



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

การอบรมครั้งที่ 2 UNITED Training Melaka

จาก เครื่องยนต์สันดาปเป็นระบบส่งกำลังทางเลือก (ICE ช่วงที่ 1)

Thomas Esch

สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

WP 2 – สรุปการอบรม



ประวัติย่อผู้นำเสนอ

- Adjunct professor at the Royal Melbourne University of Technology, Australia (since February 2013)
- Head of Institute "Applied Thermodynamics and Combustion Technology" at FH Aachen (since 1998)
- Head of Institute "Thermal Power and Heat Engines and Vehicle Mechanics" at the FH Aachen (1993 to 1998)
- FH Aachen: External lecturer in the field of internal combustion engines (1985 to 1993)
- RWTH Aachen University: Lecturer in the field of energy technology and internal combustion engines (1984 to 1989)
- Ph.D. (1992): Thesis title "Effect of cylinder design on the tribological properties of water-cooled four-stroke internal combustion engines", academic teaching adviser Prof. Dr. Franz Pischinger
- Academic study: Semester abroad at the University of Las Vegas, Solar Energy Systems Engineering (1984)
- Academic study: Dipl.-Ing. Mechanical Engineering "Process Engineering" at the RWTH Aachen (1979 to 1984)



Thomas F. Esch
Dean of Finance
Head of Master Course International
Automotive Engineering

WP 2 – สรุปการอบรม



ประสบการณ์ความเชี่ยวชาญ

- Consulting service to various companies, director of the "Competence Center for Electromagnetic Valve Train Systems", senior project management, attestation engagements, seminar manager (since 1994)
- FEV Aachen: Various positions from group leader "Tribology" (1989 to 1990), assistant to the business head "Design and Development" (1990 to 1991) to the department head for "Engine Mechanics" (1991 to 1993)
- Institute for Applied Thermodynamics at RWTH Aachen University and FEV Aachen: Researcher and project engineer in the field of combustion engineering of ICE (1985 to 1989)
- Desert Research Institute, Boulder City (Nevada, USA): Research engineer in the field of latent heat storage technologies (1984 to 1985)

ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่และกิจกรรมด้านการศึกษา

- มีผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่และนำเสนอมากกว่า 130 เรื่อง
- มีรายงาน R&D ร่วมกับภาคอุตสาหกรรมมากกว่า 150 โครงการ
- มีสิทธิบัตรทั้งระดับชาติและนานาชาติและสิทธิบัตรที่ได้สมัคร 52 ผลงาน
- เป็นผู้ก่อตั้งและเป็นบรรณาธิการซีรีส์หนังสือ "Applied Thermodynamics" (จำนวน 9 ฉบับ)
- เป็นผู้ให้ทุนร่วมและเป็นผู้แต่งร่วมหนังสือทางเทคนิค "Light and Heavy Duty Truck Technology"



WP 2 – สรุปการอบรม



Lectures at Aachen University of Applied Sciences (Institute of Applied Thermodynamics and Combustion Technology)

การศึกษาระดับปริญญาตรี:

- **Fundamentals of Thermodynamics** (Ba – 3. Semester)
- **Vehicle Dynamics (Longitudinal !)** (Ba – 4. Semester)
- **Internal Combustion Engines** (Ba – 5. Semester)
- **Combustion Technology** (Ba – 6. Semester)
- **Space Propulsion Systems** (Ba – 6. Semester)

ระดับบัณฑิตศึกษา:

- **Environmental Effects of Vehicle Powertrains** (Ma – 1. Semester)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – สรุปการอบรม



Lectures at Aachen University of Applied Sciences (Institute of Applied Thermodynamics and Combustion Technology)

By External Lecturers:

- **Patent Law for Engineers** (Ba – 6. Semester)
- **General Management of Automotive Suppliers** (Ma – 1. Semester)
- **Global Automotive Homologation and Mass Production Release** (Ma – 2. Semester)

General Competencies by External Lecturers:

- **Project Management** (Ba – 1. Semester)
- **Rhetoric for Engineers** (Ba – 1. Semester)
- **Leadership and Decision Making** (Ba – 2. Semester)



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- ช่วงที่ 1: บทนำและภาพรวมของเทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายใน
- ช่วงที่ 1: เทอร์โมไดนามิกส์ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน
- ช่วงที่ 2: คุณลักษณะของเครื่องยนต์สันดาปภายในและรูปแบบผสมผสาน
- ช่วงที่ 2: เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบแลกเปลี่ยนก๊าซและการเพิ่มสมรรถนะ

เนื้อหาการสัมมนา (ระดับวิชาการ) มุ่งเป้าไปที่นักเรียนเมื่อสิ้นสุดการศึกษาระดับปริญญาตรี และวิทยากรมืออาชีพ/ผู้จัดการหลักสูตรการศึกษาด้านยานยนต์

WP 2 – ยอดขายยานยนต์เบาทั่วโลก



- ในปี 2560 มีการขายรถยนต์ขนาดเล็กจำนวน 90 ล้านคันทั่วโลก เพิ่มขึ้นเป็น 118 ล้านคันภายในปี 2573
- ภูมิภาคยานยนต์หลักสามแห่ง ได้แก่ ยุโรป สหรัฐอเมริกา และจีน คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของตลาดโลก ระหว่างปี 2017 ถึง 2030 ยอดขายรถยนต์มีแนวโน้มที่จะคงที่ในยุโรปและสหรัฐอเมริกา
- สำหรับจีนและประเทศอื่นๆ ทั่วโลก คาดการณ์ว่ายอดขายประจำปีจะเติบโตระหว่าง 1.5% ถึง 4% ยอดขายของระบบส่งกำลังที่ใช้เครื่องยนต์สันดาป (รวมถึงระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบไฮบริด) คาดว่าจะเพิ่มขึ้นตลอดปี 2568 เป็นสูงสุดประมาณ 100 ล้านหน่วย ซึ่งเพิ่มขึ้น 12 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับปี 2560



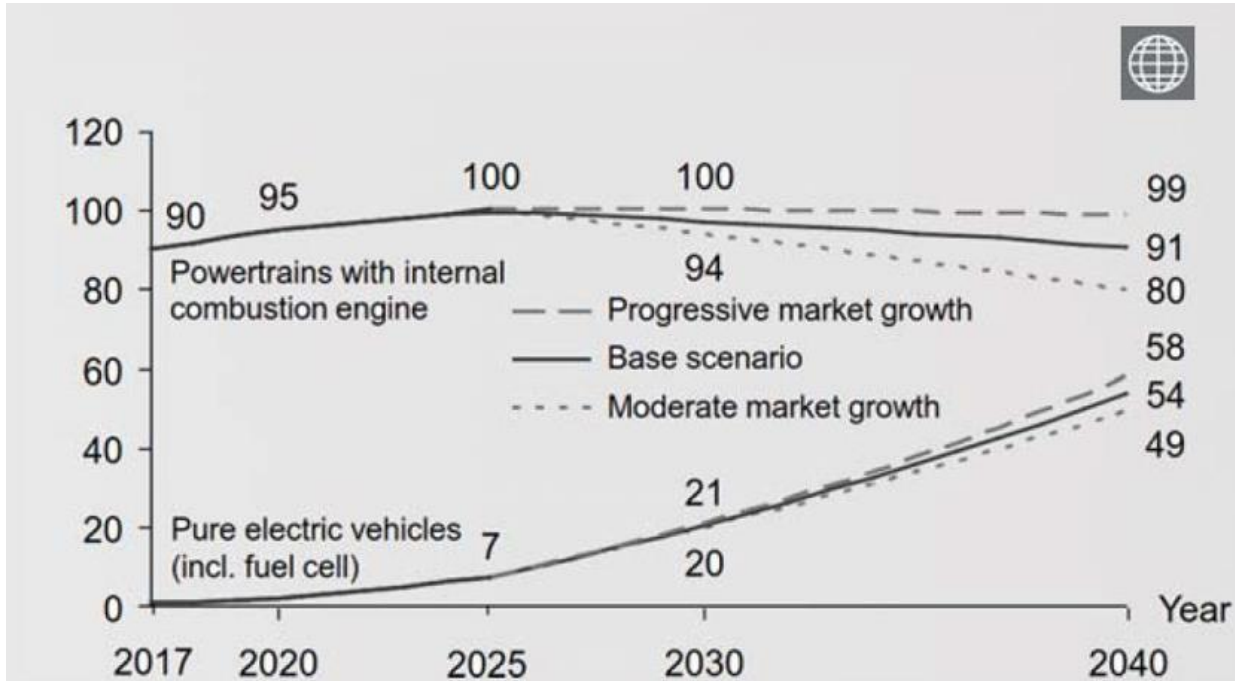
WP 2 – ยอดขายยานยนต์เบาทั่วโลก



- ในสถานการณ์พื้นฐาน คาดว่ายอดขายเครื่องยนต์สันดาปจะสูงขึ้นระหว่างปี 2568 ถึง 2573 ก่อนที่จะลดลงในระยะยาว
- ยอดขายของระบบส่งกำลังคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างมากถึง 20 ล้านหน่วยภายในปี 2573
- ซึ่งรวมถึงรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่เกือบทั้งหมด ในขณะที่ระบบขับเคลื่อนที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงจะตลาดในวงกว้างนั้น คาดว่าจะมีเฉพาะช่วงหลังปี 2573 เท่านั้น
- ในยุโรป สหรัฐอเมริกา และจีน การเปลี่ยนจากระบบส่งกำลังแบบธรรมดาเป็นระบบส่งกำลังจะเกิดขึ้นเร็วกว่าในตลาดที่ยังไม่เติบโตเต็มที่ ด้วยเหตุนี้ จำนวนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่จำหน่ายในตลาดทั้งสามนี้ในปี 2573 คาดว่าจะต่ำกว่ายอดขายในปี 2559 ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ระบบขับเคลื่อนไฮบริด (รวมถึงระบบไฮบริดแบบอ่อนพร้อมเทคโนโลยี 48V) คาดว่าจะมียอดขายประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ในปี 2573



WP 2 – ยอดขายยานยนต์เบาทั่วโลก



Global light-duty vehicles sales forecast in million units
 (Vehicle sales include passenger cars and light commercial vehicles up to 3.5 tons)
 Source: FEV



2030 light-duty vehicles sales
 # Base scenario

WP 2 – ปริมาณการขายทั่วโลกที่คาดหวังในปี 2573



- การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียังส่งผลกระทบต่อส่วนประกอบอื่นๆ ของระบบส่งกำลัง จำนวนกระบอกสูบโดยเฉลี่ยลดลง 8 เปอร์เซ็นต์จาก 4.3 เป็น 4.0 เนื่องจากมีแนวโน้มอย่างต่อเนื่องต่อเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จสามและสี่สูบ
- ในบรรดาภูมิภาคยานยนต์หลักสามแห่ง อัตราการเปลี่ยนแปลงไปสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้านั้นแตกต่างกันไป
- ในยุโรป คาดการณ์ว่าในปี 2030 รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่จะมีส่วนแบ่งร้อยละ 21 ปัจจัยขับเคลื่อนหลักสำหรับการพัฒนานี้คือการควบคุมการปล่อย CO2 สำหรับรถยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ ซึ่งผู้ผลิตรถยนต์ทุกรายต้องปฏิบัติตามเป็นรายบุคคล
- นอกจากนี้ การปฏิเสชรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปยังเพิ่มขึ้นในบางส่วนของสังคม และการยอมรับของ e-mobility ก็เพิ่มขึ้น



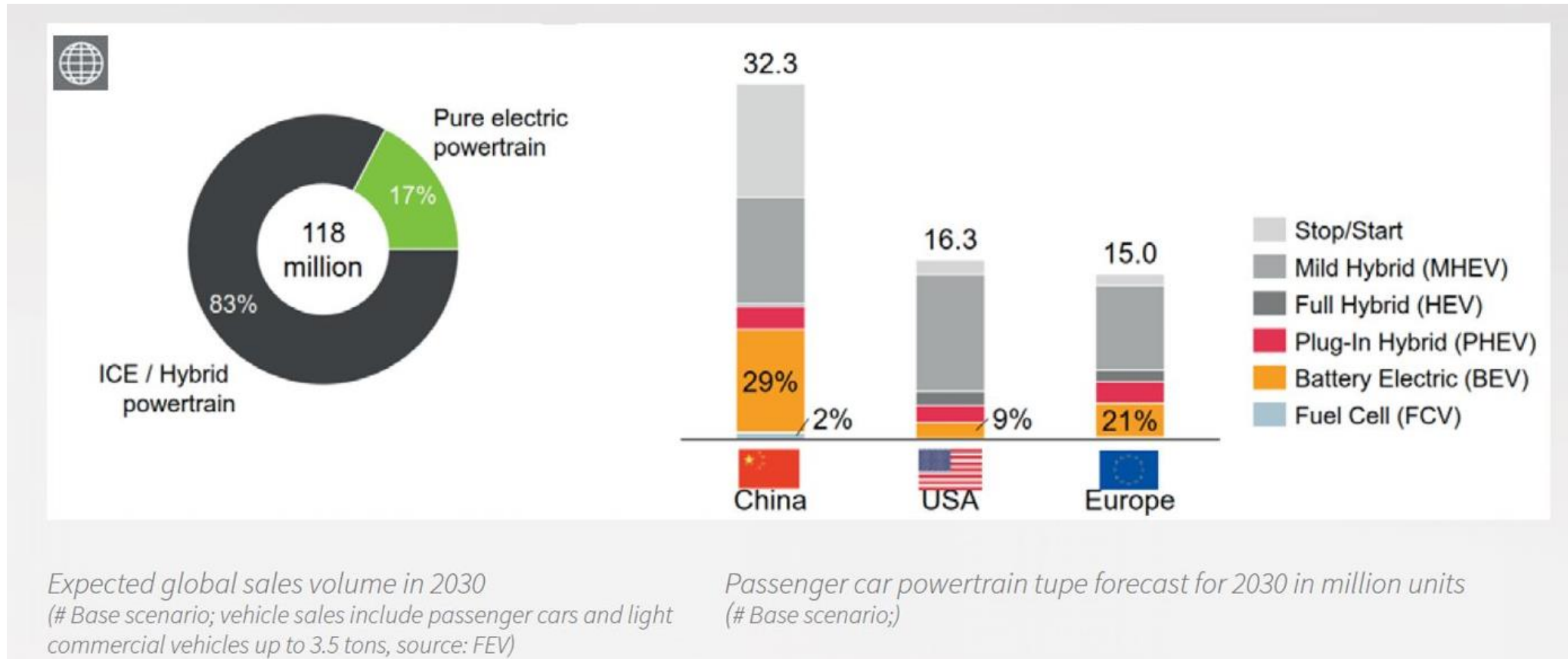
WP 2 – ปริมาณการขายทั่วโลกที่คาดหวังในปี 2573



- การลงทุนที่คาดหวังในโครงสร้างพื้นฐานการชาร์จและการเปิดตัวพอร์ตโพลีโอรถยนต์ไฟฟ้าโดยผู้ผลิตหลายรายมีแนวโน้มที่จะอำนวยความสะดวกในการเปลี่ยนแปลง สำหรับตลาดสหรัฐฯ คาดว่าส่วนแบ่งการขายรถยนต์ไฟฟ้าจะลดลง (9% ในปี 2573) ในปี 2573 เมื่อเทียบกับยุโรป กฎระเบียบการปล่อย CO2 ของสหรัฐฯ จะเข้มงวดน้อยกว่า
- นอกจากนี้ รถยนต์ไฟฟ้าไม่เหมาะสำหรับลูกค้าทั่วไปในสหรัฐฯ ซึ่งชอบรถยนต์ขนาดใหญ่กว่าและขับในระยะทางไกลกว่าเมื่อเทียบกับยุโรป อย่างไรก็ตาม ในบางภูมิภาคของสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเล คาดว่าส่วนแบ่งการตลาดของรถยนต์ไฟฟ้าจะสูงขึ้น ในประเทศจีน คาดว่ารถยนต์ไฟฟ้าจะมีส่วนแบ่งสูงถึง 29 เปอร์เซ็นต์ในปี 2030
- ตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับการเจาะตลาดที่สูงคือ โปรแกรมการกำกับดูแลที่หลากหลายซึ่งผลักดันยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า เช่น เป้าหมายการประหยัดเชื้อเพลิง โควตาการขายรถยนต์ไฟฟ้า ("เป้าหมายเครดิต NEV") และข้อดีสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในการมอบหมายป้ายทะเบียน



WP 2 – ปริมาณการขายทั่วโลกที่คาดหวังในปี 2573



WP 2 – มะละกา ช่วงที่ 1



- บทนำและภาพรวมของเทคโนโลยี ICE (30 นาที)



WP 2 - เยอรมนี: มองย้อนกลับไป



- กันยายน 2015: **EPA** พบว่าเครื่องยนต์ดีเซล **TDI** เปิดใช้งานการควบคุมการปล่อยมลพิษเฉพาะในระหว่างการทดสอบการปล่อยมลพิษในห้องปฏิบัติการ
 - ผลผลิตเป็นไปตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาในระหว่างการทดสอบด้านกฎระเบียบ แต่ **NO** มากกว่าถึง 40 เท่าในการขับขี่ในโลกแห่งความเป็นจริง
 - หน่วยงานกำกับดูแลในหลายประเทศเริ่มสอบสวน **Volkswagen**
 - ราคาหุ้นตกในมูลค่าหนึ่งในสาม
 - **Martin Winterkorn CEO** ของ **VW Group** ลาออก
- เมษายน 2016: **Volkswagen** ประกาศแผนการที่จะใช้จ่ายเงิน 16.2 พันล้านยูโรเพื่อแก้ไขปัญหาการปล่อยมลพิษ
- มกราคม 2017: **Volkswagen** สารภาพความผิดทางอาญา
- เมษายน 2017: ผู้พิพากษาของรัฐบาลกลางสหรัฐฯสั่งให้ **Volkswagen** จ่ายค่าปรับทางอาญา 2.8 พันล้านดอลลาร์
- 3 พฤษภาคม 2018: **Winterkorn** ถูกตั้งข้อหาในสหรัฐอเมริกาด้วยการฉ้อโกงและการสมรู้ร่วมคิด



Defeat Device

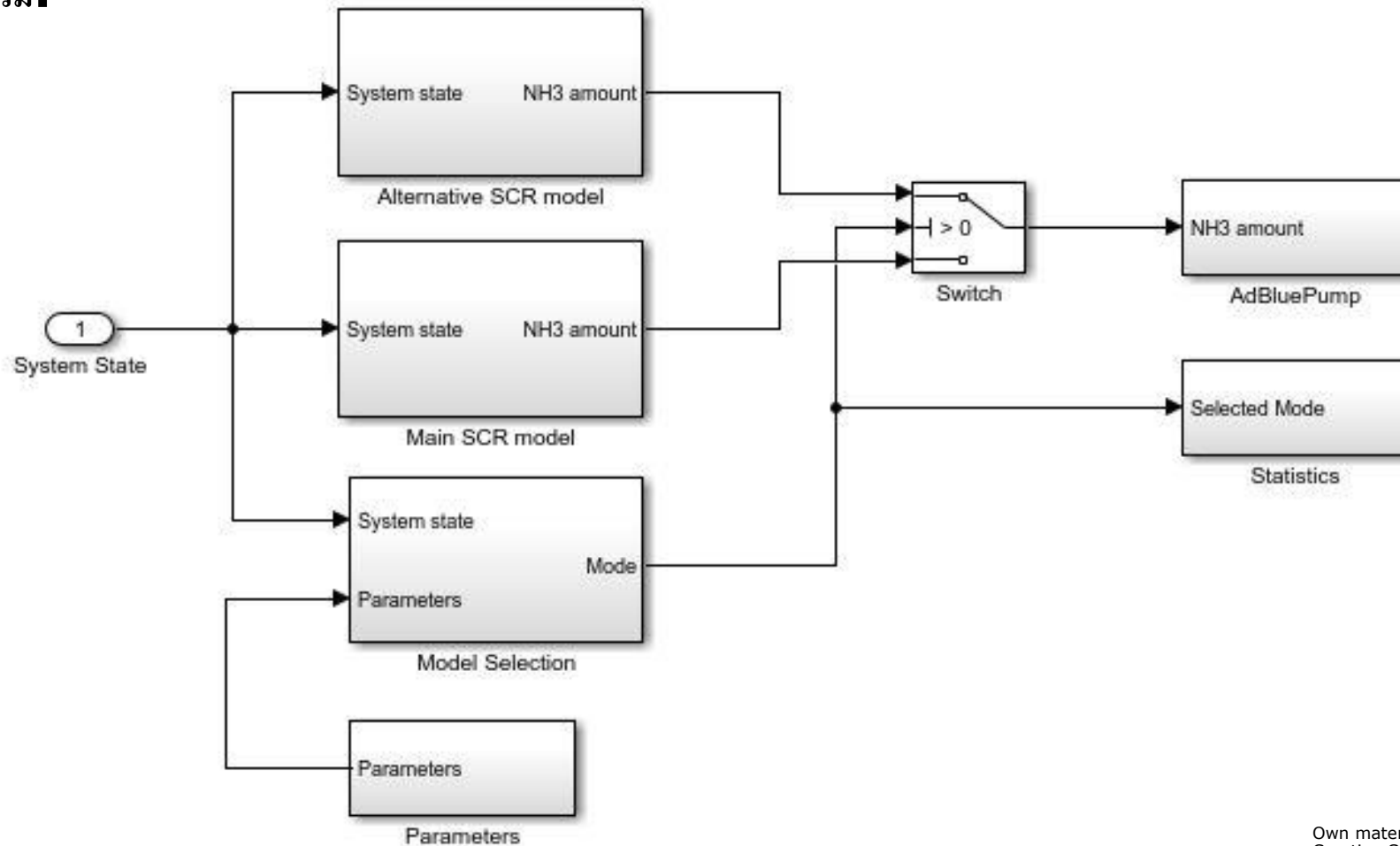
- **Defeat Device** เป็นการจัดการประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นฟังก์ชันภายในหน่วยควบคุมที่แม่นยำยิ่งขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนแปลงหรือปรับแต่งระบบ ส่วนหนึ่ง หรือฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสีย
- คำจำกัดความที่คล้ายกันแต่แตกต่างกันระหว่างกฎหมายของสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา
 - > เหตุผลหนึ่งสำหรับความรับผิดชอบและสัมปทานที่แตกต่างกันของ **VW**
- ความแตกต่างไม่มากนักเกี่ยวกับข้อยกเว้นของการห้ามของอุปกรณ์กำจัดดังกล่าว
 - > คำจำกัดความของสหภาพยุโรปมีห้องการตีความขนาดใหญ่
 - > “การป้องกันส่วนประกอบ”
- มาตรา **2 (10)** และมาตรา **5 (2)** ของระเบียบสหภาพยุโรป **715/2007**

- โพล์คสวาเกิน โกงโดยปิดการใช้งานระบบลด **NOx**
 - > การเปลี่ยนไปใช้แบบจำลองการสอบเทียบพื้นฐาน (ตัวเร่งปฏิกิริยา **SCR**)
 - > การปิดใช้งานเหตุการณ์ **DeNOx (LNT)**
- สำหรับการจัดการจำเป็นต้องมีการตรวจจับวงจร
 - > การทดสอบการปล่อยก๊าซจะทำบนไดนาโมมิเตอร์ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
 - > **NEDC (EU), FTP 75 (US)**
- โครงสร้างซอฟต์แวร์ วิธีการใช้งานโดย **VW** สำหรับการจัดการระบบ **SCR** จะแสดงในสไลด์ถัดไป

DieselGate - ข่าวด้านมืดเกี่ยวกับก๊าซไอเสีย

Defeat Device ในเรื่องอื้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียดีเซล

ภาพรวม

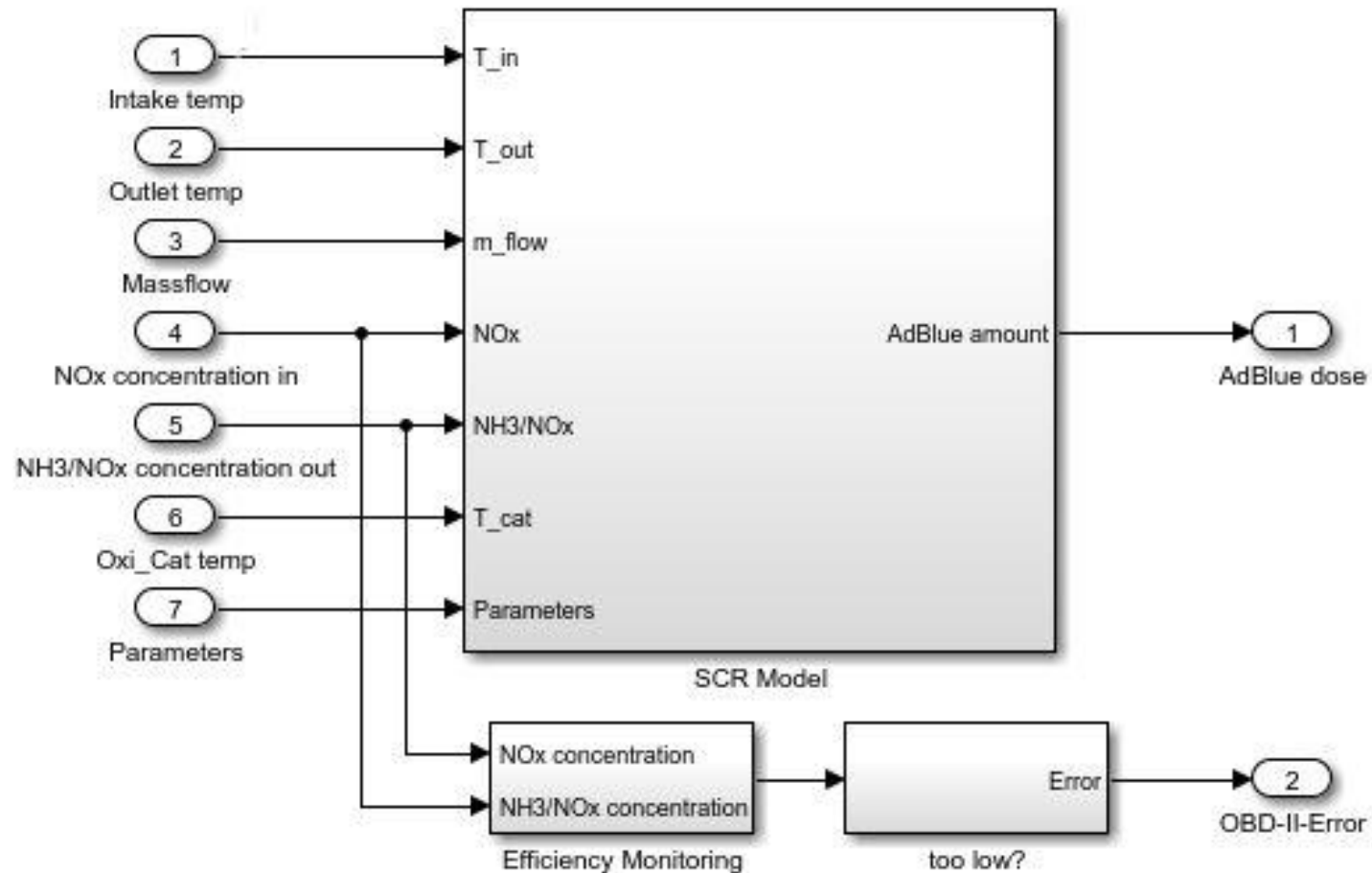


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

DieselGate - ข่าวด้านมืดเกี่ยวกับก๊าซไอเสีย

Defeat Device ในเรื่อง้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียดีเซล

โมเดลสำหรับ **SCR** ทั่วไป:

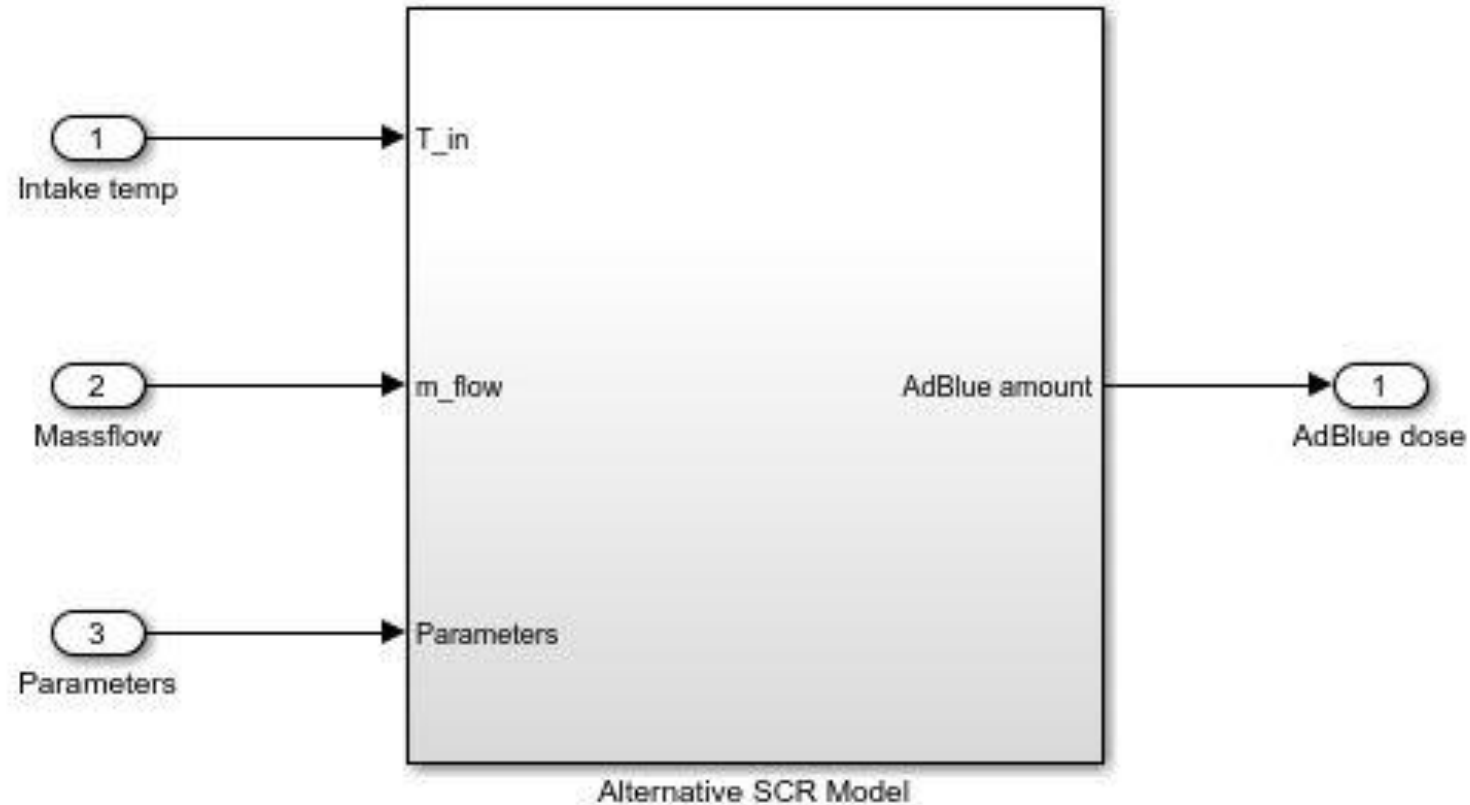


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

DieselGate – ข่าวด้านมืดเกี่ยวกับก๊าซไอเสีย

Defeat Device ในเรื่องอื้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียดีเซล

โมเดล **SCR** ทางเลือก:

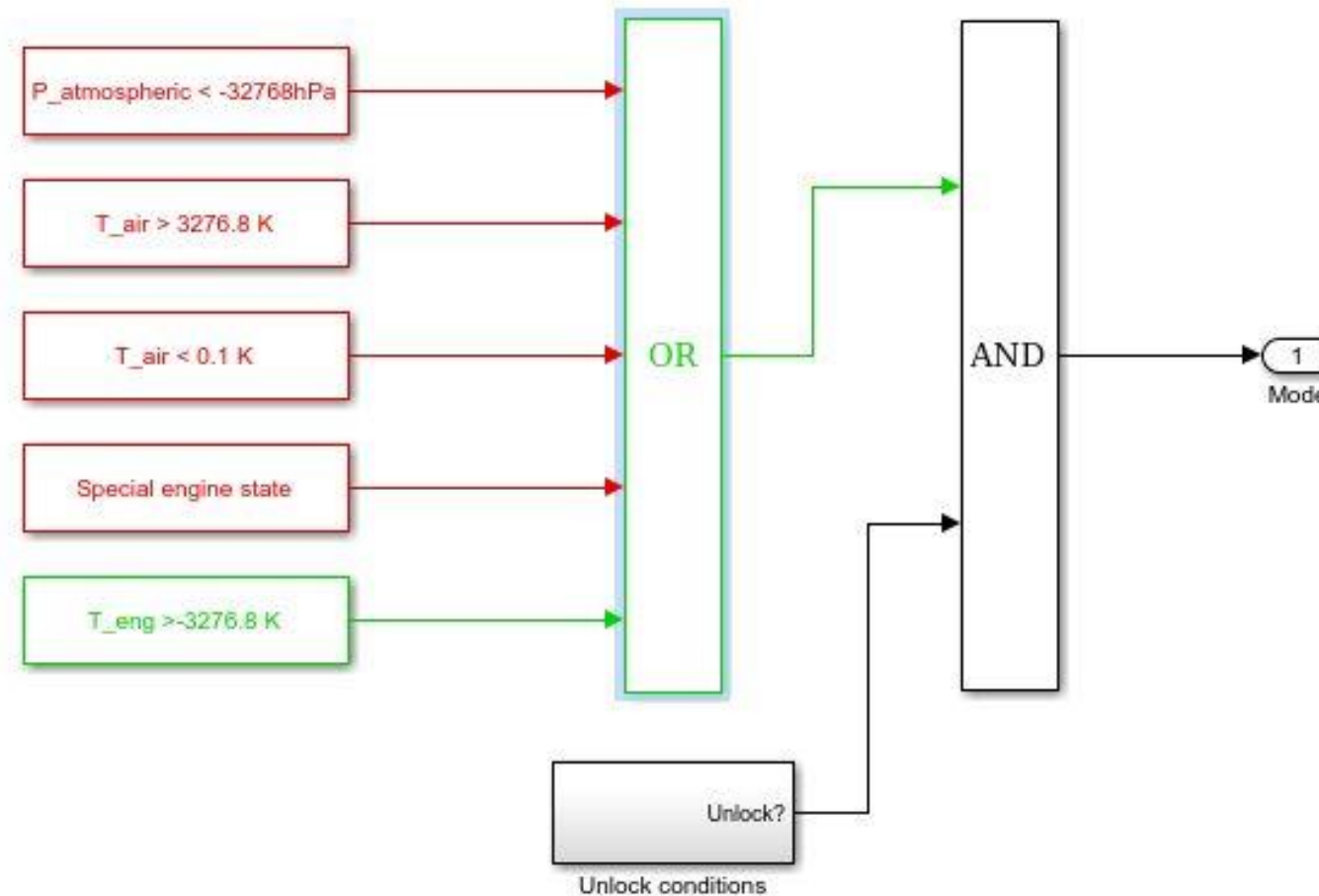


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

DieselGate - ข่าวด้านมืดเกี่ยวกับก๊าซไอเสีย

Defeat Device ในเรื่องอื้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียดีเซล

โมเดลการเลือก:

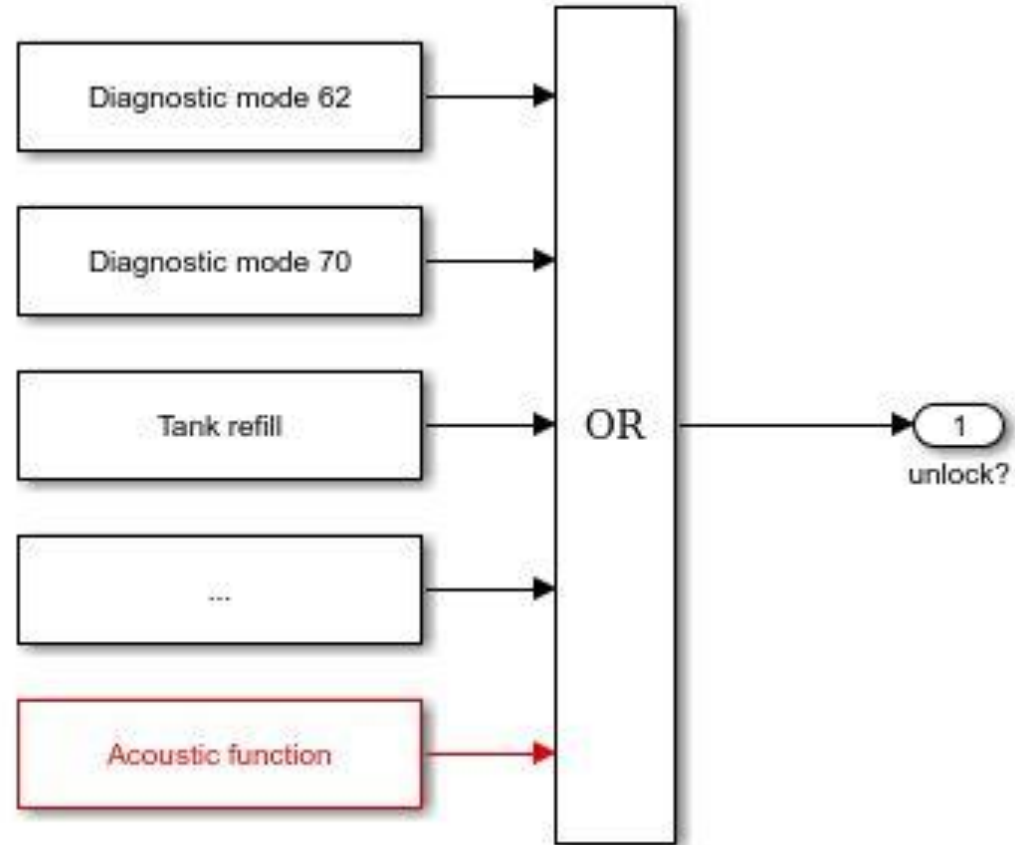


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

DieselGate – ข่าวด้านมืดเกี่ยวกับก๊าซไอเสีย

Defeat Device ในเรื่องอื้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียดีเซล

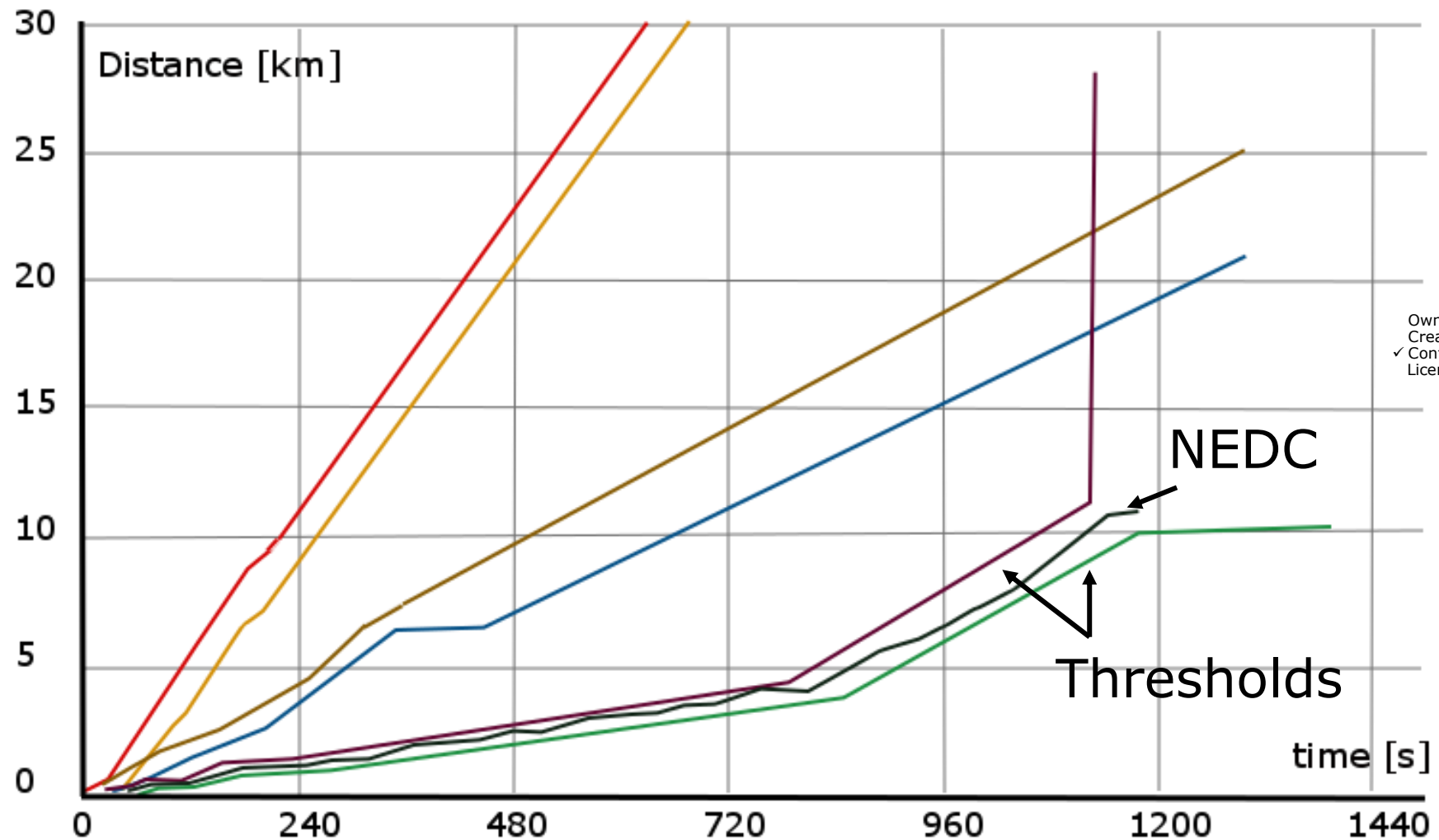
สภาพการปลดล็อก:

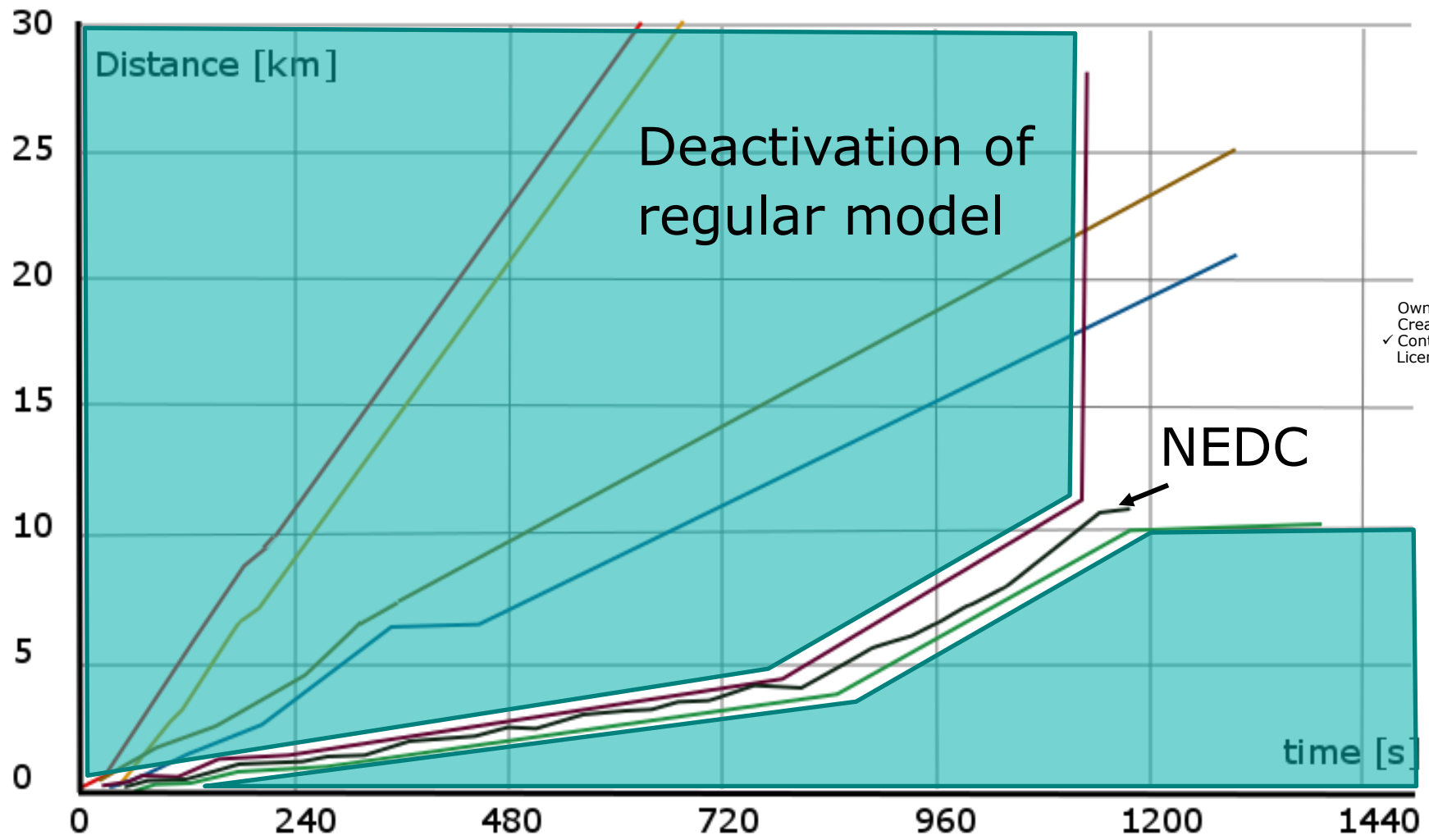


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

DieselGate - ขว่ำนม็ดเกี่ยวกับก๊าซไอเสีย

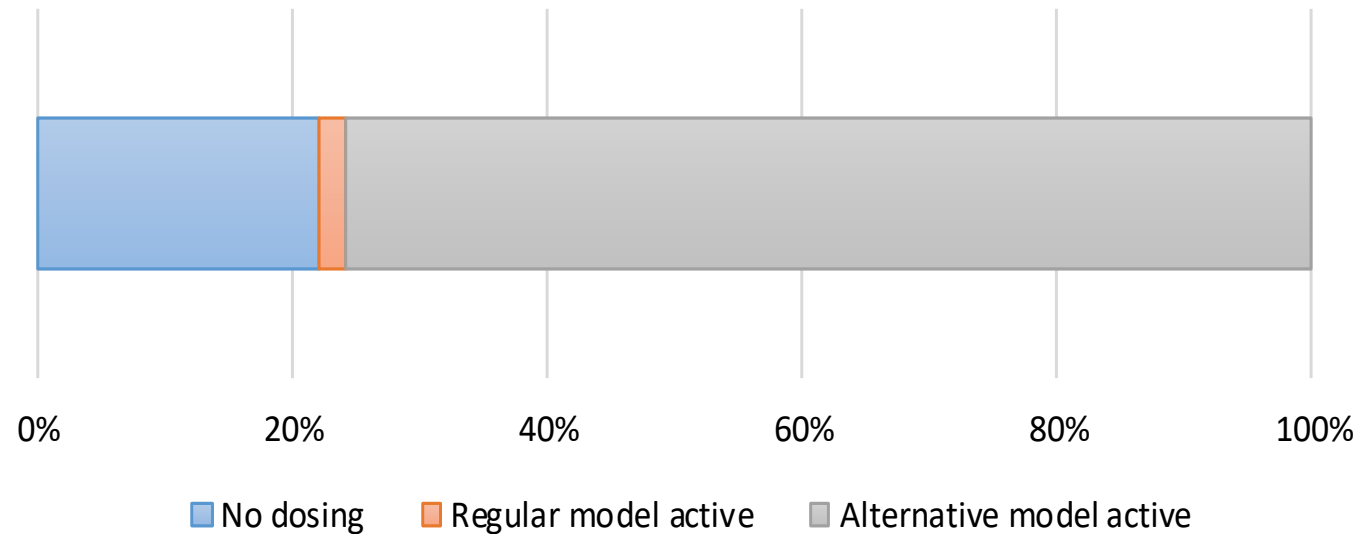
Defeat Device ในเรื่องอื้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียดีเซล





Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

Dosing strategy



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

- ภายใต้สภาพการขับขี่จริง รุ่น **SCR** ปกติจะถูกเลือกเพียง **5%** ของเวลาทั้งหมด
- ในช่วงเวลาอื่นๆ การแปลง **NOx** ที่ลดลงหรือแทบไม่มีเลย

- เรื่องอื้อฉาวเกี่ยวกับก๊าซไอเสียของดีเซลมีรากฐานมาจากข้อกล่าวหาที่หน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (EPA) มีต่อโพล์คสวาเกนในปี 2558 ซึ่งพวกเขาฟ้อง VW ให้โกงในการทดสอบการปล่อยมลพิษโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า **Defeat Device**
- ทั่วโลกมีรถยนต์มากกว่า 11 ล้านคันและอย่างน้อย 2.5 ล้านคันในเยอรมนีมีส่วนเกี่ยวข้องกับ ยานพาหนะทั้งหมดเหล่านี้ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซล EA 189 ซึ่งได้รับการออกแบบให้เป็นเครื่องยนต์ขนาด 1.6 และ 2.0 ลิตร
- **Defeat Device** คือการวัดที่นำไปใช้กับหน่วยควบคุม เช่น ECU โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไข เปลี่ยนแปลง หรือปิดใช้งานฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสีย
- **Defeat Device** มีข้อบกพร่องถูกนำมาใช้ภายในเรื่องอื้อฉาวก๊าซไอเสียดีเซลสำหรับการปิดใช้งานหรืออย่างน้อยก็ลดประสิทธิภาพของระบบลดไนโตรเจนออกไซด์ (การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนออกไซด์)

- สำหรับ **Defeat devices** วิธีใช้งานโดย Volkswagen (การจัดการ SCR) จำเป็นต้องมีการตรวจจับวงจร
- แรงจูงใจในการโกงในกรณีนี้กว้าง แต่ส่วนใหญ่อธิบายได้ด้วยการลดความพยายามในการสอบเทียบ การลดการใช้เชื้อเพลิงและการสิ้นเปลือง **AdBlue** และการรักษาผลประโยชน์ของเครื่องยนต์ดีเซล
- มีเพียงตัวอย่างบางส่วนของ **Defeat devices** เท่านั้นคือการปิดใช้งานระบบ **EGR** ในหน้าต่างอุณหภูมิพิเศษ การจัดการตัวเร่งปฏิกิริยา **LNT** ผ่านการยับยั้งเหตุการณ์ **DeNOx** หรือการลดการจ่าย **AdBlue** ในกรณีของตัวเร่งปฏิกิริยา **SCR**

- นั้นหมายความว่า ฟังก์ชันบน ECU อย่าง VW เรียกมันว่า "Acoustic function" จะตรวจจับระยะทางที่จับตามเวลาและประเมินว่ารถกำลังขับรอบการทดสอบ เช่น NEDC ภายในการทดสอบการปล่อยมลพิษหรือไม่
- หากการตรวจจับวัฏจักรให้ค่า "จริง" ระบบจะเลือกกลยุทธ์การปล่อยมลพิษที่เหมาะสมที่สุด และหากผลลัพธ์เป็นค่า "เท็จ" กลยุทธ์ทางเลือกพื้นฐานจะเปิดใช้งาน
- การสอบสวนของผู้มีอำนาจในเยอรมนีเกี่ยวกับ Dieselgate เปิดเผยถึงข้อสงสัยที่เสนอว่า Volkswagen ไม่ได้เป็นผู้ผลิตรถยนต์เพียงรายเดียวที่ควบคุมผลการทดสอบการปล่อยมลพิษและปล่อยมลพิษออกมามากกว่าที่กฎหมายกำหนด

WP 2 - เยอรมนี: Dieselgate Scandal



- ผลของเรื่องอื้อฉาวก๊าซไอเสียดีเซลที่สมบรูณ์นั้นสร้างความเสียหายอย่างมากต่อไฟล์คสวาเกินและตัวเครื่องยนต์ดีเซลเอง
- เรื่องที่เกิดขึ้นสร้างความตระหนักรู้ของประชาชนในระดับสูงสุดเกี่ยวกับระดับมลพิษที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยดีเซลทั้งหมดที่ต่ำกว่า **EURO 6d** โดยเฉพาะในเยอรมนีและสหรัฐอเมริกา



WP 2 - อนาคตของเครื่องยนต์สันดาป



- การอภิปรายในปี 2560 ในประเทศเยอรมนีซึ่งรวมถึงการวิพากษ์วิจารณ์เครื่องยนต์ดีเซลอย่างเด่นชัดและถูกต้องบางส่วนได้พัฒนาโมเมนตัมของตัวเอง
- การอภิปรายจบลงด้วยการห้าม **ICE** ในยานยนต์
- ด้วยเหตุผลนี้ “Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik” (สมาคมวิทยาศาสตร์ยานยนต์และเทคโนโลยี ICE =WKM) ได้จัดทำแถลงการณ์หลักสามประการเกี่ยวกับเหตุการณ์เหล่านี้และเกี่ยวกับอนาคตของเครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งกำหนดขึ้นบนพื้นฐานของสถานะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์



WP 2 - แสดงการณั้หลักของ ICE WKM



- a. เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นเครื่องยนต์ของการเคลื่อนที่ การจราจรของสินค้า และเครื่องจักรเคลื่อนที่ บทบาทนี้เสริมแต่ไม่ได้ถูกแทนที่ด้วยใคร่ไฟฟ้า การพัฒนาระบบขับเคลื่อนเพิ่มเติมแบบเปิดเทคโนโลยี เป็นข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับนโยบายสภาพภูมิอากาศที่ประสบความสำเร็จในสังคมที่เจริญรุ่งเรือง การแบบมีผลตรงกันข้าม
- b. เนื่องจากการมีส่วนร่วมของเครื่องยนต์สันดาปต่ำมาก ปัญหาของการปล่อยมลพิษและ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง immissions จะไม่เป็นข้อโต้แย้งกับเครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซินในอนาคต! สถานะปัจจุบันของเทคโนโลยีทำให้แน่ใจแล้วว่าค่าจำกัดการปล่อยมลพิษสามารถปฏิบัติตามได้โดยไม่มีข้อยกเว้น จุดอ่อนที่ระบุในการหวนกลับไม่เกี่ยวข้องกับอนาคตอีกต่อไป บนพื้นฐานของการวิจัยอย่างเข้มข้น สามารถนำเสนอใคร่เครื่องยนต์สันดาปที่เป็นกลางต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์



WP 2 - แสดงการนำหลักของ ICE WKM



- c. ข้อได้เปรียบเฉพาะของเครื่องยนต์สันดาปภายในอยู่ที่การใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพและยืดหยุ่น โดยมีความหนาแน่นของพลังงานสูงและตัวเลือกการจัดเก็บและการกระจายที่ดีเยี่ยม ด้วยคุณสมบัติพื้นฐานนี้ เครื่องยนต์สันดาปได้คิดค้นตัวเองขึ้นมาใหม่อย่างต่อเนื่อง และเมื่อพิจารณาถึงระบบโดยรวมแล้ว จะทำให้การปล่อย CO₂ ต่ำกว่าเทคโนโลยีทางเลือกอื่น ศักยภาพที่จะสามารถใช้เชื้อเพลิงที่ไม่ใช่ฟอสซิลได้อย่างยืดหยุ่นและด้วยเหตุนี้เชื้อเพลิงที่เป็นกลาง CO₂ จึงเป็นการรับประกันเพิ่มเติมสำหรับเทคโนโลยีในอนาคตที่ยั่งยืนในระยะยาว



WP 2 - พรรคการเมืองในเยอรมนีเกี่ยวกับอนาคต ICE



เพิ่มความแข็งแกร่ง
ให้การคมนาคม
สาธารณะ,
Linke

เปิดความคิดให้กับเทคโนโลยี-
วัฒนธรรมแห่งนวัตกรรมแทน
การห้าม,
CDU

Yes, to
diesel,
AfD

ในปี 2030 รถใหม่ทุก
คันควรปลอดมลพิษ,
Die Grünen

การห้ามขับรถเป็น
นโยบายของเมื่อวาน,
FDP

ดีเซลมีอนาคต
โดยเฉพาะในพื้นที่
ชนบท,
CSU



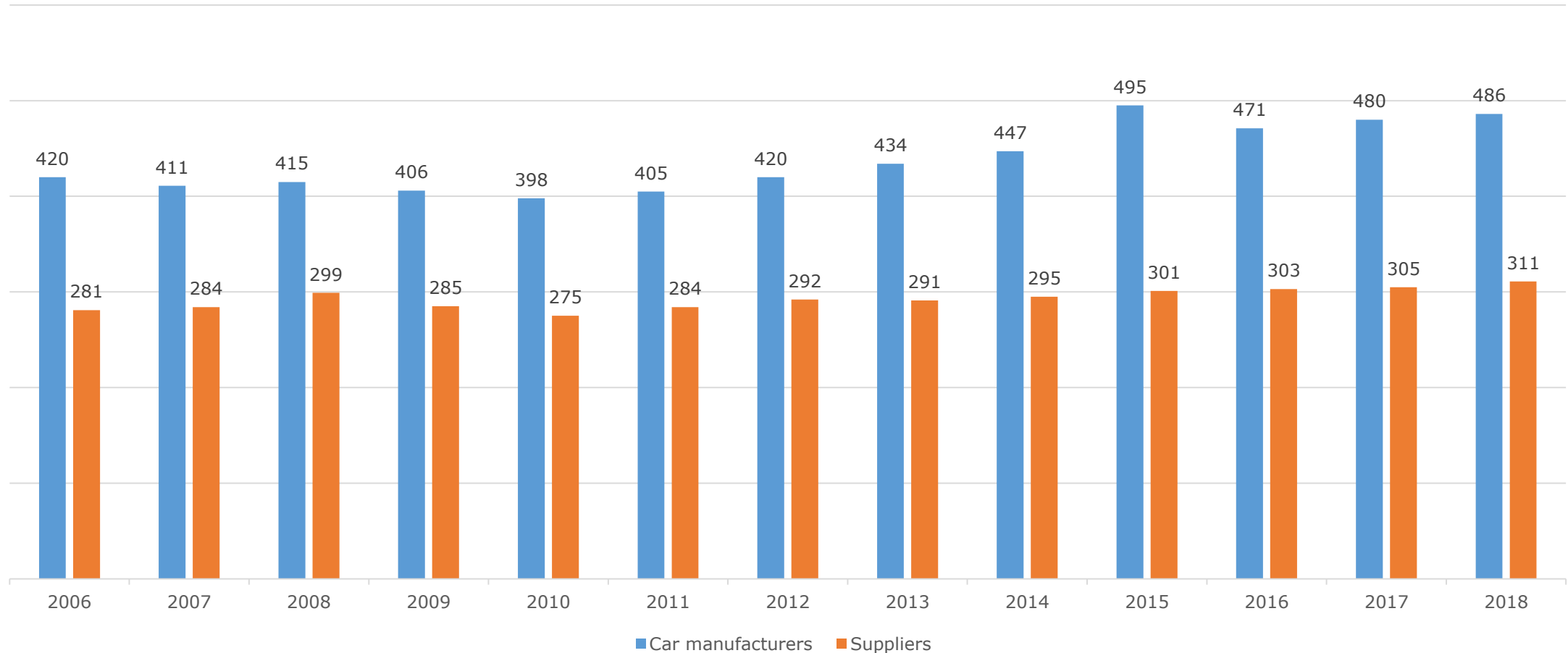
WP 2 - ห้ามขายรถยนต์ใหม่ที่มีเครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซินในยุโรป



ประเทศ	ประกาศให้ทราบ	เริ่มใช้
เดนมาร์ก	2019	2030
ฝรั่งเศส	2017	2040
ไอซ์แลนด์	2018	2030
ไอร์แลนด์	2018	2030
เนเธอร์แลนด์	2017	2030
นอร์เวย์	2017	2025
สหราชอาณาจักร	2017	2040 - อังกฤษ, เวลส์, ไอร์แลนด์เหนือ 2032 - สกอตแลนด์
สวีเดน	2018	2030



WP 2 - จำนวนพนักงานโดยเฉลี่ยต่อปีในอุตสาหกรรมยานยนต์ของเยอรมันใน 1,000



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – ภาพรวมการฝึกอบรม



- ทถาม-ตอบ, อภิปราย ช่วงที่ 1



WP 2 – มะละกา ช่วงที่ 1



- บทนำและภาพรวมของเทคโนโลยี ICE (10 นาที)



WP 2 – การศึกษาระบบเครื่องยนต์สันดาปภายใน



1. วิธีการของวัฏจักรทำงาน

- แบบปิด (สันดาปภายนอก)
- แบบเปิด (สันดาปภายใน)

2. กระบวนการสันดาป

- ต่อเนื่อง
- เป็นระยะ

3. วิธีการของการแลกเปลี่ยนก๊าซ

- 4-สโตรก
- 2-สโตรก

4. ระดับความดันชาร์จ (กระบวนการแบบเปิด!)

