัน E-diesel ประมาณ 120 ล้านลิตรต่อปี ทำการผสมเชื้อเพลิงที่ปั๊มจ่ายน้ำมันโดยควบคุมการฉีดน้ำมันด้วยคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโดยที่ยังสามารถจัดจำหน่ายดีเซลปกติได้ วิธีนี้มีข้อดีหลายประการรวมถึงการป้องกันสารปนเปื้อน ความเป็นอิสระจากบริษัทน้ำมันผสม และการใช้โครงสร้างพื้นฐานเชื้อเพลิงปกติ[42] Energenics ผู้ผลิตเชื้อเพลิง O_2-diesel อ้างว่าวิธีการผสมใช้ได้กับน้ำมันดีเซลพื้นฐานและ Enerdiesel สามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์แต่ประการใด ในขณะที่ยังคงให้ผลผลิตกำลังเครื่องยนต์และประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลปกติ ประโยชน์ของการใช้ O_2-diesel นี้สามารถลดควันลงได้ร้อยละ 50 และลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงได้ลงเล็กน้อยคือประมาณ 0.25 รูปี (หรือ 0.0045 ยูโร) ต่อลิตร[(179)]

Scania เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่ผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้งานหนักที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงตั้งแต่กลางปี พ.ศ.2523 (ค.ศ 1980) และมีการผลิตตั้งแต่พ.ศ.2533 (ค.ศ 1990) และติดตั้งในรถโดยสารมากกว่า 600 คัน และนำมาใช้งานในเมือง

สวีเดน มีสมรรถนะด้านการปล่อยไอเสียดีกว่ารถโดยสารที่ใช้น้ำมันดีเซลปกติ รถรุ่นที่สามอยู่ในระหว่างการทดสอบโดยใช้เอทานอลซึ่งประกอบด้วยน้ำและมีสารช่วยปรับปรุงการจุดระเบิดอีกร้อยละ 5 (ที่เรียกว่า E95) เชื้อเพลิงที่ใช้นี้มีประสิทธิภาพเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนถึงร้อยละ 44 และในขณะนี้เทคโนโลยีนี้พิสูจน์ได้อย่างเต็มที่ว่ามีการใช้งานได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่มีข้อเสียใด ๆเกิดขึ้น รถโดยสารที่ติดตั้ง EGR และตัวเร่งออกซิไดซ์ที่เหมาะกับการใช้ลดการปล่อยอะเซทาลดีไฮด์ ส่งผลให้มีการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนในปริมาณต่ำ และปล่อยไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในระดับต่ำมาก เพื่อรองรับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลและลดปริมาณสารเติมแต่งปรับปรุงคุณภาพด้านการจุดระเบิด เครื่องยนต์ต้องมีองค์ประกอบเหล่านี้ กล่าวคือ เพิ่มอัตราส่วนการอัดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ มีวัสดุที่ทนต่อเอทานอลในระบบเชื้อเพลิง และถังน้ำมันขนาดใหญ่[180]

การทดลองเป็นแบบ fleet เช่นนี้ แสดงให้เห็นภาพว่าการใช้เอทานอลมีศักยภาพที่ดี คือ ให้การเผาไหม้ที่สะอาด ได้ประสิทธิภาพสูงในเครื่องยนต์ซีไอ รถโดยสารในหลายกรณีเติมเชื้อเพลิงจากหน่วยงานกลางซึ่งค่อนข้างสะดวกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานเชิงพาณิชย์ทั่วไปที่ต้องระมัดระวังเรื่องความปลอดภัย ขณะเดียวกันไอเสียจากการระเหยมลพิษที่เป็นอันตรายในเขตเมืองสามารถลดอันตรายนี้ได้หากใช้เชื้อเพลิงเอทานอล ถึงแม้ว่าในงานวิจัยบางชิ้นแสดงให้เห็นถึวข้อดีที่เกิดขึ้นจะมีความสำคัญน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องยนต์สมัยใหม่ที่ติดอุปกรณ์การกรองอนุภาคดีเซลไว้[181]

3.4.4 การอภิปราย

ในแต่ละเทคนิคที่ได้มีการกล่าวถึงในรายงานฉบับนี้ มีทั้งข้อดีและข้อเสียเปรียบ ซึ่งรวบรวมไว้ในตารางที่ 8 ประโยชน์โดยทั่วไปสำหรับทุกเทคนิคที่ใช้ คือ มีการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือควันต่ำ และมีศักยภาพมาเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพเท่ากับหรือดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซลปกติ ข้อเสียที่ใหญ่ยิ่ง คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในเชิงปริมาตรค่อนข้างสูง ต้องใช้วิธีจัดการและขนย้ายเชื้อเพลิง

ด้วยวิธีพิเศษเนื่องจากมีค่าจุดวาบไฟต่ำ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงครบทุกตัวและต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง เครื่องยนต์หรือทั้งสองอย่าง บางเทคนิคนั้นไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานดีเซล เมื่อรถยนต์นั้นออกแบบมาเพื่อใช้กับเอทานอล

ความสำเร็จในการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ เทคนิคที่ใช้น้ำมัน E-diesel บริษัทออกซิเจนดีเซล เป็นบริษัทผู้นำของโลกที่นำเทคนิคของน้ำมัน E-diesel มาใช้ บริษัทได้ทำการผลิตสารเติมแต่งที่ให้เชื้อเพลิงมีตัวแปรได้ต่างๆกัน เชื้อเพลิงที่มีเอทานอลร้อยละ 7.7 และสารเติมแต่งน้อยกว่าร้อยละ 1 สำหรับสูตรใหม่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลร้อยละ 20 เอทานอลร้อยละ 7.7 และสารเติมแต่งร้อยละ 0.7 และเติมน้ำมันดีเซลทั่วไป ตัวแปรอื่นๆยังได้รับการทดสอบสูตรใหม่ขึ้นมาอีก ประกอบด้วยเชื้อเพลิงหมุนเวียนที่ไม่ใช่ฟอสซิลในปริมาณร้อยละ 28 มีการทดสอบ fleet หลายแห่งทั่วโลกหรือระหว่างดำเนินการทดสอบที่สามารถอธิบายความสำเร็จได้ บริษัทออกซิเจนดีเซล ผู้ผลิตน้ำมัน E-diesel ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการทรัพยากรทางอากาศแคลิฟอเนีย (California Air Resources Board) ว่าเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ณ เดือนตุลาคม พ.ศ.2546 (ค.ศ 2003) นอกจากนี้ บริษัทนี้จะมีร่วมมือกับ IFP ซึ่งเป็นสถาบันปิโตรเลียมฝรั่งเศส ในสมาคม E4D (เอทานอลสำหรับดีเซล) ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนอุตสาหกรรมรถยนต์ที่เป็นผู้แทนจาก Volvo Delphi Renaulและ Petrobras

ตารางที่ 8 ภาพรวมของสารละลายเอทานอลกับน้ำมันดีเซล

วิธีการ	ปริมาณทดแทนน้ำมันดีเซล	ประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้น	แนวโน้มข้อเสียเปรียบ
ผสมในรูปสารละลาย	ถึงร้อยละ 20	▪ สามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลไม่ต้องดัดแปลง ▪ ไม่แพงเมื่อเทียบกับการผสมในรูปอิมัลชั่น	▪ ต้องใช้เอทานอลไร้น้ำ ถ้าต้องลดต้นทุนและใช้สารเติมแต่งน้อย ▪ คุณสมบัติเช่นค่าพลังงานต่ำ ความหนืดต่ำและการหล่อลื่น ▪ ไม่คงตัว มีอายุการเก็บสั้น
ผสมในรูปอิมัลชั่น	ถึงร้อยละ 40	▪ สามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลไม่ต้องดัดแปลง ▪ ปริมาณทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลสูงกว่าเมื่อเทียบกับในรูปสารละลาย	▪ ในกระบวนการผสม ▪ มีค่าใช้จ่าย
ผสมระหว่างเอทานอล ไบโอดีเซลและดีเซลธรรมดา	ถึงร้อยละ 100	▪ ทดแทนฟอสซิลได้มาก ▪ คุณสมบัติใกล้เคียงกับข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง	▪ มีวิจัยน้อย ▪ ต้องใช้เอทานอลไร้น้ำ
ระบบฉีดพ่นคู่	ถึงร้อยละ 90	▪ ไม่ต้องใช้เอทานอลไร้น้ำ ▪ ให้กำลังเครื่องยนต์สูง เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ▪ เป็นทางเลือกที่ใช้เชื้อเพลิงยืดหยุ่น	▪ ต้องมีระบบน้ำมันเชื้อเพลิงเสริมแยกต่างหากสำหรับเอทานอล ▪ ต้องใช้สารเติมแต่งเพิ่มการหล่อลื่น ▪ ผู้ใช้รถต้องดูแลเป็นพิเศษในการเติมน้ำมันสองถัง
การรมควัน	ร้อยละ 50-60	▪ ต้องใช้เอทานอลไร้น้ำ ▪ ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กน้อยเมื่อใช้เอทานอล และปรับกลับไปได้อย่างง่าย ๆเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ▪ เครื่องยนต์มีกำลังสูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล	▪ ต้องติดตั้งระบบเชื้อเพลิงและถังเพิ่มเติมสำหรับใช้กับเอทานอล ▪ ผู้ใช้รถต้องดูแลเป็นพิเศษในการเติมน้ำมันสองถัง

เอทานอลล้วนๆ ใช้กับเครื่องยนต์ SADE	ร้อยละ 100	▪ ไม่ต้องใช้เอทานอลไร้น้ำ ▪ ใช้เชื้อเพลิงทดแทนฟอสซิลได้สูงสุด ▪ มีแนวโน้มที่เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดที่สุด	▪ ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์จำนวนมาก ทั้งระบบการเผาไหม้ ▪ มีงานวิจัยน้อย ▪ ไม่สามารถใช้ดีเซลปกติ
เอทานอลล้วนๆ ใช้กับ GLOW Plug	ร้อยละ 100	▪ แทนที่ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลได้สูงสุด ▪ ดัดแปลงแก้ไขเครื่องยนต์ได้อย่างง่ายๆ	▪ มีงานวิจัยน้อย ▪ ไม่สามารถใช้กับน้ำมันดีเซลปกติ
เอทานอลล้วนๆ กับการใช้สารเติมแต่งช่วยการเผาไหม้	ร้อยละ 95	▪ ได้รับการพิสูจน์ทำงานได้ดีทุกวัน ▪ แทนที่ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลได้สูงสุด	▪ มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนที่เป็นสารเติมแต่ง ▪ ไม่สามารถใช้กับน้ำมันดีเซลปกติ

มีการเทคนิคใช้งานมากมายที่ดูเหมือนว่าจะเป็นไปไม่ได้กับโครงสร้างพื้นฐานของตลาดเชื้อเพลิงและตลาดpkoยนต์ ซึ่งเอทานอลล้วนๆไม่มีการวางในตลาดเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งในหลายๆแห่ง มีเฉพาะในตลาดบราซิลเท่านั้น การใช้งานในหลายๆแห่งส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นคำแนะนำสำหรับการพัฒนาในอนาคตและต้องการระบบโครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติมสำหรับอนาคต บางแห่งการใช้งานยังไม่ได้รับการพัฒนาได้เต็มศักยภาพที่มีและบางแห่งยังอยู่ในระยะเริ่มต้น ไม่ว่าจะเป็นความต้องการทางการเมืองหรือการที่ราคาน้ำมันขึ้นสูงอย่างรวดเร็วทำให้ต้องพัฒนาเทคนิคเหล่านี้ในขนาดที่ใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตามผลประโยชน์ที่ได้รับทั้งทางสังคมและสิ่งแวดล้อมของเทคนิคเหล่านี้ดูจะเป็นเรื่องมีนัยสำคัญอย่างมาก การได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจากการใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบเปรียบเทียบกับการใช้เอทานอลไร้น้ำเป็นเรื่องที่มีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อสังคมโดยรวม

การทบทวนเอกสารที่มีการศึกษามา พบว่ามีข้อได้เปรียบในเรื่องของการลดไอเสีย แต่สำหรับบางตัวแปรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม การปล่อยฝุ่นละอองในไอเสียนับว่าเป็นการปล่อยที่มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะ

ในพื้นที่ของเมืองมีปริมาณลดลงเมื่อใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ มีบางการศึกษารายงานว่ามีการปล่อยฝุ่นละอองลดลงในเชิงน้ำหนัก (กรัม/กิโลเมตร หรือ กรัม/กิโลวัตต์-ชม.) หากฝุ่นละอองมีขนาดอนุภาคเล็กมากๆก็จะมีน้ำหนักน้อย ซึ่งอนุภาคที่เล็กมากๆนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างรุนแรง การศึกษาในสวีเดนได้แสดงให้เห็นว่าเอทานอลช่วยลดการปล่อยฝุ่นละอองเล็กๆโดยมวล แต่เพิ่มจำนวนของอนุภาคขึ้นอย่างน่าตกใจเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติเป็นเชื้อเพลิง[181] หากเป็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปเช่นนี้ ประโยชน์ของเชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลที่มีต่อสุขภาพ จำเป็นต้องมีการศึกษาใหม่และเพิ่มเติมมากขึ้นในประเด็นนี้ การปล่อยอะซีทาลดีไฮด์จากการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ เป็นเรื่องที่ยังไม่มีการศึกษาอย่างชัดเจนเช่นกัน การศึกษาชิ้นหนึ่ง[147] พบว่ามีการปล่อยไอเสียสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เบนซิน เป็นเพราะไม่ได้ติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาสามทางในยานยนต์ระบบซีไอ แนวโน้มนี้อาจจะดีขึ้นหากมีการติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยังมีอีกหลายคำถามที่ยังไม่คำตอบที่จะจำกัดการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซล ถึงกระนั้นก็ตามเอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซลอาจเป็นตลาดใหญ่สำหรับเอทานอลในอนาคตได้ อุตสาหกรรมผู้ผลิตรถยนต์มีเพียงบางบริษัทที่ยอมรับให้ใช้น้ำมันE-diesel ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงยังมีคุณสมบัติไม่ตรงกับข้อกำหนดตามมาตรฐานในปัจจุบัน ประเด็นต่างๆ เช่น ความคงทนในระยะยาว ความเสี่ยงของการมีน้ำปนเปื้อนในระบบน้ำมันเชื้อเพลิง และความเสี่ยงจากการเกิดไฟไหม้หรือระเบิด ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญ[172,182,183] ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงเอทานอลผสมน้ำมันดีเซลควรมีข้อกำหนดมาตรฐานเชื้อเพลิงแยกออกมาต่างหาก

ศักยภาพเชิงเทคนิคของเอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ (CI Engines)

เช่นเดียวกับกรณีของเครื่องยนต์เอสไอ เอทานอลสามารถใช้ในเครื่องยนต์ซีไอ ขนาดที่มีขนาดเล็กลง ผลจากการศึกษาจำนวนมากแนะนำว่าเชื้อเพลิงเอทานอลแม้จะมีสัดส่วนการผสมเอทานอลที่ต่ำเมื่อใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลทำให้เกิดควันหรือปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลล้วนๆเป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภาระสูง ในบางกรณีเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ต้องมีการ

จำกัดปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดพ่นเข้าไปในเครื่องยนต์เนื่องจากเครื่องยนต์จะปล่อยควันออกมาอย่างหนักเมื่อใช้เชื้อเพลิงมากเกินไป เมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง เกิดควันน้อย จึงมีศักยภาพที่จะเพิ่มกำลังและแรงบิดได้[184]

ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ซีไอ เป็นเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดสำหรับการขนส่งในเชิงพาณิชย์ซึ่งเป็นที่รับรู้กันทั่วไป ศักยภาพของการเพิ่มประสิทธิภาพเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ มีปริมาณน้อยกว่าที่ใช้ในเครื่องยนต์เอสไอ มาก นั่นหมายความว่ามีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดเพียงร้อยละ 5-10 ศักยภาพนี้ไม่เพียงพอที่จะชดเชยค่าพลังงานที่ต่ำกว่าของเอทานอล ซึ่งส่งผลให้มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าในรูปของลิตรต่อกิโลเมตร ศักยภาพเชิงเทคนิคของเอทานอลในการใช้กับเครื่องยนต์ซีไอ จึงมุ่งเน้นไปที่การลดการปล่อยก๊าซจากไอเสีย โดยเฉพาะออกไซด์ของไนโตรเจนและฝุ่นละอองขนาดเล็ก ฝุ่นละอองสามารถทำการกรองอย่างมีประสิทธิภาพได้ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้เมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง การมุ่งเน้นการลดออกไซด์ของไนโตรเจนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นควรให้ความสนใจกับขนาดของฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมากับไอเสีย ถึงแม้ว่ากฎระเบียบการปล่อยไอเสียไม่มีการกำหนดในเรื่องนี้ไว้ก็ตาม หนึ่งในอุปกรณ์หลักที่ใช้ลดออกไซด์ของไนโตรเจนกับยานยนต์ใช้งานเบาก็คือ ระบบ EGR การใช้เชื้อเพลิงเอทานอล ถึงแม้ว่าจะผสมด้วยสัดส่วนที่ต่ำก็ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเพิ่มอัตราส่วน EGR ส่งผลให้ลดการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งวิธีการนี้ควรมีการติดตามเพิ่มเติมต่อไป

เมื่อทบทวนเอกสารต่าง ๆแล้ว พบว่าในอนาคตอันใกล้ของเครื่องยนต์ซีไอจะกลายเป็นเครื่องยนต์ HCCI เครื่องยนต์ประเภทนี้เป็นการรวมตัวของหลักการเครื่องยนต์ประเภทเอสไอและซีไอ ส่วนที่ดีที่สุดเข้าด้วยกันนั่นก็คือ ใช้ข้อดีด้านประสิทธิภาพเชื้อเพลิงสูงของเครื่องยนต์ซีไอ และข้อดีของไอเสียที่สะอาดของเครื่องยนต์เอสไอ ในปัจจุบันมีอุปสรรคเชิงเทคนิคในการผลิตเครื่องยนต์ประเภท HCCL สำหรับเชิงพาณิชย์เต็มรูปแบบ สิ่งสำคัญที่สุดที่ดึงดูดใจ คือ ควบคุมการเผาไหม้และช่วงการทำงานให้ได้และเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้น เครื่องยนต์ HCCI เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานที่อยู่กับที่ เครื่องยนต์ HCCI ที่เติมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

กำลังอยู่ในระหว่างการศึกษาเพื่อใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลในทุกสัดส่วน เอทานอลไร้น้ำ และปริมาณน้ำสัดส่วนต่างๆ ในเอทานอลที่มีน้ำ ตัวอย่างที่มีการใช้เอทานอลและการเผาไหม้แบบ HCCI สรุปได้ดังนี้

- เอทานอลลดการปล่อยก๊าซจากไอเสีย ซึ่งเป็นแนวโน้มของเครื่องยนต์ซีไอ
- สัดส่วนเอทานอลที่ใช้ผสมสูงๆ ช่วยลดควันและลดการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนได้ถึงปริมาณน้อยที่สุด[150]
- เอทานอลที่มีน้ำในปริมาณมากถึงร้อยละ 60 - 70 สามารถใช้ในเครื่องยนต์ HCCI ได้ มีผลที่ช่วยลดวงจรชีวิตการใช้พลังงานของเอทานอล[174, 185, 186]

เอทานอลทั้งประเภทที่มีน้ำและไม่มีน้ำ มีความเป็นไปได้มากที่ใช้งานได้อย่างประสบความสำเร็จในเครื่องยนต์ซีไอ แต่แต่ในทางตรงกันข้ามการนำมาใช้งานให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ของเอทานอลในเครื่องยนต์ซีไอ ยังไม่เข้ากันกับระบบเชื้อเพลิงที่มีอยู่

4. บทสรุป

4.1 มุมมองเชิงเทคนิค

1. เอทานอลมีคุณสมบัติพิเศษที่เป็นเอกลักษณ์ ที่ทำให้เป็นเชื้อเพลิงที่ดีสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน แต่มีคุณสมบัติจำนวนหนึ่งที่มีข้อด้อยสำหรับทดลองในรถยนต์ fleet ที่มีอยู่
   ก. เอทานอลมีค่าออกเทนสูงและมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบทำให้ได้ประสิทธิภาพพลังงานสูง และไอเสียที่ปล่อยออกมาสะอาดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินปกติ
   ข. เมื่อมีเอทานอลผสมในปริมาณที่มากขึ้นในน้ำมันเบนซิน จะได้ผลดีขึ้น
   ค. เชื้อเพลิงเอทานอลอาจมีผลต่อปัญหาการติดเครื่อง แต่สามารถงแก้ไขเชิงเทคนิคได้
   ง. โดยเฉพาะในการผสมในปริมาณต่ำ เอทานอลในน้ำมันเบนซินระเหยจากระบบเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินธรรมดา
   จ. เอทานอลเป็นสารที่มีการกัดกร่อนมากกว่าน้ำมันเบนซิน
2. เอทานอลมีคุณสมบัติจำนวนหนึ่งที่เป็นข้อด้อยในการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีอยู่ในปัจจุบัน
   ก. เอทานอลมีค่าซีเทนต่ำ ไม่เหมาะสมกับข้อกำหนดตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซลในปัจจุบัน
   ข. จากคุณสมบัติการติดไฟและจุดวาบไฟของเอทานอล ทำให้ต้องมีข้อควรระวังเพิ่มเติมในการใช้เพื่อใความปลอดภัย เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ
   ค. เอทานอลมีค่าพลังงานค่อนข้างต่ำ ในบางกรณีทำให้ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ปัจจุบัน
   ง. เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับเอทานอล โดยทั่วไปแล้วจะมีปัญหาเรื่องน้ำในเอทานอล

จ. เอทานอลมีคุณสมบัติด้านการหล่อลื่นต่ำ อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องยนต์ได้

ฉ. การระเหยของเอทานอล คาดว่าจะก่อให้เกิดปัญหาเมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล

ช. จุดอ่อนส่วนใหญ่ที่เกิดจากการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซล สามารถบรรเทาได้ด้วยการใช้สารเติมแต่งคุณภาพ มีข้อยกเว้นสำหรับคุณสมบัติการติดไฟหรือจุดวาบไฟ ที่จนถึงปัจจุบันนี้ ยังไม่สามารถลดปัญหาลงได้

ซ. เอทานอลช่วยลดการปล่อยควันและอนุภาคขนาดเล็กเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันดีเซลและเอทานอลเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ อย่างไรก็ตามยังต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงขนาดของอนุภาคที่ปล่อยออกมา

ฌ. อัตราส่วน EGR สามารถปรับให้สูงกว่าเมื่อใช้เอทานอลผสมในเชื้อเพลิงดีเซล จึงช่วยลดการปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน ในไอเสีย

3. ถ้ายานยนต์ได้รับการออกแบบมาสำหรับใช้กับเอทานอล ยกตัวอย่างเช่น ยานยนต์ FFVs ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงดูเหมือนว่าจะน้อยลง