- เครื่องยนต์ด้วยธรรมชาติ
- เครื่องยนต์แบบเร่ง

5. เวลาในการสร้างส่วนผสม

- การบีบอัดอากาศ
- การบีบอัดส่วนผสม

6. ตำแหน่งสร้างส่วนผสม

- สร้างส่วนผสมภายใน
- สร้างส่วนผสมภายนอก

7. วิธีการควบคุมกำลัง

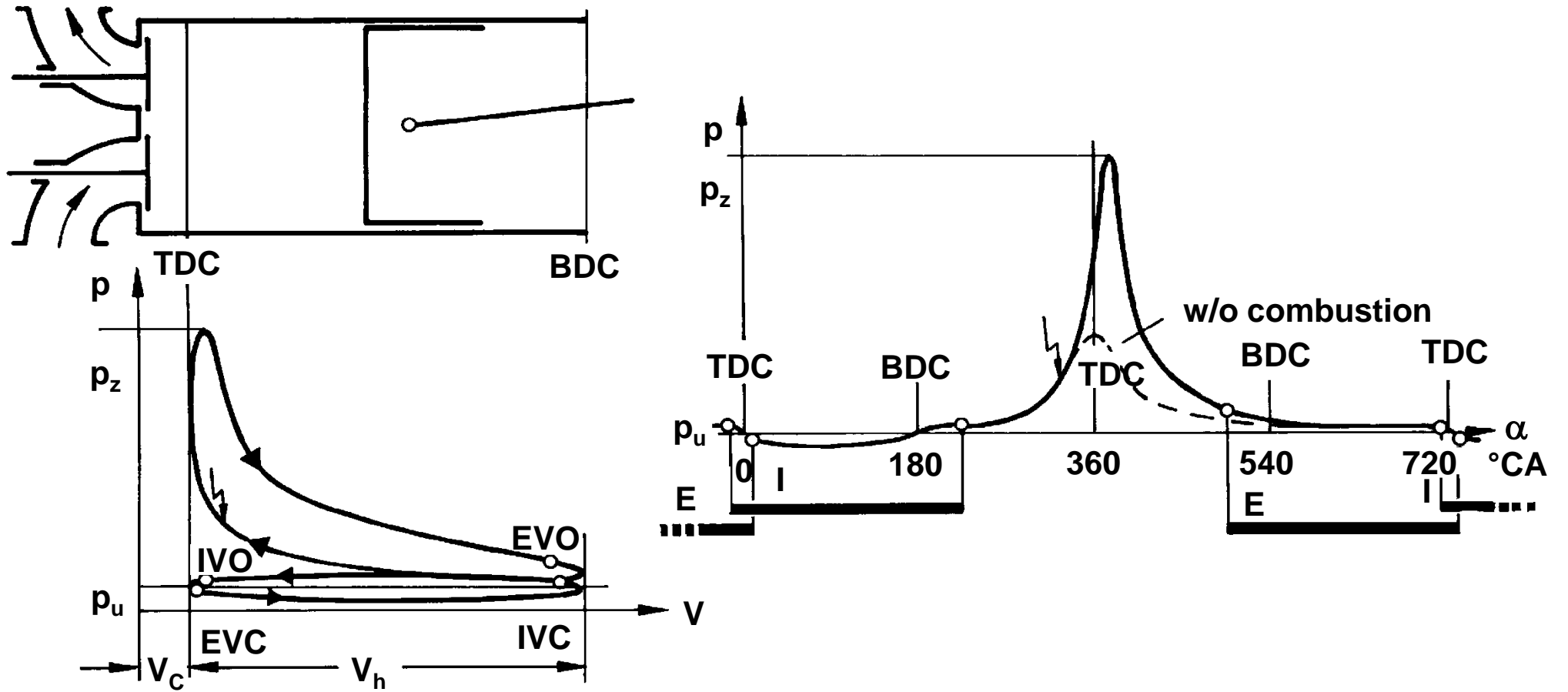
- ควบคุมปริมาณ
- ควบคุมคุณภาพ

8. วิธีการจุดไฟ

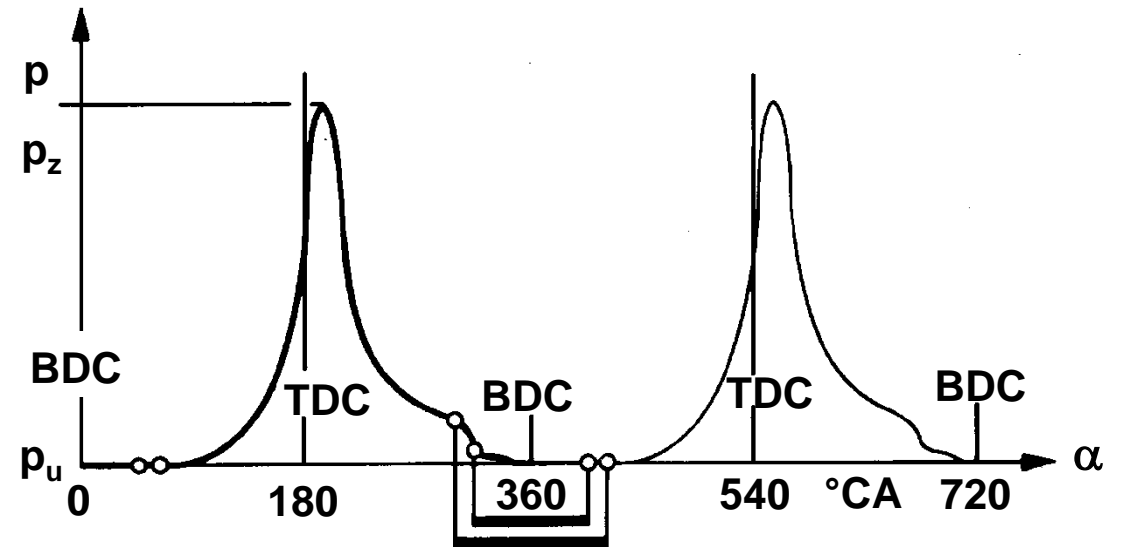
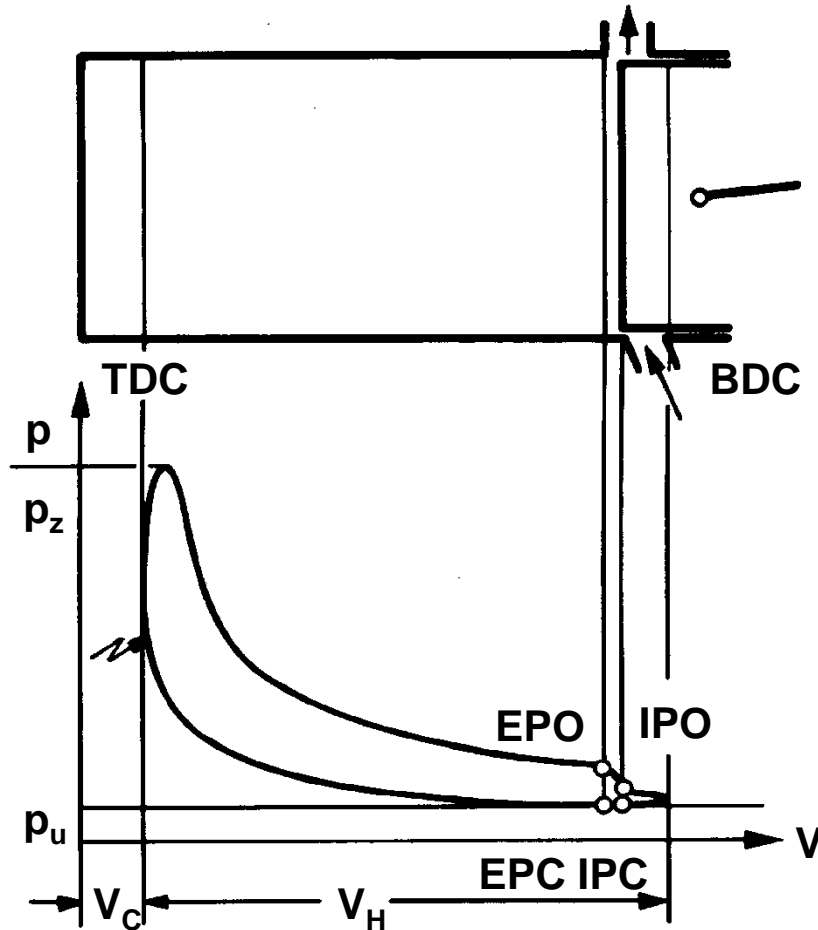
- จุดไฟแบบสปาร์ค (เครื่องยนต์แก๊ซโซลีน)
- จุดไฟแบบบีบอัด (เครื่องยนต์ดีเซล)



WP 2 – วงจรการทำงานแบบ 4 สโตรค



WP 2 – วงจรการทำงานแบบ 2 สโตรก



WP 2 – คุณสมบัติของกระบวนการเครื่องยนต์



	เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (แบบดั้งเดิม)	เครื่องยนต์ดีเซล
การบีบอัด	① ผสมก๊าซ	① a อากาศ
สภาพสารผสมชาร์จ	② เป็นเนื้อเดียวกัน	② b ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน
การจุดไฟ	③ สปาร์ค	③ c การบีบอัด
การควบคุมโหลด	④ เชื้อเพลิงและกระแสอากาศ	④ d กระแสเชื้อเพลิง

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – ข้อกำหนดสำหรับระบบส่งกำลัง / แรงจูงใจ สำหรับผู้โดยสาร

ลูกค้าใช้งาน

- ความพอใจในการขับขี่
- ราคาและการใช้งานต่ำ
- คุณภาพ/ความน่าเชื่อถือ
- ความสะดวกสบาย

ความต้องการ/กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม

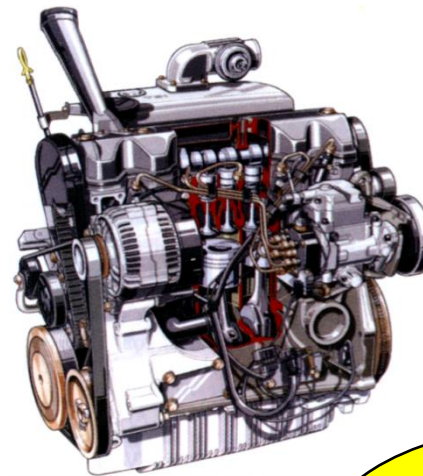
- การปล่อยก๊าซ (ภูมิภาค/โลก)
- การปล่อยก๊าซ CO_2 (ปรากฏการณ์เรือนกระจก)
- การรีไซเคิล
- การอนุรักษ์ทรัพยากร

ทนทาน

สเปคของกำลังและทอร์คสูง

กะทัดรัด,
น้ำหนักเบา

ต้นทุนการผลิตต่ำ



ใช้เชื้อเพลิงต่ำ

การปล่อยก๊าซ CO_2 และมลพิษต่ำ

เสียงรบกวนและการสั่นสะเทือน
ต่ำ

ใช้เวลาพัฒนาสั้น

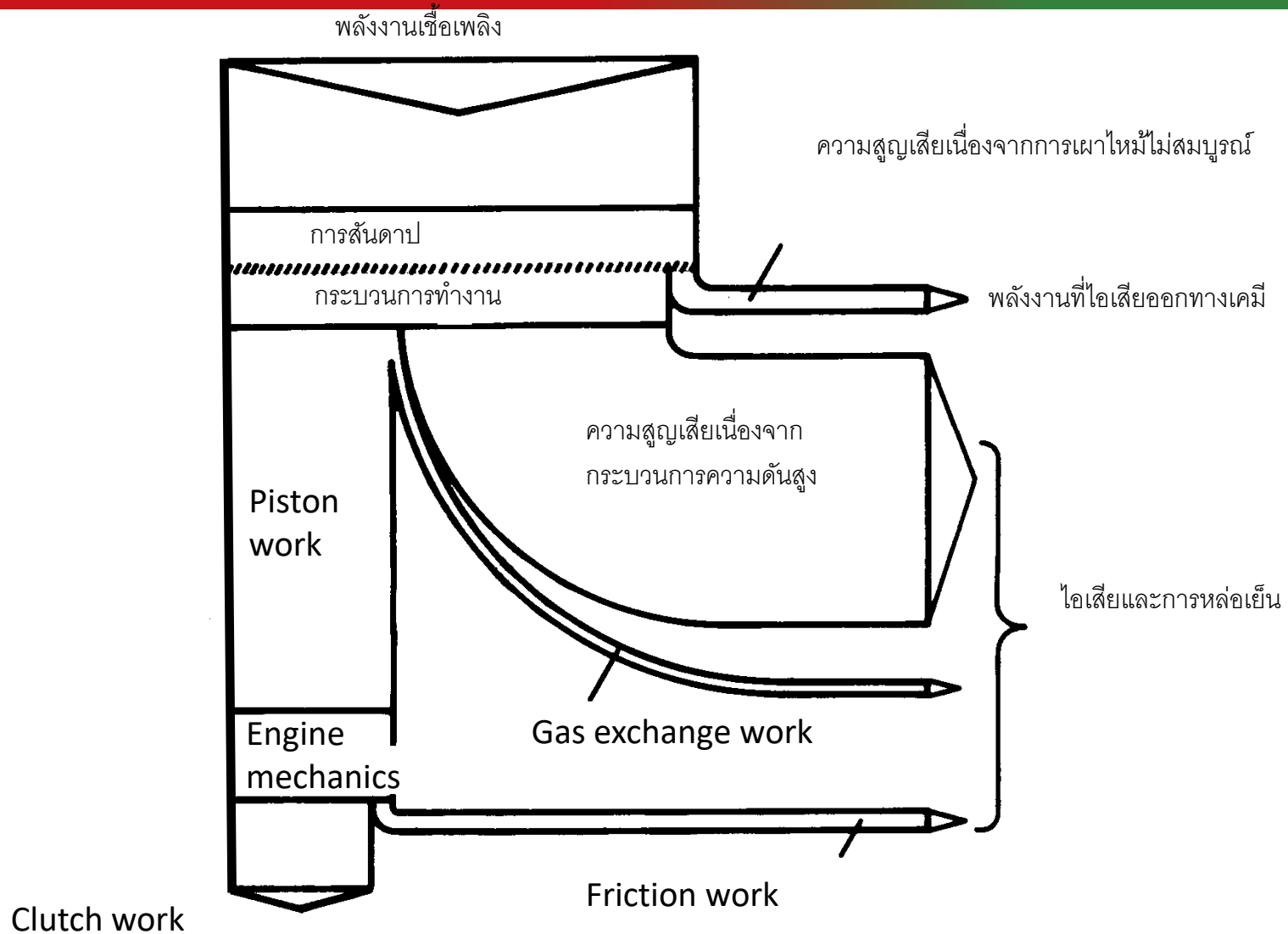
WP 2 – มะละกา ช่วงที่ 1



- เทอร์โมไดนามิกของ **ICE** (30 นาที)



WP 2 – การแปลงพลังงานใน ICE

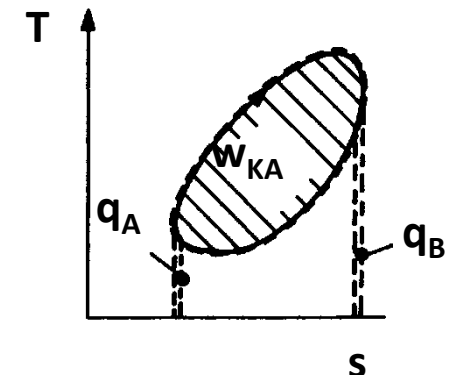
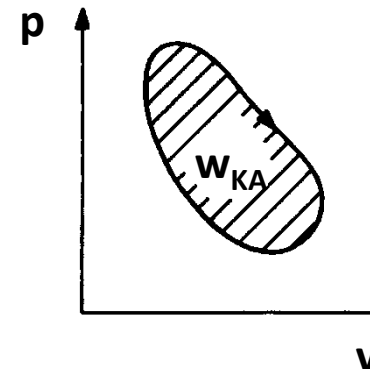


WP 2 - สมมติฐานวัฏจักรการทำงาน

- การบีบอัดและการขยายตัวของอะเดียแบติก
- การเผาไหม้ถูกแทนที่ด้วยการจ่ายความร้อน
- การแลกเปลี่ยนก๊าซถูกแทนที่ด้วยการลดความร้อน
- ของเหลวที่เป็นเนื้อเดียวกัน
- ไม่มีการย้อนกลับ

$$\eta_{th} = \frac{W_{KA}}{Q_B} = \frac{w_{KA}}{q_B}$$

$$\longrightarrow \eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B}$$



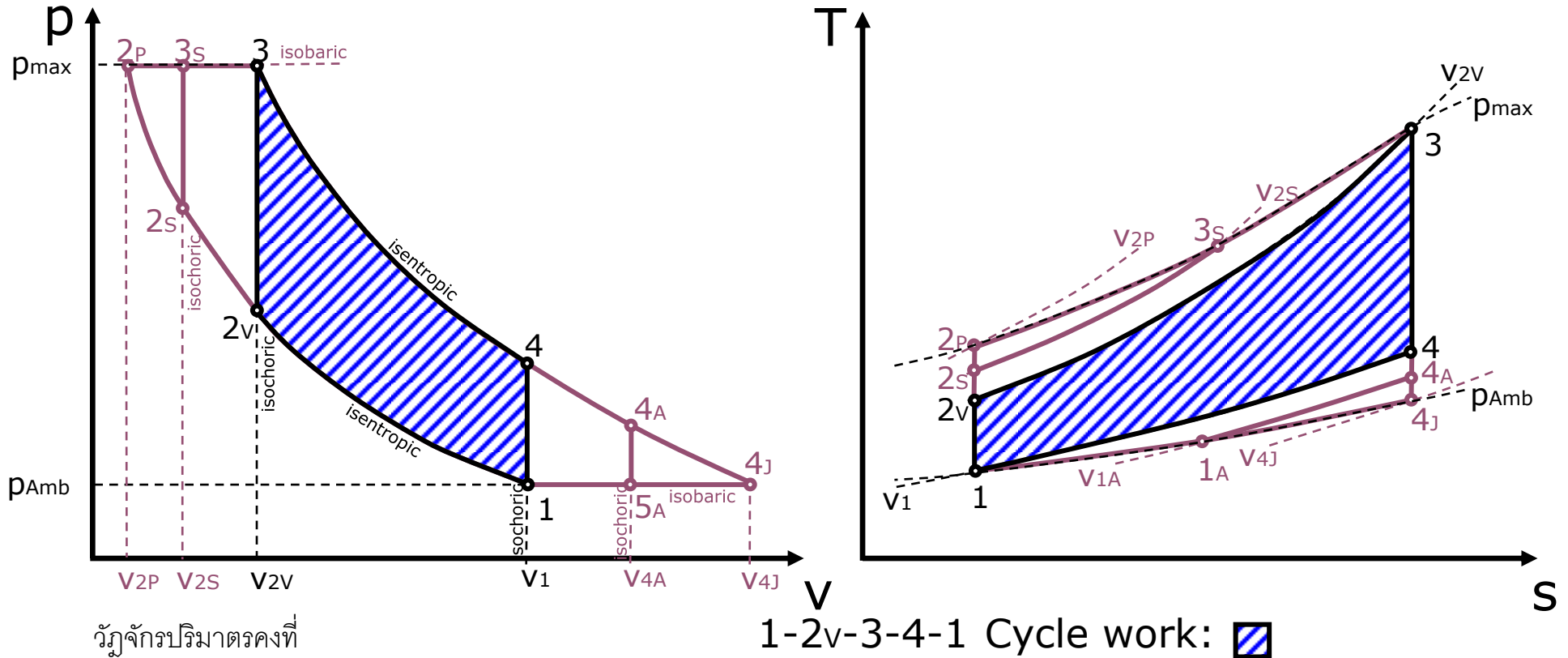
WP 2 - สมมติฐานของวัฏจักรอุณหพลศาสตร์



- การเผาไหม้ภายในถูกแทนที่ด้วยการเติมความร้อนภายนอก q_B
- กระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซจะถูกแทนที่ด้วยการคายความร้อนภายนอก q_A
- องค์ประกอบของแก๊สยังคงไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างรอบการทำงาน
- มวลของของไหลทำงานยังคงไม่เปลี่ยนแปลงตลอดกระบวนการ
- ความจุความร้อนจำเพาะไม่ขึ้นกับสถานะของก๊าซ



WP 2 - รอบเครื่องยนต์ปริมาตรคงที่ในแผนภาพ T-S และ p-V



วัฏจักรปริมาตรคงที่

- 1 → 2v Isentropic compression
- 2v → 3 Isochoric heat supply
- 3 → 4 Isentropic expansion
- 4 → 1 Isochoric heat derivation

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



WP 2 - ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของรอบเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรคงที่



$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B}$$

$$\eta_{th,v} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

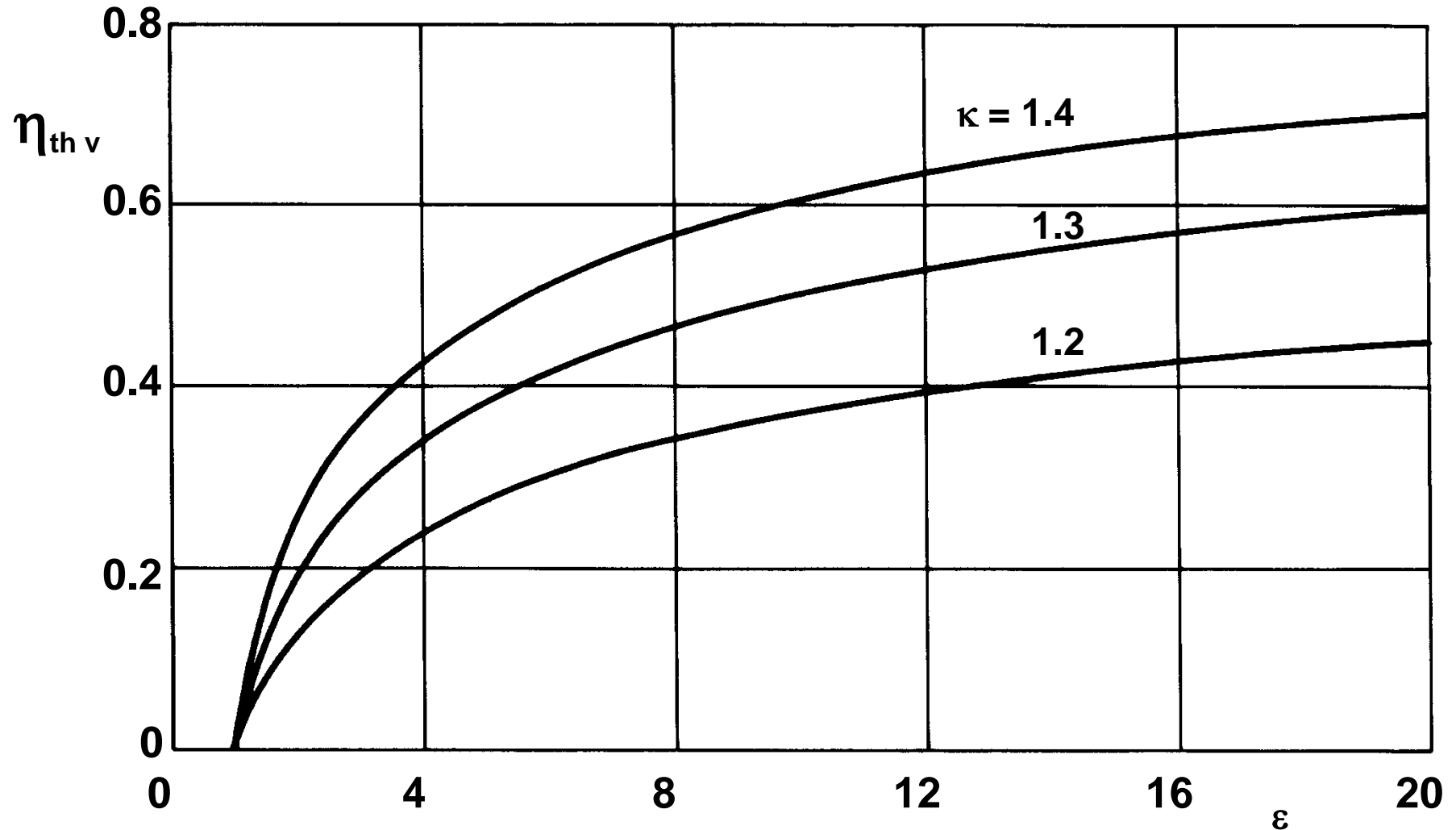
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{\kappa-1} = \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{\kappa-1} = \frac{T_4}{T_3}$$

$$\eta_{th,v} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{\kappa-1}$$

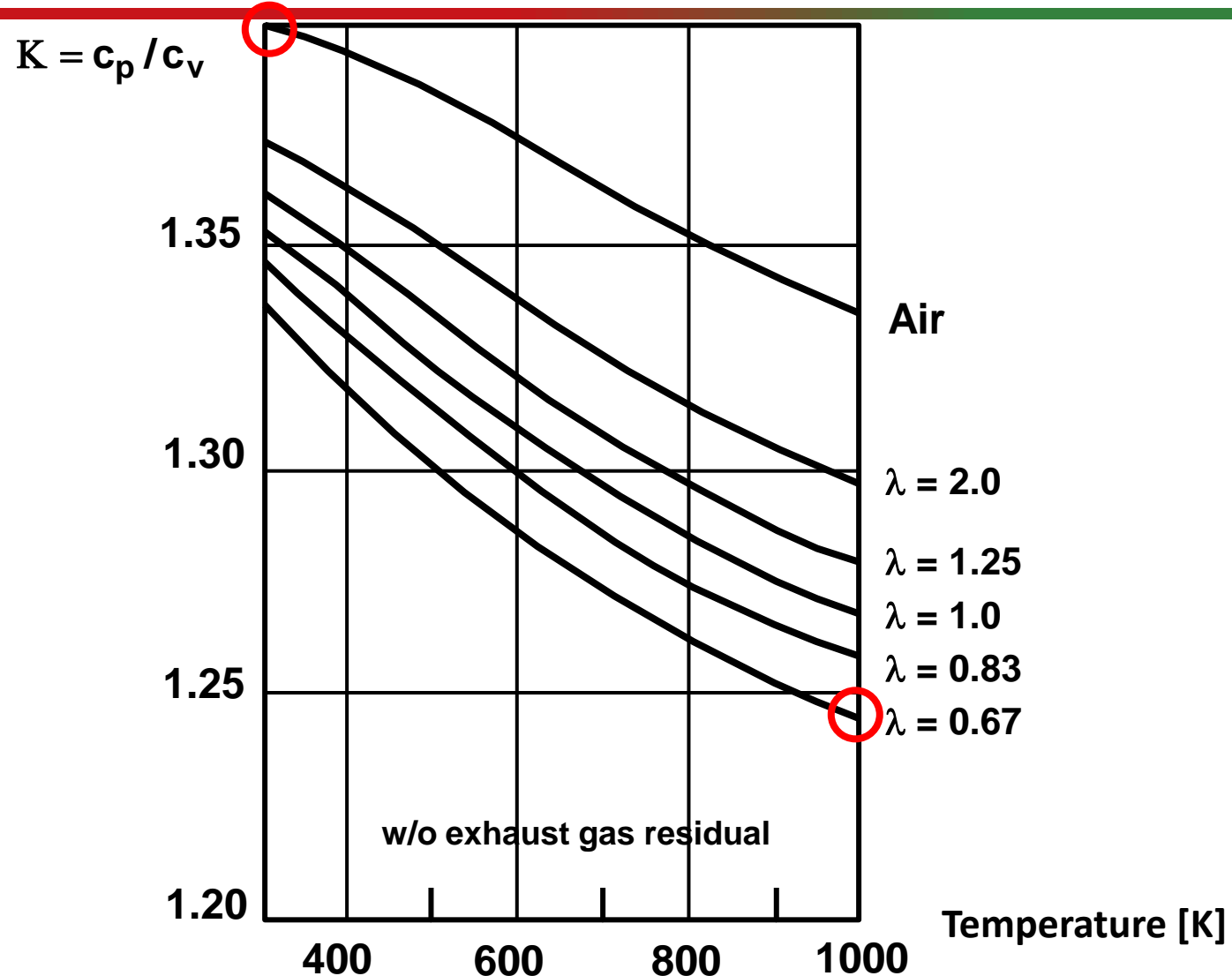
$$\eta_{th,v} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$



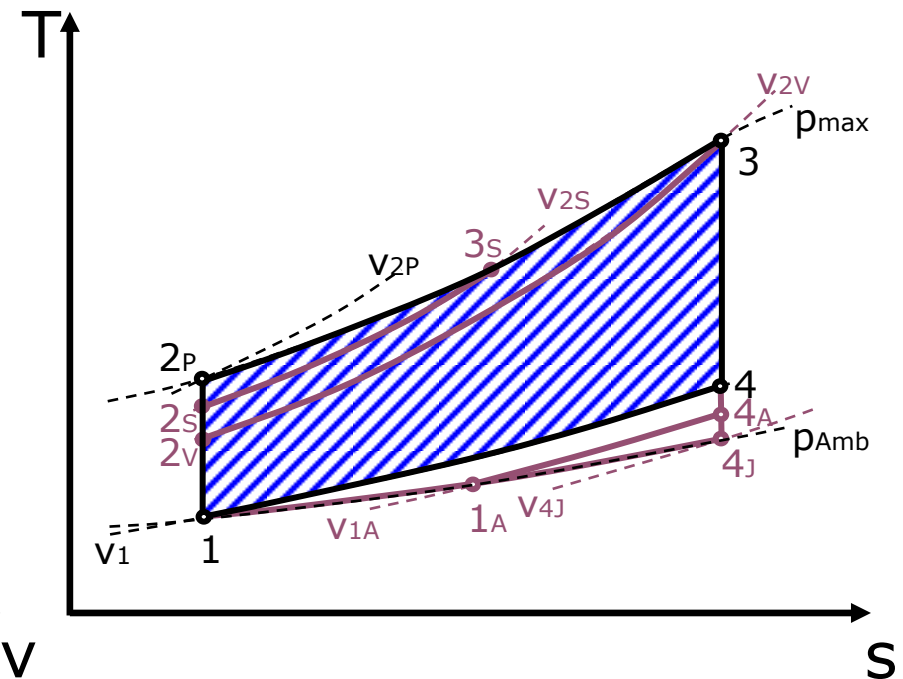
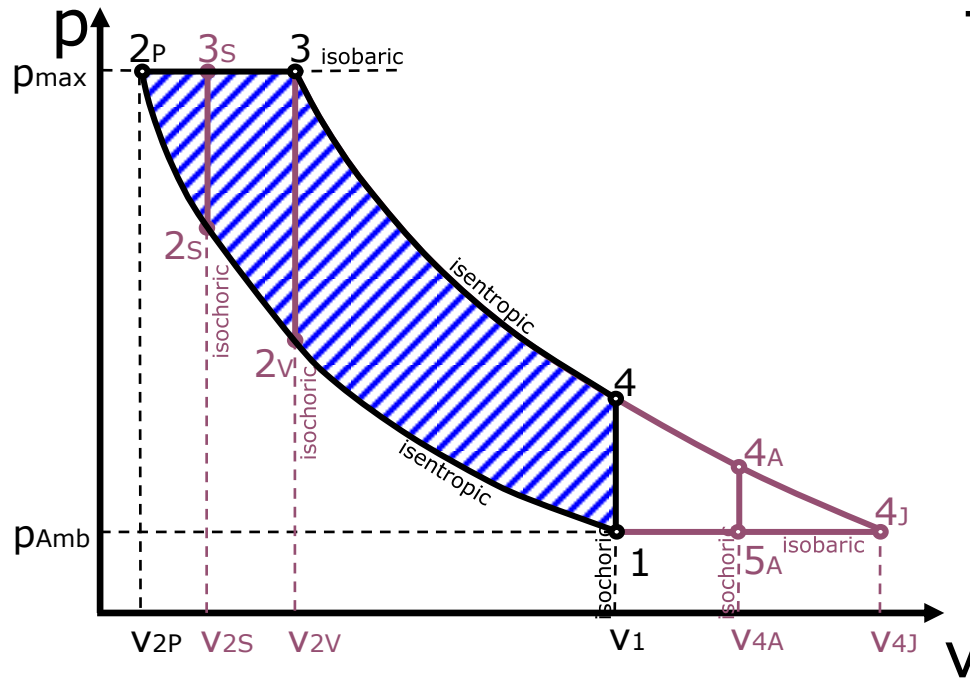
WP 2 - ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของรอบเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรคงที่



WP 2 - เลขชี้กำลัง Isentropic K สำหรับส่วนผสม อากาศและเชื้อเพลิงในอากาศ



WP 2 - รอบเครื่องยนต์แรงดันคงที่



Constant pressure cycle 1-2_P-3-4-1

cycle work:

- 1 → 2_P Isentropic compression
- 2_P → 3 Isobaric heat supply
- 3 → 4 Isentropic expansion
- 4 → 1 Isochoric heat derivation

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 - ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวงจรเครื่องยนต์ แรงดันคงที่



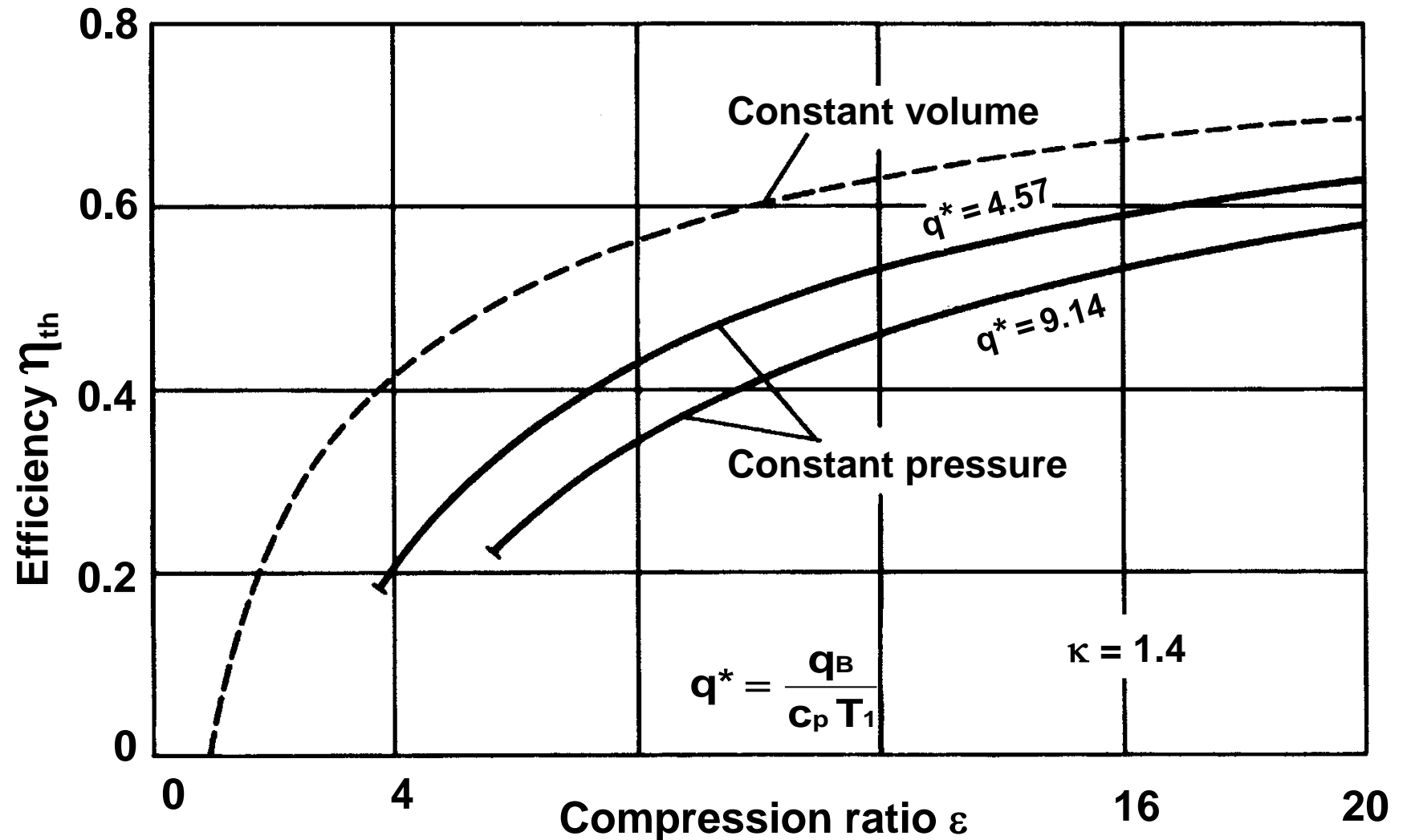
$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B}$$

$$\eta_{th,p} = 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

$$\eta_{th,p} = 1 - \frac{1}{\kappa q^*} \left[\left(\frac{q^*}{\varepsilon^{\kappa-1}} + 1 \right)^\kappa - 1 \right] \quad \text{with} \quad q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$



WP 2 - วงจรเครื่องยนต์ Constant-p และ V ที่ง่าย

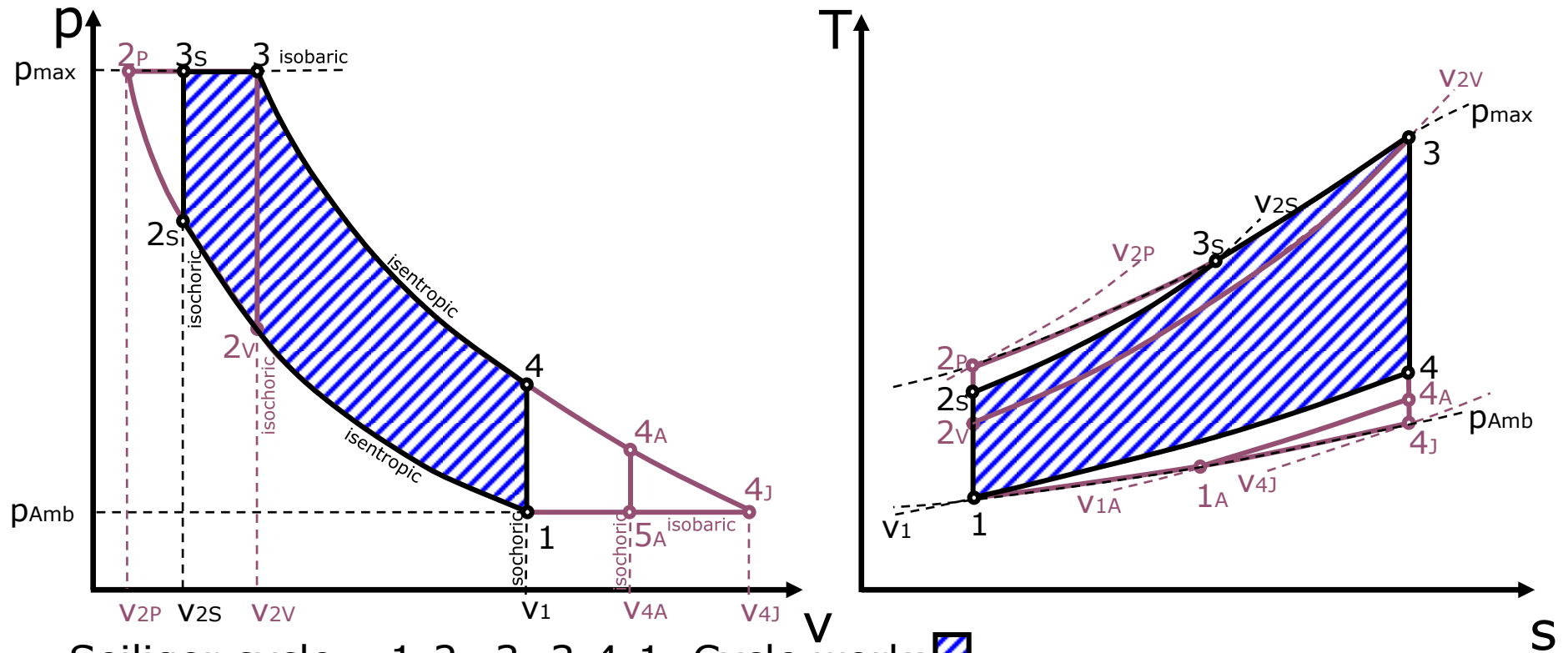


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 - รอบเครื่องยนต์แรงดันจำกัด



Seiliger cycle 1-2s-3s-3-4-1 Cycle work:

- 1 → 2s Isentropic compression
- 2s → 3s Isochoric heat supply
- 3s → 3 Isobaric heat supply
- 3 → 4 Isentropic expansion
- 4 → 1 Isochoric heat derivation

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 - ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวัฏจักรแรงดัน จำกัด



$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\kappa q^*} \left\{ \left[q^* - \frac{1}{\kappa \varepsilon} \left(\frac{p_3}{p_1} - \varepsilon^\kappa \right) + \frac{p_3}{\varepsilon p_1} \right]^\kappa \left(\frac{p_1}{p_3} \right)^{\kappa-1} - 1 \right\} \quad \text{with } q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$

$$\eta_{th} = \eta_{th,Diesel} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\pi \cdot \tau^\kappa - \varepsilon^\kappa}{\pi - \varepsilon^\kappa + \kappa \cdot \pi(\tau - 1)}$$

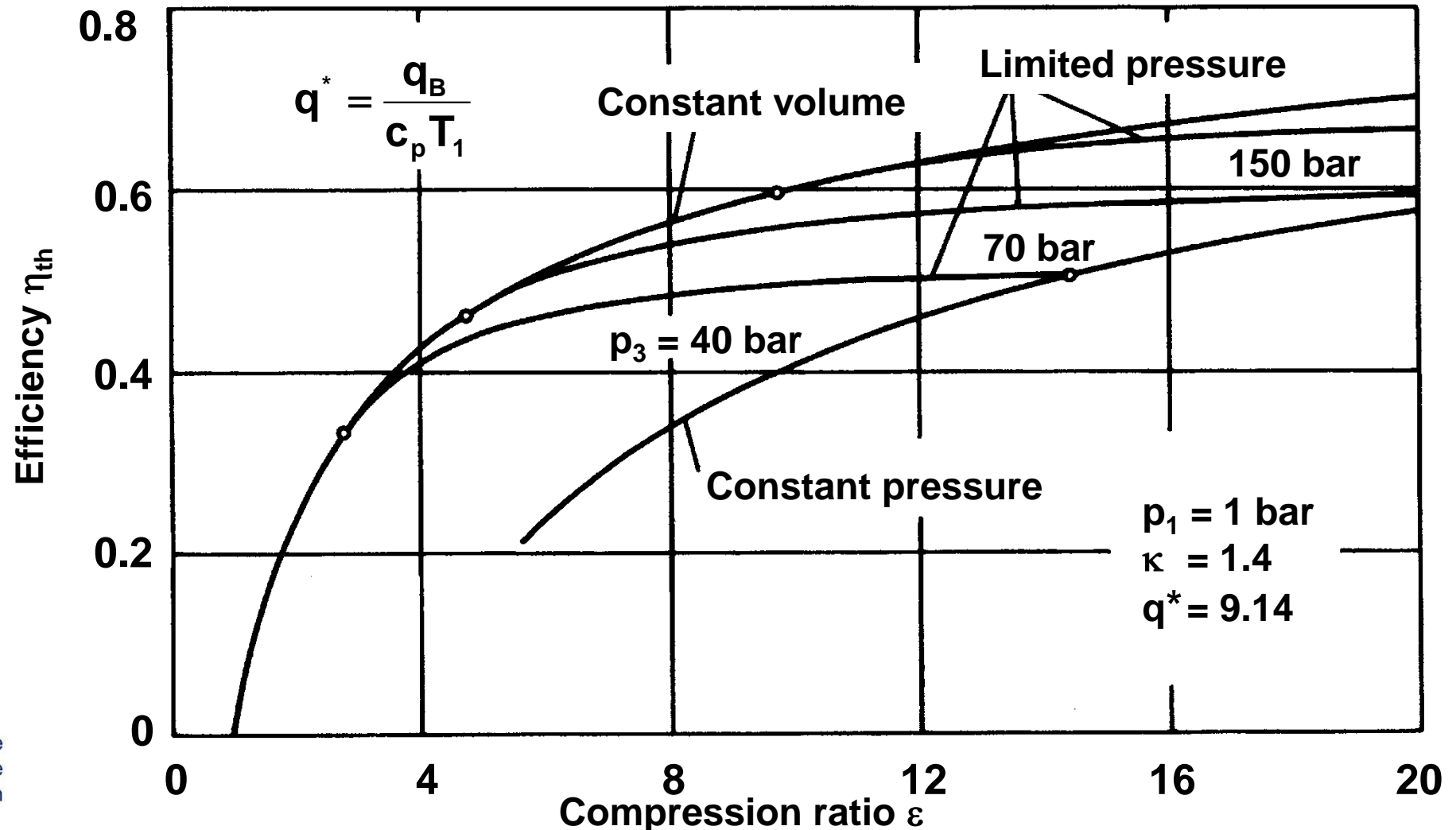
$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$$

with $\pi = \frac{p_3}{p_1}$

$$\tau = \frac{T_3}{T_{3s}}$$



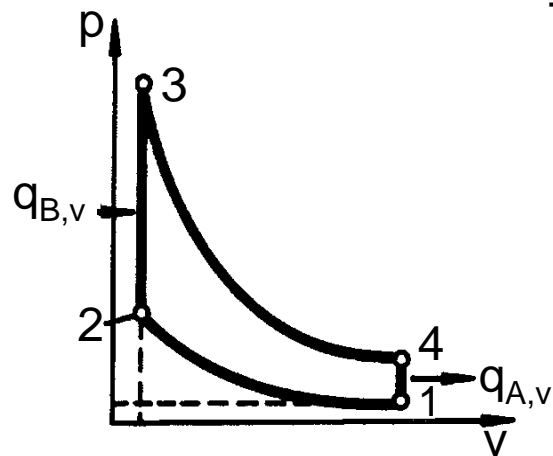
WP 2 - ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเป็นหน้าที่ของ ϵ



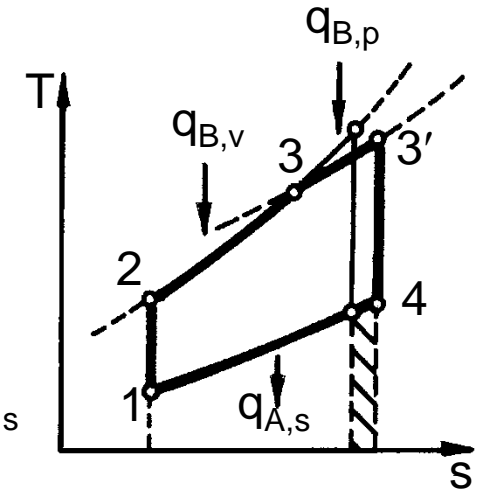
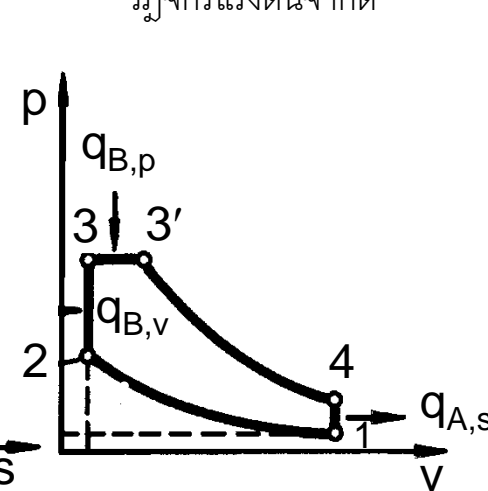
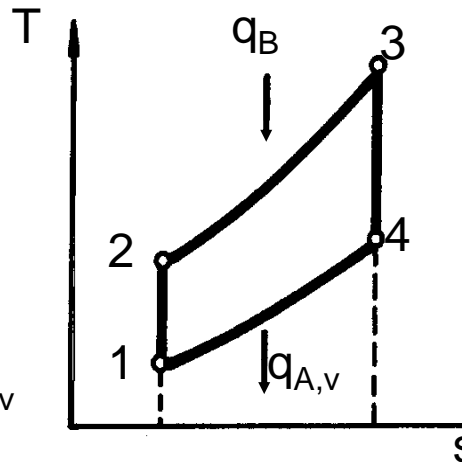
WP 2 - ภาพรวม รอบการทำงานของเครื่องยนต์



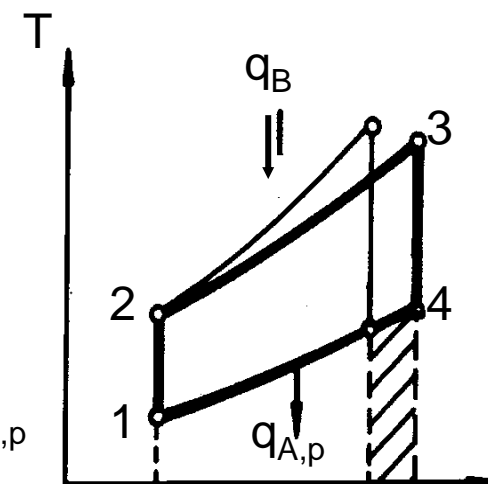
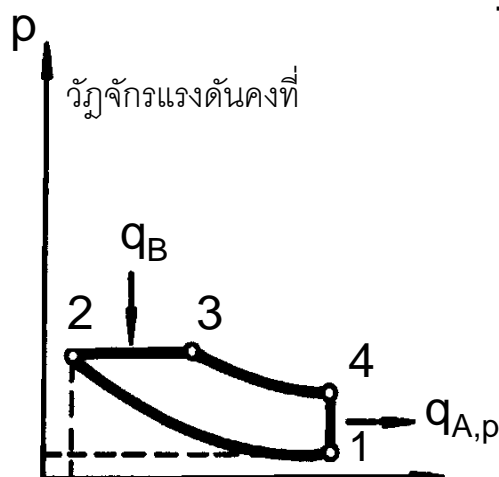
วัฏจักรปริมาตรคงที่



วัฏจักรแรงดันจำกัด



วัฏจักรแรงดันคงที่



$$q_B = \text{const.} \quad \varepsilon = \text{const.} \quad q_{A,p} > q_{A,s} > q_{A,v}$$

Own material
Creative Commons (CC)
Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

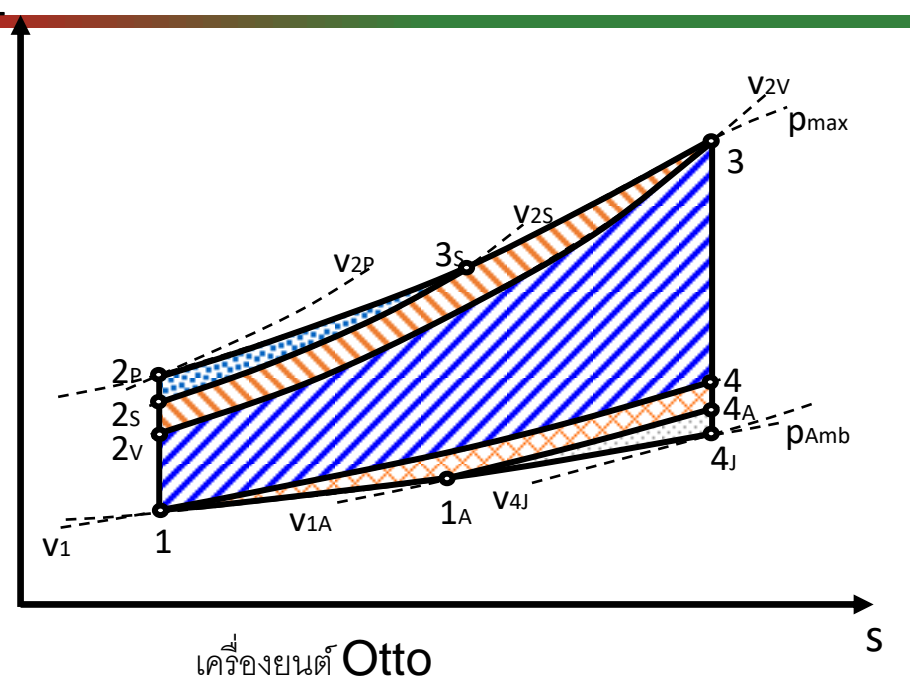
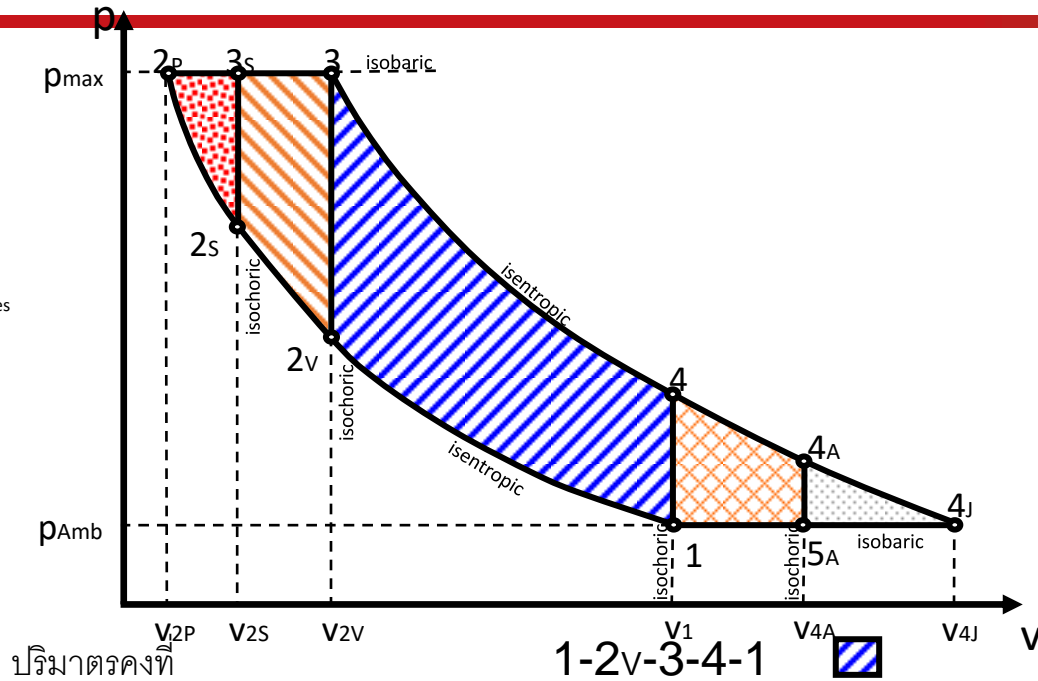