- ยานยนต์ FFVs (ถ้ามี)
- รถที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอล แสดงถึงการใช้เทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับเอทานอลในหลายกรณี
  - ใช้ได้ทั้งในเครื่องยนต์SI และเครื่องยนต์ซีไอ
  - เครื่องยนต์สามารถปรับเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างเต็มที่ เพื่อให้เอทานอลมีประสิทธิภาพสูงสุด
  - การปนเปื้อนน้ำไม่ใช่ปัญหา
  - สามารถใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบได้
  - ไอเสียที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียและไอเสียจากการระเหยสะอาดกว่า

4. ประโยชน์ของเอทานอลที่ได้รับเพิ่มขึ้น ตามสัดส่วนของปริมาณเอทานอลที่ใช้ผสมทั้งการใช้ในน้ำมันเบนซิน และดีเซล
5. ถ้าไม่มีการเปลี่ยนหรือดัดแปลงเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงเอทานอลจะใช้ได้ในวงจำกัดเฉพาะในสัดส่วนการผสมที่ต่ำในเชื้อเพลิงเอทานอลและน้ำมันเบนซิน ยกเว้นในยานยนต์ FFVs
6. เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล ปัจจุบันมีการทดลองใช้และประสบความสำเร็จในหลายประเทศ
    - การใช้ในรูปของการทดสอบแบบ fleet มีความเหมาะสม เพราะเชื้อเพลิงที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับมาตรฐานของตลาด แต่ยังสามารถใช้ได้โดยมีการแก้ไขและดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กน้อย
7. ไบโอดีเซลมีประโยชน์ในการใช้ผสมกับเชื้อเพลิงเอทานอลและน้ำมันดีเซล
    - ไบโอดีเซลช่วยเพิ่มเสถียรภาพของสารละลาย ไม่ให้เกิดการแยกชั้น
    - ไบโอดีเซลช่วยเพิ่มค่าซีเทนและช่วยบรรเทาผลที่เกิดจากเอทานอลที่มีค่าซีเทนต่ำ
    - จำนวนเชื้อเพลิงหมุนเวียนนับว่าค่อนข้างสูง สำหรับเชื้อเพลิงผสมไบโอดีเซลน้ำมันดีเซลและเอทานอล
    - คุณสมบัติการหล่อลื่นของน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจากการใช้ไบโอดีเซล
    - เชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซล น้ำมันดีเซล และเอทานอล มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลตามข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันดีเซลที่มีอยู่
8. เอทานอลสามารถใช้เป็นประโยชน์ในเชื้อเพลิงไบโอดีเซล
    - เอทานอลช่วยเพิ่มคุณสมบัติเชื้อเพลิงที่อากาศเย็นดีขึ้น จึงสามารถใช้ในพื้นที่มีภูมิอากาศเย็นได้
    - เอทานอลช่วยลดความหนืด ซึ่งในบางกรณีเป็นปัญหาสำหรับไบโอดีเซล

- เอทานอลช่วยให้ไอเสียที่ปล่อยออกมามีความสะอาด

9. เอทานอลสามารถใช้ทดแทนสารที่มีอันตรายต่อสุขภาพ เช่น MTBE ETBE และ Aromatics
10. เอทานอลสามารถใช้งานได้กับเครื่องยนต์ในปัจจุบันที่มีแนวโน้มการพัฒนาตลอดจนเทคนิคการเผาไหม้ที่มีความก้าวหน้าสูง
11. การจัดเก็บ การกระจาย และการขนส่ง มีความแตกต่างจากน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน จึงจำเป็นต้องมีวิธีการพิเศษสำหรับเรื่องเหล่านี้
    - โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งช่วงระยะทางไกลเป็นปัญหาเนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีเอทานอลเป็นส่วนผสมไม่สามารถสูบผ่านท่อที่มีอยู่ได้
12. ถ้าหากมีการผสมเอทานอลในสัดส่วนที่สูงจะไม่สามารถใช้ในรถรุ่นเก่าได้
    - ปัญหาอาจเกิดขึ้นได้ เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำหรือล้มเหลว เกิดการสึกหรอและการกัดกร่อนมากเกินไปรวมถึงมีการปล่อยสารระเหยสูง จึงไม่น่าเป็นประโยชน์ที่จะใช้เอทานอลในรถรุ่นเก่า
13. มีศักยภาพอย่างมีนัยสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการใช้เอทานอลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบที่ได้มาจากกรรมวิธีการผลิต

4.2 มุมองด้านอื่น ๆ

1. ขณะที่การพึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลมีปริมาณลด เนื่องจากการนำเอทานอลมาใช้ในยานยนต์ แต่ยังมีข้อกังขาในบางกรณีในเรื่องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. ศักยภาพของเอทานอลในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก รวมถึงการเลือกพืชสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบ
    - ยังมีพลังงานจากฟอสซิลจำนวนไม่น้อยที่ต้องใช้ในการผลิตเอทานอล

- ลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นประเด็นปัญหาร้ายแรงเมื่อมีการจัดเตรียมพื้นที่ในการปลูกวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอล

3. มีความกังวลเกิดขึ้นในเรื่องของความยั่งยืนในการผลิตเอทานอล
   - มีแนวโน้มที่เกิดความขัดแย้งกับภาคบริโภคชีวมวลอื่นๆ เช่น ในภาคการผลิตอาหาร
   - ประเด็นที่สำคัญ เช่นศักยภาพของการลดก๊าซเรือนกระจกยังไม่มีการประเมิน
   - ประเด็นการใช้พื้นที่ดิน เช่น การใช้น้ำและมลพิษ การทำลายถิ่นที่อยู่อาศัยธรรมชาติที่มีคุณค่า
4. การพัฒนาเอทานอลรุ่นที่สองดูเหมือนจะเป็นทางออกสำหรับประเด็นที่กล่าวมา
5. เอทานอลเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการปล่อย anthropogenic GHG
6. ด้วยการใช้วิธีการผลิตอย่างบูรณาการ เช่น เชื้อเพลิง อาหารสัตว์ การผลิตไฟฟ้ากำลังร่วม ทำให้ได้ผลประโยชน์ร่วมกัน
7. วิธีการจับและการกักเก็บคาร์บอน สามารถนำมาใช้ในการผลิตเอทานอลและสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งหมดที่ปล่อยสู่บรรยากาศได้

5. เอกสารอ้างอิง

1) The International Energy Agency, IEA, 'Biofuels for Transport – An International Perspective', 2004, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/biofuels2004.pdf
2) Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 'Climate Change 2007: Synthesis Report – Summary for Policymakers', 2007, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
3) Douglas Durante, Matt Miltenberger, 'Issue brief: Net Energy Balance of Ethanol Production', 2004, www.ethanolacrossamerica.net/04CFDC-003_IssueBrief.pdf
4) Karsten Hedegaard Jensen, Kathrine Anker Thyø, '2nd generation bioethanol for transport: The IBUS concept', 2007, www.man.dtu.dk/upload/institutter/ipl/publ/2.gen%20bioethanol_for_transport_report.pdf
5) Jaclyn Fichera, Jeff Kueter, 'Considering Brazil's Energy Independence', 2006, www.marshall.org/pdf/materials/455.pdf
6) Rise, Research Institute for Sustainable Energy, http://www.rise.org.au/info/Res/biomass/ethanol002.JPG
7) Thomsen M.H., Hauggaard Nielsen and more, 'Sustainable bioethanol production combining biorefinery principles and intercropping strategies', 2007, http://www.risoe.dk/rispubl/reports/ris-r-1608_94-105.pdf
8) ARIC's Atmosphere, Climate & Environment Information Programme website, http://www.ace.mmu.ac.uk/eae/Sustainability/Older/Brundtland_Report.html
9) Michael Wang, 'The Debate on Energy and Greenhouse gas Emission Impacts of Fuel Ethanol', 2005, www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/347.pdf
10) David D. Reed, 'Michigan Tech's Wood to Wheels Initiative', 2007, www.brdisolutions.com/Site%20Docs/TAC%20Meeting%20September%2010-11,%202007/W2W%208-30-2007.pdf