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 - ภาพรวมวัฏจักรการทำงาน of เครื่องยนต์



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



ปริมาตรคงที่

- Seiliger
- Constant pressure
- Const. vol - Atkinson
- Seiliger - Atkinson
- Const. pres. - Atkinson
- Joule

1-2v-3-4-1

1-2s-3s-3-4-1

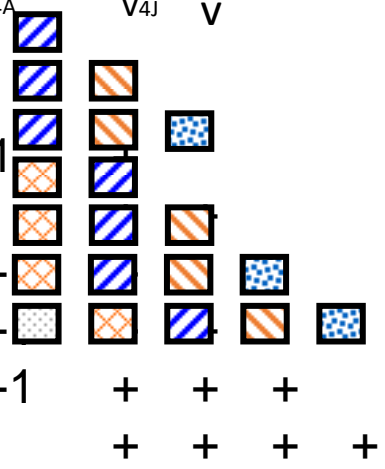
1-2P-3-4-1

1-2v-3-4A-5A-

1-2s-3-4A-5A-

1-2P-3-4A-5A-1

1-2P-3-4J-1



เครื่องยนต์ Otto

- Diesel engine
- icc - engine / Diesel
- Otto with extended expansion
- Diesel with extended expansion
- Diesel / icc with extended expansion
- open cycle gas turbines

WP 2 - ลักษณะวัฏจักรการทำงาน: ประสิทธิภาพของ วงจร Atkinson



$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B} = 1 - \frac{c_p \cdot (T_4 - T_1)}{c_v \cdot (T_3 - T_2)} = 1 - \kappa \cdot \frac{T_1}{T_3 - T_2} \cdot \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)$$

$$T_3 - T_2 = \frac{q_B}{c_v} = \kappa q^* \cdot T_1 \quad \text{with } q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{q^*} \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{\varepsilon_E^{\kappa-1}} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \varepsilon_V^{\kappa-1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \left(\frac{\varepsilon_V}{\varepsilon_E} \right)^{\kappa-1}$$

$$\varepsilon_E = \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = \left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = \left(\frac{p_3}{p_2} \cdot \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = \varepsilon_V \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \quad \text{with } \frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}}$$

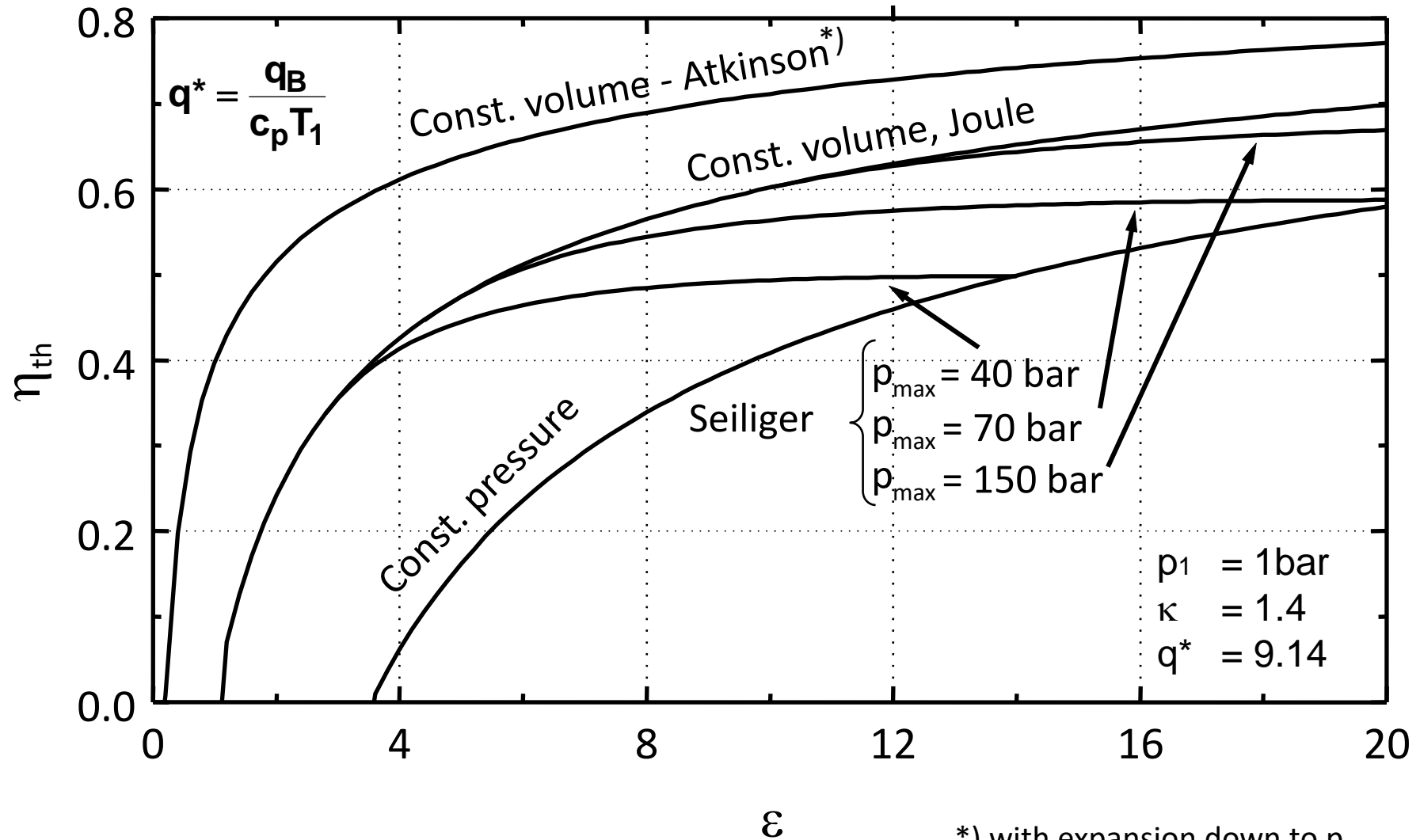
$$\frac{T_3}{T_2} = \kappa q^* \cdot \frac{T_1}{T_2} + 1 = \frac{\kappa q^*}{\varepsilon_V^{\kappa-1}} + 1$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{q^*} \left[\left(\frac{\kappa q^*}{\varepsilon_V^{\kappa-1}} + 1 \right)^{\frac{1}{\kappa}} - 1 \right] \quad \text{with } q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$

ประสิทธิภาพของวัฏจักร Atkinson ปริมาตรคงที่
 $p_4 = p_1$ (จุดที่เหมาะสมที่สุด)

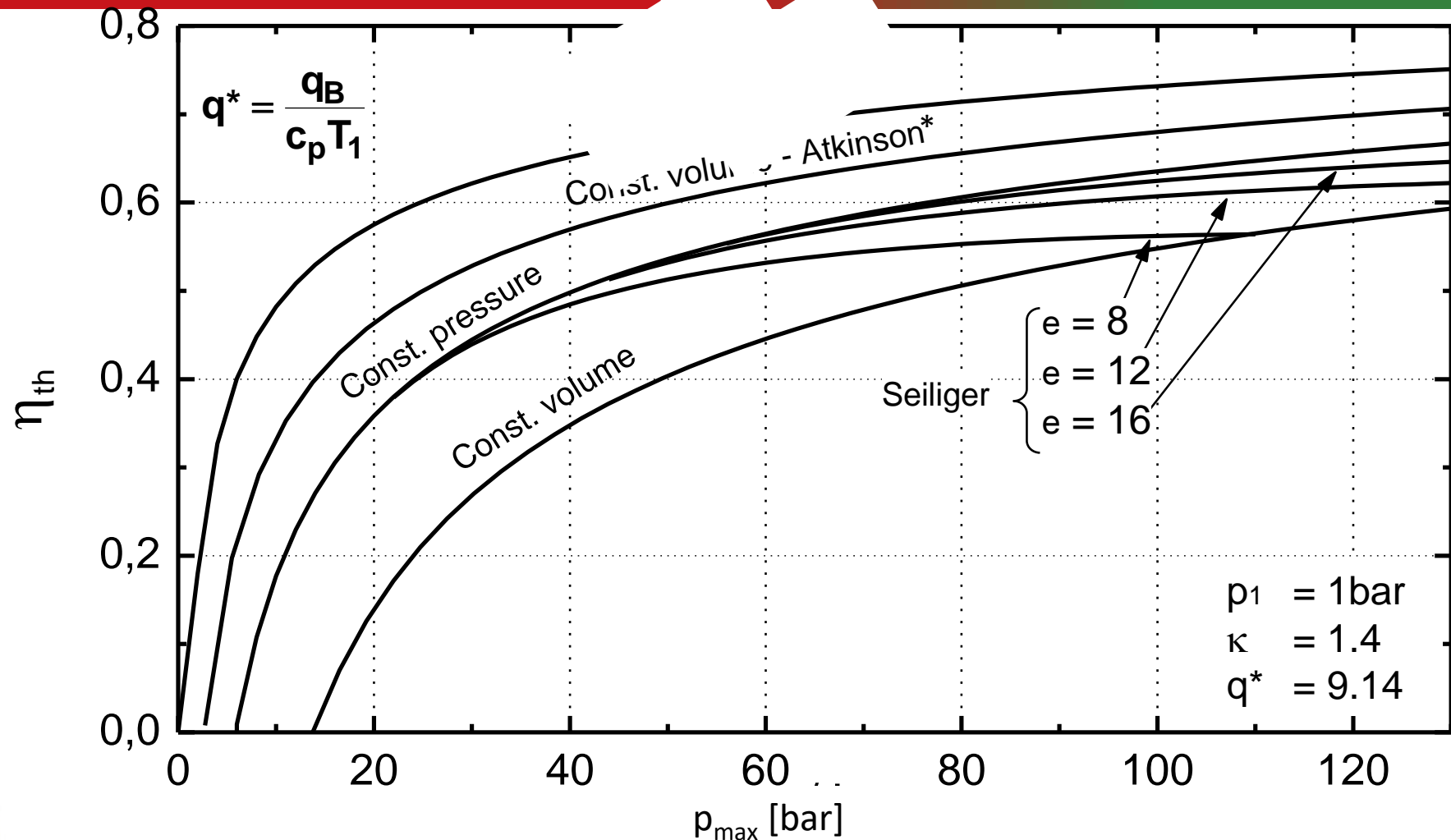


WP 2 - คุณลักษณะวัฏจักรการทำงาน: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัฏจักร



Own material
 Creative Commons (CC)
 ✓ Content allowed for educational purposes
 License / written approval of the owner



WP 2 - คุณสมบัติของวัฏจักรการทำงาน: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัฏจักร

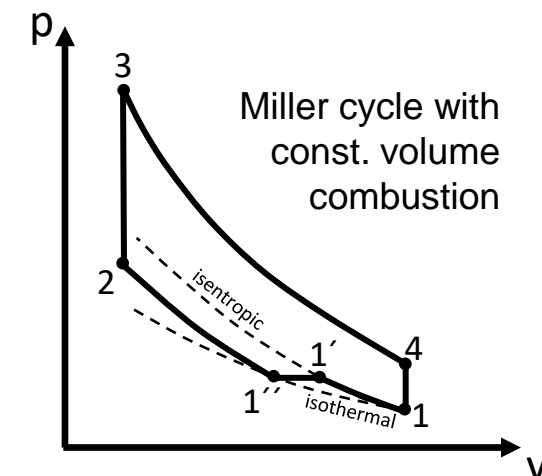
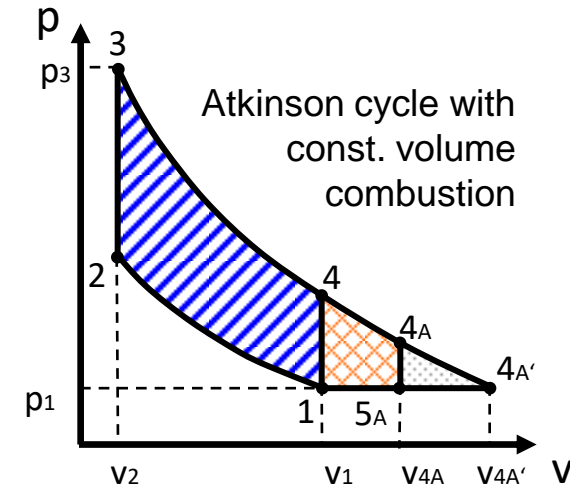


Own material
 Creative Commons (CC)
 ✓ Content allowed for educational purposes
 License / written approval of the owner

* with expansion down to p_1

WP 2 - ลักษณะวัฏจักรการทำงาน: วัฏจักร Atkinson & Miller (1)

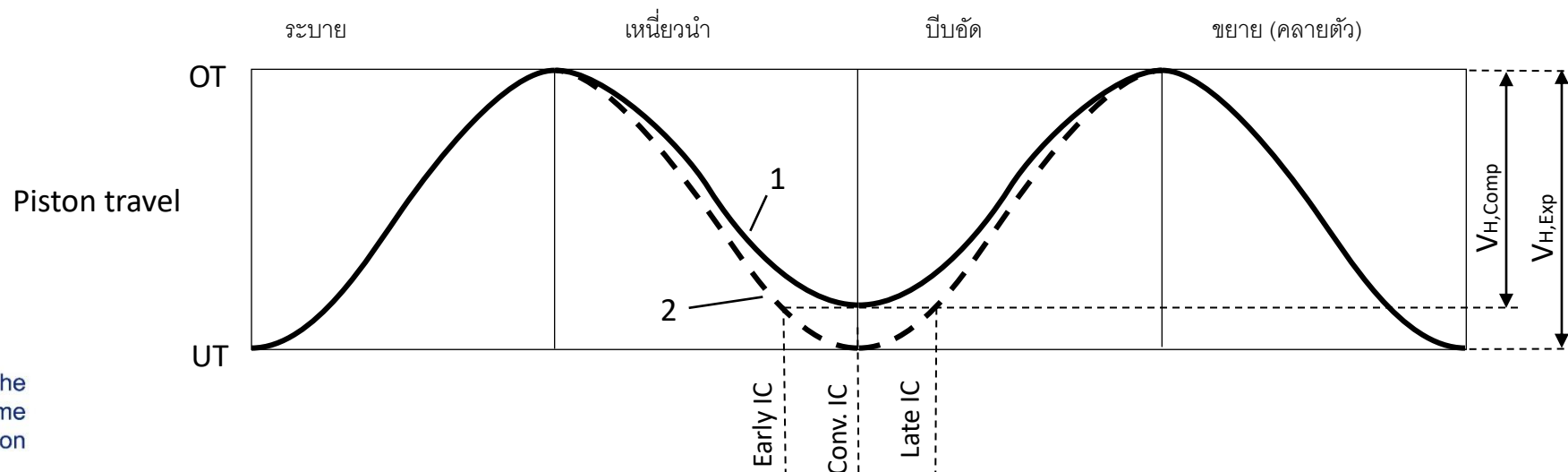
- ลักษณะวัฏจักร Atkinson และ Miller เปรียบเทียบกับการบีบอัด
- ตัวอย่างด้านขวามือ (วัฏจักรปริมาตรคงที่) แสดงให้เห็นว่า การขยายตัวจาก „4“ to „4A“ งานที่ได้เพิ่มขึ้น  จะมีค่าเท่ากับความร้อนที่จ่ายเข้าไป ซึ่งกรณีที่ดีที่สุดคือ $p_{4A} = p_{4A'} = p_1$ 
- สิ่งนี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มสูงขึ้น
- สำหรับวัฏจักร Miller, อากาศที่ถูกบดอัดเข้าไปถึงเครื่องยนต์จะถูกบีบอัดจากภายนอก จาก 1 ไปยัง 1' และหลังจากนั้นก็จะเป็นตัวลงไปยัง 1'' กระบวนการนี้ส่งผลให้อุณหภูมิของแก๊สต่ำกว่าจุดต่ำสุดของการบีบอัด (ความเครียดต่ำกว่า)
- กระบวนการนี้เทียบเท่ากับการประมาณการบีบอัดแบบไอโซเทอร์มอล จาก 1 ไปยัง 1''.



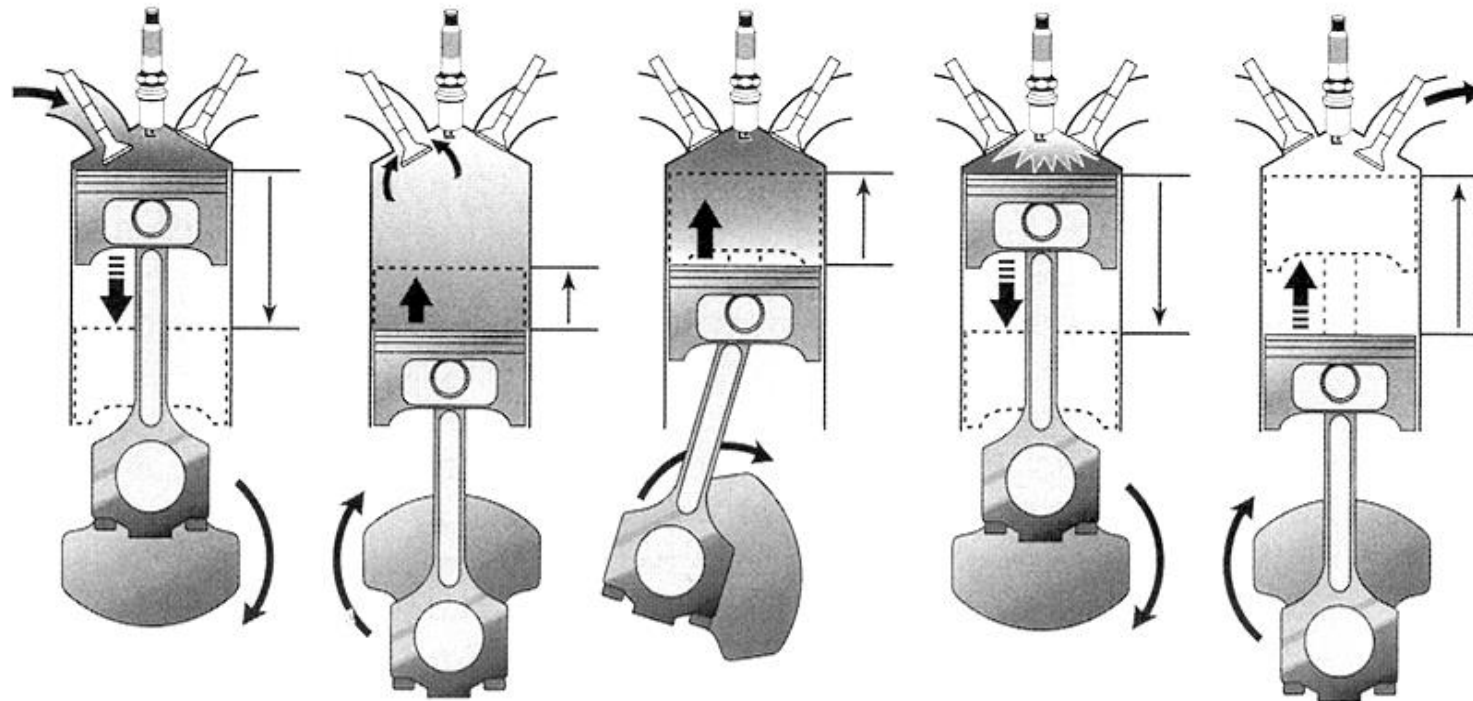
WP 2 - คุณลักษณะวัฏจักรการทำงาน: Atkinson และ Miller Cycle (2)



- การขยายตัวที่เพิ่มขึ้นเกิดจากกระบวนการเหล่านี้:
 - โครงสร้างของเครื่องยนต์เองที่ลดระยะทางการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบสำหรับการสโตรกการเหนียวนำและการบีบอัด (เช่น การใช้รางลูกเบี้ยวหรือรถไฟข้อเหวี่ยงที่ซับซ้อน)
 - การออกแบบชุดวาล์วพร้อมตัวเลือกสำหรับการปิดไอดีช้าหรือเร็ว (เช่น EMV)
 - ด้วยการปิดไอดีก่อนกำหนด อากาศที่ไหลจะถูกขยายและบีบอัดใหม่แบบไอเซนทรอปิคอล
 - เมื่อปิดไอดีล่าช้า ส่วนหนึ่งของอากาศที่ไหลจะถูกผลักดันกลับเข้าไปในพอร์ตไอดีหลังจากจังหวะการเหนียวนำก่อนเริ่มการอัด



WP 2 - ลักษณะวงจรการทำงาน: วัฏจักร Miller ของ เครื่องยนต์ Mazda 2.3l V6 -



วัฏจักร Miller ที่ใช้ในมาสด้า 2.3 ลิตร V6 - เครื่องยนต์: วาล์วไอดีปิดอย่างมีนัยสำคัญหลังจาก BDC ดังนั้นส่วนหนึ่งของอากาศที่บรรจุจะถูกผลักกลับเข้าไปในระบบเหนี่ยวนำระหว่างจังหวะการอัด การสูญเสียค่าใช้จ่ายจะได้รับการชดเชยโดย Mazda โดยการเพิ่มอากาศที่เหนี่ยวนำ

WP 2 - ลักษณะวัฏจักรการทำงาน: วัฏจักร Atkinson และ Miller (3)



การประเมินผล:

- การใช้งานจริงของ **Atkinson** หรือ **Miller cycles** ไม่ได้นำเสนอการขยายแบบขยายจริง ๆ แต่จะมีการบีบอัดที่ลดลง
- จังหวะการขยายตัวที่ยาวขึ้นจะทำให้ขนาดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ขนาดที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความเสียดทานมากขึ้น ซึ่งลดประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของการปรับเปลี่ยนวงจร
- การใช้ปริมาตรการขยายที่สมบูรณ์สำหรับการบีบอัดจะส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำลง แต่ให้พลังงานจำเพาะที่สูงขึ้น
- ดังนั้นการนำวงจร **Atkinson** ไปใช้จึงมีแนวโน้มเป็นหลักสำหรับการดำเนินการโหลดขึ้นส่วน สิ่งนี้สามารถทำได้ด้วยการกำหนดเวลา วาล์วแปรผัน
- วัฏจักรของ **Miller** ยังให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการชาร์จไฟและอินเตอร์คูลิ่งของอากาศเหนียวนำ

ทางเลือกอื่น:

- พลังงานที่มีอยู่ในไอเสียของรอบเครื่องยนต์ทั่วไปสามารถใช้กับเทอร์โบชาร์จเจอร์ได้ นี่คือการล้ำสมัยและนิยมใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล

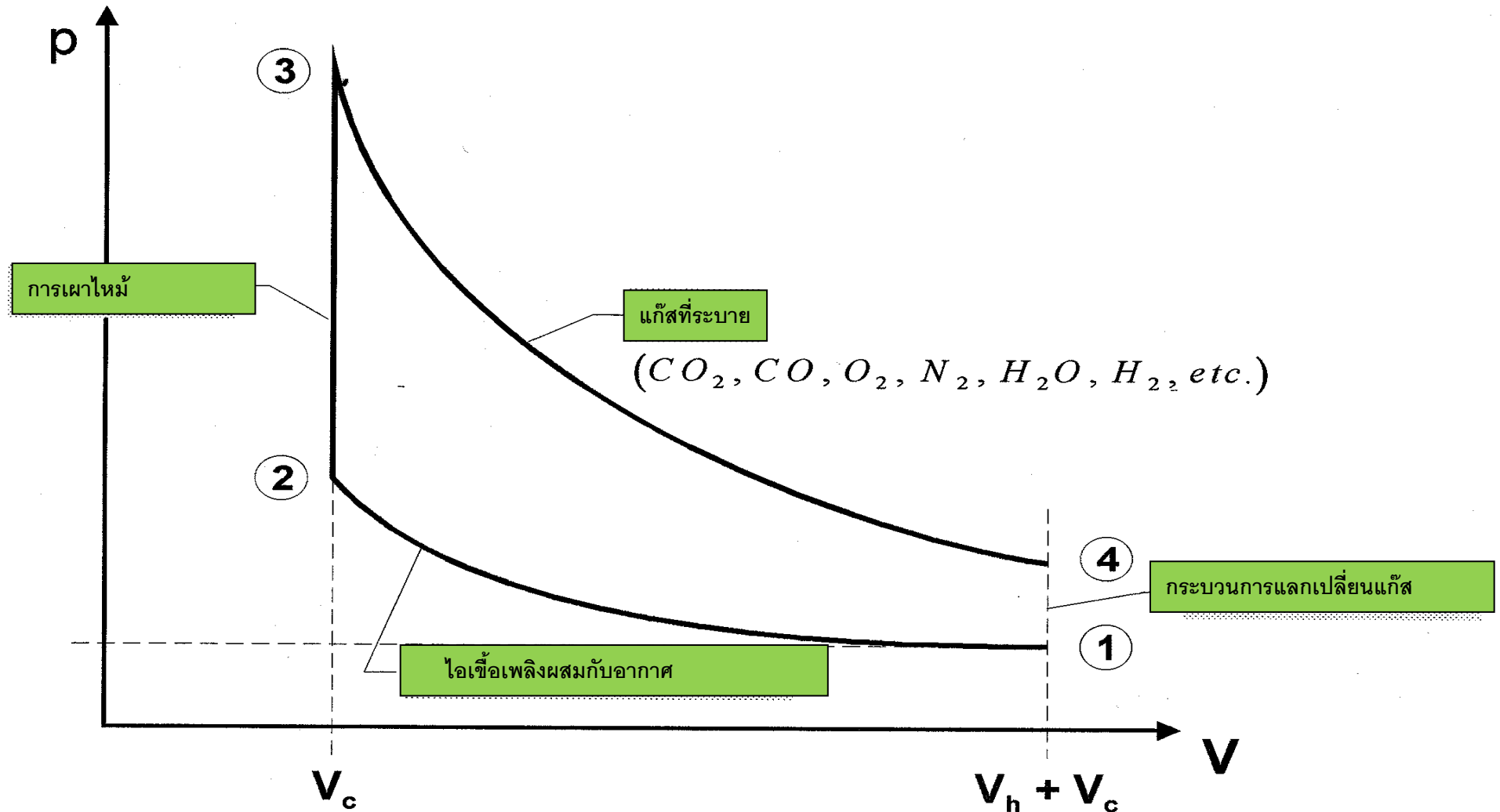
WP 2 - สมมติฐานสำหรับวัฏจักรอุณหพลศาสตร์ในอุดมคติ



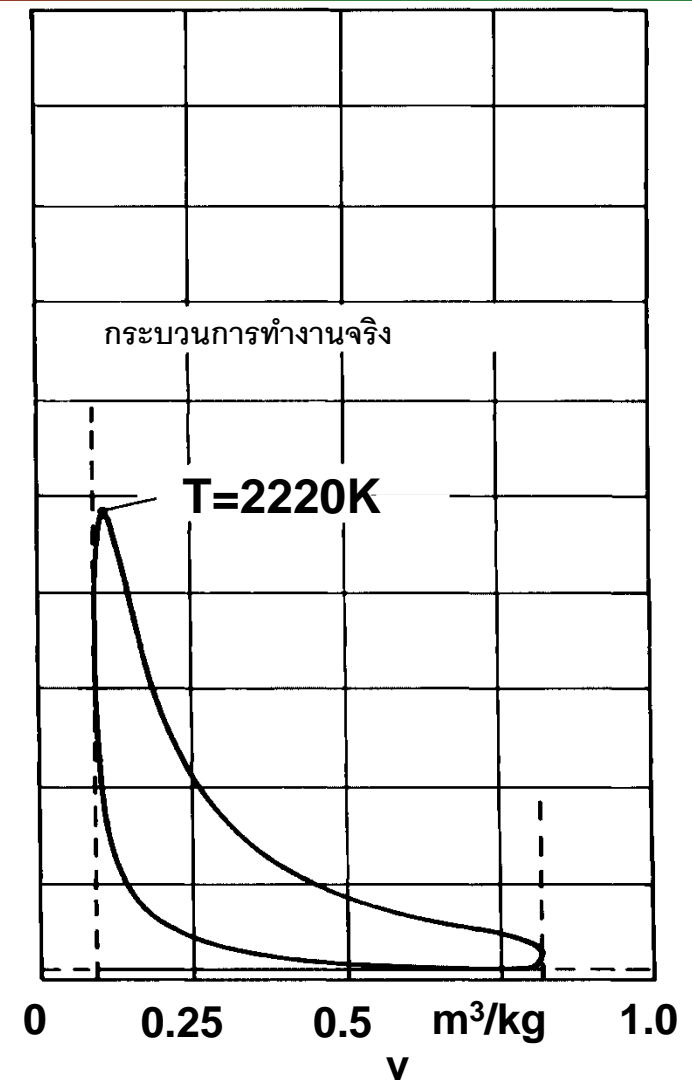
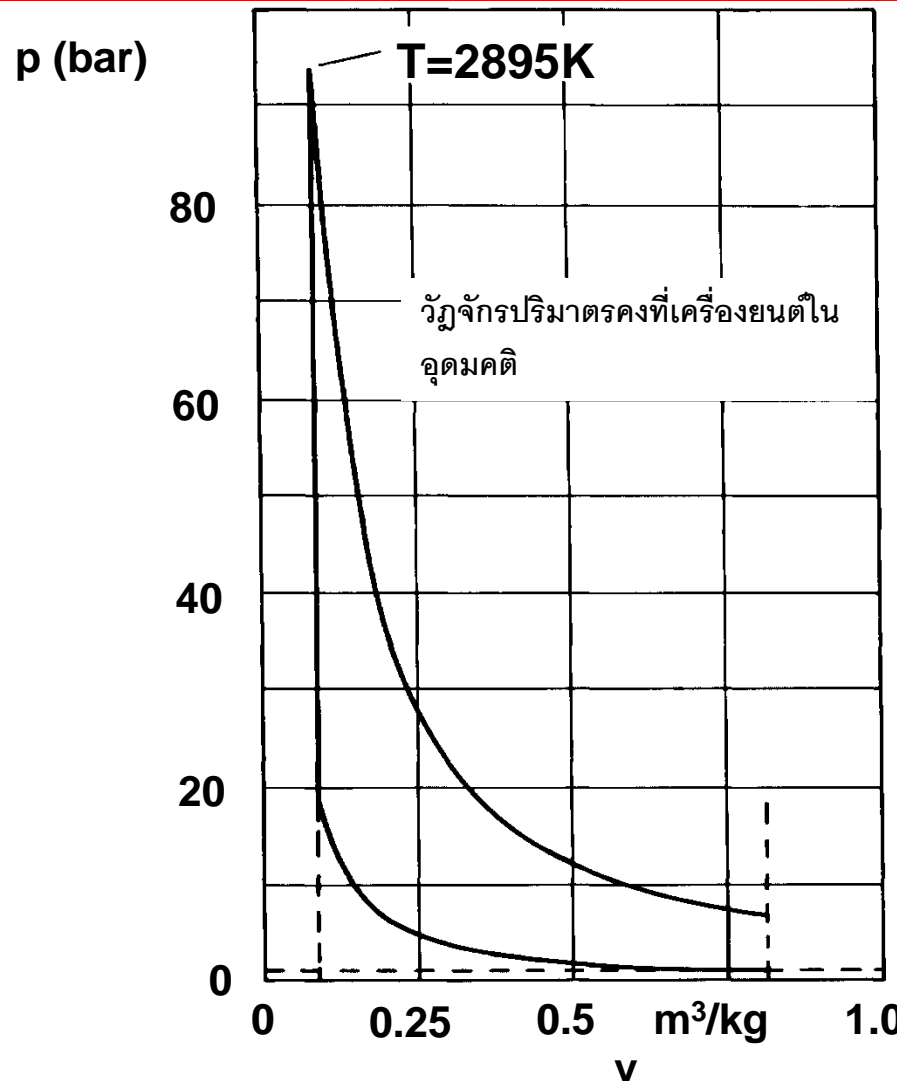
- การบีบอัดไอเซนโทรปิกของไอน้ำที่อิ่มตัวหรือเฟลิ่ง/ส่วนผสมของอากาศ
- กระบวนการเผาไหม้ตามที่กำหนด
- การขยายตัวของไอเซนโทรปิกในสมดุลเคมีของก๊าซไอเสีย
- เรขาคณิต ประจุทรงกระบอก และ " λ " เหมือนกับวัฏจักรจริง
- การควบคุมกระบวนการอะเดียแบติก
- กระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซที่มีการกระจายตัวเป็นศูนย์



WP 2 - เครื่องยนต์ในอุดมคติในวัฏจักรเครื่องยนต์ที่มี ปริมาตรคงที่



WP 2 – แผนภาพ p-V ของเครื่องยนต์เบนซิน ($\epsilon = 9.0$)

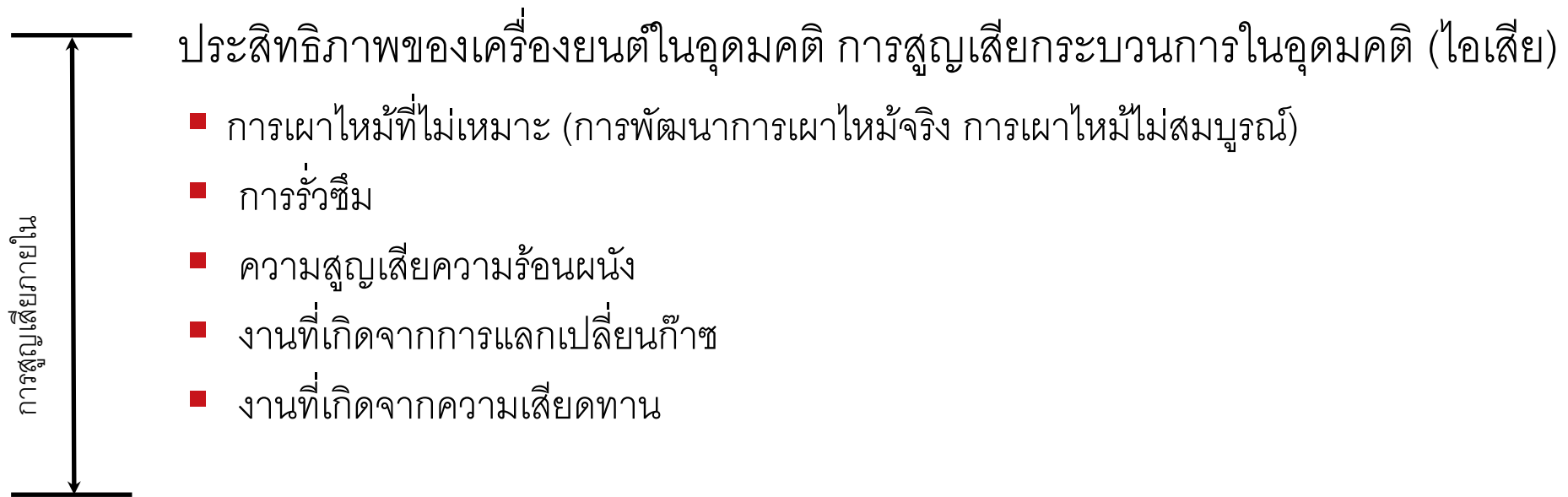


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 - การสูญเสียประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานจริง



WP 2 - การสูญเสียประสิทธิภาพสำหรับกระบวนการ ทำงานจริง



$$\eta_e = \underbrace{\eta_v - \Delta\eta_{BV} - \Delta\eta_U - \Delta\eta_W - \Delta\eta_{LW} - \Delta\eta_R}_{\eta_{i,HD}} \cdot \eta_i$$

ความสูญเสียประสิทธิภาพจากสภาวะการทำงานจริงของเครื่องยนต์ในอุดมคติด้วย η_v :

$\Delta\eta_{BV}$: ภาระวนการสันดาปที่เกิดขึ้นจริง (แบบไม่อุดมคติ)

$\Delta\eta_U$: การรั่วซึม

$\Delta\eta_W$: ความร้อนที่แผ่ซึ่มไปยังผนัง

$\Delta\eta_{LW}$: งานที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซ

$\Delta\eta_R$: งานที่เกิดจากความเสียดทาน

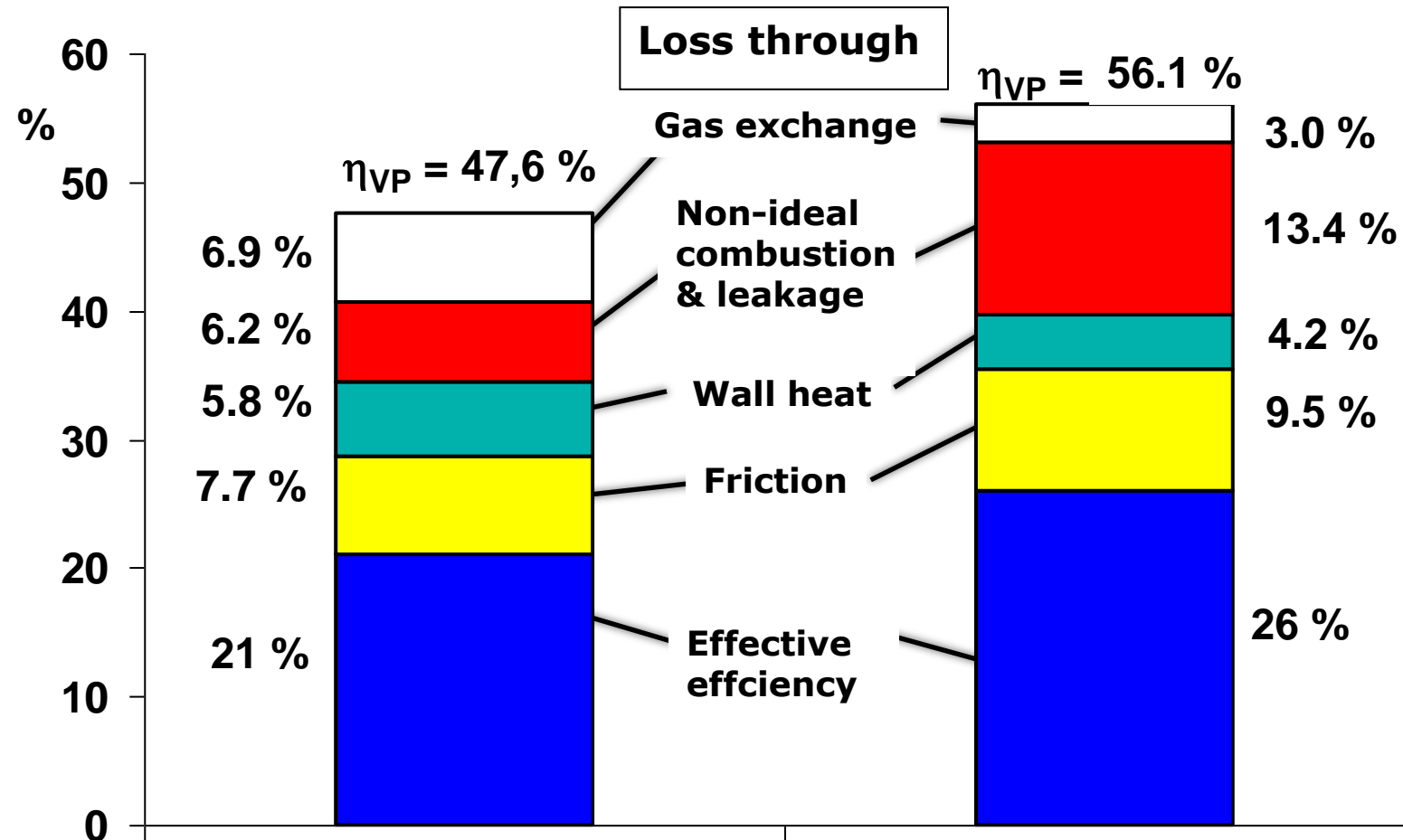


WP 2 - รายละเอียดของกระบวนการของเครื่องยนต์เบนซิน (2000 1/นาที, 2 บาร์ pme)



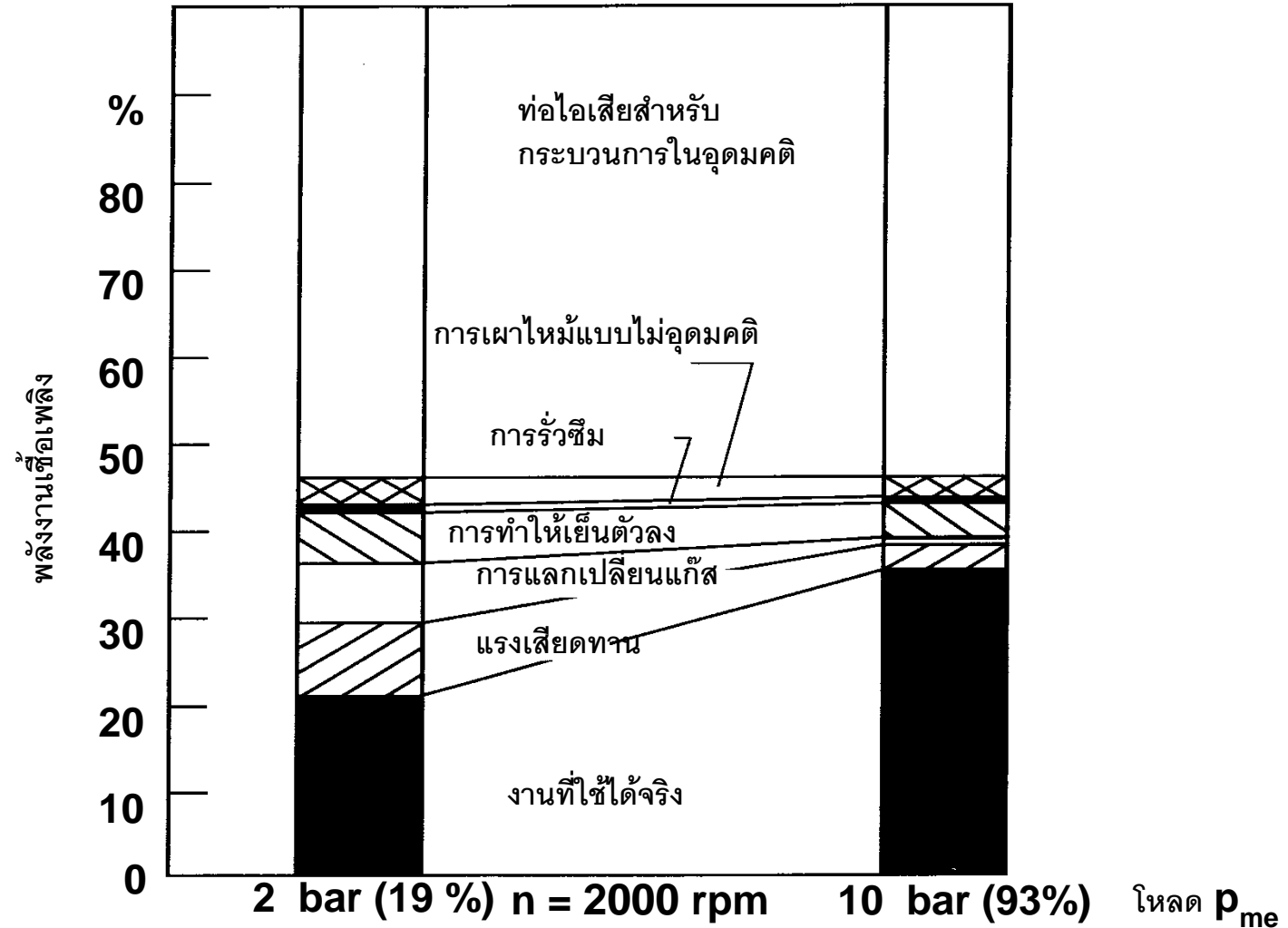
เครื่องยนต์เบนซินควบคุมด้วยคันเร่ง
($\lambda = 1.0$)

เครื่องยนต์เบนซินไดเร็คอินเจ็คชั่น
($\lambda = 3.4$)



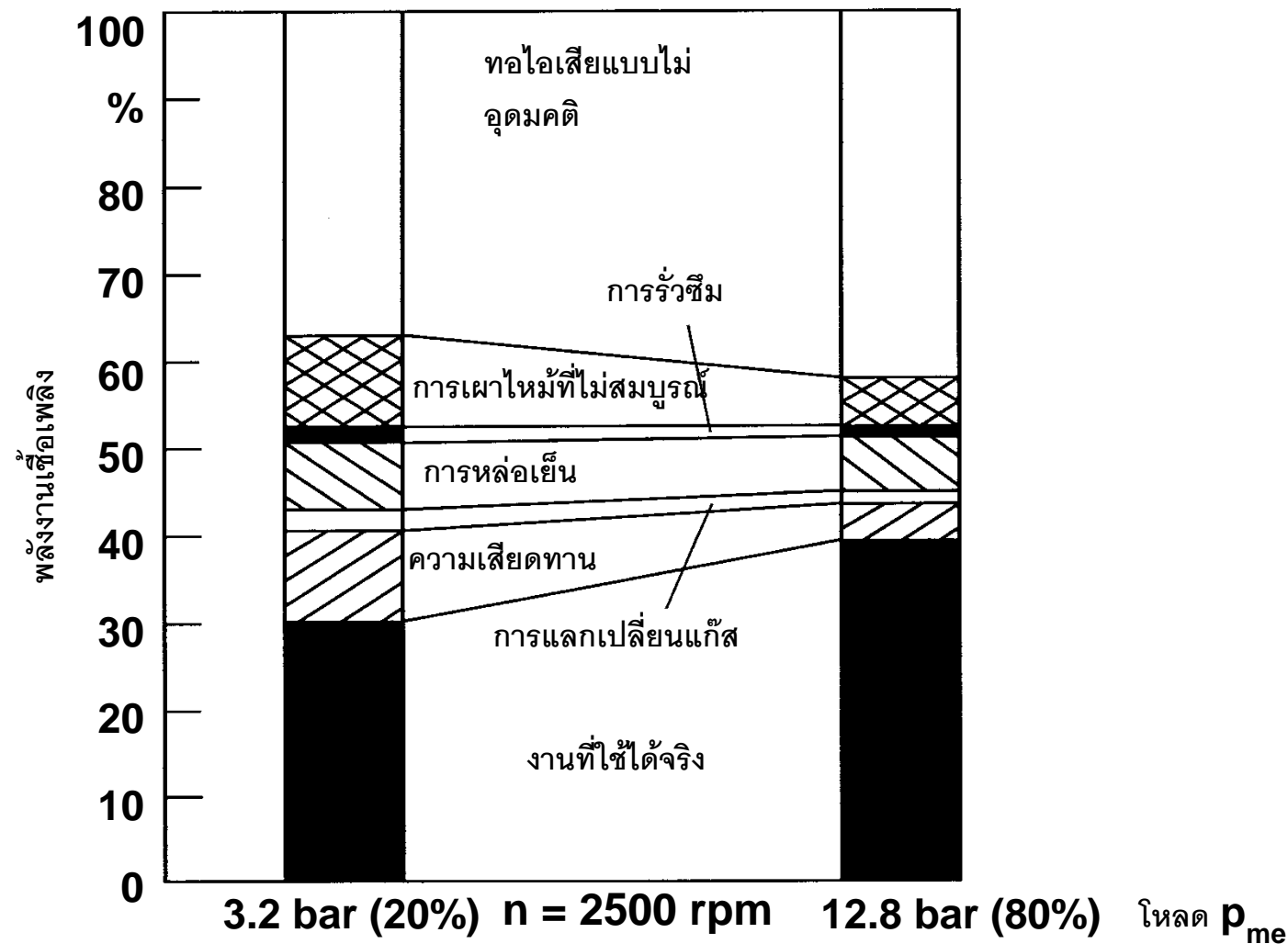
Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 - การสูญเสียประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เบนซินที่ควบคุมด้วยคันเร่ง



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 - การสูญเสียประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซลเทอร์โบชาร์จ DI



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- ถ้าม-ตอบ, อภิปราย ช่วงที่ 1



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



การบรรยายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ **ICE** (ไม่มีการส่งสัญญาณ) ที่มหาวิทยาลัยของเรา

- องค์ประกอบการก่อสร้างของ **ICE**
- ระบบบำบัดไอเสียของ **ICE** (ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม)
- ความรุนแรงของการสิ้นเปลืองทางเสียงของ **ICE**
- การสอบเทียบประสิทธิภาพของ **ICE**
- เทคนิคการวัดและทดสอบในภากระบบส่งกำลัง (**RDE-PEMS**)



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



ชุดฝึกหัดภาคปฏิบัติ (การทดลองในห้องปฏิบัติการ) ในโมดูล ICE:

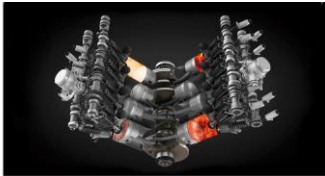
- การประกอบบางส่วนและการตรวจสอบการตั้งค่าพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาป
- ลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์เบนซินแบบฉีดตรงแบบเทอร์โบชาร์จ
- ประสิทธิภาพภายในของเครื่องยนต์เบนซินแบบฉีดตรงแบบเทอร์โบชาร์จ
- การปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์เบนซิน (รูปแบบ λ , เวลาเกิดประกายไฟ, ประสิทธิภาพของ cat)
- การวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล
- การวิเคราะห์สำหรับวงจรการขับขี่ของยุโรป NEDC – การวัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
- การทดสอบยานพาหนะระบบการวัดการปล่อยมลพิษแบบพกพา (PEMS) – การปล่อย ICE



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



หนังสือบรรยายที่มหาวิทยาลัย:



Vorlesungsumdruck
Verbrennungsmotoren



Vorlesungsumdruck
Experimentelle Untersuchungen
an Antriebssystemen von Kraft-,
Luft- und Raumfahrzeugen
Band 1



Vorlesungsumdruck
Experimentelle Untersuchungen
an Antriebssystemen von Kraft-,
Luft- und Raumfahrzeugen
Band 2



Lecture Script
Environmental Effects
of Vehicle Powertrain



Vorlesungsumdruck
Verbrennungstechnik



Vorlesungsumdruck
Technische Thermodynamik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Institute of Applied Thermodynamics
and Combustion Technology

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und
Verbrennungstechnik

Günter Feyerl
Lehr- und Forschungsgebiet
Alternative Antriebssysteme



Vorlesungsumdruck
Dynamik der Fahrzeuge
Längsdynamik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik



Vorlesungsumdruck
Raumfahrtantriebe

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik



Vorlesungsumdruck
Advanced Space Propulsion Systems

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

การอบรมครั้งที่ 2 UNITED Training Melaka

จากเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นระบบส่งจ่ายกำลังทางเลือก (ICE ช่วงที่ 2)

Thomas Esch



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

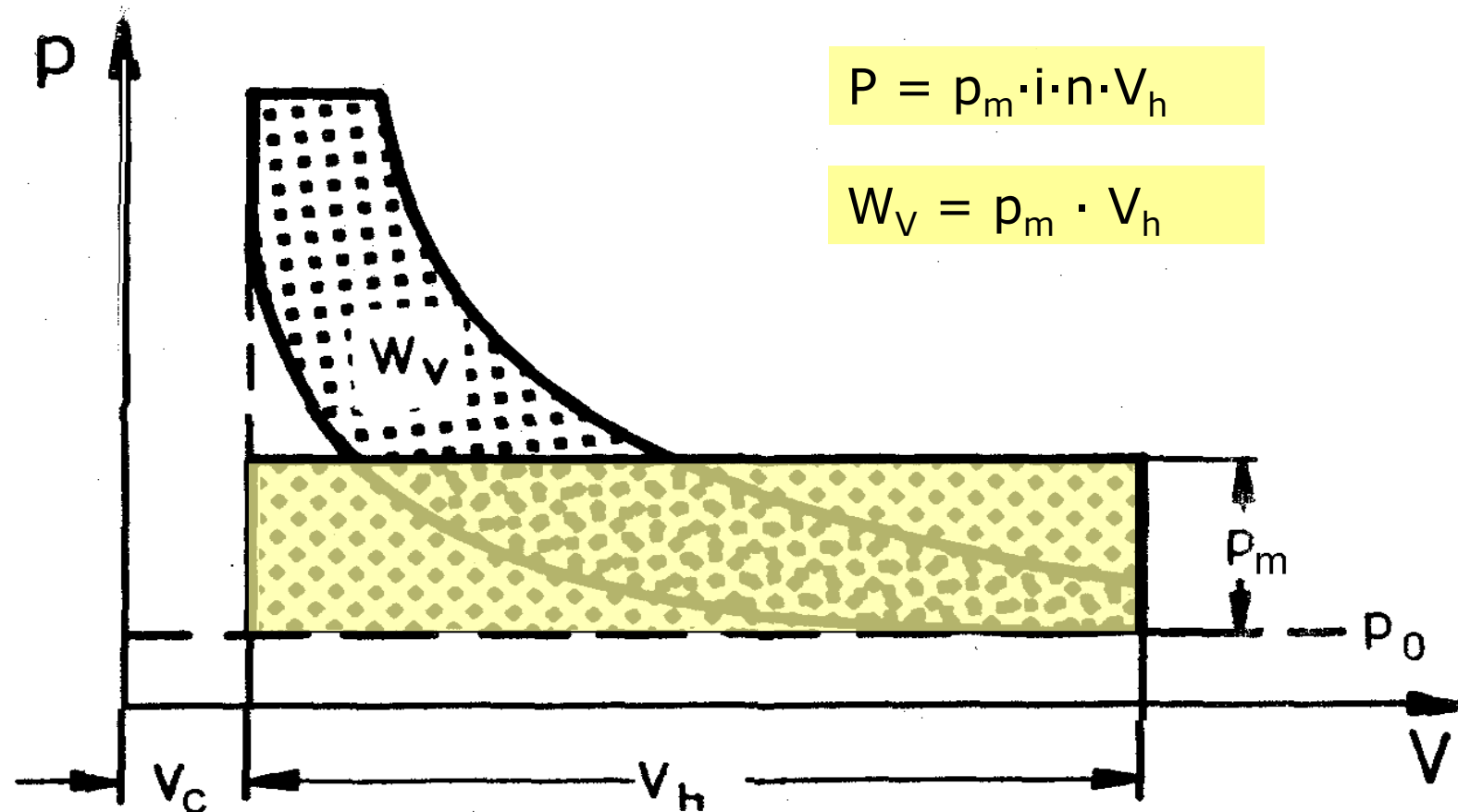
WP 2 – มະละกา ช่วงที่ 2



- **คุณลักษณะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE) และ การก่อตัวของสารผสม (20 นาที)**



WP 2 - คำจำกัดความของความดันเฉลี่ย (แผนภาพวงจร)



$$P = p_m \cdot i \cdot n \cdot V_h$$

$$W_V = p_m \cdot V_h$$

WP 2 - สมการกำลังเครื่องยนต์



$$P_{iz} = i \cdot n \cdot W_{KA} = i \cdot n \cdot p_{mi} \cdot V_h$$

กำลังของกระบอกสูบที่แสดง (หนึ่งกระบอก)

2 - stroke: $i = 1$

4 - stroke: $i = 0.5$

$$P_i = i \cdot n \cdot p_{mi} \cdot V_H$$

กำลังที่แสดง (เครื่องยนต์สมบูรณ์)

p_{mi} : Indicated mean eff. pressure (IMEP)

$$P_e = i \cdot n \cdot p_{me} \cdot V_H$$

กำลังที่ใช้งานได้จริง (เครื่องยนต์สมบูรณ์)

p_{me} : Brake mean eff. pressure (BMEP)

$$P_r = P_i - P_e$$

$$= i \cdot n \cdot (p_{mi} - p_{me}) \cdot V_H$$

กำลังเสียดทาน (เครื่องยนต์สมบูรณ์)

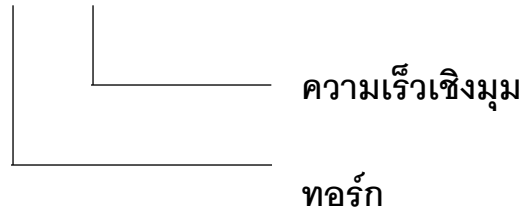
$$P_r = i \cdot n \cdot p_{mr} \cdot V_H$$

p_{mr} : Friction mean eff. Pressure (FMEP)

WP 2 – ความดันใช้งานเฉลี่ยสำหรับทอร์คและเบรค



$$P_e = M \cdot \omega = M \cdot 2\pi n = i \cdot n \cdot p_{me} \cdot V_H$$



$$M = \frac{i}{2\pi} \cdot p_{me} \cdot V_H \quad (M \sim p_{me})$$

$$p_{me} = \frac{2\pi}{i} \cdot \frac{M}{V_H}$$

อ้างอิง: -DIN 70020
-EWG Norm 0158

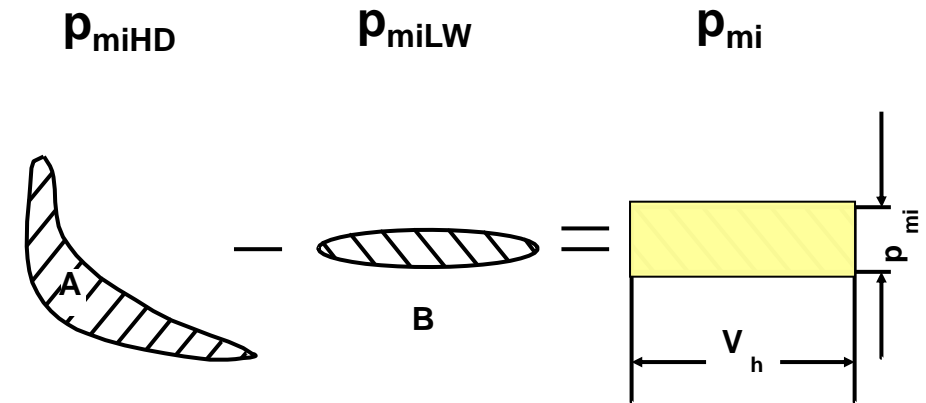
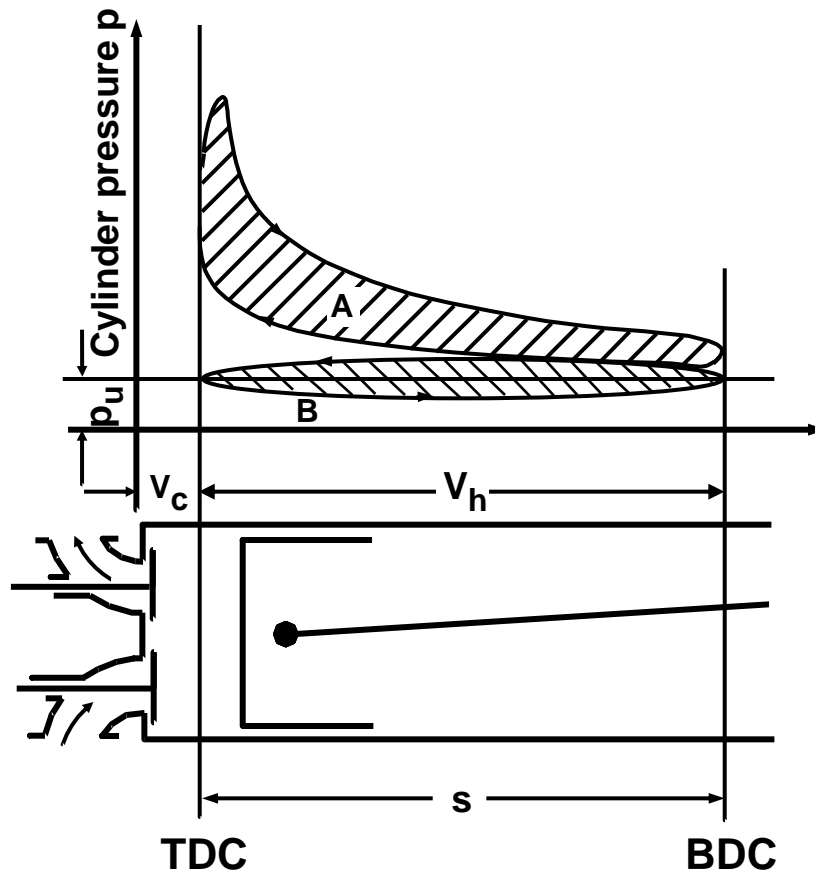
ตัวอย่าง: เครื่องยนต์ 4 สโตรก, $V_H = 2 \text{ dm}^3$
 $n = 5000 \text{ rpm}, M = 126 \text{ Nm}$

$$p_{me} = \frac{2\pi}{0,5} \cdot \frac{126 \text{ Nm}}{2 \text{ dm}^3} = \frac{2\pi}{0,5} \cdot \frac{126 \text{ Nm}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$p_{me} = 792000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 7,92 \text{ bar} = 0,792 \frac{\text{kJ}}{\text{dm}^3}$$

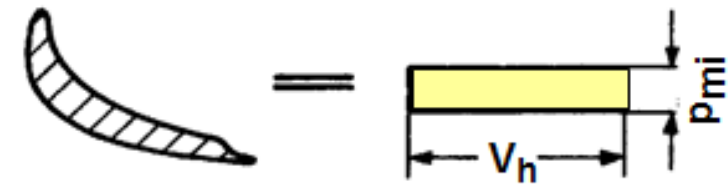
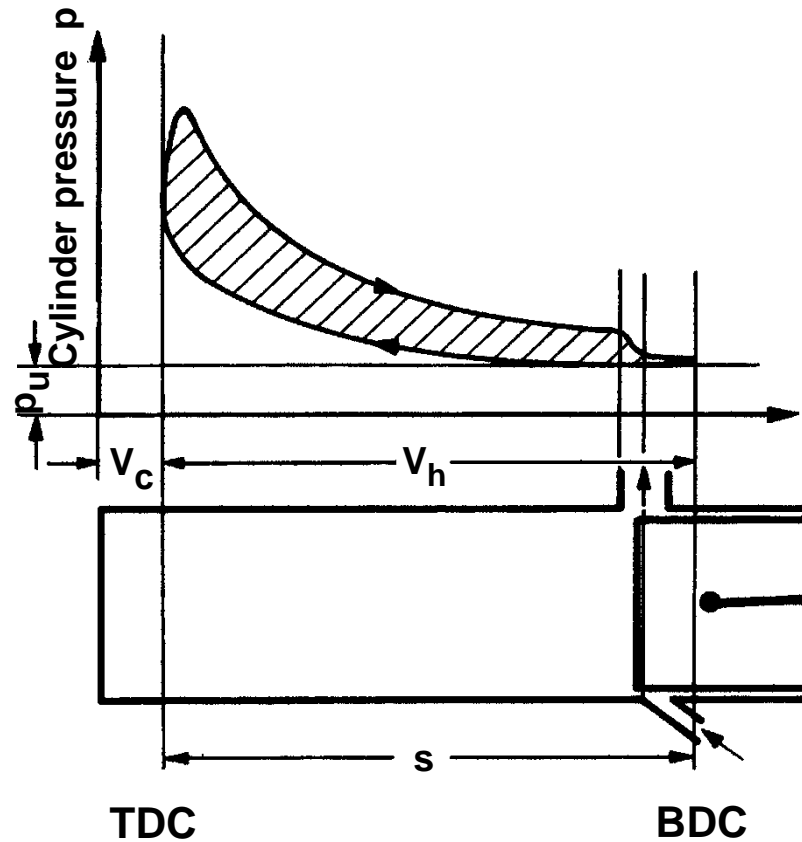


WP 2 - การสร้าง IMEP จากแผนภาพ p-V (4 จังหวะ)



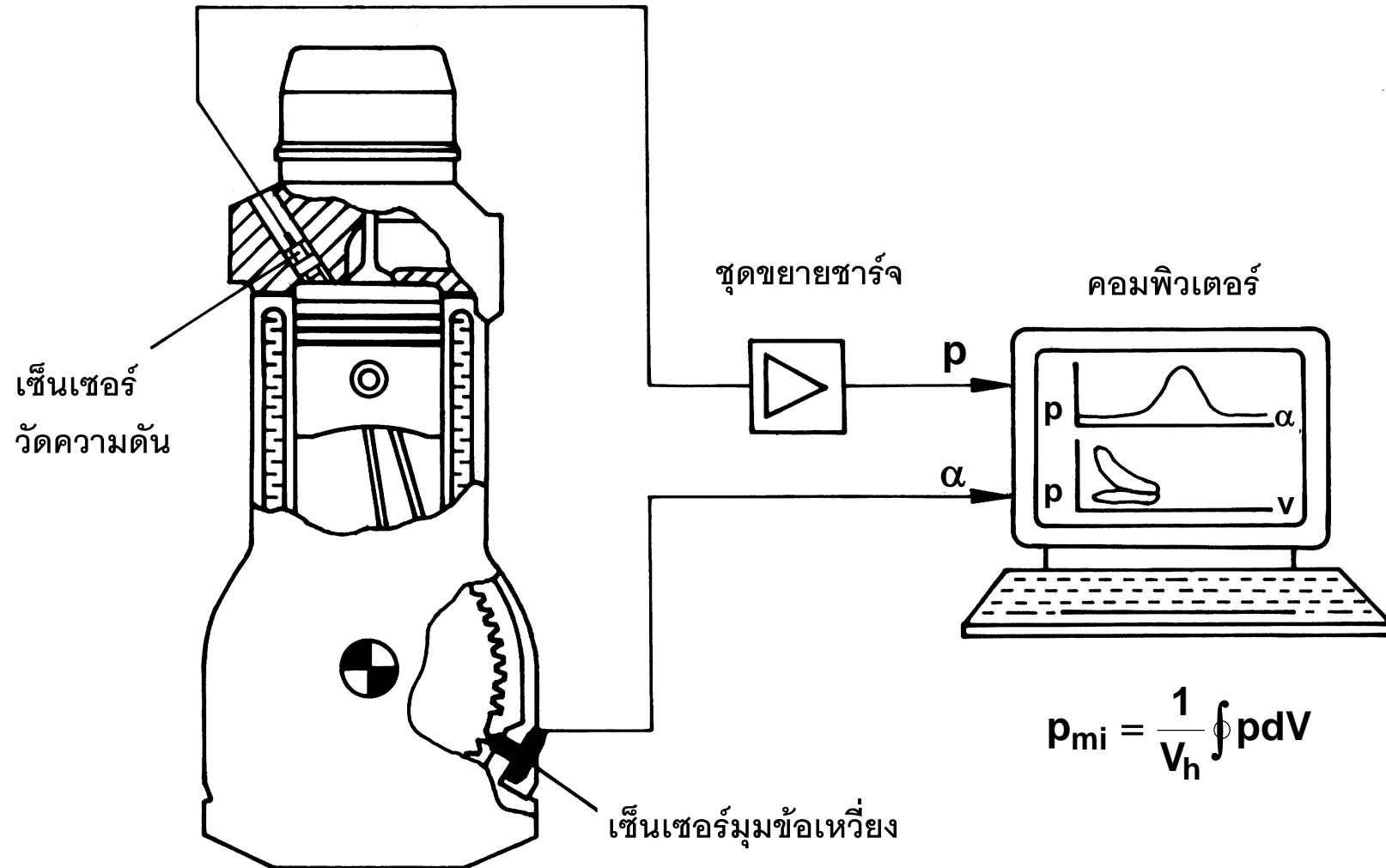
$$W_{KA} = p_{mi} \cdot V_h$$

WP 2 - การสร้าง IMEP จากแผนภาพ p-V (2 จังหวะ)

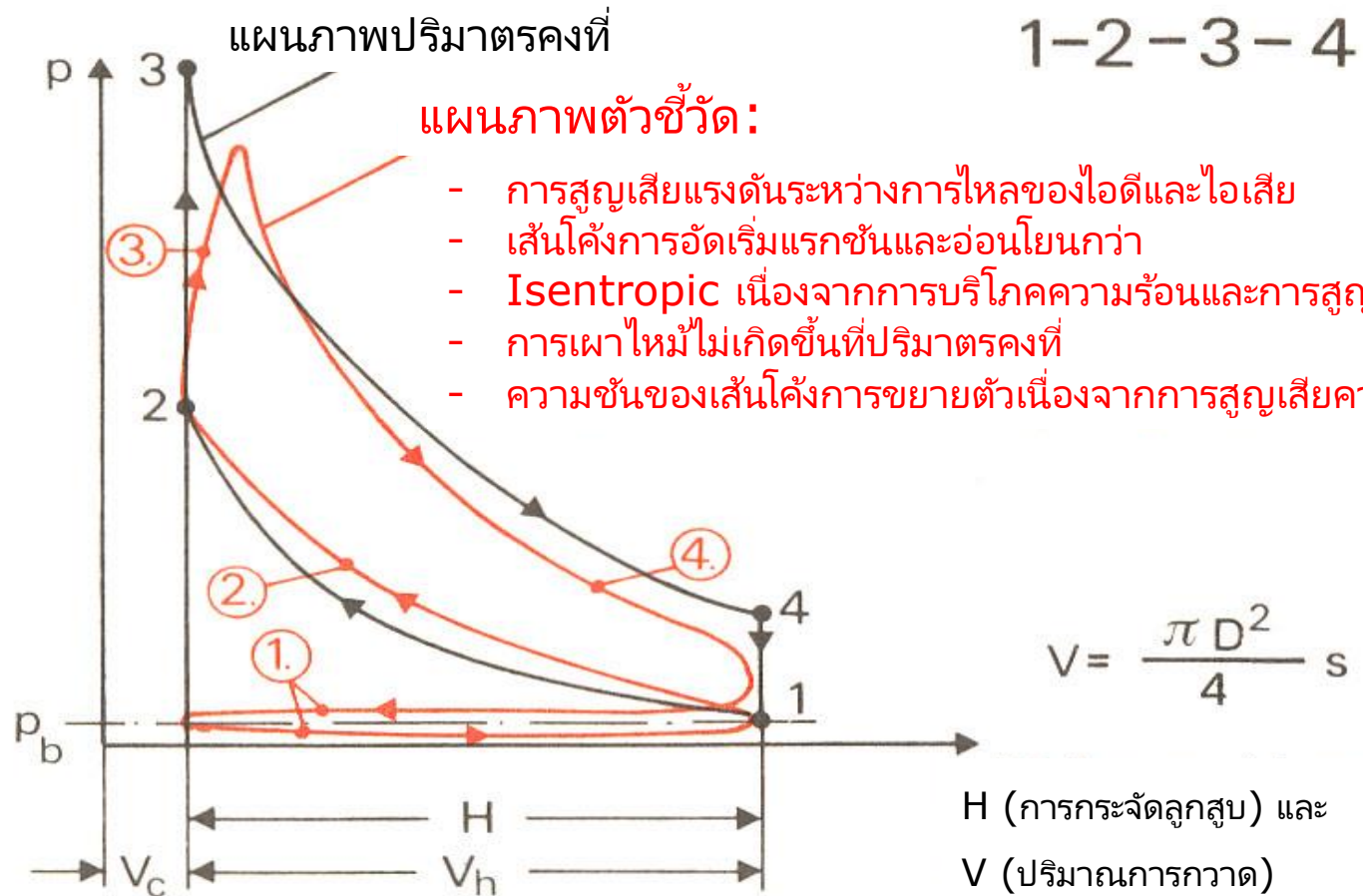


$$W_{KA} = p_{mi} \cdot V_h$$

WP 2 – การตั้งค่าเพื่อการกำหนด p_{mi}



WP 2 - แผนภาพแสดงสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ



WP 2 - แรงดันเบรกสูงสุดหมายถึงแรงดันที่มีประสิทธิภาพ



ประเภทเครื่องยนต์	p_{me} [บาร์]
เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ (สี่จังหวะ)	— 12
เครื่องยนต์รถแข่ง (สูบแบบธรรมชาติ)	— 16.6
เครื่องยนต์รถแข่ง (เทอร์โบชาร์จเจอร์)	— 56
เครื่องยนต์เบนซินสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (NA)	9 — 14.1
เครื่องยนต์เบนซินสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (TC)	14 — 20
เครื่องยนต์ดีเซลสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (TC)	12 — 21.2
เครื่องยนต์ดีเซลรถบรรทุก (เทอร์โบชาร์จ)	11 — 23.5
เครื่องยนต์ความเร็วสูงขนาดใหญ่ (ดีเซล)	15 — 29.4
เครื่องยนต์ความเร็วสูงปานกลาง (ดีเซล)	15 — 25
เครื่องยนต์ครอสเสด (ดีเซล 2 จังหวะ)	15 — 18.2



WP 2 - ความเร็วลูกสูบเฉลี่ย



$$c_m = 2 \cdot s \cdot n$$

มีอิทธิพลหลักต่อ:

- ความเครียดจากแรงมวล: $\sigma_M \sim c_m^2$
- แรงเสียดทาน (สึกหรอ)
- โหลดความร้อน
- ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและประสิทธิภาพการชาร์จ
- เสี่ยงรบกวน
- อายุการใช้งาน / สึกหรอ



WP 2 - ช่วงความเร็วถูกสูบเฉลี่ยสูงสุด



ประเภทเครื่องยนต์	C_m	[m/s]
เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ (สี่จังหวะ)	—	22
เครื่องยนต์รถแข่ง (สูบแบบธรรมชาติ)	—	21.7
เครื่องยนต์รถแข่ง (เทอร์โบชาร์จเจอร์)	—	27
เครื่องยนต์เบนซินสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (NA)	9.5	— 24.7
เครื่องยนต์เบนซินสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (TC)	12.3	— 14.7
เครื่องยนต์ดีเซลสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (TC)	8.1	— 13.1
เครื่องยนต์ดีเซลรถบรรทุก (เทอร์โบชาร์จ)	7.0	— 12
เครื่องยนต์ความเร็วสูงขนาดใหญ่ (ดีเซล)	5.3	— 9.5
เครื่องยนต์ความเร็วสูงปานกลาง (ดีเซล)	5.7	— 7.8



WP 2 - ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและประสิทธิภาพการชาร์จ



$$\lambda_a = \frac{m_g}{V_h \rho_{th}} \quad \text{ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร}$$

m_g : มวลของอากาศที่ชาร์จ (หรือ สารผสม)
 ρ_{th} : ความหนาแน่นการชาร์จตามทฤษฎี

$$\lambda_l = \frac{m_z}{V_h \cdot \rho_{th}} \quad \text{ประสิทธิภาพการชาร์จ}$$

m_z : มวลของกระบอกสูบที่ติดอยู่
 ชาร์จต่อรอบ

การผสมสาร
 ภายนอก
 (เครื่องยนต์เบนซินธรรมดา)

$$m_g = m_B + m_L$$

$$\rho_{th} = \rho_G$$

$$m_g = V_G \cdot \rho_G$$

$$\lambda_a = \frac{V_G}{V_h}$$

การผสมสาร
 ภายใน
 (ดีเซล, เครื่องยนต์ DI-เบนซิน)

$$m_g = m_L$$

$$\rho_{th} = \rho_L$$

$$m_g = V_L \cdot \rho_L$$

$$\lambda_a = \frac{V_L}{V_h}$$

การผสมสาร
 ภายนอก

$$m_z = m_{zB} + m_{zL}$$

การผสมสาร
 ภายใน

$$m_z = m_{zL}$$



WP 2 - ประสิทธิภาพและการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ



$$\eta_e = \frac{P_e}{\dot{m}_B H_u}$$

ประสิทธิภาพการใช้งานจริง

ค่าความร้อน

การไหลของมวลเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง:

$$\eta_e = 0.35 ; H_u = 42800 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$b_e = \frac{1 \text{ kg}}{0.35 \cdot 42800 \text{ kJ}} = \frac{1000 \text{ g}}{0.35 \cdot 42800 \text{ kW s}}$$

การใช้เชื้อเพลิงจำเพาะได้จริง (BSFC)

$$= \frac{1000 \cdot 3600 \text{ g}}{0.35 \cdot 42800 \text{ kWh}} = 240 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}$$

$$\eta_i = \frac{P_i}{\dot{m}_B H_u}$$

ประสิทธิภาพที่แสดง

$$b_i = \frac{\dot{m}_B}{P_i} = \frac{1}{\eta_i H_u}$$

การใช้เชื้อเพลิงจำเพาะที่แสดง (ISFC)



WP 2 - แรงเสียดทานทางกลและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

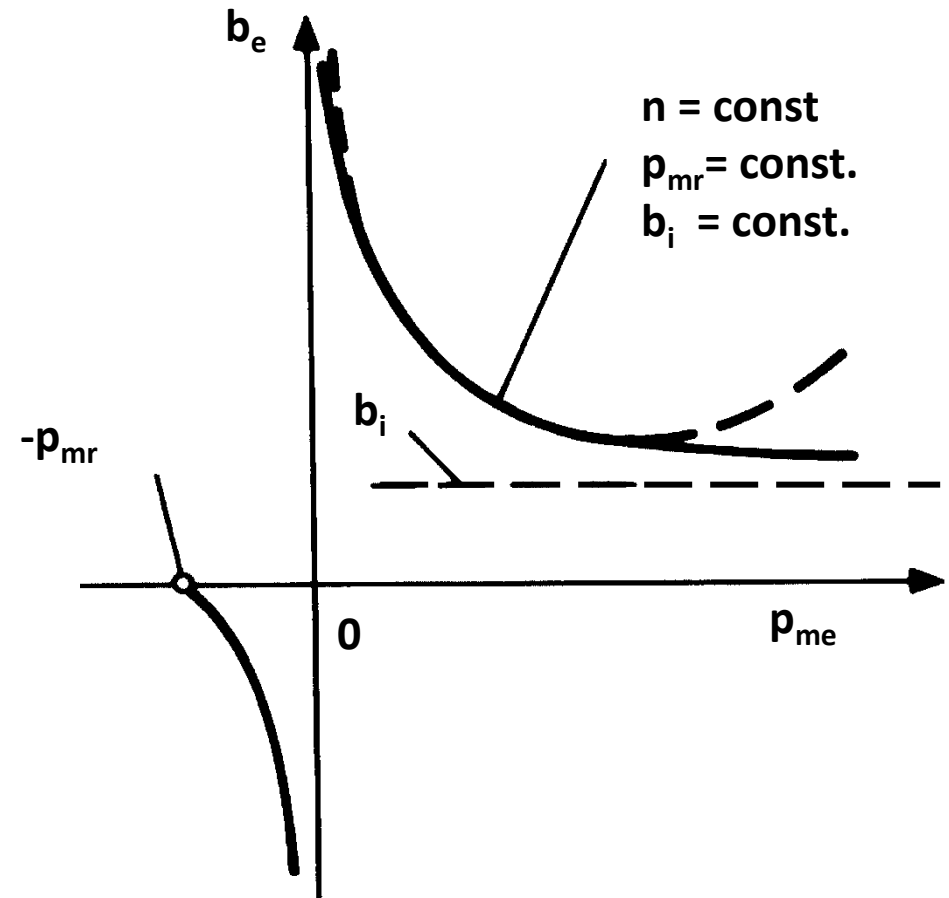
$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{p_{me}}{p_{mi}} \quad \text{ประสิทธิภาพทางกล}$$

$$= \frac{\eta_e \cdot \dot{m}_B \cdot H_u}{\eta_i \cdot \dot{m}_B \cdot H_u} = \frac{\eta_e}{\eta_i} = \frac{b_i}{b_e}$$

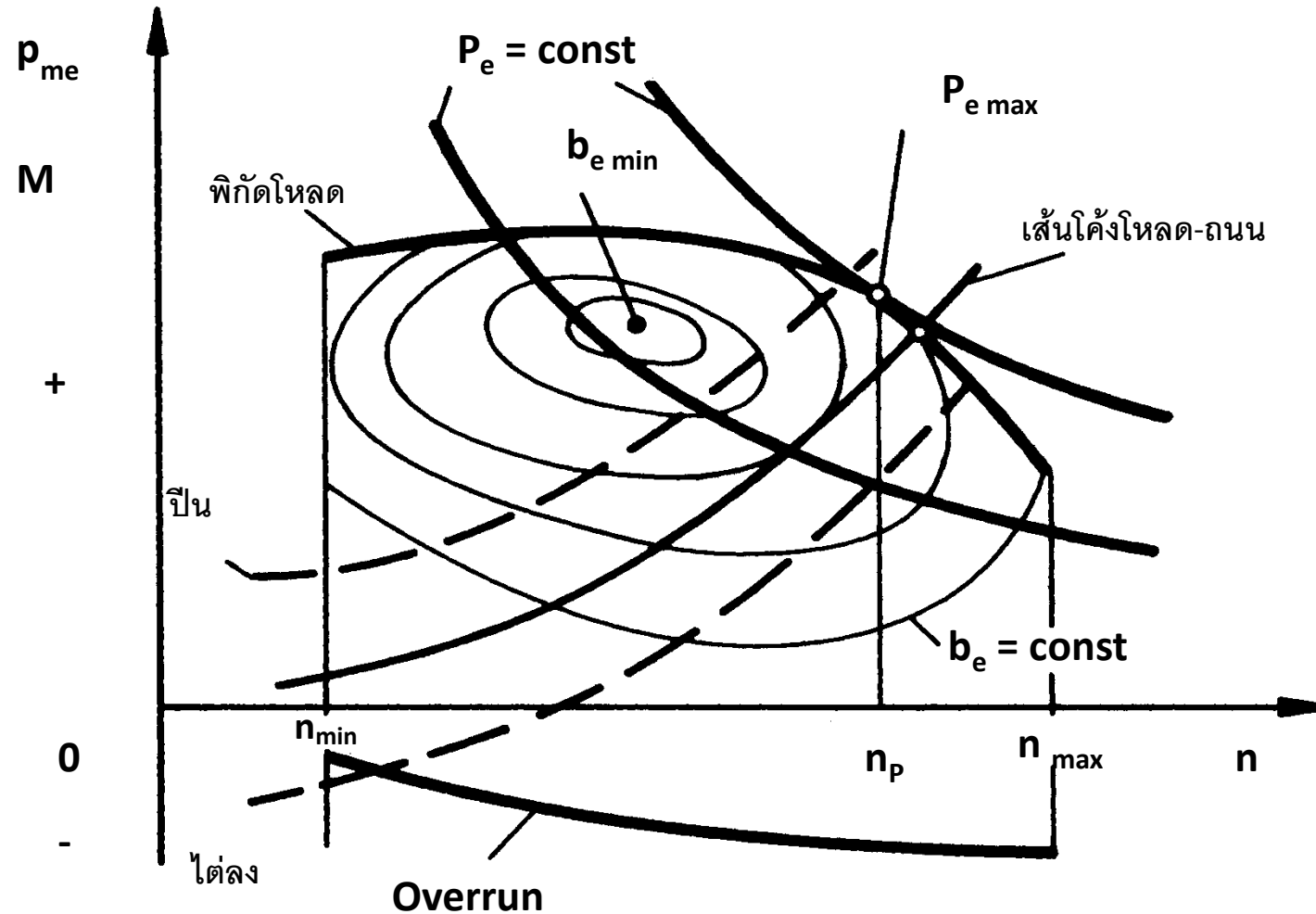
$$\eta_m = \frac{p_{mi} - p_{mr}}{p_{mi}} = 1 - \frac{p_{mr}}{p_{mi}}$$

$$\frac{b_e}{b_i} = \frac{p_{mi}}{p_{me}} = \frac{p_{me} + p_{mr}}{p_{me}} = 1 + \frac{p_{mr}}{p_{me}}$$

$$b_e = \left(1 + \frac{p_{mr}}{p_{me}}\right) \cdot b_i$$



WP 2 - แผนที่การเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิง (แผนวงจร)

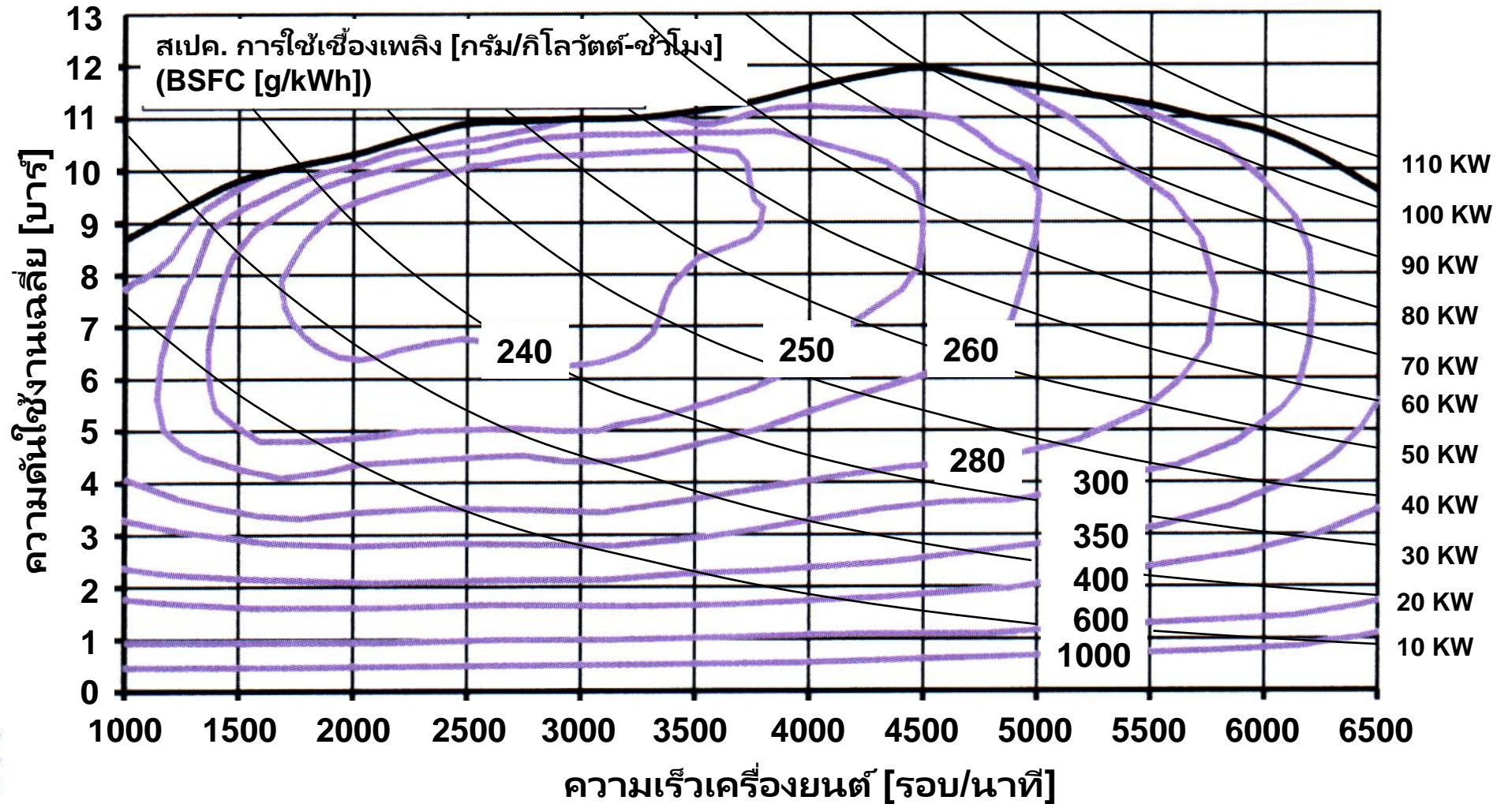


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

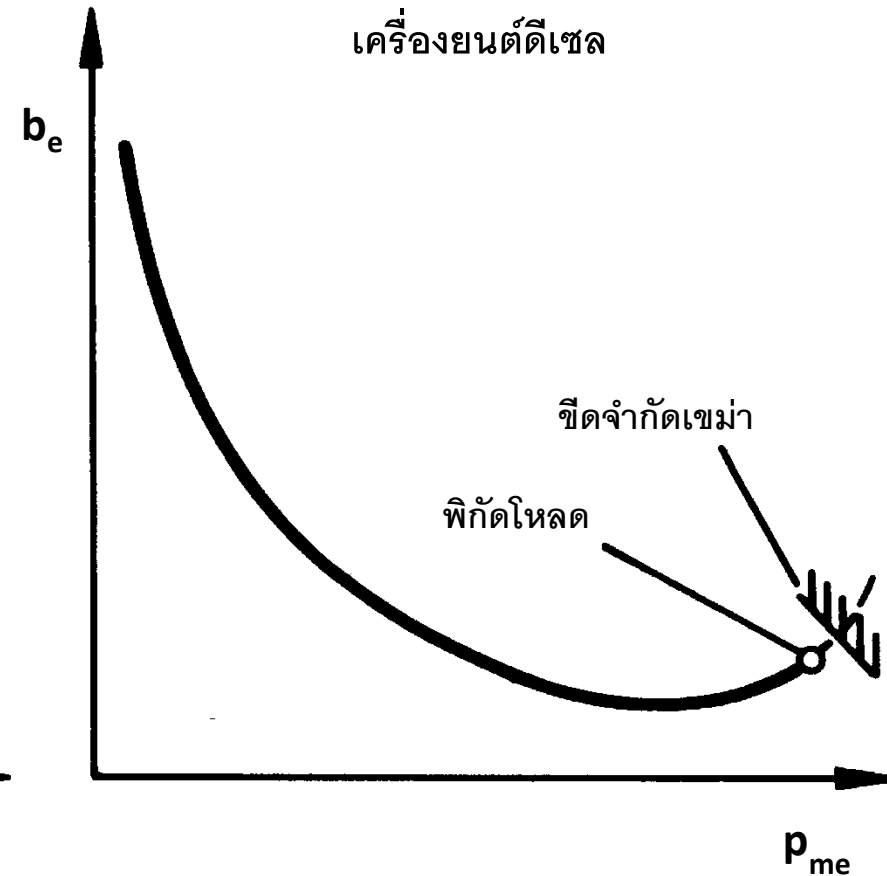
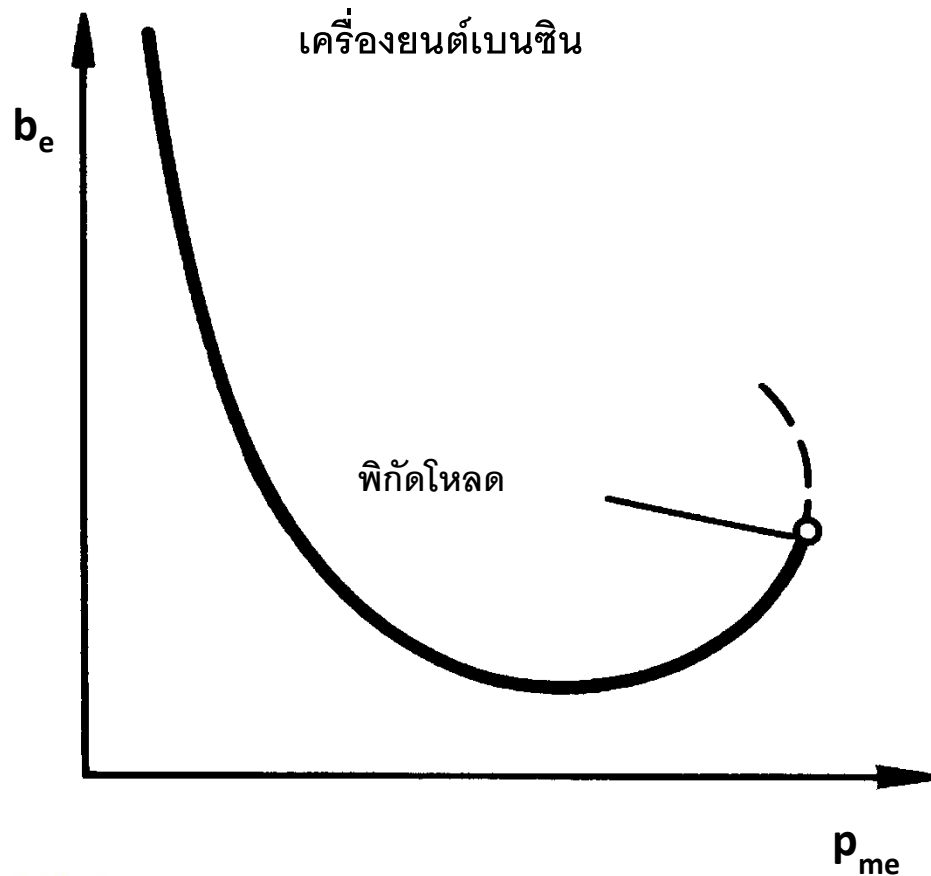


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 - แผนที่การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (เครื่องยนต์เบนซิน 2.0l)



WP 2 - บางส่วน - โหลดการใช้เชื้อเพลิง ($n=const$)



WP 2 - อัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงสัมผัส



$$\lambda = \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_B} \cdot \frac{1}{L_{ST}}$$

$$L_{st} = \frac{1}{g_{O_2,fl}} \cdot \left[\frac{M_{O_2}}{M_C} \cdot c + \frac{M_{O_2}}{M_H} \cdot \frac{h}{4} + \frac{M_{O_2}}{M_S} \cdot s + \frac{M_{O_2}}{M_O} \cdot \frac{o}{2} \right]$$

$$L_{st} = \frac{1}{g_{O_2,fl}} \cdot [2,664 \cdot c + 7,937 \cdot h + 0,998 \cdot s - o]$$

เชื้อเพลิงเบนซินและดีเซล

$$c \approx 0.87$$

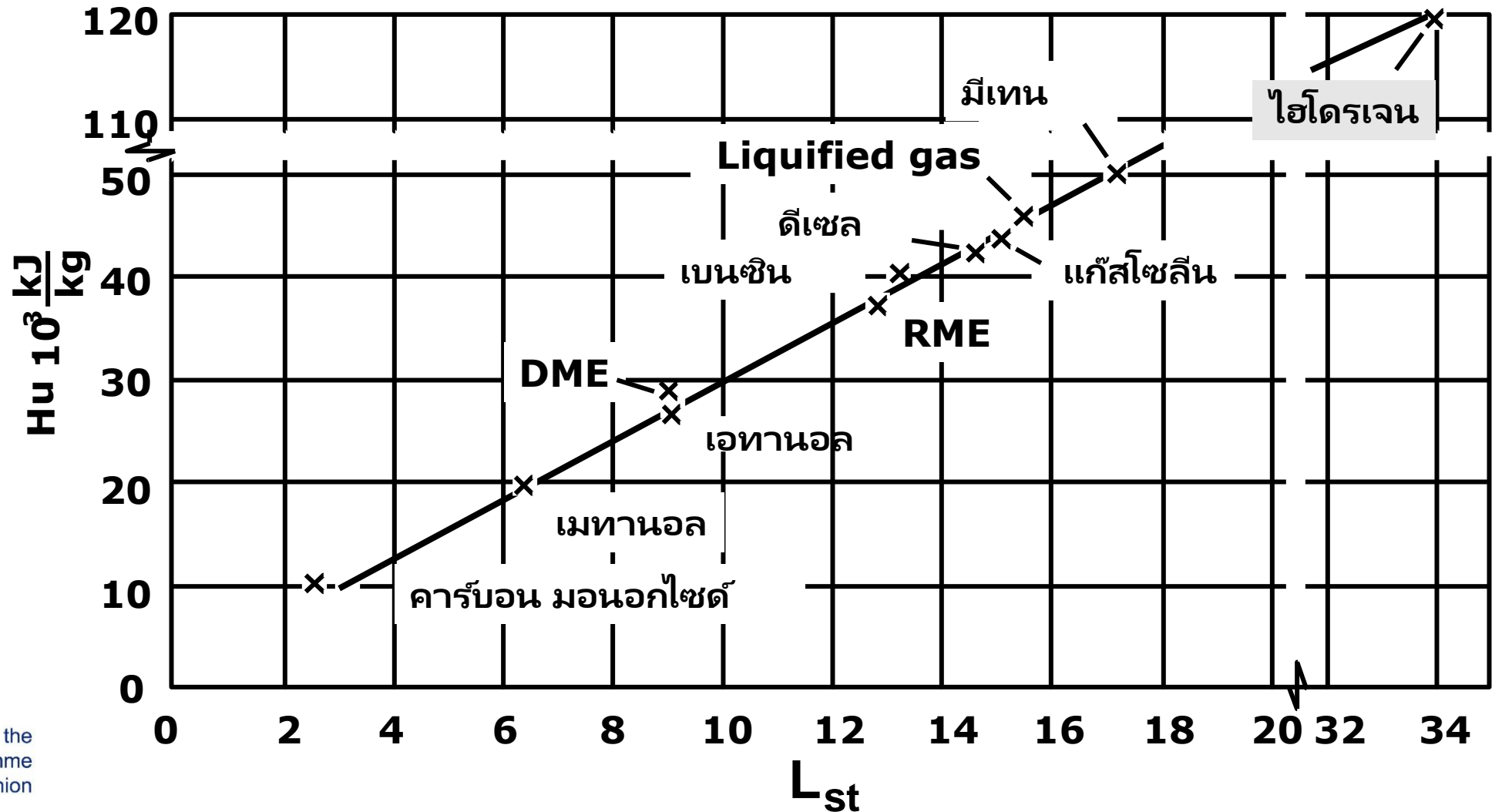
$$h \approx 0.13$$

$$s \approx 0$$

$$L_{st} = 14.5$$



WP 2 - สมการสำคัญอื่นๆ



WP 2 - ค่าความร้อนผสม



$$H_G = \frac{m_B H_u}{V_G} \quad \text{การสร้างส่วนผสมภายนอก(เครื่องยนต์เบนซินธรรมดา)}$$

$$V_G = \frac{m_G}{\rho_G} = \frac{m_L + m_B}{\rho_G} = \frac{m_B}{\rho_G} \cdot \left(\frac{m_L}{m_B} + 1 \right)$$

$$V_G = \frac{m_B}{\rho_G} (L_{st} \cdot \lambda + 1)$$

$$H_G = \frac{H_u \cdot \rho_G}{L_{st} \lambda + 1}$$

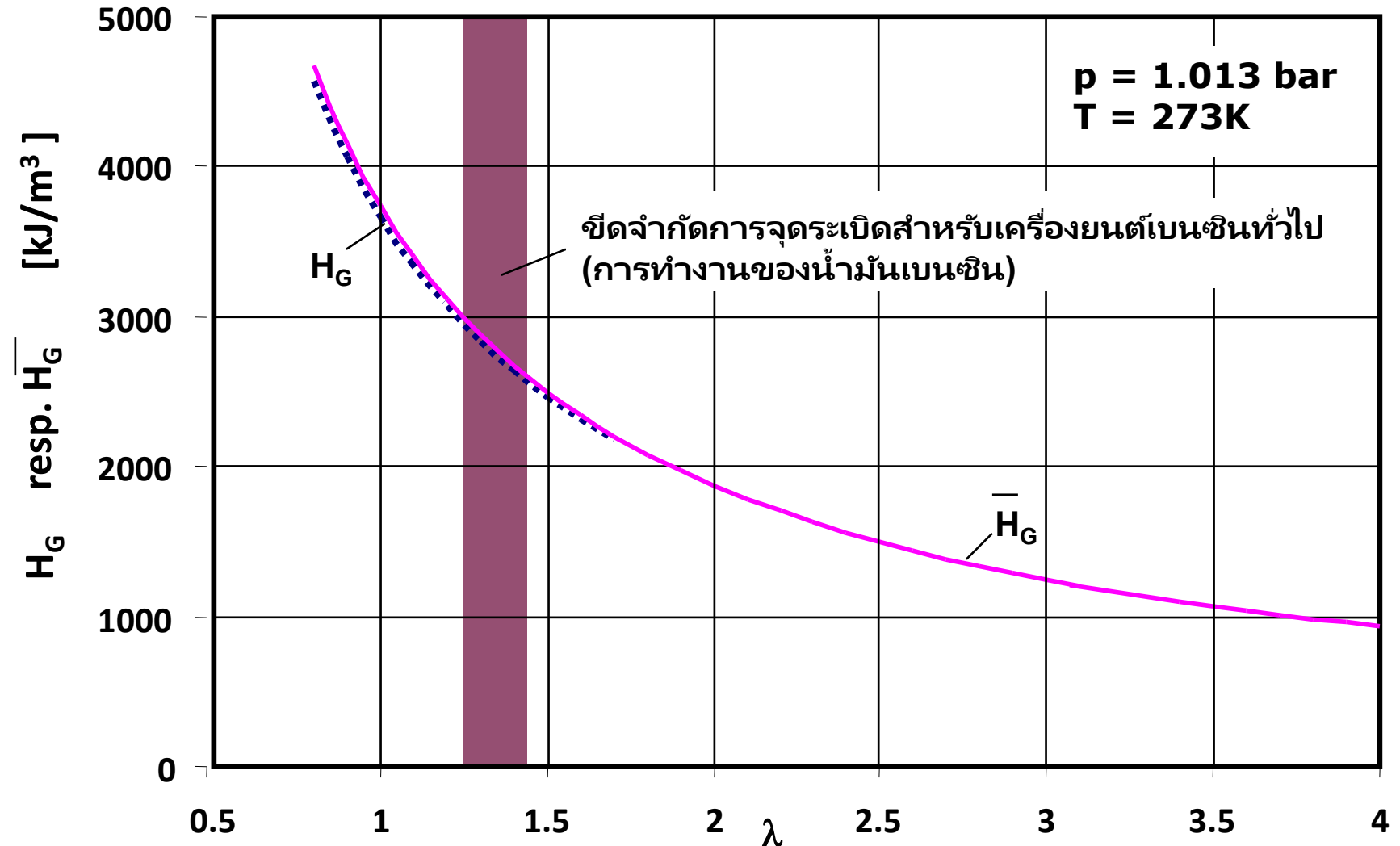
$$\bar{H}_G = \frac{m_B \cdot H_u}{V_L} \quad \text{การสร้างส่วนผสมภายใน (เครื่องยนต์ดีเซล, เครื่องยนต์เบนซิน DI)}$$

$$V_L = \frac{m_L}{\rho_L} = \frac{m_B}{\rho_L} \cdot \frac{m_L}{m_B} = \frac{m_B}{\rho_L} \cdot L_{st} \cdot \lambda$$

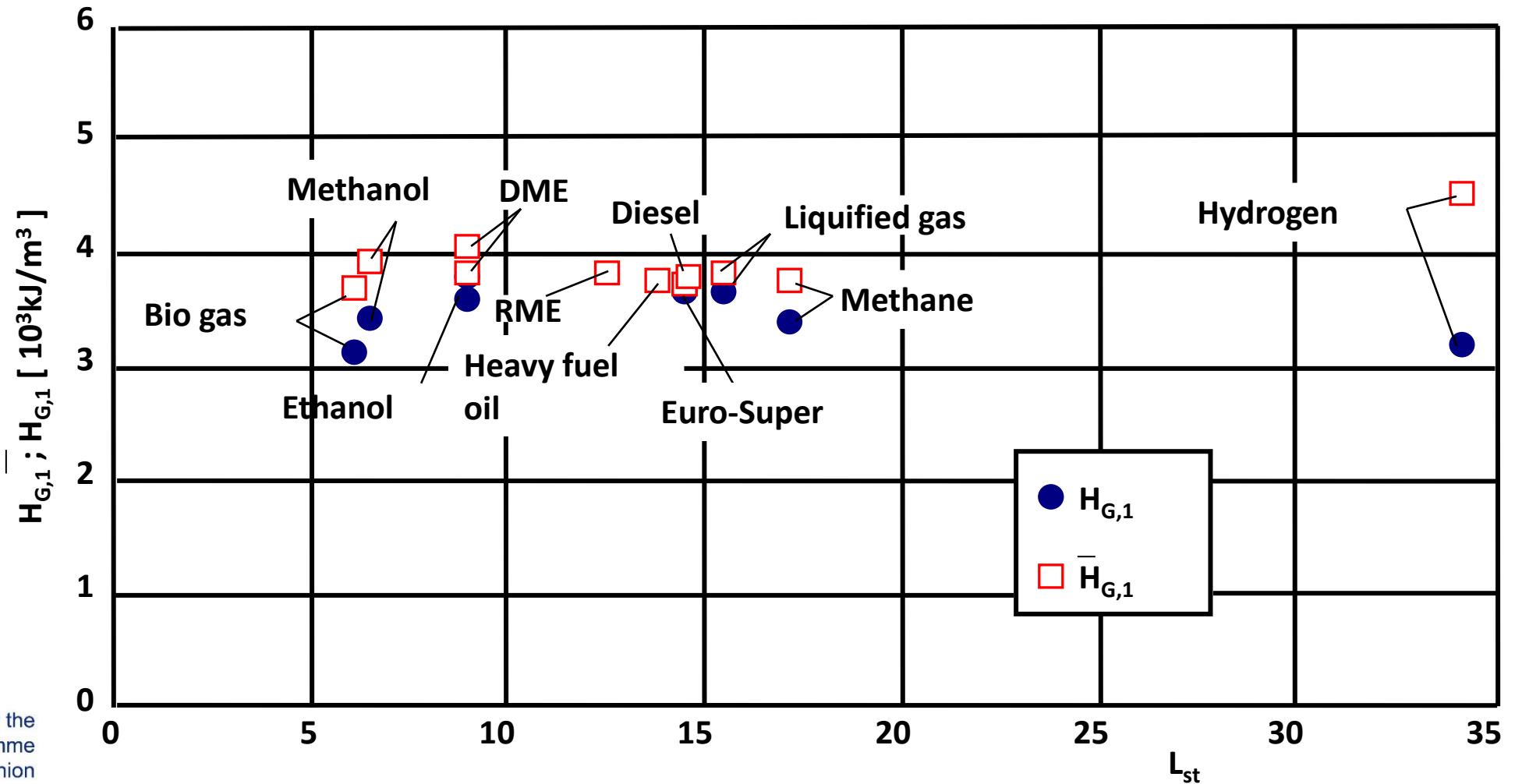
$$\bar{H}_G = \frac{H_u \cdot \rho_L}{L_{st} \cdot \lambda}$$



WP 2 - λ - ขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของส่วนผสม



WP 2 - ความต้องการอากาศเกี่ยวกับค่าความร้อนผสม ($\lambda = 1$)



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – ประสิทธิภาพการชาร์จ และ p_{me}



การสร้างสารผสมภายนอก
(เครื่องยนต์เบนซินธรรมดา)

การสร้างสารผสมภายนอก
(เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์เบนซินแบบ DI)

$$\eta_i = \frac{P_i}{\dot{m}_B H_u} = \frac{W_{KA}}{V_G \cdot H_G}$$

$$\eta_i = \frac{W_{KA}}{V_L \cdot H_G}$$

$$W_{KA} = \eta_i \cdot V_G \cdot H_G$$

$$W_{KA} = \eta_i \cdot V_L \cdot H_G$$

$$p_{mi} = \eta_i \frac{V_G}{V_H} \cdot H_G$$

$$p_{mi} = \eta_i \frac{V_L}{V_h} \cdot H_G$$

$$p_{mi} = \frac{W_{KA}}{V_h}$$

$$p_{mi} = \eta_i \lambda_a H_G$$

$$p_{mi} = \eta_i \lambda_a \bar{H}_G$$

$$p_{me} = \eta_e \lambda_a H_G$$

$$p_{me} = \eta_e \lambda_a \bar{H}_G$$

ตัวอย่าง: เครื่องยนต์แก๊สโซลีนธรรมดา, $\lambda_a = 0.9$ (พิกัดโหลด),

$$\eta_e = 0.3; \quad \lambda = 1; \quad 0^\circ \text{C}$$

$$H_{G,1} = 3750 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 3750 \cdot 1000 \frac{\text{Nm}}{\text{m}^3} = 37.5 \text{ bar}$$

$$p_{me} = 0.3 \cdot 0.9 \cdot 37.5 \text{ bar} = 10.1 \text{ bar}$$

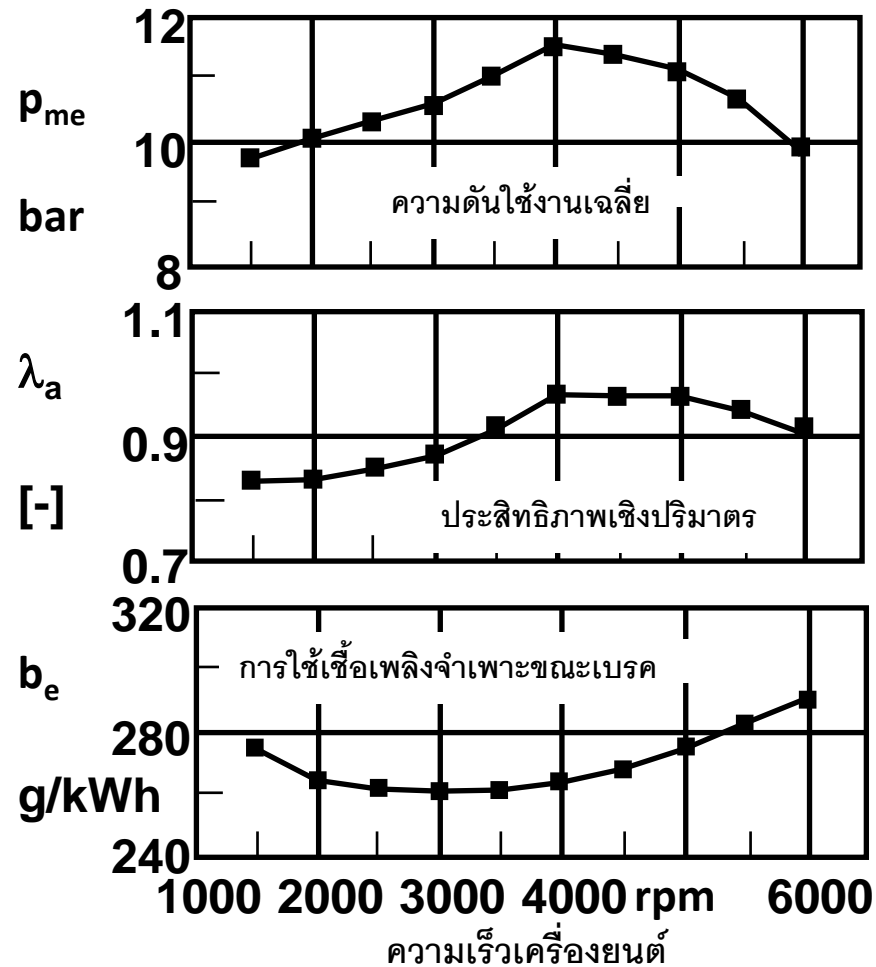


WP 2 - พฤติกรรมการทำงานเต็มพิกัดของเครื่องยนต์

เบนซิน 4 สูบ



($\lambda = 0.9$)



WP 2 – มละกะกา ช่วงที่ 2



- คุณลักษณะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE) และ การก่อตัวของสารผสม (20 นาที)

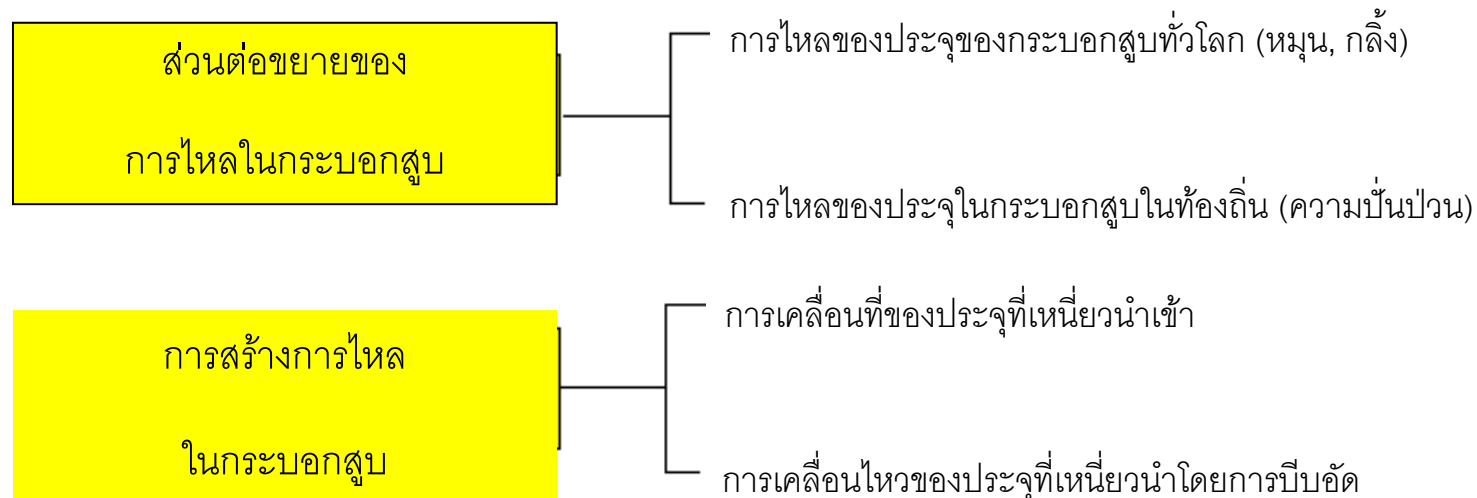


WP 2 – การเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ

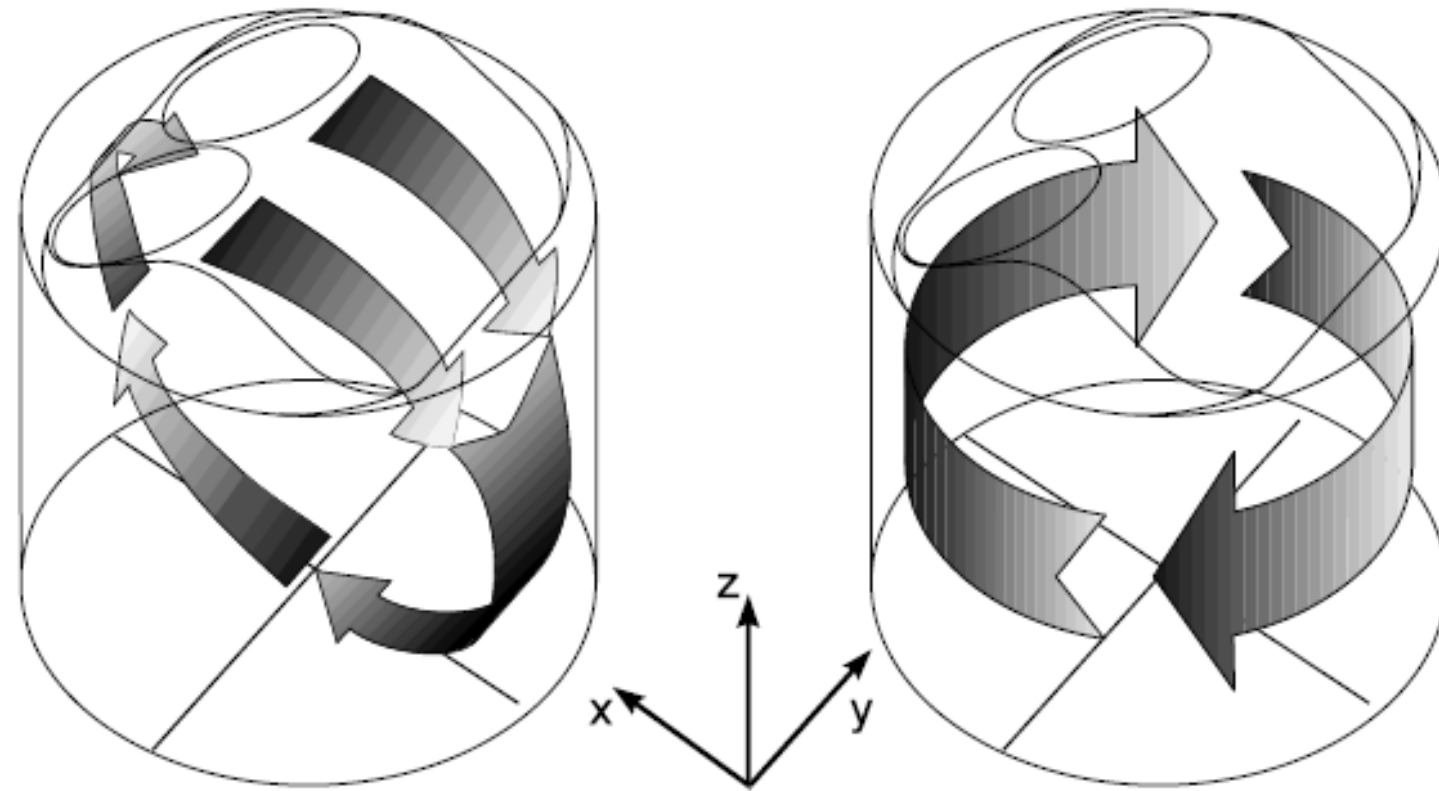


- การเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพและปราศจากการปล่อยมลพิษที่ λ สูง ต้องการการเคลื่อนที่ของอากาศ/เชื้อเพลิงอย่างเข้มข้นภายในกระบอกสูบ
- นี่เป็นข้อกำหนดสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์เจ็ทของผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน

การจำแนกประเภทของการไหลในกระบอกสูบ :



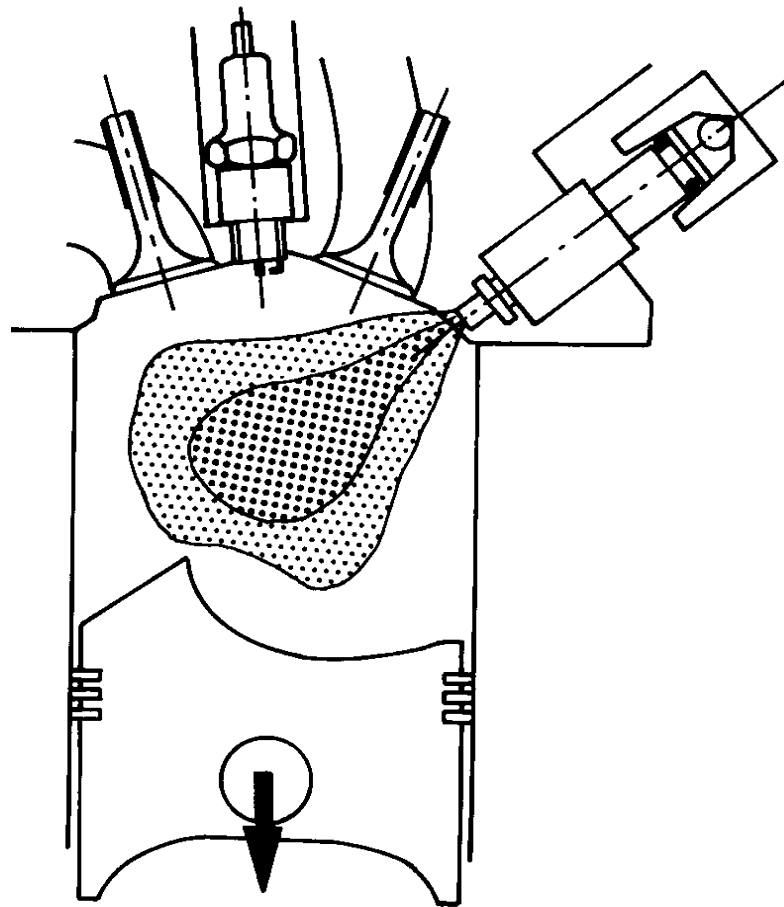
WP 2 – การก่อตัวของการเคลื่อนที่ของประจุทั่วโลก



ก๊ิ่ง Tumble

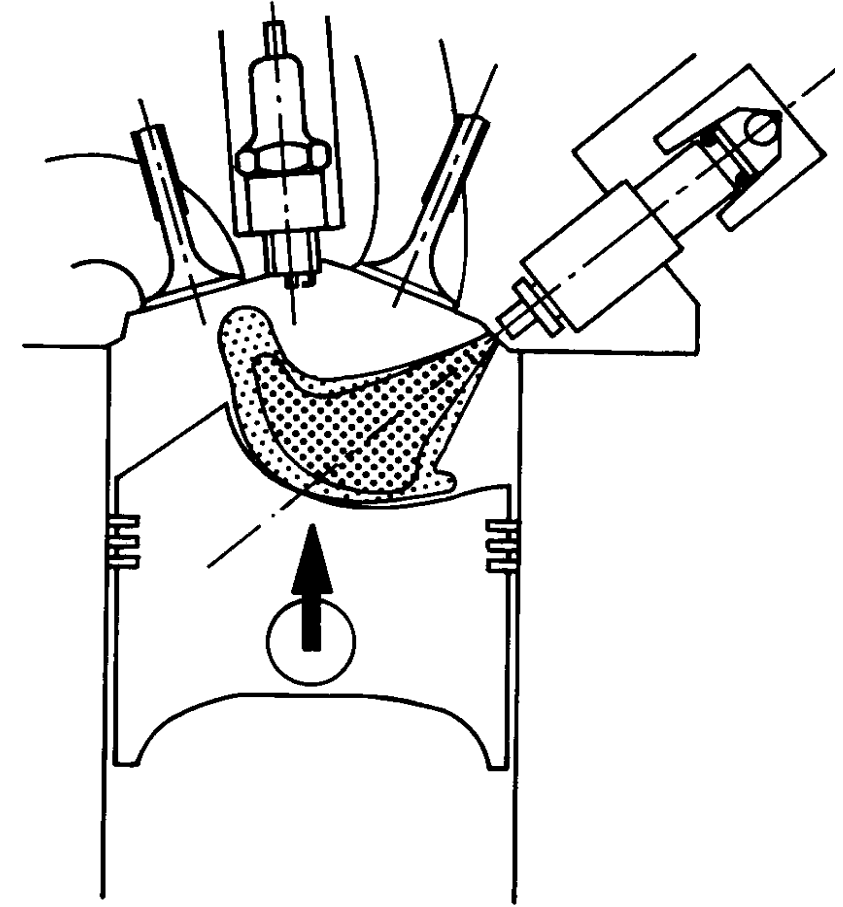
หมุนวง Swirl

WP 2 – หลักการ Direct Injection



ก่อนฉีด

การทำงานแบบเนื้อสารเดียวกัน



หลังฉีด

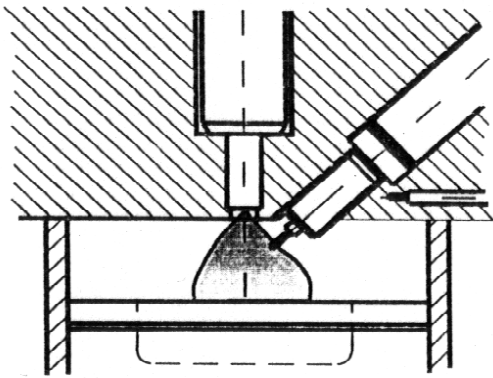
ภาวะไหลดแบบแบ่งชั้น

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

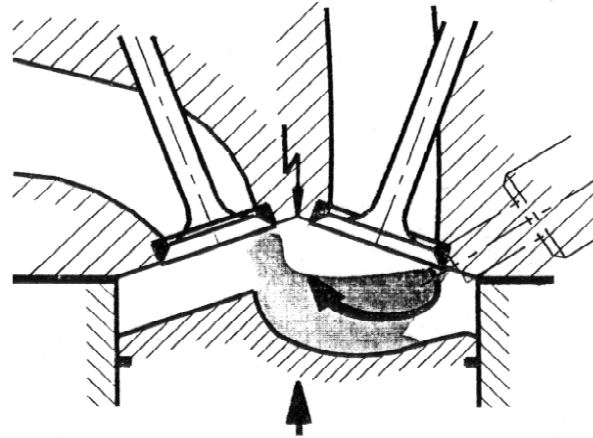


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

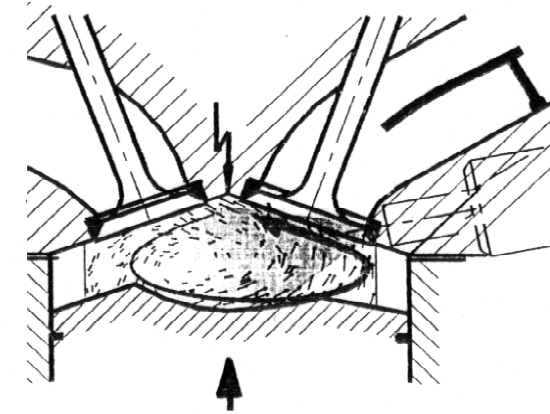
WP 2 – การจำแนกกระบวนการ DI



สเปรย์-ไกด์



ผนัง-ไกด์ (กลิ้ง)



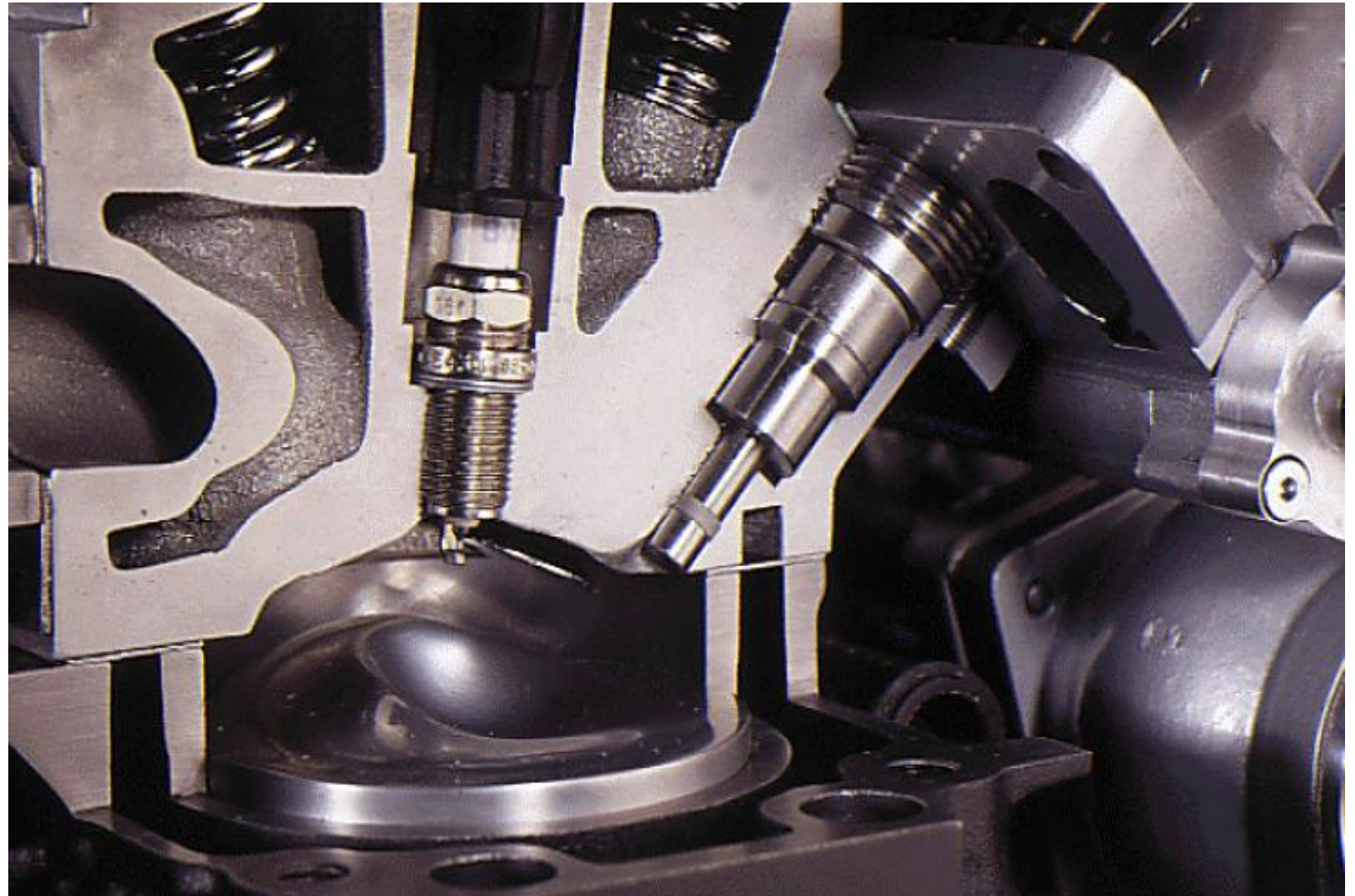
อากาศ-ไกด์ (หมุนวน)

- Charge movement of the wall and air controlled processes:

Swirl around the cylinder axis

Tumble around the cylinder longitudinal axis

WP 2 – หัวจ่าย GDI Injection, รุ่นแรก

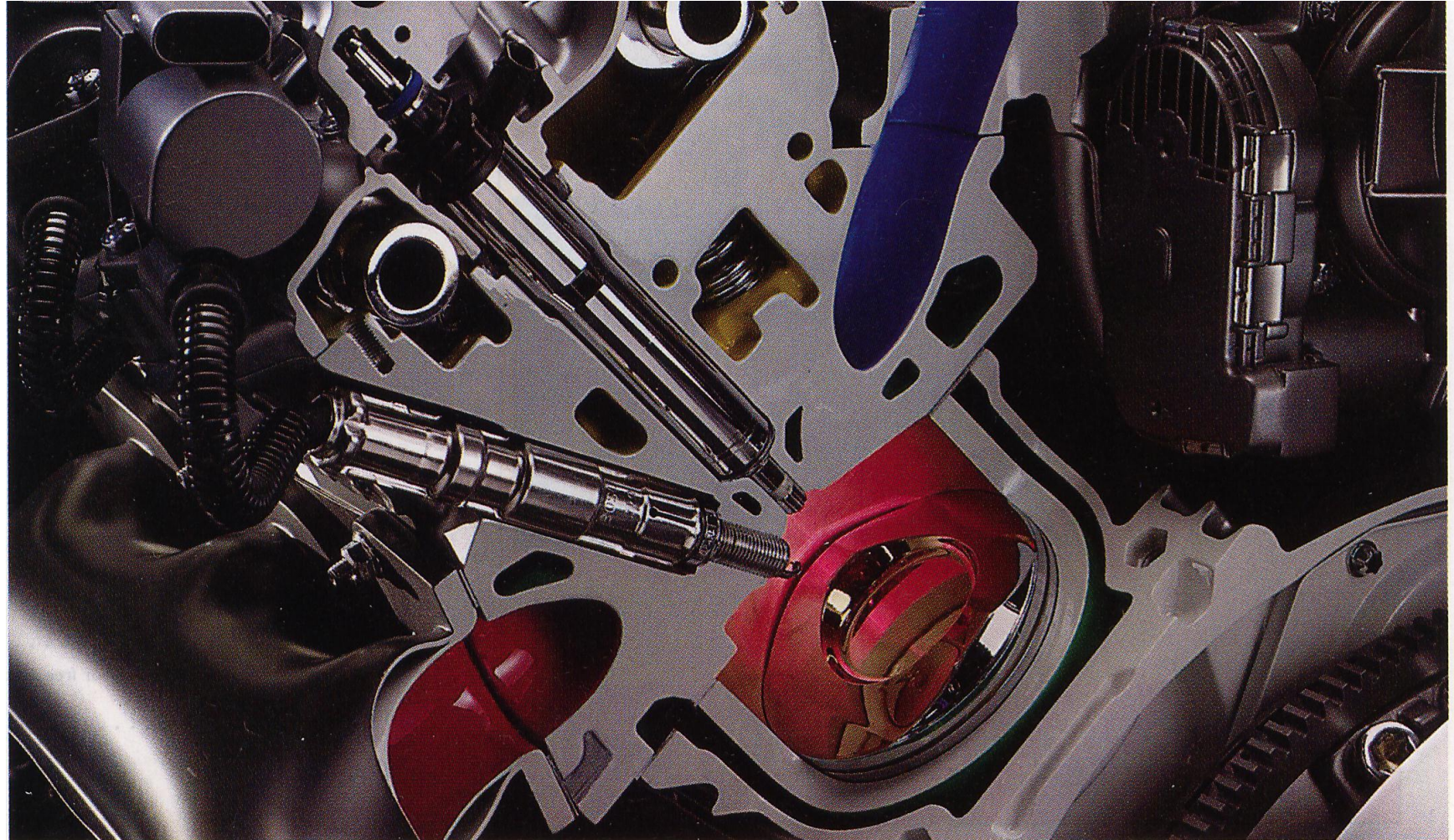


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – หัวจ่าย GDI Injection, รุ่นที่ 2

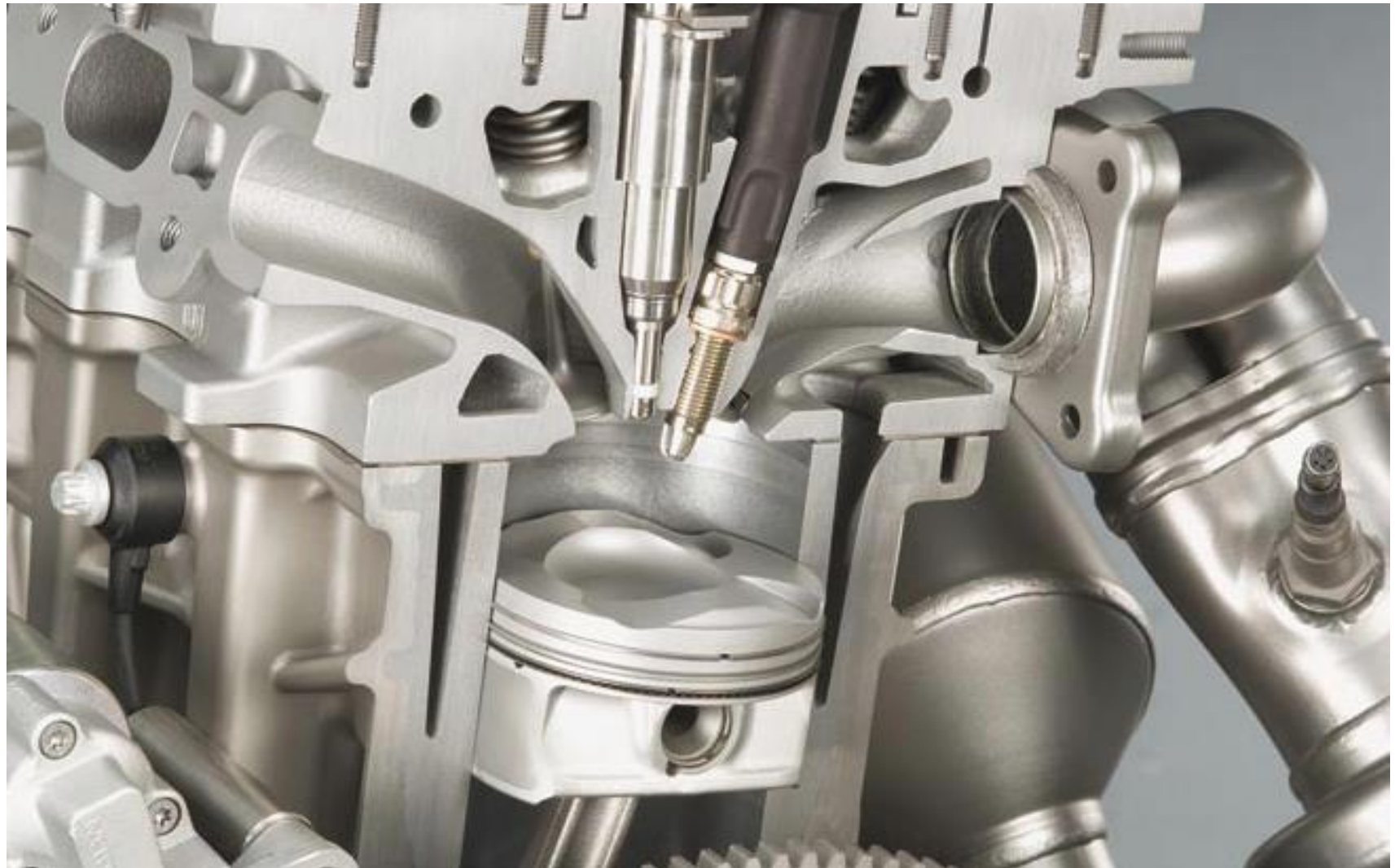


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – หัวจ่าย GDI Injection, รุ่นที่ 2

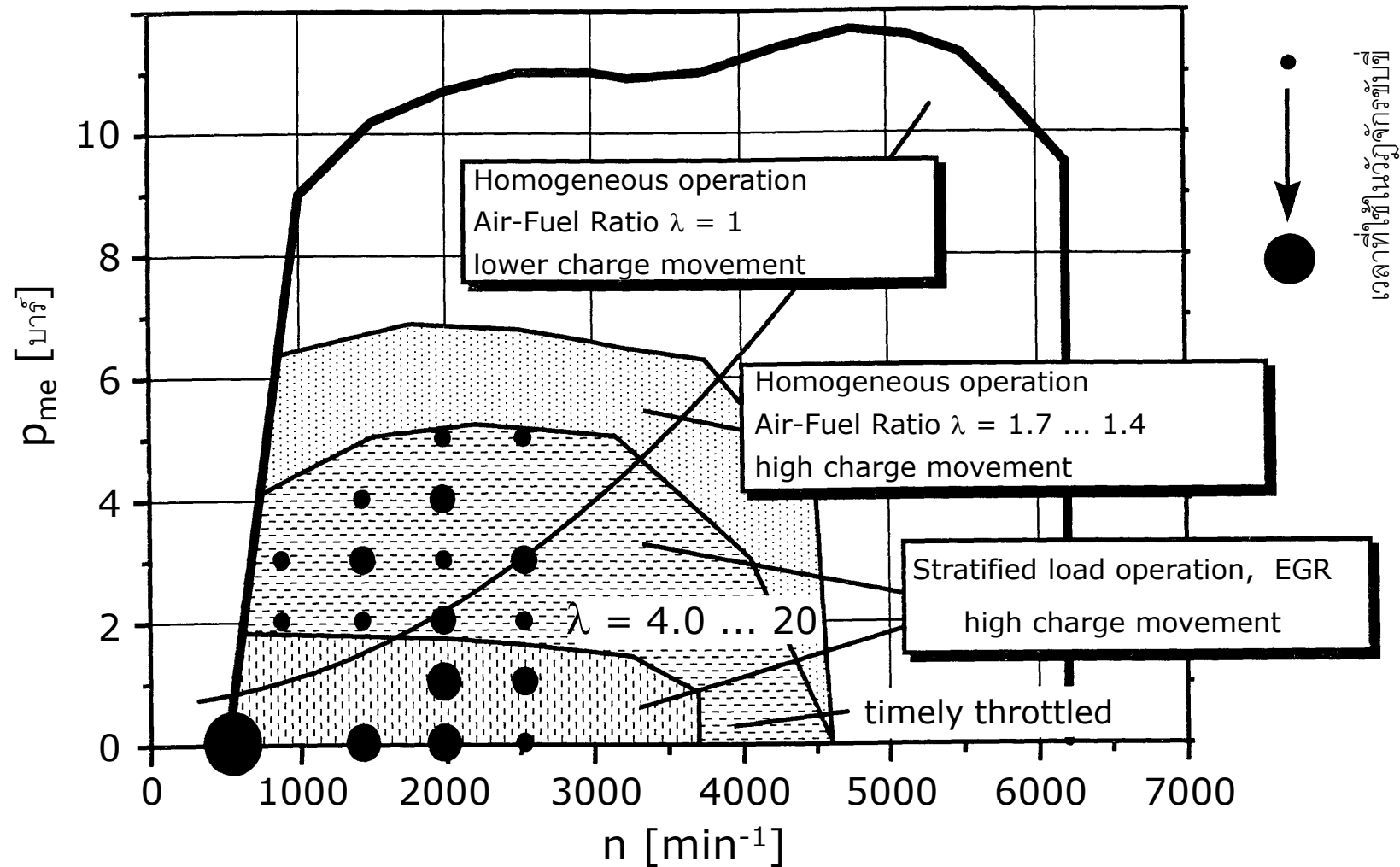


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – กลยุทธ์การทำงานของ GDI

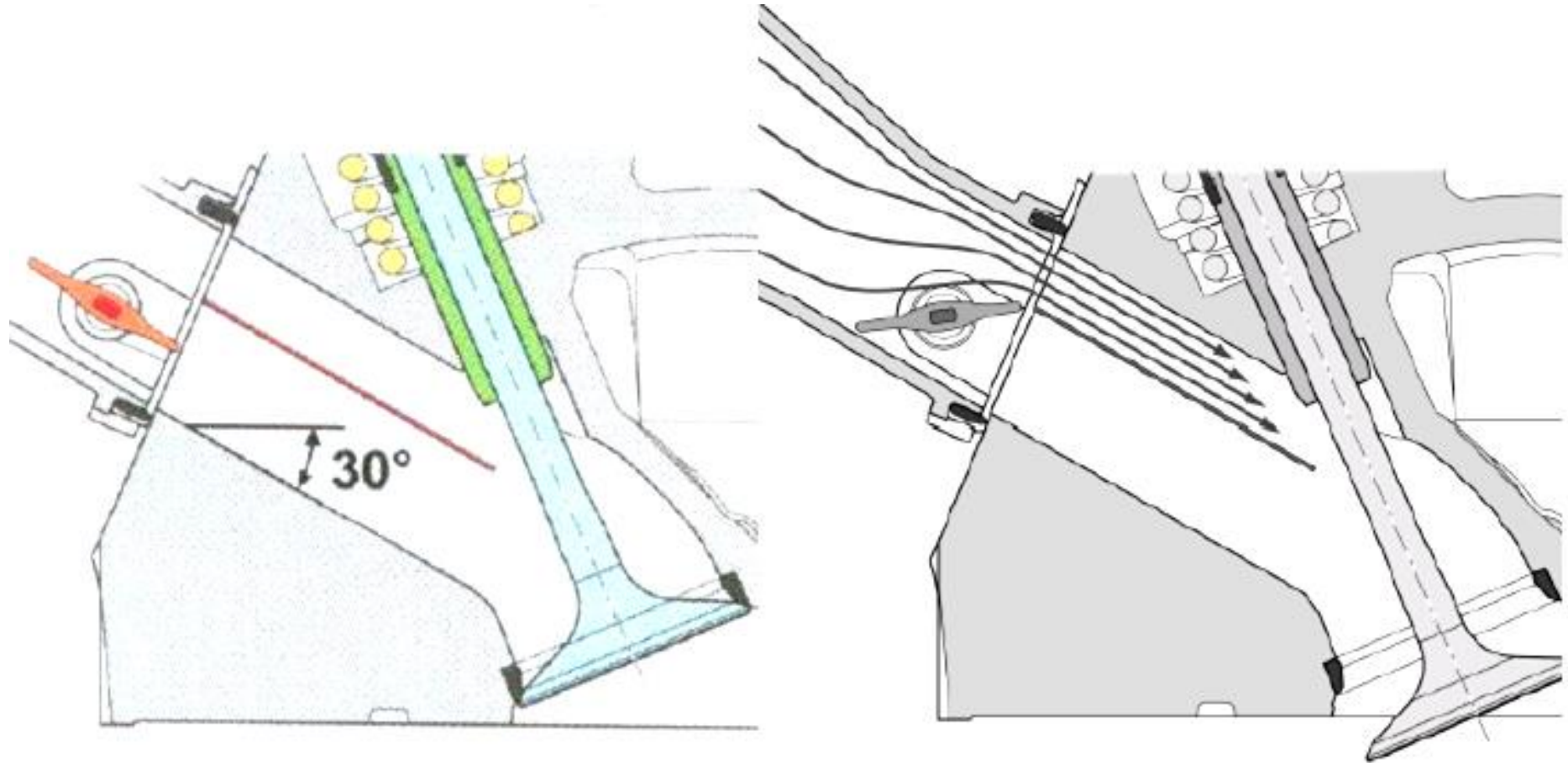


WP 2 – GDI ด้วยการแบ่งชั้นการประจุ

- การขจัดปริมาณการแลกเปลี่ยนก๊าซ
- อัตราส่วนกำลังอัดที่เพิ่มขึ้น (คุณสมบัติป้องกันการกระแทกเทียบเท่า) หรือแรงบิดเต็มพิกัดที่สูงขึ้นเนื่องจากการระบายความร้อนภายใน
- องค์ประกอบของก๊าซที่ดีกว่าทางอุณหพลศาสตร์
- ลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังในการทำงานบางส่วนผ่านการเผาไหม้แบบแบ่งชั้น
- ปรับปรุงการตอบสนองชั่วคราวเนื่องจากขาดปัญหาผนังฟิล์ม
- การควบคุมคุณภาพที่ดีขึ้นของการก่อตัวของประจุจนถึงจุดเริ่มต้นของการเผาไหม้ โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของการเริ่มต้นของการฉีด ปริมาณที่ฉีด และการเริ่มต้นการจุดระเบิด
- สามารถลดความเร็วรอบเดินเบาและอัตรา **EGR** ที่สูงขึ้นได้



WP 2 – การควบคุมการ Tumble



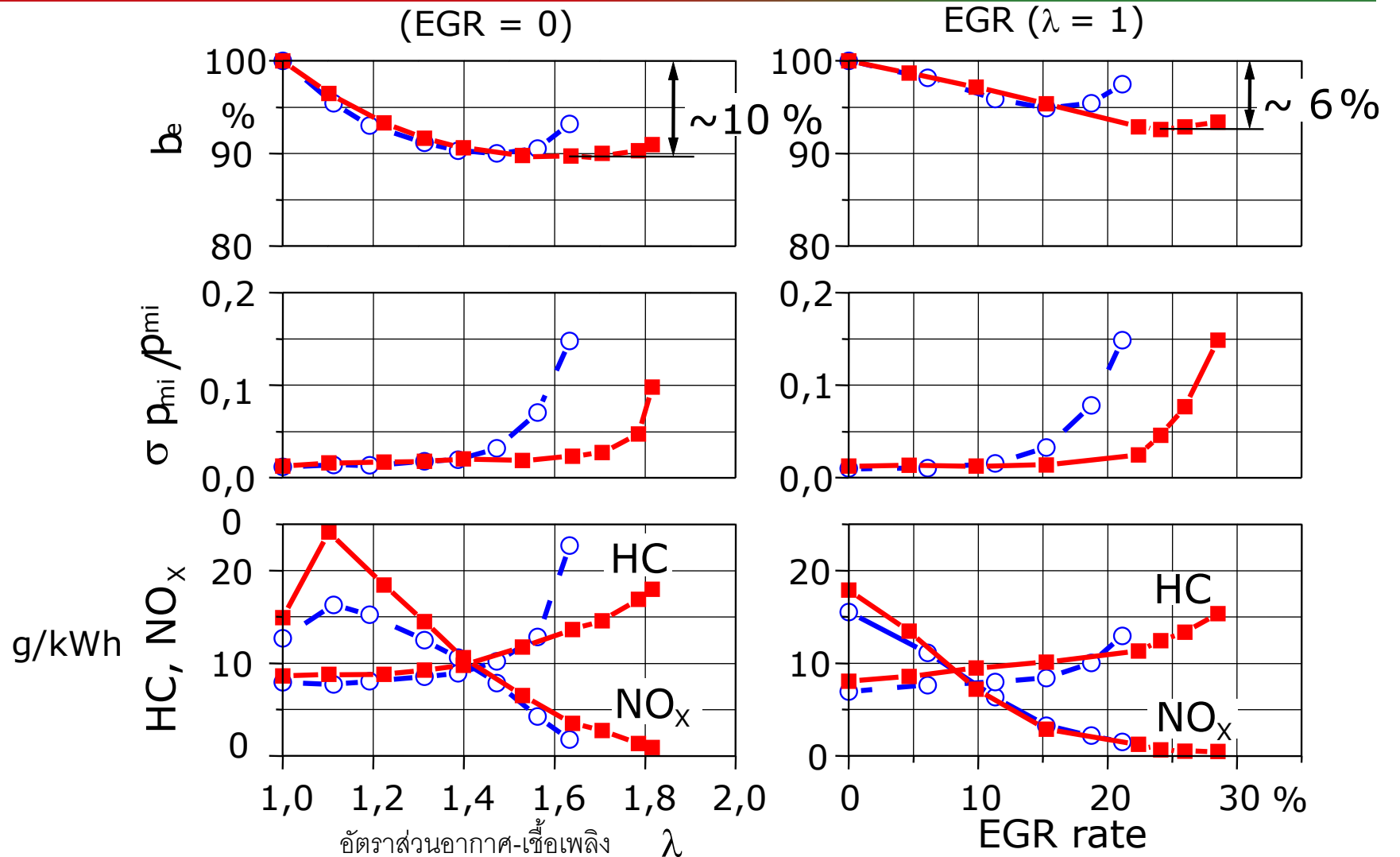
FSI Inlet port

WP 2 – ผลของการเคลื่อนที่ของประจุที่เพิ่มขึ้น (4V, be-opt)



-○- พื้นฐาน
-■- แบบแข็งแรงกว่า

2000 1/min, 2 bar



Own material
 Creative Commons (CC)
 ✓ Content allowed for educational purposes
 License / written approval of the owner



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- ถ้าม-ตอบ, อภิปราชย ชวงที่ 2



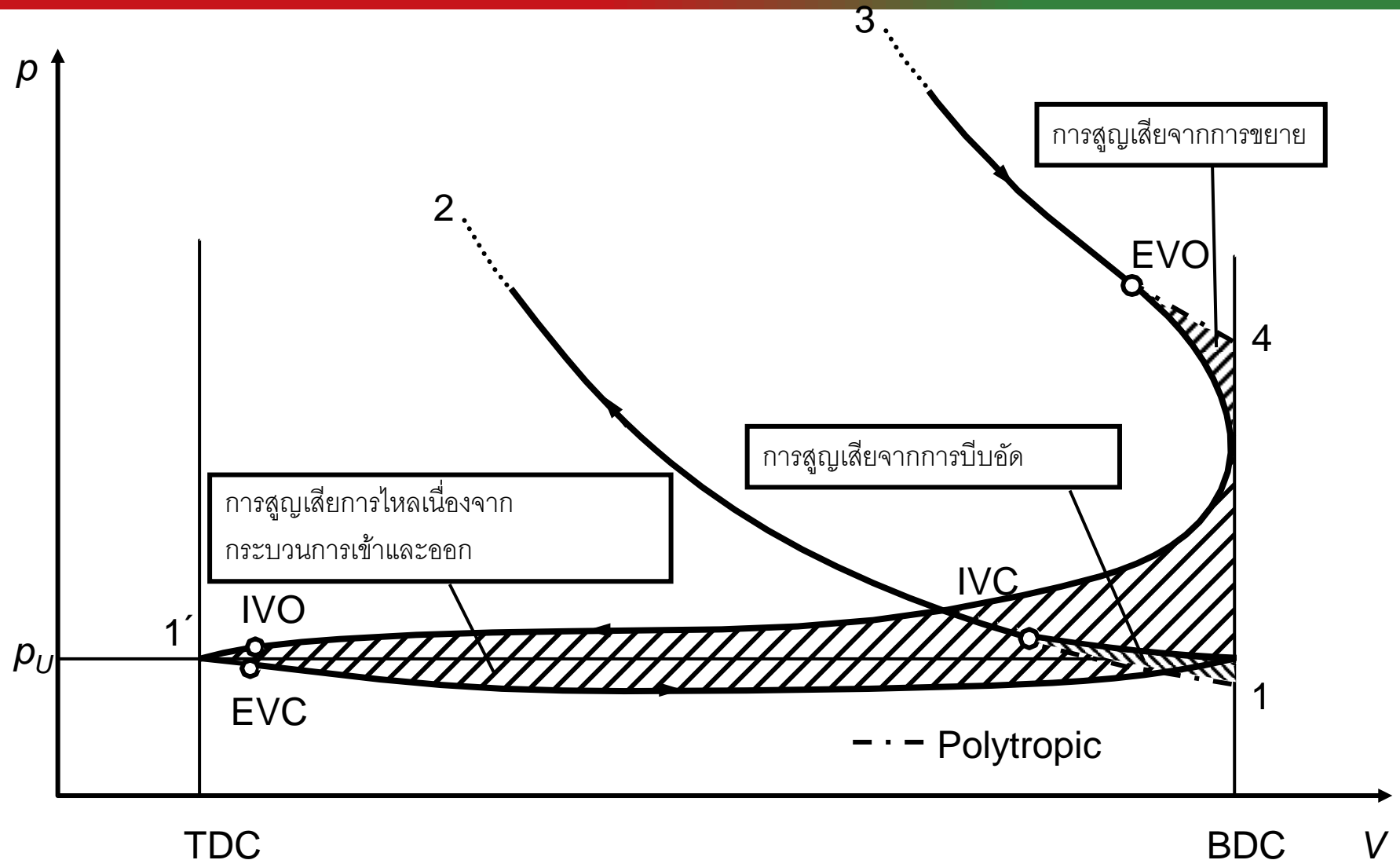
WP 2 – มะละกา ช่วงที่ 2



- การแลกเปลี่ยนแก๊สของ **ICE** และ เทคโนโลยีแห่งอนาคตสำหรับ **ICE (15 นาที)**

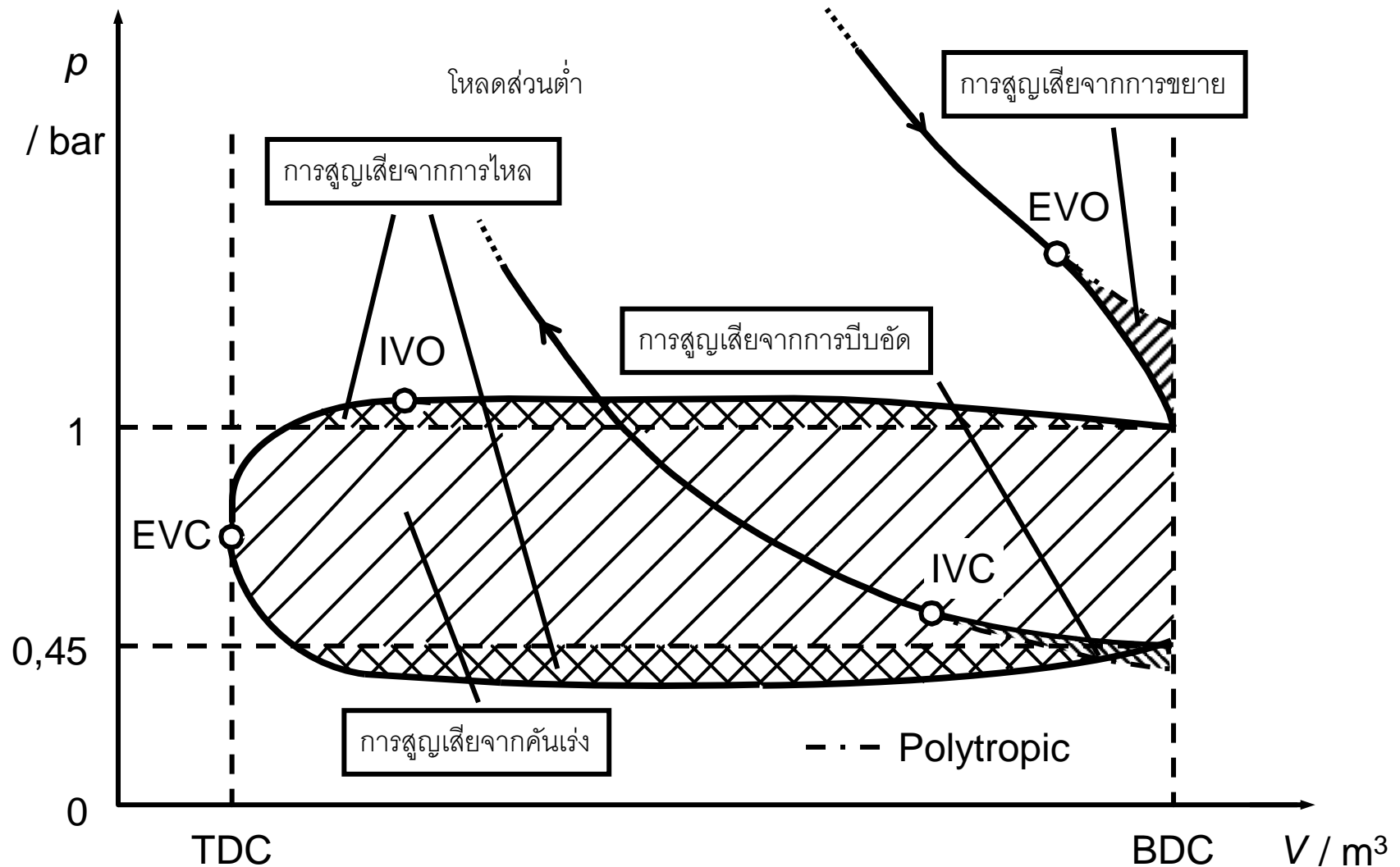


WP 2 – การสูญเสียการแลกเปลี่ยนก๊าซของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ UNITED



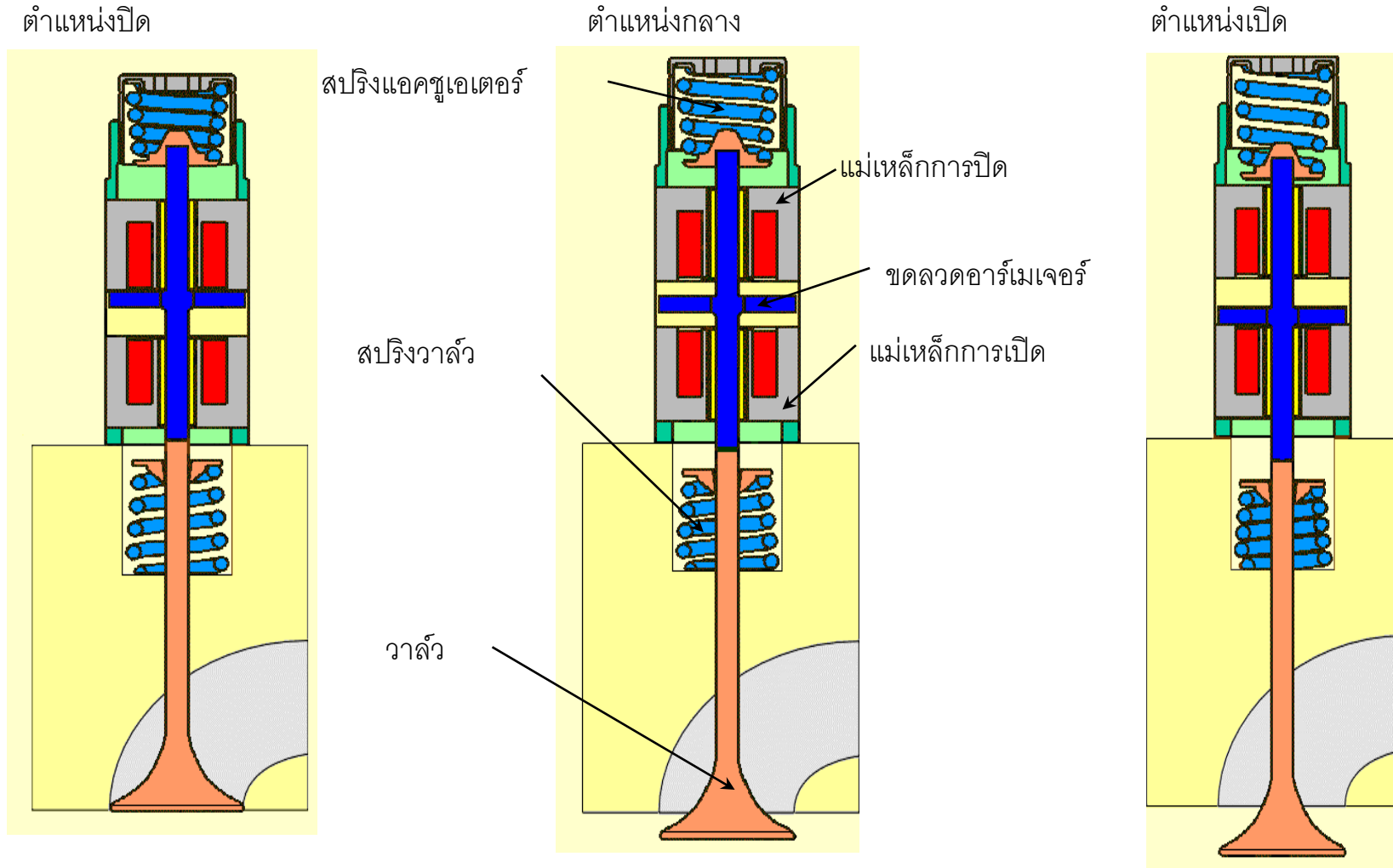
Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – การสูญเสียการแลกเปลี่ยนก๊าซของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ UNITED

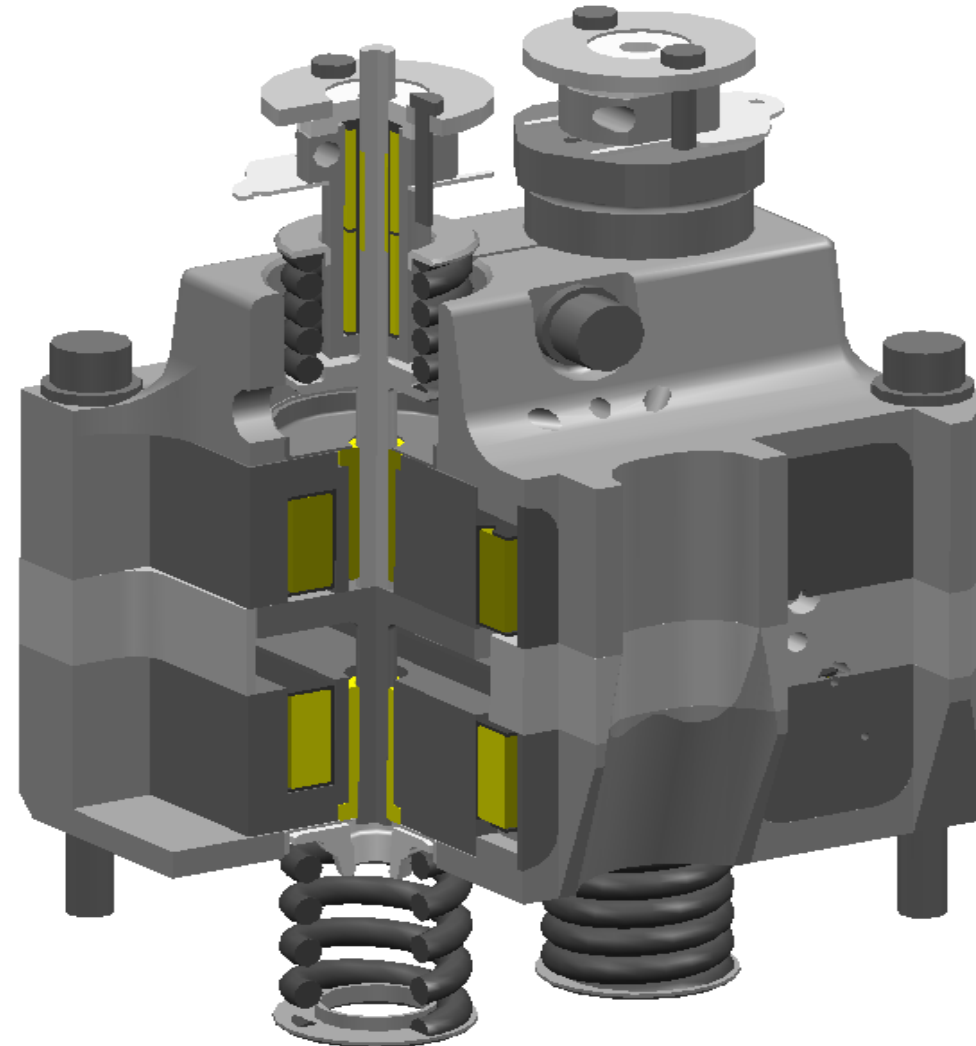


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Working Principle of EMVT



WP 2 – การออกแบบแอกชูเอเตอร์ EMVT

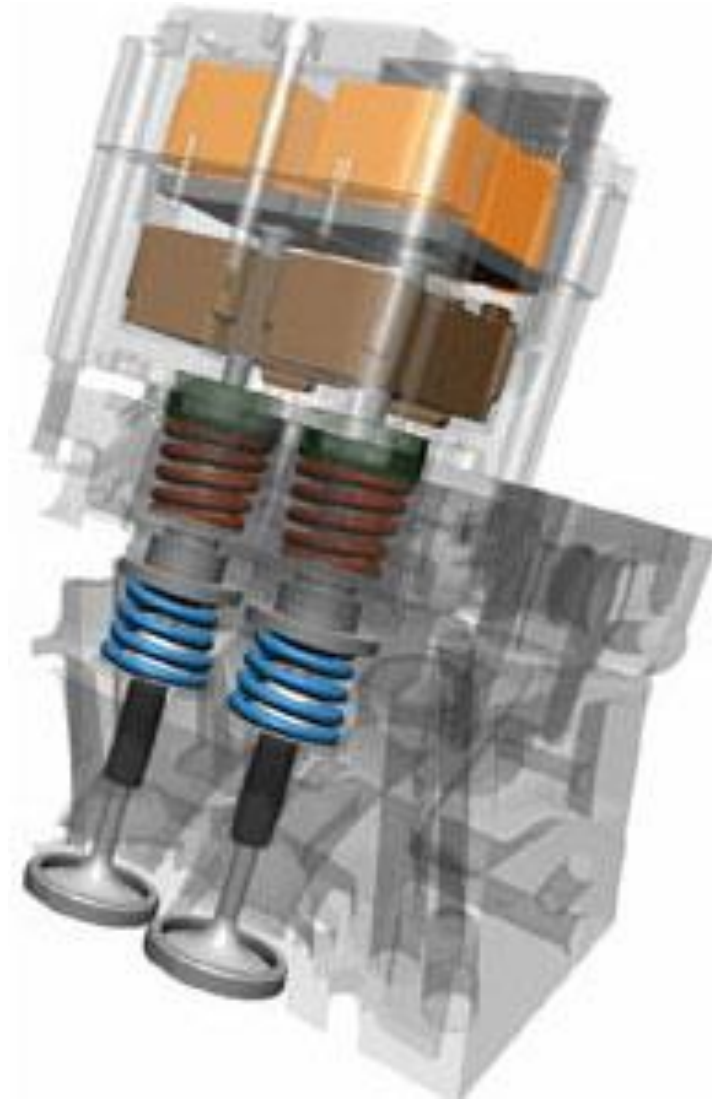


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – การออกแบบแอกชูเอเตอร์ EMVT ด้วยเซ็นเซอร์



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



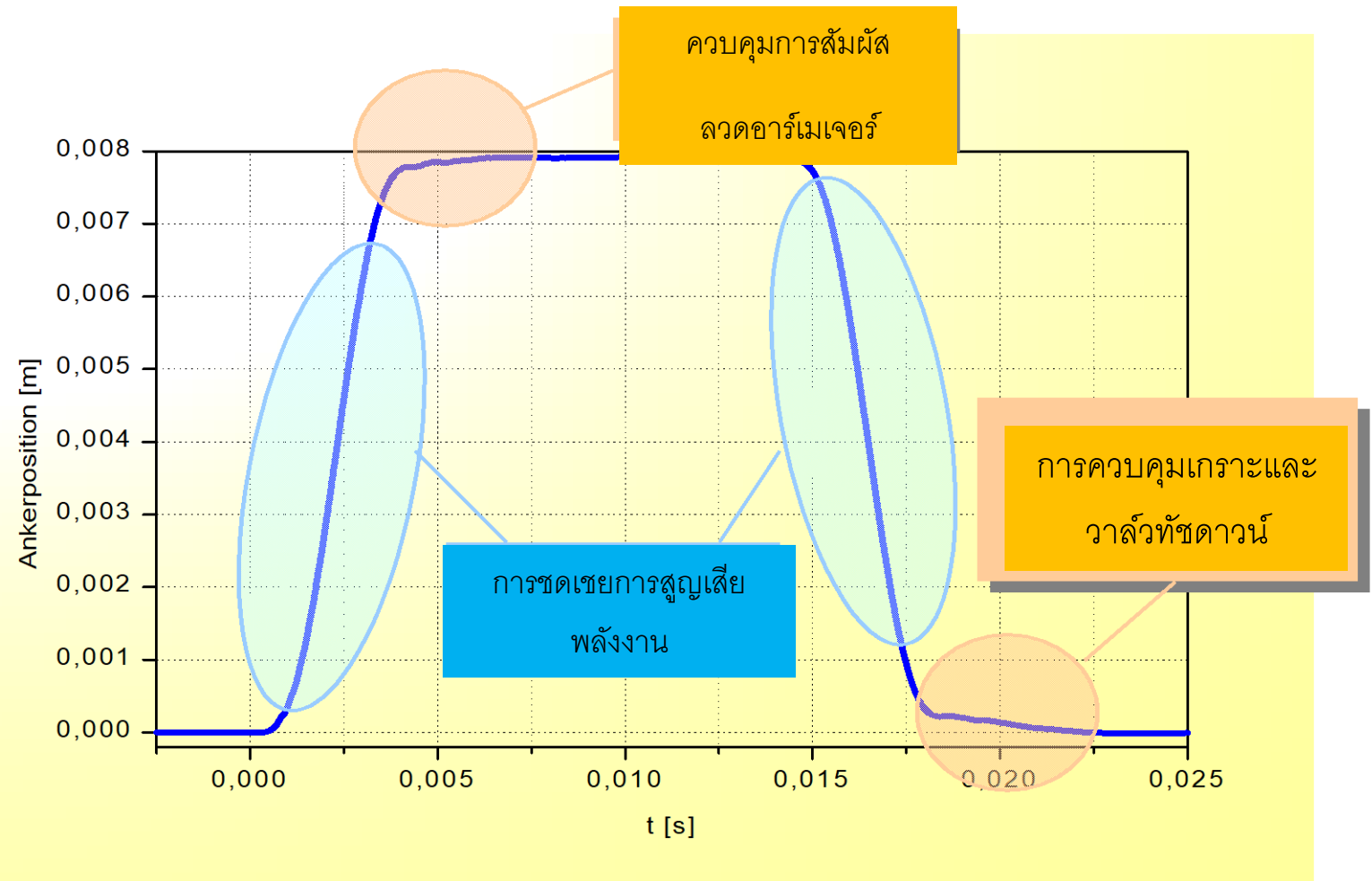
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – เส้นโค้งการยกควาล์วของแอกชูเอเตอร์ EMVT