11) Crews TE and Peoples MB, 'Legume versus fertilizer sources of nitrogen:ecological tradeoffs and human needs. Agr. Ecosyst. Environ.', 2004, http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880903003402
12) University of Nebraska-Lincoln, 'Biofuel: Major Net Energy Gain From Switchgrass-based Ethanol', ScienceDaily, Jan. 14, 2008, http://www.sciencedaily.com/releases/2008/01/080109110629.htm
13) Roger A. Samson, Joseph A. Omielan, 'Switchgrass a Potential Biomass Energy Crop for Ethanol Production', year unknown
14) Andrew Chiasson, Geo-Heat Center, 'GEOTHERMAL ENERGY UTILIZATION IN ETHANOL PRODUCTION', 2007
15) Hans Larsen, Leif Sønderberg Petersen,'Risoe Energy Report 6', 2007
16) The IEA, 'IEA Bioenergy: Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand', September 2007
17) Personal Interview with Professor Birgitte Ahring, The Technical University of Denmark, 2007
18) Personal Interview with Professor Claus Feldby, Danish Royal Veterinary and Agricultural University, 2007
19) BioGasol ApS - Technical University of Denmark, August 11th 2008, http://www.biogasol.dk/2me2.htm
20) Jan Bach Kristensen, 'Lignocellulosic bioethanol - close to commercial reality', year unknown, www.siliconvalley.um.dk/.../A61D6D1C-67E2-4226-8CD0-C5E28A15237B/0/JanBachKristensen_013007_BiofuelTech.pdf
21) Article on United Nations International Panel on Climate Changes at Wikipedia, Nov 2007, www.wikipedia.com
22) Eric D. Larson, Presentation 'Lifecycle Analyses of GHG Impacts of Biofuels for Transport', 7 March 2006
23) Math Pro Inc., 'THE NET ENERGY VALUE OF CORN ETHANOL: IS IT POSITIVE OR NEGATIVE?', November 2005, http://www.mathproinc.com/pdf/2.1.6_Ethanol_NEV_Comparison.pdf

24) Richard Doornbosch and Ronald Steenblik, ‘BIOFUELS: IS THE CURE WORSE THAN THE DISEASE?’, September 2007

25) Michael Wang, ‘Energy and Greenhouse Gas Emissions Impacts of Fuel Ethanol’, 2005, www.anl.gov/Media_Center/News/2005/NCGA_Ethanol_Meeting_050823.ppt

26) Katie Bolcar, ‘Expanding the Life Cycle Analysis Boundaries for Corn-based Ethanol to Include Land-Use Change: Implications for Greenhouse Gas Emissions’, 2007

27) R. Edwards et al. ’WELL-TO-WHEELS ANALYSIS OF FUTURE AUTOMOTIVE FUELS AND POWERTRAINS IN THE EUROPEAN CONTEXT’, 2006

28) Michael Wang, ’An Update of Energy and Greenhouse Emission Impacts of Fuel Ethanol’, 2005, http://www.ethanol-gec.org/netenergy/UpdateEnergyGreenhouse.pdf

29) Zoe Corbyn, ’Biofuels could boost global warming, finds study’, 2007, Chemistry World, http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2007/September/21090701.asp

30) U.S. Department of Energy, Approved by Stephen Goguen, ‘Progress Report for Fuels Technologies’, 2005, http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/program/2005_fuels_technologies.pdf

31) D. L. Flowers, J. Martinez-Frias, F. Espinosa-Loza, R. Dibble, M. Kristic, A. Bining, Nick Killingsworth, ‘Development and Testing of a 6-Cylinder HCCI Engine for Distributed Generation’, 2005, http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/878600-WSanYt/878600.PDF

32) Daniel L. Flowers and Salvador M. Aceves - Lawrence Livermore National Laboratory, Joel Martinez Frias - University of California, Merced, ‘Improving Ethanol Life Cycle Energy Efficiency by Direct Utilization of Wet Ethanol in HCCI Engines’, 2007, SAE 2007-01-1867

33) Rural Industries Research and Development Corporation, 2007, ‘Biofuels in Australia - an overview of issues and prospects’, www.rirdc.gov.au/fullreports/index.html
34) European Biomass Association, ‘AEBIOM answers to Commission’s consultation on transportation biofuels’, 2007
35) OUTLOOK FOR BIOFUELS, ADVANCED MOTOR FUELS AND NEW VEHICLES, IEA Advanced Motor Fuels, 2007.
36) The Oil Drum, ‘Peak Oil Update - October 2006: Production Forecasts and EIA Oil Production Numbers http://www.theoildrum.com/story/2006/10/3/104458/751
37) Monique Hoogwijk, ’THE POTENTIAL OF BIOMASS ENERGY UNDER FOUR LAND-USE SCENARIOS PART B: EXPLORATION OF REGIONAL AND GLOBAL COST-SUPPLY CURVES’, 2004, www.bioenergytrade.org/t40reportspapers/otherreportspublications/potentialofbiomassbymhoogwijk032004
38) Reid Detchon, United Nations Foundation, ‘Biofuels FAQ’, 2007
39) Simon Johnson, International Monetary Fund, Finance and Development, Issue December 2007 Vol. 44 no.4,’ The (Food) Price of Success’, 2007, http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2007/12/straight.htm
40) Martinez-Frias et al., ‘Improving Ethanol Life Cycle Energy Efficiency by Direct Utilization of Wet Ethanol in HCCI Engines’, ASME 2007
41) The U.S. Department of Energy, webpage for the Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, http://www.eere.energy.gov/afdc/altfuel/fuel_properties.html
42) Alan Rae, CEO O2Diesel, ’Kanataka Bus Fleet Switching to Ethanol-Diesel Blend’, website of Green Car Congress, Jan. 2007
43) Website of Scania, ’World premiere for Scania’s first ethanol-powered trucks - rapid transition to sustainable urban transport’, 2008, http://www.scania.com/news/press_releases/2008/q2/n08013en.asp

44) Gerdes et al., 'Miscibility of Ethanol in Diesel Fuels', Ind.Eng.Chem.Res, 2001
45) de Doz, 'Liquid-liquid equilibria of water + ethanol + reformate', Fluid Phase Equilibria 2005
46) Letcher, 'Ternary phase diagrams for gasoline-water-alcohol mixtures', journal 'Fuel', vol.65, 1986
47) Castro et al, 'Flexible Ethanol Otto Engine Management System', SAE tech paper no.942400, 1994
48) Owen, 'Automotive Fuels Handbook', p.419, SAE, 1995
49) Hansen, 'Ethanol-diesel fuel blends – a review', Bio resource Technology, 2005
50) Zhang et al., 'Preparation and emission characteristics of ethanol-diesel fuel blends', 2004, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15559814
51) Galen J. Suppes, 'PAST MISTAKES AND FUTURE OPPORTUNITIES OF ETHANOL IN DIESEL', year 2000(?)
52) G Nagarajan, A N Rao, T R Jagadeesan and S Renganarayanan Institute for Energy Studies, Anna University – Chennai, 'Review of Ethanol in Compression Ignition Engine', year 1997 (?), http://saeindia.org/saeconference/ethanolreview.htm
53) E. Eugene Ecklund, Richard L. Bechtold, Thomas J. Timbario, Peter W. McCallum, 'State-of-the-Art Report on the Use of Alcohols in Diesel Engines', 1984, SAE 840118
54) McCormick, R, ' Advanced Petroleum Based Fuels Program and Renewable Diesel Program', 2001
55) D. Chiaramonti, G. Tondi, 'Stationary Applications of Liquid Biofuels', 2003
56) R. H. Vaivads, 'Flammability Tests of Alcohol/Gasoline Vapors', SAE 950401, 1995
57) Letter by Neelie Kroes, subject 'Tax exemptions on biofuels for transport', European Commision, 2006,

http://ec.europa.eu/comm/competition/state_aid/register/ii/doc/N-652-2006-WLWL-en%2022.03.2006.pdf