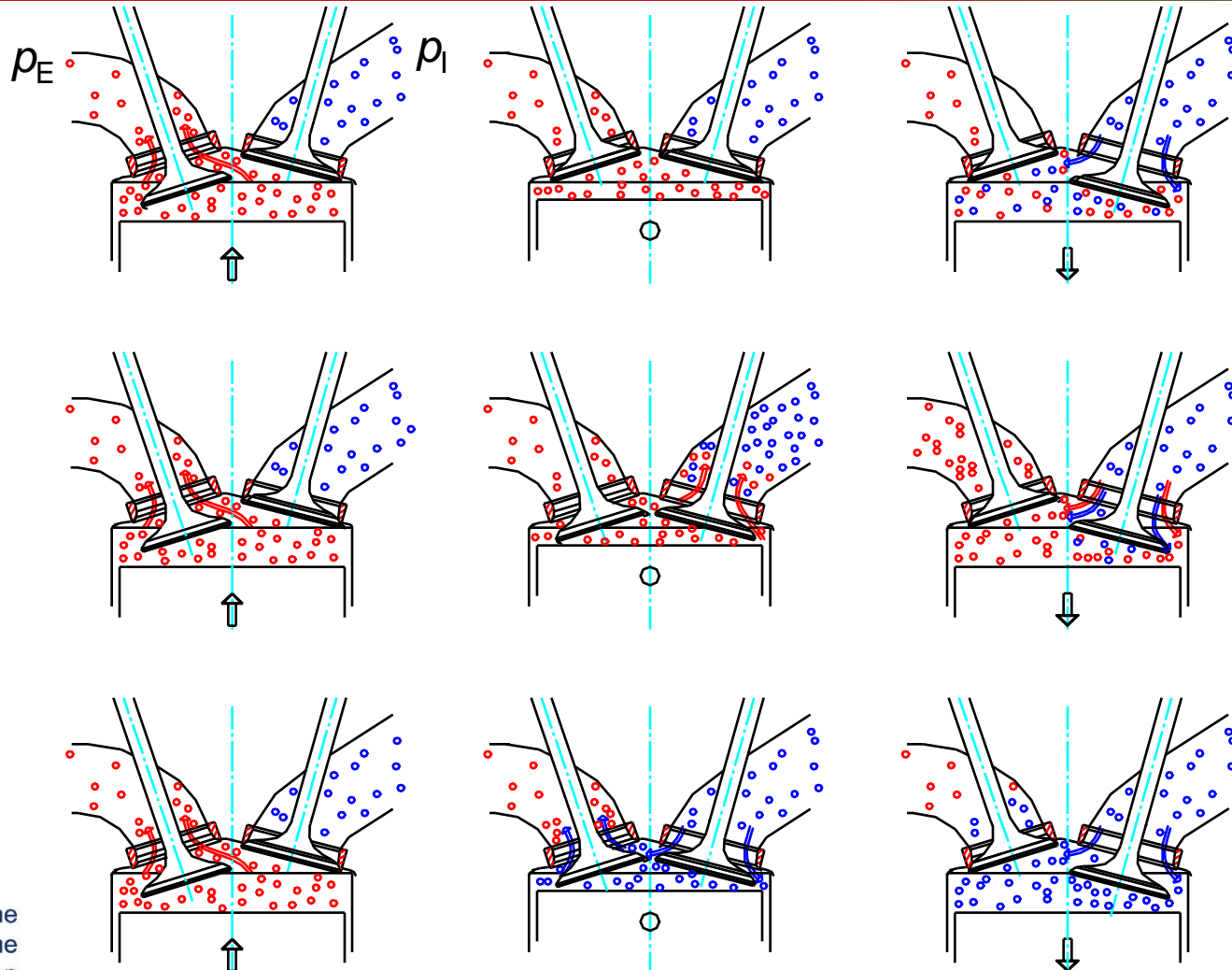
วาล์วเปิด

วาล์วปิด



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – การควบคุมก๊าซตกค้าง (การแลกเปลี่ยนก๊าซของ เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ)



จำกัด:
ไม่มีวาล์ว overlap

ด้วย วาล์ว overlap
 $p_1 < p_E$ (ไหลดบางส่วน)

ด้วย วาล์ว overlap
 $p_1 > p_E$ หรือ ความเร็วสูง
(ไดนามิก)

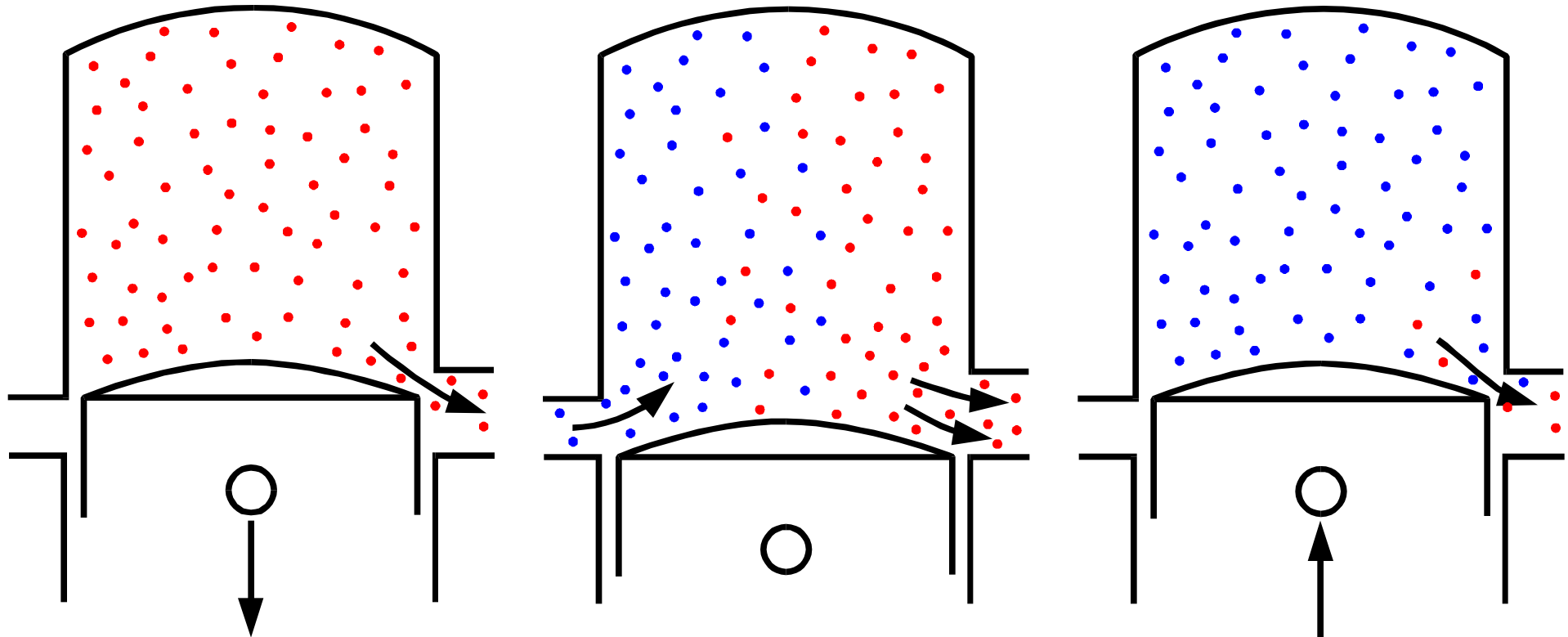
TDC

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – การแลกเปลี่ยนแก๊สสำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ



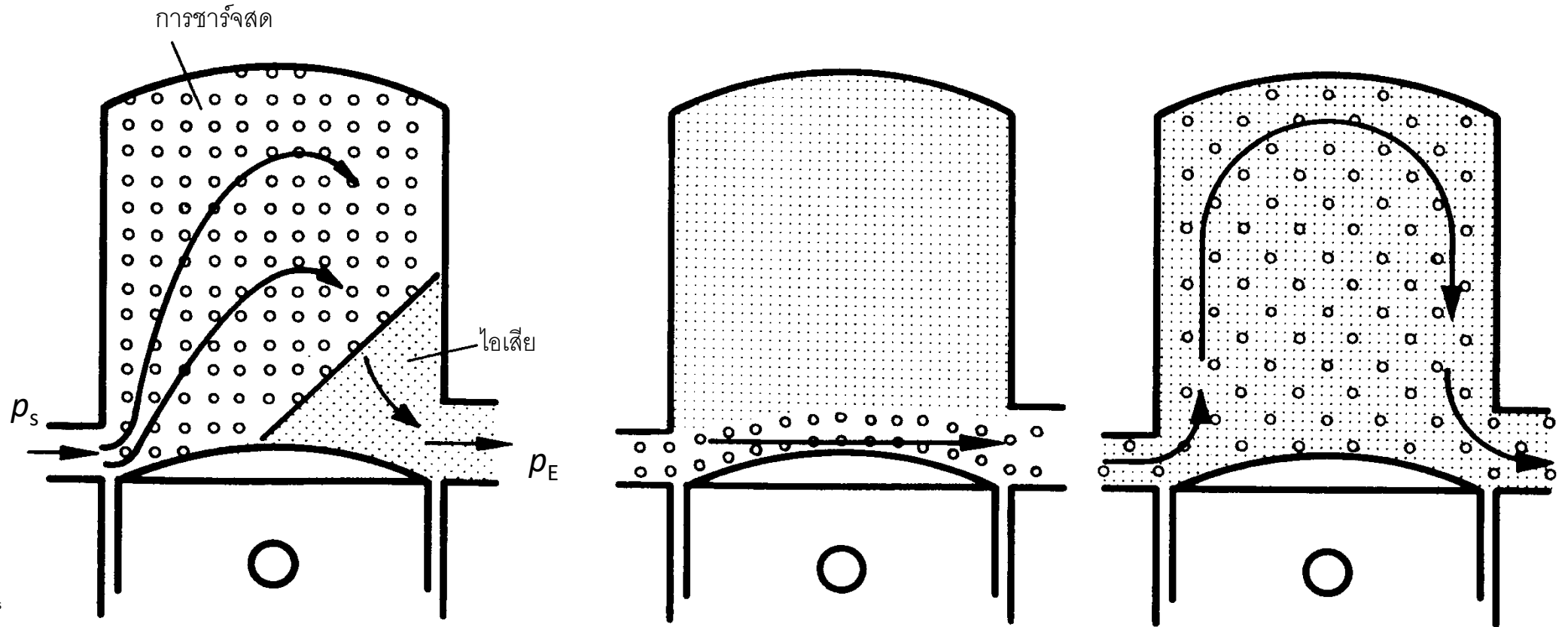
เป่าลง

กวาดล้าง

หลังการกวาดล้างออก

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – การแลกเปลี่ยนแก๊สสำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ



การกระจัดที่สมบูรณ์แบบ
การกวาดล้าง

การไล่ไฟฟาลัดวงจร

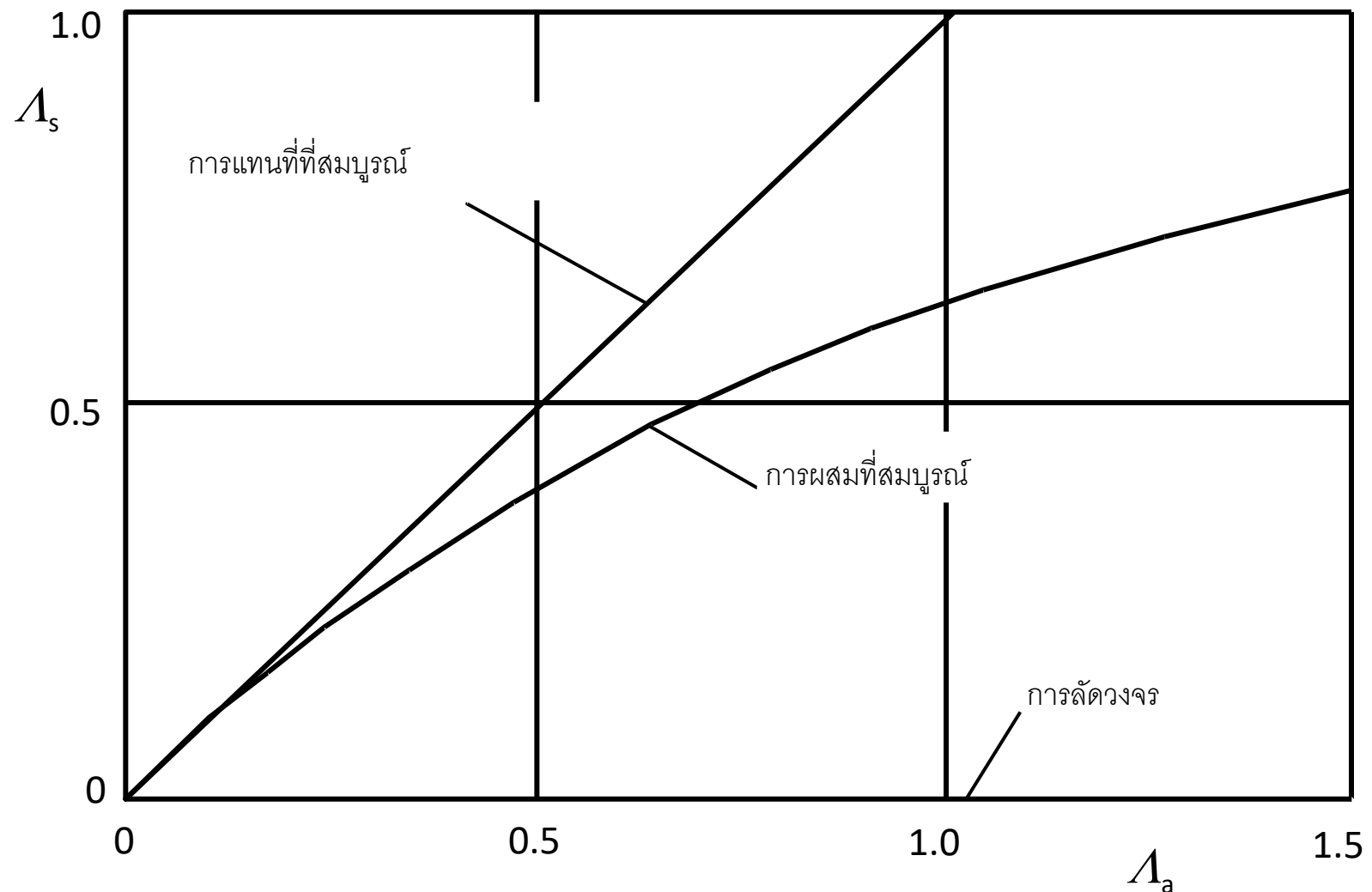
การผสมที่สมบูรณ์แบบ
การกวาดล้าง

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – ประสิทธิภาพการกำจัดกับประสิทธิภาพเชิงปริมาณ (ตามทฤษฎี)



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Training Overview



- ICE Gas Exchange and **Future ICE Technologies for Higher Efficiencies**
(15 minutes)



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน การผสมผสานระหว่างระบบไคเรคอินเจคชั่น การลดขนาด และเทอร์โบชาร์จเจอร์ ได้สร้างตัวเองขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาในฐานะเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้ทั่วโลกเพื่อลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตามที่ต้องการ
- นอกจากมาตรการของเครื่องยนต์เพื่อลดการปล่อย CO₂ แล้ว เชื้อเพลิงได้กลายเป็นจุดสนใจของการพัฒนามากขึ้น เชื้อเพลิงชีวภาพทางเลือก เช่น เอทานอลมีศักยภาพที่สำคัญในการลดก๊าซเรือนกระจกเป็นส่วนประกอบในการผสม หากจัดทำให้โดยกระบวนการผลิตที่นำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ยังมีศักยภาพสูงในวงจรการเผาไหม้เนื่องจากมีความทนทานต่อการน็อคสูง



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เบนซินที่มีปริมาณสัมพันธ์กับปริมาณสารสัมพันธ์ ได้แก่ การหมุนเวียนก๊าซไอเสีย (EGR) ภายนอก การระบายความร้อนด้วยวาล์วแปรผัน และการขยายตัวแบบขยาย
- ในขณะที่ในอดีต มาตรการการบริโภคมุ่งเน้นไปที่ช่วงโหลดต่ำ (การลดการสูญเสียคันเร่ง) มาตรการสำหรับการขยายเพิ่มเติม นั้นมุ่งเป้าไปที่ช่วงโหลดสูงมากขึ้น
- วัฏจักรของมิลเลอร์หรือแอตกินสันซึ่งการบีบอัดเริ่มล่าช้าจากการขยายตัวเนื่องจากการปิดไอดีที่เร็วหรือช้ามากเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการขยายการขยาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับการบีบอัดทางเรขาคณิตที่สูงตามลำดับ ศักยภาพการบริโภคของรอบมิลเลอร์ในช่วงโหลดด้านบนสามารถขยายได้อย่างมีนัยสำคัญด้วย EGR ที่ระบายความร้อนจากภายนอก



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- การนำแนวคิด "Rightsizing" และ "Miller/Atkinson" มาใช้ในซีรีส์แบบก้าวหน้าสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด 40-41% อย่างดีที่สุด จำเป็นต้องมีขั้นตอนการพัฒนาเชิงตรรกะถัดไป
- เป้าหมายการพัฒนาในอนาคตจะมุ่งเน้นไปที่การหลีกเลี่ยงการเผาไหม้ที่เคาะเมื่อเพิ่มการบีบอัด ด้วยแนวคิดการจุดระเบิดใหม่ (ปลั๊กพรีแซมเบอร์) สามารถเร่งการเผาไหม้โดยเฉพาะในทิศทางของพื้นที่วิกฤตการน็อค ซึ่งช่วยปรับปรุงพฤติกรรมการน็อค
- อย่างไรก็ตาม มาตรการที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการหลีกเลี่ยงการจุดไฟล่วงหน้าและการน็อคคือ การแนะนำเชื้อเพลิงเมื่อสิ้นสุดการอัดทันทีก่อนการจุดระเบิดเท่านั้น เวลาที่อยู่อาศัยของเชื้อเพลิงในพื้นที่วิกฤตการน็อคนั้นสั้นเกินไปที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้าหรือการน็อค



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- อย่างไรก็ตาม การฉีดซ้ำมากสำหรับการเตรียมและการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำเป็นนั้นต้องการแรงดันในการฉีดที่สูงมาก ด้วยแรงดันฉีดที่มากกว่า 800 บาร์ (เครื่องยนต์เบนซิน) และการฉีดซ้ำมาก (บางส่วน) (เช่น ใน **OT**) และการออกแบบระบบที่สอดคล้องกัน จะทำให้ได้คุณภาพการบำบัดที่เพียงพอและการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน
- วัฏจักรมิลเลอร์: การปิดวาล์วไอดี (**FES, Miller**) ก่อนเวลาอันควรทำให้สามารถลดอุณหภูมิสูงสุดและลดการควบคุมลงได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ข้อมูลแรงบิดและสมรรถนะสูง เทอร์โบชาร์จเจอร์จึงมีความต้องการที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เทอร์โบชาร์จเจอร์ก๊าซไอเสียที่มีรูปทรงกึ่งหันแปรผันได้ถูกนำมาใช้เมื่อเร็ว ๆ นี้ในการใช้งานรถยนต์นั่งส่วนบุคคลแบบอนุกรม



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- แนวคิดซูเปอร์ชาร์จเจอร์ (ATL แบบสองขั้นตอน, VTG-ATL): การบีบอัดแบบสองขั้นตอนพร้อมอินเตอร์คูลิ่งมีข้อได้เปรียบจากอุณหภูมิการบีบอัดขั้นสุดท้ายที่ต่ำกว่า ซึ่งหมายความว่าสามารถบรรลุแรงดันเฉลี่ยที่สูงขึ้นด้วยเวลาควบคุมเดียวกันหรือการออกแบบมิลเลอร์ที่แข็งแกร่งกว่า ใช้แรงดันเฉลี่ยเท่ากัน เทอร์โบชาร์จเจอร์ก๊าซไอเสียที่มีรูปทรงกึ่งหันแปรผัน (VTG-ATL) เป็นวิธีที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถขยายช่วงกำลังของเครื่องยนต์เบนซินด้วยวงจร Miller ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- การเพิ่มอัตราส่วนการอัดทางเรขาคณิต (ϵ): โดยการเพิ่มอัตราส่วนการอัดทางเรขาคณิต ประสิทธิภาพเชิงความร้อน η_{th} จะเพิ่มขึ้น แต่สิ่งนี้จะเพิ่มแนวโน้มการน็อคและการเกิดเปลวไฟล่องหน้า รวมถึงภาวะความร้อนของเครื่อง ปัญหานี้สามารถบรรเทาได้ด้วยการใช้อัตราส่วนการอัดแบบแปรผัน ตัวอย่างเช่น ระบบ **Multi-Link** ช่วยให้ $\epsilon=14$ สูงในช่วงโหลดที่ต่ำกว่า และ $\epsilon=8$ ต่ำในช่วงโหลดสูง
- การเพิ่มอัตราส่วนการอัดทางเรขาคณิต (ϵ): โดยการเพิ่มอัตราส่วนการอัดทางเรขาคณิต ประสิทธิภาพเชิงความร้อน η_{th} จะเพิ่มขึ้น แต่สิ่งนี้จะเพิ่มแนวโน้มการน็อคและการเกิดเปลวไฟล่องหน้า รวมถึงภาวะความร้อนของเครื่อง ปัญหานี้สามารถบรรเทาได้ด้วยการใช้อัตราส่วนการอัดแบบแปรผัน ตัวอย่างเช่น ระบบ **Multi-Link** ช่วยให้ $\epsilon=14$ สูงในช่วงโหลดที่ต่ำกว่า และ $\epsilon=8$ ต่ำในช่วงโหลดสูง

WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- การฉีดน้ำ: การฉีดน้ำสามารถลดความเครียดจากความร้อนได้ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงแนวโน้มการน็อค หรือช่วงการทำงาน ปริมาณสัมพัทธ์สามารถขยายได้อีก นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มอัตราส่วนการบีบอัดทางเรขาคณิตได้อีกด้วย สิ่งนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความร้อนระเหยที่แฝงอยู่ในน้ำสูง ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิในห้องเผาไหม้
- การเจือจางประจุ (การหมุนเวียนก๊าซไอเสีย): ข้อดีของการหมุนเวียนก๊าซไอเสียที่ระบายความร้อนด้วยความเย็นสามารถคาดหวังได้ในแง่ของประสิทธิภาพ การลดการสูญเสียปีกผีเสื้อ การเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ และการลดแนวโน้มที่จะน็อค ดังนั้นสูงสุดประมาณ ประสิทธิภาพที่มีประสิทธิภาพ 42-43% ทำได้ที่จุดที่ดีที่สุด



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- ด้วยการผสมผสานกระบวนการเผาไหม้ของ **Miller** กับการหมุนเวียนก๊าซไอเสียที่ระบายความร้อนด้วยความเย็น ทำให้สามารถใช้เชื้อเพลิงเฉพาะที่ 200 ก./กิโลวัตต์-ชั่วโมงสำหรับเครื่องยนต์เบนซินแบบฉีดตรงแบบเทอร์โบชาร์จ ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพที่มีประสิทธิภาพ 42.3% (สมมติฐาน: ค่าความร้อนต่ำ **Hu 42.5 MJ/กก.**)
- กระบวนการเผาไหม้ ลดเวลาการเผาไหม้: การบริโภคที่ลดลงอีกสามารถทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของการเคลื่อนที่ของประจุภายในเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์เบนซิน ทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือกกลิ้ง ซึ่งช่วยลดเวลาการเผาไหม้และทำให้กระบวนการเผาไหม้ใกล้เคียงกับกระบวนการในอุดมคติมากขึ้น



WP 2 – เทคโนโลยีอนาคตของ ICE



- การนำความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่ (การปฏิรูป): การนำความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เบนซินได้อีก การรวมตัวปฏิรูปเข้ากับส่วนหมุนเวียนก๊าซไอเสียและโดยกระบวนการควบคุมด้วยความร้อน เชื้อเพลิงจะถูกแยกออกและค่าความร้อนของก๊าซสังเคราะห์ที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- ถ้าม-ตอบ, อภิปราชช่วงที่ 2



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- วิศวกรรมการโยกย้าย 2030 (วิชาการ)(20 นาที)



WP 2 – วิศวกรรมการโยกย้าย 2030



- ยานยนต์กำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร?
- 4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขับเคลื่อนในอุตสาหกรรมยานยนต์!
- นิยามใหม่ของรถยนต์
- คุณลักษณะของอุปกรณ์เคลื่อนที่ในยานยนต์ที่ทันสมัย
- คำถามพื้นฐานจากอุตสาหกรรมยานยนต์!
- ความต้องการสามประการจากอุตสาหกรรมยานยนต์!



WP 2 – แผลงการณ้



ค้วย

การเชื่อมต้อได้, ไร้คนขับ, แรงขับเคลื่อน, ความปลอดภัย และ การป้องกันภัย

ตอนนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมในระยะต่อไป เช่นเดียวกับสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและไฟฟ้าแบบเดิมที่มีมาจนถึงรุ่นก่อนๆ,

จะเห็นได้ชัดว่า

วิธีการที่อุตสาหกรรมและภาคการศึกษามีส่วนร่วมมีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างและคงไว้ซึ่งวิศวกรที่มีความสามารถเพียงพอและ "พร้อมสำหรับการทำงาน"



WP 2 – ยานยนต์กำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร?



- การพัฒนาในปัจจุบันในด้านวิศวกรรมการเคลื่อนย้ายมีความผันผวนมากขึ้นเรื่อยๆ
- หลายๆ อย่างเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน และการรักษาภาพรวมเป็นสิ่งสำคัญ
- ในส่วนนี้ ข้าพเจ้าขอเสนอข้อมูลอิสระสามประการที่อาจให้ข้อมูลเชิงลึกได้บ้าง
 - ✓ 4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออย่างฉับพลัน
 - ✓ นิยามใหม่สำหรับยานยนต์
 - ✓ คุณลักษณะของอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ทันสมัย
- ไม่มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ภาพรวมที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การอภิปรายเกี่ยวกับการศึกษาในอนาคตของวิศวกรนั้นจำเป็นต้องมีวิสัยทัศน์เกี่ยวกับความต้องการเทคโนโลยีในอนาคต.



WP 2 – 4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออย่างฉับพลัน



4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออย่างฉับพลัน ได้แก่:

1. การแปลงให้เป็นไฟฟ้า: ระบบนิเวศรวมทั้งโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่ใช่ยานยนต์ ซึ่งรวมถึงพลังงานหมุนเวียนและสมาร์ตกริด
2. การขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ: หุ่นยนต์ที่มีระดับความปลอดภัย/การรักษาความปลอดภัยในระดับสูง ซึ่งรวมถึงปัญญาประดิษฐ์ แมชชีนเลิร์นนิ่ง และวิธีการที่เป็นทางการเพื่อให้ระดับความปลอดภัยที่ต้องการ
3. การเชื่อมต่อกับรถยนต์: ระบบนิเวศด้วยเทคโนโลยีโทรคมนาคมและรูปแบบธุรกิจ ซึ่งรวมถึงการกำหนดมาตรฐานของโปรโตคอล แบนด์วิดท์ ความปลอดภัยทางไซเบอร์ ฯลฯ
4. การขนส่งเฉพาะเมื่อต้องการ: บริการใหม่ร่วมกับหน่วยงานภาครัฐ (เมือง ฯลฯ...) การเข้าถึงกับการเป็นเจ้าของโมเดลธุรกิจใหม่ พันธมิตรที่หลากหลาย



WP 2 – นิยามใหม่ของยานยนต์



รูปแบบอุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคต:

- การมีส่วนร่วมแบบหลายฝ่ายและการแข่งขันแบบร่วมมือ
- ในกรณีของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อุตสาหกรรมยานยนต์ได้เปลี่ยนจากห่วงโซ่อุตสาหกรรมแนวตั้งดั้งเดิมที่ประกอบด้วย OEM ซัพพลายเออร์ และตัวแทนจำหน่าย ไปสู่ระบบนิเวศที่ไร้พรมแดนด้วยการมีส่วนร่วมจากหลายฝ่ายนำมาซึ่งโอกาสมหาศาล.



WP 2 – คุณลักษณะของอุปกรณ์เคลื่อนที่สมัยใหม่



- เมคาทรอนิกส์: โครงสร้างที่ปรับให้เหมาะสมที่สุด น้ำหนัก และค้ำค่า การจัดการความซับซ้อนให้ครอบคลุมความต้องการต่างๆ เช่น ระบบส่งกำลัง ลักษณะตัวถัง หรือระดับอุปกรณ์ การผสมผสานเทคนิคการผลิตที่มีปริมาณสูงและต่ำ รวมทั้งการปรับเปลี่ยนในแบบของคุณ (Industry 4.0).
- ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (รวมถึงการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ): สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นในห่วงโซ่คุณค่า วัฏจักรการพัฒนาสั้นและนวัตกรรมอุตสาหกรรม x เพิ่มจำนวนอินเทอร์เน็ตเฟสและมาตรฐานอุตสาหกรรม ผู้เล่นใหม่เข้าสู่โดเมนยานยนต์
- ซอฟต์แวร์ (รวมถึง V2X และการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ): สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นในห่วงโซ่คุณค่า อินเทอร์เน็ตเฟสและพันธมิตรเชิงกลยุทธ์มากมาย อัลกอริทึมที่ซับซ้อน เช่น AI, แมชชีนเลิร์นนิง, การรวมเซ็นเซอร์, การควบคุมตามแบบจำลอง ความพยายามอย่างมากในด้านวิศวกรรมคุณภาพ.
- อุปกรณ์และสิ่งแวคล้อม (รวมถึงโมเดลธุรกิจ): การขนส่งแบบผสม การเข้าถึงกับการเป็นเจ้าของ ประสบการณ์ของลูกค้าทั้งหมดเทียบกับประสิทธิภาพของรถ รถยนต์อัจฉริยะเพื่อโลกอัจฉริยะ



WP 2 – คำถามพื้นฐานจากภาคอุตสาหกรรม



2 คำถามพื้นฐานจากอุตสาหกรรม:

1. องค์กรต่างๆ ต้องการวิศวกรประเภทใดในอนาคต?
2. อะไรคือข้อกำหนดของอุตสาหกรรมในอนาคตในแง่ของความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ทักษะและความสามารถ?



WP 2 – คำถามพื้นฐานจากภาคอุตสาหกรรม



คำตอบที่รวบรวมได้อาจสามารถสรุปได้ดังนี้:

1. ภูมิทัศน์ทางวิศวกรรมในอุตสาหกรรมยานยนต์จะขยายขอบเขตออกไป นอกเหนือจากวิศวกรเครื่องกลแล้ว บริษัทต่างๆ จะต้องการวิศวกรจากไอทีและสาขา 'เทคโนโลยีใหม่' ที่เกี่ยวข้องมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
2. นอกจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว อุตสาหกรรมยังต้องการผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถในสาขาวิศวกรรมต่างๆ ที่เชื่อมโยงสาขาวิศวกรรมต่างๆ และการทำงานร่วมกันด้านวิศวกรรมในหลายสาขาวิชาจะกลายเป็นปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญสำหรับวิศวกรรมในอนาคต
3. ควบคู่กันไป ชุดทักษะของวิศวกรจะขยายจากข้อกำหนดทางเทคนิคส่วนใหญ่ไปสู่ทักษะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการมากขึ้น เช่น การจัดการ โครงการที่คล่องตัว ทักษะการสื่อสาร การทำงานในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และองค์กรที่ยืดหยุ่น จะกลายเป็นความสามารถที่สำคัญในโปรแกรมไฟฟ้าสหวิทยาทางวิศวกรรม



WP 2 – ความต้องการจากอุตสาหกรรม



ความต้องการจากอุตสาหกรรม:

- ข้อกำหนดทักษะด้านเทคนิคและสหวิทยาการ
- ข้อกำหนดโครงการ การจัดการกระบวนการ และทักษะอ่อนนุ่ม
- กระบวนทัศน์ใหม่



WP 2 – ข้อกำหนดทักษะทางเทคนิคและสหวิทยาการ (1)



- ผลตอบรับจากภาคอุตสาหกรรมแสดงให้เห็นว่าทักษะดั้งเดิมของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) จะยังคงเป็นส่วนสำคัญของการผสมผสานทักษะ
- ผู้ตอบแบบเป็นเอกฉันท์ยืนยันอย่างเป็นเอกฉันท์ว่า วิศวกรยานยนต์ 'คลาสสิก' ที่มีความรู้ลึกซึ้งในด้านวิศวกรรมเครื่องกล เมคาทรอนิกส์ และวัสดุยังคงมีความจำเป็น
- อย่างไรก็ตาม ในบริบทของการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า เชื่อมต่อ เป็นอิสระ และใช้ร่วมกัน โพรไฟล์คุณสมบัติของวิศวกร 'สากล' ที่มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับสาขาวิชาวิศวกรรมอื่น ๆ จะได้รับความสำคัญมากขึ้น



WP 2 – ข้อกำหนดทักษะทางเทคนิคและสหวิทยาการ (2)



- ผู้ตอบแบบสอบถามหลายคนให้ความสำคัญกับวิศวกรรมระบบและความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของยานพาหนะว่า มีความสำคัญในด้านวินัยทางวิศวกรรม และกลายเป็นส่วนที่สำคัญไปแล้ว
- ผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมมองว่า การจำลอง การทดสอบเสมือนจริง การสร้างต้นแบบเสมือนจริง และความเป็นจริงเสมือนเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการก่อกวนในกระบวนการวิศวกรรมยานยนต์
- การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของการพัฒนาตามแบบจำลอง ควบคู่ไปกับความสามารถในการถ่ายโอนผลการจำลองไปสู่ความเป็นจริง ถูกมองว่าจำเป็นต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นสูงอย่างรวดเร็ว



WP 2 – ข้อกำหนดทักษะทางเทคนิคและสหวิทยาการ (3)



- วัฒนาการของ Industry 4.0 (ระบบอัตโนมัติและการแลกเปลี่ยนข้อมูลในเทคโนโลยีการผลิต) และความพร้อมใช้งานที่เพิ่มขึ้นของข้อมูลขนาดใหญ่ ทำให้สามารถพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์ได้ กำลังท้าทายชุมชนวิศวกรรมยานยนต์ในการสร้างความสามารถในการรวบรวม วิเคราะห์ และทำงานกับข้อมูลปริมาณมาก ถูกสร้างโดยเครื่องจักรและกระบวนการ
- วิศวกรที่เข้าใจและคิดในแง่ของกระบวนการ มากกว่าผู้เชี่ยวชาญไซโล จะต้องพบกับความท้าทายนี้
- ดังนั้นจึงแนะนำว่า 'นักวิทยาศาสตร์ข้อมูล' สายพันธุ์ใหม่ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน จะร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญด้านกระบวนการเพื่อคาดการณ์ได้อย่างรวดเร็ว



WP 2 – ข้อกำหนดทักษะทางเทคนิคและสหวิทยาการ (4)

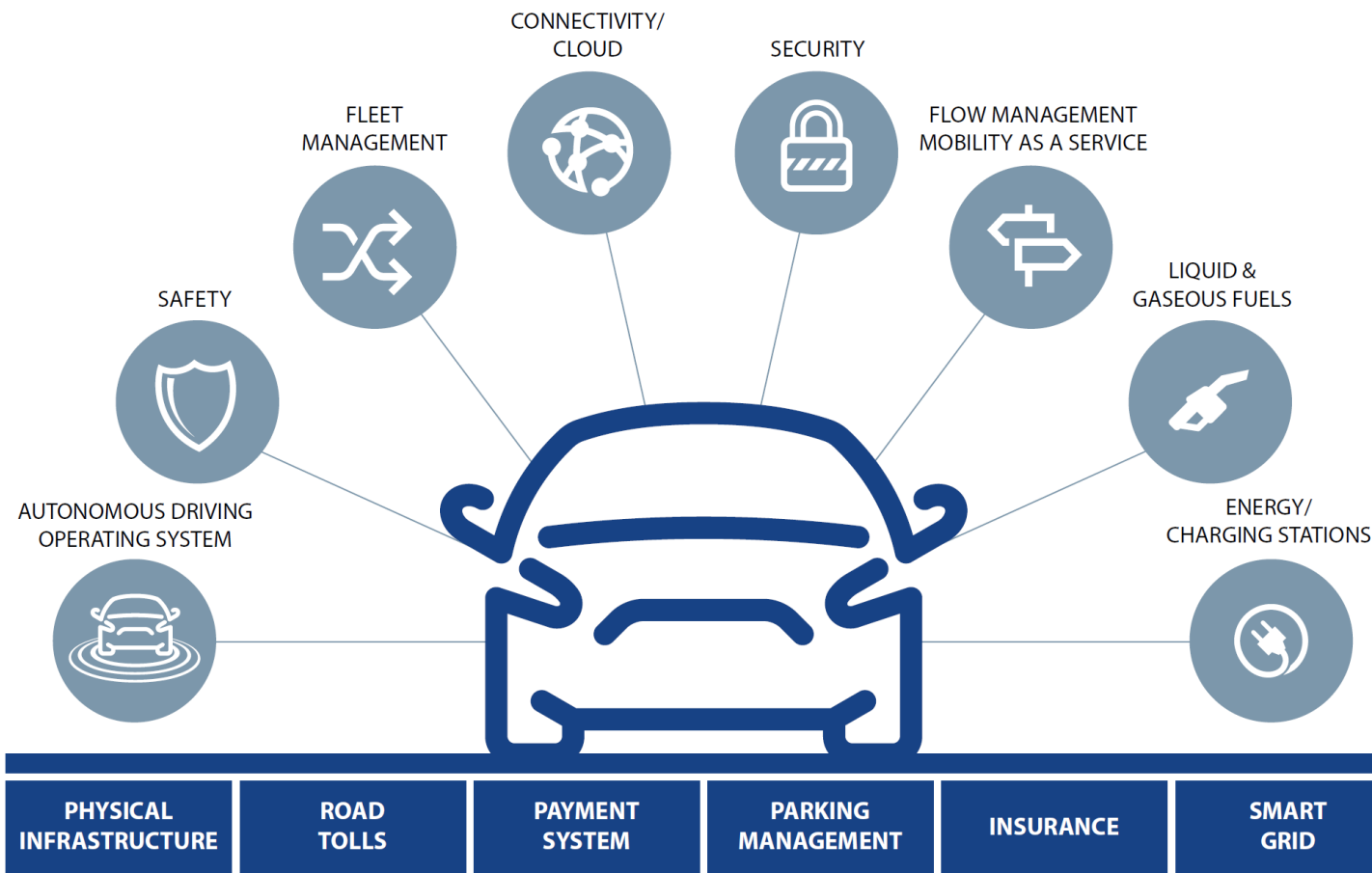


- ในมุมมองของบทบาทที่เพิ่มขึ้นของการจำลองและแนวโน้มต่อวิศวกรรมระยะไกล ผู้ร่วมให้ข้อมูลในอุตสาหกรรมยังเน้นถึงความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับความเชี่ยวชาญใน 'ความสามารถในการผลิต'
- ความสามารถในการรับรู้ถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการออกแบบและจะยังคงเป็นสินทรัพย์ที่สำคัญสำหรับวิศวกร เนื่องจากรอบการพัฒนาสั้นลงและผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
- ในบริบทนี้ ความรู้โดยละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการผลิต เทคนิคและเครื่องมือที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ



WP 2 – ข้อกำหนดทักษะทางเทคนิคและสหวิทยาการ (5)

สภาพแวดล้อมโดยรอบของอุตสาหกรรมยานยนต์/ยานยนต์ในอนาคต



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – ข้อกำหนดโครงการ การจัดการกระบวนการ และ Soft Skill (1)



- ในขณะที่รถยนต์มีวิวัฒนาการและรวมเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภคเข้าไว้ด้วยกัน โดยเน้นการพัฒนาประสบการณ์ในรถยนต์ วิศวกรแบบเดิมจะต้องส่งมอบความสามารถ "ที่ไม่ใช่ด้านวิศวกรรม" ด้วยเช่นกัน เช่น ความรู้ในตลาดและแนวโน้มของสังคม ประสบการณ์ผู้ใช้และปัจจัยมนุษย์
- ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาเร็วขึ้นและเร็วขึ้น บริษัทต่างๆ ได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการคิดแบบมีวิสัยทัศน์และทัศนคติที่พร้อมใช้งานทันทีเพื่อค้นหาโซลูชันที่เป็นนวัตกรรมและสร้างสรรค์ได้อย่างรวดเร็ว
- ในสภาพแวดล้อมทั่วโลกที่เชื่อมต่อกันมากขึ้นเรื่อยๆ จำเป็นต้องมีการแบ่งปันงานภายในเครือข่าย R&D ทั่วโลก โดยบริษัทต่างๆ คาดหวังว่าวิศวกรจะมีทักษะการจัดการ โครงการที่แข็งแกร่งและมีความยืดหยุ่นในการทำงานในสถานที่ต่างๆ ในโครงการต่างๆ



WP 2 – ข้อกำหนดโครงการ การจัดการกระบวนการ และ Soft Skill (2)



- ในบริบทนี้ ทักษะการสื่อสารถือเป็นข้อกำหนดที่สำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ
- ตัวอย่างเช่น วิศวกรต้องการทักษะการนำเสนอในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสำหรับการทำงานร่วมกันเป็นทีม การทบทวนโครงการ การรายงาน และกิจกรรมเสมือนจริงและแบบทีมอื่นๆ
- วิศวกรยังต้องการความสามารถในการออกแบบร่วมในสภาพแวดล้อมของทีมเสมือนที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ทำงานร่วมกับเพื่อนร่วมงานในพื้นที่ห่างไกล
- ทักษะที่อ่อนนุ่ม เช่น ความสามารถทางสังคม/วัฒนธรรม การชื่นชมความหลากหลาย และทักษะทางภาษา ล้วนสนับสนุนวิศวกรที่ประสบความสำเร็จในอนาคต



WP 2 – ข้อกำหนดโครงการ การจัดการกระบวนการ และ Soft Skill (3)



- ในอนาคต วิศวกรจะทำงานในสภาพแวดล้อมที่คล่องตัวและข้ามสายงานมากกว่าในปัจจุบัน ซึ่งหมายความว่าบริษัทต่างๆ จะให้ความสำคัญกับการเปิดกว้างและความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้นสำหรับวิธีใหม่ในการทำงานร่วมกันในโครงสร้างองค์กรใหม่และรูปแบบการทำงานเป็นทีมแบบใหม่
- การทำงานในที่เรียกกันว่า 'swarm Organisation' น่าจะเป็นส่วนหนึ่งของกิจวัตรประจำวัน วินัยในการทำงานรูปแบบใหม่ ซึ่งถือเป็นทักษะการจัดการที่สำคัญและก้าวหน้า



WP 2 – ข้อกำหนดโครงการ การจัดการกระบวนการ และ Soft Skill (4)



- ความรู้และความยืดหยุ่นแบบสหวิทยาการที่กว้างขึ้นถูกมองว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญของชุดทักษะของวิศวกรในอนาคต
- วิศวกรที่ 'เหมาะ' จะสามารถนำความรู้ใหม่และเข้าใจเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้อย่างรวดเร็วและสามารถพัฒนาโซลูชันที่ไม่ได้มาตรฐานได้
- ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี ข้อกำหนดทางกฎหมายและข้อบังคับ กฎหมายการปล่อยมลพิษ ลูกค้าและความต้องการที่แตกต่างกัน ร่วมกับแนวโน้มและความซับซ้อนของสังคมระหว่างประเทศ วิศวกรจำเป็นต้องสามารถทำงานร่วมกับเพื่อนร่วมงานหลายกลุ่มที่มีสาขาวิชาวิศวกรรมต่างกัน และทำงาน ทีมข้ามสายงานในขณะที่ใช้เครื่องมือเสมือนในสถานที่ทำงานต่างๆ



WP 2 – กระบวนทัศน์ใหม่



- วิศวกรรมเครื่องกลที่มากกว่าอาชีพอื่น ๆ มากมาย อยู่ในสถานะของการเปลี่ยนแปลงระหว่างรูปแบบวิศวกรรมดั้งเดิมและที่เข้าใจ กับรูปแบบที่ยังไม่ได้รับการจัดตั้งขึ้นอย่างสมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง
- ผู้เชี่ยวชาญกับผู้ชำนาญทั่วไป, กลศาสตร์กับอิเล็กทรอนิกส์, ฮาร์ดแวร์กับซอฟต์แวร์, การหยุดชะงักกับการปรับแต่ง, ความซับซ้อนกับความเรียบง่าย, ความพิเศษเฉพาะตัวกับการผลิตจำนวนมาก, แบบแมนนวลกับแบบอัตโนมัติ, เพื่ออ้างอิงเพียงไม่กี่ปัจจัย
- เป็นผลให้นักศึกษาที่มีศักยภาพสามารถสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนและท้าทาย
- นี่เป็นสิ่งที่เข้าใจได้และดังนั้นจึงมีความชัดเจนในระยะสั้นและหลักสูตรที่ทำได้และน่าสนใจเป็นสิ่งสำคัญ อย่างไรก็ตามชุมชนวิชาการควรพิจารณาการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ 2 แบบเพื่อเตรียมนักศึกษาให้พร้อมสำหรับการประกอบอาชีพด้านวิศวกรรมเครื่องกลที่:



WP 2 – กระบวนทัศน์ 1



กระบวนทัศน์ 1:

กลายเป็นข้อสงสัยว่าจะพยายามสอนวิชาที่สำคัญที่สุดที่เกี่ยวข้องกับ 'ความคล่องตัว' ในหลักสูตรเดียวได้หรือไม่

แม้ว่าอาจมีโอกาสนำความรู้แก่ผู้รู้ทั่วไปที่มีความรู้พื้นฐานๆ ในด้านที่เกี่ยวข้อง แต่การเข้าถึงระดับความรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน R&D ที่แข่งขันได้ในด้านวิศวกรรมเครื่องกล ไฟฟ้า และซอฟต์แวร์ในการศึกษาครั้งเดียวคงเป็นเรื่องยาก เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญจะต้อง ปฏิบัติงานด้วยมาตรฐานความสามารถระดับสูงในสาขาวิชาต่างๆ



WP 2 – กระบวนทัศน์ 2



กระบวนทัศน์ 2:

แนวคิดของการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยในการเตรียมวิศวกรให้ประสบความสำเร็จในอาชีพการงานหลายปีกำลังถูกท้าทาย วิศวกรที่ได้รับการศึกษาในช่วงทศวรรษ 1980 และ 1990 จะไม่มีฐานความรู้ที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านวิศวกรรมที่เคลื่อนย้ายในอนาคต หากไม่มีรูปแบบการพัฒนาส่วนบุคคลเพิ่มเติม ดังนั้น วิศวกรในปัจจุบันก็จะเป็นเช่นนั้นในปี 2030 และปีต่อไป

ไม่มีเหตุผลใดที่จะเชื่อได้ว่าการศึกษาใดๆ ก็ตามสามารถอยู่ได้นานพอที่จะนำพาใครบางคนไปตลอดชีวิตการทำงานของพวกเขา การพัฒนาทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่องคือกุญแจสู่ความเกี่ยวข้องทางเทคนิคที่ต่อเนื่องของวิศวกรที่มีมายาวนานในอาชีพการงาน การลงทุนใน 'การเรียนรู้อาชีพ' จะเป็นแนวทางเชิงบวกสำหรับพื้นฐานทางวิศวกรรมทั้งหมดที่จำเป็นต้องวางไว้ในมหาวิทยาลัย



WP 2 – แนวทางอัมสเตอร์ดัม



ชุมชนอัมสเตอร์ดัมได้วางแผนปฏิบัติการเพื่ออากาศสะอาดซึ่งนำเสนอในเดือนพฤษภาคม 2019 อย่างชัดเจน โดยมีเป้าหมายคือภายในปี 2030 จะไม่มีการขนส่งใดๆ ในเขตเมืองที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอีกต่อไป

ระเบียบข้อบังคับสำหรับเขตเมือง:

2020 ห้ามขับรถยนต์ทุกคันที่ต่ำกว่า Euro 4

2022 รถโดยสารท้องถิ่นและรถโดยสารประจำทางต้องมีระบบขับเคลื่อนที่ปลอดมลพิษ

2022 ห้ามขับรถสำหรับยานพาหนะที่ใช้งานหนักทั้งหมดต่ำกว่า Euro 6

2025 ห้ามขับรถสำหรับการจราจรเชิงพาณิชย์ (ภาษี, การขนส่ง, ช่างฝีมือ, การขนส่งสินค้า) กับผู้ให้บริการพลังงานฟอสซิล 2025 ห้ามขับจี้รถสองล้อเครื่องยนต์สันดาป

2025 เรือข้ามฟากในเมืองต้องปลอดมลภาวะ

2025 การห้ามเรือไป-กลับและเรือพักผ่อนที่มีแหล่งพลังงานฟอสซิล

2030 ข้อห้ามรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้แหล่งพลังงานฟอสซิล



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- ถ้าม-ตอบ, อภิปราช ช่วงที่ 2



WP 2 - การเผาไหม้ยังคงเป็นส่วนสำคัญของความคล่องตัว



- เครื่องยนต์สันดาปจะยังคงใช้ต่อไปในอนาคต ยังคงมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพสูงมากเช่น VCR, CAI, VVT, HPI
- ขอบเขตที่เชื้อเพลิงสังเคราะห์และเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์สามารถนำไปสู่การขับเคลื่อนที่ปราศจากมลพิษจะกล่าวถึงในการฝึกอบรม
- แม้ว่าจะมีการพัฒนาขนานกัน ฉันก็ไม่เห็นเชื้อเพลิงสังเคราะห์ในตลาดอีกห้าปีข้างหน้า
- เมื่อเทียบกับรถยนต์ที่ใช้แบตเตอรี่บริสุทธิ์ เชื้อเพลิงสังเคราะห์เหล่านี้เสียเปรียบอย่างเห็นได้ชัดในแง่ของประสิทธิภาพและต้นทุน
- ไม่มีทางเลือกอื่นนอกจากเครื่องยนต์สันดาปภายในในยานพาหนะเชิงพาณิชย์ การขนส่ง หรือภาคเครื่องบิน เป็นต้น การเคลื่อนที่ในอนาคตที่ยั่งยืนต้องอาศัยการวิเคราะห์วงจรชีวิตเพื่อการแก้ปัญหาร่วมกันแบบบูรณาการ



WP 2 - การเผาไหม้ยังคงเป็นส่วนสำคัญของการเคลื่อนย้าย



- จุดมุ่งหมายหลักคือการนำเสนอการคำนวณต้นทุนและผลประโยชน์สำหรับโดรฟ์ประเภทต่างๆ ในโลกของพลังงานที่ใช้ไฟฟ้าในปี 2050 บนพื้นฐานของสถานการณ์ต่างๆ
- เมื่อเทียบกับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่มีเครื่องยนต์สันดาป **BEV** มีประสิทธิภาพมาก
- อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสียอยู่ด้วย: ในด้านหนึ่ง โครงสร้างพื้นฐานที่มีราคาแพงมากซึ่งจำเป็นต่อการรับฟเฟอร์พลังงาน (ไฮโดรเจน) และในทางกลับกัน ค่าใช้จ่ายของยานพาหนะที่สูงมาก (แบตเตอรี่)
- "ความเสี่ยงด้านต้นทุนสำหรับ **BEV** และ **Fuel Cell** นั้นสูงมาก"
- การยึดติดกับรถยนต์ไฟฟ้าจึงไม่ใช่ยาครอบจักรวาล
- “การเผาไหม้ยังคงเป็นส่วนสำคัญของความคล่องตัว”



WP 2 – ภาพรวมการอบรม



- เอเชียตะวันออกเฉียงใต้กับการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (20 นาที)



WP 2 – เอเชียตะวันออกเฉียงใต้กับการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า



- ปัจจุบันการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ายังเป็นปัญหาในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (อาเซียน).
- ในขณะที่ความสนใจในอดีตมุ่งเน้นไปที่ประเทศจีนเป็นหลักในด้านของ e-mobility แต่ประเทศในอาเซียนที่กำลังเติบโตกำลังเคลื่อนเข้าสู่จุดสนใจของอุตสาหกรรมยานยนต์ของเยอรมันมากขึ้น.

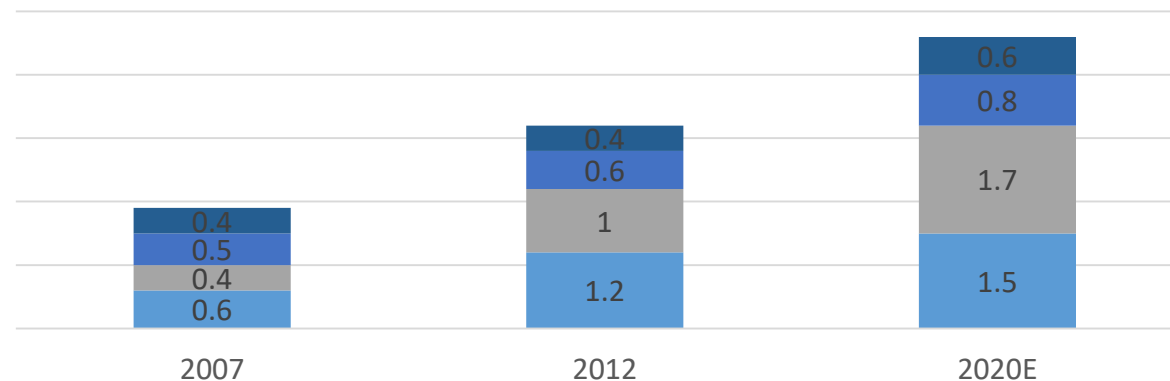


WP 2 – เอเชียตะวันออกเฉียงใต้กับการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า



ตลาดยานยนต์ทั่วโลกกำลังเติบโตและจะเปลี่ยนจากประเทศในกลุ่ม BRICS (บราซิล รัสเซีย อินเดีย จีน และแอฟริกาใต้) สหรัฐอเมริกา และยุโรป ไปสู่กลุ่มประเทศที่เรียกว่า "Beyond BRICS" ซึ่งรวมถึงกลุ่มประเทศอาเซียน (ไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย เป็นต้น).

ยอดขายรถใหม่- ล้านคัน



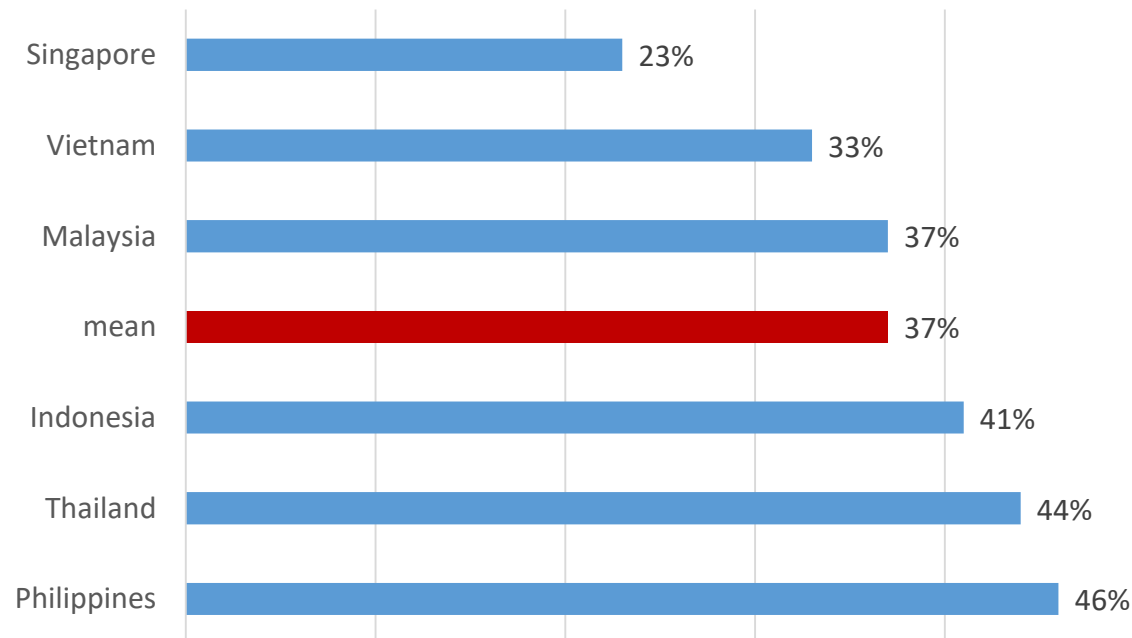
- Tier 2: Brunei, Kambodscha, Laos, Myanmar, Philippinen, Singapur, Vietnam
- malaysia
- Indonesia
- Thailand

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – เอเชียตะวันออกเฉียงใต้กับการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า



ประชากรมากกว่าหนึ่งในสามในภูมิภาคอาเซียนยินดีที่จะซื้อรถยนต์ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ตามกราฟจากรายงานที่รัฐในอาเซียนกล้าที่จะใช้การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ผู้ตอบแบบสอบถามในฟิลิปปินส์ ไทย และอินโดนีเซียให้ความสนใจมากที่สุด

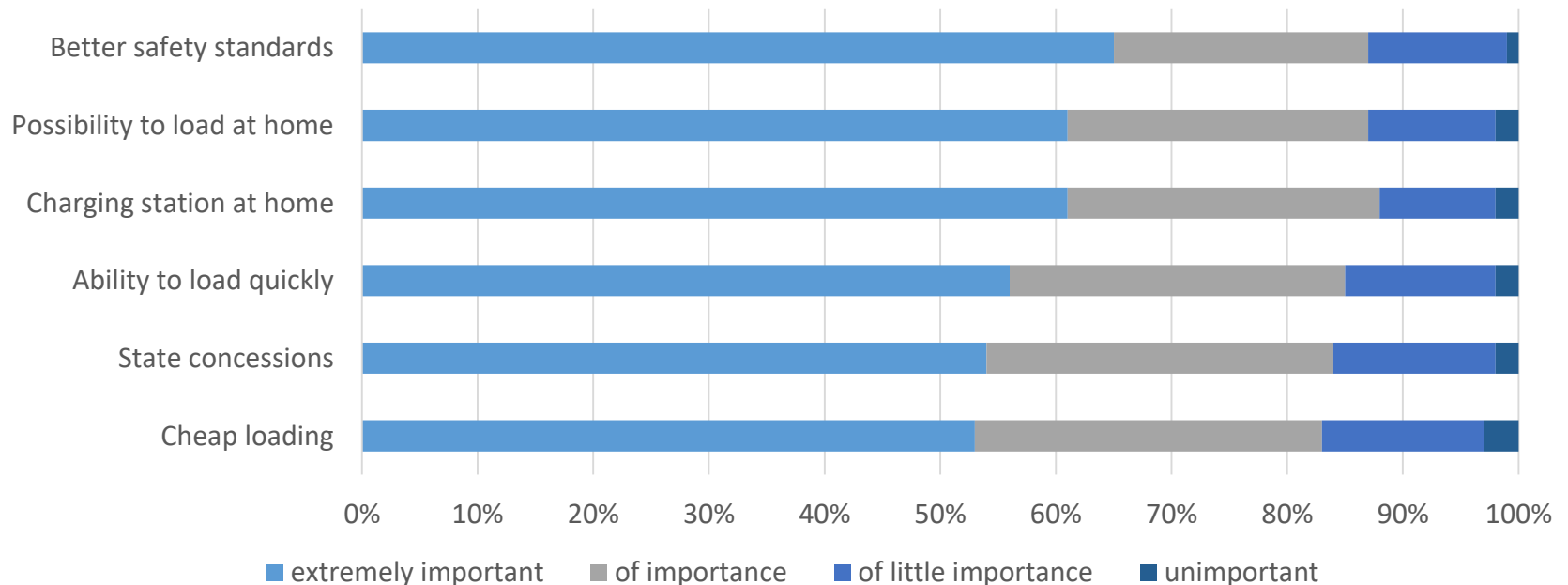


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 - เอเชียตะวันออกเฉียงใต้กับการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า



ตรงกันข้ามกับความเชื่อที่นิยมว่าการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่มีราคาสูงเป็นอุปสรรค แผนภูมิแสดงให้เห็นว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและการชาร์จไฟเป็นอย่างมาก อันที่จริง ลูกค้าในอาเซียนยินดีจ่ายมากกว่า 50% สำหรับรถยนต์ไฟฟ้ามากกว่ารถยนต์ทั่วไปถึง 50%



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

เอกสารอ้างอิง (1)



1. FEV Study, 2018, Electrification and its Impact on the Machinery Industry and Component Suppliers, <http://magazine.fev.com/en/fev-study/>
2. WKM, 2017, Die Zukunft des Verbrennungsmotors / Bewertung der dieselmotorischen Situation, <https://www.wkm-ev.de/de/aktuelles/21-statement-die-zukunft-des-verbrennungsmotors-bewertung-der-dieselmotorischen-situation.html>
3. Wikipedia, 2019, Phase-out of fossil fuel vehicles, https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out_of_fossil_fuel_vehicles
4. Statistisches Bundesamt, 2019, Beschäftigte in der deutschen Automobilindustrie in den Jahren 2005 bis 2018, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/30703/umfrage/beschaeftigtanzahl-in-der-automobilindustrie/>



เอกสารอ้างอิง (2)



5. S. Pischinger, Internal Combustion Engines, RWTH Aachen University, lecture book, 2018
6. J. Heywood, Internal Combustion Engines Fundamentals, McGrawHill, 1988
7. Mobility Engineer 2030 FISITA White Paper, 2018
8. ASEAN/BCG 2019: Beyond BRIC - Winning the Rising Auto Markets, https://www.springerprofessional.de/elektromobilitaet/unternehmen---institutionen/suedostasien-entdeckt-die-elektromobilitaet/16404848?wt_eCircle_oad=56142&wt_eCircle_nwsl=17755&wt_eCircle_u=19185929982&wt_mc=nl.red.automobil-motoren.1901046181.x





Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

โมดูล 2: จากเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นระบบส่งกำลังทางเลือก

PhD, Assoc. prof., Sanjarbek Ruzimov
sanjarbek.ruzimov@polito.it



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

เกี่ยวกับเมืองตูริน

- ตั้งอยู่ในอิตาลีตอนเหนือ ใกล้เทือกเขาแอลป์ ภูมิภาค **Piedmont**.
- ประชากร **880 000** คน.
- บริษัทด้านยานยนต์ในเมืองตูริน:
 - Abarth
 - **FCA**
 - Gruppo Bertone
 - GM Global Propulsion Systems
 - Italdesign Giugiaro
 - Iveco
 - New Holland Agriculture
 - Pininfarina



Mole Antonelliana



เกี่ยวกับวิทยาลัย Politecnico di Torino



Regio Politecnico di Torino (โรงเรียนโปลีเทคนิค Royal Turin) ก่อตั้งขึ้นในฐานะสถาบันในปี 1906 แต่มีต้นกำเนิดย้อนกลับไปที่ไกลกว่านั้น สมัยก่อนเป็น Scuola di Applicazione per gli Ingegneri (Technical School for Engineers) ซึ่งก่อตั้งขึ้นในปี 1859

นักศึกษา (ปี 2017/2018)

จำนวน 35,000 คน รวมระดับ ป.ตรี และ ป.โท

684 ป.เอก - ปี 2018/2019

68% เป็นนักเรียนนอกเขต Piedmont (52% อิตาลีอื่น นอกเขต, 16% ชาวต่างชาติ)

สำเร็จการศึกษา 2018

จำนวน 6,691 คน

จำนวน 3,495 สำหรับระดับ ป.ตรี - *Average age: 23.7*

จำนวน 3,196 สำหรับระดับ ป.โท - *Average age: 26.2*

อัตราการจ้างงานของผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทหนึ่งปีหลังจากสำเร็จการศึกษา (Almalaurea 2019): 88,6% (ค่าเฉลี่ยของอิตาลี 73%).

หลักสูตรการสอน (ปี 2018/2019)

ระดับ ป.ตรี จำนวน 22 หลักสูตร (3 สำหรับสถาปัตยกรรมศาสตร์ และ 19 สำหรับวิศวกรรมศาสตร์)

ระดับ ป.โท จำนวน 28 หลักสูตร (5 สำหรับสถาปัตยกรรมศาสตร์ และ 23 สำหรับวิศวกรรมศาสตร์)

ระดับ ป.เอก จำนวน 16 หลักสูตร

เฉพาะวิศวกรรมยานยนต์:

ป.ตรี **567** คน

ป.โท **434** คน



มารู้จักมหาวิทยาลัย Politecnico di Torino



Mirafiori



Main campus



Castello di Valentino
UNESCO World Heritage

Turin Polytechnic University in Tashkent



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Verres campus



เกี่ยวกับ Politecnico: ภาควิชา



- **11** ภาควิชา:
 - DAD - Department of Architecture and Design
 - DAUIN - Department of Control and Computer Engineering
 - **DENERG - Department of Energy**
 - DET - Department of Electronics and Telecommunications
 - DIATI - Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering
 - DIGEP - Department of Management and Production Engineering
 - **DIMEAS - Department of Mechanical and Aerospace Engineering**
 - DISAT - Department of Applied Science and Technology
 - DISEG - Department of Structural, Geotechnical and Building Engineering
 - DISMA - Department of Mathematical Sciences
 - DIST - Interuniversity Department of Regional and Urban Studies and Planning



เกี่ยวกับ Politecnico ศูนย์/หน่วยงาน



- **CARS@PoliTO - Center for Automotive Research and Sustainable Mobility**
- CWC - CleanWaterCenter@PoliTo
- Ec-L - Energy Center Lab
- FULL - Future Urban Legacy Lab
- IAM@PoliTo - Integrated Additive Manufacturing
- J-Tech@PoliTo
- **PEIC - Power Electronics Innovation Center**
- PhotoNext - PoliTO Interdepartmental Centre for Applied Photonics
- **PIC4SeR - PoliTO Interdepartmental Centre for Service Robotics**
- PolitoBIOMed Lab - Biomedical Engineering Lab
- R3C - Responsible Risk Resilience Centre
- SISCON - Safety of Infrastructures and Constructions
- SmartData@PoliTO - Big Data and Data Science Laboratory



ห้องปฏิบัติการ LIM - ห้องปฏิบัติการด้านเมคาทรอนิกส์



- LIM - Laboratorio Interdisciplinare di Meccatronica
- ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2536 โดยเป็น “การร่วมทุน” โดยคนจำนวนมากจาก Departments of Control and Computer Sciences ([DAUIN](#)), Electronics and Telecommunications ([DET](#)) and Department of Mechanical and Aerospace Engineering ([DIMEAS](#)) ของ Politecnico di Torino.
- <http://www.lim.polito.it/>
- Research areas:

Automotive	Mobile Robotics and Unmanned Vehicles
Control Units for Mechatronic Applications	Power Actuation
Energy	Rotodynamics
Magnetic Suspension	Vibration Control
Mechatronic Systems for Mountain Safety	



ประวัติโดยย่อวิทยากร



- 1998-2004, MS degree in AE from Tashkent Automotive&Road Construction Institute
- 2004-2007, PhD degree, Tashkent Automotive&Road Construction Institute
- 2007-2010, Researcher, Tashkent Automotive&Road Construction Institute
- 2010-2013, PhD degree in Mechatronics from Politecnico di Torino
- 2013 – present, Researcher in DIMEAS, Politecnico di Torino
- 2018 – present, Associate professor, Turin Polytechnic University in Tashkent

- Courses: Machine design, Motor Vehicle Design, Modelling and Simulation for Vehicle Component Design

- Research: Hybrid Electric Vehicles, Automotive Mechatronic Systems for Energy consumption reduction, Vehicle Dynamics



- การวิเคราะห์ '**Well-to-wheel**'
 - การควบคุมการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจก
 - ประเภทหลักของการปล่อยมลพิษ แหล่งที่มาและกระบวนการก่อตัว
 - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยไอเสียจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน
 - กฎระเบียบเพื่อจำกัดมลพิษและการปล่อย CO₂
- การทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (**Combustion simulation**)
 - การวินิจฉัยการเผาไหม้
 - แบบจำลองการจำลองความเร็วการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล/SI

เอกสารประกอบการสอน



ประกอบด้วย:

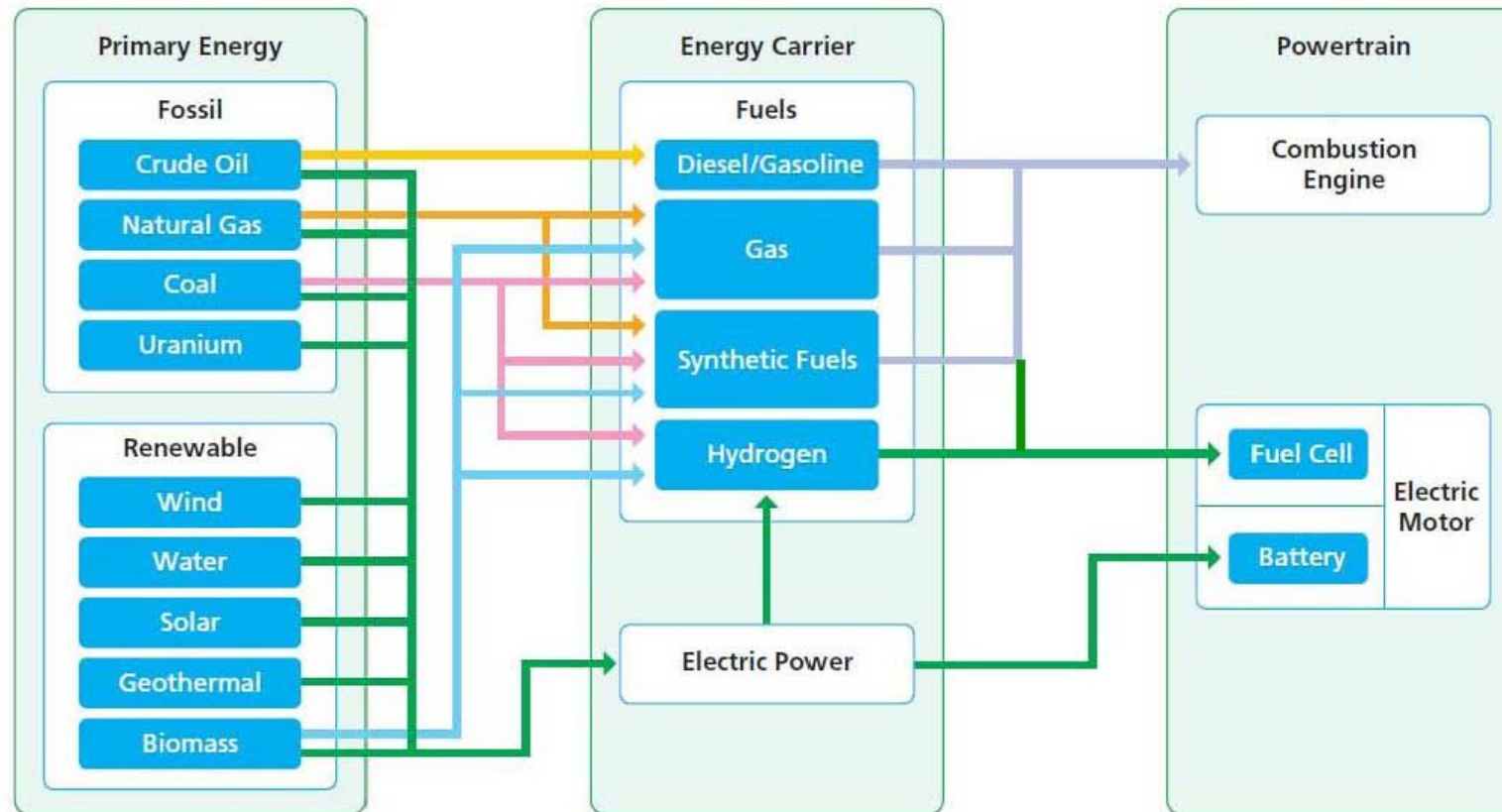
- เครื่องยนต์สันดาปและการประยุกต์ใช้กับรถยนต์, D'AMBROSIO STEFANO
- เครื่องจักรกลความร้อน, BARATTA MIRKO
- พื้นฐานของเครื่องจักรความร้อนและไฮดรอลิกและของไหล, FINESSO ROBERTO
- ระบบขนส่งที่ยั่งยืน: ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, SPESSA EZIO



การวิเคราะห์ 'Well-to-wheel'

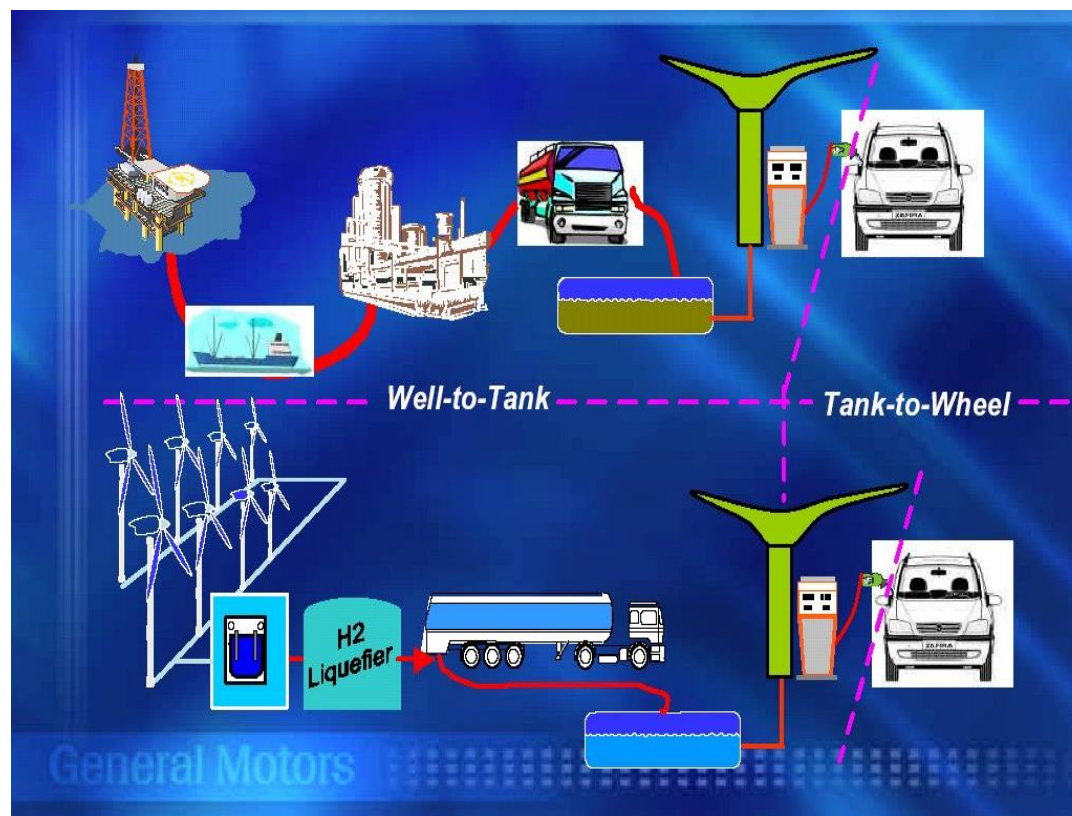
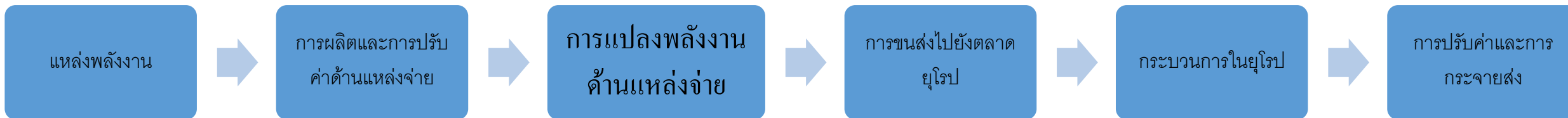


เส้นทางเดินพลังงานสำหรับเชื้อเพลิง



Source: <https://www.ertrac.org/>

การวิเคราะห์ Well-to-Tank (WTT)

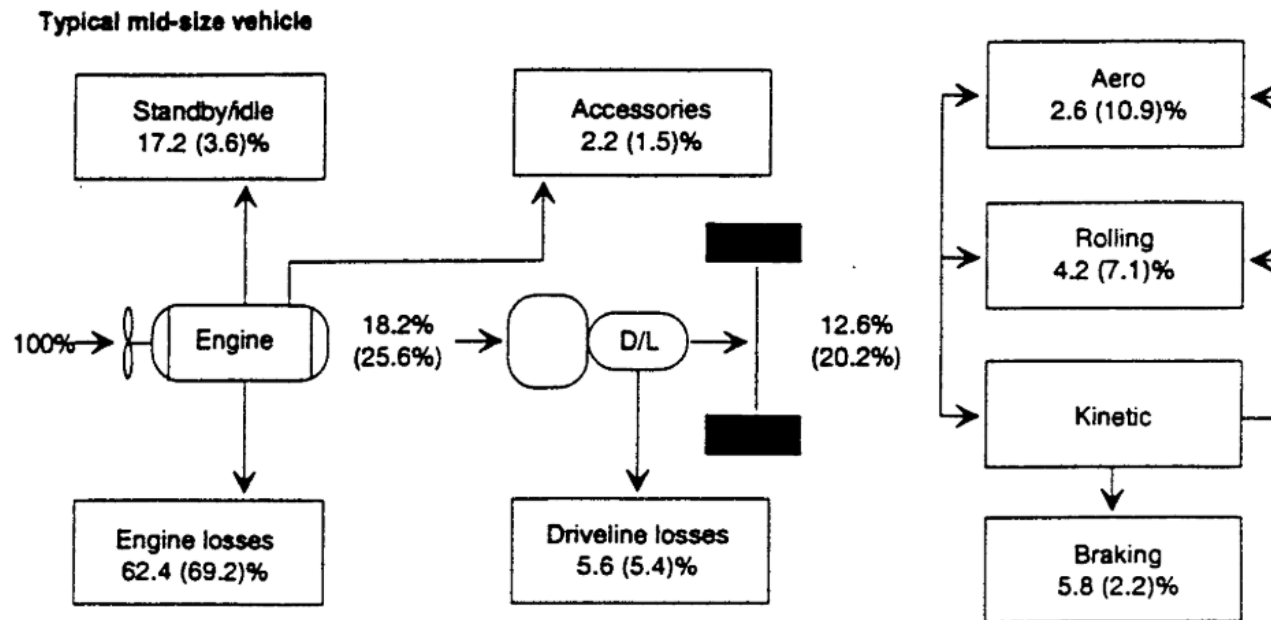


Source: General Motors



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

การวิเคราะห์ Tank-To-Wheel (TTW)



NOTE: Numbers indicate urban energy distribution. Numbers in parentheses indicate highway energy distribution.
SOURCE: Partnership for a New Generation of Vehicles.

การวิเคราะห์ Tank-To-Wheel (TTW)

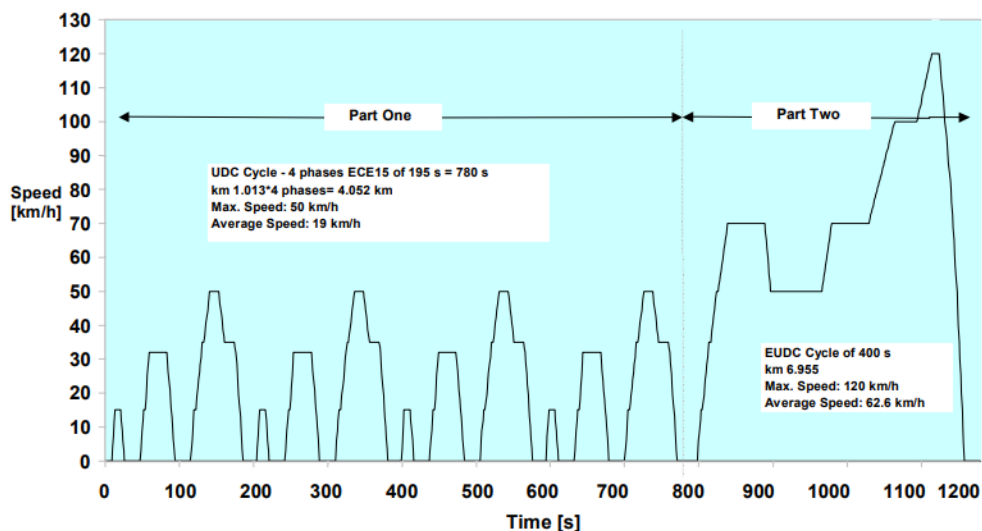


Time lag for 0-50 km/h	s	<4
Time lag for 0-100 km/h	s	<13
Time lag for 80-120 km/h in 4 th gear	s	<13
Time lag for 80-120 km/h in 5 th gear	s	-
Gradability at 1 km/h	%	>30
Top speed	km/h	>180
Acceleration	m/s ²	>4.5
Range ⁽¹⁾	km	>600

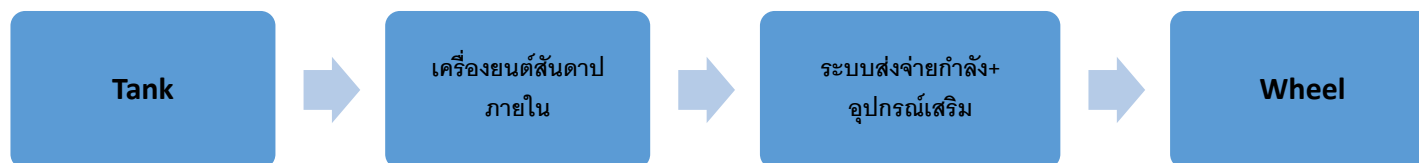
⁽¹⁾ Where applicable 20 km ZEV range

VW Golf

Curb weight	kg	1181
Weight class	kg	1250
Drag coefficient	-	0.321
Vehicle front area	m ²	2.1
Tyre radius	m ²	0.309
Tyre inertia	kg.m ²	0.7
Engine displacement	l	1.6
Engine inertia	kg.m ²	0.125
Efficiency differential + gear		0.9
Transmission ratio of differential gear		4.25
Transmission ratio 1 st to 5 th gear		3.455/1.944/1.370/1.032/0.850



Simulation results with **AVL ADVISOR**



Source: Edwards

Well-To-Wheel (WTW)



$$\text{พลังงาน WTW [MJ/100km]} = (1 + \text{พลังงาน WTT [MJ}_{\text{ex}}/\text{MJ}_f]) \times \text{พลังงาน TTW [MJ}_f/\text{100km]}$$

พลังงานทั้งหมดที่ต้องการสำหรับการขับเคลื่อน (WTT + TTW) สำหรับรถที่น้ำหนักมากกว่า 100 กก. ทำงานด้วยวัฏจักร NEDC (ไม่รวมแหล่งกำเนิดเชื้อเพลิง)

MJ_f – พลังงานที่สะสมในเชื้อเพลิง

MJ_{ex} – พลังงานภายนอกที่ใช้ในการผลิต 1MJ

$$\begin{aligned} \text{WTW GHG [gCO}_2\text{eq/km]} &= \text{TTW GHG [gCO}_2\text{eq/km]} + \\ &+ \text{TTW energy [MJ}_f\text{/100 km]}/100 \times \text{WTT GHG [gCO}_2\text{eq/ MJ}_f] \end{aligned}$$

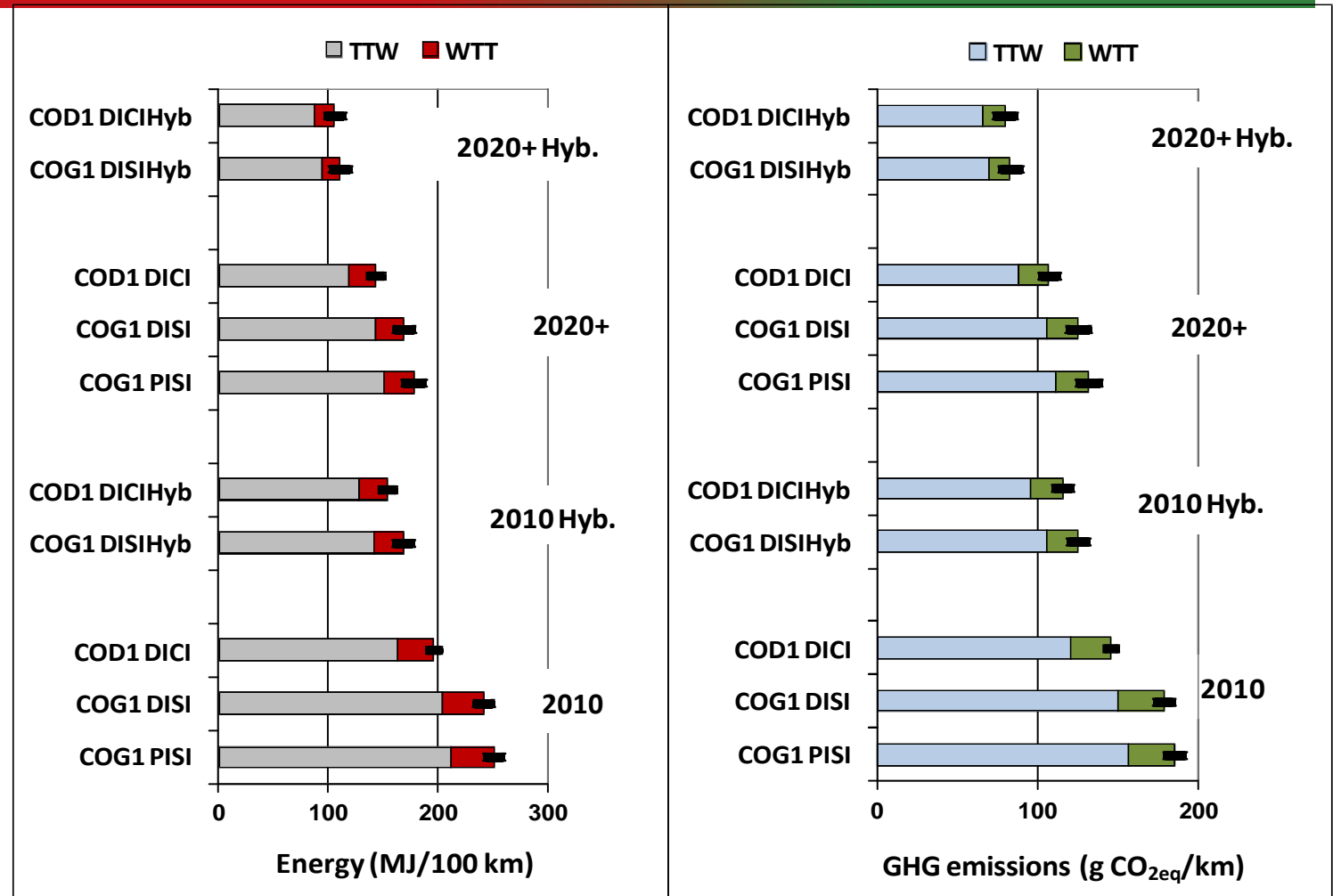
$$\text{CO}_2 \text{ equivalent} = \text{CO}_2 \text{ emissions} + 21 \cdot \text{CH}_4 + 310 \cdot \text{N}_2\text{O}$$

เชื้อเพลิงปกติ $WTW = TTW + WTT$



PISI – Port Injection Spark Ignition
 DISI – Direct Injection Spark Ignition
 DICl – Direct Injection Compression Ignition
 Hybr. – Hybrid

COG1 – Conventional Gasoline
 COD1 – Conventional Diesel



การเผาไหม้เชื้อเพลิงและมลพิษทางอากาศ



- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนจะขจัด O_2 ออกจากบรรยากาศและปล่อย H_2O และ CO_2 ในปริมาณที่เท่ากันพร้อมกับปริมาณสารประกอบอื่นๆ จำนวนมาก รวมทั้งไฮโดรคาร์บอน (CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , C_2H_8 , C_6H_6 , CH_2 , CHO เป็นต้น), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO , N_2O) และไนโตรเจนรีดิวซ์ (NH_3 และ HCN), ก๊าซซัลเฟอร์ (SO_2 , OCS , CS_2), ฮาโลคาร์บอน ($CHCl$ และ CH_3Br) และอนุภาค
- การเผาไหม้มีส่วนทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (ผ่าน CO_2 , O_3 สตราโตสเฟียร์, เมฆา)
- คำจำกัดความของมลพิษคือ “การนำมนุษย์เข้าสู่สิ่งแวดล้อมของสารหรือพลังงานที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ อันตรายต่อทรัพยากรที่มีชีวิตและระบบนิเวศน์ ความเสียหายต่อโครงสร้างหรือสิ่งอำนวยความสะดวก หรือการรบกวนการใช้สิ่งแวดล้อมอย่างถูกกฎหมาย” มลพิษทางอากาศมีทั้งก๊าซหรืออนุภาคในรูป
- เหตุการณ์มลพิษทั้งหมดมีลักษณะบางอย่างที่เหมือนกันและเกี่ยวข้องทั้งหมด:
 - มลพิษ (การปล่อย),
 - แหล่งที่มาของมลพิษ (เช่น การเผาไหม้),
 - สื่อการขนส่ง (อากาศ น้ำ หรือดิน),
 - เป้าหมาย (สิ่งมีชีวิต) ระบบนิเวศหรือรายการทรัพย์สินที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ.



ประเภทหลักของการปล่อยมลพิษ แหล่งที่มาและ กระบวนการก่อตัว (1)

มลพิษปฐมภูมิ เป็นผลโดยตรงจากกิจกรรมของมนุษย์หรือกระบวนการทางธรรมชาติ ในขณะที่ **มลพิษทุติยภูมิ** เกิดจากมลภาวะปฐมภูมิ แสงแดด และส่วนประกอบในบรรยากาศทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน

มลพิษปฐมภูมิ จากกระบวนการเผาไหม้คือ:

- เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และไม่เหมาะสม: คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้ (HC) ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ฝุ่นละออง (PM)
- ที่ได้จากสารเติมแต่งหรือสารเคมีชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ในเชื้อเพลิง: ก๊าซซัลเฟอร์ (SOx), สารประกอบโลหะ (เช่น แก๊สของ Pb ในเชื้อเพลิงเบนซินเก่า)
- ได้มาจากน้ำมันหล่อลื่น (ละอองของน้ำมันหล่อลื่น) หรือวัสดุที่มากจากการสึกหรอของส่วนประกอบเครื่องจักร

การปล่อยก๊าซที่ไม่เผาไหม้ และที่เกี่ยวข้อง มลพิษเหล่านี้ประกอบด้วยมลพิษในกระบวนการในอุตสาหกรรมและการปล่อยไอเสียในการขนส่ง.

การปล่อยไอเสียที่ไม่ใช่ไอเสียมีความสำคัญมากในการขนส่ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปล่อยมลพิษจากการเสียดสีและการกัดกร่อนของชิ้นส่วนรถยนต์ (เช่น ยาง เบรก) และพื้นผิวถนน และ (ในหลายกรณี) ยังคงเกี่ยวข้องกับรถยนต์ที่ไม่มีการปล่อยไอเสีย.

ประเภทหลักของการปล่อยมลพิษ แหล่งที่มาและกระบวนการก่อตัว (2)

มลพิษทุติยภูมิ หลัก ได้แก่ :

- โอโซนระดับพื้นดิน O_3
- หมอกควันไฟเคมี
- ฝนกรด (การสะสมของกรด)

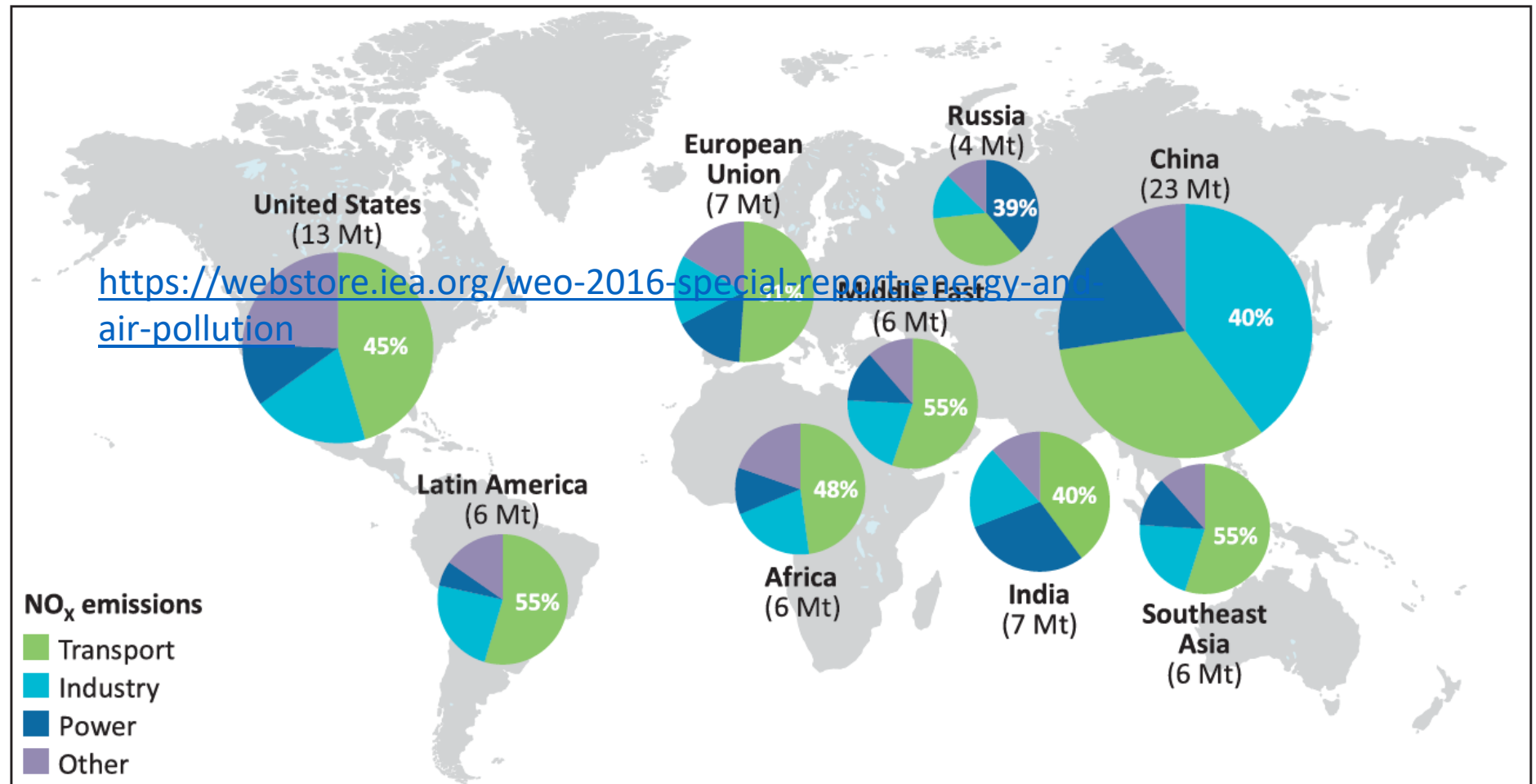
สารเคมีอุตสาหกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (CFC) และสารมลพิษ (NOx) ยังสามารถทำลายชั้นโอโซนในโอโซนสตราโตสเฟียร์ ("หลุมโอโซน")

แหล่งที่มา: IEA, WEO 2016, Special report on Energy and Air Pollution

ตัวอย่างแหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน



การปล่อย NOx ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน (2015)



การเกิดมลภาวะในเครื่องยนต์ SI ทั่วไป

กระบวนการที่สารก่อมลพิษเหล่านี้เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบธรรมดา จะแสดงให้เห็นในเชิงคุณภาพในรูปต่อไป

แผนผังแสดงห้องเผาไหม้ในระหว่างสี่ขั้นตอนที่แตกต่างกันของวงจรการทำงานของเครื่องยนต์: การอัด การเผาไหม้ การขยายตัว และไอเสีย

แหล่งที่มา: Heywood 1988

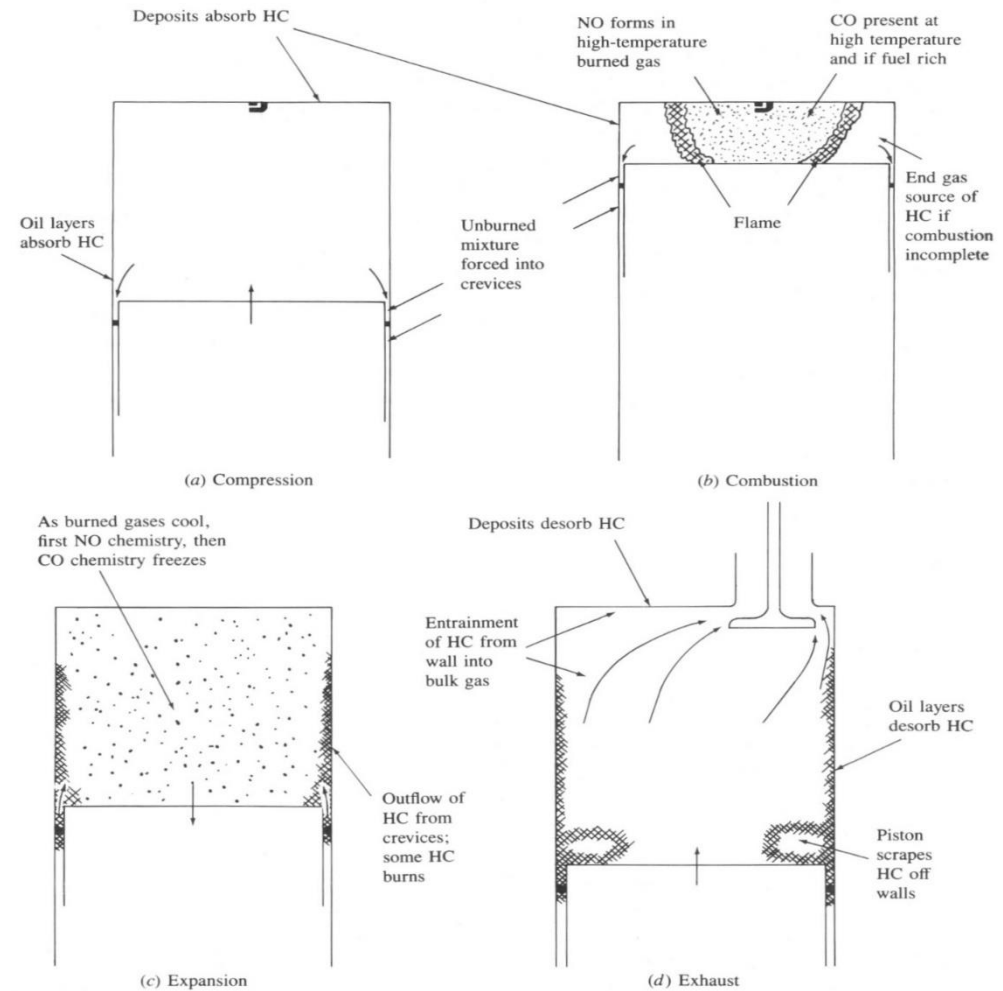


FIGURE 11-1 Summary of HC, CO, and NO pollutant formation mechanisms in a spark-ignition engine.

การเกิดมลภาวะในเครื่องยนต์ SI ทั่วไป



ไนตริกออกไซด์ (NO) เกิดขึ้นทั่วทั้งก๊าซที่เผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงหลังเปลวไฟผ่านปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับอะตอมและโมเลกุลของไนโตรเจนและออกซิเจนซึ่งไม่ได้รับสมดุลทางเคมี

ยิ่งอุณหภูมิของก๊าซเผาไหม้สูงขึ้น อัตราการเกิด **NO** ก็ยิ่งสูงขึ้น

เมื่อก๊าซที่ถูกเผาไหม้เย็นลงในระหว่างการจู่หวะการขยายตัว ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับ **NO** หยุดนิ่ง และปล่อยให้ความเข้มข้นของ **NO** เกินกว่าระดับที่สอดคล้องกับสภาวะสมดุลในสภาวะไอเสีย คาร์บอนมอนอกไซด์ ยังคงตัวขึ้นในระหว่างกระบวนการเผาไหม้.

ด้วยส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่เข้มข้น ทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะเผาผลาญคาร์บอนทั้งหมดในเชื้อเพลิงเป็น **CO₂** ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิสูง แม้จะมีส่วนผสมแบบสิ้น การแยกออกจากกันทำให้มั่นใจได้ว่ามีระดับ **CO** ที่สำคัญ ต่อมาในจู่หวะการขยายตัว กระบวนการออกซิเดชันของ **CO** ก็หยุดนิ่งเช่นกันเมื่ออุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ลดลง.

การเกิดมลภาวะในเครื่องยนต์ SI ทั่วไป



- ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ *unburned hydrocarbon* (HC) การปล่อยมลพิษมีหลายแหล่ง:

a) อุดช่องว่าง.

- ในระหว่างการอัดและการเผาไหม้ แรงดันกระบอกสูบที่เพิ่มขึ้นจะบังคับให้ก๊าซบางส่วนในกระบอกสูบกลายเป็นรอยแยก (เช่น ปริมาตรที่แคบ เชื่อมต่อกับห้องเผาไหม้): ปริมาตรระหว่างวงแหวนลูกสูบและผนังกระบอกสูบจะใหญ่ที่สุด.
- ก๊าซส่วนใหญ่เป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่ยังไม่เผาไหม้ ส่วนใหญ่หนีจากระบวนการเผาไหม้เบื้องต้นเนื่องจากทางเข้าของรอยแยกเหล่านี้แคบเกินไปสำหรับเปลวไฟที่จะเข้าไป ก๊าซนี้ซึ่งทิ้งรอยแยกเหล่านี้ไว้ในภายหลังในกระบวนการขยายตัวและไอเสีย เป็นแหล่งหนึ่งของการปล่อยไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้.

Source: Heywood 1988



การเกิดมลภาวะในเครื่องยนต์ SI ทั่วไป



b) การดับไฟที่ผนังห้องเผาไหม้

- อีกแหล่งที่เป็นไปได้คือผนังห้องเผาไหม้ ชั้นดับที่มีส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่ยังไม่เผาไหม้และเผาไหม้บางส่วนจะถูกทิ้งไว้ที่ ผนังเมื่อเปลวไฟดับเมื่อเข้าใกล้ผนัง
- อย่างไรก็ตาม HC ในชั้นบาง ๆ (≤ 0.1 มม.) จะเผาไหม้อย่างรวดเร็วหลังจากดับไฟ ดังนั้นจึงไม่ใช่แหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ พบว่าคราบสกปรกที่เกาะผนังเครื่องยนต์ขณะใช้งานจริงเพิ่มการปล่อย HC ของเครื่องยนต์ อันเนื่องมาจากกระบวนการดับไฟ

c) การดูดซับไอน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ชั้นน้ำมันบนกระบอกสูบ

- แหล่งที่สามของไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้เชื่อว่าเป็นน้ำมันเครื่องที่เคลืออยู่ในฟิล์มบาง ๆ บนชั้นในกระบอกสูบ ชั้นน้ำมันนี้จะดูดซับและแยกส่วนประกอบเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนก่อนและหลังการเผาไหม้ตามลำดับ จึงยอมให้เศษส่วนของเชื้อเพลิงหลุดรอดจากกระบวนการเผาไหม้ปฏิกิริยาที่ไม่เผาไหม้

Source: Heywood 1988



การเกิดมลภาวะในเครื่องยนต์ SI ทั่วไป



d) การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

แหล่งสุดท้ายของ HC ในเครื่องยนต์คือการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากการดับเปลวไฟจำนวนมากในส่วนนั้นของรอบเครื่องยนต์ที่การเผาไหม้ช้าเป็นพิเศษ สภาวะดังกล่าวมักเกิดขึ้นระหว่างการทำงานของเครื่องยนต์ชั่วคราว เมื่ออัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิง จังหวะเวลาประกายไฟ และเศษส่วนของไอเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อควบคุมการปล่อยมลพิษอาจไม่ตรงกัน

ไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้จะออกจากกระบอกสูบโดยถูกกักไว้ในการไหลของก๊าซปริมาณมากในระหว่างการเป่าทิ้งและเมื่อสิ้นสุดจังหวะไอเสียขณะที่ลูกสูบดันก๊าซที่ขูดออกจากผนังออกจากวาล์วไอเสีย

การเกิดออกซิเดชันของไฮโดรคาร์บอนซึ่งหลบหนีจากกระบวนการเผาไหม้ปฐมภูมิโดยกระบวนการใดๆ ข้างต้นสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างการขยายตัวและการระบายออก

ปริมาณของการเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและประวัติความเข้มข้นของออกซิเจนในเวลาของ HC เหล่านี้เมื่อผสมกับก๊าซจำนวนมาก

Source: Heywood 1988



การเกิดมลภาวะในเครื่องยนต์ SI ทั่วไป

หนึ่งในตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาการปล่อยเครื่องยนต์ที่จุดประกายไฟคืออัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิง, λ

เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟในอดีตเคยทำงานใกล้กับปริมาณสารสัมพันธ์หรือเต็มไปด้วยเชื้อเพลิงเล็กน้อย เพื่อให้มั่นใจถึงการทำงานที่ราบรื่นและเชื้อถือได้

สารผสมที่บางกว่าจะปล่อย CO และ HC ที่ต่ำลง จนกว่าคุณภาพการเผาไหม้จะต่ำ (และเกิดไม่ติดไฟในที่สุด) เมื่อการปล่อย HC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและการทำงานของเครื่องยนต์จะไม่แน่นอน อย่างไรก็ตาม ไม่มีการปล่อยมลพิษสูงสุดประมาณ 10% ของปริมาณสารสัมพันธ์ รูปร่างของเส้นโค้งเหล่านี้บ่งบอกถึงความซับซ้อนของการควบคุมการปล่อยมลพิษ

สำหรับเครื่องยนต์เย็น, เมื่อเชื้อเพลิงระเหยช้า การไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ส่วนผสมที่อุดมด้วยเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ง่ายในระบบอกสูบ ดังนั้น จนกว่าเครื่องยนต์จะอุ่นขึ้นและการเสริมสมรรถนะนี้จะถูกกำจัด การปล่อย CO และ HC จะสูง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยไอเสียจากเครื่องยนต์ ต้นดาภายใน



มลพิษทางอากาศ	ลักษณะเฉพาะ	แหล่งหลัก	ผลกระทบต่อสุขภาพหลัก
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 0.7%	ก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความสัมพันธ์กับฮีโมโกลบินในเลือดสูง	การเผาไหม้เชื้อเพลิงและวัสดุคาร์บอนอื่นๆ ที่ไม่สมบูรณ์	ดูดซึมโดยปอด; บั่นทอนความสามารถทางร่างกายและจิตใจ ส่งผลต่อพัฒนาการของทารกในครรภ์
ไฮโดรคาร์บอน (HC) 0.2%	สารประกอบอินทรีย์ในรูปก๊าซหรืออนุภาค (เช่น มีเทน เอทิลีน อะเซทิลีน); ส่วนประกอบในการก่อตัวหมอกควันเคมีแสง	การเผาไหม้เชื้อเพลิงและสารที่มีคาร์บอนอื่นๆ ไม่สมบูรณ์	การได้รับสารเฉียบพลันทำให้เกิดการระคายเคืองตา จมูก และลำคอ การสัมผัสเรื้อรังที่สงสัยว่าจะก่อให้เกิดมะเร็ง
ตะกั่ว (Pb)	องค์ประกอบทางเคมีโลหะสีเทาที่มีน้ำหนัก อ่อน อ่อนได้ มักเกิดขึ้นเป็นละอองตะกั่วออกไซด์หรือฝุ่น	การสัมผัสจากการประกอบอาชีพในการถลุงโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก การแปรรูปโลหะ การผลิตแบตเตอรี่ และจากรถยนต์	เข้าสู่ทางเดินหายใจและผ่านระบบย่อยอาหารเป็นหลัก สะสมในอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดความบกพร่องทางร่างกายและจิตใจอย่างรุนแรง
ไนโตรเจนออกไซด์ (NO _x) 0.1%	ส่วนผสมของก๊าซตั้งแต่ไม่มีสีจนถึงสีน้ำตาลแดง	การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (โรงไฟฟ้า) แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ และปฏิกิริยาในบรรยากาศ	บทบาทหลักในการสร้างหมอกควันไฟเคมี หลักฐานที่เชื่อมโยงปัญหาาระบบทางเดินหายใจและโรคหลอดเลือดหัวใจ
ฝุ่นละออง	อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่กระจายตัวในบรรยากาศ เช่น ฝุ่น เถ้า เขม่า โลหะ และสารเคมีต่างๆ มักจะจำแนกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคในหน่วยไมครอน (>50 μm) ละอองลอย <50 μm อนุภาค <3 μm	การเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งแบบอยู่กับที่ กระบวนการทางอุตสาหกรรม เช่น การผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้า	ผลกระทบที่เป็นพิษหรือการทำให้รุนแรงขึ้นของผลกระทบของมลพิษที่เป็นก๊าซ อาการกำเริบของอาการทางเดินหายใจหรือระบบทางเดินหายใจหัวใจ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ก๊าซไม่มีสีมีกลิ่นฉุน ออกซิไดซ์เพื่อสร้างซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) และกรดซัลฟิวริกกับน้ำ	การเผาไหม้ของกำมะถันที่มีเชื้อเพลิงฟอสซิล การถลุงแร่โลหะที่ได้ขี้นกำมะถัน กระบวนการทางอุตสาหกรรมบางอย่าง	จัดเป็นสารระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจเล็กน้อย สาเหตุหลักของฝนกรด

กฎระเบียบเพื่อจำกัดมลพิษและการปล่อย CO2



- รัฐแคลิฟอร์เนียของสหรัฐฯ ได้เข้ารับตำแหน่งเป็นผู้บุกเบิกในความพยายามที่จะจำกัดการปล่อยมลพิษจากยานยนต์ด้วยกฎหมาย.
- แคลิฟอร์เนียได้ออกกฎหมายควบคุมการปล่อยมลพิษฉบับแรกสำหรับเครื่องยนต์เบนซินในช่วงกลางทศวรรษ 1960 กฎระเบียบเหล่านี้เข้มงวดขึ้นเรื่อย ๆ ในปีต่อ ๆ มา ในระหว่างนี้ ประเทศอุตสาหกรรมทั้งหมดได้ออกกฎหมายควบคุมการปล่อยมลพิษซึ่งกำหนดขีดจำกัดสำหรับเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล ตลอดจนขั้นตอนการทดสอบที่ใช้เพื่อยืนยันการปฏิบัติตาม ในบางประเทศ กฎระเบียบว่าด้วยการปล่อยไอเสียได้รับการเสริมด้วยข้อจำกัดเกี่ยวกับการสูญเสียการระเหยจากระบบเชื้อเพลิง.



กฎระเบียบเพื่อจำกัดมลพิษและการปล่อย CO2



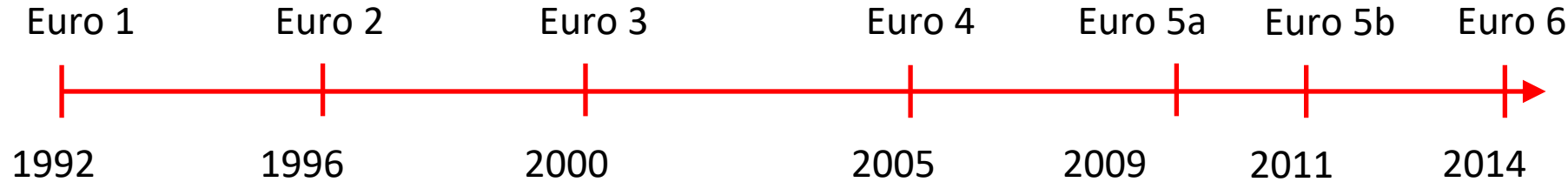
- ข้อจำกัดทางกฎหมายที่สำคัญที่สุดเกี่ยวกับการปล่อยไอเสียคือ :
 - ระเบียบข้อบังคับของ CARB,
 - ระเบียบข้อบังคับของ EPA,
 - ระเบียบข้อบังคับของ EU,
 - ระเบียบข้อบังคับของ Japanese
- ญี่ปุ่นและสหภาพยุโรปได้ปฏิบัติตามผู้นำของสหรัฐอเมริกาโดยกำหนดขั้นตอนการทดสอบเพื่อรับรองการปฏิบัติตามข้อจำกัดการปล่อยมลพิษ ขั้นตอนเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในรูปแบบที่แก้ไขหรือยังไม่ได้แก้ไขโดยประเทศอื่น ๆ



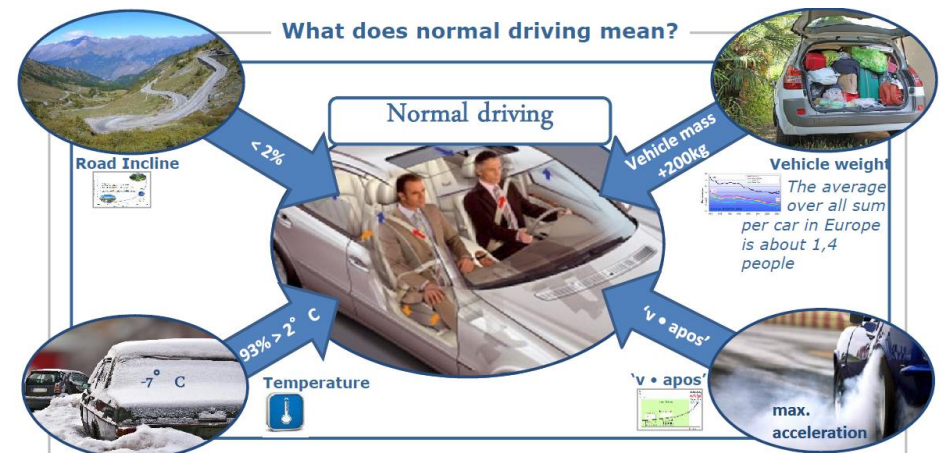
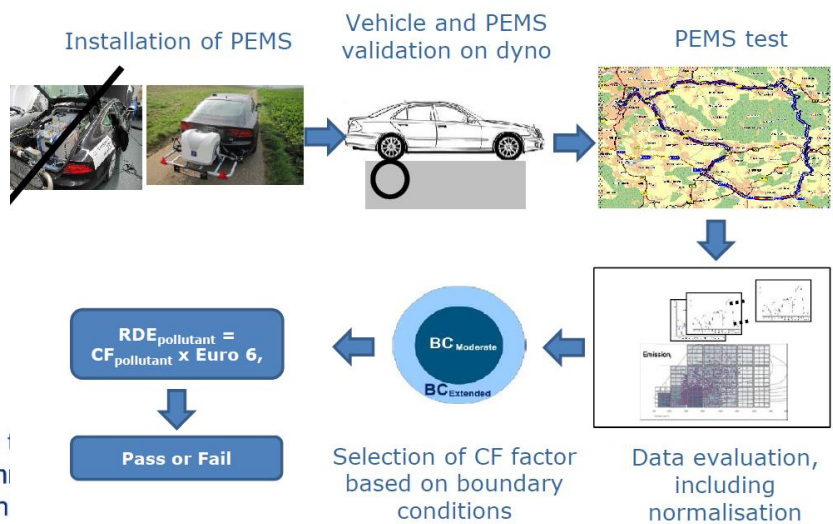
ระเบียบควบคุมการปล่อยมลพิษสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในสหภาพยุโรป



No. 715/2007 : pollutant emission limits for passenger cars (CO, HC, NOx, PM, PN)



- กำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษสำหรับการอนุมัติประเภทรถยนต์
- เป้าหมายการปล่อยไอเสียที่แตกต่างกันสำหรับรถยนต์ที่ใช้ เครื่องยนต์สันดาปภายใน SI/CI
- ข้อกำหนดในการทดสอบ **Real Driving Emissions (RDE)** กำลังอยู่ในช่วงระหว่างปี 2017 ถึง 2021 เพื่อควบคุมการปล่อยยานพาหนะในการใช้งานจริง นอกการทดสอบการปล่อยมลพิษในห้องปฏิบัติการ



ระเบียบควบคุมการปล่อยมลพิษสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในสหภาพยุโรป



Table 1
EU emission standards for passenger cars (Category M₁*)

Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
		g/km					#/km
Positive Ignition (Gasoline)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	6.0×10 ¹¹ e,g
Compression Ignition (Diesel)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	-
Euro 5b	2011.09 ^c	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹

* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N₁ vehicles

† Values in brackets are conformity of production (COP) limits

a. until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)

b. 2011.01 for all models

c. 2013.01 for all models

d. and NMHC = 0.068 g/km

e. applicable only to vehicles using DI engines

f. 0.0045 g/km using the PMP measurement procedure

g. 6.0×10¹² 1/km within first three years from Euro 6 effective dates

Source: www.dieselnet.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

ระเบียบควบคุมการปล่อยมลพิษสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในสหภาพยุโรป



ความทนทาน. อายุการใช้งานรถยนต์ที่มีประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ในการควบคุมการปล่อยมลพิษคือ:

ระดับ **Euro 3**: 80,000 กม. หรือ 5 ปี (แล้วแต่ว่าจะถึงอย่างใดก่อน) แทนที่จะใช้การเสื่อมสภาพจริง ผู้ผลิตอาจใช้ปัจจัยการเสื่อมสภาพต่อไปนี้: 1.2 สำหรับ **CO, HC, NOx** (น้ำมันเบนซิน) หรือ 1.1 สำหรับ **CO, 1.0** สำหรับ **NOx, HC+NOx** และ 1.2 สำหรับ **PM** (ดีเซล)

ระดับ **Euro 4** : 100,000 กม. หรือ 5 ปี แล้วแต่ว่าจะถึงอย่างใดก่อน

ระดับ **Euro 5/6**: การทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษเพื่อการรับรองประเภท: 160,000 กม. หรือ 5 ปี (แล้วแต่ว่าจะถึงอย่างใดก่อน) แทนที่จะใช้การเสื่อมสภาพจริง ผู้ผลิตอาจใช้ปัจจัยการเสื่อมสภาพ **Euro 5** ต่อไปนี้: 1.5 สำหรับ **CO, 1.3** สำหรับ **HC, 1.6** สำหรับ **NOx** (น้ำมันเบนซิน), 1.0 สำหรับ **PM** และ **PN** หรือ 1.5 สำหรับ **CO, 1.1** สำหรับ **NOx, HC+NOx** และ 1.0 สำหรับ **PM** และ **PN** (ดีเซล)



สหภาพยุโรป – วัฏจักรการทดสอบการปล่อย: WLTC



- **WLTP** (ขั้นตอนการทดสอบงานเบาที่กลมกลืนกันทั่วโลก) และวัฏจักรที่สอดคล้องกัน (วัฏจักรการทดสอบงานเบาที่กลมกลืนกันทั่วโลก) ได้แทนที่ขั้นตอน **NEDC** เพื่อที่จะ:
 - ออกแบบวงจรการขับขี่ตามกฎหมายใหม่เพื่อคาดการณ์การปล่อยไอเสียและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้แม่นยำยิ่งขึ้นภายใต้ **สภาพการขับขี่ในโลกแห่งความเป็นจริง**;
 - พัฒนาขั้นตอนการเปลี่ยนเกียร์ที่จำลอง **การทำงานของเกียร์สำหรับรถยนต์ที่ใช้งานเบา**.