58) De-gang Li, Huang Zhen, Lu Xingcai, Zhang Wu-gao, Yang Jian-guang, ‘Physico-chemical properties of ethanol–diesel blend fuel and its effect on performance and emissions of diesel engines’, 2004

59) L.R. Waterland, S. Venkatesh, and S. Unnasch, NREL, ‘Safety and Performance Assessment of Ethanol/Diesel Blends (E-Diesel)’, 2003

60) Robert L. McCormick and Richard Parish - National Renewable Energy Laboratory, ‘Milestone Report: Technical Barriers to the Use of Ethanol in Diesel Fuel’, 2001

61) Takashi Tsunooka, Yohei Hosokawa, Shintaro Utsumi, Takashi Kawai, Yukihiro Sonoda - Toyota Motor Corp., ‘High Concentration Ethanol Effect on SI Engine Cold Startability’, SAE 2007-01-2036, 2007

62) Lew Fulton and Tom Howes- International Energy Agency, ‘Biofuels for Transport’, 2004

63) Orbital Engine Company, ‘Market Barriers to the Uptake of Biofuels Study: Testing Gasoline Containing 20% Ethanol (E20)’, 2004

64) Dumont 2007, ‘Controlling Induction System Deposits in Flexible Fuel Vehicles (FFV) Operating on E85’, SAE tech paper 2007-01-4071, 2007

65) Orbital Engine Company, ’A Literature Review Based Assessment on the Impacts of a 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on the Australian Vehicle Fleet’. Report to Environment Australia, 2002

66) Bruce Jones, Gary Mead, Paul Steevens, and Mike Timanus, ’The Effects of E20 on Metals Used in Automotive Fuel System Components’, 2008

67) The State of Minnesota and the Renewable Fuels Association, ’E20: The Feasibility of 20 Percent Ethanol Blends by Volume as a Motor Fuel’, year unknown

68) The website of the Australian Federal Chamber of Automotive Industries (FCAI), http://www.fcai.com.au, 2008

69) ADAC website, http://www.adac.de, 2008

70) Edward L. Kane et al., 'Refinement of a Dedicated E85 1999 Silverado With Emphasis on Cold Start and Cold Drivability', SAE 2001-01-0679, 2001

71) Chandler et al., 'Final Results From the State of Ohio Ethanol-Fueled, Light-Duty Fleet Deployment Project, SAE technical paper 982531, 1998

72) Vicentini, 'Rating the Performance of Brazilian Flex Fuel Vehicles', SAE tech paper 2005-01-2206, 2005

73) Giroldo et al., 'Development of 1.6L Flex Fuel Engine for the Brazilian Market', SAE tech paper 2005-01-4130

74) Paul E. Kapus, Alois Fuerhapter, H. Fuchs, Guenter K. Fraidl - AVL LIST GmbH, 'Ethanol Direct Injection on Turbocharged SI Engines - Potential and Challenges', SAE 2007-01-1408, 2007

75) Simon Brewster - Orbital Corp. Ltd., 'Initial Development of a Turbo-charged Direct Injection E100 Combustion System', SAE 2007-01-3625, 2007

76) Mauro Berti Giroldo, William Makant, Edward Werninghaus, Eugenio P. D. Coelho - Ford Motor Company Brazil Ltda., 'Development of 1.6L Flex Fuel Engine for Brazilian Market', SAE 2005-01-4130, 2005

77) Matthew J. Brusstar - US Environmental Protection Agency et al., 'High Efficiency and Low Emissions From a Port-Injected Engine With Neat Alcohol Fuels', SAE 2002-01-2743, 2002

78) David P. Gardiner - Nexum Research Corp. et al. 'Improving the Fuel Efficiency of Light-Duty Ethanol Vehicles--An Engine Dynamometer Study of Dedicated Engine Strategies', SAE 1999-01-3568, 1999

79) Green Car Congress, ' Figuring Out How to Absorb 36B Gallons of Biofuel', 2008, http://www.greencarcongress.com/2008/02/figuring-out-ho.html

80) J.Guilherme Coelho Baeta - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG et al. 'Optimization Performance of Multi-Fuel Spark Ignition Engine Using a Turbocharging System', SAE 2006-01-2641, 2006
81) J. W. G. Turner - Lotus Engineering et al., 'Alcohol-Based Fuels in High Performance Engines', 2007, SAE 2007-01-0056
82) Jeuland, N.: "Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine", Oil and Gas Science and Technology, vol.59, 2004
83) Simon Brewster - Orbital Corporation Ltd. et al., 'The Effect of E100 Water Content on High-Load Performance of a Spray Guide Direct Injection Boosted Engine', SAE 2007-01-2648, 2007
84) Website of HE-Blends, http://www.heblends.com/, 2008-09-22
85) Brusstar, 'High Efficiency with Future Alcohol Fuels in a Stoichiometric Medium Duty Spark Ignition Engine', SAE 2007-01-3993, 2007
86) Dr S.M. Shahed- Honeywell / Garrett Engine Boosting Systems, 'Gasoline Engine Downsizing and Boosting for CO2 Emission Reduction', year unknown
87) Janek Magnusson, 'An investigation of Maximum Brake Torque Timing based on Ionization Current Feedback Master's thesis performed in Vehicular Systems', Dept. of Electrical Engineering at Linköping University, 2007 , www.diva-portal.org/diva/getDocument?urn_nbn_se_liu_diva-9506-1__fulltext.pdf
88) Brusstar, 'Ethanol-Gasoline Blends: Fuel Economy and Emissions Benefits', presentation, 2003
89) L. Bromberg et al.- MIT, 'CALCULATIONS OF KNOCK SUPPRESSION IN HIGHLY TURBOCHARGED GASOLINE/ETHANOL ENGINES USING DIRECT ETHANOL INJECTION, 2006
90) Koichi Nakata - Toyota Motor Corp. et al. 'The Impact of RON on SI Engine Thermal Efficiency', 2007,SAE 2007-01-2007

91) Matthew Brusstar and Marco Bakenhus, 'ECONOMICAL, HIGH-EFFICIENCY ENGINE TECHNOLOGIES FOR ALCOHOL FUELS', year unknown

92) Green car Congress, 'Mercedes-Benz Introduces the Mixed-Mode DiesOtto Engine in the F 700 Research Car',2007, http://www.greencarcongress.com/2007/09/mercedes-benz-i.html

93) Green car Congress, 'Mercedes-Benz Presents the Combined SI-CAI "DiesOtto" Concept Engine', 2007, http://www.greencarcongress.com/2007/07/mercedes-benz-p.html

94) EFFECT OF FUEL PROPERTIES ON CAI/HCCI COMBUSTION AND EMISSION IN A 4-STROKE GASOLINE ENGINE, K. Man, H. Zhao, Tom Ma, A. J. Oakley, 2004

95) World Car Fan, 'GM Develops New HCCI Combustion Technology', 2007, http://www.worldcarfans.com/9070827.006/gm-develops-new-hcci-combustion-technology

96) BNET, Jeremy Glunt, 'VW unveils plans for HCCI-like combustion system', 2003, http://findarticles.com/p/articles/mi_m0CYH/is_11_7/ai_104634561

97) Steve Mcarragher - Shell Global Solutions (UK) et al., 'Concawe/Gfc Study on Gasoline Volatility and Ethanol Effects on Hot and Cold Weather Driveability of Modern European Vehicles', SAE 2004-01-2002, 2004

98) Markel, US National Renewable Energy Laboratory, 'Modelling and Cold Start in Alcohol-Fuelled Engines', 1998

99) CRC Report 2006 'Summary of the Study of E85 Fuel in the USA 2006', Coordinating Research Council Report no. E-79, 2006

100) Stanglmaier et al., 'Condensation of Fuel on Combustion Chamber Surfaces as a Mechanism for Increased HC Emissions from SI Engines During Cold Start', SAE Technical Paper 972884, 1997

101) Gregory W. Davis - Kettering University et al., 'The Effect of a Multiple Spark Discharge Ignition System and Spark Plug Electrode

Configuration on Cold Starting of a Dedicated E85-Fueled Vehicle', SAE 1999-01-2664, 1999

102) Craig D. Marriott - GM Powertrain et al., 'Development of a Naturally Aspirated Spark Ignition Direct Injected Flex-Fuel Engine', 2008, SAE 2008-01-0319

103) Nelson Ricardo Silva - Fiat Automoveis SA, José Ricardo Sodré - Pontificia Univ. Catolica MG, 'Using Additive to Improve Cold Start in Ethanol-Fuelled Vehicles', SAE 2000-01-1217, 2000

104) Jason Ku et al., 'Conversion of a 1999 Silverado to Dedicated E85 With Emphasis on Cold Start and Cold Driveability', SAE 2000-01-0590, 2000

105) Troels Johansen, 'A Strategy for the Use of High Ethanol Content Fuel Blends in Denmark and Similar Climates', unpublished thesis, The Technical University of Denmark, 2008

106) Technology Brief, Dave Benson,Steve Burch and John Biel, 'Keeping the Heat on Cold-Start Emissions', year unknown, http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/energystorage/pdfs/techbr.pdf

107) Ray Kearney, The University of Sydney, 'Health Impacts of Traffic Pollution:A Case of Mandating Ethanol', 2006

108) Clean Fuels Development Coalition, 'The Ethanol Fact Book: A Compilation of Information About Fuel Ethanol, 2007

109) Biofuels Taskforce, 'Report of the Biofuels Taskforce to the Prime Minister', 2005

110) Gary Z. Whitten and Smog Reyes, 'AIR QUALITY AND ETHANOL IN GASOLINE', 2004

111) US Environmental Protection Agency, 'Reformulated Gas', 2008, http://www.epa.gov/OMSWWW/rfg.htm

112) Brett Husley and Brooke Coleman, 'Clearing the air with ethanol: A review of the real world impact from fuels blended with ethanol', 2006

113) Frank Rosillo-Calle and Luis A.B. Cortez, ‘Towards ProAlcool II:A review of the the Brazilian Bioethanol Programme’, 1998
114) Teixeira Coelho et al., ‘BRAZILIAN SUGARCANE ETHANOL: LESSONS LEARNED’, 2005
115) James Winebrake, Dongquan He, and Michael Wang, ’Fuel-Cycle Emissions for Conventional and Alternative Fuel Vehicles: An Assessment of Air Toxics’, 2000
116) Report prepared for COMEAP – the Department of Health Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, ’Report on the Health Effects of Aldehydes in Ambient Air’, year unknown
117) C. Hammel-Smith, J. Fang, M. Powders, and J. Aabakken, ’Issues Associated with the Use of Higher Ethanol Blends (E17-E24)’, 2002
118) K. Kelly, L. Eudy, and T. Coburn, ’Light-Duty Alternative Fuel Vehicles: Federal Test Procedure Emissions Results’, 1999, http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/25818.pdf
119) M. Maheshwari - Indian Oil Corporation Ltd. et al., ‘Indian Experience With the Use of Ethanol-Gasoline Blends on Two Wheelers and Passenger Cars’, 2004, SAE 2004-28-0086
120) Orbital Engine Company, ‘A Literature Review Based Assessment on the Impacts of a 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on the Australian Vehicle Fleet’, 2002
121) Hakan Sandquist, Maria Karlsson, Ingemar Denbratt - Chalmers Univ. of Technology, ‘Influence of Ethanol Content in Gasoline on Speciated Emissions From a Direct-Injection Stratified Charge SI Engine’, 2001, SAE 2001-01-1206
122) Kevin Cullen- GMPT Engineering, ‘Fuel Economy & Emissions:Ethanol Blends vs Gasoline’, 2007

123) Alvydas Pikūnas et al., 'INFLUENCE OF COMPOSITION OF GASOLINE – ETHANOL BLENDS ON PARAMETERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES', 2003

124) Fuels and Lubricants Committee, Japan Automobile Manufacturers Association, 'METI's Conformity Test for Ethanol Blend Gasoline', 2006

125) Kenneth Kelly et al., 'Light-Duty Vehicle Program Emissions Results (Interim Results from Alternative Fuel OEM Vehicles)', year unknown

126) Apace Research Ltd., 'Intensive Field Trial of Ethanol/Petrol Blend in Vehicles', 1998

127) Mark Z. Jacobson, 'Effects of Ethanol (E85) Versus Gasoline Vehicles on Cancer and Mortality in the United States', 2007

128) Chandra Prakash, 'Use of Higher than 10 volume percent Ethanol/Gasoline Blends In Gasoline Powered Vehicles', 1998

129) Anne PRIEUR-VERNAT et al., 'Biofuels and their Environmental Performance', 2007, Panaroma

130) Thomas D. Durbin et al., 'Effects of Ethanol and Volatility Parameters on Exhaust Emissions', 2006

131) J. Wayne Boulton et al., 'Modelling the Effects of E10 Fuels in Canada', year unknown

132) Deniz Karman, 'Ethanol fuelled motor vehicle emissions: A literature review', 2003

133) Richard Kassel, 'An Environmental Perspective: EPA's RFS Proposal', 2006

134) French, R., 'Phase equilibria of ethanol fuel blends.', Fluid phase equilibria 228, 27-40, Elsevier Science, 2005

135) Harold M. Haskew et al., 'FUEL PERMEATION FROM AUTOMOTIVE SYSTEMS: E0, E6, E10, E20 and E85', CRC E-65-3, 2006

136) Matt Solomon, NESCAUM, 'Evaporative Emission Impacts of Ethanol in Gasoline', 2006

137) CONCAWE / EUCAR / JRC Joint Programme, ‘Effect of ethanol on evaporative emissions’, year unknown

138) Swedish Road Administration, ’Evaporative emissions related to blending ethanol into petrol’, Vägverket, 2006-04-03, 2006

139) G. Martini et al., ‘Effects of gasoline vapour pressure and ethanol content on evaporative emissions from modern cars’, 2007

140) Herman & Associates, ‘2003 MOTORCYCLE MANUFACTURER FUEL RECOMMENDATIONS’, http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/2003motorcycles.pdf

141) Brochure, http://www.ksgrains.com/ethanol/E-10_SmEngines.pdf

142) Somneuk Jaroonjitsathian - PTT Public Company Limited (Thailand) et al., ‘Investigation of 2-Wheeler Performance, Emissions, Driveability and Durability: Effect of Ethanol-Blended Gasoline’, 2007, SAE 2007-01-2034

143) Jesper Schramm et al., ‘Emissions from Moped Fuelled by Gasoline/Ethanol Mixtures’, year unknown

144) Keshav S. Varde, ‘Control of Exhaust Emissions from Small Engines Using E-10 and E-85 Fuels’, 2002

145) Liguang Li - Shanghai Jiao Tong Univ. et al., ‘Combustion and Emissions of Ethanol Fuel (E100) in a Small SI Engine’, 2003, SAE 2003-01-3262

146) Henrik Simonsen, J. Chomiak - Chalmers Univ. of Technology, ‘Testing and Evaluation of Ignition Improvers for Ethanol in a Di Diesel Engine’,1995, SAE 952512

147) Bang-Quan He - Tsing Hua Univ. et al., ‘Study on Combustion and Emission Characteristics of Diesel Engines Using Ethanol-Blended Diesel Fuels’, 2003, SAE 2003-01-0762

148) Ali Mohammadi - Kyoto Univ. et al. ‘Fuel Injection Strategy for Clean Diesel Engine Using Ethanol Blended Diesel Fuel’, 2005, SAE 2005-01-1725

149) D. Chiaramonti and G. Tondi, ‘Stationary Applications of Liquid Biofuels’, 2003

150) He Bang-quan, Jian-Xin Wang - Tsing Hua Univ., Xiao-Guang Yan - Tsing Hua Univ., ‘Homogeneous Charge Combustion and Emissions of Ethanol Ignited By Pilot Diesel on Diesel Engines’, SAE 2004-01-0094, 2004

151) E. U. Ubong - Helsinki University of Technology, ‘Development of An Ethanol Di Spark Assisted Diesel Engine (Sade)’, SAE 901567, 1990

152) E.A. Ajav, Bachchan Singh and T.K. Bhattacharya, ‘Thermal balance of a single cylinder diesel engine operating on alternative fuels’, 2000

153) Lu Xing-cai, Yang Jian-guang, Zhang Wu-gao and Huang Zhen, ‘Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol–diesel blend fuel’, 2004

154) C.D. Rakopoulos , K.A. Antonopoulos, D.C. Rakopoulos, ‘Experimental heat release analysis and emissions of a HSDI diesel engine fueled with ethanol–diesel fuel blends’, 2007

155) M P Ashok and C G Saravanan, ’The performance and emission characteristics of emulsified fuel in a direct injection diesel engine’, 2006

156) Keith C. Corkwell, Mitchell M. Jackson, Daniel T. Daly - The Lubrizol Corp., ‘Review of Exhaust Emissions of Compression Ignition Engines Operating on E Diesel Fuel Blends’, SAE 2003-01-3283, 2003

157) Ozer Can, Ismet Celikten and Nazım Usta, ‘Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection Diesel engine running at different injection pressures’, 2004

158) Hwanam Kim, Byungchul Choi, Seongho Park and Yong-Kil Kim, ‘Engine Performance and Emission Characteristics of CRDI Diesel Engine Equipped with WCC and DOC Using Ethanol Blended Diesel Fuel’, year unknown

159) Hu Chen , Shi-Jin Shuai and Jian-Xin Wang, ‘Study on combustion characteristics and PM emission of diesel engines using ester–ethanol–diesel blended fuels’, 2007

160) Ali Mohammadi - Kyoto Univ. et al., ‘Implementation of Ethanol Diesel Blend Fuels in PCCI Combustion’, SAE 2005-01-3712, 2005

161) The websit of the Australian Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, http://www.environment.gov.au/settlements/transport/comparison/pubs/2ch7.pdf

162) Päivi Aakko, Nils-Olof Nylund, ‘TECHNICAL VIEW ON BIOFUELS FOR TRANSPORTATION – FOCUS ON ETHANOL END-USE ASPECTS ’, 2004

163) FERNANDO, S., ‘PHASE BEHAVIOR OF THE ETHANOL-BIODIESEL-DIESEL MIC’, 2005

164) Apanee Luengnaruemitchai et al., ‘Solubility of a diesel–biodiesel–ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine’, 2007

165) Hong He et al., ‘Emission reduction potential of using ethanol–biodiesel–diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine’, 2006

166) S. Fernando et al., ’Development of a Novel Biofuel Blend Using Ethanol-Biodiesel-Diesel Microemulsions: EB-Diesel’, 2004

167) D.I. Jordanov et al., ‘study on the performance characteristics of mixtures of biodiesel, conventional diesel and ethanol’, 2007

168) Atsushi Fujibe - Kitami Institute of Technology et al., ‘The Cold Flow Performance and the Combustion Characteristics with Ethanol Blended Biodiesel Fuel’, SAE 2005-01-3707, 2005

169) Yusuf Ali & M. A. Hanna, ‘PHYSICAL PROPERTIES OF TALLOW ESTER AND DIESEL FUEL BLENDS’, 1994

170) The website of O_2-diesel, E-mission, 'Largest O_2Diesel fleet set to roll in India', 2007, www.o2diesel.com

171) U.S. Department of Energy, Office of Energy Effiency and Renewable Energy, Alternative Fuels Data Center, http://www.eere.energy.gov

172) Nils-Olof Nylund & Päivi Aakko/TEC, Seppo Niemi & Tommi Paanu/Turku Polytechnic, Rolf Berg/Befri Konsult, IEA ADVANCED MOTOR FUELS, 'ALCOHOLS/ETHERS AS OXYGENATES IN DIESEL FUEL: PROPERTIES OF BLENDED FUELS AND EVALUATION OF PRACTICAL EXPERIENCES', 2005

173) Website of Scania, www.scania.com

174) Steven Beyerlein et al., 'HOMOGENEOUS CHARGE COMBUSTION OF AQUEOUS ETHANOL', 2001, http://ntl.bts.gov/lib/11000/11000/11056/KLK316.pdf

175) Jiang Lu, Andrew A. Pouring - Sonex Research, Inc., 'Development of a New Concept Piston for Alcohol Fuel Use in a Ci Engine',1996, SAE 961078

176) CERC-Chalmers University of Technology, 'Annual Report 1998', 1998

177) Praveen Kumar, 'USE OF ETHANOL IN COMPRESSION IGNITION ENGINE', year unknown

178) T K Bhattacharya, T N Mishra, 'Studies on Feasibility of using Lower Proof Ethanol-diesel Blends as Fuel for Compression Ignition Engines', http://www.ieindia.org/publish/ag/1203/dec03ag6.pdf , Oct 2007

179) The website of The Environmental Information System (ENVIS), the Ministry of Environment and Forests (MoEF), Government of India, 'Pollution control technology', http://www.terienvis.nic.in , accessed 2007

180) Scania, 'Royal message: Scania ethanol buses to be tested in Brazil', 2007, http://www.scania.com/news/Press_releases/2007/Q3/N07053EN.asp

181) Kent Nord - Luleå University of Technology et al., 'Particulate Emissions From An Ethanol-Fueled, Heavy-Duty Diesel Engine Equipped With Egr, Catalyst and Dpf', SAE 2004-01-1987, 2004
182) JOSÉ CANGA RODRÍGUEZ, AKNO ZOBEL, 'LIFE CYCLE ASSESSMENT OF WOOD-BASED ETHANOL-DIESEL BLENDS (E-DIESEL)', 2003
183) JOHN BORTOLUSSI, Chief Technical Officer Cummins, 'Diesohol – Comments to Discussion Paper May 2004', 2004
184) M. Abu-Qudais, O. Haddad and M. Qudaisat, 'The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions', 2000
185) Lawrence Livermore National Laborartory, D. L. Flowers, J. Martinez-Frias, F. Espinosa-Loza, R. Dibble, M. Kristic, A. Bining, Nick Killingsworth , 'Development and Testing of a 6-Cylinder HCCI Engine for Distributed Generation', 2005, http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/878600-WSanYt/878600.PDF
186) Daniel L. Flowers, Salvador M. Aceves, Joel Martinez Frias , 'Improving Ethanol Life Cycle Energy Efficiency by Direct Utilization of Wet Ethanol in HCCI Engines', SAE 2007-01-1867, 2007
187) Assessement of the Operation of Vehicles in the Australian Fleet on Ethanol Blend Fuels Report to the Department of the Environment and Water Resources by Orbital Australia February 2007. http://www.environment.gov.au/atmosphere/fuelquality/standards/ethanol/index.html
188) Evalutating the Health Impacts of Ethanol Blend Petrol. – Report to the Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts June 2008, http:// www.environment.gov.au/atmosphere/fuel quality/publications/ethanol-health-impacts.html.

จัดทำโดย

คลัสเตอร์พลังงานทดแทน ฝ่ายบริหารจัดการคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์: 02-564-650 โทรสาร: 02-564-6501-5

http://www.nstda.or.th, http://www.mtec.or.th