สหภาพยุโรป – วัฏจักรการทดสอบการปล่อย: WLTC



- WLTC ได้มาจากข้อมูลการขับขี่ "ในโลกแห่งความเป็นจริง" จากห้าภูมิภาคที่แตกต่างกัน: EU + สวิตเซอร์แลนด์, สหรัฐอเมริกา, อินเดีย, เกาหลี และญี่ปุ่น ครอบคลุมหมวดหมู่ยานยนต์ที่หลากหลาย.
- WLTC พิจารณาประเภทถนนที่แตกต่างกัน (ในเมือง ชนบท มอเตอร์เวย์) และสภาพการขับขี่ (ช่วงพีค ออฟพีค วันหยุดสุดสัปดาห์) สำหรับรถยนต์สามประเภทที่มีอัตราส่วนกำลังต่อมวล (PMR) ที่แตกต่างกัน พารามิเตอร์ PMR ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าที่กำหนด (W) / มวลขบล้อ (กก.) คำจำกัดความของวงจรถูกขึ้นอยู่ด้วยความเร็วสูงสุด (v_max) ที่ประกาศโดยผู้ผลิตรถยนต์.

WLTP Test Cycles

Category	PMR	Speed Phases	Comments
Class 3	PMR > 34	Low, Middle, High, Extra-High	If v_max < 135 km/h, phase 'extra-high' is replaced by a repetition of phase 'low'.
Class 2	34 ≥ PMR > 22	Low, Middle, High	If v_max < 90 km/h, phase 'high' is replaced by a repetition of phase 'low'.
Class 1	PMR ≤ 22	Low, Middle	If v_max ≥ 70 km/h, phase 'low' is repeated after phase 'middle'. If v_max < 70 km/h, phase 'middle' is replaced by a repetition of phase 'low'.

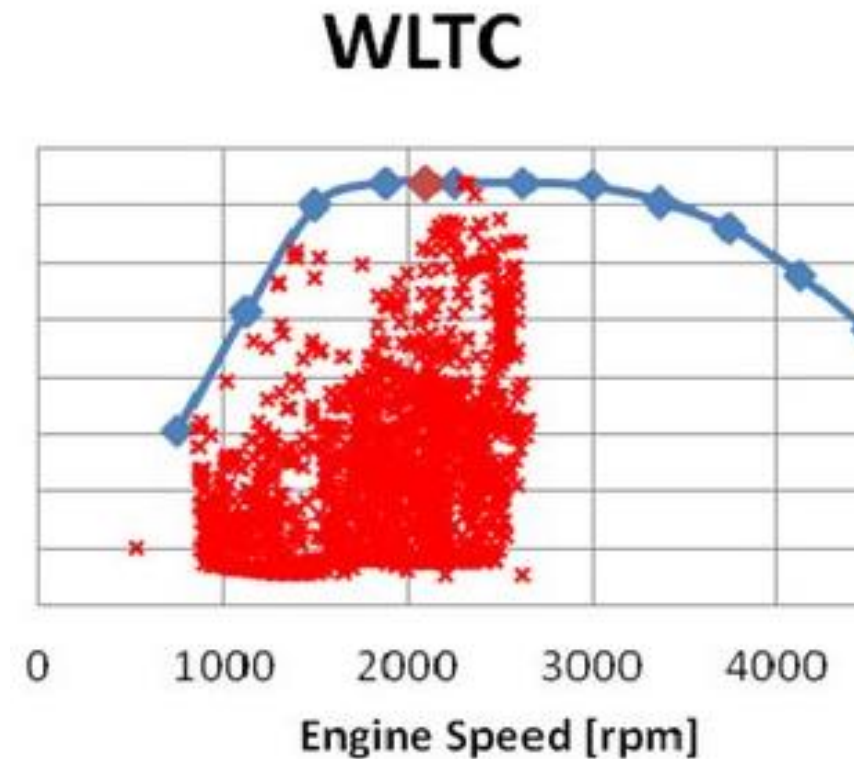
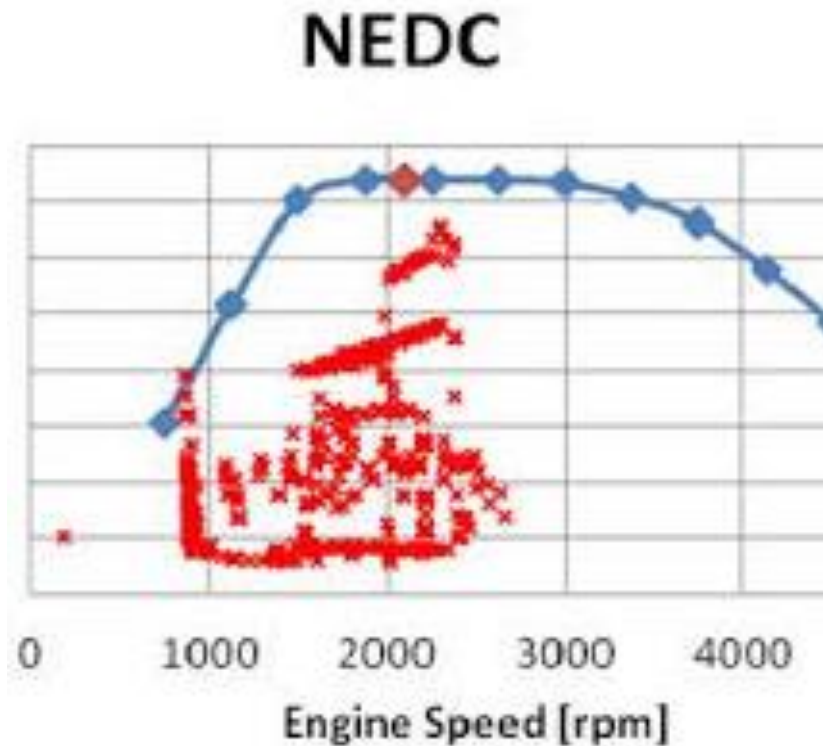
ขั้นตอนการเปลี่ยนจากขั้นตอน NEDC เป็น WLTC



- การเปลี่ยนจาก NEDC เป็น WLTC เกิดขึ้นตามกำหนดการต่อไปนี้:
- กันยายน 2017: เปิดตัวการทดสอบการอนุมัติประเภท WLTP สำหรับรถยนต์ประเภทใหม่ รถยนต์ที่ผ่านการรับรองโดยใช้การทดสอบ NEDC แบบเก่ายังสามารถขายได้
- กันยายน 2018: รถใหม่ทุกคันต้องได้รับการรับรองตามขั้นตอนการทดสอบ WLTP
- มกราคม 2019: รถยนต์ทุกคันที่ตัวแทนจำหน่ายควรมีค่า WLTP-CO2 เท่านั้น (ยกเว้นบางคันในสต็อก) รัฐบาลแห่งชาติควรปรับภาษีรถยนต์และสิ่งจูงใจทางการคลังให้เป็นค่า WLTP



เปรียบเทียบ NEDC กับ WLTC: จุดทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน



ความต้องการของ OBD

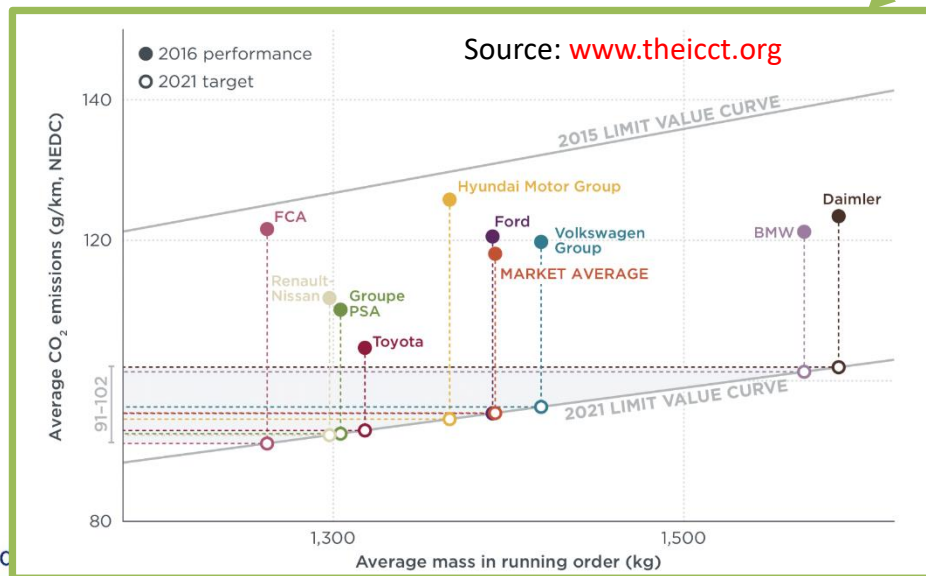
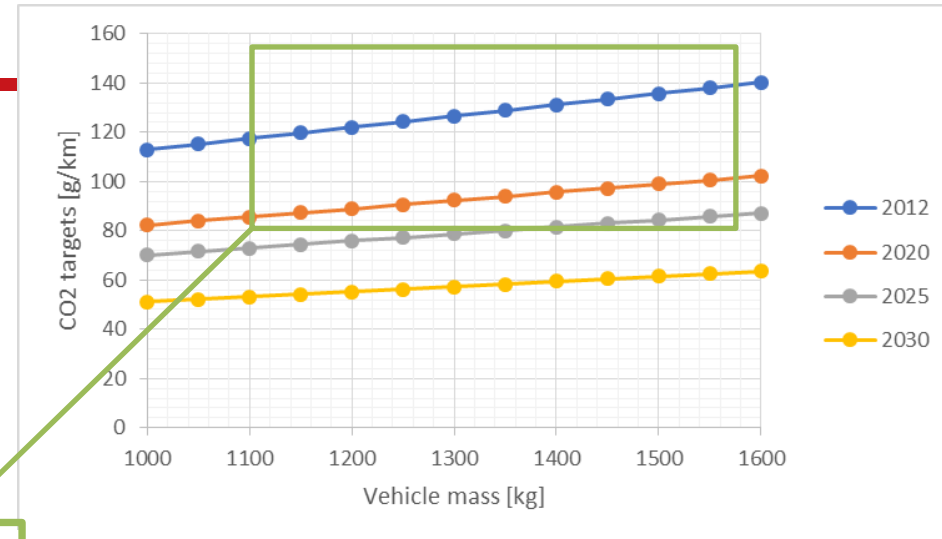
เริ่มจากขั้น **Euro 3** รถยนต์จะต้องติดตั้งระบบวินิจฉัยบนรถเพื่อควบคุมการปล่อยไอเสีย

ต้องแจ้งให้ผู้ขับขี่ทราบในกรณีที่ระบบไอเสียทำงานผิดปกติหรือเสื่อมลงซึ่งอาจทำให้การปล่อยมลพิษเกินเกณฑ์บังคับ (ไฟแสดงการทำงานผิดปกติถูกเปิดไว้ที่แผงหน้าปัดรถยนต์)

เพื่อแยกความแตกต่างจาก **US OBD** ซีด จำกัด ของยุโรปเรียกว่า **EOBD (European OBD)**

ระเบียบควบคุมการปล่อยมลพิษสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในสหภาพยุโรป

- ค่าเฉลี่ยของฝุ่นที่รถยนต์ทุกคันที่จดทะเบียนในสหภาพยุโรปทำได้คือ 130 กรัม CO₂/กม.
- ตั้งแต่ปี 2020: ฝุ่น CO₂ เฉลี่ย = 95 กรัม CO₂/กม.
- 2025: CO₂ เฉลี่ยทางน้ำ = -15% wrt 2021
- 2030: CO₂ เฉลี่ยทางน้ำ = -37.5% wrt 2021
- ค่าธรรมเนียมการปล่อยมลพิษส่วนเกิน: 95 ยูโร ต่อ แต่ละกรัม CO₂ ที่เกิน/กม. สำหรับแต่ละคันที่ขาย (เริ่ม 2019)



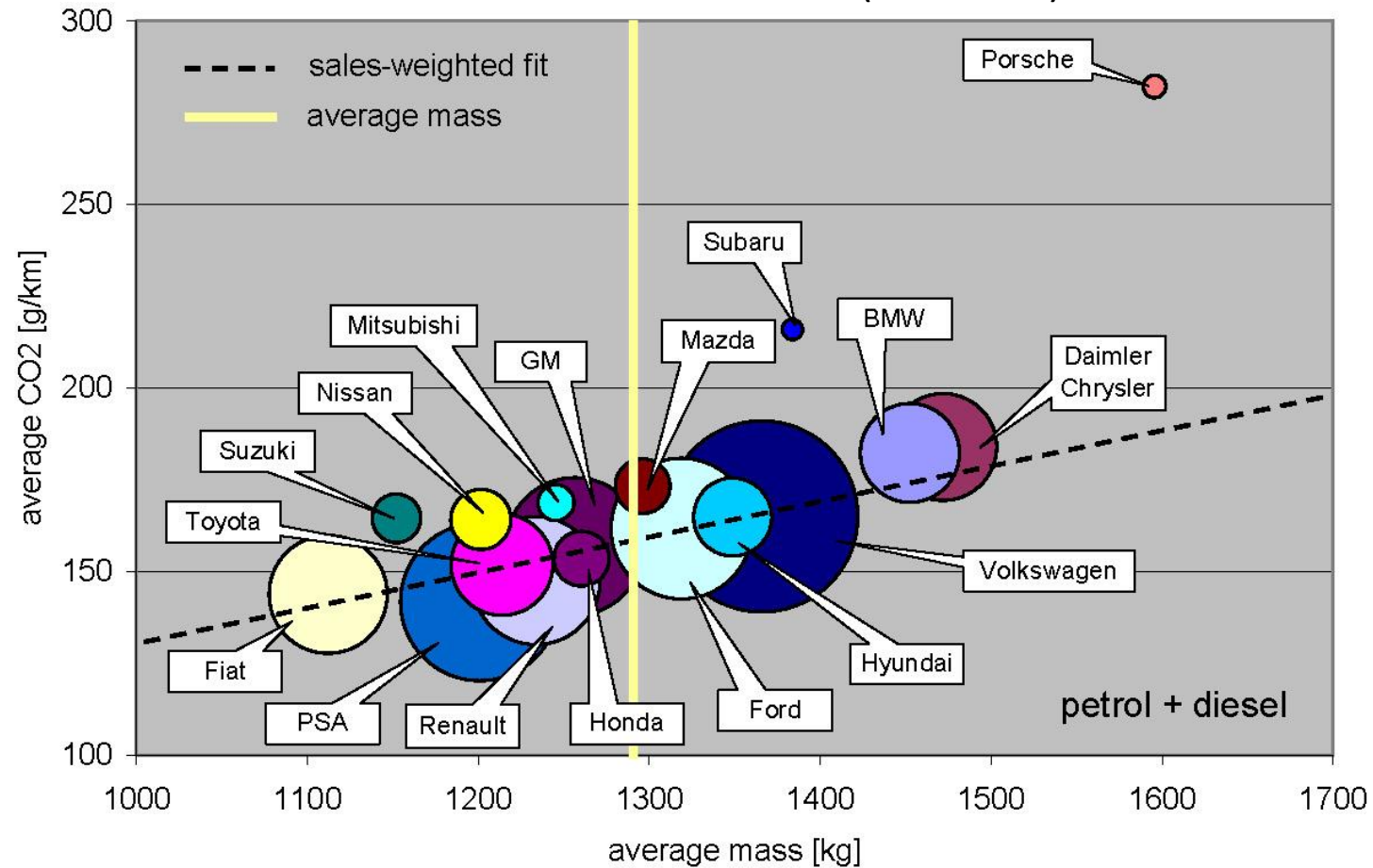
ค่าการปล่อย CO₂ เฉลี่ยและมวลรถยนต์ของกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ในปี พ.ศ. 2559 เป้าหมายตามสมมติฐานปี พ.ศ. 2564 อ้างอิงจากมวลรถยนต์ในปี พ.ศ. 2559

การปล่อย GHG จากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

- กฎระเบียบกำหนดว่าผู้ผลิตรถยนต์แต่ละรายจะต้องบรรลุเป้าหมายการปล่อย CO₂ โดยเฉลี่ยที่ 130 ก./กม. ภายในปี 2558 โดยใช้เทคโนโลยียานยนต์ เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายการปล่อย CO₂ ของสหภาพยุโรปที่ 120 ก./กม. จะต้องมีการลดการปล่อยก๊าซอีก 10 ก./กม. โดยใช้มาตรการเพิ่มเติม เช่น การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ข้อบังคับนี้ใช้กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (M1) การปล่อย CO₂ นั้นวัดจากรอบการทดสอบของ NEDC.
- เป้าหมายการปล่อยมลพิษเฉพาะสำหรับผู้ผลิตแต่ละรายในปีปฏิทินขึ้นอยู่กับมวลรถ คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำเพาะ (กรัม/กม.) ของรถยนต์นั่งใหม่แต่ละคันที่จดทะเบียนในปีปฏิทินนั้น โดยที่:
- การปล่อยจำเพาะ CO₂ = 130 + 0.0457 × (M - M₀)
- ในสูตรข้างต้น M คือมวลของรถ (กก.) และ M₀ คือ 1372 กก. สำหรับปีปฏิทิน 2555-2558 ตั้งแต่ปี 2559 เป็นต้นไป ค่า M₀ จะถูกปรับทุกปีเพื่อสะท้อนมวลเฉลี่ยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในช่วงสามปีปฏิทินก่อนหน้า ดังนั้น เป้าหมาย 130 ก./กม. จึงใช้ได้กับรถยนต์ที่มีมวลเฉลี่ยโดยตรง ในขณะที่รถยนต์ที่เบากว่ามีเป้าหมาย CO₂ ต่ำกว่า และยานพาหนะที่หนักกว่ามีเป้าหมาย CO₂ สูงกว่า.

การปล่อย GHG จากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

มวลรถเฉลี่ยและการปล่อย CO2 (ค.ศ. 2007)



การปล่อย GHG จากรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและ LDV



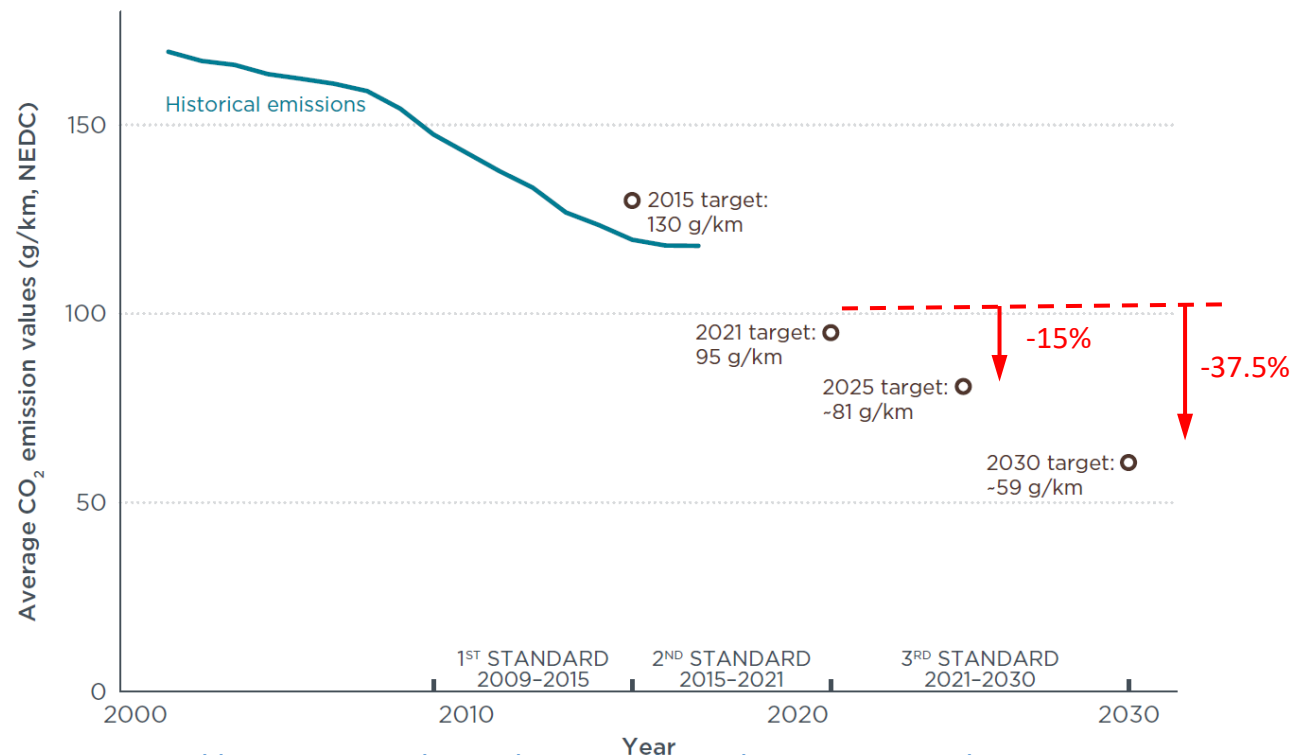
- เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2018 ผู้แทนของคณะกรรมการยุโรป รัฐสภายุโรป และคณะมนตรียุโรปได้ตกลงที่จะประนีประนอมกับกฎระเบียบของสหภาพยุโรป (EU) ที่กำหนดเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลผูกพัน (CO₂) สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลใหม่และยานพาหนะเพื่อการพาณิชย์ขนาดเล็ก สำหรับปี 2025 และ 2030
- เป้าหมายที่ตกลงกันไว้มีเป้าหมายที่จะลดการปล่อย CO₂ โดยเฉลี่ยจากรถยนต์ใหม่ลง 15% ในปี 2568 และ 37.5% ในปี 2573 ซึ่งทั้งคู่สัมพันธ์กับเส้นฐานปี 2564.
- สำหรับรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ขนาดเล็ก เป้าหมาย 15% สำหรับปี 2025 และเป้าหมาย 31% สำหรับปี 2030 ได้รับการตกลงกัน



การปล่อย GHG จากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล



ตัวเลขแสดงค่าการปล่อย CO₂ โดยเฉลี่ยในอดีตและมาตรฐาน CO₂ ที่นำมาใช้และเสนอสำหรับรถยนต์นั่งใหม่ในสหภาพยุโรป ค่า CO₂ ทั้งหมดอ้างอิงถึงการวัดรอบการขับขี่ของยุโรป (NEDC) ใหม่.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Source: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en

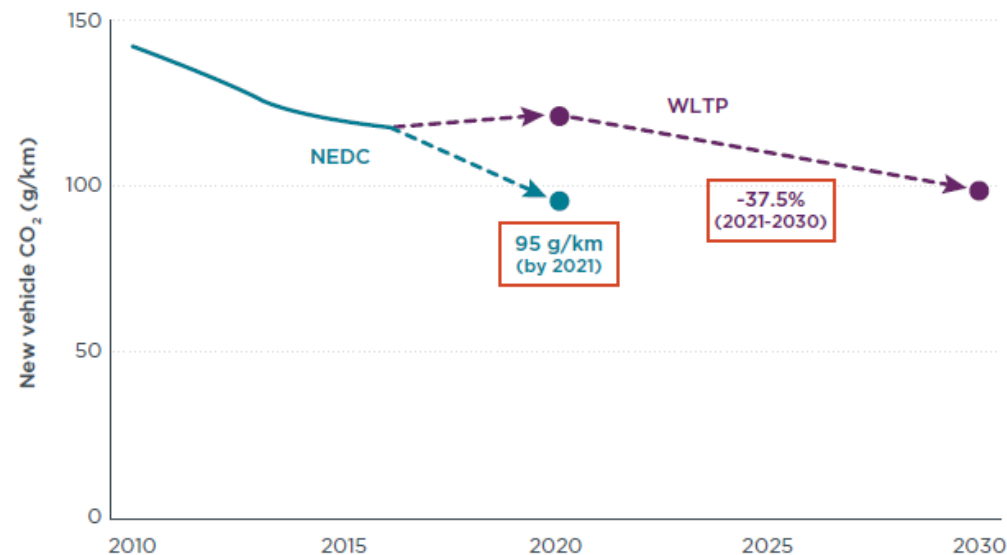
สถานการณ์การลดลง CO₂



ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 เป็นต้นไป WLTP จะเป็นขั้นตอนเดียวที่ใช้ในการทดสอบ และกฎระเบียบในอนาคตทั้งหมดจะอ้างอิงถึงผลลัพธ์ของ WLTP สำหรับการตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนด

ตามข้อตกลงล่าสุดเกี่ยวกับกฎระเบียบของสหภาพยุโรปสำหรับเป้าหมายการปล่อย CO₂ ของรถยนต์นั่งใหม่ (17 ธันวาคม 2018) ได้มีการตัดสินใจว่าเป้าหมายจะเป็น:

- ลดลง 15% ในปี ค.ศ. 2025
- ลดลง 37.5% ในปี ค.ศ. 2030

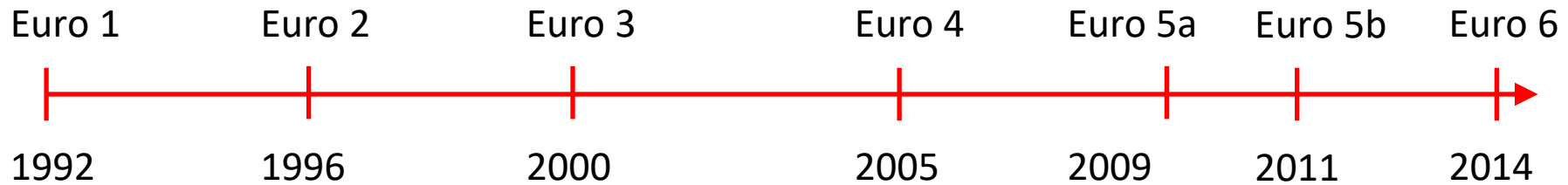


Source: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en

ระเบียบควบคุมการปล่อยมลพิษสำหรับรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ LD ในสหภาพยุโรป



No. 715/2007 : pollutant emission standards for LDVs (CO, HC, NO_x, PM, PN)



- กำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษสำหรับการอนุมัติประเภทรถยนต์
- เป้าหมายการปล่อยไอเสียที่แตกต่างกันสำหรับรถยนต์ที่ใช้ เครื่องยนต์สันดาปภายใน SI/CI
- ข้อกำหนดในการทดสอบ **Real Driving Emissions (RDE)** กำลังอยู่ในช่วงระหว่างปี 2017 ถึง 2021 เพื่อควบคุมการปล่อยยานพาหนะในการใช้งานจริง นอกการทดสอบการปล่อยมลพิษในห้องปฏิบัติการ

No. 510/2011: เพื่อลด CO₂ จากยานพาหนะขนาดเล็ก

- ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม LDV ทั้งหมดที่จดทะเบียนในสหภาพยุโรปคือ 175 กรัม CO₂/กม.
- จาก 2020: CO₂ เฉลี่ยทางน้ำ = 147 กรัม CO₂/กม.
- 2025: CO₂ เฉลี่ยทางน้ำ = -15% wrt 2021
- 2030: CO₂ เฉลี่ยทางน้ำ = -31% wrt 2021
- ค่าธรรมเนียมการปล่อยมลพิษส่วนเกิน

การทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

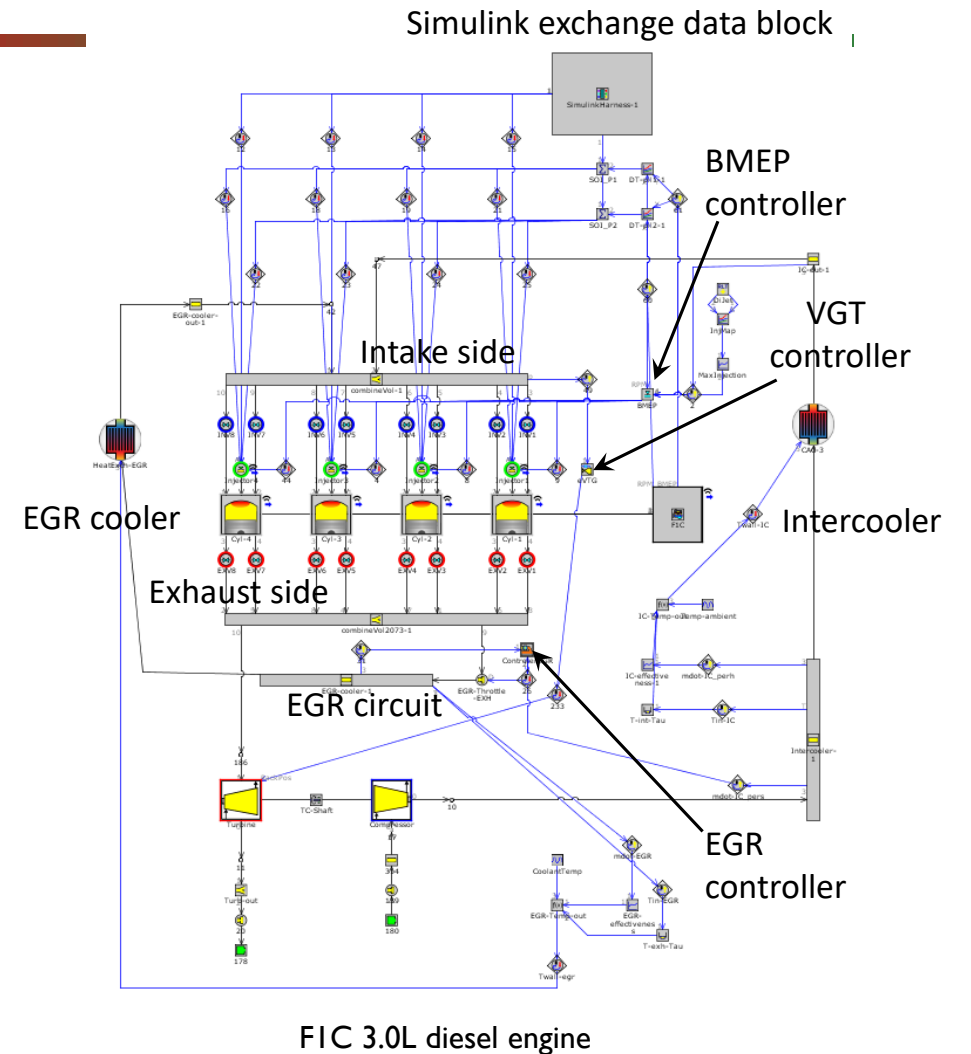
Combustion simulation



การจำลองโมเดล 1D-CFD

การจำลองแบบสมบูรณของเครื่องยนต์มักจะใช้กับรุ่น 1D-CFD (เพื่อสร้างแบบจำลองเทอร์โม-ฟลูอิดไดนามิกในท่อและท่อร่วมไอดี/ไอเสียของระบบเครื่องยนต์) ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองศูนย์ของกระบอกสูบ, หัวฉีด, วาล์ว, ระบบเทอร์โบชาร์จเจอร์และข้อเหวี่ยง

วิธีการ 1D นั้นใช้สมการของ Navier-Stokes (มวล โมเมนตัม และพลังงาน) สำหรับกระแสดัดที่ไม่เสถียรในท่อ โดยพิจารณาเพียง 1 พิกัด (ทิศทางตามแนวแกนของท่อ) และช่วยให้ปรากฏการณ์การแพร่กระจายคลื่น เช่นเดียวกับผลกระทบเฉื่อยที่จะถูกจับในสถานะคงตัวและสถานะชั่วคราว.



การจำลองโมเดล 1D-CFD

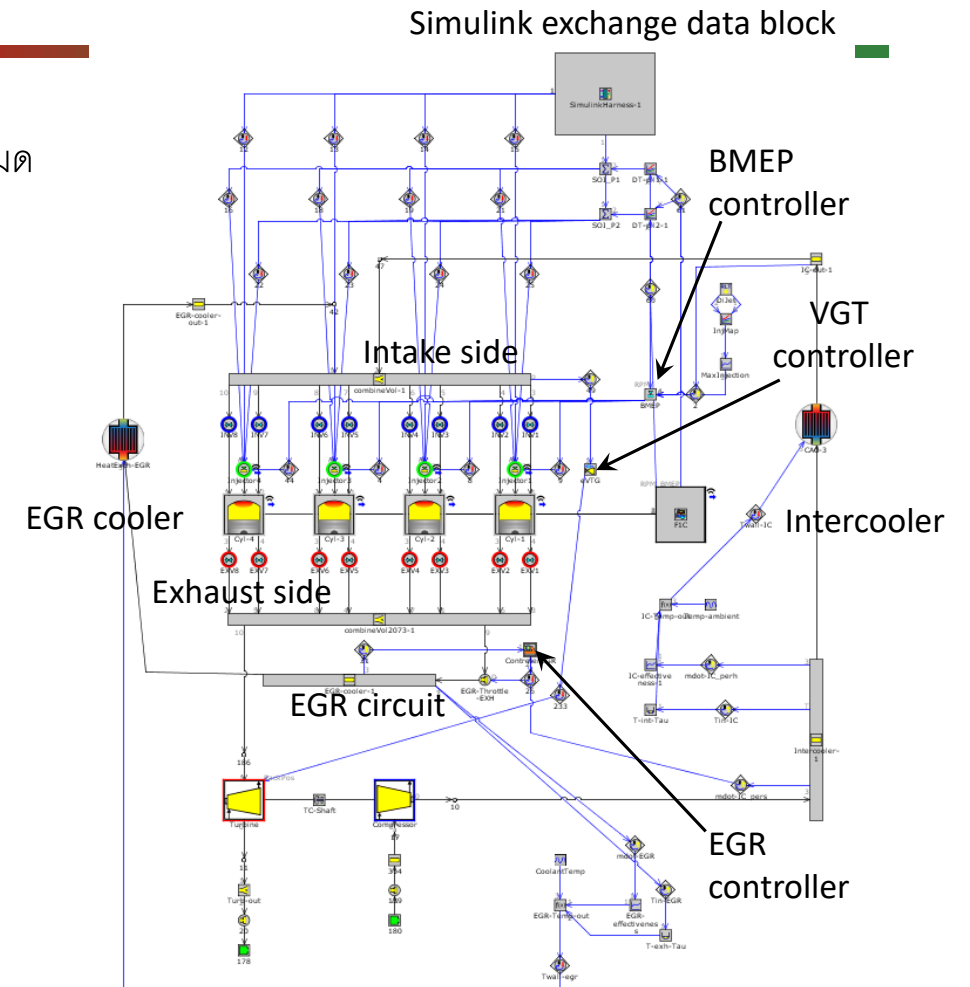
รหัสทางการค้าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งใช้แนวทางก่อนหน้าสำหรับการจำลองเครื่องยนต์ทั้งหมดคือ

GT-power

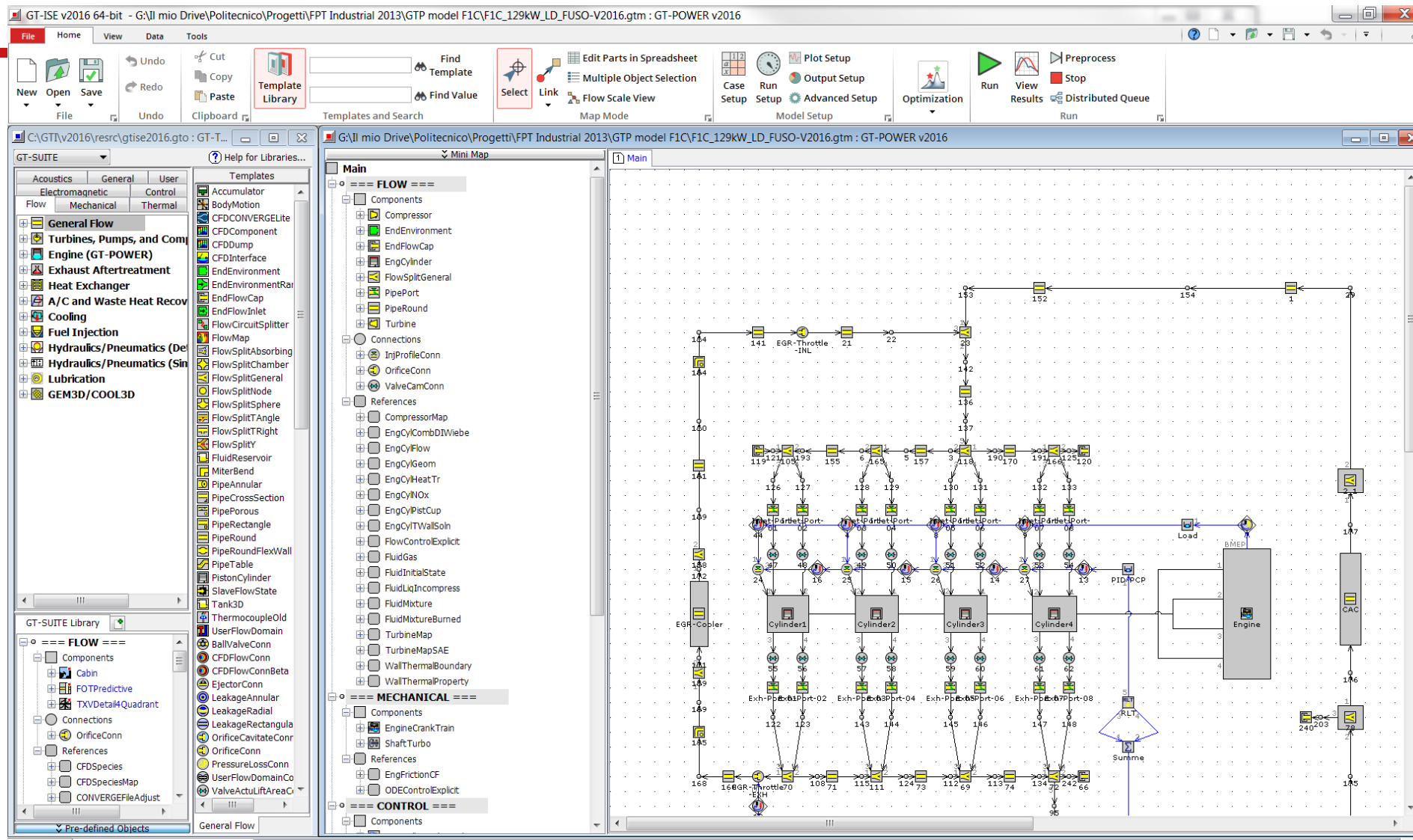
Ricardo Wave

AVL Boost

ในการนำเสนอนี้ จะมีการแสดงตัวอย่างโมเดลบางส่วนที่ใช้ซอฟต์แวร์ GT-power



อินเทอร์เฟซ GT-power ที่นิยม



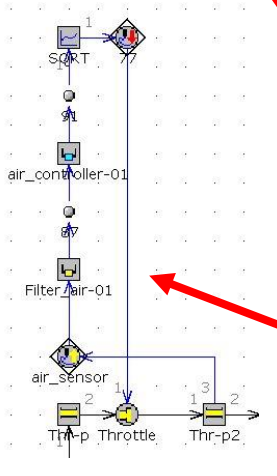
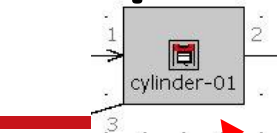
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

GT-power



เลย์เอาต์เครื่องยนต์ด้วย "Parts"

ที่เก็บแม่แบบ



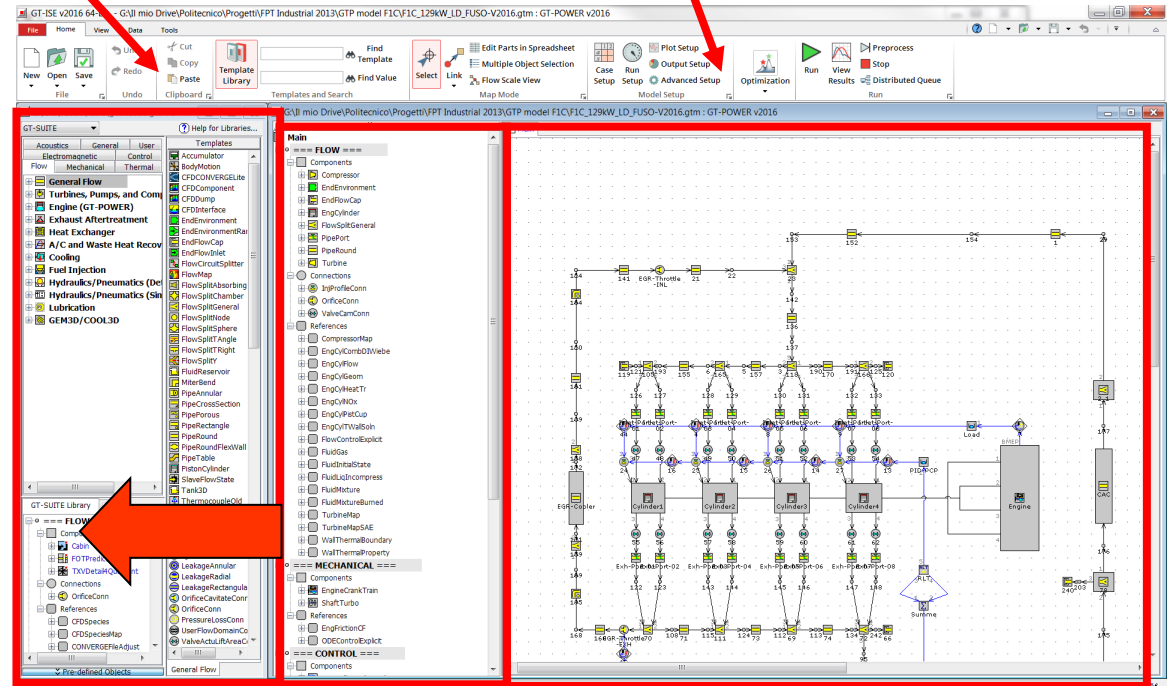
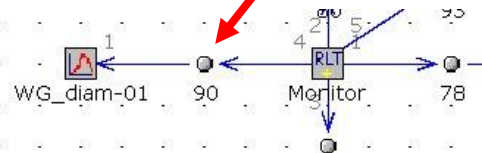
ส่วนประกอบ

ส่วนผสม

วัตถุอ้างอิง



การเชื่อมต่อ



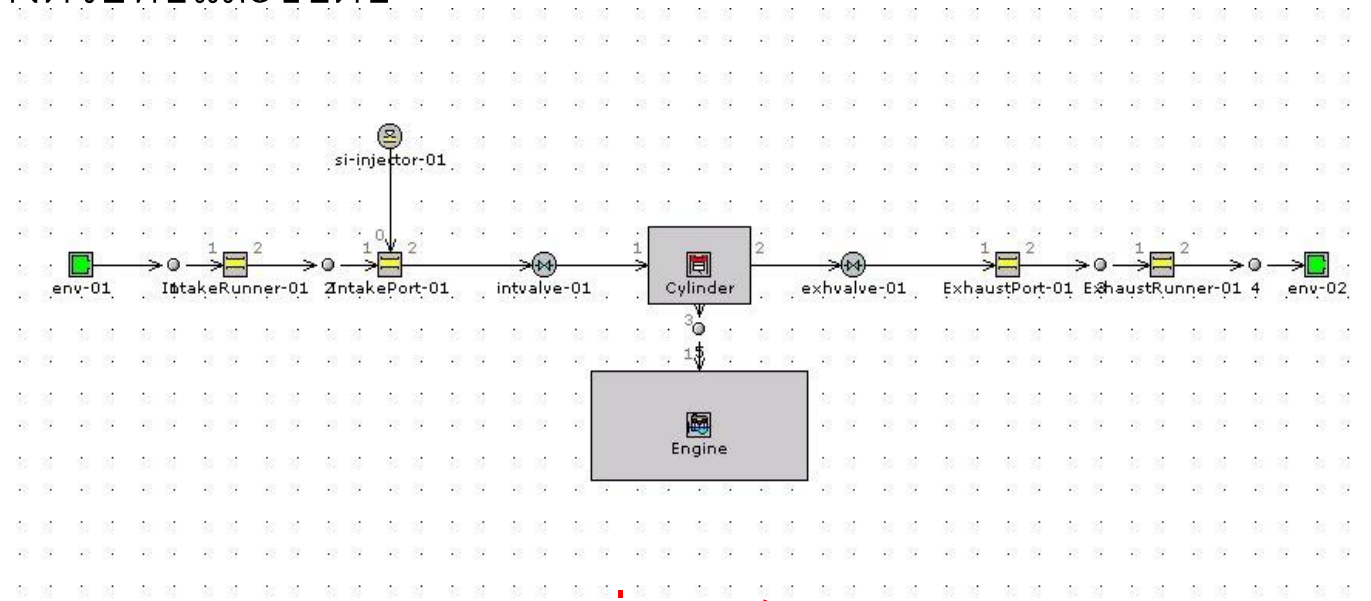
วัตถุที่มีคุณสมบัติที่กำหนดไว้



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

GT-power

ท่อร่วมไอดีและไอเสียแสดงด้วยท่อและข้อต่อ



เครื่องยนต์สูบเดียว

GT-power



เครื่องมือ 1D CFD ช่วยให้นักออกแบบสามารถ:

- ✓ ตรวจสอบเชิงตัวเลขและคาดการณ์สมรรถนะของเครื่องยนต์และการปล่อยมลพิษ (λ_v , imep, bmep, BSFC, NOx...);
- ✓ ประเมินผลกระทบของพารามิเตอร์ทางเรขาคณิตของเครื่องยนต์หรือการกำหนดเวลาวาล์วต่อประสิทธิภาพ เพื่อลดจำนวนการทดสอบทดลองที่จำเป็น;
- ✓ ประมาณการปริมาณบางอย่างที่ยากต่อการวัด เช่น อัตราการไหลของมวลทันทีที่ผ่านวาล์ว



GT-power: สมมติฐานการสร้างแบบจำลองหลัก



- การไหลชั่วคราวในโดเมนทั้งหมด;
- การไหล **1-D** ในท่อ วิวัฒนาการ **0-D** ภายในกระบอกสูบ;
- การไหลแบบบีบอัด;
- อนุญาตให้ใช้ท่อที่มีหน้าตัดแบบแปรผันได้;
- คำนึงถึงการแลกเปลี่ยนความร้อนและการสูญเสียการไหล (สมการออยเลอร์ทั่วไปในรูปแบบกึ่ง-**1D** ถูกนำมาใช้และแก้ไข).



GT-power: คุณสมบัติหลัก

- ข้อมูลทางเรขาคณิตและจลนศาสตร์ของเครื่องยนต์;
- ประวัติเวลายกกำลังและค่าสัมประสิทธิ์การไหล;
- โมเดลถ่ายเทความร้อนในกระบอกสูบ;
- โมเดลสำหรับการฉีด;
- โมเดลสำหรับการเผาไหม้;
- โมเดลสำหรับความเสียดทานและอุปกรณ์เสริม

การวินิจฉัยการเผาไหม้



วิธีการเรียลไทม์โซนเดียว

- ปริมาณในกระบอกสูบถือเป็นเขตเนื้อเดียวกัน
- ตามการประยุกต์ใช้หลักการอนุรักษ์พลังงานกับปริมาณในกระบอกสูบ
- สามารถประมาณค่า Q_{ch} (พลังงานเคมีที่ปล่อยออกมาของเชื้อเพลิงเป็นฟังก์ชันของมุมข้อเหวี่ยง) และอนุพันธ์ที่สัมพันธ์กับมุมข้อเหวี่ยง กล่าวคือ **HRR** (อัตราการปล่อยความร้อน) บนพื้นฐานของแรงดันในกระบอกสูบที่วัดได้

วิธีการหลายโซน

- ขึ้นอยู่กับการรวมโปรไฟล์ตัวแปรแบบคาดการณ์ล่วงหน้าที่ไม่อยู่กับที่โมเดล **1D spray** ด้วยแบบจำลองทางอุณหพลศาสตร์ **MULTIZONE** ของการเผาไหม้ในกระบอกสูบและแบบจำลองย่อยของการก่อกำเนิดมลพิษ (**NOx, PM, CO, HC**).
- อินพุตที่ต้องการ:
 - ประวัติเวลาแรงดันในกระบอกสูบ
 - ประมาณการอัตราการฉีด
- เอาท์พุตหลัก:
 - อุณหภูมิและมวลเวลา-ประวัติศาสตร์ของโซน
 - ประวัติเวลาของการปล่อยมลพิษ (**NOx, PM, CO, HC**) ในห้องเผาไหม้



วิธีการเรียลไทม์ไซนเดียว

$$\frac{dQ_{ch}}{d\theta} = \underbrace{\frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{d\theta}}_{Q_n} + \underbrace{\frac{dQ_{cr}}{d\theta}}_{\text{Losses due to crevices}} + \underbrace{\frac{dQ_{ht}}{d\theta}}_{\text{Heat losses}}$$

Q_{ch} : พลังงานที่ปล่อย (หรือรวม) พลังงานเคมี

Q_n : พลังงานสุทธิของประจุ

θ : มุมข้อเหวี่ยง

V : ปริมาตรกระบอกสูบ

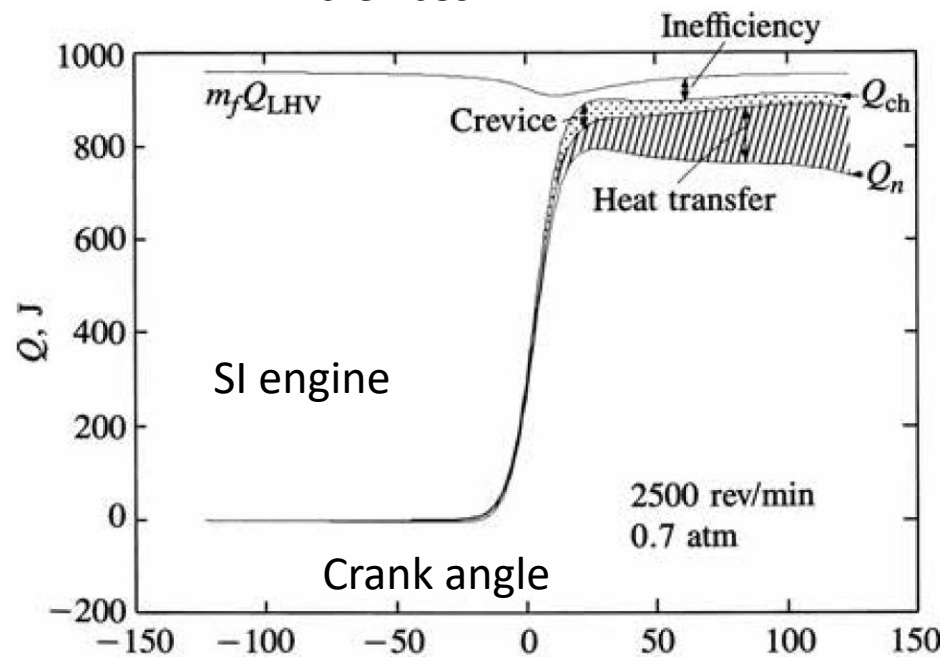
p : วัตความดันในกระบอกสูบ

Q_{ht} : ความร้อนแลกเปลี่ยนโดยประจุกับผนัง

m_f : มวลเชื้อเพลิง

Q_{LHV} : ค่าความร้อนที่ต่ำกว่าของเชื้อเพลิง

$\gamma = c_p/c_v$ (อัตราส่วนความร้อนจำเพาะ)



1. Plotkin S. et al. Hybrid Electric Vehicle Technology Assessment : Methodology , Analytical Issues , and Interim Results
2. EDWARDS Robert, LARIVE' Jean-Francois, BEZIAT Jean-Christophe "Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Power Trains in the European Context – Report", Version 3c, available on <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec>
3. Edwards R, Mahieu V, Griesemann JC, Larivé JF, Rickeard DJ. Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. SAE transactions. 2004 Jan 1:1072-84.
4. WEO-2016 Special Report: Energy and Air Pollution
5. Heywood J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill Education, 2nd edition, 2018.
6. El-Mahallawy F. and Habik S., "Fundamentals and Technology of Combustion", Elsevier, 1st edition, 2002.
7. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-eea-33-emissions-4#tab-chart_1
8. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>
9. www.dieselnet.com
10. "Diesel Engine Management Systems and Components", Bosch Professional Automotive Information, Springer Vieweg, 2014.

บรรณานุกรม (ต่อ)



11. “Gasoline-Engine Management Systems and Components”, Bosch Professional Automotive Information, Springer Vieweg, 2015.
12. d’Ambrosio S. and Ferrari A., “Effects of exhaust gas recirculation in diesel engines featuring late PCCI type combustion strategies”, Energy Conversion and Management 105 (2015) 1269–1280.
13. Finesso R, Spessa E. Analysis of combustion and emissions in a EURO V diesel engine by means of a refined quasi-dimensional multizone diagnostic model. SAE International Journal of Engines. 2012 Aug 1;5(3):886-908.
14. <https://www.ertrac.org/>
15. IEA, WEO 2016, Special report on Energy and Air Pollution (<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>)
16. Klaus Land “Potential for reducing emissions from road traffic and improving air quality” European Parliament ENVI Committee – Public Hearing on Air Quality Policy
17. Reducing CO2 emissions from passenger cars https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_el
18. CO2 Emission Standards For Passenger Cars And Light-commercial Vehicles In The European Union (https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf)
19. https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en
20. Lecture materials from Prof. Ezio Spessa, Stefano d’Ambrosio and Mirko Baratta of Politecnico di Torino





Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP