



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาและกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐาน
ที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางระหว่างประเทศ

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมินท์ กิระวานิช และคณะ

14 สิงหาคม พ.ศ. 2557

สัญญาเลขที่ RDG5650041

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาและกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสม
สำหรับการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางระหว่างประเทศ

คณะผู้วิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมินท์ กิระวานิช
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย แสงเพชรงาม
4. นายกฤษณะ แพทย์จะเกร็ง
5. นายกฤษฎา แสนสมบูรณ์
6. นายคมกฤษ สุภัททน์นันทกุล
7. นายธนศ ศรีเอกพาณิชย์
8. นายอชิป เรี้ยนสูงวงศ์

ชื่อผู้รับทุน : รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมินท์ กิระวานิช

โครงการเริ่มเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 รวมเวลาที่ทำวิจัยทั้งสิ้น 12 เดือน

สัญญาเลขที่ RDG5650041

โครงการการศึกษาและกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการ
เชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางระหว่างประเทศ

สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

Output		ในกรณีล่าช้าให้ท่านระบุสาเหตุ และการแก้ไขที่ดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ	ผลสำเร็จ	
1. วางแผนการดำเนินงาน สืบค้นเพื่อเก็บ ข้อมูลเบื้องต้นเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐาน งานระบบรางรถไฟ ระบบไฟฟ้า และระบบ อาณัติสัญญาณ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ โครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรถไฟ	100%	
2. สัมภาษณ์ผู้ประกอบการเครือข่ายระบบ ราง	100%	
3. ดำเนินการตรวจเยี่ยมเครือข่ายระบบราง	100%	
4. จัดทำรายงานความก้าวหน้ารอบ 6 เดือน	100%	
5. การดำเนินการตรวจเยี่ยมเครือข่ายระบบ ราง	100%	
6. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบโครงสร้าง พื้นฐานการขนส่งระบบรางตามประเทศ ภูมิภาคและประเทศที่มีการพัฒนาใช้ระบบ รางเป็นหลักโดยอ้างอิงกับมาตรฐานสากล	100%	
7. สรุปผลการดำเนินการโครงการ	100%	
8. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	100%	

ลงนาม 

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่14 พ.ย. 2557.....

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปี 2558 ได้ส่งผลกระทบต่อที่หลากหลายด้านกับประเทศสมาชิกอาเซียนและประเทศอื่นๆที่สัมพันธ์กับอาเซียน ในช่วงเวลาที่อาเซียนกำลังจะก้าวไปสู่ความเป็นประชาคมเดียวกันนั้น การสนับสนุนของรัฐบาลไทยในด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการเชื่อมต่อระบบคมนาคม โดยเฉพาะระบบขนส่งทางรางสู่ประเทศเพื่อนบ้านจึงเป็นนโยบายที่สำคัญและเร่งด่วนซึ่งเห็นได้จากเม็ดเงินจากการลงทุนและแผนพัฒนาระยะยาวเพื่อรองรับโครงการระบบรางต่างๆ ในอนาคตอันจะก่อให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางทั้งในและระหว่างประเทศ

การวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาที่เน้นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ (1) เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานภายใต้มาตรฐานสากล และ (2) เพื่อกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางของประเทศ โดยทำการศึกษาค้นคว้าประกอบและปัจจัยที่จำเป็นต่างๆ ที่ทำให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบย่อยในเครือข่ายระบบรางระหว่างประเทศ ซึ่งมีฐานข้อมูลหลักคือ “ข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน” (Technical Specification for Interoperability: TSI) ซึ่งเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานและข้อกำหนดที่นำเสนอเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางในภูมิภาค

ในการศึกษานี้ นอกเหนือจากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารรายงานผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนยุทธศาสตร์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางราง แผนวิสาหกิจของการรถไฟแห่งประเทศไทย และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ยังได้รวบรวมข้อมูลจากการเยี่ยมชมและสัมภาษณ์หน่วยงานต่างๆ ทางภาครัฐและเอกชน ทั้งในและนอกประเทศ ซึ่งขั้นตอนประกอบด้วย การลงพื้นที่เก็บข้อมูล การสัมภาษณ์เชิงลึก และการศึกษาดูงาน โดยบทสรุปจากการเดินเก็บข้อมูลทาง ในด้านการเชื่อมโยงระบบรางระหว่างประเทศพบว่าแนวทางที่เหมาะสมคือการดำเนินการตามกรอบข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค TSI เป็นแนวทางภายใต้บทบัญญัติที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบราง (Interoperability Directive) ที่ใช้เป็นข้อบังคับเพื่อสร้างเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันภายในระบบรถไฟของประเทศสมาชิก เงื่อนไขเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการก่อสร้าง การบริการ การปรับปรุง การต่ออายุการเดินรถและการบำรุงรักษาของระบบ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของอาชีวะและสภาวะสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานที่ทำงานเดินรถและบำรุงรักษาซึ่งจะครอบคลุมระบบรถไฟระบบย่อย (subsystems) และองค์ประกอบการทำงานร่วมกัน (interoperability constituents)

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ประกอบด้วยรายงานการศึกษาที่มีข้อเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางที่สามารถนำเสนอแนวทางที่มีความเป็นสากลและเหมาะสมกับบริบทประเทศไทย ซึ่งส่งผลให้สามารถช่วยลดขั้นตอนการสืบค้นทางเลือกในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางราง นอกจากนี้ยังผลิตคู่มืออ้างอิงที่มีหลักวิชาการสำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

โครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางราง โดยเป็นการยกระดับการจัดการความรู้ด้านกระบวนการพิจารณาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงระบบขนส่งทางรางข้ามพรมแดน

สำหรับเนื้อหาในภาพรวมของงานวิจัยฉบับนี้มีรายละเอียดดังนี้ บทที่ 1 ได้แสดงให้เห็นถึงแผนการดำเนินงานของโครงการวิจัย บทที่ 2 ทบทวนกรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค และโครงการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคที่สำคัญซึ่งเป็นตัวกำหนดทิศทางของการลงทุนเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางของประเทศ บทที่ 3 สรุปข้อกำหนดทางด้านเทคนิคเพื่อเป็นกรอบให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบรางในประเทศภูมิภาค สำหรับผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 นำไปสู่แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรางที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศสมาชิกในภูมิภาค สำหรับผลการดำเนินงาน ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ได้ถูกสรุปไว้ในบทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางสำหรับประเทศไทย ในเบื้องต้นควรมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1. แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคจากกรณีศึกษาโดยใช้ตัวอย่างที่มีการยอมรับ เนื่องจากว่าการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานกับประเทศมาเลเซียมีรูปแบบและแนวทางที่ปฏิบัติมาเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางก็ควรเริ่มจากเรียนรู้กรณีศึกษาจากการเชื่อมโยงระบบรางกับประเทศมาเลเซียโดยมีการพัฒนาตามข้อมูลตัวอย่างที่ได้รับพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพในสหภาพยุโรป

การดำเนินการเริ่มจากการทำรายการตรวจสอบ (checklist) เพื่อใช้สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการผลักดันให้เกิดการเชื่อมต่อเครือข่าย โดยรายการตรวจสอบนี้จะใช้เปรียบเทียบพารามิเตอร์และฟังก์ชันการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ที่มีใช้งานโดยการรถไฟแห่งประเทศไทยในปัจจุบันกับรายการขององค์ประกอบที่กำหนดตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC ของสหภาพยุโรป รวมถึงการประเมินทั้งอุปกรณ์และระบบย่อยทั้งหมดเพื่อออกใบอนุญาตการเดินรถไฟระหว่างประเทศภูมิภาค ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจจะไม่ครบทุกหัวข้อตามแบบปฏิบัติที่ใช้ในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปแต่สามารถนำมาเริ่มพัฒนาเป็นแนวปฏิบัติตามบริบทของการบริการรถไฟของประเทศไทย

2. แนวทางการพัฒนาข้อกำหนดการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคโดยใช้โครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก การพิจารณาข้อกำหนดที่สำคัญร่วมกับประเทศเพื่อนบ้านอาเซียนอาจดำเนินการผ่านคณะทำงานที่ตั้งขึ้นตามโครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก โดยอาจมีรูปแบบคณะทำงานด้านหลักต่างๆ ดังนี้

2.1 ด้านการเชื่อมต่อเครือข่าย (Network Connectivity)

2.2 ด้านการรวมเครือข่าย (Network Integration)

2.3 ด้านการทำงานร่วมกัน (Network Interoperability)

2.4 ด้านความร่วมมือ (Partnerships)

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. ควรทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล “ข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน” เพิ่มเติมในประเด็นของเทคโนโลยีด้านการทำงานหรือการเดินรถนอกเหนือจากประเด็นของเทคโนโลยีด้านโครงสร้างพื้นฐาน
2. ผลักดันให้งานวิจัยเข้าไปมีบทบาทต่อผู้ใช้ประโยชน์ในเครือข่ายผ่านเวทีของสมาคมการรถไฟของกลุ่มประเทศอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Mekong Railway Association : GMRA) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการทำงานร่วมกันในเรื่องมาตรฐานด้านเทคนิคในการเดินรถไฟระหว่างประเทศ ลดขั้นตอนและประสานกระบวนการขนส่งคนและสินค้าข้ามพรมแดน การกำกับดูแลโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือด้านรถไฟของประเทศสมาชิกให้มีความทันสมัย เพียงพอต่อการให้บริการ รวมทั้งการเพิ่มบทบาทของภาคเอกชนในกระบวนการวางแผนและพัฒนาโครงข่ายเส้นทางรถไฟของอนุภูมิภาค

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์และเปรียบเทียบเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานในการพัฒนาระบบรางภายใต้มาตรฐานสากล และ (2) เสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางของประเทศเพื่อนำไปสู่การเชื่อมต่อบริเวณคมนาคม โดยเฉพาะระบบขนส่งทางรางสู่ประเทศเพื่อนบ้านอันเป็นนโยบายที่สำคัญและเร่งด่วนซึ่งเห็นได้จากเม็ดเงินจากการลงทุนและแผนพัฒนาระยะยาวเพื่อรองรับโครงการระบบรางต่างๆ ในอนาคตอันใกล้จะก่อให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางทั้งในและระหว่างประเทศ

วิธีการวิจัยในการศึกษานี้ประกอบด้วย (1) การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารรายงานผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนยุทธศาสตร์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางราง แผนวิสาหกิจของการรถไฟแห่งประเทศไทย และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ (2) การรวบรวมข้อมูลจากการเยี่ยมชมและสัมภาษณ์หน่วยงานต่างๆ ทางภาครัฐและเอกชน ทั้งในและนอกประเทศ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในด้านการเชื่อมโยงระบบรางระหว่างประเทศคือกรอบข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค (Technical Specification for Interoperability, TSI) ซึ่งเป็นบทบัญญัติเกี่ยวกับการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบราง (Interoperability Directive) ที่ใช้เป็นข้อบังคับเพื่อสร้างเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันภายในระบบรถไฟของประเทศสมาชิกในเครือข่าย เงื่อนไขเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการก่อสร้าง การบริการ การปรับปรุง การต่ออายุ การเดินรถและการบำรุงรักษาของระบบ รวมถึงการกำหนดสถานะแวดล้อมและความปลอดภัยของพนักงานที่ทำงานเดินรถและบำรุงรักษาซึ่งจะแบ่งการพิจารณาตามระบบย่อย (subsystems) และองค์ประกอบการทำงานร่วมกัน (interoperability constituents)

ผลจากการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ด้านการวิเคราะห์จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบระบบย่อยที่ใช้ในการพิจารณาความพร้อมในการเชื่อมโยงระบบรางระหว่างประเทศโดยยึดตามกรอบมาตรฐานของ TSI ในสหภาพยุโรปอันประกอบด้วยโครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure) ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System) ระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling System) และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks) พบว่านอกเหนือจากนโยบายของประเทศและความสัมพันธ์ระหว่างประเทศทั้งสองแล้ว ประเทศไทยกับมาเลเซียมีปัจจัยความพร้อมในการเชื่อมต่อมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศสปป.ลาว กัมพูชา และพม่า กล่าวคือมีโครงสร้างรางรถไฟที่เป็นขนาด meter gauge เหมือนกันและมีการให้บริการเดินรถไฟดีเซลรางระหว่างประเทศ

ผลจากการวิจัยยังได้เสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางที่มีความเป็นสากลและเหมาะสมกับบริบทประเทศไทย โดยเริ่มจากประเทศมาเลเซียซึ่งมีรูปแบบและแนวทางที่ปฏิบัติกันมานาน ดังนั้นการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางก็ควรเริ่มจากเรียนรู้

กรณีศึกษาจากการเชื่อมโยงระบบรางกับประเทศมาเลเซียโดยมีการพิจารณาข้อตามตัวอย่างที่ได้รับพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพในสหภาพยุโรป

การดำเนินการอาจเริ่มจากการใช้รายการตรวจสอบ (checklist) ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยนี้โดยการรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการผลักดันให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบราง ซึ่งรายการตรวจสอบนี้จะใช้เปรียบเทียบพารามิเตอร์และฟังก์ชันการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ที่มีใช้งานโดยการรถไฟแห่งประเทศไทยในปัจจุบันกับรายการขององค์ประกอบที่กำหนดตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC ของสหภาพยุโรป รวมถึงการประเมินทั้งอุปกรณ์และระบบย่อยทั้งหมดเพื่อออกใบอนุญาตการเดินรถไฟระหว่างประเทศภูมิภาค ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจจะไม่ครบทุกหัวข้อตามแบบปฏิบัติของประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปแต่สามารถใช้งานได้ตามบริบทของการบริการรถไฟของประเทศไทยกับภูมิภาค

นอกจากนี้ยังมีการเสนอแนวทางการพัฒนาข้อกำหนดการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคโดยใช้โครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก เช่น เครือข่ายสมาคมการรถไฟของกลุ่มประเทศอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Mekong Railway Association: GMRA) และเป็นเวทีพิจารณาข้อกำหนดที่สำคัญร่วมกันซึ่งดำเนินการผ่านคณะทำงานย่อยที่ตั้งขึ้นตามโครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก โดยอาจมีรูปแบบคณะทำงานด้านหลักต่างๆ เช่น ด้านการเชื่อมต่อเครือข่าย (Network Connectivity) ด้านการรวมเครือข่าย (Network Integration) ด้านการทำงานร่วมกัน (Network Interoperability) และด้านความร่วมมือ (Partnerships)

Abstract

This research aims to (1) analyze and compare infrastructural technologies in the development of rail system under international standards and (2) propose the guideline to apply appropriate infrastructural technology in building domestic rail network system contributed to the regional links between neighboring countries. Driven by urgent key policies clearly seen from big investments and long term development plan of the government committed to several rail system projects, such a regional rail network is likely to achieve in the future.

The research methodology in this work consists of (1) the study from a financial report, national economic and social development plan, strategic map of the organizations related to the rail transit system, state-enterprise plan by the State Railway of Thailand, and related researches and reports, and (2) the collection of information from survey and interviews from both domestic and overseas public and private sectors.

Technical Specification for Interoperability or TSI is a perfect tool to analyze and determine the appropriate guideline in linking the rail network. This Interoperability Directive is mandatory in order to create the conditions that will cause a rail cooperation of the network member countries. The Interoperability Directive basically involves the design, construction, renovation, renewal, operation, and maintenance of the rail system. Also included in the consideration are the environmental condition, and the operation and maintenance safety of employees at work. The analysis is proceeded accordingly to subsystems and interoperability constituents.

According to the objectives, the research outputs are based on the comparative analysis of the subsystem elements essentially required in determining the readiness in forming the rail network. The TSI framework focuses on railway infrastructure, electrification system, signalling system, and passenger locomotive & rolling stocks. From the results, it can be concluded that, besides the rigid policy and relations between Thailand and Malaysia, the promptness of infrastructural technologies in linking the network dominates that from other countries, i.e., Laos, Cambodia, and Myanmar. That is, the railway infrastructures of both countries are technically and physically compatible and, in addition, there are rail transportation services scheduled regularly between two countries by diesel locomotives.

The result has also recommended the infrastructural technology guideline relevant to Thailand. The process should start by learning from the case study of long-established Thailand-Malaysia rail linking system taking into account models that has been developed effectively in the European Union.

The process may start through the use of the checklist, the output from this research, where the main user is the State Railway of Thailand, who plays a major role in building the network rail system. The advantage of the checklist also includes the approach to evaluate the equipment and the subsystems in order to issue EC declaration of verification that can authorize both subsystems and vehicles for placing into service. This checklist will be used to compare the parameters and relevant functions between those currently in use by Thai State railway of Thailand and those defined in the Directive 2008/57/EC. It is unlikely that the list of equipments will be entirely counted where only relevant parts are required for the operation by the State Railway of Thailand.

To further develop the linking of the rail network, the proposed guideline also suggests the make use of the cooperative structure between the member countries, such as that of Greater Mekong Railway Association (GMRA), as a forum in sharing the essential requirements. Such mechanism can be performed through working groups established in accordance with the cooperative structure between the member countries. The working groups, in principle, can be categorized by the topics to focus, for example, the network connectivity, the network integration, the network interoperability, and the partnerships.

สารบัญ

1. บทนำ	1-1
1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-2
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	1-2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1-2
1.5 ความก้าวหน้าในการดำเนินงาน	1-3
2. ทบทวนข้อมูลและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	2-1
2.1 กรอบและโครงการความร่วมมือที่มีผลต่อการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟกับประเทศภูมิภาค	2-1
2.1.1 กรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค	2-1
2.1.2 โครงการพัฒนาเครือข่ายการขนส่งในภูมิภาคที่สำคัญ	2-7
2.2 นโยบายและแผนงานระบบขนส่งทางรางในประเทศภูมิภาค	2-12
2.2.1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	2-12
2.2.2 มาเลเซีย	2-16
2.2.3 พม่า	2-18
2.2.4 กัมพูชา	2-20
2.2.5 ความคืบหน้าการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค	2-22
2.3 การเก็บข้อมูล	2-24
2.3.1 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ	2-24
2.3.2 การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ	2-25
2.3.3 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์เชิงลึก ณ ด้านศุลกากรปาดังเบซาร์	2-26
2.3.4 การศึกษาฐานและสัมภาษณ์เชิงลึก ณ ประเทศเยอรมัน	2-27
3. เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานเชื่อมโยงเครือข่ายระบบราง	3-1
3.1 เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบราง	3-1
3.1.1 ส่วนประกอบหลักของโครงสร้างพื้นฐานระบบราง	3-2
3.1.2 ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรถไฟ	3-25
3.2 ปัจจัยในการพิจารณาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟจากตัวอย่างในสหภาพยุโรป	3-26
3.2.1 จัดการด้านความสอดคล้อง (harmonization) ในการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค	3-28
3.2.2 ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน (Technical Specification for Interoperability)	3-30

3.2.3	ระบบย่อย (Subsystems)	3-32
3.2.4	ความต้องการที่จำเป็นสำหรับระบบย่อยด้านโครงสร้าง (Essential requirements)	3-34
3.2.5	ขั้นตอนการประเมิน (Assessment)	3-37
3.3	การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (TSI INF)	3-39
3.3.1	ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (Basic parameters)	3-40
3.3.2	อินเตอร์เฟซ (Interface)	3-59
3.3.3	ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)	3-61
3.3.4	การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (EC verification)	3-62
3.4	การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยพลังงาน (TSI ENE)	3-68
3.4.1	ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน (Basic parameters)	3-69
3.4.2	อินเตอร์เฟซ (Interface)	3-77
3.4.3	ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)	3-79
3.4.4	การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (EC verification)	3-79
3.5	การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยขบวนรถไฟ (TSI LOC&PAS RST)	3-83
3.5.1	ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถไฟ (Basic parameters)	3-83
3.5.2	อินเตอร์เฟซ (Interface)	3-149
3.5.3	ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)	3-152
3.5.4	การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (EC verification)	3-152
3.6	การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (TSI CCS)	3-171
3.6.1	ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (Basic parameters)	3-171
3.6.2	อินเตอร์เฟซ (Interface)	3-182
3.6.3	ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)	3-184
3.6.4	การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (EC verification)	3-186
4.	การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางและข้อเสนอแนะต่อปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟ ในภูมิภาค	4-1
4.1	การเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้ายานไทย – มาเลเซีย	4-1
4.2	การเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้ายานไทย – สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	4-6
4.3	การเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้ายานไทย – กัมพูชา	4-9
4.4	การเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้ายานไทย – พม่า	4-13

4.5 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบราง	4-19
4.5.1 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟฟ้าในภูมิภาคจากกรณีศึกษาโดยใช้ตัวอย่างที่มีการยอมรับ	4-19
4.5.2 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟฟ้าในภูมิภาคโดยใช้โครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก	4-22
5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป	5-1
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	5-1
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป	5-3

ภาคผนวก

- ก. รายการตรวจสอบ (checklist) สำหรับการทำงานร่วมกัน (interoperability) ในเครือข่ายรถไฟฟ้าสำหรับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน – พลังงาน – ขบวนรถไฟฟ้า – คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ
- ข. ผลจากการประเมินเบื้องต้นของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานจากผู้ใช้ประโยชน์ (ฝ่ายการช่างโยธาการรถไฟแห่งประเทศไทย)

1. บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ใน พ.ศ. 2558 ประเทศสมาชิกอาเซียนได้กำหนดและวางแผนเพื่อพัฒนาและยกระดับความร่วมมือระหว่างกันไปสู่ทิศทางที่ก้าวหน้าอีกระดับหนึ่งด้วยการจัดตั้งประชาคมอาเซียน (ASEAN Community: AC) ขึ้นเพื่อสนับสนุนการรวมตัวและความร่วมมือระหว่างกันอย่างรอบด้าน ประกอบด้วย 3 เสาหลัก ได้แก่ ประชาคมการเมืองและความมั่นคงอาเซียน (ASEAN Political-Security Community: APSC) ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) และประชาคมสังคมและวัฒนธรรมอาเซียน (ASEAN Socio-Cultural Community: ASCC) สำหรับประเทศไทยเองได้มีการเตรียมพร้อมในเชิงนโยบาย ซึ่งปรากฏทั้งในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555 ถึง 2559 และการเตรียมพร้อมเชิงกลไก ได้แก่ การจัดตั้งคณะกรรมการอาเซียนแห่งชาติซึ่งมีรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศเป็นประธาน

ภายใต้การพัฒนาไปสู่ประชาคมอาเซียนนั้น ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนมักได้รับความสนใจและกล่าวถึงเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีโอกาสนำมาซึ่งความเปลี่ยนแปลงภายในภูมิภาคอย่างกว้างขวาง โดยแนวโน้มนการพัฒนาสำคัญที่จะเกิดจากประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ได้แก่ การจัดระบบและการเพิ่มขึ้นของการค้า การลงทุนและการบริการระหว่างประเทศ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและขยายตัวของเมือง การบริหารงานชายแดน การปฏิสัมพันธ์ทางสังคมอย่างใกล้ชิด การเคลื่อนย้ายคน และการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและการสื่อสาร กล่าวโดยย่อแล้วประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนนี้จะพลิกโฉมอาเซียนให้กลายเป็นภูมิภาคที่มีการไหลเวียนของสินค้า บริการ การลงทุน แรงงานฝีมือ และเงินทุนต่างๆ อย่างเสรี

ในการประชุมสุดยอดอาเซียนครั้งที่ 17 ณ กรุงฮานอย ประเทศเวียดนาม เมื่อวันที่ 29 ถึง 30 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ที่ประชุมได้เห็นชอบร่างแผนแม่บทว่าด้วยความเชื่อมโยงระหว่างกันในอาเซียนเพื่อใช้เป็นยุทธศาสตร์ขับเคลื่อนให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างกันในอาเซียนปี พ.ศ. 2554 ถึง 2558 หนึ่งในนั้นคือการเชื่อมโยงทางกายภาพ ซึ่งรวมถึงการเชื่อมโยงผ่านระบบการขนส่งทางรางที่เป็นเส้นทางรถไฟเชื่อมโยง 8 ประเทศ โดยมีเส้นทางหลักที่ผ่าน 6 ประเทศ คือ สิงคโปร์ มาเลเซีย ไทย กัมพูชา เวียดนาม และจีน (คุนหมิง) และมีเส้นทางแยกอีก 2 สาย คือ ระหว่างไทยกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และระหว่างไทยกับพม่า

ดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการพัฒนาบริการขนส่งและโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานสากล โดยเฉพาะรูปแบบบริการขนส่งทางรถไฟความเร็วสูงที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 และสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลปัจจุบันที่ต้องการพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางของสมาคมอาเซียนด้านการขนส่งในอนาคต โดยการดำเนินงานของแผนงานเป็นไปตาม

ยุทธศาสตร์ข้อ 5 ของยุทธศาสตร์การการสร้างความเชื่อมโยงกับประเทศในภูมิภาคเพื่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม

เป้าหมายหลักของโครงการนี้จึงเป็นการดำเนินการรวบรวมองค์ความรู้พื้นฐานการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟขั้นต่ำที่จำเป็น 3 ด้านซึ่งประกอบด้วย (1) ความต้องการที่จำเป็นสำหรับระบบย่อย (2) ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยที่ใช้พิจารณาการเชื่อมต่อกับระบบย่อยอื่นๆ และ (3) องค์ประกอบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ทำงานร่วมกัน โดยข้อมูลทั้ง 3 ด้านนี้จะถูกนำมาใช้ในการประเมินการทำงานร่วมกันของระบบย่อยทั้ง 4 อัน ได้แก่ โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure) ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System) ระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling System) และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks) นอกจากนี้ยังนำเสนอแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีระบบรางที่เหมาะสมของประเทศและใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการด้านวิศวกรรมในการพัฒนาการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางในภูมิภาค

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักได้แก่

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานด้านโครงสร้างรางรถไฟ ระบบการจ่ายไฟฟ้ารถไฟ ระบบอาณัติสัญญาณ และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า ภายใต้มาตรฐานสากล

1.2.2 เพื่อกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางของประเทศ

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1.3.1 ผู้วิจัยจะศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยีในการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบขนส่งทางรางระหว่างประเทศในภูมิภาคอาเซียนและประเทศที่มีการพัฒนาใช้งานระบบรางเป็นระบบหลัก

1.3.2 ผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานของระบบรางที่ประกอบด้วยโครงสร้างรางรถไฟ ระบบการจ่ายไฟฟ้ารถไฟ ระบบอาณัติสัญญาณ และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินโครงการจะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลัก และรายละเอียดของแผนการดำเนินโครงการจะถูกแจกแจงอยู่ในตาราง ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 การวางแผนการดำเนินงานและสืบค้นเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยจะทำการแบ่งกลุ่มของเป้าหมายหลักที่จะศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานงานระบบโครงสร้างรางระบบไฟฟ้า ระบบขบวนรถไฟ และระบบอาณัติสัญญาณ

1.4.2 การดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเครือข่ายระบบรางเพื่อนำมาข้อมูลจริงมาเข้าร่วมวิเคราะห์ถึงปัจจัยพื้นฐานและปัจจัยเสี่ยง

1.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางตามประเทศภูมิภาคและประเทศที่มีการพัฒนาใช้ระบบรางเป็นหลักโดยอ้างอิงกับมาตรฐานสากล

1.4.4 สรุปผลการดำเนินการโครงการและจัดทำเอกสารอ้างอิงที่มีหลักวิชาการสำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางที่เหมาะสมกับบริบทประเทศไทย

1.5 กิจกรรมการดำเนินงาน

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้นำเสนอเนื้อหาตามรายละเอียดในบทที่ 2 บทที่ 3 และ บทที่ 4 ซึ่งสอดคล้องตามการดำเนินงานในสามส่วนหลักคือ ข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบันของระบบรางรวมถึงโครงการรถไฟในประเทศไทยเพื่อเป็นตัวระบุแนวโน้มและปัจจัยต่างๆ ในการพัฒนาระบบรางในและระหว่างประเทศ ข้อมูลของระบบรางในกลุ่มสหภาพยุโรป และส่วนสุดท้ายคือแนวทางการพัฒนาระบบรางในอาเซียนโดยจะเน้นศึกษาจากเครือข่ายที่มีอยู่แล้วและโครงสร้างพื้นฐานในภูมิภาค กิจกรรมการดำเนินงานของโครงการแสดงในตารางที่ 1.4-1

ตารางที่ 1.4-1 แผนการดำเนินงานและความคืบหน้าของโครงการ

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
วางแผนการดำเนินงาน												
ผลการดำเนินงาน												
เก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์												
ผลการดำเนินงาน												
การดำเนินการตรวจเยี่ยมเครือข่ายระบบราง												
ผลการดำเนินงาน												
วิเคราะห์ข้อมูล												
ผลการดำเนินงาน												
สรุปผลการดำเนินการโครงการ												
ผลการดำเนินงาน												

บรรณานุกรม

1. สำนักนโยบายและแผน สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย (2555) รายงานการศึกษาโอกาสและผลกระทบของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนต่อกระทรวงมหาดไทย

2. ทบทวนข้อมูลและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้นำเสนอรายงานผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนยุทธศาสตร์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางราง แผนวิสาหกิจของการรถไฟแห่งประเทศไทย รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และโครงการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคที่สำคัญ ซึ่งเป็นตัวกำหนดทิศทางการลงทุนเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางของประเทศ นอกจากนี้ยังได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการเยี่ยมชมและสัมภาษณ์หน่วยงานต่างๆ ทางภาครัฐและเอกชน ทั้งในและนอกประเทศ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบราง (Interoperability) ของประเทศในภูมิภาค

2.1 กรอบและโครงการความร่วมมือที่มีผลต่อการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟกับประเทศภูมิภาค

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทบทวนกรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค รวมถึงแผนและโครงการพัฒนาที่มีผลต่อการขนส่งทางรถไฟ โดยเนื้อหาในส่วนนี้ประกอบด้วยกรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค และโครงการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคที่สำคัญ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 กรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค

จากการที่ประเทศไทยได้ทำข้อตกลงความร่วมมือกับประเทศในภูมิภาค ส่งผลให้ทิศทางการพัฒนาในอนาคตเป็นไปในลักษณะของการรวมตัวเป็นกลุ่มประเทศ ที่มีการเชื่อมต่อกัน โดยมีการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนให้การเชื่อมต่อระหว่างประเทศต่างๆ ในภูมิภาค เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อด้านโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของโครงข่ายทางรางระหว่างประเทศจึงจำเป็นต้องศึกษาและทบทวนกรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาคซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Association of South East Asian Nations: ASEAN)

จากการที่ประเทศไทยได้ทำข้อตกลงความร่วมมือกับประเทศในภูมิภาคโดยเฉพาะการรวมเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) ซึ่งมีแนวคิดให้อาเซียนเป็นเขตการผลิตและตลาดเดียวที่มีการเคลื่อนย้ายสินค้า บริการ การลงทุน เงินทุน และแรงงานมีฝีมืออย่างเสรี เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอาเซียนในตลาดโลก โดยอาศัยการเชื่อมโยงกันในกลุ่มประเทศสมาชิก ทั้งการเชื่อมโยงทางกายภาพ การเชื่อมโยงเชิงสถาบันและการเชื่อมโยงประชาชน ที่มีการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนให้การเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตและการบริการไปสู่ภูมิภาคต่างๆ เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงทางเศรษฐกิจจึงมีการจัดทำพิมพ์เขียวเพื่อจัดตั้งประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC Blueprint) เพื่อให้ประเทศสมาชิกได้พัฒนาระบบเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงกัน ให้เกิดประสิทธิภาพในการแข่งขันในระดับภูมิภาคได้ โดยที่ประชาคมอาเซียนได้วางแนวทางการพัฒนาแผนยุทธศาสตร์ด้านการขนส่งที่เรียกว่า ASEAN Strategic

Transport Plan (ATAP) 2011-2015 ซึ่งวางแนวทางการพัฒนาระบบขนส่งของประเทศสมาชิก เพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนา AEC ให้ได้ประโยชน์สูงสุด โดยมีกรอบการพัฒนาแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่

- ด้านการขนส่งทางบก มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพ เชื่อมโยง ปลอดภัย และมีความยั่งยืนเชิงสิ่งแวดล้อม ที่เชื่อมโยงการขนส่งทางบก ทั้งทางถนนและรถไฟ ระหว่างประเทศสมาชิก และประเทศคู่ค้าของประเทศสมาชิก
- ด้านการขนส่งทางอากาศ มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดการเปิดเสรีการเดินทางอากาศภายในภูมิภาค เพื่อสนับสนุนความร่วมมือทางเศรษฐกิจ และให้มีระบบการขนส่งทางอากาศที่มีความปลอดภัยในระดับโลก
- ด้านการขนส่งทางน้ำ มีเป้าหมายเพื่อสร้างสาขาการขนส่งทางน้ำ โดยเฉพาะทางทะเล ให้เป็นสาขาที่มีการแข่งขันและมีประสิทธิภาพ และให้มีระบบการขนส่งทางน้ำที่มีความปลอดภัยในระดับโลก
- ด้านการอำนวยความสะดวกการขนส่ง มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดระบบขนส่งและโลจิสติกส์ที่เชื่อมต่อกันระหว่างรูปแบบการขนส่ง (Multi-modal transport) ระหว่างฐานการค้าและการผลิตในประเทศสมาชิก และประเทศคู่ค้าของประเทศสมาชิก

จะเห็นได้ว่าความร่วมมือด้านการขนส่งของอาเซียนได้มุ่งเน้นเรื่องการเสริมสร้างความเชื่อมโยงในการขนส่งหลายรูปแบบการส่งเสริมการเคลื่อนย้ายคนและสินค้าแบบไร้พรมแดนและการส่งเสริมการเปิดเสรีบริการด้านขนส่งทางน้ำและทางอากาศให้ดียิ่งขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกด้านการเคลื่อนย้ายสินค้าในภูมิภาคอาเซียนซึ่งอาเซียนได้จัดทำกรอบความตกลงด้านการอำนวยความสะดวกด้านการขนส่งที่สำคัญ 3 ฉบับ ได้แก่ 1) กรอบความตกลงอาเซียนว่าด้วยการอำนวยความสะดวกในการขนส่งสินค้าผ่านแดน (ASEAN Framework Agreement on the Facilitation of Goods in Transit: AFAFGIT) 2) กรอบความตกลงอาเซียนว่าด้วยการขนส่งหลายรูปแบบ (ASEAN Framework Agreement on Multimodal Transport: AFAMT) และ 3) กรอบความตกลงอาเซียนว่าด้วยการอำนวยความสะดวกในการขนส่งข้ามแดน (ASEAN Framework Agreement on the Facilitation of Inter-State Transport: AFAFIST) ซึ่งกรอบความตกลงทั้ง 3 ฉบับมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดขั้นตอนในกระบวนการด้านการค้า/การขนส่งในอาเซียนให้ง่ายขึ้น มีการปรับประสานกันจัดทำแนวทางและข้อกำหนดร่วมกันในการจดทะเบียนผู้ประกอบการขนส่งผ่านแดนและขนส่งหลายรูปแบบ รวมทั้งส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการขนส่งสินค้าแบบไร้พรมแดน

2) โครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง (Greater Mekong Subregion: GMS)

โครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง (GMS) มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้เกิดการขยายตัวทางการค้า การลงทุนอุตสาหกรรมเกษตร และบริการ สนับสนุนการจ้างงาน และยกระดับความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ให้ดีขึ้นส่งเสริมและพัฒนาความร่วมมือทางเทคโนโลยีและ

การศึกษาระหว่างกันตลอดจนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ส่งเสริมกันอย่างมีประสิทธิภาพส่งเสริมและเพิ่มขีดความสามารถรวมทั้งโอกาสทางเศรษฐกิจในเวทีการค้าโลกโดยเป็นความร่วมมือของ 6 ประเทศ คือ ไทย พม่า ลาว กัมพูชา เวียดนาม และจีน (ยูนนาน) ตั้งแต่ พ.ศ. 2535 โดยมีธนาคารพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank: ADB) เป็นผู้ให้การสนับสนุนหลัก ซึ่งมีเป้าหมายคือความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันความปรองดองและความมั่งคั่งของอนุภูมิภาครวมถึงความพยายามในการลดปัญหาความยากจนและส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยสนับสนุนให้มีการติดต่อและการแข่งขันระหว่างกัน อีกทั้งได้กำหนดให้มีสาขาความร่วมมือจำนวน 9 สาขา ได้แก่ คมนาคมขนส่ง โทรคมนาคม พลังงาน การค้า การลงทุน เกษตร สิ่งแวดล้อม การท่องเที่ยว และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

นอกจากนั้น ยังได้มีความร่วมมือระหว่างประเทศภายใต้แผนงานที่มีลำดับความสำคัญสูง (Flagship Programs) จำนวน 11 แผนงาน ได้แก่

- แผนงานพัฒนาแนวจังหวัดที่เศรษฐกิจเหนือ-ใต้ (NSEC)
- แผนงานพัฒนาแนวจังหวัดตะวันออก-ตะวันตก (EWEC)
- แผนงานพัฒนาแนวจังหวัดตอนใต้ (SEC)
- แผนงานพัฒนาเครือข่ายโทรคมนาคม
- แผนงานซื้อ-ขายไฟฟ้าและการเชื่อมโยงเครือข่ายสายส่งไฟฟ้า
- แผนงานการอำนวยความสะดวกการค้าและการลงทุนข้ามพรมแดน
- แผนงานเสริมสร้างการมีส่วนร่วมและความสามารถในการแข่งขันของภาคเอกชน
- แผนงานพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และทักษะความชำนาญ
- กรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาสิ่งแวดล้อม
- แผนงานการป้องกันน้ำท่วมและการจัดการทรัพยากรน้ำ
- แผนงานการพัฒนาการท่องเที่ยว

3) ความริเริ่มแห่งอ่าวเบงกอลสำหรับความร่วมมือหลากหลายสาขาทางวิชาการและเศรษฐกิจ (Bay of Bengal Initiative for Multi-Sectoral Technical and Economic Cooperation: BIMSTEC)

ความริเริ่มแห่งอ่าวเบงกอลสำหรับความร่วมมือหลากหลายสาขาทางวิชาการและเศรษฐกิจ (BIMSTEC) เป็นกรอบความร่วมมือทางวิชาการและเศรษฐกิจระหว่าง 7 ประเทศในอ่าวเบงกอล ได้แก่ บังกลาเทศ ภูฏาน อินเดีย พม่า เนปาล ศรีลังกา และไทย เป็นการเชื่อมโยงนโยบาย Look East ของกลุ่มประเทศในเอเชียใต้ และนโยบาย Look West ของไทย ที่ต้องการเชื่อมเอเชียใต้เข้ากับเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีความร่วมมือใน 13 สาขา ได้แก่ (1) การค้าและการลงทุน (2) เทคโนโลยี (3) คมนาคม (4) พลังงาน (5) ท่องเที่ยว (6) ประมง (7) เกษตร (8) สาธารณสุข (9) การจัดการสิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติ

(10) การต่อต้านการก่อการร้ายและอาชญากรรมข้ามชาติ (11) การลดความยากจน (12) วัฒนธรรม และ (13) ปฏิสัมพันธ์ในระดับประชาชน สำหรับนโยบายของไทยที่มีต่อ BIMSTEC ได้แก่

- ด้านคมนาคมขนส่ง เป็นการส่งเสริมการพัฒนาความเชื่อมโยงสนับสนุนการดำเนินการตาม การศึกษาด้านโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคมและโลจิสติกส์ที่จัดทำโดย ADB และการทำงานของ Expert Groups ด้านคมนาคม เช่น ผลักดันโครงการทำเรื่อน้ำลึกทวาย และถนนสาม ฝายไทย-พม่า-อินเดีย
- ด้านการค้าการลงทุน เพื่อผลักดันการจัดทำ BIMSTEC FTA ให้สำเร็จโดยให้มีการลงนาม ความตกลงการค้าสินค้าพร้อมตารางข้อผูกพันภาษีภายในปี 2554
- ด้านพลังงานไทยผลักดันการเสริมสร้างความร่วมมือด้านพลังงานระหว่างประเทศสมาชิก โดยเฉพาะเรื่องพลังงานทดแทน พลังงานชีวภาพ และพลังงานน้ำ
- ด้านวัฒนธรรมการท่องเที่ยว และปฏิสัมพันธ์ระดับประชาชน เป็นการสนับสนุนการส่งเสริม การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม และศาสนาร่วมกัน
- สนับสนุนการจัดตั้งสำนักเลขาธิการถาวรของ BIMSTEC โดยเร็ว
- สนับสนุนบทบาทของ development partner เช่น ADB ESCAP ใน BIMSTEC

4) ความร่วมมือทางเศรษฐกิจ อิรวดี-เจ้าพระยา-แม่โขงระหว่างกัมพูชา ลาว เมียนมาร์ ไทย และ เวียดนาม (Ayeyawady-Chao Phraya-Mekong Economic Cooperation Strategy: ACMECS)

ยุทธศาสตร์ความร่วมมือทางเศรษฐกิจ อิรวดี-เจ้าพระยา-แม่โขงระหว่างกัมพูชา ลาว เมียนมาร์ ไทย และเวียดนาม (Ayeyawady-Chao Phraya-Mekong Economic Cooperation Strategy: ACMECS) เป็น กรอบความร่วมมือทางเศรษฐกิจในระดับอนุภูมิภาคที่จัดตั้งขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์จากความแข็งแกร่งและความ หลากหลายของทั้งห้าประเทศสมาชิกเพื่อส่งเสริมการพัฒนาอย่างสมดุล โดยประเทศสมาชิกได้ลงนามใน ปฏิญญาพูกามเพื่อจัดตั้งกรอบความร่วมมือ ACMECS ปัจจุบัน ACMECS ดำเนินความร่วมมือใน 8 สาขา ได้แก่ การอำนวยความสะดวกการค้าการลงทุน การเกษตร อุตสาหกรรมและพลังงาน การเชื่อมเส้นทาง คมนาคมการท่องเที่ยว การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ สาธารณสุข และสิ่งแวดล้อม โดยมีตัวอย่างโครงการที่ สำคัญภายใต้กรอบความร่วมมือ ACMECS ดังนี้

- การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน (Transport Linkages)
 - กัมพูชา: เส้นทาง R48 (เกาะกง-สเรอัมเปิล) / R67 (สะง่า-อันลองเวง-เสียมราฐ)
 - สปป.ลาว: ปรับปรุงสนามบินวัดไต / เส้นทางสายฤดู จ.อุตรดิตถ์-ปากลายแขวงไชยะบูลี / สะพานข้ามแม่น้ำเหือง / เส้นทาง R3 (ห้วยทราย-หลวงน้ำทา) / เส้นทางห้วย โก้น-ปากแบ่ง / สะพานข้ามแม่น้ำโขง แห่ง ที่ 3 (นครพนม-คำม่วน) / สะพาน

ข้ามแม่น้ำโขงแห่งที่ 4 (เชียงของ-ห้วยทราย) / เส้นทางรถไฟหนองคาย-ท่านา
แล้ง-เวียงจันทน์

เมียนมาร์: สะพานข้ามแม่น้ำสายแห่งที่ 2 / เส้นทางแม่สอด-เมียวดี-เชิงเขาตะนาวศรี-ก
กะเร็ก

- การอำนวยความสะดวกการค้าและการลงทุน (Trade and Investment Facilitation) ส่งเสริมการใช้เงินสกุลท้องถิ่นในการค้าขายแดน การยกระดับด่าน การจัดตั้งเมืองคู่แฝดชายแดน (Sister Cities)
- การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ (Human Resource Development) เป็นการดำเนินการฝึกอบรม สัมมนาให้ทุนการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยแก่ประเทศสมาชิก ACMECS ในด้านที่เกี่ยวข้องกับสาขาความร่วมมือภายใต้ ACMECS อาทิ การเกษตร พลังงานอุตสาหกรรม และสาธารณสุข
- การท่องเที่ยว (Tourism) ได้แก่ การจัดทำความตกลงตรวจลงตราเดี่ยว (ACMECS Single Visa) ระหว่างไทย-กัมพูชา
- การเกษตร (Agriculture) ได้แก่ การจัดทำแผนการลงทุนโครงการเกษตรแบบมีสัญญากับประเทศเพื่อนบ้านและการลงนามบันทึกความเข้าใจระหว่างไทยกับสปป.ลาวว่าด้วยความร่วมมือในการส่งเสริมการทำเกษตรแบบมีสัญญา
- สาธารณสุข (Public Health) โดยเฉพาะการเร่งดำเนินการตามแผนความร่วมมือในการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดต่อต่าง ๆ และการให้ความช่วยเหลือในการยกระดับคุณภาพการรักษาพยาบาลพื้นฐานแก่ประเทศเพื่อนบ้าน

5) แผนงานการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่ายอินโดนีเซีย-มาเลเซีย-ไทย (Indonesia-Malaysia-Thailand Growth Triangle: IMT-GT)

แผนงานการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่ายอินโดนีเซีย-มาเลเซีย-ไทย (IMT-GT) ได้เริ่มต้นขึ้นในช่วง พ.ศ. 2536 โดยผู้นำทั้ง 3 ประเทศได้เห็นชอบที่จะให้ผลักดันการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในลักษณะ 'ไตรภาคีระหว่างภาคใต้ของไทย ภาคเหนือของมาเลเซีย และพื้นที่บนเกาะสุมาตราของอินโดนีเซีย โดยธนาคารเพื่อการพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank: ADB) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้และกำหนดแนวทางการดำเนินงาน โดยแสวงหาประโยชน์จากข้อได้เปรียบทางเศรษฐกิจ อันเนื่องมาจากความใกล้ชิดและคล้ายคลึงกันทางสภาพภูมิศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ศาสนา วัฒนธรรมประเพณีและภาษา ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจระหว่าง 3 ประเทศให้มีการใช้ทรัพยากรทางเศรษฐกิจร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยเน้นความร่วมมือด้านการผลิต การส่งเสริมการลงทุนและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของพื้นที่ โดยมีเป้าหมายที่นำไปสู่ (1) การเพิ่มปริมาณการค้าและการลงทุนในพื้นที่เขตเศรษฐกิจสามฝ่าย (2) การเพิ่มปริมาณการส่งออก

จากพื้นที่เขตเศรษฐกิจสามฝ่ายไปยังตลาดทั่วโลก และ (3) การปรับปรุงความเป็นอยู่ของประชากรในพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้นนอกจากนั้นยังมุ่งเน้นให้มีการพัฒนาการเชื่อมโยงด้านโครงสร้างพื้นฐานโดยเฉพาะโครงข่ายคมนาคมขนส่งและระบบสาธารณูปโภคระหว่างประเทศ

อย่างไรก็ตาม IMT-GT ได้มีการปรับเปลี่ยนยุทธศาสตร์การดำเนินงานของกรอบความร่วมมือให้กระชับและเน้นไปสู่การปฏิบัติได้จริงโดยเน้นการพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบของแนวพื้นที่สะพานเศรษฐกิจสงขลา-ปีนัง-เมดาน (Seamless Songkhla-Penang-Medan Economic Development Corridor) ซึ่งในปัจจุบันสาระสำคัญของการพัฒนาความร่วมมือได้มีการปรับปรุงสาขาความร่วมมือ เพื่อให้แผนงาน IMT-GT มีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ IMT-GT Roadmap ทั้งสามฝ่าย โดยมีสาระสำคัญในแต่ละสาขา ดังนี้

- สาขาโครงสร้างพื้นฐานและการขนส่ง เป็นความร่วมมือในด้านโครงสร้างพื้นฐาน มีจุดมุ่งหมายในการบูรณาการทางด้านกายภาพของประเทศ พื้นที่ IMT-GT โดยเป็นการเกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน และสนับสนุนการพัฒนาพื้นที่ให้เกิดความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจประเทศที่ประสานงานหลักคือ มาเลเซีย
- สาขาการค้าและการลงทุน เป็นการอำนวยความสะดวกทางการค้า การลงทุน ในพื้นที่ IMT-GT ลดขั้นตอน มาตรการกีดกันทางการค้า โดยมุ่งเน้นลดต้นทุนในการประกอบธุรกิจ การส่งเสริมการไหลเวียนของสินค้าและบริการในภูมิภาค ประเทศที่ประสานงานหลักคือ มาเลเซีย
- สาขาการท่องเที่ยว ส่งเสริมความร่วมมือด้านการท่องเที่ยว ประเทศที่ประสานงานหลักคือ ไทย
- สาขาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มุ่งเน้นความร่วมมือด้านการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ การเคลื่อนย้ายแรงงาน รวมไปถึงการใช้มาตรการในการยกระดับคุณภาพแรงงาน ประเทศที่ประสานงานหลักคือ อินโดนีเซีย
- สาขาการเกษตร อุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม สร้างความร่วมมือในการเพิ่มพูนการค้า การลงทุน สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและเน้นการจ้างงานในภาคเกษตรและอุตสาหกรรม รวมทั้งร่วมมือพัฒนาทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ IMT-GT ประเทศที่ประสานงานหลักคือ อินโดนีเซีย

จากที่กล่าวมาในข้างต้น จะเห็นได้ว่ากรอบความร่วมมือระดับภูมิภาคต่างๆ มีสาระสำคัญด้านการขนส่งในการสร้างความเชื่อมโยงทั้งที่เป็นความเชื่อมโยงทางกายภาพโดยผ่านการสร้างโครงข่ายทางคมนาคมทางบกทางน้ำและทางอากาศ ตลอดจนถึงการจัดทำกรอบความตกลงว่าด้วยการขนส่ง ในลักษณะการเชื่อมโยงเชิงสถาบัน และการเชื่อมโยงประชาชน จึงทำให้เกิดการความต้องการในการเคลื่อนย้ายสินค้า บริการทุน และคน จากกรอบความร่วมมือต่างๆ สามารถนำมาสรุปเป็นสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งระดับภูมิภาคได้ดังตารางที่ 2.1-1

ตารางที่ 2.1-1 สารสำคัญด้านการขนส่งตามกรอบความร่วมมือระดับภูมิภาค

กรอบความร่วมมือ	สารสำคัญด้านการขนส่งระดับภูมิภาค
 สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (The Association of Southeast Asian Nations : ASEAN)	- การสร้างความเชื่อมโยงภายในอาเซียนทั้งที่เป็นความเชื่อมโยงทางกายภาพโดยผ่านการสร้างโครงข่ายทางคมนาคมทางบกทางน้ำและทางอากาศ - จัดกรอบความตกลงอาเซียนว่าด้วยการขนส่ง เช่น กรอบความตกลงอาเซียนว่าด้วยการอำนวยความสะดวกในการขนส่งสินค้าผ่านแดน (ASEAN Framework Agreement on the Facilitation of Goods in Transit) เป็นต้น
 ความร่วมมือของกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Great Mekong Subregion: GMS)	การพัฒนาเชื่อมต่อโครงสร้างพื้นฐานด้วยกิจกรรมการลงทุนและการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจ ภายใต้ความตกลงว่าด้วยการขนส่งข้ามพรมแดนในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (CBTA) ตามแนวระเบียงเศรษฐกิจ
 ความริเริ่มแห่งอ่าวเบงกอลสำหรับความร่วมมือหลากหลายสาขาทางวิชาการและเศรษฐกิจ (Bay of Bengal Initiative for Multi-Sectoral Technical and Economic Cooperation)	- ส่งเสริมการพัฒนาความเชื่อมโยงด้านโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคมและโลจิสติกส์ - สนับสนุนการดำเนินการตามการศึกษาด้านโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคมและโลจิสติกส์ที่จัดทำโดย ADB และการทำงานของ Expert Groups ด้านคมนาคมผลักดันโครงการท่าเรือน้ำลึกทวายและถนนสามฝ่ายไทย-พม่า-อินเดีย
 ยุทธศาสตร์ความร่วมมือทางเศรษฐกิจ อิรวดี-เจ้าพระยา-แม่โขงระหว่างกัมพูชา ลาว พม่า ไทย และเวียดนาม (The Ayeyawady-Chao Phraya-Mekong Economic Cooperation Strategy: ACMECS)	- พัฒนาและใช้ประโยชน์จากการเชื่อมโยงการขนส่งระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง - อำนวยความสะดวกสำหรับการค้า การลงทุน เกษตรกรรม การผลิตทางอุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว
 แผนงานพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่าย ระหว่างประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย (Indonesia-Malaysia-Thailand Growth Triangle: IMT-GT)	เสริมสร้างความเชื่อมโยงด้านโครงสร้างพื้นฐานเพื่อบูรณาการพื้นที่ IMT-GT โดยเชื่อมโยงโครงข่ายการขนส่งรวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการผ่านข้ามแดนเพื่อประโยชน์ในการเดินทางขนส่งและการไหลเวียนของสินค้ามากยิ่งขึ้น

ที่มา: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2555.

2.1.2 โครงการพัฒนาเครือข่ายการขนส่งในภูมิภาคที่สำคัญ

จากกรอบความร่วมมือ ยุทธศาสตร์ และข้อตกลงระดับภูมิภาคที่มีผลต่อการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในหัวข้อข้างต้น จะเห็นได้ว่าการเชื่อมโยงด้านโครงสร้างพื้นฐานครอบคลุมถึงโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมทั้งโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน ตลอดจนกฎระเบียบที่จำเป็นสำหรับให้บริการด้านต่างๆ โดยการอำนวยความสะดวกทางการค้า การลงทุน การลดค่าใช้จ่ายทางการค้า และการอำนวยความสะดวกในการติดต่อระหว่างประชาชน มีโครงการที่สำคัญ ได้แก่ (1) โครงการทางรถไฟสายสิงคโปร์-คุนหมิง (Singapore Kunming Rail Link: SKRL) และ (2) การเชื่อมโยงโครงข่ายทางรางในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) โครงการทางรถไฟสายสิงคโปร์-คุนหมิง (Singapore Kunming Rail Link: SKRL)

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางรถไฟเพื่อสนับสนุนการเชื่อมโยงประเทศในภูมิภาคเข้าด้วยกันมีโครงการที่มีความสำคัญลำดับต้น (Flagship project) คือ โครงการทางรถไฟสายสิงคโปร์-คุนหมิง

(Singapore Kunming Rail Link: SKRL) โดยมีเป้าหมายให้เสร็จสิ้นภายใน พ.ศ. 2558 เพื่อใช้เป็นช่องทางในการขนส่งสินค้าและผู้โดยสาร และเป็นทางเลือกใหม่ให้กับรูปแบบการขนส่งทางบกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการขนส่งทางถนน โครงการดังกล่าวครอบคลุมเส้นทางหลายสายผ่านสิงคโปร์-มาเลเซีย-ไทย-ลาว-กัมพูชา-เวียดนาม-จีน (คุนหมิง) และเส้นทางสาขา (spur line) ระหว่างไทย-พม่า และไทย-ลาว ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นเส้นทางหลัก 2 สาย (ดังรูปที่ 2.1-1) ได้แก่

- เส้นทางสายตะวันออก (Eastern line) เชื่อมต่อระหว่างประเทศไทย-กัมพูชา-เวียดนามโดยมีทางเชื่อม (เส้นทางสาขา) ระหว่างลาว-เวียดนาม
- เส้นทางสายตะวันตก (Western line) เชื่อมต่อระหว่างประเทศไทย-พม่า ซึ่งทั้งสองเส้นทางนี้มีจุดเริ่มต้นจากสิงคโปร์-มาเลเซีย-ไทย (กรุงเทพฯ) ระยะทาง 1,944 กม. ซึ่งปัจจุบันเส้นทางช่วงนี้สามารถใช้สำหรับการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารได้ทันที ส่วนเส้นทางช่วงกรุงเทพฯ-คุนหมิง ยังคงมีจุดที่ขาดความเชื่อมโยง (Missing Link) เป็นระยะทาง 4,069 กม. กระจายอยู่ในพื้นที่ประเทศกัมพูชา ลาว มาเลเซีย พม่า ไทย และเวียดนาม

สำหรับความคืบหน้าของโครงการในปัจจุบัน ทางฝ่ายกัมพูชาได้รับความช่วยเหลือจากธนาคารเพื่อการพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank: ADB) ในการปรับปรุงเส้นทางรถไฟระหว่างศรีโสภณ-ปอยเปตกำหนดแล้วเสร็จใน พ.ศ. 2556 และได้ขอให้ไทยสร้างเส้นทางเชื่อมระหว่างคลองลึก-อรัญประเทศ ระยะทาง 6 กิโลเมตรเพื่อเชื่อมต่อกับกัมพูชา รวมทั้งเสนอให้สร้างสะพานรถไฟเชื่อมระหว่างไทย-กัมพูชาในบริเวณดังกล่าวซึ่งมีสะพานอยู่หนึ่งแห่งโดยออกค่าใช้จ่ายละครึ่งหนึ่งโดยกัมพูชาได้รับเงินสนับสนุนจาก ADB

การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) ได้จัดทำงบประมาณเพื่อสร้างเส้นทางรถไฟช่วงคลองลึก-อรัญประเทศระยะทาง 6 กม.แล้ว (อยู่ระหว่างรองบประมาณ) สำหรับการก่อสร้างสะพานรถไฟเชื่อมระหว่างประเทศไทย-กัมพูชาการรถไฟแห่งประเทศไทยได้มีการหารือกับการรถไฟกัมพูชาในเบื้องต้นแล้วซึ่งการรถไฟแห่งประเทศไทยได้ออกแบบเสร็จแล้วโดยจะรองรับรางรถไฟขนาด meter gauge ค่าก่อสร้างประมาณ 24 ล้านบาทซึ่งหากกัมพูชามีความสนใจจะออกค่าใช้จ่ายละครึ่งหนึ่งทั้งสองฝ่ายจะต้องหารือในรายละเอียดร่วมกันต่อไป และอาจต้องพิจารณาถึงการปักปันเขตแดนระหว่างไทย-กัมพูชา ในส่วนที่จะต้องมีการก่อสร้างสะพานรถไฟเพื่อเชื่อมโยงระหว่างประเทศทั้งสอง เนื่องจากเป็นประเด็นที่มีความละเอียดอ่อนและเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ



ที่มา: Master plan on ASEAN connectivity. ASEAN Secretariat. 2011.

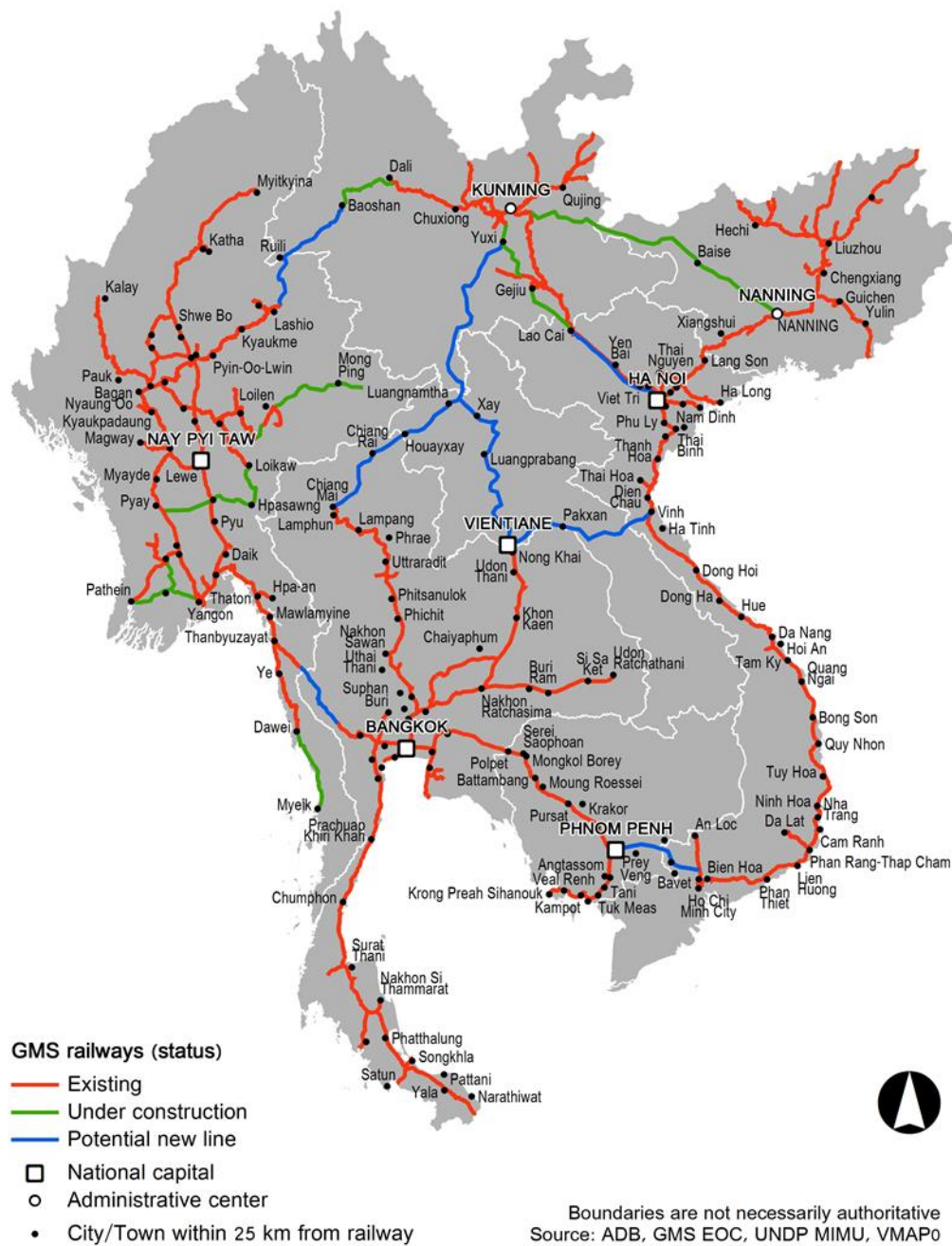
รูปที่ 2.1-1 โครงการทางรถไฟสายสิงคโปร์-คุนหมิง (Singapore Kunming Rail Link: SKRL)

2) การเชื่อมโยงโครงข่ายทางรางในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง

การศึกษาการเชื่อมโยงโครงข่ายทางรางในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง หรือ Connecting Greater Mekong Sub-region Railways (ADB, 2010) เกิดจากโครงการความร่วมมือทางเศรษฐกิจกลุ่มแม่น้ำโขงเพื่อพัฒนาการเชื่อมต่อด้านการขนส่งทางรางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากโครงข่ายทางรางที่แต่ละชาติได้พัฒนาเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 2.1-2 จากการประชุมรัฐมนตรี 6 ประเทศกลุ่มแม่น้ำโขงครั้งที่ 16 ที่เวียตนามมติที่ประชุมได้อนุมัติกรอบยุทธศาสตร์การเชื่อมโยงโครงข่ายเส้นทางรถไฟอนุภูมิภาคแม่น้ำโขงใน 4 เส้นทางหลัก (ดังรูปที่ 2.1-3) ดังนี้

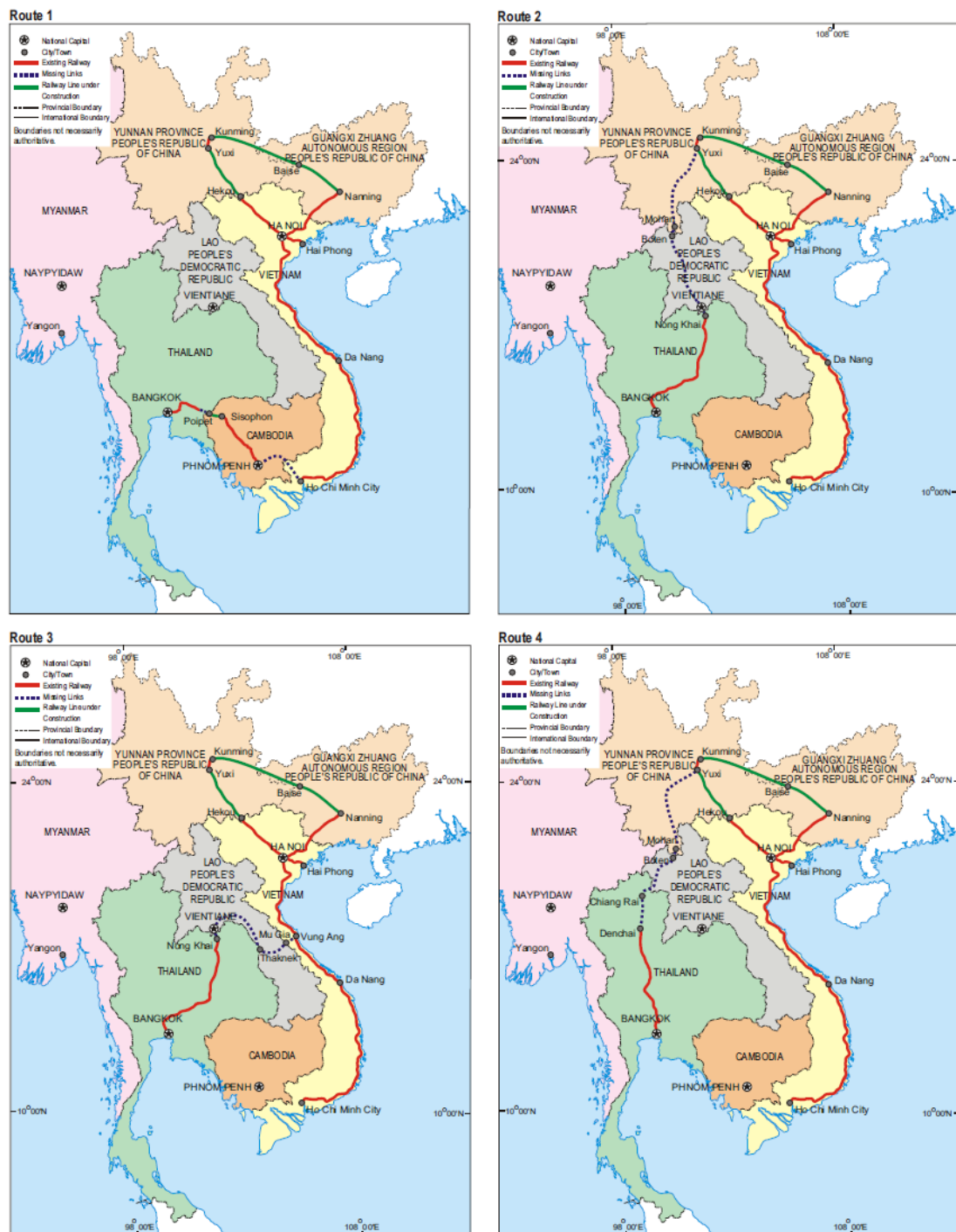
- เส้นทางที่1: สายกรุงเทพฯ-พนมเปญ-โฮจิมินห์ซิตี้-ฮานอย-คุนหมิง-หนานหนิง

- เส้นทางที่ 2: สายกรุงเทพฯ-เวียงจันทน์-คุนหมิง-หนานหนิง และสายโฮจิมินห์ซิตี้-ฮานอย-คุนหมิงและหนานหนิง
- เส้นทางที่ 3: สายกรุงเทพฯ-เวียงจันทน์-ฮานอย สายโฮจิมินห์ซิตี้-ฮานอย-คุนหมิงและหนานหนิง และสายคุนหมิง-หนานหนิง
- เส้นทางที่ 4: สายกรุงเทพฯ-เชียงใหม่-หนานหนิง และสายโฮจิมินห์ซิตี้-ฮานอย-คุนหมิงและหนานหนิง



ที่มา: Connecting Greater Mekong Sub-region Railways. ADB. 2010.

รูปที่ 2.1-2 เครือข่ายทางรางที่แต่ละชาติได้พัฒนาตามมาตรฐานและขั้นตอนของตัวเอง



ที่มา: Connecting Greater Mekong Sub-region Railways. ADB. 2010.

รูปที่ 2.1-3 การเชื่อมโยงโครงข่ายทางรางในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง

สำหรับกรอบยุทธศาสตร์การเชื่อมต่อทางรถไฟในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขงที่สำคัญคือ The GMS Transport Sector Strategy Study (TSSS) ที่สนับสนุนรูปแบบการขนส่งทางรถไฟและการขนส่งรูปแบบอื่นๆ โดยในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขงมีความต้องการบริการขนส่งทางรถไฟอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วกลับพบว่า การพัฒนาระบบรางของประเทศต่างๆ ในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขงมีการพัฒนาที่แตกต่างกันทั้งในด้านวิธีการและมาตรฐานในการดำเนินงาน ดังนั้นแต่ละประเทศจึงพยายามเร่งพัฒนา

โครงข่ายทางรางในประเทศและระหว่างประเทศ และพัฒนาระบบการบริหารงานให้มีความทันสมัย รวมถึงทำข้อตกลงการขนส่งข้ามแดนภายใต้ GMS Cross-Border Transport Agreement (CBTA) ซึ่งจะเป็นแรงผลักดันให้เกิดการบูรณาการการรถไฟในภูมิภาคแม่น้ำโขง และเพื่อให้การพัฒนาเครือข่ายประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้จึงได้มีการกำหนดขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติ ดังนี้

- ทุกประเทศในกลุ่ม GMS จะต้องเชื่อมโยงด้วยโครงข่ายทางรางภายใน พ.ศ. 2563
- ส่งเสริมการพัฒนาโครงข่ายทางรางในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขงโดยการทำข้อตกลงร่วมกัน ได้แก่ มาตรฐานทางเทคนิคของการปฏิบัติงาน วิธีการที่ขนส่งข้ามพรมแดน (คนและสินค้า) กฎระเบียบในการดำเนินงานรวมทั้งมาตรฐานความปลอดภัยการให้ความร่วมมือด้านรถไฟระหว่างประเทศในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง และการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น
- โครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ทางรางต้องมีความทันสมัยและเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการ รวมทั้งมีการดำเนินการและควบคุมกฎระเบียบที่มีความสอดคล้องกัน
- การพัฒนาองค์กรการรถไฟเพื่อให้สามารถสนับสนุนการจัดตั้งสำนักงานประสานงานทางรถไฟ และให้ความสำคัญกับภาคเอกชนในการวางแผนและพัฒนาเครือข่ายรถไฟ

ทั้งนี้ในปัจจุบันการพัฒนาโครงข่ายทางรางในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขงได้มีข้อเสนอจากประเทศจีนเพื่อทำการก่อสร้างเส้นทางรถไฟในเส้นทางช่วงกรุงเทพฯ-เวียงจันทน์-คุนหมิง โดยทางจีนเสนอจะให้ความช่วยเหลือลาวในการสร้างเส้นทางรถไฟจากชายแดนจีนลงมายังเวียงจันทน์ ซึ่งจะแล้วเสร็จและสามารถเปิดดำเนินการได้ใน พ.ศ.2558 และจะส่งผลให้เกิดศักยภาพในการพัฒนาพื้นที่มากขึ้น ดังนั้นประเทศไทยต้องเตรียมความพร้อมในการเชื่อมต่อโครงข่ายทางราง ซึ่งปัจจุบันไทยมีเส้นทางรถไฟที่เชื่อมต่อเข้าไปยังประเทศลาวอยู่แล้ว (หนองคาย-ท่านาแล้ง) นอกจากนั้นยังมีการเสนอให้จัดทำความร่วมมือด้านการรถไฟระหว่างไทยและจีน เพื่อพัฒนาความร่วมมือในโครงข่ายเส้นทางรถไฟโดยมีรูปแบบการลงทุนแบบภาครัฐร่วมลงทุนกับเอกชน (Public-Private Partnership: PPP) ในลักษณะการจัดตั้งบริษัทร่วมทุนระหว่างไทยและจีน (รัฐบาลไทยถือหุ้นร้อยละ 51 และรัฐบาลจีนถือหุ้นร้อยละ 49) เพื่อรับผิดชอบงานด้านก่อสร้าง การเดินรถและการบริหารโดยสามารถขอสัมปทานจากรัฐบาลไทยได้เป็นระยะเวลา 30 ปี และสามารถต่อสัญญาได้ทันทีอีก 20 ปี แต่อย่างไรก็ตามโครงการดังกล่าวยังไม่สามารถหาข้อตกลงและข้อสรุปได้อย่างชัดเจน

2.2 นโยบายและแผนงานระบบขนส่งทางรางในประเทศภูมิภาค

2.2.1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

นอกเหนือจากการเชื่อมทางรถไฟ 3.5 กิโลเมตร เพื่อข้ามแม่น้ำโขงระหว่างสถานีรถไฟท่านาแล้ง ในประเทศลาวกับสถานีหนองคายในประเทศไทย รถไฟในประเทศลาวยังไม่ได้รับการพัฒนา การขนส่งของจำนวนมากและการขนส่งสินค้าหนักที่ค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า นี้ได้มีส่วนร่วมในการชะลอการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในพื้นที่ชนบท

โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควรในประเทศลาวเนื่องจากขาดเงินที่นำมาใช้ในการลงทุนเช่นเดียวกับเศรษฐกิจในพื้นที่ชนบทที่อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ การขาดโครงสร้างพื้นฐานเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและขาดการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน แต่ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนาศูนย์กลางเศรษฐกิจที่มีการเข้าถึงที่ดีไปยังพื้นที่ในเมืองและสามารถเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจและการค้า

การขนส่งในเมืองค่อยๆมีความหนาแน่นมากขึ้นอย่างช้าๆ ในขณะที่จำนวนของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้น โครงสร้างพื้นฐาน ในเวียงจันทน์ และเมืองใหญ่อื่นๆ จะต้องมีการปรับปรุง และวางระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนตามการแนะนำ ในปี 2008 มีการศึกษาโครงการขยายการขนส่งในเมืองเวียงจันทน์ คาดการณ์ว่าจะมีการเดินทางเพิ่มขึ้นในทางรถยนต์จาก 418,775 ในปี 2007 เป็น 958,144 ในปี 2025 การขยายตัวคิดเป็น 2.3 เท่า ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการจราจรแออัดในเมือง คล้ายกับเมืองอื่นๆในเอเชีย เช่น กรุงเทพมหานครและกรุงเทพมหานคร

การรถไฟแห่งประเทศไทยมีอำนาจภายใต้กระทรวงโยธาธิการและการขนส่ง (Ministry of Public Works and Transport: MPWT) เป็นผู้รับผิดชอบในการบริหารจัดการรถไฟสายสั้นซึ่งจะใช้สำหรับการจราจรขนส่งสินค้าระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและไทย

ตารางที่ 2.2-1 แสดงหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการประกอบการระบบรางในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ผู้ดำเนินการด้านนโยบาย (policy drive)	ผู้จัดหาโครงสร้างขนส่ง (Infrastructure Provider)	ผู้ประกอบการเดินรถ (Service Provider)	ผู้ดำเนินการซ่อมบำรุง (Maintenance Provider)
กระทรวงคมนาคมแห่ง สปป.ลาว	- บริษัท แปซิฟิค ทรานสปอร์ตเทชั่น จำกัดบริษัทในเครือสหวิริยา - รัฐบาลไทย บริเวณเส้นทางระหว่างสะพานมิตรภาพไทยลาว-ท่านาแร่ - รัฐบาลฝรั่งเศส บริเวณเส้นทางระหว่างท่านาแร่-เวียงจันทน์ - โครงการระบบขนส่งมวลชนด้วยรถบัสไฟฟ้า (Trolley Bus) เกิดจากความร่วมมือ	บริษัท แปซิฟิค ทรานสปอร์ตเทชั่น จำกัด บริษัทในเครือสหวิริยา ดูแลระบบ intercity	บริษัท แปซิฟิค ทรานสปอร์ตเทชั่น จำกัด บริษัทในเครือสหวิริยา

	ระหว่างเวียงจันทน์ และกรุงมอสโกของ รัสเซีย		
--	--	--	--

2.2.1.1 นโยบายและแผนงานของรัฐบาล

รัฐบาลลาวมีแผนการสร้างโครงข่ายเส้นทางรถไฟ 4 เส้นทาง รวมระยะทางราว 1,700 กิโลเมตร แต่ทว่าการสร้างเส้นทางรถไฟในประเทศลาวต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาต้องมีการเจาะอุโมงค์หลายแห่งคิดเป็นระยะทางรวมกัน 190 กิโลเมตรและยังจะต้องก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำอีกหลายสายคิดเป็นความยาวของสะพานรวมกันมากกว่า 90 กิโลเมตร จึงต้องอาศัยความช่วยเหลือและเงินกู้จากจีน

การศึกษาความเป็นไปได้การเชื่อมโยงทางรถไฟ ของ TAR (Trans-Asian rail link) จากการศึกษาเบื้องต้นเป็นที่แน่ชัดว่าเส้นทางรถไฟผ่านขานานลาว NR13 คือ การเชื่อมโยงที่สั้นที่สุดและจะลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสำหรับการจราจรไทยจีน แต่เงินที่ใช้ในการลงทุนที่สูงมากจะตกอยู่กับรัฐบาลลาว การพัฒนาของรถไฟในลาวจึงได้รับการพิจารณาเป็นทางเลือกให้ระบบถนน

กลยุทธ์ของรัฐบาลที่จะเอาชนะปัญหานี้คือการเริ่มต้นด้วยการเชื่อมโยงทางรถไฟไทย-ลาว ระหว่างหนองคายไปเวียงจันทน์ ตามด้วยอักเฮค (Thakhek) ไป Tanap (ขนานกับเส้น NR8 ไปเวียดนาม) และการเชื่อมโยงจากเวียงจันทน์ไปอักเฮค (Thakhek) ซึ่งจะลดระยะเวลาลงในเส้นทางภายในประเทศลาว แม้ว่าเส้นทางส่วนใหญ่จากประเทศลาวไปประเทศเวียดนามส่วนจะผ่านภูมิประเทศที่เป็นภูเขาดังนั้นค่าก่อสร้างจึงมีราคาที่สูงมาก

การพัฒนารถไฟในลาวจะมีความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพของโครงข่ายการขนส่งสินค้าโดยรวม เพื่อลดผลกระทบของการจราจรที่หนาแน่นบนโครงข่ายทางถนนและเข้าถึงท่าเรือน้ำลึกทั้งในประเทศไทยหรือประเทศเวียดนาม นอกจากนี้การเชื่อมโยงทางรถไฟจะทำให้เพิ่มตัวเลือกการขนส่งและเพิ่มอำนาจการเจรจาต่อรองของรัฐบาลลาวในการข้ามพรมแดนและข้อตกลงการขนส่ง

2.2.1.2 โครงการขยายทางรถไฟลาวไทย

ผู้รับเหมาไทยจะเริ่มต้นการก่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคาร ที่สถานีท่านาแล้ง (Thanalaeng) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเชื่อมทางรถไฟเวียงจันทน์กับจังหวัดหนองคายของไทย ซึ่งบริษัท Sermsaguan Construction จำกัด ชนะการประมูลงานและเซ็นสัญญากับรัฐบาลลาว เพื่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวก ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 1.44 พันล้านกีบ (18.3 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) โดยจะดำเนินการระยะที่สอง โครงการพัฒนาทางรถไฟรวมถึงการสร้างสถานี ส่งมอบ / รับมอบ ตู้สินค้า, หอพักสำหรับพนักงานและสำนักงานการดำเนินงานรถไฟรวมทั้งการปรับปรุงสัญญาณรถไฟ การก่อสร้างมีกำหนดการเสร็จภายใน 18 เดือน ระยะที่สองจะมีการระดมทุนผ่านการกู้ยืมเงินและทุนจากประเทศไทย สำนักงานพัฒนาใกล้เคียงจำนวนมากขึ้นกว่า 1.73 พันล้านกีบ (22.1 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) ร้อยละสามสิบของจำนวนนี้เป็นเงินทุน ส่วนที่

เหลืออีก ร้อยละ 70 มาในรูปแบบของเงินให้กู้ยืม 30 ปี โดย 10 ปี แรก ฟรีค่าดอกเบี้ยและการชำระคืน ซึ่งหมายความว่ารัฐบาลลาวจะเริ่มชำระหนี้พร้อมดอกเบี้ยหลังจาก 10 ปี แรกผ่านไปและจะมีการชำระคืนอีกภายใน 20 ปีข้างหน้า 3.5 กิโลเมตร เวียงจันทน์ - หนองคาย รถไฟซึ่งเปิดให้บริการเพียงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการเชื่อมทางรถไฟครั้งแรกระหว่างลาวและจังหวัดหนองคายของไทยที่เชื่อมต่อไปยังหมู่บ้านท่านาแล้ง (Thanalaeng) อำเภอหาดทรายฟอง (Hadxaifong) จังหวัดเวียงจันทน์ โครงการเป็นการลงทุนในการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น สำหรับการขนส่งทางรถไฟข้ามพรมแดนทั้งผู้โดยสารและสินค้า โครงการนี้จะเพิ่มความพยายามของรัฐบาลที่จะสร้างระบบโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับเมืองหลวงของลาว รัฐบาลลาวยังมีการพัฒนาโครงการรถไฟอื่นๆ เพื่อที่จะกลายเป็นศูนย์กลางการขนส่งของประเทศเพื่อนบ้าน และได้รับการอนุมัติโดยสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ในการสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงลาวจีนสหรัฐอเมริกา 7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยรถไฟจะเชื่อมจากเวียงจันทน์ที่ชายแดนลาวไปจีนเป็นระยะทางกว่า 421 กิโลเมตร รัฐบาลยังได้ให้ไฟเขียวนักลงทุนชาวมาเลเซีย 5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ที่จะสร้างรถไฟความเร็วสูงที่จะเชื่อมโยงใจกลางจังหวัดสะหวันนะเขตชายแดนลาวกับเวียดนามกว่าระยะทาง 220 กิโลเมตร

ลาวแบ่งที่ดินในโครงการรถไฟเชื่อมโยงประเทศไทยกับเวียดนามในโครงการรถไฟความเร็วสูงเชื่อมโยงชายแดนทางตะวันตกของประเทศไทยไปยังประเทศเวียดนาม บริษัท Giant Consolidated จำกัดของมาเลเซียที่จะสร้างและดำเนินการ 220 กิโลเมตร ในเดือนพฤศจิกายน 2012 ได้รับสัญญาที่จะสร้างและดำเนินการทางรถไฟจาก สะหวันนะเขต ในชายแดนทางตะวันตกเฉียงใต้ของลาวกับประเทศไทย ประตูชายแดนลาวบาว (Lao Bao) กับเวียดนามทางทิศตะวันออก การก่อสร้างทางรถไฟซึ่งยังเชื่อมโยงเมืองสะหวันนะเขตไปท่าเรือเมืองดานังของเวียดนามที่คาดว่าจะใช้เวลาสี่ปี ทางรถไฟสายที่สองประเทศลาวยังอยู่ในการเจรจาเพื่อขอยืม 7.2 พันล้านดอลลาร์สหรัฐจากจีนไปยังกองทุนรถไฟ สาย 420 กิโลเมตร โครงการเชื่อมโยงเมืองหลวงเวียงจันทน์ไปทางตะวันตกเฉียงใต้ของจีน ระบบรถไฟของประเทศลาวในปัจจุบันประกอบด้วย การเชื่อมโยง 3.5 กิโลเมตร ผ่านแม่น้ำโขง ระหว่างเวียงจันทน์และหนองคายของไทย รถไฟเป็นส่วนหนึ่งของ แผน ในวงกว้าง ที่จะเชื่อมต่อ เมือง ขุนหมิง ในทิศตะวันตก จีน กับสิงคโปร์ รวมทั้งประเทศไทย พม่า กัมพูชา เวียดนาม และมาเลเซีย



รูปที่ 2.2-1 โครงการขยายทางรถไฟลาว

2.2.2 มาเลเซีย

การพัฒนาเศรษฐกิจเป็นหนึ่งในเป้าหมายของมาเลเซีย แม้จะมีการสร้างโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งในประเทศมาเลเซียตั้งแต่ปี 1960 รัฐบาลได้ประกาศว่า “จะไม่ปล่อยให้การพัฒนาต้องชะงักงันเนื่องด้วยความแออัดที่มากเกินไป” (EPU, 1991, p.7) โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งในเมืองและนโยบาย KLMA (Kuala Lumpur Metropolitan Area) ได้ถูกละเลยในอดีตจึงนำไปสู่สภาพการจราจรที่แออัดในเมืองหลวง (Mody, 1997, p.36) ในปี 1990 รัฐบาลมาเลเซียพยายามแก้ไขปัญหการขนส่งในเมืองซึ่งรวมถึงการก่อสร้างสถานีรถไฟและการขนส่งแบบราง

2.2.2.1 นโยบายและแผนงานของรัฐบาล

มาเลเซียและสิงคโปร์มีการกำหนดที่จะเข้าสู่ยุคใหม่ของการเชื่อมต่อและความร่วมมือกับข้อตกลงที่จะสร้างการเชื่อมโยงทางรถไฟความเร็วสูงระหว่างกรุงกัวลาลัมเปอร์และสิงคโปร์ ร่วมกับโครงการในระดับภูมิภาค

ผู้นำของประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ ต้องการเพิ่มทางรถไฟ ถนน และทะเลเชื่อมโยงระหว่างสองประเทศในอีกเจ็ดปีข้างหน้า เป็นการเชื่อมต่อที่เพิ่มขึ้นและให้ความร่วมมืออย่างใกล้ชิดระหว่างสองสมาชิกอาเซียน โดยนายกรัฐมนตรี นาจิบ อับดุล ราซัค (Najib Abdul Razak) และ นายกรัฐมนตรี หลี่ เสียนหลง (Lee Hsien Loong) อธิบายการเชื่อมโยงที่นำเสนอรถไฟความเร็วสูง (High Speed Rail: HSR) ระหว่างกัวลาลัมเปอร์และสิงคโปร์เป็นยุทธศาสตร์การพัฒนาในความสัมพันธ์ทวิภาคี จะเป็นการกระชับสัมพันธ์ไมตรี

ระหว่างประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ ยังเป็นการเพิ่มการเชื่อมต่อทางกายภาพในระดับภูมิภาคระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียน

คณะกรรมการร่วมระดับรัฐมนตรี (Joint Ministerial Committee: JMC) เขตเศรษฐกิจพิเศษอิสกันดาร์ (Iskandar) ประเทศมาเลเซีย ได้รับมอบหมายให้ดูในรายละเอียดและวิธีของการเชื่อมโยง HSR (High Speed Rail) เป้าหมายแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2020 การตระหนักถึงโครงข่ายที่กว้างขึ้นของการเชื่อมโยงทางรถไฟที่พวกเขาถือว่าเป็นไปส่วยุคใหม่ของการเจริญเติบโตที่แข็งแกร่งและโอกาสสำหรับทั้งสองประเทศ นอกเหนือจากการอำนวยความสะดวกของการเดินทางที่ราบรื่นขึ้นระหว่างกัวลาลัมเปอร์และสิงคโปร์ที่จะเพิ่มการเชื่อมโยงธุรกิจและนำประชาชนของประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ใกล้กัน โครงการนี้จะทำให้ทั้งสองประเทศวางเงินเดิมพันมากขึ้นแต่ผลที่ได้คือความเจริญรุ่งเรืองและความสำเร็จที่ตามมาของทั้งสองประเทศ

นอกเหนือจากผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ HSR (High Speed Rail) มีศักยภาพในการเสริมสร้างความสัมพันธ์ผู้คนและเปลี่ยนวิธีมุมมองของพวกเขาไปจากเดิม นายกรัฐมนตรี หลี่ เสียนหลง (Lee Hsien Loong) มีความมั่นใจว่ามันจะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงในความสัมพันธ์ทวิภาคีซึ่งนำสองเมืองเป็นหนึ่งคล้ายกับประเทศในยุโรประหว่างลอนดอนและปารีส การเดินทางระหว่างพวกเขาใช้เพียงแค่ 90 นาที นอกจากนี้การเชื่อมโยง HSR (High Speed Rail) ผู้นำทั้งสองประเทศยังตกลงที่จะเสริมสร้างการเชื่อมต่อผ่านการเชื่อมโยงระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนระหว่างวู้ดแลนด์ (Woodlands) และยะโฮร์บาห์รู (Johor Bahru) ซึ่งขั้นตอนแรกของการศึกษาทางวิศวกรรมร่วมกันใกล้จะเสร็จสมบูรณ์ JMC (Joint Ministerial Committee) ยังคงศึกษามาตรการในการแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดบนทางหลวงรวมทั้งความเป็นไปได้ของการเชื่อมโยงถนนที่สามระหว่างทั้งสองประเทศในระยะยาว

สำหรับการเชื่อมต่อทะเลนายรัฐมนตรีทั้งสองทราบว่าสถานที่ใหม่ที่ CIQ (Customs, Immigration and Quarantine) ท่าเรือปุเทรี (Puteri) ในเขตเศรษฐกิจพิเศษอิสกันดาร์ (Iskandar) ประเทศมาเลเซียจะได้รับการจัดตั้งขึ้น บริการเรือข้ามฟากจะได้รับการดำเนินงานระหว่างท่าเรือปุเทรี (Puteri) และสิงคโปร์อาจมีการประเมินผลการควบคุมในการให้บริการ JMC (Joint Ministerial Committee) สำรวจการเชื่อมโยงการปรับปรุงการเชื่อมต่อระหว่างทั้งสองประเทศ

ในขณะที่ประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ที่เป็นสมาชิกหลักของอาเซียนสองนายกรัฐมนตรียืนยันย้ำความสำคัญของความสามัคคีในกลุ่มอาเซียนเพื่อเสริมสร้างบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาภูมิภาคนี้ พวกเขาแสดงความเชื่อมั่นในความก้าวหน้าของอาเซียนที่มีเป้าหมายในการสร้างประชาคมอาเซียนและมองไปข้างหน้าเพื่อการรักษาเสถียรภาพในภูมิภาค

ทางรถไฟถนนและทะเลโครงการเชื่อมต่อระหว่างมาเลเซียและสิงคโปร์เป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียนและเสริมสร้างการทำงานร่วมกันในระดับภูมิภาค

ตารางที่ 2.2-2 แสดงหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการประกอบกระบวนกรในระบบรางในมาเลเซีย

ผู้ดำเนินการด้านนโยบาย (policy drive)	ผู้จัดหาโครงสร้างขนส่ง (Infrastructure Provider)	ผู้ประกอบการเดินรถ (Service Provider)	ผู้ดำเนินการซ่อมบำรุง (Maintenance Provider)
กระทรวงคมนาคม ประเทศมาเลเซีย	รัฐบาลเป็นผู้ลงทุนในด้านโครงสร้างพื้นฐานกับตัวรถทั้งหมด	Keretapi Tanah Melayu Bhd. (KTMB) ทำหน้าที่บริหารการเดินรถไฟทั้งระบบ Metro และ intercity	Keretapi Tanah Melayu Bhd. (KTMB)

2.2.3 พม่า

การขนส่งทางรถไฟในประเทศพม่าในปัจจุบันรัฐบาลเป็นเจ้าของทั้งการดำเนินการและสิทธิการผูกขาด โครงข่ายรถไฟมีการขยายตัวมากในช่วงยี่สิบปีที่ผ่านมา โดยการขยายตัวเกือบ 78% ระหว่างปี 1988 และ 2010 ได้ให้ความสำคัญการให้บริการการขนส่งและการเชื่อมต่อไปยังพื้นที่ห่างไกลภายในประเทศ ตามที่ธนาคารเพื่อการพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank, ADB) ประเมินเบื้องต้นของภาครถไฟ โครงข่ายรถไฟอยู่ในสภาพทรุดโทรมและการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การเปลี่ยนรางรถไฟ การเปลี่ยนหมอนรองรถไฟ การพัฒนาสัญญาณและระบบการสื่อสารที่ไม่เพียงพอ ตัวอย่างเช่นการเดินทางระหว่างย่างกุ้ง (Yangon) ไปเนปี-ดอร์ (Nay Pyi Taw) ใช้เวลา 5 ชั่วโมงโดยถนน และใช้เวลาเกือบ 9 ชั่วโมงโดยรถไฟ

2.2.3.1 นโยบายและแผนงานของรัฐบาล

ภายใต้กรอบการปฏิรูปเศรษฐกิจและสังคมที่รัฐบาลมีความมุ่งมั่นที่จะปรับปรุงคุณภาพของส่วนทางรถไฟที่เชื่อมต่อศูนย์กลางเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศ คือ เขตย่างกุ้ง (Yangon)-มันตะเลย์ (Mandalay)-มิตจินา (Myitkyitna) และเขตพะโค (Bago)-มาละละหม่ง (Mawlamyine) จะได้รับการเชื่อมโยงและบริการที่เต็มเต็มกลยุทธ์ที่มีอยู่ของการพัฒนาทางรถไฟที่เชื่อมต่อภูมิภาคต่างๆของประเทศไปยังศูนย์กลางเศรษฐกิจเพื่อส่งเสริมทุนในระดับภูมิภาค ดังนั้นความสนใจมากขึ้นจะได้รับการเชื่อมต่อในระดับภูมิภาคและช่องว่างในการดำเนินงานและการทำงานร่วมกันในการจัดตำแหน่งด้วยกลยุทธ์การขนส่งในภูมิภาค

ประมาณ 70% ของประชากรพม่าในปัจจุบันอาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบทที่มีความต้องการในการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นระหว่างชนบทและสถานที่ห่างไกลจากตัวเมือง เช่น เมืองหลวงย่างกุ้ง (Yangon) และมันตะเลย์ (Mandalay) นอกจากนี้รัฐบาลยังมุ่งเป้าหมายไปที่การพัฒนาที่เท่าเทียมกันระหว่างภูมิภาคต่างๆ ในประเทศและพัฒนาการเชื่อมต่อในตัวเมืองไปชนบท

นอกจากนี้ยังมีแผนภายใต้โครงการเชื่อมโยงเส้นทางรถไฟสายสิงคโปร์-คุนหมิง (Singapore-Kunming Rail Link: SKRL) เป็นโครงการที่จะสร้างทางรถไฟความเร็วสูงในการเชื่อมต่อคุนหมิงในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของจีนกับแผ่นดินใหญ่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โครงการเป็นวาระสำคัญภายใต้ความร่วมมือ

การขนส่งอาเซียนและสามเส้นทางจะผ่านเวียดนาม ลาว และพม่าตามลำดับ สำหรับการวางแผนเชื่อมทางรถไฟเมื่อเสร็จโครงการ SKRL (Singapore-Kunming Rail Link) จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายรถไฟสายเอเชียระยะทาง 14,080 กิโลเมตร ข้ามทวีประหว่างยุโรปและเอเชีย

ภายใต้กฎหมายการลงทุนจากต่างประเทศ (Foreign Investment Law: FIL) การลงทุนจากชาวต่างประเทศในการก่อสร้างทางรถไฟอาจได้รับผลกระทบผ่านการร่วมทุนกับสหภาพพม่า การก่อสร้างทางรถไฟได้ดินต้องเสร็จสิ้นพร้อมทั้งสภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีและยังต้องศึกษาผลกระทบทางสังคม

- การปรับปรุงทางรถไฟสายย่างกุ้ง-มณฑลยฺเหวียน จะเริ่มขึ้นในปี 2557 ด้วยทุนกู้ยืมจำนวน 500 ล้านดอลลาร์ ที่ได้รับจากญี่ปุ่น การสำรวจผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการปรับปรุงทางรถไฟได้เริ่มขึ้นตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2556 โดยขั้นตอนการปรับปรุงนี้ได้แบ่งทางรถไฟออกเป็น 3 ส่วน คือ ย่างกุ้ง-ตองอู ตองอู-ยาเมติน และยาเมติน-มณฑลยฺเหวียน หลังการปรับปรุงเสร็จสิ้น เส้นทางรถไฟย่างกุ้ง-มณฑลยฺเหวียน สายนี้จะทำให้ขบวนรถด่วนวิ่งด้วยความเร็ว 100 กม.ต่อชั่วโมง ลดระยะเวลาจากเดิม 15 ชั่วโมง เหลือเพียง 8 ชั่วโมง การปรับปรุงเส้นทางรถไฟสายนี้ จะรวมไปถึงการบูรณะสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตลอดเส้นทาง
- การปรับปรุงเส้นทางรถไฟสาย ย่างกุ้ง (Yangon) ไปมิตจีนา (Myitkyitna) โดยรัฐบาลพม่าต้องการที่จะยกระดับทางรถไฟสายหลักของประเทศจากย่างกุ้ง (Yangon) ไปยังมิตจีนา (Myitkyitna) ซึ่งเป็นเมืองหลวงของรัฐคะฉิ่น (Kachin State) เกือบ 1,000 กิโลเมตร ทางทิศเหนือบนแม่น้ำอิรวดี (Irrawaddy River) การปรับปรุงสำหรับสร้างข้อตกลงต่างหาก โดยจะปรับเส้นทางรถไฟจากย่างกุ้ง (Yangon) ไปมณฑลยฺเหวียน (Mandalay) และจากมณฑลยฺเหวียน (Mandalay) ไปมิตจีนา (Myitkyitna) โดยมีการพูดคุยกับเกาหลีใต้ และธนาคารเพื่อการพัฒนาเอเชีย (ADB) เกี่ยวกับโครงการนี้ การเดินทางโดยรถไฟจาก ย่างกุ้ง (Yangon) ไปมณฑลยฺเหวียน (Mandalay) ใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง โดยคาดว่าภายหลังการปรับปรุงการเดินทางจะใช้เวลาลดลงเหลือประมาณ 8 ชั่วโมง และการเดินทางของรถไฟจากมณฑลยฺเหวียน (Mandalay) ไปมิตจีนา (Myitkyitna) อาจใช้เวลาถึง 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.2-3 แสดงหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการประกอบการระบบรางในพม่า

ผู้ดำเนินการด้านนโยบาย (policy drive)	ผู้จัดหาโครงสร้างขนส่ง (Infrastructure Provider)	ผู้ประกอบการเดินรถ (Service Provider)	ผู้ดำเนินการซ่อมบำรุง (Maintenance Provider)
กระทรวงรถไฟ	การรถไฟเมียนมาร์	การรถไฟเมียนมาร์ดูแลระบบ intercity	การรถไฟเมียนมาร์

2.2.4 กัมพูชา

เส้นทางรถไฟเดิมประกอบด้วย สายเหนือจากกรุงพนมเปญ (Phnom Penh) ไปยังปอยเปต (Poipet) ระยะทาง 386 กิโลเมตร บริเวณชายแดนไทย และสายใต้จากพนมเปญ (Phnom Penh) ไปยังสีหนุวิลล์ (Sihanoukville) ระยะทาง 266 กิโลเมตร ส่วนสายเหนือจากศรีโสภณ (Sisophon) ระยะทาง 338 กิโลเมตร จากพนมเปญอยู่ในสภาพทรุดโทรม ในขณะที่ส่วนสุดท้ายจากศรีโสภณ (Sisophon) ไปปอยเปต (Poipet) ระยะทาง 48 กิโลเมตร ไม่มีอยู่แล้วเนื่องจากถูกทำลายในช่วงสงครามกลางเมืองของปี 1970 จึงต้องเริ่มทำการปรับปรุงโครงสร้างใหม่อีกครั้ง สายเหนือ สถานีปอยเปตใช้ในการเชื่อมต่อกับรถไฟไทยและสายใต้ที่เชื่อมต่อกับท่าเรือสีหนุวิลล์ (Sihanoukville port) เมื่อรถไฟกัมพูชาสามารถกลับมาทำงานได้อีกครั้งคาดว่าจะเป็นส่วนหนึ่งของระเบียงเศรษฐกิจอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Mekong Sub-region: GMS) ในส่วนแผนงานพัฒนาแนวพื้นที่เศรษฐกิจตอนใต้ (Southern Economic Corridor) และจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศกัมพูชามากขึ้นโดยการส่งสินค้ามีความไวขึ้นและราคาไม่แพง

2.2.4.1 นโยบายและแผนงานของรัฐบาล

รัฐบาลมีแผนปรับปรุงฟื้นฟูเส้นทางรถไฟทางสายหลัก โดยดำเนินการไปพร้อมกับการสร้างรางแยกสำหรับหยุดรถไฟเพิ่มเติม และอาคารเพื่ออำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการขนส่งทางน้ำและการขนส่งทางถนน GMS (Greater Mekong Sub-region) ที่ปอยเปตสิ่งอำนวยความสะดวก ทางรถไฟข้ามพรมแดน และสถานีขนส่งสินค้าทางถนนที่จะสร้างขึ้น เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงไปยังเวียดนาม ทางรถไฟสายใหม่จะต้องสร้างขึ้นผ่านกรุงพนมเปญ (Phnom Penh) ไปโฮจิมินห์ซิตี้ (Ho Chi Minh City) กัมพูชาจะต้องฟื้นฟูระบบรถไฟที่มีอยู่เพื่อเชื่อมโยงเส้นทางรถไฟสายสิงคโปร์-คุนหมิง (Singapore-Kunming Rail Link Project: SKRL) ซึ่งเส้นทางนี้ผ่านสิงคโปร์, มาเลเซีย, ไทย, กัมพูชา, เวียดนาม, ลาว และพม่าก่อนที่จะสิ้นสุดที่คุนหมิงในประเทศจีน ซึ่งจะต้องแก้ไขการเชื่อมเส้นทางที่หายไปและเสนอสร้างสายใหม่จาก (Batdeng) ไปยังล็อกนิงห์ (Loc Ninh) ประเทศเวียดนาม ในปัจจุบันการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าบนรถไฟค่อนข้างจำกัด มีการเตรียมแผนที่จะฟื้นฟูและขยายโหมดของการขนส่งเพื่อรวมไว้ในโครงข่ายรถไฟในภูมิภาค โดยในส่วนของ การดำเนินการมีดังนี้

- บูรณะทางรถไฟในประเทศกัมพูชา และปรับปรุงเส้นทางที่เสียหาย
- ปรับปรุงประสิทธิภาพ และการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายระบบรถไฟในประเทศกัมพูชา กับ การจัดการของภาคเอกชนในการแข่งขันกับโหมดการขนส่งสินค้าอื่นๆ
- ตรวจสอบการดำเนินงานของการขนส่งทางรถไฟมีความปลอดภัยปลอดภัยและการบริการที่เชื่อถือได้
- ส่งเสริมบริษัทเอกชน ให้ย้ายการขนส่งสินค้าเป็นทางรถไฟแทน
- พัฒนาความสามารถของข้าราชการในกรรมรถไฟ

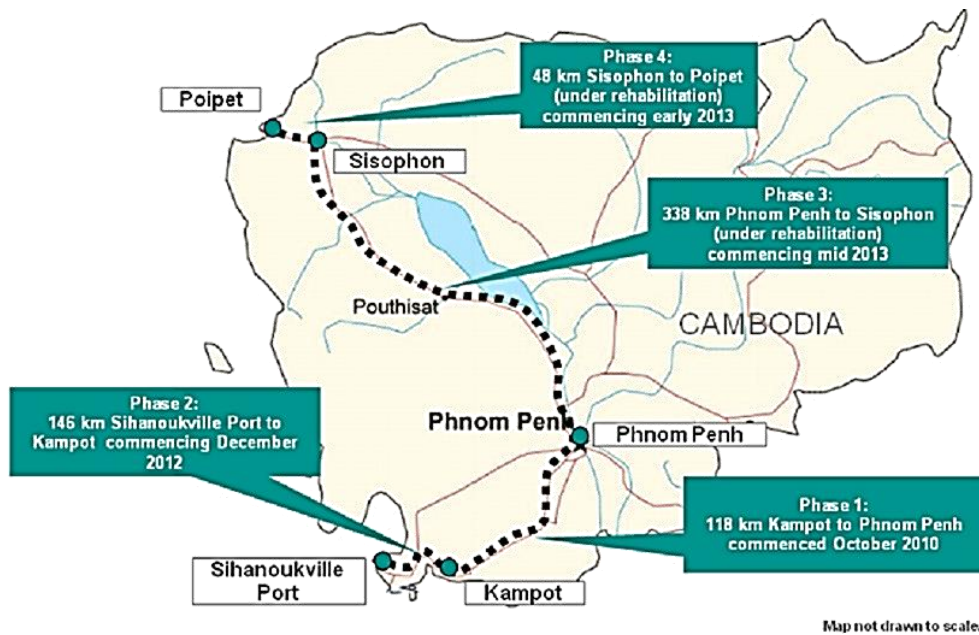
- สายใต้ระยะทาง 266 กิโลเมตร จากสถานีไปยังท่าเรือน้ำลึกจะแล้วเสร็จช่วงปลายเดือนกรกฎาคม 2013
- สายเหนือระยะทาง 386 กิโลเมตร จากพนมเปญ (Phnom Penh) ไปปอยเปต (Poipet) จะแล้วเสร็จภายในปี 2015

ตารางที่ 2.2-4 แสดงหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการประกอบการระบบรางในกัมพูชา

ผู้ดำเนินการด้านนโยบาย (policy drive)	ผู้จัดหาโครงสร้างขนส่ง (Infrastructure Provider)	ผู้ประกอบการเดินรถ (Service Provider)	ผู้ดำเนินการซ่อมบำรุง (Maintenance Provider)
กระทรวง Public Works and Transport (MPWT)	ผู้เชี่ยวชาญด้านการรถไฟจากออสเตรเลีย (Snowy Mountains Engineering Corporation of Australia : SMEC) เป็นที่ปรึกษาภายใต้การสนับสนุนของธนาคารการพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB)	บริษัท Toll Holding ของออสเตรเลีย ดูแลระบบ intercity	The Royal Railways of Cambodia (RRC)

2.2.4.2 โครงการขยายทางรถไฟกัมพูชาไทย

ไทยและกัมพูชามีโครงการเชื่อมต่อทางรางระหว่างทางรถไฟสายกรุงเทพฯ-อรัญประเทศของไทยกับทางรถไฟสายปอยเปต-ศรีโสภณ-พระตะบอง-กรุงพนมเปญ โดยกัมพูชาได้ร้องขอให้ไทยทำสะพานรถไฟมาเชื่อมการคมนาคมทางรางกับทางรถไฟสายปอยเปต-พระตะบอง กับทางรถไฟสายกรุงเทพฯ-อรัญประเทศ ซึ่งคาดว่าจะเปิดใช้ในปลายปี 2556 นอกจากนี้ ไทยจะเร่งหารือกับกัมพูชาและเวียดนามเพื่อเชื่อมต่อเส้นทางรถไฟต่อไปยังกรุงโฮจิมินห์ เมืองสำคัญของเวียดนาม ซึ่งจะทำให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบขนส่งทางรางของเวียดนาม และจะช่วยลดต้นทุนการขนส่ง รวมทั้งส่งเสริมการค้าชายแดนระหว่างไทย กัมพูชา และเวียดนาม และจะช่วยลดต้นทุนการขนส่ง รวมทั้งส่งเสริมการค้าชายแดนระหว่างไทย กัมพูชา และเวียดนามในปัจจุบันทางการรถไฟแห่งประเทศไทยและ Ministry of Public Works and Transport (MPWT) ยังคงหารือเกี่ยวกับการสร้างสะพานรถไฟที่ชายแดนของประเทศกัมพูชาเพื่อเชื่อมต่อระหว่างกัมพูชา กับประเทศไทย ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างกัมพูชาและเวียดนาม MPWT และ MoT ได้ลงนามในข้อตกลงสำหรับการเชื่อมต่อทางรถไฟจุดที่ Trapeang Sre ประเทศกัมพูชาไปยัง Hoa Lu ประเทศเวียดนาม



รูปที่ 2.2-2 โครงการขยายทางรถไฟกัมพูชา

2.2.5 ความคืบหน้าการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค

จากการที่ประเทศสมาชิก GMS เห็นชอบร่วมกันที่จะจัดตั้งสมาคมการรถไฟของประเทศลุ่มแม่น้ำโขง (The Establishment of the Greater Mekong Railway Association : GMRA) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการเชื่อมโยงโครงข่ายเส้นทางรถไฟระหว่างประเทศ GMS ทั้ง 6 ประเทศ ในลักษณะไร้พรมแดน (Seamless) โดยจะมีการหารือสรุปร่วมกันในเรื่องมาตรฐานด้านเทคนิคในการเดินรถไฟระหว่างประเทศ ลดขั้นตอนและประสานกระบวนการขนส่งคนและสินค้าข้ามพรมแดน การกำกับดูแลโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือด้านรถไฟของประเทศสมาชิกให้มีความทันสมัย เพียงพอต่อการให้บริการ รวมทั้งการเพิ่มบทบาทของภาคเอกชนในกระบวนการวางแผนและพัฒนาโครงข่ายเส้นทางรถไฟของอนุภูมิภาค โดยที่ผ่านมามีกิจกรรมระหว่างประเทศสมาชิก คือ

- 1) Transport Forum ที่เวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 15 กันยายน 2555
- 2) Technical Review Workshop ที่กรุงเทพฯ 1 มีนาคม 2556
- 3) Founder's Meeting ณ สำนักงาน เอทีบีประเทศไทย กรุงเทพฯ 7 มิถุนายน 2556
- 4) Charter Legal Review Meeting ที่กรุงเทพฯ 24 สิงหาคม 2556
- 5) Planning the GMS Railway Coordination Office (RCO)
- 6) MoU Signing ที่เวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 11 ธันวาคม 2556

โดยกิจกรรมหลักที่สำคัญคือ การประชุมผู้ก่อตั้งสมาคมการรถไฟของประเทศลุ่มแม่น้ำโขง ครั้งที่ 1 เมื่อ 7 มิถุนายน 2556 ซึ่งได้มีการหารือแนวทางการจัดตั้งสมาคมการรถไฟของอนุภูมิภาค ซึ่งธนาคารพัฒนา

เอเชีย (ADB) ได้สรุปเห็นชอบใช้ Greater Mekong Subregion Association หรือ GMRA เป็นชื่อสมาคมการรถไฟ และให้มีที่ตั้งอยู่ที่กรุงเทพฯ โดยเป็นองค์กรระหว่างรัฐบาล (Intergovernmental organization) ในกรอบของสหประชาชาติและมี 6 ประเทศกลุ่มแม่น้ำโขงเป็นสมาชิกผู้ก่อตั้ง แต่ในระยะเริ่มต้นให้เป็น Non Legal Organization จนกว่าโครงสร้างอย่างเป็นทางการจะถูกจัดตั้งขึ้น สำหรับข้อคิดเห็นที่สำคัญในการประชุมครั้งนี้จาก International Union of Railways หรือ UIC เกี่ยวกับระบบรถไฟของยุโรป กล่าวคือ ถึงแม้ว่าจะแตกต่างกับระบบรถไฟของกลุ่มประเทศ GMS แต่ก็ยังคงเป็นประโยชน์ในการศึกษาเรียนรู้เรื่องเทคนิคและข้อตกลงต่างๆ ระหว่างกัน อย่างไรก็ตาม ศูนย์ประสานงานด้านการรถไฟในอนุภูมิภาคกลุ่มแม่น้ำโขงไม่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้ UIC แต่สามารถใช้ประโยชน์จากความตกลงฯ หรือบันทึกความเข้าใจที่มีระหว่างกันในการขยายความร่วมมือได้ นอกจากนี้ที่ประชุมยังจะดำเนินการยกร่างบันทึกความเข้าใจเพื่อความร่วมมือระหว่าง GMRA กับองค์กรอื่นๆ อาทิ UIC

อีกหนึ่งกิจกรรมที่สำคัญคือ ในการประชุมระดับรัฐมนตรีกลุ่มแม่น้ำโขง ครั้งที่ 19 เมื่อเดือนธันวาคม 2556 ประเทศสมาชิก 4 ประเทศ ยกเว้นไทย และเวียดนาม ได้ลงนามบันทึกความเข้าใจดังกล่าวร่วมกัน เนื่องจากรัฐบาลได้ประกาศยุบสภาในวันที่ 9 ธันวาคม 2556 ส่วนเวียดนามยังไม่ได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี

กระทรวงคมนาคมได้นำเสนอ คสช. พิจารณาให้ความเห็นชอบการลงนามบันทึกความเข้าใจเพื่อการจัดตั้งสมาคมการรถไฟของประเทศกลุ่มแม่น้ำโขง GMRA โดยที่ประชุม คสช. ได้มีมติเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2557 ให้ความเห็นชอบการลงนามบันทึกความเข้าใจดังกล่าว และมอบหมายให้ปลัดกระทรวงคมนาคมปฏิบัติหน้าที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมเป็นผู้ลงนามในบันทึกความเข้าใจ

ปลัดกระทรวงคมนาคมปฏิบัติหน้าที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมได้ลงนามบันทึกความเข้าใจดังกล่าวร่วมกับรัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงการวางแผนและการลงทุนเวียดนาม ในระหว่างการประชุมระดับรัฐมนตรีในเวทีหารือเพื่อพัฒนาแนวระเบียงเศรษฐกิจ ครั้งที่ 6 (The Sixth Economic Corridor Forum: ECF) เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2557 ณ ประเทศเวียดนาม

สำหรับการดำเนินการขั้นถัดไปคือ ธนาคารพัฒนาเอเชียจะเริ่มดำเนินการตามกิจกรรมต่างๆ ที่ระบุไว้ในบันทึกความเข้าใจดังกล่าว โดยในเบื้องต้นได้ขอให้ประเทศสมาชิกแต่งตั้งผู้แทนเข้าร่วมในคณะทำงาน 4 คณะ (WG) ประกอบด้วย (1) Network Connectivity (2) Network Integration (3) Network Interoperability และ (4) Partnerships เพื่อร่วมกันพิจารณา (ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.2-1)

- จัดทำแผนปฏิบัติการเชื่อมโยงโครงข่ายทางรางในกลุ่มประเทศกลุ่มแม่น้ำโขงให้เชื่อมต่อกันภายในปี 2563
- พัฒนามาตรฐานทางด้านเทคนิคในการเดินรถไฟระหว่างประเทศ
- ปรับปรุงและประสานกระบวนการเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายคนและสินค้าข้ามแดนแบบไร้รอยต่อ
- ส่งเสริมให้ภาคเอกชนเข้ามีส่วนร่วมในการวางแผนและพัฒนาโครงข่ายเส้นทางรถไฟใน GMS

ตารางที่ 2.2-1 คณะทำงาน 4 คณะ (WG)

Group	Objectives
Network Connectivity	• Develop plan for completing missing links • Develop investment requirements
Network Integration	• Develop institutional requirements and agreements • Define reporting requirements and data to be collected • Develop framework for harmonized customs processing
Network Interoperability	• Develop technical standards on rolling stock • Agree on equipment and infrastructure specifications and standards • Agree on operating and safety standards
Partnerships	• Develop scope and membership guidelines • Develop approach & methods for attracting private participation/funding



รูปที่ 2.2-3 Memorandum of Understanding (MoU)

2.3 การเก็บข้อมูล

2.3.1 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ

1. การลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์เชิงลึก ณ ด้านศุลกากรปางดงเบซาร์
ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 18 – 22 มีนาคม 2557
ผู้ให้ข้อมูลหลัก
 - (1) คุณปรีชา คงศิลป์ หัวหน้างานพาณิชย์แขวงหาดใหญ่
 - (2) คุณประนอม ส่งแสง เจ้าหน้าที่การรถไฟแห่งประเทศไทย ตำแหน่งเสมียนสินค้าปางดงเบซาร์

- (3) Mr. Mohdrabi เจ้าหน้าที่ Keretapi Tanah Melayu Bhd. (KTMB) ตำแหน่ง Terminal Executive
2. การศึกษาดูงานและสัมภาษณ์เชิงลึก ณ ประเทศเยอรมัน
ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 22 – 30 มิถุนายน 2557
ผู้ให้ข้อมูลหลัก
 - (1) Prof. Dr.-Ing. UweKlingauf
 - (2) Dr.-Ing. Heike Meinert
 - (3) Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyer
 - (4) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
 - (5) Prof. Dr. Ralf Elbert
 - (6) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen
 - (7) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Torsten Dellmann
 - (8) Dipl.-Ing. Stefan Engel
 - (9) Dipl.-Ing. Christoph Loef
 - (10) Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann
 - (11) Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Eckehard Schnieder
 - (12) Prof. Dr. Joern Pacht
 - (13) Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer
 - (14) Mr. Udo Sauerbrey
 - (15) Mr. David Janecek
 - (16) Ms. Kerstin Buker
 - (17) Mr. Alexander Kuckelberg
 - (18) Mr. Rolf Goossmann

2.3.2 การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ

1. ศึกษาจากเอกสารรายงานผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ
2. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
3. แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย
4. แผนยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคม
5. แผนวิสาหกิจของการรถไฟแห่งประเทศไทย
6. แผนแม่บทเพื่อพัฒนาระบบรางและรถไฟความเร็วสูง
7. (ร่าง) พระราชบัญญัติให้อำนาจกระทรวงการคลังกู้เงินเพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของประเทศ
8. รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

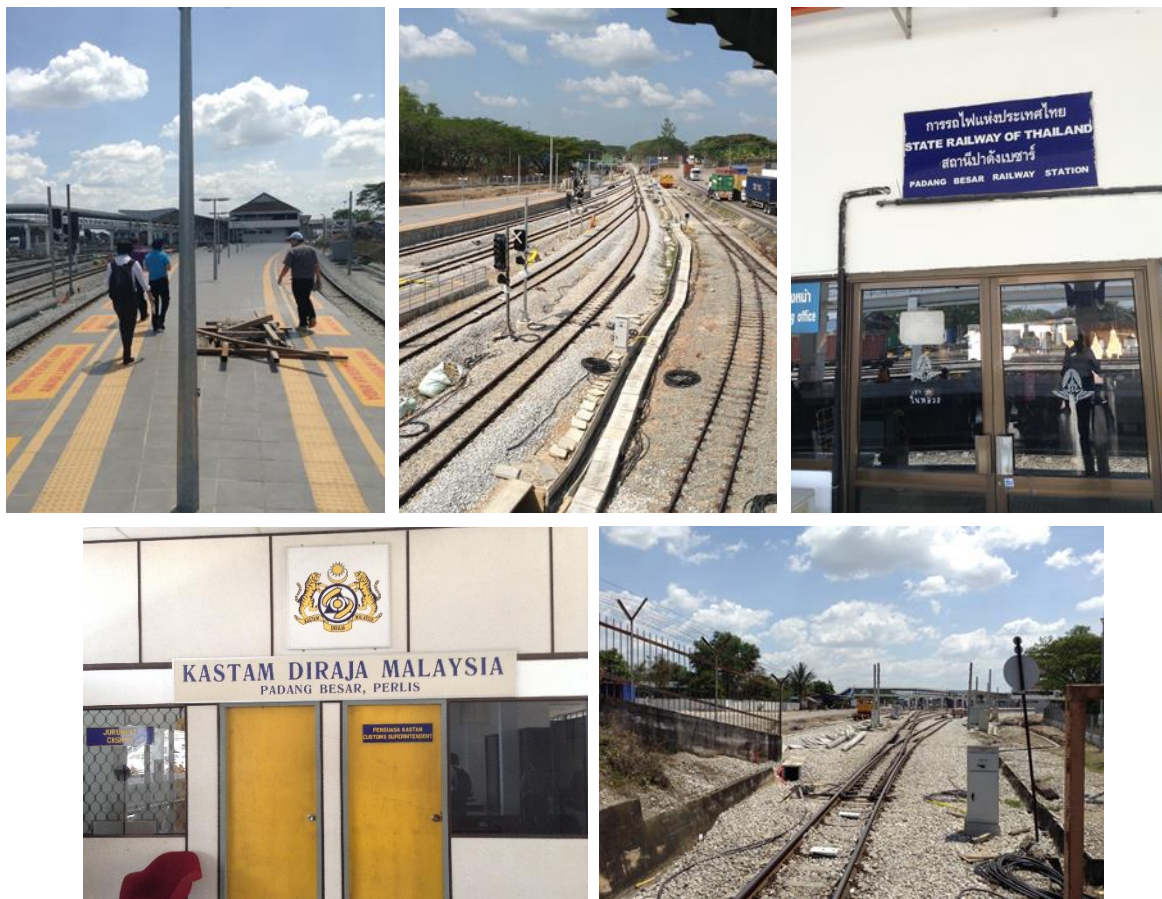
2.3.3 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์เชิงลึก ณ ด้านศุลกากรปาดังเบซาร์

การเดินทางศึกษาดูงานของในส่วนของคณะวิจัยในโครงการนี้อยู่ระหว่างวันที่ 18 ถึง 22 มีนาคม 2557 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูลการโดยสารและขนส่งสินค้าทางรางข้ามพรมแดนไปยังประเทศมาเลเซีย และศึกษาระบบโครงสร้างพื้นฐานระบบรางของประเทศมาเลเซียเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์และเตรียมการโครงสร้างพื้นฐานของไทยให้เหมาะสมสำหรับการเชื่อมโครงข่ายระบบรางระหว่างสองประเทศ เพื่อเตรียมนำส่งข้อมูลสำคัญของการขนส่งและโครงสร้างพื้นฐานให้แก่แผนงานศึกษาแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพระบบขนส่งทางรางในภูมิภาคต่อไป

การเดินทางศึกษาดูงานของคณะในครั้งนี้มีกำหนดการทั้งสิ้นจำนวน 5 วัน เริ่มจากการเดินทางจากกรุงเทพฯสู่หาดใหญ่ในวันที่ 18 มีนาคม 2557 เพื่อทำการสัมภาษณ์คุณปรีชา คงศิลป์ หัวหน้างานพาณิชย์เขตหาดใหญ่ในส่วนของการพาณิชย์ช่วงสถานีหาดใหญ่และเดินทางต่อผ่านด่านสะเดาเพื่อดูงานที่สถานีปาดังเบซาร์เกี่ยวกับการจัดการขนส่งข้ามฝั่งประเทศและโครงสร้างพื้นฐานระบบรถไฟที่จะทำการให้บริการในฝั่งมาเลเซีย วันถัดไปเดินทางต่อเข้าประเทศมาเลเซียผ่านทางด่านสะเดาโดยรถตู้เริ่มจากสถานี Ipoh สถานี KL Central Station West Port สถานี Jabor Bahru และท่าเรือ PTP ซึ่งในการเดินทางตลอดระยะเวลาการดูงานในประเทศมาเลเซียในครั้งนี้จะใช้รถตู้เป็นพาหนะหลักเนื่องจากสถานที่ดูงานแต่ละแห่งอยู่ห่างกันมากนับจากแห่งแรกทางเหนือถึงแห่งสุดท้ายทางตอนใต้สุดของประเทศ ซึ่งหลังจากสิ้นสุดการดูงานได้เดินทางกลับออกจากเมืองกัวลาลัมเปอร์ กลับเข้าประเทศไทยที่ด่านสะเดาและเดินทางกลับกรุงเทพฯ ในวันที่ 22 มีนาคม 2557



รูปที่ 2.3-1 ทำการสัมภาษณ์ฝ่ายการพาณิชย์เขตหาดใหญ่



รูปที่ 2.3-2 เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์ ณ ด้านศุลกากรปาดังเบซาร์

2.3.4 การศึกษาดูงานและสัมภาษณ์เชิงลึก ณ ประเทศเยอรมัน

การศึกษาดูงานครั้งนี้อยู่ระหว่างวันที่ 22 - 30 มิถุนายน 2557 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาบริการขนส่งและโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานสากล โดยเฉพาะรูปแบบบริการขนส่งทางเครือข่ายระบบรางที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 และสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลปัจจุบันที่ต้องการพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางของสมาคมอาเซียนด้านการขนส่งในอนาคต เป้าหมายหลักของโครงการนี้จึงเป็นการดำเนินการรวบรวมองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในส่วนของการขนส่งทางรางระบบไฟฟ้าและระบบอาณัติสัญญาณ นอกจากนี้ยังนำเสนอแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีระบบรางที่เหมาะสมของประเทศและใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการด้านวิศวกรรมในการพัฒนาการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางในภูมิภาค

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษา องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในส่วนของการขนส่งทางรางระบบไฟฟ้าและระบบอาณัติสัญญาณ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในสหภาพยุโรป รวมถึงมาตรฐานที่ทางมหาวิทยาลัย อุตสาหกรรมนั้นๆได้รับเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ

การเตรียมความพร้อมเพื่อรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของระบบราง ตลอดจนเพื่อให้ภาครัฐได้ตระหนักและนำปัจจัยดังกล่าวไปพิจารณากำหนดนโยบาย สนับสนุนการพัฒนาบริการขนส่งและโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานสากล ให้รองรับการเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนต่อไป

วัตถุประสงค์หลักของการเดินทาง

เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานและปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาระบบรางภายใต้มาตรฐานสากลเพื่อรองรับการเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ในปี พ.ศ. 2558 ให้กับภาครัฐของประเทศไทยและกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางของประเทศ เพื่อการรองรับการเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน โดยอิงจากการศึกษาดูงานและผลการสัมมนาฯ ต้นแบบการจัดการของมหาวิทยาลัยและอุตสาหกรรมระบบรางในสหภาพยุโรป รวมถึงข้อกฎหมาย และมาตรฐานต่างๆเป็นข้อมูลสนับสนุน

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

นำผลการศึกษาที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคของการเตรียมพร้อม รับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ในส่วนของการพัฒนาเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางของประเทศของประเทศไทย และการพัฒนาบริการขนส่งและโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐานสากลสู่การเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

รายละเอียดการเยี่ยมชม

สำหรับข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นสำหรับประเทศเยอรมันที่มีเครือข่ายทางรถไฟยาว 41,315 กม. โดยที่ 34,211 กม. เป็นเส้นทางรถไฟในประเทศและจำนวน 19,857 กม. ใช้ระบบไฟฟ้าประเภท 15 kV 16.67 Hz และมีขนาดราง 1,435 มม. (standard gauge) โดยมีดอยบาคัน (บริษัทเอกชนที่รัฐเป็นเจ้าของ) เป็นผู้ให้บริการหลักในด้านการให้บริการรถไฟ สำหรับการให้บริการเดินรถไฟระยะยาวจะใช้รถไฟประเภท Intercity-Express หรือ ICE ซึ่งเป็นรถไฟความเร็วสูงที่มีการให้บริการส่วนใหญ่ในประเทศ แต่บางเส้นทางมีการเชื่อมต่อไปยังประเทศภูมิภาค เช่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม สวิตเซอร์แลนด์ ออสเตรีย ฝรั่งเศส และเดนมาร์ก โดยมีตำแหน่งที่เกิดการเชื่อมต่อระหว่างประเทศเพื่อนบ้านจำนวน 68 จุด ดังแสดงในตารางที่ 2.3-1

ตารางที่ 2.3-1 จำนวนจุดเชื่อมต่อระหว่างประเทศเพื่อนบ้าน

ประเทศเพื่อนบ้าน	จำนวน
เนเธอร์แลนด์	7
เบลเยียม	2
สวิตเซอร์แลนด์	9
ออสเตรีย	8

ฝรั่งเศส	8
เดนมาร์ก	3
สวีเดน	1
โปแลนด์	14
สาธารณรัฐเช็ก	15
ลักเซมเบิร์ก	1

โดยสำหรับขบวนรถไฟความเร็วสูง (high speed) และแบบระหว่างเมือง (conventional) สำหรับรับส่งผู้โดยสารระหว่างเยอรมันกับประเทศเพื่อนบ้านดังแสดงในตารางที่ 2.3-2 และ 2.3-3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3-2 ตารางขบวนรถไฟความเร็วสูงสำหรับรับส่งผู้โดยสารระหว่างเยอรมันกับประเทศเพื่อนบ้าน

หมายเลข	ประเทศเพื่อนบ้าน	รายละเอียด	ขบวน	ความถี่
12	Switzerland	Berlin – Braunschweig – Frankfurt (Main) – Karlsruhe – Basel	ICE 1	every 2 hours
20	Switzerland	Hamburg – Hannover – Frankfurt (Main) – Karlsruhe – Basel	ICE 1	every 2 hours
28	Austria	Munich – Innsbruck	ICE T	single trains
43	Switzerland	Cologne – Frankfurt (Main) – Karlsruhe – Basel	ICE 3M	every 2 hours
75	Denmark	(Berlin –) Hamburg – Copenhagen	ICE TD	every 2 hours
76	Denmark	Berlin – Hamburg – Aarhus	ICE TD	single trains
78	Netherlands	Frankfurt (Main) – Cologne – Amsterdam	ICE 3M	every 2 hours
79	Belgium	Frankfurt (Main) – Cologne – Aachen – Brussels	ICE 3M	every 4 hours
80	Belgium, France	Cologne – Aachen – Brussels – Paris North	Thalys PBKA	every 4 hours
82	France	Frankfurt (Main) – Saarbrücken – Paris East	ICE 3MF TGV POS	every 4 hours
83	France	Stuttgart – Karlsruhe – Strasbourg – Paris East	TGV POS	every 4 hours
84	France	Frankfurt (Main) – Karlsruhe – Strasbourg – Lyon – Marseille	ICE 3MF	single trains
90	Austria, Hungary	Munich – Salzburg – Wien West – Budapest	Railjet	every 2 hours
91	Austria	Frankfurt (Main) – Nuremberg – Passau – Wien West	ICE T	every 2 hours

ตารางที่ 2.3-3 ตารางขบวนรถไฟระหว่างเมืองสำหรับรับส่งผู้โดยสารระหว่างเยอรมันกับประเทศเพื่อนบ้าน

หมายเลข	ประเทศเพื่อนบ้าน	รายละเอียด	ขบวน
40 - 47	Poland	Warsaw Wschodnia – Kutno – Poznan – Frankfurt (Oder) – Berlin Hbf	EC (EuroCity service)
54/55	Poland	Berlin – Frankfurt (Oder) – Poznań – Gdańsk – Gdynia	EC
370/371	Czech Republic, Slovakia	Ostseebad Binz – Stralsund – Berlin – Dresden – Prague – Bratislava	EC
274/275 386/387	Denmark	Aarhus – Flensburg – Hamburg	EC
98/99	Austria, Switzerland	Munich – Lindau – Bregenz – Zurich	EC
178/179	Czech Republic	Berlin – Dresden – Prague	EC
80/81	Austria, Italy	Munich – Kufstein – Innsbruck – Bolzano – Verona	EC
174/175	Czech Republic, Slovakia, Hungary	Berlin – Dresden – Prague – Bratislava – Budapest	EC
110/111	Austria	Munich – Salzburg – Villach – Klagenfurt	EC
176	Czech Republic	Hamburg – Berlin – Dresden – Prague – Brno	EC
172/173	Czech Republic, Austria	Vienna – Schöna – Berlin	EC
177	Czech Republic, Slovakia	Hamburg – Berlin – Dresden – Prague – Bratislava	EC
248/249	Poland	Hamburg – Lüneburg – Stendal – Berlin – Cottbus – Wrocław	EC
114/115	Austria	Münster – Dortmund – Cologne – Koblenz – Mannheim – Stuttgart – Munich – Salzburg – Villach – Klagenfurt	EC
112/113/117	Austria	Frankfurt – Stuttgart – Munich – Salzburg – Villach – Klagenfurt	EC
218/219	Austria	Frankfurt – Stuttgart – Munich – Salzburg – Leoben – Graz	EC
390/391	Austria	Frankfurt – Stuttgart – Munich – Salzburg – Linz	EC
216/217	Austria	Saarbrücken – Kaiserslautern – Mannheim – Stuttgart – Munich – Salzburg – Leoben – Graz	EC

ปัจจุบันมีรถไฟไฟฟ้า ICE จำนวน 259 ขบวนในห้ารุ่นที่แตกต่างกัน คือ ICE 1 (1991) ICE 2 (1996) ICE T (1999) ICE 3 (1999) และ ICE TD (2007) ซึ่งการผลิตเป็นการร่วมมือระหว่าง Bombardier and Siemens



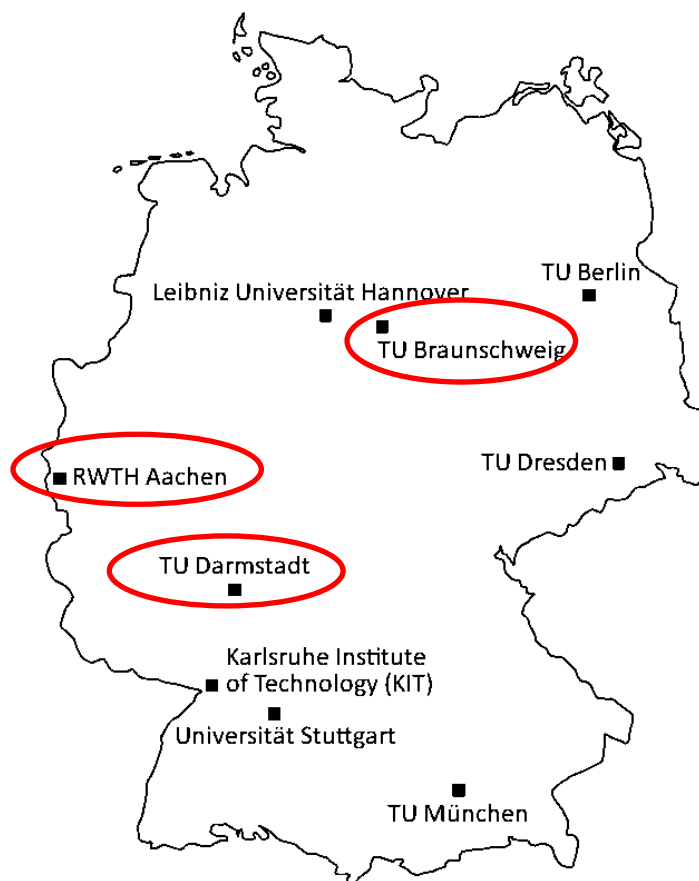
รูปที่ 2.3-3 ตัวอย่างรถไฟไฟฟ้าความเร็วสูงรุ่น ICE 3 และแบบระหว่างเมือง EC class 101 ให้บริการระหว่าง เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม สวิตเซอร์แลนด์ ออสเตรีย ฝรั่งเศส เดนมาร์ก และลักเซมเบิร์ก

การเดินทางศึกษาของคณะวิจัยในครั้งนี้มีกำหนดการทั้งสิ้นจำนวน 7 วันโดยหน่วยงาน หรือ Institute หลักที่ไปเยี่ยมจะมีความร่วมมือหรือมีส่วนได้ส่วนเสียกับภาคอุตสาหกรรมระบบขนส่งทางราง ซึ่งเป็นหน่วยงานและตัวแทนจากภาควิชาในมหาวิทยาลัยทางด้านเทคนิคแนวหน้าของประเทศเยอรมันและอุตสาหกรรมรายย่อย ประกอบด้วย

ตารางที่ 2.3-4 หน่วยงาน และ Institute ที่เข้าเยี่ยมชมงาน

1) Technical University of Darmstadt	
Institute of Flight Systems and Control	Prof. Dr.-Ing. UweKlingauf (หัวหน้าหน่วยงาน) Dr.-Ing. Heike Meinert Prof. Dr.-Ing.Jürgen Beyer
Institute of Transportation	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
Faculty of Law and Economics	Prof. Dr. Ralf Elbert
2) RWTH Aachen University	
Institute of Transport Science	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen (หัวหน้าหน่วยงาน)
Institute of Rail Vehicles and Transport Equipment	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Torsten Dellmann (หัวหน้าหน่วยงาน)
Institute for Power Electronics and Electrical Drives	Dipl.-Ing. Stefan Engel (ตัวแทนหัวหน้าหน่วยงาน) Dipl.-Ing. Christoph Loef Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann
3) Technical University ofBraunschweig	
Institute for Traffic Safety and	Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Eckehard Schnieder

Automation Engineering	(หัวหน้าหน่วยงาน)
Institute of Railway Systems Engineering and Transport Safety	Prof. Dr. Joern Pachl (หัวหน้าหน่วยงาน)
Institute of Transportation, Railway Construction and Operation	Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer (หัวหน้าหน่วยงาน)
4) Railistics GmbH	
Managing Director	Mr. Udo Sauerbrey
5) VIA Consulting & Development GmbH	
Managing Director	David Janecek
วิศวกร	Kerstin Buker Alexander Kuckelberg
6) HaCon Ingenieurgesellschaft mbH	
Managing Director	Rolf Goossmann
วิศวกร	Dr. Sustrante



รูปที่ 2.3-4 สถานที่เยี่ยมชมและสัมภาษณ์หลัก

ในส่วน of สถาบันการศึกษา หัวหน้าหน่วยงานเหล่านี้เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านอุตสาหกรรมระบบรางไม่น้อยกว่า 10 ปี ถูกทำการคัดเลือกให้มาดำรงในตำแหน่งโดยประโยชน์ทางตรงของระบบนี้คือการเชื่อมโยงภาคอุตสาหกรรมเข้ากับระบบการศึกษา ทำให้ตอบโจทย์การพัฒนาวิศวกรทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติตามความเชี่ยวชาญเฉพาะของหน่วยงานนั้นๆให้ตรงตามเป้าประสงค์ของอุตสาหกรรมที่เน้นการพัฒนาเครือข่ายระบบรางของประเทศ

เริ่มจากคณะผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ทุกหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางราง ณ Technical University of Darmstadt เกี่ยวกับเทคโนโลยีและรูปแบบโลจิสติกส์ระบบรางในสหภาพยุโรป แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางของประเทศ รวมถึงการมีส่วนร่วมในการพัฒนาอุตสาหกรรมระบบรางในสหภาพยุโรป



รูปที่ 2.3-5 สัมภาษณ์ ณ Technical University of Darmstadt

คณะผู้วิจัยได้เข้าเยี่ยมชมอุตสาหกรรมรายย่อย Railistics โดยมี Mr. Udo Sauerbrey ผู้เป็น Managing Director ให้สัมภาษณ์ การวางแผนและจัดการการเดินทาง รวมถึงการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและยังมีความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในด้านงานวิจัยผ่านอาจารย์และนักศึกษา งานที่สำคัญของบริษัทคือ การพัฒนาวิธีการค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าทางรถไฟและผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งทางรถไฟที่ทำการเดินทางข้ามประเทศในเส้นทางหลักในสหภาพยุโรป

ทางคณะผู้วิจัยได้เดินทางเพื่อเยี่ยมชมหน่วยงาน ณ RWTH Aachen University เพื่อศึกษาดูงานและทำการสัมภาษณ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานของงานระบบรางรถไฟ หน่วยงานหลักที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางรางประกอบด้วย 6 หน่วยงาน โดยทางคณะผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการพูดคุยกับ 3 หน่วยงานที่เน้นทางด้านระบบไฟฟ้า หลักเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานและการเดินทางและระบบอาณัติสัญญาณ

ซึ่งประกอบด้วย Institute of Rail Vehicles and Transport Equipment, Institute of Transport Science และ Institute for Power Electronics and Electrical Drives เนื้อหาสำคัญได้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับงานวิจัยที่เน้นการออกแบบระบบรางในเชิงมหภาคและจุลภาคโดยมีการปฏิบัติงานจริงและการใช้ software ช่วยเหลือ ที่ผ่านมาผู้ที่สำเร็จการศึกษาจากหน่วยงานนี้สามารถไปทำงานกับหน่วยงานที่เป็นเจ้าของโครงสร้างพื้นฐานระบบรางและให้สัมปทานการเดินรถ เช่น คอยบาร์ทัน หรือออกไปตั้งบริษัทออกแบบตารางการเดินรถ



รูปที่ 2.3-6 สัมภาษณ์ ณ RWTH Aachen University

คณะผู้วิจัยได้เข้าเยี่ยมชมบริษัท Waggonfabrik Talbot บริษัทที่มีเทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนและประกอบขบวนรถไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการเดินรถในประเทศและเชื่อมโยงระหว่างประเทศ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ไปเยี่ยมชมอุตสาหกรรมรายย่อย VIA Consulting & Development ที่มีความร่วมมือกับหน่วยงาน Institute of Transport Science ในการพัฒนา software ที่ช่วยวิเคราะห์จำนวนขบวนรถ การประเมินลักษณะโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสม การจำลองการจัดตารางเวลาและกระบวนการเดินรถ รวมถึงสนับสนุนสำหรับการวางแผนการเชื่อมต่อเครือข่ายระบบรางเชิงกลยุทธ์ โดยมี David Janecek ผู้เป็น Managing Director และวิศวกร Kerstin Boker และ Alexander Kuckelberg เป็นผู้ให้สัมภาษณ์

คณะผู้วิจัยเดินทางไปยัง Technical University of Braunschweig เพื่อพบกับหน่วยงานที่จัดการด้านการเรียนการสอนและงานวิจัยระบบราง 3 หน่วยงาน ได้แก่ Institute for Traffic Safety and Automation Engineering, Institute of Railway Systems Engineering and Transport Safety และ Institute of Transportation, Railway Construction and Operation โดยทำการหารือด้านการจัดการเดินรถซึ่งสามารถกำหนดโดยอิงกับโครงสร้างพื้นฐานระบบรางหรือระบบอาณัติสัญญาณ อีกด้านที่ทำการสนทนาคือการควบคุมอัตโนมัติด้านความปลอดภัยการจราจรเดินรถที่ทางหน่วยงานเน้นทางด้าน Traffic Safety and Automation, Vehicle Safety and Automation และ Automation Engineering and Control Theory



รูปที่ 2.3-7 สัมภาษณ์ ณ Technical University of Braunschweig

คณะผู้วิจัยได้ไปเยี่ยมชมอุตสาหกรรมรายย่อย HaCon ที่มีความร่วมมือกับหน่วยงานที่เป็นเจ้าของโครงสร้างพื้นฐานระบบรางและให้สัมปทานการเดินรถโดยดูแลเรื่องการบริการให้ข้อมูลของขบวนรถไฟแบบ real time การให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการวางแผนเชิงกลยุทธ์ การพัฒนาประยุกต์ใช้กระบวนการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการจัดการด้านการจราจรระบบราง ที่สำคัญคือ การพัฒนาโปรแกรม EU-Spirit ที่สามารถให้บริการข้อมูลการเชื่อมต่อระหว่างประเทศ เช่น เยอรมัน สวีเดน ออสเตรีย ฝรั่งเศส และเดนมาร์ก ที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้โดยสารที่ใช้บริการระบบขนส่งโดยจะเชื่อมโยงกันผ่านทางอินเทอร์เน็ต โดยมีผู้ให้สัมภาษณ์คือ Rolf Goossmann ผู้เป็น Managing Director และวิศวกร Dr. Sustrante

บทสรุปการเดินทาง

จากการเยี่ยมชมและสัมภาษณ์หน่วยงานต่างๆ ทั้งทางภาครัฐและเอกชน ในด้านของการเชื่อมโยงระบบรางระหว่างประเทศในสหภาพพบว่าการกรอบข้อกำหนดเฉพาะทางเทคนิค (Technical

Specification Interoperability) หรือที่รู้จักกันในชื่อ TSI เป็นแนวทางภายใต้บทบัญญัติเกี่ยวกับการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบราง (Interoperability Directive) ที่ใช้เป็นข้อบังคับเพื่อสร้างเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันภายในระบบรถไฟของประเทศสมาชิก เงื่อนไขเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการก่อสร้าง การบริการ การปรับปรุง การต่ออายุการเดินรถและการบำรุงรักษาของระบบ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของอาชีพและสภาวะสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานที่ทำงานเดินรถและบำรุงรักษาซึ่งจะครอบคลุมระบบรถไฟระบบย่อย (subsystems) และองค์ประกอบการทำงานร่วมกัน (interoperability constituents) ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่าอุปสรรคที่สำคัญที่สุดต่อการเชื่อมโยงเครือข่ายคือ ระบบจ่ายไฟฟ้าและระบบอาณัติสัญญาณของขบวนรถไฟระหว่างเมือง ในอดีตสำหรับเส้นทางระยะสั้นเมื่อผ่านจุดเชื่อมต่อระหว่างประเทศสามารถแก้ไขโดยใช้หัวจักรดีเซล เมื่อมีการใช้เทคโนโลยีเดินรถด้วยไฟฟ้าเข้ามาใช้จึงเกิดความจำเป็นที่ต้องทำการเปลี่ยนหัวจักรไฟฟ้าเมื่อผ่านจุดเชื่อมต่อระหว่างประเทศเพื่อให้เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าและอาณัติสัญญาณของประเทศที่ขบวนรถไฟวิ่งผ่านซึ่งมักจะใช้เวลานาน ปัจจุบันสามารถแก้ไขโดยใช้หัวจักรไฟฟ้าที่สามารถทำงานกับระบบไฟฟ้าที่หลากหลายและเหมาะกับการวิ่งเส้นทางระยะไกล

นอกจากนี้ยังได้สังเกตว่าอุตสาหกรรมรายย่อยที่เกี่ยวข้องกับระบบรางมีอยู่เป็นจำนวนมากทั้งในส่วนของ การวางแผนและจัดการการเดินรถ รวมถึงการให้บริการรักษาและยังมีความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในด้านงานวิจัยผ่านอาจารย์และนักศึกษาซึ่งมีจำนวนไม่น้อยที่ผันตัวจากหน่วยงานในมหาวิทยาลัย ซึ่งการเชื่อมโยงภาคอุตสาหกรรมระบบรางรายย่อยในประเทศไทยผ่านภาคการศึกษาโดยตรงหรือหน่วยงานภาครัฐ/สถาบัน น่าจะเพิ่มโอกาสการพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางระหว่างประเทศภูมิภาคได้เป็นอย่างดี

สำหรับเนื้อหาที่น่าสนใจในบทนี้ จากการทบทวนกรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค และโครงการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค กล่าวโดยสรุปได้ว่าจุดเชื่อมต่อที่มีแนวโน้มเกิดการเชื่อมต่อเครือข่ายระบบรางที่เหมาะสมมากที่สุด คือระหว่างชุมทางหาดใหญ่ – ปาดังเบซาร์ สถานีหนองคาย – ท่านาแล้ง สถานีรัฐประศาสน์ – ปอยเปต และสถานีของกาเลีย – ด้านพระเจดีย์สามองค์ สำหรับในส่วนของรายละเอียดของการเชื่อมโยงระบบรางระหว่างประเทศพบว่าแนวทางที่เหมาะสมคือการดำเนินการตามกรอบข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค TSI เป็นแนวทางภายใต้บทบัญญัติเกี่ยวกับการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบราง (Interoperability Directive) ที่ใช้เป็นข้อบังคับเพื่อสร้างเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันภายในระบบรถไฟของประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป เงื่อนไขเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการก่อสร้าง การบริการ การปรับปรุง การต่ออายุการเดินรถและการบำรุงรักษาของระบบ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของอาชีพและสภาวะสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานที่ทำงานเดินรถและบำรุงรักษาซึ่งจะครอบคลุมระบบรถไฟระบบย่อย (subsystems) และองค์ประกอบการทำงานร่วมกัน (interoperability constituents)

บรรณานุกรม

1. นคร จันทสร, ช่างรถไฟ ความรู้ทั่วไปด้านวิศวกรรมรถไฟ, 2554.
2. Government of the Lao PDR, MCTPC and the Japan International Cooperation Agency (JICA). 2008. The Study of Master Plan on Comprehensive Urban Transport in Vientiane in Lao PDR. Vientiane. Draft. This document is yet to be formally approved by the government.
3. Sector Assistance Program Evaluation for the Transport Sector In The Lao People's Democratic Republic, SAP: LAO 2010-44 Sector Assistance Program Evaluation October 2010.
4. LAO PDR: Transport Sector Brief East Asia and Pacific Region Transport Sector Unit Alberto Nogales - Version: May 1, 2004.
5. Lao-Thai rail expansion project starts, Business Desk, Vientiane Times, Publication Date : 28-08-2013, <http://www.asianewsnet.net/Lao-Thai-rail-expansion-project-starts-50896.html>
6. Reported by RFA's Lao Service. Written in English by Joshua Lipas, <http://www.rfa.org/english/news/laos/railway-01032014153336.html>
7. Malaysia Transport Pricing Strategies, Measures, and Policies Inception Report, Jeffrey D. Ensor.
8. Gannon, C. & Liu, Z. (1997) Poverty and Transport. World Bank Group, TWU – 30.
9. Economic Planning Unit (EPU) (1991) The Way Forward (Vision 2020), <http://www.epu.jpm.my/Bi/speech/vision2020i.html>.
10. Malaysia-Singapore Connectivity: Increased Rail, Road and Sea Links, Mushahid Ali, No. 034/2013 dated 20 February 2013.
11. Infrastructure in Myanmar Yasuhide Fujii Managing Partner, KPMG in Myanmar and Satya Ramamurthy Head of Government & Infrastructure, KPMG in Asia-Pacific 2013.
12. ผู้จัดการออนไลน์ 22 ธันวาคม 2556, <http://manager.co.th/IndoChina/ViewNews.aspx?NewsID=9560000156944>
13. Asean Headline 12 ธันวาคม 2013, <http://englishnews.thaipbs.or.th/myanmar-govt-looking-upgrade-yangon-myitkyina-rail-railway>.

14. National Strategic Plan for Climate Change Adaptation and Greenhouse Gas Mititation in Transport Sector 2012.
15. การเชื่อมโยงการคมนาคมชายแดนรัฐประเทศ – ปอยเปต กับโอกาสของธุรกิจไทย กลุ่มงานกัมพูชา/เวียดนาม สำนักความร่วมมือการค้าและการลงทุน มีนาคม 2556.
16. สรุปความก้าวหน้าแผนงาน GMS (เมษายน-มิถุนายน 2555) สำนักงานประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ สศช.

3. เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานเชื่อมโยงเครือข่ายระบบราง

สำหรับในภาพรวมเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบราง (interoperability) ที่รถไฟสามารถขนส่งคนและสินค้าระหว่างประเทศที่มีเครือข่ายรถไฟร่วมกัน จำเป็นต้องมีข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิคที่ใช้ร่วมกัน (นอกเหนือไปจากข้อกำหนดด้านนโยบายระหว่างประเทศและโครงสร้างของคณะกรรมการการว่าด้วยการเดินรถร่วมกัน) ซึ่งแบ่งเป็นสองหัวข้อหลักคือ เทคโนโลยีด้านโครงสร้างพื้นฐาน และเทคโนโลยีด้านการทำงานหรือการเดินรถ โดยเนื้อหาในบทนี้ได้รวบรวมข้อมูลเชิงเทคนิคของเทคโนโลยีด้านโครงสร้างพื้นฐานระบบราง และปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟโดยมีการศึกษาจากตัวอย่างที่มีการพัฒนาใช้ในประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป ซึ่งสุดท้ายจะนำไปสู่การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (EC verification) ก่อนที่จะสามารถนำรถไฟมาให้บริการระหว่างประเทศสมาชิกได้ สำหรับข้อมูลขั้นต่ำที่จำเป็นเพื่อใช้ในการประเมินประกอบด้วย (1) ความต้องการที่จำเป็นสำหรับระบบย่อยด้านโครงสร้าง (Essential requirements) (2) ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้พิจารณาการเชื่อมต่อกับระบบย่อยอื่นๆ (Interface) และ (3) ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents) โดยระบบย่อย (subsystem) ที่ทำการศึกษารวมประกอบด้วย โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure) ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System) ระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling System) และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks)

เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น บทนี้จะเริ่มจากการระบุนิยามให้ชัดเจนซึ่งเป็นขอบเขตของหัวข้อในงานวิจัยนี้

- โครงสร้างพื้นฐานระบบรางหมายถึง ระบบย่อยทั้ง 4 อันประกอบไปด้วย ระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานหรือโครงสร้างทางรถไฟ (infrastructure subsystem) ระบบย่อยพลังงานไฟฟ้า (energy subsystem) ระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (command-control and signalling subsystem) และระบบย่อยขบวนรถไฟ (locomotives and passenger rolling stocks subsystem)

- เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานหมายถึง ข้อกำหนดจำเพาะเชิงเทคนิคของระบบย่อยดังกล่าวที่ต้องมีร่วมกัน

- การเชื่อมโยงเครือข่ายหมายถึง การสร้างการทำงานร่วมกันของระบบรางระหว่างประเทศเครือข่ายทั้งในด้านโครงสร้างพื้นฐานและด้านการดำเนินงาน

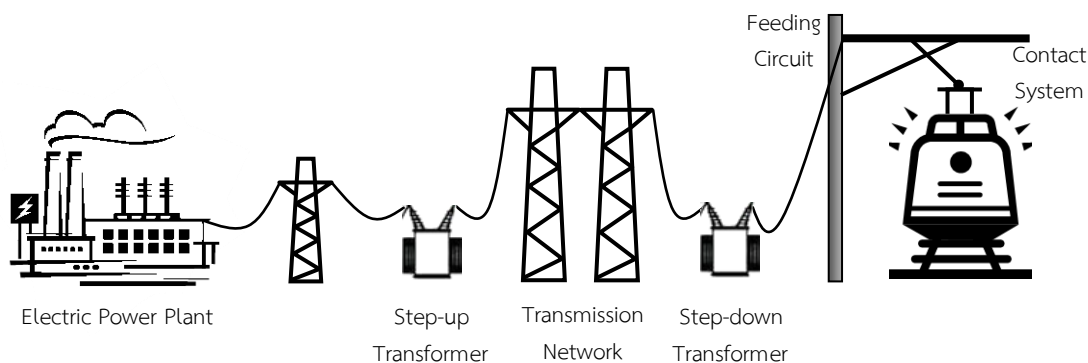
3.1 เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบราง

หัวข้อนี้แสดงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างพื้นฐานระบบรางที่ควรใช้ในการพิจารณาการเชื่อมโยงเครือข่ายกับประเทศในภูมิภาคโดยแบ่งได้เป็น

3.1.1 ส่วนประกอบหลักของเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบราง

3.1.1.1 ระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับการขับเคลื่อนรถไฟ (Traction Power Supply)

เป็นระบบที่ใช้ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับรถไฟเพื่อนำไปใช้สำหรับการขับเคลื่อน โดยจากรูปที่ 3.1-1 ไฟฟ้าจะถูกกำเนิดขึ้นจากโรงไฟฟ้า (Electric Power Plant) จากนั้นระดับแรงดันจะถูกปรับให้สูงขึ้น (step up) ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เพื่อให้การส่งในระยะทางไกลผ่านทางโครงข่ายของสายตัวนำไฟฟ้า (Transmission Network) มีการสูญเสียต่ำ เมื่อไฟฟ้ามาถึงบริเวณใกล้ระบบรถไฟจะมีการตั้งสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) ขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ปรับลดระดับแรงดัน (Step down) และชนิดของแรงดันให้เหมาะสม ก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบขับเคลื่อนในตัวรถไฟผ่านทางวงจรป้อน (Feeding Circuit) ที่จะต้องมีให้ครอบคลุมเส้นทางทั้งหมดที่รถไฟจะผ่าน และระบบหน้าสัมผัส (Contact System) ที่ใช้สำหรับการส่งไฟฟ้าจากวงจรป้อนที่หยุดนิ่งเข้าสู่ตัวรถไฟที่กำลังเคลื่อนที่



รูปที่ 3.1-1 ระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟ

ก) ระบบจ่ายไฟรางที่สามและระบบสายส่งเหนือราง (Third Rail / Overhead Catenary Systems)

ส่วนใหญ่ระบบรถไฟขนส่งมวลชนจะใช้ระบบพลังงานจากรางที่สาม (Third Rail System) โดยมีอุปกรณ์รับกระแสไฟฟ้าจากรางที่สาม (Collector Shoe) ในขณะที่บางรายใช้ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบสายส่งเหนือราง (Overhead Catenary System) หรือ OCS โดยมีสายลึงหรือแพนโทกราฟ (pantographs) เป็นอุปกรณ์รับกระแสไฟฟ้า ระบบสายส่งเหนือรางมักพบในทางรถไฟที่มีการทำงานเหนือพื้นดิน ทางรถไฟที่มีเส้นทางอยู่บนถนนในเมือง หรือในพื้นที่สาธารณะ อย่างไรก็ตามนับตั้งแต่มีระบบรางที่สาม มักจะมีการเสนอให้ใช้เนื่องจากลดความเสี่ยงของแรงดันไฟฟ้าที่มากเกินไปได้และโครงสร้างที่มีราคาสูง ข้อจำกัดของระบบรางที่สามในการใช้งานและความปลอดภัยได้แก่ สภาพรางที่อาจกลายเป็นน้ำแข็งได้ง่ายในสภาพอากาศฤดูหนาว และอันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่เข้าถึงได้ง่ายกว่าสายป้อนเหนือราง ปัจจุบันสำหรับเมืองใหญ่ทั่วโลกพบว่าระบบรถไฟใต้ดินทั้งหมดของบาร์เซโลนา เซี่ยงไฮ้ ฮกเก้ง กรุงโซลและนิวเดลี ใช้ระบบส่งจ่ายพลังงานเหนือหัว ในขณะที่ระบบรถไฟในกรุงปารีสใช้มาตรฐานระบบทางที่สาม

วันนี้ระบบไฟฟ้าใหม่ต้องการให้บริการที่หลากหลายของการทำงานของระบบราง ความต้องการของ รถไฟฟ้าธรรมดา รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน รถไฟฟ้าขนส่งสินค้า รถไฟฟ้าในเมือง รถไฟฟ้าความเร็วสูง ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก ส่งผลให้ต้องมีรูปแบบหลากหลายของระบบการส่งไฟฟ้าเพื่อให้มีศักยภาพการบริการสูงสุด

ในการพิจารณาติดตั้งการขนส่งในเมือง การใช้ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำด้วยระบบกระแสไฟฟ้า DC ไม่มีประสิทธิภาพเท่าไฟฟ้าแรงสูงแบบ AC หากไฟกระแสตรงจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูงจะต้องการตัวนำที่ใหญ่ๆ ต้องใช้สถานีไฟฟ้าจ่ายหลายแห่ง ที่ระยะห่างสายไฟที่จะเกิดการสูญเสียความร้อนและพลังงานสูง รถไฟใช้รางที่สามช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอุโมงค์โดยการลดขนาดของอุโมงค์เจาะเส้นผ่าศูนย์กลางเมื่อเทียบกับขนาดที่จำเป็นสำหรับการเคลื่อนรถด้วย Pantograph สำหรับระบบสายส่งเหนือรางรวมถึงระบบสนับสนุน เช่น เสา ผนัง สิ่งติดตั้งด้วย ตัวส่งข้าม ฯลฯ ไฟฟ้าแรงดันสูงจากโรงไฟฟ้า ซึ่งโดยทั่วไปจะมีแรงดันขนาด 115,000 โวลต์ (115 kV) และ 69,000 โวลต์ (69 kV) ซึ่งจะถูกปรับลดแรงดันลงก่อนป้อนเข้าระบบจ่ายไฟของรถไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบันคือแรงดันไฟฟ้า 25,000 โวลต์ (25 kV) ความถี่ 50 หรือ 60 Hz ตามระบบการจ่ายไฟฟ้าของแต่ละประเทศ กระแสไฟฟ้าที่ถูกปรับลดแรงดัน แล้วจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบสายส่งเหนือราง โดยผ่านทางสายลี้ที่ติดตั้งอยู่บนหลังการรถซึ่งจะยกขึ้นไปสัมผัสกับสายส่งเพื่อรับกระแสไฟฟ้ามาใช้บนรถ กระแสไฟฟ้าจะไหลกลับครบวงจรโดยรางรับน้ำหนักรถเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นจุดที่รถไฟกับระบบการจ่ายไฟมาสัมผัสกัน ปกติการยกสายลี้ขึ้นลงจะควบคุมด้วยลมอัดที่มีแรงดันสูง การเคลื่อนเข้าสัมผัสและการแยกออกจากสายส่งต้องรวดเร็วมากเพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟที่จะทำให้สายส่งและแปรงถ่านสึกเร็วขึ้น สายลี้ในสมัยก่อนจะออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน แต่ปัจจุบันสามารถออกแบบให้มีกลไกครึ่งหนึ่งของแบบที่เคยใช้อยู่เดิมเสากระโดงของสายลี้สำหรับรถไฟความเร็วสูงอาจติดตั้งสปอยล์เลอร์ เพื่อให้เกิดอากาศพลศาสตร์ที่จะดันยกขึ้นช่วยให้การสัมผัสระหว่างสายลี้กับสายส่งดีขึ้นขณะวิ่งด้วยความเร็วสูง ตัวอย่างวงจรป้อนที่ใช้ในประเทศต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.1-1

ตารางที่ 3.1-1 ระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศต่างๆ

วงจรป้อนพลังงานไฟฟ้า (Feeding Circuit)			ประเทศ
ชนิด	ระดับแรงดัน	ความถี่	
AC	25kV	50 Hz	UK, France, Finland, Denmark, Luxembourg, Portugal, Spain
	24kV	50 Hz	Thailand (Airport Rail Link, ARL)
	15kV	16 2/3 Hz	Germany, Austria, Switzerland, Sweden, Norway
DC	3kV	-	Belgium, Spain, Italy
	1.5kV	-	France, Netherlands
	750V	-	UK, Thailand (BTS, MRT)

ข) หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อแปลงระดับแรงดันไฟสลับให้สูงขึ้นหรือต่ำลง (step up/step down) ได้โดยอาศัยปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า แรงดันจะถูกแปลงให้สูงขึ้นหรือต่ำลง ขึ้นอยู่กับหลาย

ปัจจัย เช่น สำหรับการส่งไฟฟ้าระยะทางไกลจะต้องแปลงให้สูงขึ้นเนื่องจากแรงดันสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียในสายส่งต่ำ สำหรับการใช้ไฟฟ้าจะต้องลดระดับแรงดันลงเนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะทำงานที่แรงดันต่ำ

หม้อแปลงไฟฟ้ามีหลายชนิด แต่ละชนิดมีการออกแบบเฉพาะให้มีความเหมาะสมกับงานที่ต่างกัน เช่น หม้อแปลงชนิดใช้กับวงจรเรียงกระแส (Rectify Transformer) จะออกแบบเฉพาะให้ทำงานร่วมกับวงจรเรียงกระแสที่มีฮาร์โมนิกส์ได้เป็นพิเศษ หรือหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อน (Traction Transformer) จะถูกออกแบบเฉพาะให้มีขนาดเล็กเพื่อติดตั้งบนตัวรถไฟ เป็นต้น

ค) สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) และระบบการป้อนพลังงาน

ในสถานีไฟฟ้าย่อยประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) อุปกรณ์เรียงกระแส (Rectifier) เฉพาะกรณี DC traction power supply และสวิตช์เกียร์ (Switchgear)

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อแปลงระดับแรงดันไฟสลับให้สูงขึ้นหรือต่ำลง (step up/step down) ได้โดยอาศัยปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า (รูป 6-3) แรงดันจะถูกแปลงให้สูงขึ้นหรือต่ำลง ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สำหรับการส่งไฟฟ้าระยะทางไกลจะต้องแปลงให้สูงขึ้นเนื่องจากแรงดันสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียในสายส่งต่ำ สำหรับการใช้ไฟฟ้าจะต้องลดระดับแรงดันลงเนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะทำงานที่แรงดันต่ำ

หม้อแปลงไฟฟ้ามีหลายชนิด แต่ละชนิดมีการออกแบบเฉพาะให้มีความเหมาะสมกับงานที่ต่างกัน เช่น หม้อแปลงชนิดใช้กับวงจรเรียงกระแส (Rectify Transformer) จะออกแบบเฉพาะให้ทำงานร่วมกับวงจรเรียงกระแสที่มีฮาร์โมนิกส์ได้เป็นพิเศษ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อน (Traction Transformer) จะถูกออกแบบเฉพาะให้มีขนาดเล็กเพื่อติดตั้งบนตัวรถไฟ เป็นต้น

อุปกรณ์เรียงกระแส (Rectifier)

จะมีเฉพาะระบบรถไฟฟ้าที่ใช้การจ่ายกำลังส่วนขับเคลื่อนเป็นแบบไฟตรงเท่านั้น หน้าที่ของอุปกรณ์เรียงกระแสคือแปลงไฟสลับให้เป็นไฟตรง ตัวอย่างของอุปกรณ์เรียงกระแสเพื่อใช้แปลงไฟสลับ ให้เป็นไฟตรงภายในประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสที่มีไดโอดเป็นองค์ประกอบหลัก

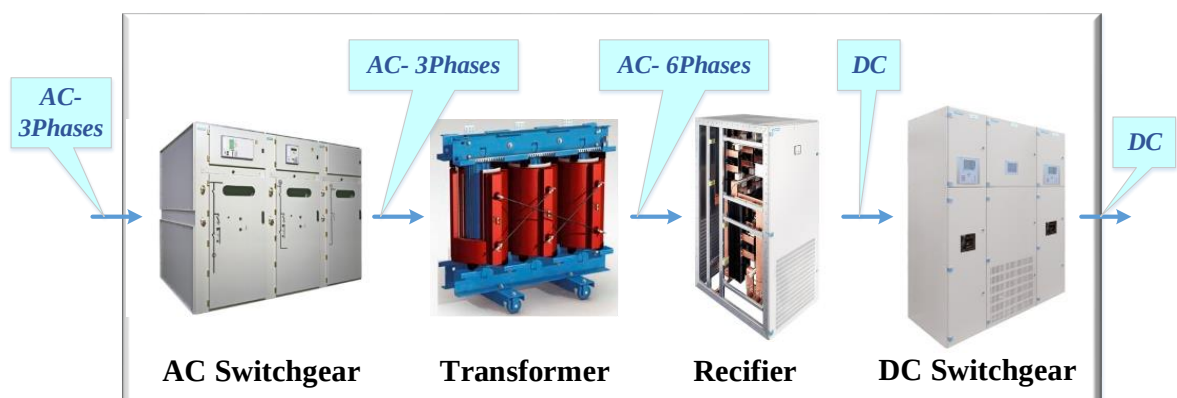
สวิตช์เกียร์ (Switchgear)

เป็นอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นมาจากการรวมอุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้าหลายชนิดเข้าด้วยกัน ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 3.1-2 ด้วยการนำอุปกรณ์พื้นฐานเหล่านี้มารวมกันทำให้สวิตช์เกียร์สามารถใช้งานได้หลายหน้าที่พร้อมกัน คือ (1) กำหนดรูปแบบวงจรไฟฟ้า (2) ตัด/ต่อวงจรไฟฟ้าในภาวะวงจรทำงานปกติ และ (3) ตัดวงจรไฟฟ้าในภาวะที่มีการลัดวงจร หน้าที่ทั้ง 3 นี้เป็นความต้องการหลักที่มีอยู่ระบบไฟฟ้าใหญ่ๆ ดังนั้น สวิตช์เกียร์จึงพบอยู่เกือบทุกระบบ

อุปกรณ์	สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	หน้าที่
สวิตช์		ตัด/ต่อ วงจรไฟฟ้าในภาวะปกติ
เซอร์กิตเบรกเกอร์		ตัดวงจรไฟฟ้าในภาวะมีการลัดวงจร
บัส		เป็นตัวนำไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นจุดต่อวงจรร่วมกัน
หม้อแปลงวัดกระแส		ลดกระแสให้ต่ำเพื่อเข้าเครื่องมือวัดกระแส
หม้อแปลงวัดแรงดัน		ลดแรงดันให้ต่ำเพื่อเข้าเครื่องมือวัดแรงดัน

สำหรับระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนแบบไฟตรง สถานีไฟฟ้าย่อยขับเคลื่อนแบบไฟตรง (DC Traction Substation) จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบส่วนหลักทำงานร่วมกันดังรูปที่ 3.1-2 โดยเปลี่ยนไฟฟ้าสลับ 3 เฟสเป็นไฟตรงโดยภายในสถานีไฟฟ้าย่อย

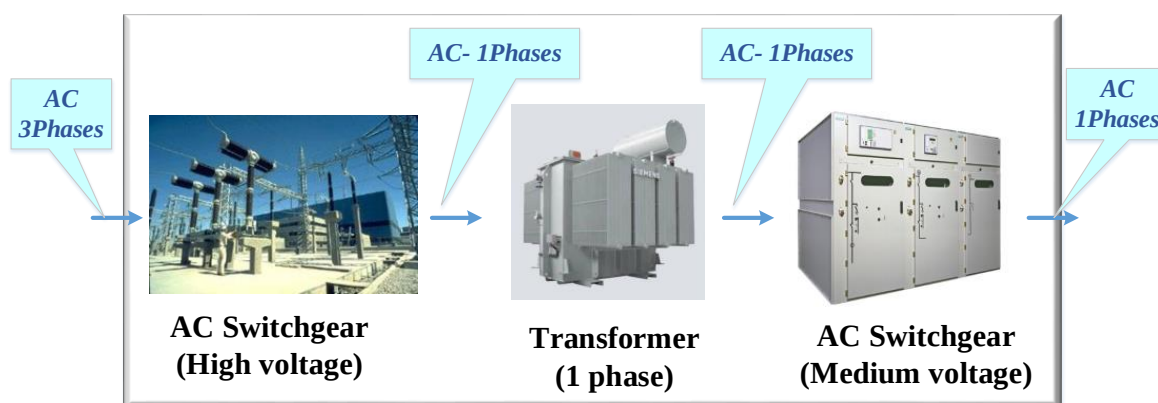
- สวิตช์เกียร์แบบใช้กับไฟสลับ (AC Switchgear)
- หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบใช้กับอุปกรณ์เรียงกระแส (Rectifier Transformer)
- อุปกรณ์เรียงกระแส (Rectifier)
- สวิตช์เกียร์แบบใช้กับไฟตรง (DC Switchgear)



รูปที่ 3.1-2 ระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนแบบไฟตรง

ในลักษณะที่คล้ายกันในระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนแบบไฟสลับ สถานีไฟฟ้าย่อยขับเคลื่อนแบบไฟสลับ (AC Traction Substation) ทำหน้าที่ เปลี่ยนไฟฟ้าสลับ 3 เฟส เป็นไฟสลับ 1 เฟสโดยภายในสถานีไฟฟ้าย่อยนี้ ดังรูปที่ 3.1-3 จะประกอบไปด้วย

- สวิตช์เกียร์แบบใช้กับไฟสลับ (AC Switchgear) ฟังแรงดันสูง
- หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส (Transformer)
- สวิตช์เกียร์แบบใช้กับไฟสลับ (AC Switchgear) ฟังแรงดันปานกลาง



รูปที่ 3.1-3 ระบบป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนแบบไฟสลับ

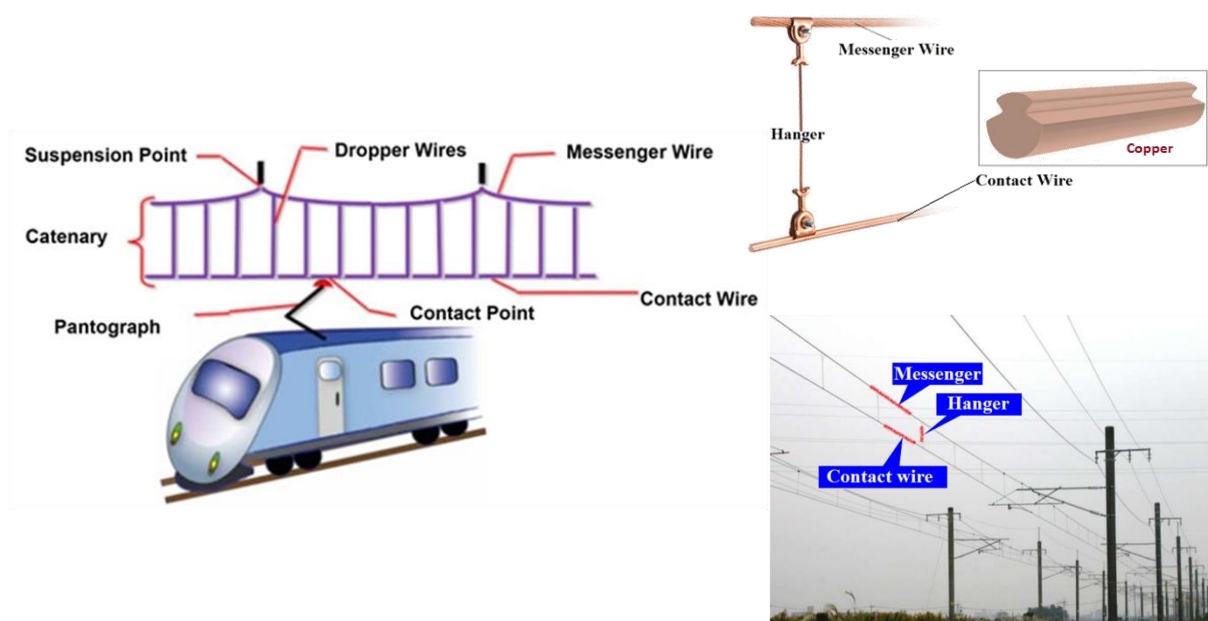
ง) ระบบสายส่งเหนือราง (Overhead Catenary System)

หัวใจของระบบการป้อนกระแสไฟฟ้าแบบสายส่งเหนือรางคือ การแขวนสายส่งซึ่งต้องประกอบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่

- มีคุณสมบัติในการออกแบบติดตั้งที่เหมาะสมกับความเร็วขบวนรถและปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า
- ต้องมีความสูงเหนือรางและความยืดหยุ่น (Spring Constant) ที่สม่ำเสมอทั้งนี้เพื่อให้สายลั่นแนบสนิทกับสายส่งตลอดเวลาที่ขบวนรถวิ่งผ่านไปมาตามทางและต้องไม่โก่งงอง่ายเมื่อถูกแรงดันขึ้น (Uplift) ที่มาจากสายลั่น
- ต้องมีความมั่นคงไม่แกว่งไปมา เมื่อสายลั่นเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วสูงหรือถูกกระแสลมแรงพัด
- ต้องทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งใช้งานและการถูกเสียดสีจากสายลั่น

ระบบสายส่งไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3.1-2 ประกอบด้วยเสารับน้ำหนักร (Overhead Catenary System Pole: OCS Pole) ปักเรียงรายไปตลอดข้างทางรถไฟ มีระยะห่างกันประมาณ 50-60 เมตร ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบสายส่งและความเร็วของขบวนรถที่วิ่งผ่านสายส่ง (Contact Wire) ที่สัมผัสกับสายลั่น

ออกแบบ ให้มีร่องด้านบนไว้เพื่อคิบบากคิบบที่ติดอยู่กับสายแขวน (Hanger) ปลายอีกด้านหนึ่งของสายแขวน จะยึดติดอยู่กับสายรับน้ำหนัก (Messenger Wire) ส่วนประกอบหลักของระบบสายส่งก็จะมีเพียงเท่านี้ การออกแบบเพิ่มเติมนอกเหนือจากนี้ขึ้นกับผู้ออกแบบว่าต้องการคุณสมบัติพิเศษอะไรเพิ่มเติม ในระยะแรกที่สร้าง รถไฟความเร็วสูงในประเทศญี่ปุ่น จะใช้ระบบสายส่งที่เรียกว่า Compound Catenary กล่าวคือมีสายแขวน และสายรับน้ำหนัก 2 ชั้น ระบบสายส่งนี้มีราคาแพงกว่าปกติ ดังนั้น เมื่อมีความรู้ที่ผ่านการวิจัยพัฒนามากขึ้น แล้วระบบสายส่งของรถไฟความเร็วสูงก็มีรูปร่างคล้ายกับรถไฟธรรมดาเพียงแต่คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้แตกต่างกัน โครงสร้างของเท้าแขน (Hinged Cantilever) ที่ติดอยู่กับเสา OCS ประกอบด้วยโครงสำหรับรับน้ำหนัก ระบบสายส่ง (Top Anchor and Supporting Arm) และค้ำยัน (Pusher) ซึ่งทำหน้าที่ปรับตั้งสายส่งให้เบี่ยง ออกซ้ายขวา (Zigzag) จากแนวศูนย์กลางเพื่อให้สายส่งสัมผัสหน้าแปลงถ่านที่สาลี่ อย่างทั่วถึงในขณะที่รถ เคลื่อนที่ผ่านคุณสมบัติที่สำคัญของสายส่งคือ ค่า Wave Propagation Velocity ซึ่งหมายถึง “การเคลื่อนที่ ของคลื่นในการสะดุ้งขึ้น” เมื่อสายส่งถูกดันขึ้นด้วยสาลี่ที่เคลื่อนผ่าน ค่าดังกล่าวคำนวณได้จาก “รากที่สอง ของอัตราส่วนระหว่างแรงตึงในสายส่งกับน้ำหนักต่อหน่วยความยาวของสายส่ง” อัตราส่วนระหว่างความเร็ว ของขบวนรถต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นในการสะดุ้งขึ้นของสายส่ง เรียกว่า ค่า β ซึ่งใช้เป็นดัชนี สำหรับชี้วัดความมั่นคงในการออกแบบระบบสายส่ง จากการจำลองแบบและประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) และการทดลองจริงประกอบพบว่า เมื่อความเร็วขบวนรถไฟเข้าใกล้การเคลื่อนที่ของ คลื่นในการสะดุ้งขึ้นของสายส่ง สาลี่จะสัมผัสกับสายส่งน้อยลง เมื่อความเร็วขบวนรถเพิ่มขึ้นถึง 70-80% ของ การเคลื่อนที่ของคลื่นในการสะดุ้งขึ้นของสายส่ง การสัมผัสระหว่างสาลี่กับสายส่งแทบจะสูญเสียไปโดยสิ้นเชิง และในกรณีที่วิกฤตสายส่งอาจจะถูกสาลี่ตัดขาดได้



รูปที่ 3.1-4 ตัวอย่างของ Overhead Catenary System

สภาพโดยทั่วไปของระบบสายส่งเหนือรางที่มีความสำคัญและต้องการการเอาใจใส่ดูแล ได้แก่ ความสูงของสายส่งจากระดับสันราง ความคลาดเคลื่อนของสายส่งจากตำแหน่งเดิม การสึกหรอของผิวหน้าสัมผัสกับสาลี่ การสั่นของสาลี่ที่ผิดไปจากสภาพเมื่อยังใหม่ การสูญเสียขีดความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า เหล่านี้สามารถตรวจสอบสภาพการทำงานได้โดยใช้เครื่องมือที่ติดตั้งอยู่บนขบวนรถตรวจสอบสภาพทาง แต่อุปกรณ์บางประเภทก็ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องมือบนรถตรวจสอบสภาพทาง เช่น สายไฟเก่าหมดสภาพ สกรูยึดหลุดหลวม ฉนวนแตกชำรุด ฯลฯ ซึ่งจำเป็นต้องใช้พนักงานตรวจสอบตามวาระการบำรุงรักษา การเปลี่ยนสายส่งที่สึกถึงพิกัดแม้จะเป็นงานที่ยุ่งยาก แต่ในปัจจุบันมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกที่ช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น แม้ว่าการเดินรถไฟฟ้ามะม่วงจะมีความซับซ้อนที่ต้องดำเนินการบนตัวรถน้อยลง แต่งานซ่อมภาคพื้นดินจะมีเพิ่มมากขึ้น และงานภาคพื้นดินในส่วนที่เกี่ยวกับการบำรุงรักษาระบบ

จ) ระบบการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขบวนรถ

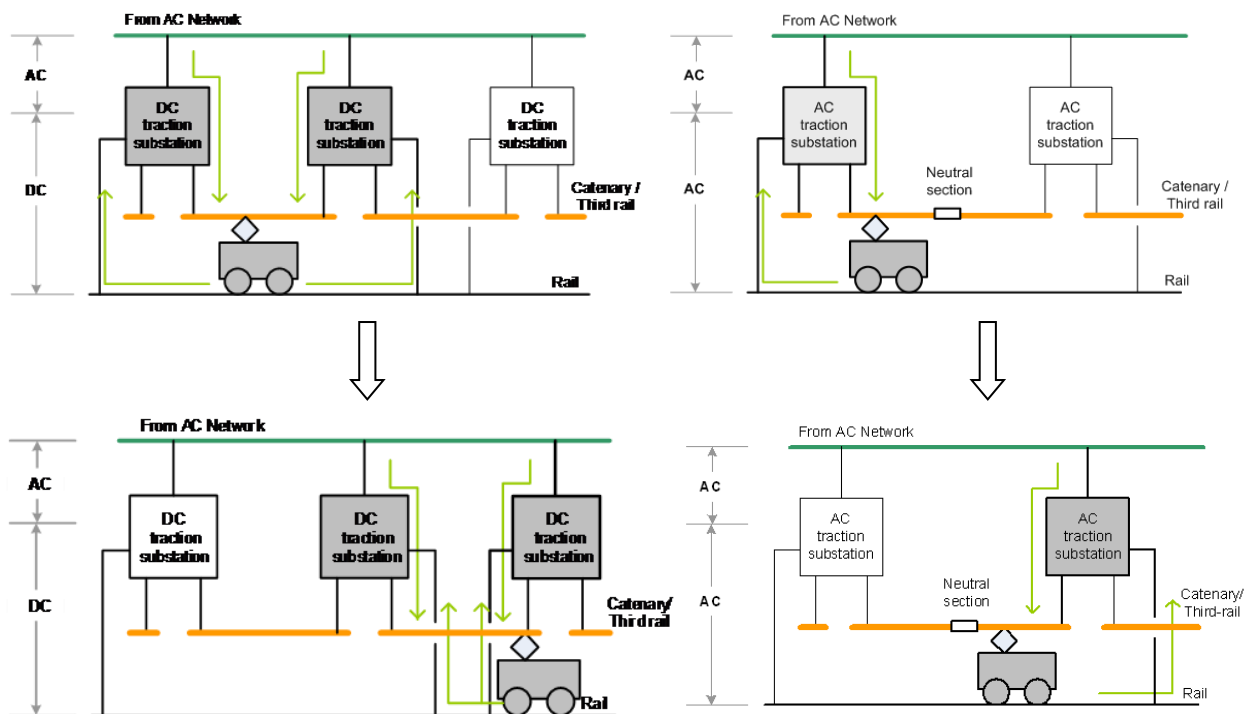
เมื่อกระแสไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสาธารณะผ่านหม้อแปลงมาแล้ว ก็จะเข้าสู่ระบบ การป้อนไฟฟ้าให้กับขบวนรถรูปแบบการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขบวนรถโดยทั่วไปแบ่งเป็นระบบ DC และ AC

แต่ละ DC Traction Substation จะประกอบไปด้วย output ที่เป็นไฟตรงจำนวน 2 ชุด จากนั้นไฟตรงเหล่านี้จะถูกส่งไปยังระบบสายป้อนซึ่งอาจจะเป็น Catenary หรือ Third-rail ระบบสายป้อนนี้จะถูกแบ่งเป็นช่วงๆ โดยแต่ละช่วงจะรับไฟฟ้าตรงมาจาก DC Traction Substation 2 สถานีด้วยกัน ดังรูปที่ 3.1-5 จะเห็นว่าปลายทั้งสองของแต่ละเส้นจะต่อกับเส้นที่มาจากสถานีไฟฟ้าคนละสถานีกัน เรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า Parallel Feeding ซึ่งมีข้อดีดังนี้

- แรงดันไฟตกต่อระยะทางที่เพิ่มขึ้นของ Catenary/Third-rail จะน้อยลง เนื่องจากมีสถานีไฟฟ้า 2 สถานีช่วยกันป้อนพลังงานให้รถไฟในเวลาเดียวกัน โดยทั้งนี้ควรจะต้องมีสถานีไฟฟ้าทุกระยะ 5 กิโลเมตร
- เมื่อไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าใดสถานีหนึ่งมีปัญหา Catenary/Third-rail ในช่วงที่ต่ออยู่ด้วยกันกับสถานีที่มีปัญหายังคงมีไฟฟ้าอยู่ โดยจะมาจากอีกสถานีหนึ่งที่ต่ออยู่ด้วยกัน
- การแบ่ง Catenary/Third rail ออกเป็นช่วงๆ ช่วยให้สามารถจัดการเรื่องการทำงานของระบบเมื่อเวลาเกิดการลัดวงจรได้ง่ายขึ้น กล่าวคือ เมื่อเกิดการลัดวงจรเกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่งของ Catenary/Third-rail ระบบป้องกันจะตัดไฟฟ้าเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับช่วงนั้น โดยช่วงอื่นๆของ Catenary/Third-rail ก็ยังคงมีไฟฟ้าอยู่

สำหรับ AC Traction Substation จะสังเกตเห็นว่า โครงสร้างหลักที่ต่างจากระบบแบบ DC คือไม่มีการจ่ายไฟแบบขนาน (Parallel Feeding) กล่าวคือ ที่ Catenary/Third-rail จะมีบริเวณที่เป็นช่วงไม่มีไฟฟ้าอยู่ เรียกว่า Neutral section (หรือ Phase break) ดังนั้นไฟฟ้าจาก AC Traction Substation ทั้ง 2 สถานีจึงไม่ร่วมกันป้อนให้รถไฟในเวลาเดียวกันที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าการขนานระบบไฟสลับเข้าด้วยกันทำได้ยาก เนื่องจากปกติไฟฟ้าสลับ 1 เฟสที่ออกจาก AC Traction Substation แต่ละสถานีมักมาจากเฟสของไฟฟ้าสลับ 3 เฟสที่ต่างกันทำให้ไม่สามารถขนานกันได้ อย่างไรก็ตามการป้อนด้วยไฟฟ้าสลับก็สามารถส่งไปได้ระยะ

ทางไกลกว่าไฟตรงโดยที่แรงดันไม่ตก จึงทำให้ต้องการ AC traction substation จำนวนน้อยกว่า กล่าวคือ ต้องการทุกระยะประมาณ 20 กิโลเมตร โดยจะเห็นว่าเมื่อรถไฟอยู่ในช่วงของ Catenary/Third-rail ฟังซ้าย ไฟฟ้าจะป้อนมาจากสถานีฝั่งซ้าย ส่วนเส้นทางการไหลของไฟฟ้าแสดงด้วยลูกศร เมื่อรถไฟเคลื่อนไปสู่ช่วง Catenary/Third-rail ถัดไป กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนมาจากสถานีถัดไปตามรูป 3.1-5



รูปที่ 3.1-5 การป้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนแบบ (ซ้าย) ไฟตรง และ (ขวา) ไฟสลับ

3.1.1.2 ระบบกราวด์

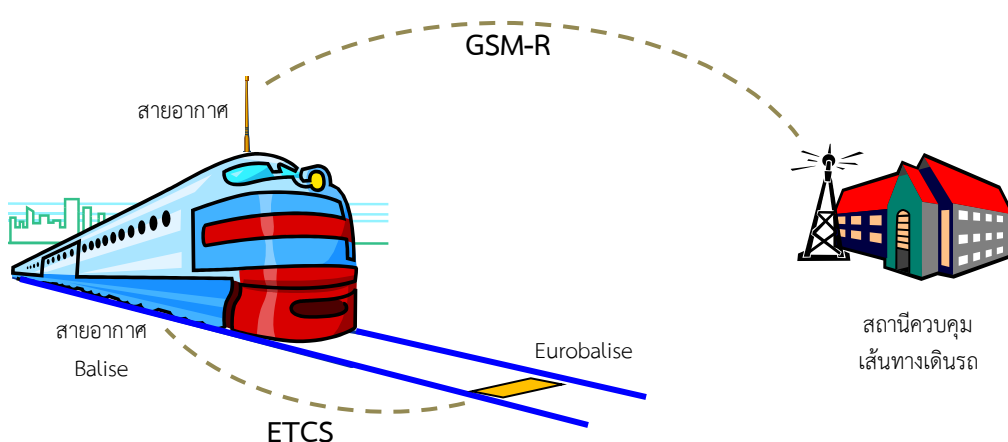
อุปกรณ์ในระบบขับเคลื่อนของรถไฟอังกฤษต้องมีระบบกราวด์ที่สอดคล้องกับคำแนะนำมาตรฐาน BS 7430 - Earthing โดยข้อเสนอแนะจากข้อบังคับสภาวิศวกรรม (Electricity Council's Engineering Recommendations) ในการกำหนดให้โลหะที่สัมผัสมีค่าศักย์ทางไฟฟ้าไม่เกิน 25 โวลต์ ภายใต้สภาวะปกติ หรือ 430 โวลต์ ภายใต้สภาพผิดปกติ โดยวัดเทียบกับโลก

ปรกติจะไม่จำเป็นต้องใช้แท่ง earth rod เพราะรากฐานของโครงสร้างป้อนกำลังไฟฟ้านั้นจะติดตั้งขนานควบคู่ไปกับรางเพื่อที่จะรักษาค่าความต้านทานของโลกในที่ระดับที่ยอมรับได้ โดยมีค่า 1 โอห์มหรือน้อยกว่า และต้องให้แน่ใจว่าจะไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะแวดล้อมโดยรอบ

3.1.1.3 ระบบสัญญาณควบคุมรถไฟ

จากการที่ขบวนรถไฟเกิดจากการรวมตู้รถไฟ (cabinet) หลายๆ ตู้มาต่อกันทำให้มีความยาวมาก และต้องอาศัยการใช้รางในการเดินรถร่วมกับขบวนรถไฟคันอื่นๆ ด้วยจำนวนรางที่มีน้อยกว่าจำนวนขบวนรถไฟมาก และเมื่อเทคโนโลยีในการขับเคลื่อนถูกพัฒนาให้ทันสมัยมากขึ้น ทำให้ขบวนรถสามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงกว่าแต่ก่อนหลายเท่า ทำให้ระยะเบรกหยุดของขบวนรถไฟก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นระบบการควบคุมรถเพื่อความปลอดภัยที่ยั่งยืนซับซ้อนนี้ จึงถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การควบคุมแบบเดิมที่ใช้การตัดสินใจของพนักงานขับยังมีข้อจำกัด อาทิเช่น ในบางฤดูกาลมีทัศนวิสัยไม่ดี ฝนตก หิมะตก หรือช่วงเวลากลางคืน พนักงานขับรถไม่สามารถมองเห็นเส้นทางได้ชัดเจน จึงตัดสินใจผิดพลาดทำให้เกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อยครั้งในอดีตขณะที่เทคโนโลยีของระบบสัญญาณยังตามไม่ทันความเร็วที่เพิ่มขึ้นของรถไฟ วิธีการง่ายที่สุดที่ทำให้ขบวนรถปลอดภัย คือการกำหนดระยะห่างของเวลาในการปล่อยขบวนรถเข้าไปในราง ระยะห่างในการปล่อยขบวนรถเข้าไปในทางนี้เรียกว่า เฮดเวย์ (headway) แต่จากการพัฒนาทั้งด้านความเร็วในการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และจำนวนขบวนรถที่มากขึ้นๆ ได้ทำให้เกิดความเสี่ยงนี้สูงขึ้น อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ดังนั้นจึงต้องมีการนำระบบสัญญาณสื่อสารเข้ามาช่วยเพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น ระบบสัญญาณเดินรถไฟที่คุ้นเคยดีในประเทศไทยมีต้นแบบมาจากประเทศแถบยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกาและเมื่อการพัฒนาเทคโนโลยีรถไฟก้าวหน้าไปมากขึ้น ระบบสัญญาณดังกล่าวนี้ได้ถูกเพิ่มเติมด้วยข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นลงไปด้วย จึงเรียกว่า ระบบอาณัติสัญญาณ (signalling) ซึ่งหมายถึง สัญญาณที่ได้ตกลงความหมายกันไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว หรือเรียกว่า โปรโตคอล (protocol) ก่อนที่ระบบสัญญาณจะส่งสัญญาณสื่อสารได้ จำต้องมีส่วนประกอบด้านเทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบอาณัติสัญญาณเข้ามามีส่วนร่วม ได้แก่ ตัวส่งสัญญาณ ระบบสื่อสารทั้งใช้สายเคเบิล และแบบไร้สาย และระบบตัวรับสัญญาณ ระบบอาณัติสัญญาณสำหรับการควบคุมการเดินขบวนรถในแต่ละประเทศมีการพัฒนาแตกต่างกันมาก กล่าวคือ ตั้งแต่ไม่ใช้สัญญาณควบคุมเลย ไปจนถึงระบบอัตโนมัติทั้งหมด หรือไร้พนักงานขับสำหรับประเทศในแถบยุโรป ปัจจุบันมีสมาชิก 27 ประเทศ เส้นทางเดินรถไฟเชื่อมถึงกันทั้งหมด ในการเดินรถไฟวิ่งผ่านแดนจากประเทศหนึ่งสู่อีกประเทศหนึ่ง ขบวนรถหนึ่ง ๆ จะต้องใช้ระบบสัญญาณควบคุมการเดินขบวนรถที่แตกต่างกันหลายแบบ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายที่สูงมาก บางครั้งทำให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัยด้วยดังนั้นหน่วยงานมาตรฐานการเดินรถจึงได้ประกาศมาตรฐานเพื่อให้ระบบควบคุมสามารถทำงานร่วมกันได้ และถือปฏิบัติในกลุ่มประเทศยุโรป (European Railway Traffic Management System: ERTMS) ประกอบด้วย ระบบย่อยสองระบบ คือ ระบบควบคุมรถไฟของยุโรป (European Train Control System: ETCS) และระบบควบคุมรถไฟแบบไร้สาย (Global System Mobile-Railway: GSM-R) ในด้านเทคนิคนี้ การพัฒนาระบบควบคุมการเดินรถจะอยู่บนพื้นฐานของ ETCS ใช้การส่งสัญญาณวิทยุจากสายอากาศที่ติดตั้งบนพื้นราง (balise) กับขบวนรถไฟขณะวิ่งผ่าน ระบบดังกล่าวนี้ ใช้เทคโนโลยี RFID ที่เรียกกันเฉพาะในยุโรปว่า Euro-balise ระบบนี้ยังคงต้องใช้การป้อนกลับสัญญาณเข้าสู่สถานีควบคุมหลักโดยใช้สายนำสัญญาณที่ติดอยู่กับขบวนรถไฟ โดยสถานีควบคุมการเดินรถจะทราบตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถ และส่งคำสั่งอนุญาตเส้นทางให้ทราบ อีกระบบหนึ่งของการควบคุมเส้นทางจะใช้การสื่อสารสัญญาณวิทยุแบบไร้สาย (wireless) ผ่านระบบ GSM ติดต่อกับสถานีควบคุม

เส้นทางเดินรถ ระบบดังกล่าวนี้สามารถใส่ข้อมูลข่าวสารที่สำคัญต่างๆ อาทิ เสียงพูดลงไปได้ และอาจพัฒนาไปจนถึงส่งระบบภาพในอนาคต จากนั้นสถานีควบคุมเส้นทางเดินรถจะส่งคำสั่งอนุญาตการใช้เส้นทางและข้อมูลต่างๆ กลับมายังขบวนรถถึงแม้ว่าการควบคุมขบวนรถโดยใช้วิธีไร้สาย (GSM-R) จะเป็นเทคโนโลยีใหม่ทันสมัย มีค่าใช้จ่ายน้อย แต่ยังคงมีคำถามในด้านของความปลอดภัยอยู่ ดังนั้นระบบนี้จึงยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักในปัจจุบันอย่างไรก็ตามการควบคุมขบวนรถโดยใช้สายนำสัญญาณ ETCS แม้จะมีความปลอดภัยและเชื่อถือได้สูง แต่ยังคงต้องใช้งบประมาณในการติดตั้งที่สูงมากด้วย เมื่อการพัฒนาระบบสื่อสารไร้สายถูกพัฒนามากขึ้น ให้ความน่าเชื่อถือของระบบ GSM-R มีมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ระบบดังกล่าวได้ถูกนำมาทดลองมากขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งปัจจุบันมีบางประเทศเริ่มนำระบบนี้มาใช้กันแล้ว

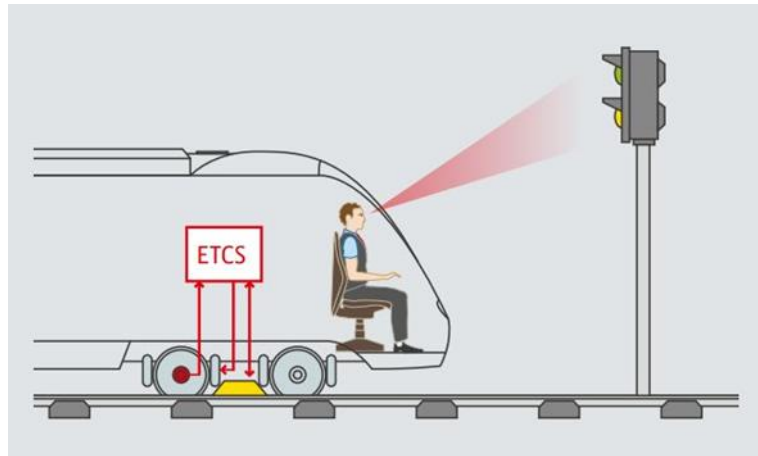


รูปที่ 3.1-6 ระบบสัญญาณควบคุมรถไฟฟ้า

3.1.1.4 ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป (European Train Control System: ETCS)

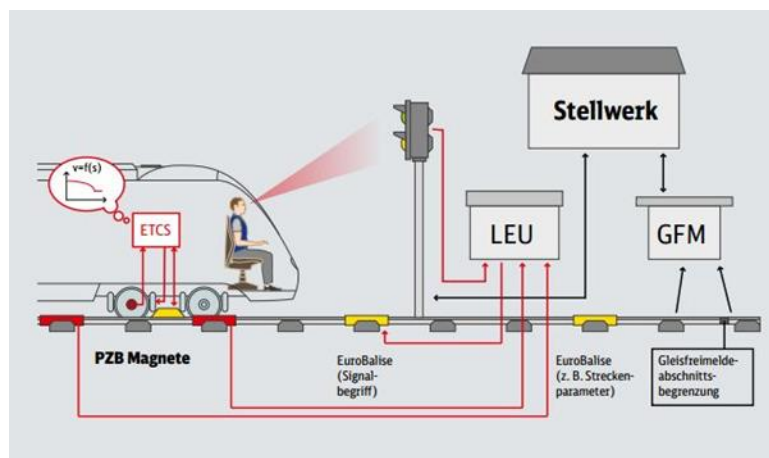
ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป (ETCS) สามารถแบ่งออกตามระดับของเทคโนโลยีที่ใช้ และระดับการปฏิบัติการได้ 4 ระดับ ดังนี้

- ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 0 เป็นระบบที่อาศัยการส่งสัญญาณจากบนขบวนรถลงสู่ Eurobalise ที่อยู่ติดกับรางเดินรถด้านล่าง จากนั้นรอการตอบสนองสัญญาณที่จะแสดงในรูปของรหัสต่าง ๆ เช่น ตำแหน่งของขบวนรถ กลับมาแสดงยังแผงควบคุมในห้องพนักงานขับ เพื่อทำการควบคุมอีกครั้ง ตำแหน่งของขบวนรถปัจจุบันจะถูกส่งกลับไปยังสถานีควบคุมเส้นทางเดินรถ เพื่อให้ทราบตำแหน่งขบวนรถอยู่ในตำแหน่งใด และสถานีควบคุมเส้นทางจะส่งคำสั่งกลับไปยังกล่องควบคุมสัญญาณ (signaling box) เพื่ออนุญาตการใช้เส้นทางต่อไป



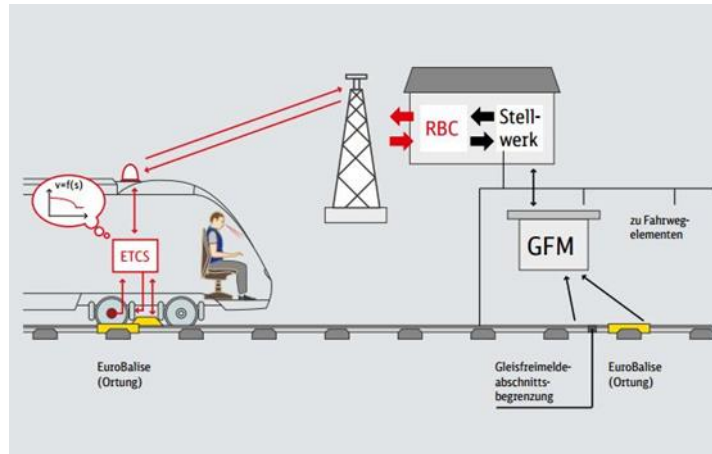
รูปที่ 3.1-7 ETCS ระดับที่ 0 (DB Netz AG, 2014)

- ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 1 จะเหมือนกับระดับที่ 0 แต่ระบบนี้จะมี การใส่คำสั่งการควบคุมความเร็วและการหยุดขบวนรถแบบอัตโนมัติเพิ่มเติมไปด้วย โดย พนักงานขับจะต้องปฏิบัติตามทุกประการ หากมีการขับรถด้วยความเร็วสูงเกินกำหนด หรือ ฝ่าฝืนสัญญาณอื่น ๆ ระบบจะทำการเบรกให้ขบวนรถลดความเร็วลง หรือสั่งให้หยุดโดย อัตโนมัติทันที



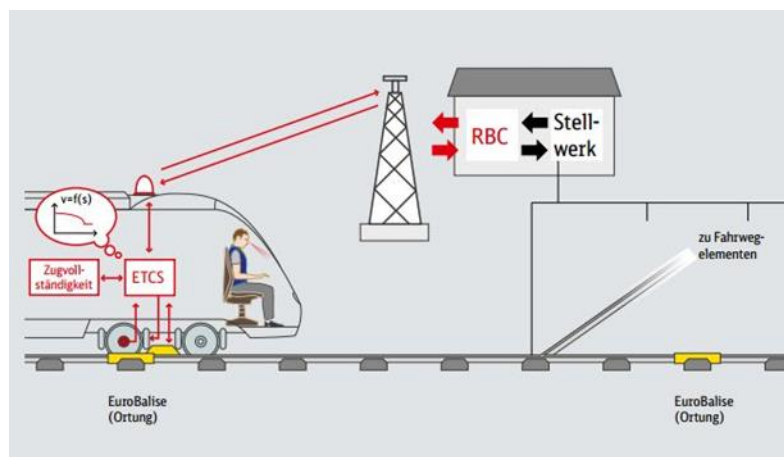
รูปที่ 3.1-8 ETCS ระดับที่ 1 (DB Netz AG, 2014)

- ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 2 ระบบนี้ได้ประยุกต์ใช้การสื่อสารแบบไร้ สายผ่านสัญญาณ GSM โดยจะสามารถระบุตำแหน่ง ทิศทางการเคลื่อนที่ ความเร็วของ ขบวนรถ จาก Eurobalise 2 ตัว ที่ติดอยู่กับราง ระบบสัญญาณ ETCS นี้ จะทำงานร่วมกับ ระบบควบคุมความเร็ว และหยุดขบวนรถโดยอัตโนมัติ และสื่อสารกับสถานีควบคุมเส้นทาง เดินรถโดยใช้สัญญาณ GSM ตลอดเวลา จากนั้นคอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุมเส้นทางเดินรถ จะอนุญาตให้ขบวนรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างๆ ตามที่กำหนดเพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 3.1-9 ETCS ระดับที่ 2 (DB Netz AG, 2014)

- ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 3 เป็นระบบที่ใช้การสื่อสารทางวิทยุ GSM เหมือนกับระดับที่ 2 แต่จะใช้วิธีการตรวจสอบตำแหน่งของขบวนรถออกเป็นช่วง ๆ แล้วส่งข้อมูลไปยังสถานีควบคุมเส้นทางเดินรถ เพื่อจะได้ทราบตำแหน่งที่ขบวนรถที่เพิ่งผ่านไป และจะอนุญาตให้ขบวนรถที่ตามมา สามารถใช้ได้ทางอย่างปลอดภัย เมื่อขบวนรถเคลื่อนที่ผ่านไป แล้วข้อมูลจะถูกปล่อยออก และเริ่มกำหนดค่าใหม่อย่างไรก็ตามระบบ ETCS ระดับ 3 ยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยพัฒนาเท่านั้น



รูปที่ 3.1-10 ETCS ระดับที่ 3 (DB Netz AG, 2014)

3.1.1.5 ระบบควบคุมเบรก

สำหรับหลักการทำงานของระบบไดนามิกเบรกขบวนรถสมัยใหม่ จะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เพราะมีค่าบำรุงรักษาถูกกว่าในประเทศไทยก็ได้แก่ ขบวนรถไฟฟ้าของบีทีเอส รถใต้ดิน MRT ระบบเบรกไฟฟ้าในรถเหล่านี้ ใช้วิธีการสร้างแรงเบรกที่เรียกว่า Phase Locking ซึ่งสามารถใช้งานได้จนถึงช่วงความเร็วต่ำ โดยหลักการแล้ว สามารถใช้เบรกขบวนรถไฟฟ้าได้ถึงความเร็ว 0 กม/ชม. แต่ในทาง

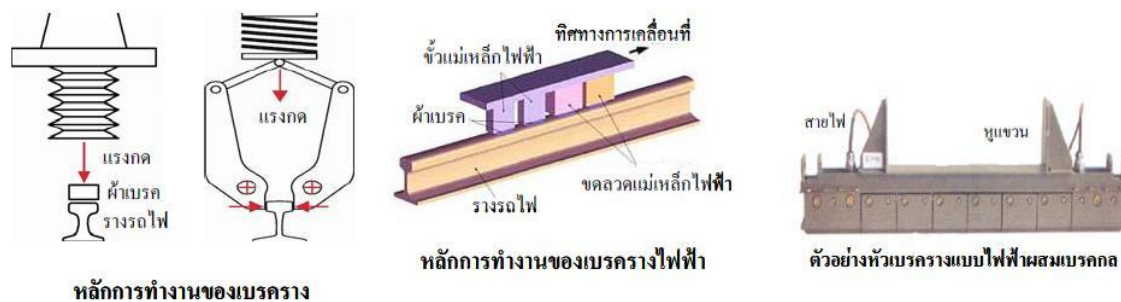
ปฏิบัติก็มักจะตัดการใช้งานที่ความเร็วประมาณ 5 กม/ชม. เบรกไฟฟ้าแบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Braking) ใช้หลักการเดียวกันกับไดนามิคเบรก เพียงแต่ไม่เป่าความร้อนที่เกิดขึ้นทิ้งไปในอากาศ แต่นำพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไปขับเคลื่อนขบวนรถอื่นที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งกำลังอยู่ในท่าขับ (Traction) และต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า การเบรกแบบรีเจนเนอเรทีฟจะทำให้การเดินรถไฟทั้งระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่เทคโนโลยีในการนำพลังงานที่เกิดจากการเบรกไปใช้ ยังคงค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงยังไม่ค่อยเป็นที่ใช้งานแพร่หลายนัก

ในกลุ่มการเบรกโดยผ่านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างล้อกับรางยังมีระบบเบรกอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวคิดและทำการทดลองกันมานานแล้ว แต่ไม่มีใช้งานแพร่หลาย นั่นคือ การนำพลังงานที่เกิดจากการเบรกไปสะสมไว้ใน Flywheel แล้วนำพลังงานจาก Flywheel กลับไปขับเคลื่อนรถ เมื่อจะเคลื่อนออกตัวครั้งต่อไป กลไกในการใช้ล้อรถไฟที่กำลังวิ่งไปหมุนขับ Flywheel สามารถทำได้ทั้งวิธีการกลหรือไฟฟ้า แต่ปัญหาก็คือตัว Flywheel ซึ่งมีน้ำหนักมาก ไม่เหมาะที่จะติดตั้งไว้บนรถ

ในกลุ่มเบรกที่ไม่อาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างล้อกับราง ประเภทแรกคือ เบรกราง (Rail Brake) ซึ่ง ยังแยกย่อยเป็น 2 ประเภทคือ แบบเบรกรางกล (Direct Mechanical Rail Brake) ใช้ผ้าเบรกกดลงบนรางโดยตรง ระบบนี้ใช้กับรถราง (Street Car) มาแต่ดั้งเดิม เพราะสามารถตั้งแรงเบรกได้สูงเท่าที่ต้องการสามารถหยุดขบวนรถได้ในระยะเท่ากับระยะเบรกของรถยนต์ ดังนั้น ในต่างประเทศปัจจุบันก็ยังคงเห็นรถรางกับรถยนต์ วิ่งปนกันอยู่บนถนน เพราะมีระยะเบรกเท่ากันนั่นเอง

มีความพยายามที่จะใช้เบรกรางกับขบวนรถไฟโดยทั่วไป ซึ่งวิ่งเร็วกว่ารถราง แต่พบว่าทำให้เกิดปัญหารางสึกมาก ต่อมา จึงมีความพยายามในการประดิษฐ์เบรกรางไฟฟ้า (Electric Rail Brake) ขึ้น หัวเบรก ของเบรกรางไฟฟ้ามีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าติดอยู่ เมื่อต้องการใช้เบรก ก็สร้างขั้วบวกและลบขึ้นที่หัวเบรกแล้ว เลื่อนเข้าไปใกล้ราง ขั้วแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในราง ระบบเบรกนี้จึงมีอีกชื่อหนึ่ง ว่า Eddy Current Brake ระบบเบรกนี้ มีการทดลองนำมาใช้ในขบวนรถไฟความเร็วสูง เพราะการเบรกขบวนรถไฟโดยส่งแรงเบรกผ่านความยึดเหนี่ยวระหว่างล้อกับราง อาจต้องใช้ระยะเบรกถึง 2 – 3 กม. ถ้าใช้เบรกรางก็จะสามารถเบรกได้ในระยะทางที่สั้นลง อย่างไรก็ดี ผลจากการทดลองพบว่า ถ้าต้องการแรงเบรกสูง ก็จะต้องเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กที่หัวเบรกขึ้น ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในรางสูงตามไปด้วย ผลก็คือ เกิดอุณหภูมิเพิ่มสูงในรางเป็นจุด (Flash Temperature) ทำให้เกิดแรงดึงผิวที่หัวราง ซึ่งตามมาด้วยปัญหาหัวรางแตกร้าว ระบบนี้จึงไม่ค่อยใช้งานเป็นระบบหลัก เพียงแต่ติดตั้งไว้บนขบวนรถไฟความเร็วสูง ใช้เป็น Last Resource ซึ่งใช้งานเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

ในปัจจุบัน ได้มีผู้สร้างหัวเบรกรางที่รวมเอาเบรกรางแบบกล (ใช้ผ้าเบรก) และเบรกรางไฟฟ้า (ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า) ไว้ด้วยกัน ซึ่งพบเห็นการใช้งานอยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น นอกจากนั้น การสร้างแรงเบรกแบบ Eddy Current ยังสามารถทำได้โดยใช้งานเบรกซึ่งติดตั้งบนเพลาล้อรถไฟ วิธีการทำงานก็คล้ายกับระบบดิสเบรก เพียงแต่แทนที่ผ้าเบรกด้วยขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า แต่การเบรกก็นำมาอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างล้อกับราง ระบบเบรกนี้มีใช้งานในขบวนรถไฟความเร็วสูง มีข้อดีคือ ไม่ต้องเปลี่ยนผ้าเบรก เพราะหัวเบรกไม่เสียดสีกับจานเบรก



รูปที่ 3.1-11 ลักษณะการทำงานของเบรคต่างๆ

เบรคอากาศ (Air Resistant Brake) เป็นแนวคิดแบบโบราณที่ฟื้นฟูขึ้นใหม่ และกำลังทดลองอยู่กับ ขบวนรถไฟความเร็วสูงในประเทศญี่ปุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถไฟแม่เหล็ก (MAGLEV) ซึ่งไม่มีล้อ เบรคแบบนี้ จะมีประสิทธิภาพเฉพาะในย่านความเร็วสูง แต่เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายจากการสึกหรอ ญี่ปุ่นจึงหวังจะ พัฒนาขึ้นใช้เป็นระบบเบรคหลักของขบวนรถไฟความเร็วสูง ควบคู่กับการใช้ระบบเบรคแบบอื่น ซึ่งจะช่วยให้ ประสิทธิภาพในการเบรคสูงขึ้น เพราะสามารถทำงานเสริมกับเบรคในกลุ่มที่ใช้แรงเสียดทานระหว่างล้อกับราง ได้อย่างเต็มที่ โดยไม่เกิดปัญหาล้อรถจับตาย

3.1.1.6 ระบบควบคุมตัวรถอัตโนมัติ

รถไฟความเร็วสูงของอังกฤษใช้ระบบการควบคุมระดับ 2 จะประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติ แบบรถรุ่นใหม่ เอ็น 700 เอ ของญี่ปุ่น การใช้ระบบการควบคุมรถอัตโนมัติจะสามารถเพิ่มคุณภาพ ความ รวดเร็ว และความปลอดภัย สำหรับการเดินรถ โดยเฉพาะที่สถานีระหว่างทางซึ่งจะมี 4 แห่ง รถจะวิ่งผ่านหัว ประแจสับหลักด้วยความเร็ว 230 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระบบนี้จะสามารถเคลื่อนรถออกจากขานขาลาได้ตาม กำหนดเวลา นำเข้าสู่ระบบที่บางครั้งอาจจะแทรกเข้าช่องต่อท้ายตามหลังขบวนที่วิ่งผ่านสถานี นั้นได้พอดี วิศวกรใหญ่ บอกอีกว่า บางขบวนอาจเข้าไป 30 วินาที โดยเฉลี่ยพอรับได้ แต่ถ้าถึง 3 นาที ระบบอัตโนมัติจะ ปรับแต่งโปรแกรมให้เพิ่มความเร็วจาก 330 เป็น 360 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปรับเวลาให้ทันกับที่กำหนดไว้ บางครั้งอาจต้องวิ่งเร็วกว่ากำหนดถึง 1 นาที และ หรือ อาจลดความเร็วลงถึง 90 วินาที เพื่อปรับความเร็วของ รถให้เข้าสู่ระบบที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ที่สถานียูสตัน ซึ่งเป็นต้นทางในลอนดอนจะมี 11 ขานขาลา แต่จะใช้ ปลอยรถออกจากสถานี 9 ราง ใช้เวลาในการปรับขบวน กลับทิศทางรถที่สถานีประมาณ 20 นาที ทุกแห่งมี ปัญหาการเคลื่อนตัวล้อของล้อโดยสาร โดยดูตัวอย่างจากเอเชีย ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในยุโรป แม้กระทั่งใน ฝรั่งเศส การบริหารจัดการเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้โดยสารรถไฟความเร็วสูงเป็นสิ่งสำคัญหนึ่งที่น่าสนใจ จา การสังเกตที่ญี่ปุ่น ประตูที่ผ่านเข้าไปเพื่อขึ้นรถไฟจะปิด หากตัวโดยสารไม่ถูกต้อง ต่างกับของอังกฤษที่ถูก กำหนดโดยกระทรวงการขนส่ง บังคับให้มีประตูเพื่อป้องกันคนที่ไม่จ่ายค่าโดยสารเท่านั้นประตูนี้เป็นอุปสรรค ที่ชะลอการเคลื่อนตัวของล้อโดยสาร

3.1.1.7 มาตรฐานด้านรูปตัดรางและล้อรถไฟ

ขนาดความกว้างรางรถไฟ (Rail Gauge หรือ Track Gauge) คือ ระยะห่างของรางรถไฟ โดยวัดจากหัวรางด้านในข้างซ้ายถึงหัวรางด้านในข้างขวา สแตนดาร์ดเกจ (Standard Gauge) เป็นชื่อของขนาดความกว้างรางที่นิยมใช้มากที่สุดทั่วโลก โดยประมาณ 60% ของรางรถไฟทั้งหมด โดยมีขนาด 1,435 มม. (4 ฟุต 8(1/2) นิ้ว) โดยในเมืองไทยรางรถไฟส่วนใหญ่มีขนาดความกว้างที่เรียกว่า มิเตอร์เกจที่มีขนาดความกว้าง 1,000 มม.

ประเภทของรางรถไฟแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

ก) รางแคบ (Narrow Gauge) เป็นรางรถไฟที่มีความกว้างของรางน้อยกว่า 1.435 เมตร ได้แก่

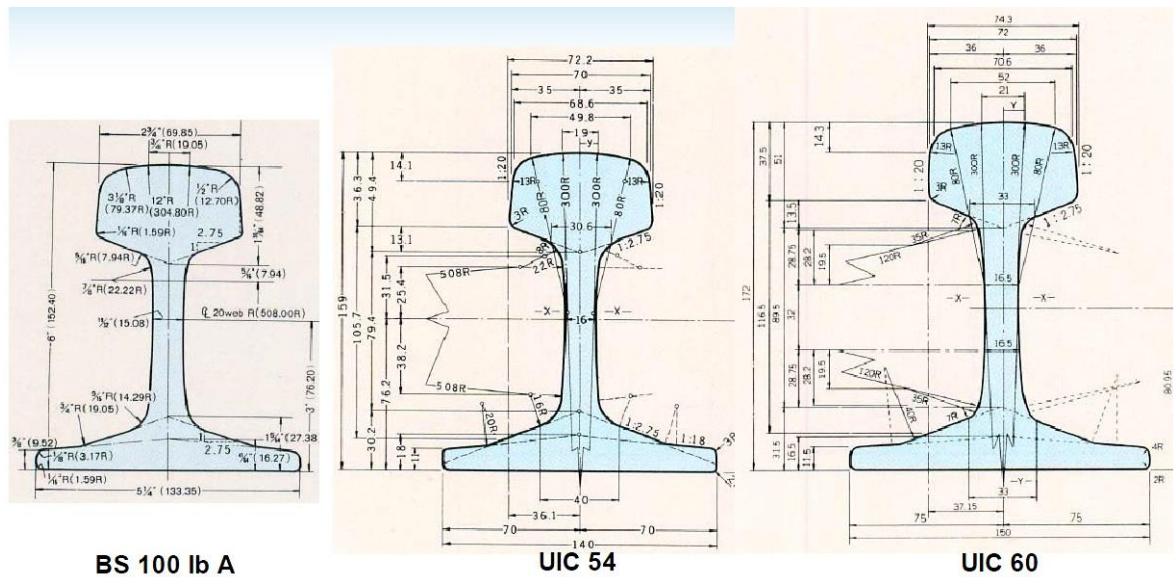
- สก็อตต์ เกจ (Scotch Gauge) ขนาดความกว้างราง 1.372 เมตร (4 ฟุต 6 นิ้ว)
- เคป เกจ (Cape Gauge) ขนาดความกว้างราง 1.067 เมตร (3 ฟุต 6 นิ้ว)
- มิเตอร์ เกจ (Metre Gauge) ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร (3 ฟุต 3 นิ้ว 3 หุน)

ข) รางมาตรฐาน (Standard Gauge) เป็นรางขนาด 1.435 เมตร (4 ฟุต 8 นิ้ว 4 หุน) มีจำนวนประเทศที่ใช้มากที่สุด เรียกมาตรฐานรางกว้างขนาดนี้ว่า Standard Gauge บางครั้งเรียกว่า European Standard Gauge (ESG.) เป็นรางรถไฟที่กำหนดเป็นมาตรฐานของกลุ่มในประเทศยุโรป มีการใช้รางขนาดนี้คิดเป็น 60 % ของรถไฟโลก

ค) รางกว้าง (Broad gauge) เป็นรางที่มีขนาดความกว้างมากกว่า 1.435 เมตรขึ้นไป

- อินเดีย เกจ (Indian gauge) ขนาดความกว้างราง 1.676 เมตร (5 ฟุต 6 นิ้ว)
- ไอเบอรีน เกจ (Iberian gauge) ขนาดความกว้างราง 1.668 เมตร (5 ฟุต 5(21/32) นิ้ว)
- ไอร์แลนด์ เกจ (Irish gauge) ขนาดความกว้างราง 1.600 เมตร (5 ฟุต 3 นิ้ว)
- รัสเซีย เกจ (Russian gauge) ขนาดความกว้างราง 1.520 เมตร (4 ฟุต 11(27/32) นิ้ว)

โดยการออกแบบรางมีหลายมาตรฐาน เช่น BS 100 lb A, UIC 54, UIC 60 แต่ในประเทศไทยจะใช้ข้อกำหนดในการออกแบบตามมาตรฐานของ The International Union of Railway (UIC) Codes โดยงานระบบรางจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า UIC 60 ส่วนประแจต้องเป็นแบบความเร็วสูงและต้องเพิ่มตัวขับเคลื่อนแบบ Mechanical Back Drive พร้อมอุปกรณ์ตรวจสอบการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1-12 เปรียบเทียบรูปตัดขวางของรางแต่ละมาตรฐาน

3.1.1.8 ขีดจำกัดของทางรถไฟ

การทำหน้าที่รับน้ำหนักขบวนรถไฟเป็นเรื่องตรงไปตรงมา สิ่งที่ต้องบอกถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของทางรถไฟกำหนดโดยมาตรฐานเรียกว่า น้ำหนักกดเพลา (Axle Load) และการกระจายของน้ำหนักบนทาง (Load Distribution) ตัวเลขดังกล่าวจะใช้เป็นข้อกำหนดออกแบบทางรถไฟและขบวนรถไฟ ทางรถไฟที่ออกแบบโดยใช้มาตรฐานน้ำหนักกดเพลาสูงหมายถึงต้องใช้รางขนาดใหญ่วางอยู่บนโครงสร้างที่มีความมั่นคงแข็งแรงซึ่งแน่นอนที่จะทำให้ค่าก่อสร้างแพงขึ้น แต่ก็จะมีขีดความสามารถในการขนส่งสูงด้วย

ทางรถไฟของประเทศไทยในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มีขีดความสามารถในการรับน้ำหนักกดเพลาสูงสุดโดยทั่วไปได้ 10.5 ตัน ในขณะที่รถไฟขนส่งสินค้าสมัยนั้นมีน้ำหนักกดเพลาเพียง 8-10 ตัน ต่อมาจึงเพิ่มมาตรฐานเพื่อให้ขนส่งได้ครั้งละมากขึ้นโดยการปรับปรุงทางรถไฟเดิมให้สามารถรับน้ำหนักกดเพลาได้ 16 ตัน ทั่วประเทศส่วนทางรถไฟที่สร้างใหม่รวมทั้งทางรถไฟที่ปรับปรุงขนาดหนัก (Rehabilitation) แล้ว กำหนดการออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักกดเพลาสูงสุดได้ 20 ตัน ทางรถไฟตามมาตรฐานใหม่ที่ออกแบบให้มีความสามารถในการรับน้ำหนักกดเพลาสูง จะมีความมั่นคง สามารถวิ่งรถโดยสารได้ด้วยความเร็วสูงที่สุดมากกว่า 130 กม./ชม. แต่ทางที่ปรับปรุงแล้วก็เป็นส่วนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับทางรถไฟที่มีอยู่เดิมทั้งหมด

หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบรถไฟโดยการออกแบบให้ขบวนรถไฟสามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 120 กม./ชม.

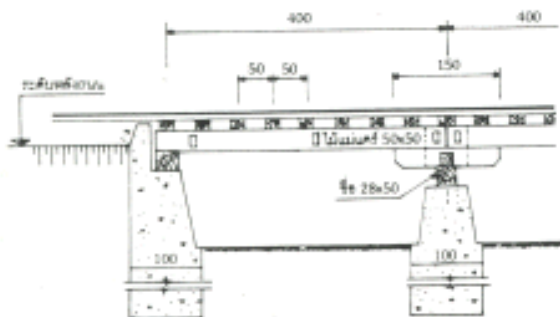
- ปรับแนวเส้นทางให้ขบวนรถสามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 160 กม./ชม. พร้อมทั้งปรับระดับ (Leveling) ทางรถไฟให้อยู่ในระดับที่สม่ำเสมอ
- ปรับเปลี่ยนระบบรางเดิมในย่านสถานีให้ได้มาตรฐาน UIC 54 หรือ 100 ปอนด์/หลา

ขนาดของรางควรใช้มาตรฐานรางขนาด 120 ปอนด์/หลา หรือ UIC 60 และหมอนรองรางให้ใช้ชนิดหมอนคอนกรีต ส่วนขนาดและระยะห่างของหมอนรองรางนั้นจะกำหนดโดยพิจารณาให้สามารถรองรับการวิ่งของขบวนรถด้วยความเร็ว 160 กม./ชม. ได้ซึ่งขนาดราง 120 ปอนด์/หลา นี้จะมีพิกัดในการรับน้ำหนักเพลา 20 ตันต่อเพลาและแรงกระแทกของขบวนรถที่ความเร็ว 160 กม./ชม. ได้อย่างไรก็ตามหากมีข้อจำกัดด้านงบประมาณก็สามารถใช้มาตรฐานราง UIC 54 ได้

3.1.1.9 สะพานที่รองรับตัวราง

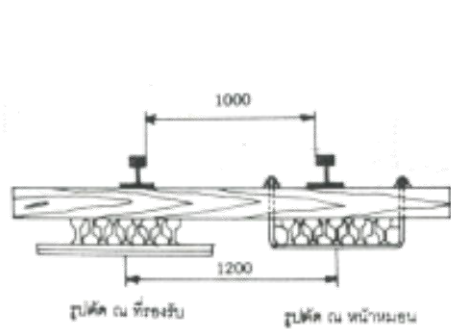
มาตรฐานในการจัดเก็บข้อมูลสะพานรถไฟ ในเส้นทางรถไฟทั่วประเทศ สะพานรถไฟต้องมีความยาวตั้งแต่ 50 เมตรขึ้นไป โดยจำแนกประเภทสะพานออกเป็น

- สะพานไม้ (Timber Bridge) เป็นสะพานชั่วคราว มีความยาวของขนาดช่วงขนาดเดียวคือ 4 เมตร สะพานไม้มีมาตั้งแต่เริ่มสร้างทางรถไฟ แต่ในปัจจุบันนี้ สะพานไม้มีปัญหาเรื่องการบำรุงรักษา คือ ขาดแคลนไม้เหลื่อม ที่จะนำมาเปลี่ยนแทนของเก่าที่ผุชำรุดไปตามเวลา ประกอบกับในปัจจุบัน น้ำหนักของขบวนรถไฟมีมากขึ้น และมีความเร็วของขบวนรถมากขึ้น สะพานไม้จึงไม่มีความปลอดภัย ดังนั้น การรถไฟฯ จึงได้กำหนด โครงการเปลี่ยนสะพานไม้เป็นสะพานหรือช้องน้ำถาวร ซึ่งปัจจุบันสะพานไม้ได้เปลี่ยนเป็นสะพานถาวรจำนวนมากขึ้นแล้ว



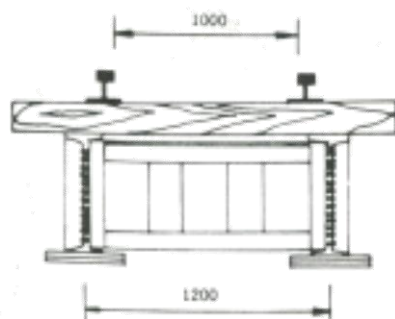
รูปที่ 3.1-13 สะพานไม้ (Timber Bridge)

- สะพานบวบราง (Rail Girder) เป็นสะพานชั่วคราว ใช้รางเหล็กเก่า ขนาด 70 ปอนด์ ประกอบขึ้นมาเป็นสะพานบวบราง สะพานบวบรางมีมากในทางรถไฟสายใต้ สะพานบวบรางปกติ ใช้ความยาวขนาดช่วงสูงสุดเพียง 4 เมตรเท่านั้น การดูแลบำรุงรักษาสะพานบวบรางมีไม่มากนัก โดยการตรวจสอบเครื่องยึดเหนี่ยวบวบราง และทำให้แน่นอยู่เป็นประจำเท่านั้น



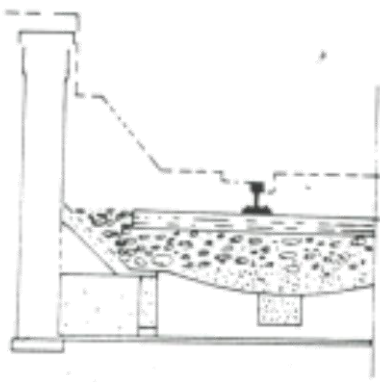
รูปที่ 3.1-14 สะพานบวราง (Rail Girder)

- สะพาน I-Beam, H-Beam และ Wide Flange เป็นสะพานช่วงสั้น ขนาดช่วงตั้งแต่ประมาณ 2.50 เมตร ถึงสูงสุด 6 เมตร ตัว Girder (แม่แคร่) เป็นเหล็กรูปพรรณหน้าตัดรูปตัว I, ตัว H และเหล็ก Wide Flange สะพานชนิดนี้ มีเป็นจำนวนมากในทางรถไฟทุกสาย ปัญหาในการบำรุงรักษาที่พบมาก คือ แท่นตอม่อได้งานรองสะพานแตก สะพานกระดกเวลารถไฟวิ่งผ่าน และ ถ้าเป็นสะพาน ที่ไม่มี End Stiffener มักจะพบรอยแตกที่ Web ระดับเหนือ Flange ล่าง จากปลายสะพานไปตามแนวความยาวของ Web เสมอ



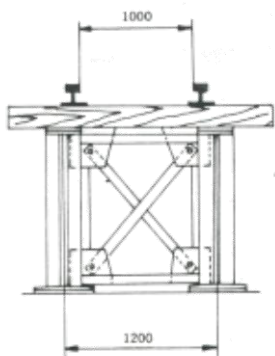
รูปที่ 3.1-15 สะพาน I-Beam, H-Beam และ Wide Flange

- สะพานกระเบเหล็ก (Steel Slab Bridge) เป็นสะพานแบบที่เหมาะสมสำหรับสร้างข้ามถนน รถยนต์ ที่อยู่บริเวณในเมือง เพราะสามารถลดเสียงรบกวน เนื่องจาก มีหินโรยทางบน สะพาน และยังสามารถป้องกันไม่ให้สิ่งของตกจากสะพานลงไปในยานพาหนะที่วิ่งสัญจร อยู่ใต้สะพานได้เช่นกัน



รูปที่ 3.1-16 สะพานกระเบเหล็ก (Steel Slab Bridge)

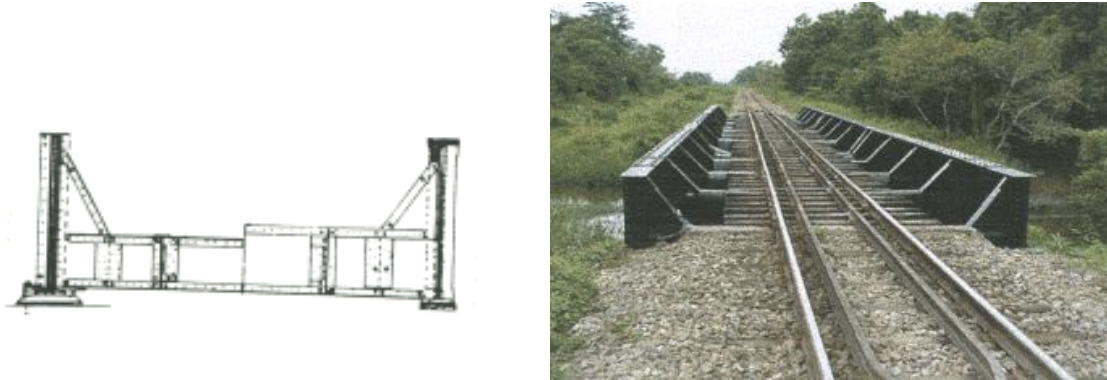
- สะพาน Deck Plate Girder ปกติใช้กับสะพาน ขนาดช่วงตั้งแต่ 6-10 เมตร แต่ช่วงยาวกว่านี้ เช่น ขนาด 15, 20 และ 25 เมตร ก็มีในการรถไฟแห่งประเทศไทย เช่น ในแขวงบำรุงทางเทพา กองบำรุงทางเขตหาดใหญ่ เป็นต้น สะพาน Deck Plate Girder รองรับทางรถไฟ และรองรับน้ำหนักโดยตรงจากรถไฟ เหมาะสำหรับสถานที่ ๆ เป็นลำห้วยลึก ๆ เพราะสามารถหย่อนตัวแม่แคร้ (Girder) ให้ต่ำลงไปได้ โดยไม่กีดขวางการใช้สอยพื้นที่ใต้สะพาน แต่ถ้าเป็นสถานที่ที่ท้องคลองตื้น หรือ พื้นที่ใต้สะพาน มีสิ่งกีดขวางสะพาน Deck Plate Girder ไม่สามารถ จะนำมาใช้กับสถานที่ที่กล่าวนี้ได้ แต่สามารถใช้สะพานแบบ Through Plate Girder แทนได้ การบำรุงรักษาสะพาน Deck Plate Girder คือการทำความสะอาดบริเวณรอบๆ จานรองสะพาน ตรวจสอบว่ามีรอยแตก หรือร้าวทลวมหรือไม่ และ วางแผนทาสีทั้งสะพานตามเวลาที่กำหนด



รูปที่ 3.1-17 สะพาน Deck Plate Girder

- สะพาน Through Plate Girder เป็นสะพานแบบที่เหมาะสมกับสถานที่ที่ท้องคลองมีลักษณะตื้น ไม่สามารถสร้างเป็นสะพานแบบ Deck Plate Girder ได้ จึงนำเอาสะพานแบบ Through Plate Girder นี้มาใช้แทน แต่โครงสร้างของสะพานมีความซับซ้อนกว่า คือ มีทั้ง Stringers, Floor Beams และ Main Girders น้ำหนักรถไฟจะถ่ายโดยตรงลงบน Stringers แล้วจาก Stringers ถ่ายไปสู่ Floor Beams จาก Floor Beams ลงสู่ Main Girders และ

จาก Main Girders ลงสู่จานรองสะพานและต่อม่อในที่สุด สะพานแบบ Through Plate Girder มีใช้มากในทางรถไฟทุกสาย ขนาดช่วงส่วนใหญ่ คือ 10, 12, 15, และ 20 เมตร สะพาน Through Plate Girder มีปัญหาในการบำรุงรักษา ตามจุดต่างๆ



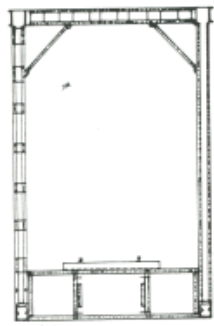
รูปที่ 3.1-18 สะพาน Through Plate Girder

- สะพาน Deck Truss เหมาะสำหรับใช้สร้างข้ามลำห้วยที่มีความลึกมาก ที่พื้นที่ว่างใต้สะพาน เพราะ Main Truss อยู่ต่ำกว่าระดับสันราง มีความสะดวก แก่การก่อสร้าง และบำรุงรักษา ทั้งนี้ ไม่มีปัญหาในการบำรุงรักษา นอกจากการทาสีตามวาระ และหมั่นตรวจดูว่ามีริ้วเหวหรือไม่เท่านั้น



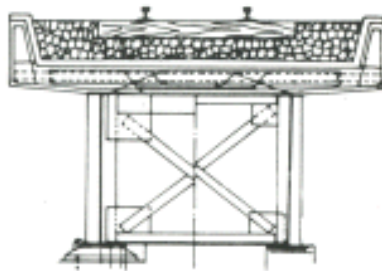
รูปที่ 3.1-19 สะพาน Deck Truss

- สะพาน Through Truss มีขนาดช่วงตั้งแต่ 25 เมตรขึ้นไปจนถึง 90 เมตร ปัญหาในการบำรุงรักษามีเช่นเดียวกับ สะพานแบบ Through Plate Girder เพราะ เป็นสะพานที่มี Stringers และ Floor Beams แบบเดียวกัน



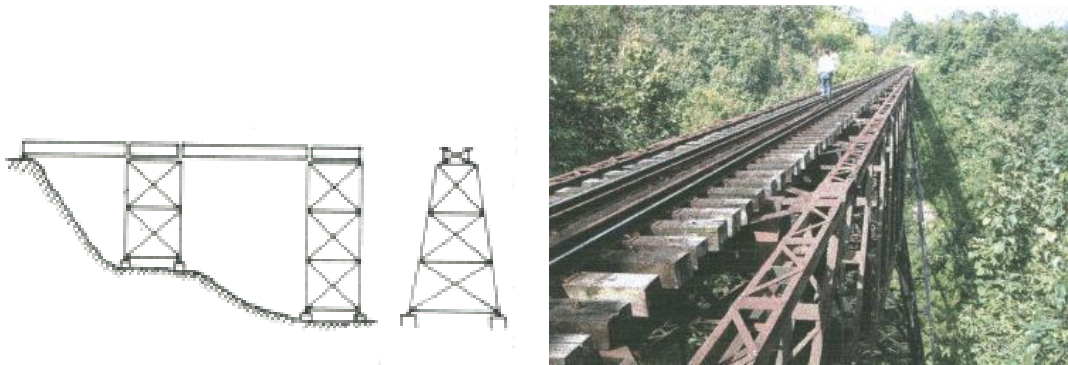
รูปที่ 3.1-20 สะพาน Through Truss

- สะพาน Composite คือ สะพานที่ได้ใช้ Composite Girder เป็น Main Girder ของ สะพาน Composite Girder คือ ตัว Girder เป็นเหล็กแต่ปีก (Flange) ของ Girder เป็น คอนกรีต โดยทั้งสองส่วนนี้ถูกยึดไว้ ด้วยสลักที่เรียกว่า Shear Connector สะพาน Composite แบ่งออกตามน้ำหนักที่ให้ Girder ด้านทานได้สองชนิดคือ Composite เฉพาะ Live load และ Composite ทั้ง Live load และ Dead load ปัญหาในการบำรุงรักษามี เฉพาะการทาสีตัวสะพานเหล็ก กับการตรวจดูรีเวท หรือ HTB ว่าหลวมหรือไม่



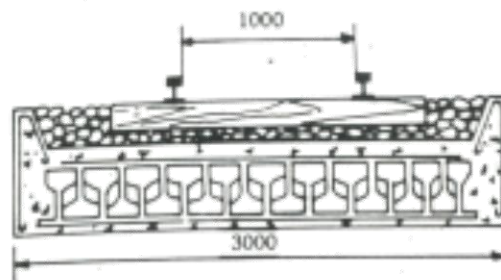
รูปที่ 3.1-21 สะพาน Composite

- สะพานหอ (Viaduct Bridge) เป็นสะพานชนิดที่เหมาะสมกับภูมิประเทศที่เป็นเหวหรือหุบเขา มีในทางรถไฟสายเหนือ ซึ่งการบำรุงรักษาคือการทาสีตามวาระ และหมั่นตรวจดูว่ารีเวท หรือ HTB หลวมหรือไม่



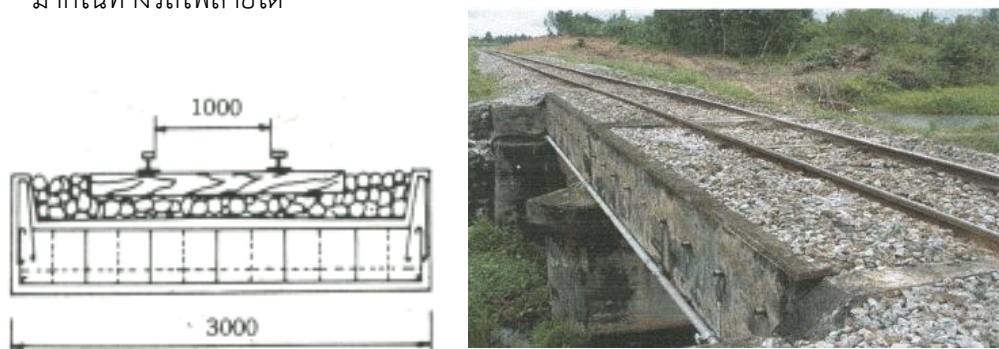
รูปที่ 3.1-22 สะพาน Viaduct Bridge

- สะพานกระเบคอนกรีตฝังรางเหล็ก เป็นสะพานแผ่นพื้นคอนกรีตมีขนาด ช่วง 4 เมตร ฝังบวรางเหล็ก มีขอบกันหินรอบทั้ง 4 ด้าน วางพาดหัวท้ายบนตอม่อคอนกรีต รองรับทางรถไฟ มีมากในแขวงบำรุงทางเทพา กองบำรุงทางเขตหาดใหญ่ ปัจจุบันปรากฏว่า คอนกรีตที่หุ้มอยู่ข้างใต้ตีนบวรางกะเทาะร่อนหลุดออกมา จนเห็นผิวเหล็กตีนรางแต่เนื่องจากว่าคอนกรีตส่วนนี้ทำหน้าที่เพียงหุ้มตีนบวราง จึงไม่จำเป็นต้องทำการซ่อม โดยการฉาบคอนกรีตเข้าไปใหม่ แต่ควรซ่อมโดยการทาสีกันสนิมที่ตีนบวรางไว้เท่านั้น



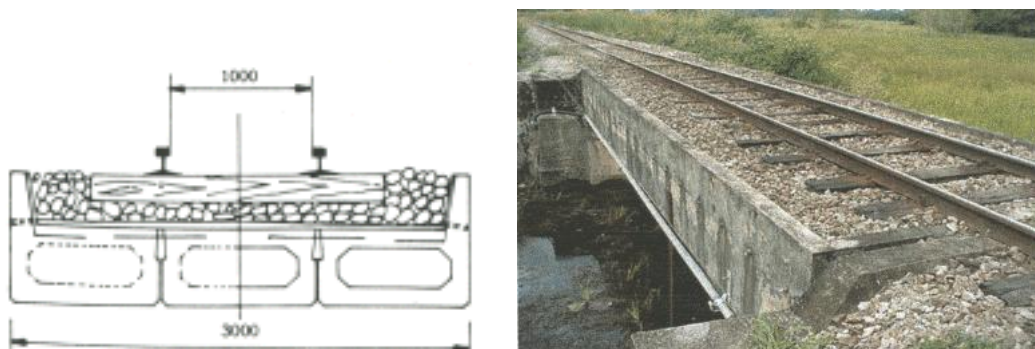
รูปที่ 3.1-23 สะพานกระเบคอนกรีตฝังรางเหล็ก

- สะพานกระเบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Slab Bridge) เป็นสะพานแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก มีขอบกันหินรอบทั้ง 4 ด้าน วางพาดหัวท้ายลงบนตอม่อคอนกรีต รองรับทางรถไฟที่มีขนาดช่วงตั้งแต่ 3 เมตร ถึง 6 เมตร สะพานกระเบคอนกรีตเสริมเหล็ก มีมากในทางรถไฟสายใต้



รูปที่ 3.1-24 สะพาน Reinforced Concrete Slab Bridge

- สะพานคอนกรีตอัดแรง (Pre-stress Concrete Bridge) ปัจจุบันมีขนาดช่วงตั้งแต่ 8, 10, 12 และ 15 เมตร พบมากในทางรถไฟสายใต้

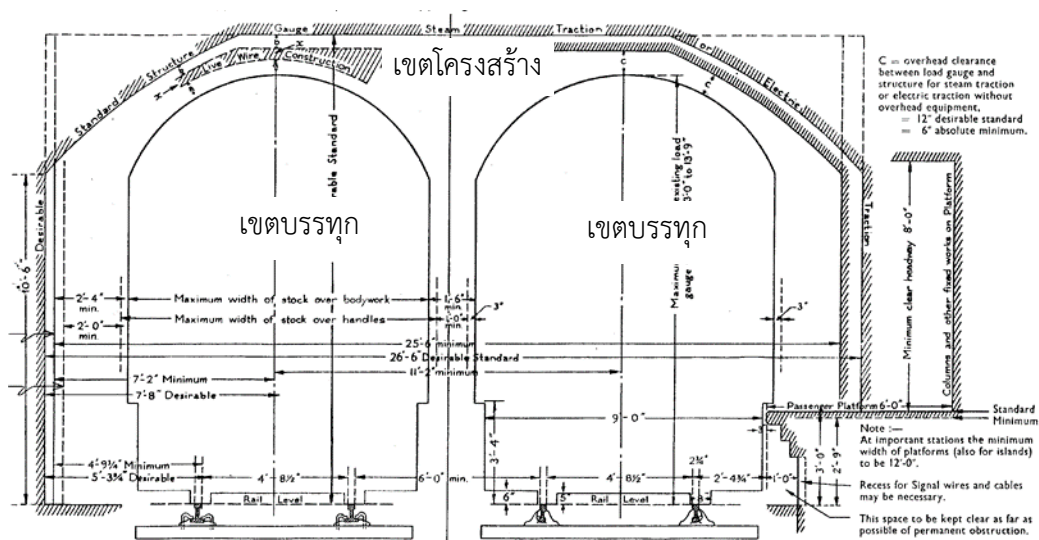


รูปที่ 3.1-25 สะพาน Prestress Concrete Bridge

3.1.1.10 เขตบรรทุกและเขตโครงสร้างบนทางรถไฟ สะพาน อุโมงค์ ขานขาลา

เซตบรรทุก (Loading Gauge) คือ ระยะที่ทำให้เกิดความปลอดภัยในการเคลื่อนที่ของรถไฟ
 มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟส่วนที่แคบที่สุดเรียกว่า เซตโครงสร้าง (Structural Gauge) และการ
 ออกแบบขบวนรถไฟส่วนที่กว้างที่สุดเรียกว่าเซตบรรทุก (Loading gauge) วิศวกรผู้ออกแบบทางรถไฟต้อง
 ไม่ให้ส่วนใดของทางรถไฟยื่นล้ำเข้าไปในเซตโครงสร้าง ในทำนองเดียวกันวิศวกรผู้ออกแบบขบวนรถไฟก็ต้อง
 ไม่ให้มีส่วนใดของขบวนรถไฟยื่นล้ำเข้าไปในเซตบรรทุก

โดยความกว้างของตัวรถไฟถูกกำหนดโดยเชตบรรทุก (Loading Gauge) ตัวรถของ รฟท. ในปัจจุบัน กว้าง 2.92 เมตร ตัวรถไฟความเร็วสูง (ที่มีขนาดรางกว้าง 1.435 เมตร) จะกว้าง 3.38 เมตร ส่วนรถไฟฟ้า BTS กว้าง 3.2 เมตร รถไฟใต้ดินของ รฟม. กว้าง 3.12 เมตร



รูปที่ 3.1-26 เขตบรรทุกและเขตโครงสร้าง

3.1.2 ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรถไฟ

3.1.2.1 สภาพภูมิอากาศ (Climate)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อสองปัจจัยหลัก คือ

- 1) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
- 2) ฝน หิมะ หรือลูกเห็บ

ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จะมีผลทำให้รางเกิดการโก่งตัวในแนวดิ่ง และโค้งงอในแนวราบได้ ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงในการตกรางมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ต้องลดความเร็วของรถไฟลง และฝนก็จะทำให้สะพานข้ามแม่น้ำเกิดการชะล้างจากน้ำฝน ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ ส่งผลให้ต้องมีการซ่อมแซม และทั้งสองปัจจัยนี้ ยังเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุอีกด้วย

3.1.2.2 การเสียดสีของสาลี่

การออกแบบสาลี่ต้องให้กว้างพอที่จะไม่พลาดหลุดออกจากสายส่งเมื่อตัวรถโครงออกทางด้านข้าง ปลายทั้งสองด้านของสาลี่จะงุ้มลงเพื่อป้องกันไม่ให้สาลี่ตลบขึ้นไปอยู่ข้างบน ซึ่งหากเกิดขึ้นแล้ว จะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า ด้านบนของสาลี่มีแปรงถ่าน (Carbon Brush) ติดอยู่สองชุด ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง แปรงถ่านจะครูดเสียดสีไปกับสายส่งตลอดเวลาที่รถไฟทำงาน จึงต้องมีการตรวจตราเป็นประจำ แปรงถ่านที่สึกถึงพิกัดเลิกใช้แล้วจะต้องเปลี่ยนใหม่เนื่องจากระบบรถไฟจ่ายกระแสไฟฟ้าทำงานแรงดันไฟฟ้าสูง สถานีจ่ายกระแสไฟฟ้ามีพิสัยการจ่ายไฟ (Feeding Range) ได้ไกล จึงสามารถติดตั้งจุดจ่ายกระแสไฟฟ้าไว้ห่างกันได้ โดยปกติจุดจ่ายกระแสไฟฟ้าแห่งหนึ่งจะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ไกล 50-100 กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่เลือกใช้และความหนาแน่นของขบวนรถในทาง

หลังจากผ่านการใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว แปรงถ่านที่ติดอยู่กับสาลี่จะสึกหรอ ต้องมีการตรวจสอบและเปลี่ยนใหม่ซึ่งงานในลักษณะนี้จะไม่ยุ่งยากมากนักเพราะรถไฟจะกลับไปผ่านการตรวจที่หน่วยซ่อมในโรงงาน แต่การบำรุงรักษาสายส่งที่เสียดสีอยู่กับแปรงถ่านและเกิดการสึกหรอไปด้วยนั้น จะมีความยุ่งยากมากกว่า เนื่องจากสายส่งมีความยาวขนานไปกับทางรถไฟ นอกจากนั้นระบบสายส่งยังติดตั้งใช้งานอยู่ในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง อยู่กลางแดดกลางฝน ซึ่งสามารถเกิดการผุกร่อนไปได้ ประกอบกับเป็นระบบที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการเดินรถไฟ การชำรุดของระบบสายส่งจะก่อให้เกิดความเสียหายในการเดินขบวนรถเนื่องจากจะทำให้ไม่สามารถเดินขบวนรถเดินได้ และต้องเสียเวลาเวลาซ่อมนาน กว่าระบบจะกลับคืนมาใช้งานได้ จะเห็นว่า การเดินรถไฟแม้จะสามารถลดปริมาณงานซ่อมที่ตัวรถลง แต่ก็เพิ่มงานซ่อมกลางแจ้งที่แตกต่างจากระบบรถไฟธรรมดาขึ้นเป็นอันมาก ดังนั้น การบำรุงรักษาจึงต้องเริ่มต้นที่การออกแบบให้ได้มาตรฐาน เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม แต่ถึงแม้จะมีการดำเนินการดังกล่าวแล้วการบำรุงรักษาหลังจากการใช้งานก็ยังคงมีความสำคัญอยู่ดี

3.1.2.3 คุณภาพของแหล่งจ่ายกระแส (quality of electric traction power supply)

จากตัวอย่างของเรื่องการจ่ายไฟที่กล่าวมาข้างต้น การจ่ายไฟมี 2 แบบ หลักๆ คือ แบบกระแสตรง (รับไฟจากรางที่สาม) และแบบกระแสสลับ (รับไฟจากสายส่งด้านบน) ถ้าหากแหล่งจ่ายกระแส ไม่มีคุณภาพก็อาจจะเกิดปัญหาการจ่ายไฟมากเกินไป หรือน้อยเกินไปได้ ซึ่งถ้าหากจ่ายไฟมากเกินไป พลังงานไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานอื่นๆ เช่น ความร้อน อาจจะทำให้ระบบสายส่งเสียหายได้ หรือถ้าหากจ่ายไฟน้อยเกินไป ก็จะทำให้มีพลังงานไม่เพียงพอที่จะทำให้รถไฟวิ่งต่อไปได้ ซึ่งล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพของต่อประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐาน และการทำงานของรถไฟความเร็วสูงทั้งสิ้น

เนื่องจากระบบรถไฟที่ใช้กับระบบรถไฟทางไกล โดยเฉพาะกรณีรถจักรลากจูงขบวนรถสินค้าซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในการออกตัวแต่ละครั้งอาจทำให้เกิดปัญหาการรบกวนระบบไฟฟ้าสาธารณะได้ เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว จึงต้องให้ความสำคัญกับวิธีการที่จะใช้เชื่อมต่อระบบการจ่ายไฟเข้ามาในระบบการเดินรถไฟ แนวความคิดในส่วนนี้แยกออกเป็นสองค่าย แนวคิดของวิศวกรค่ายตะวันตกจะใช้วิธีคาดการณ์ปริมาณใช้ไฟไว้ก่อนแล้วต่อเชื่อมระบบไฟฟ้ามาเดินรถไฟ โดยให้เกิดการเสียสมดุล (Phase Unbalance) ในระบบการจ่ายไฟสาธารณะน้อยที่สุด ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าตามแนวคิดนี้จะติดตั้ง หม้อแปลงไฟฟ้าแบบธรรมดาตรงจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบไฟฟ้าสาธารณะกับระบบรถไฟ ส่วนแนวคิดของวิศวกรค่ายตะวันออกซึ่งได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และจีน ใช้วิธีป้องกันไว้ก่อนโดยติดตั้งหม้อแปลงแบบ Scott Connected หรือ Modified Wood-bridge Connected ตรงจุดเชื่อมต่อ

3.2 ปัจจัยในการพิจารณาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟจากตัวอย่างในสหภาพยุโรป

วิวัฒนาการการจัดการระบบราง (Evolution of Railway) ในกลุ่มสหภาพยุโรปที่มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นการเชื่อมต่อระหว่างประเทศในสหภาพยุโรป (Trans-European Rail Network) โดยเริ่มตั้งแต่การก่อตั้งประชาคมเศรษฐกิจยุโรป (The European Economic Community - EEC) ในปี ค.ศ. 1958 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเหมือนการรวมประชาคมอาเซียนเพื่อการเคลื่อนย้ายสินค้า การบริการการลงทุน แรงงานฝีมือ และเงินทุนต่างๆ อย่างเสรี เพื่อให้เกิดความสอดคล้องของระบบรางของสหภาพยุโรป (Harmonisation of European Railway) จำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการประสานงานร่วมกันซึ่งประกอบด้วย

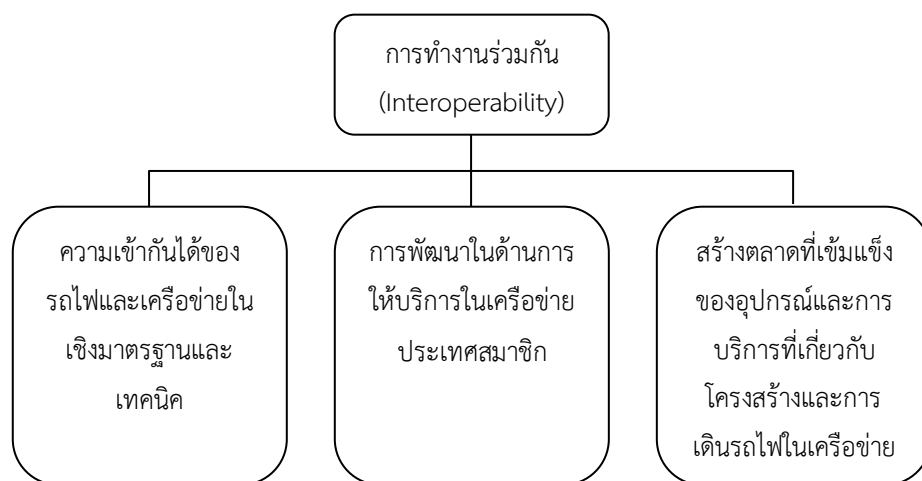
- EU institutions and agencies (สถาบันและหน่วยงานทางด้านพัฒนาระบบรางของสหภาพยุโรป)
- Regulation, directives and acts (กฎระเบียบ ข้อบังคับทางกฎหมาย และ กฎหมาย)
- European technical standards (มาตรฐานทางเทคนิค)

รัฐสภาของสหภาพยุโรปได้มีการประชุมวันที่ 19 มีนาคม 2001 ประกาศข้อบังคับทางกฎหมายเรื่องการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟ อันประกอบด้วยข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน (Technical Specification for Interoperability) หรือ TSI ซึ่งจะต้องมีการใช้ตามวิธีการที่วางไว้โดยคำสั่งรวมทั้งมาตรฐานยุโรปจากร่างมาตรฐานยุโรป : CEN, CENELEC และ ETSI โดยผู้ที่มิชอบทบทวนผลักดันให้เกิด

การประสานงานคือคณะกรรมการยุโรป (European Commission) หรือ EC ที่ประกอบด้วยตัวแทนจาก 28 ประเทศสมาชิกโดยมีสำนักงานตั้งอยู่ที่กรุงบรัสเซลส์

การรวมและการประสานงานกันของมาตรฐานด้านเทคนิค ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้กับระบบรางธรรมดาช่วยให้ผู้คนเดินทางไปสถานที่ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการสนับสนุนรางรถไฟจึงเป็นทางเลือกของการขนส่งในยุโรปการทำงานร่วมกัน (Interoperability) นอกจากจะหมายถึงความเข้ากันได้ในเชิงมาตรฐานและเทคนิคระหว่างระบบรางที่แตกต่างกันแล้ว ยังรวมถึงการประสานกันเพื่อให้เกิดการพัฒนาในด้านการให้บริการระหว่างประเทศสมาชิกในสหภาพและกับประเทศที่สาม ผลพลอยได้ยังเป็นการสร้างตลาดที่เข้มแข็งของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและการเดินรถไฟระหว่างประเทศสมาชิกดังแสดงในรูปที่ 3.1-1 โดยในปัจจุบันประเทศสมาชิกมีระบบโครงสร้างพื้นฐานระบบรางที่แตกต่างกัน คือ มีจำนวน 5 ระบบไฟฟ้า มี 21 ระบบอาณัติสัญญาณ มีขนาดรางจำนวน 5 แบบ และรวมถึงมีระเบียบการเดินรถที่ต่างกัน เป็นต้น

เมื่อพูดถึงระบบรางแล้วจะค่อนข้างซับซ้อน โดยในระบบรถไฟแบบทั่วไป (conventional rail) สามารถแบ่งได้เป็นระบบย่อยทางด้านโครงสร้างอันได้แก่ infrastructure (INF), energy (ENE), control-command and signaling (CCS) และ locomotives and passenger rolling stock (LOC&PAS RST) ส่วนอีกระบบย่อยจะเกี่ยวกับด้านการดำเนินงาน เช่น traffic operation and management (OPE), maintenance และ telematics applications for passengers and freight services (TAP, TAF) ซึ่งส่วนต่างๆ เหล่านี้จะรวมอยู่ใน TSI โดยจะเป็นตัวกำหนดตัวแปรที่จำเป็นที่ใช้ในการเดินรถที่มีการประสานงานร่วมกัน โดยประเทศสมาชิกจะนำตัวแปรเหล่านี้ไปใช้ภายใต้กรอบมาตรฐาน harmonized European standards



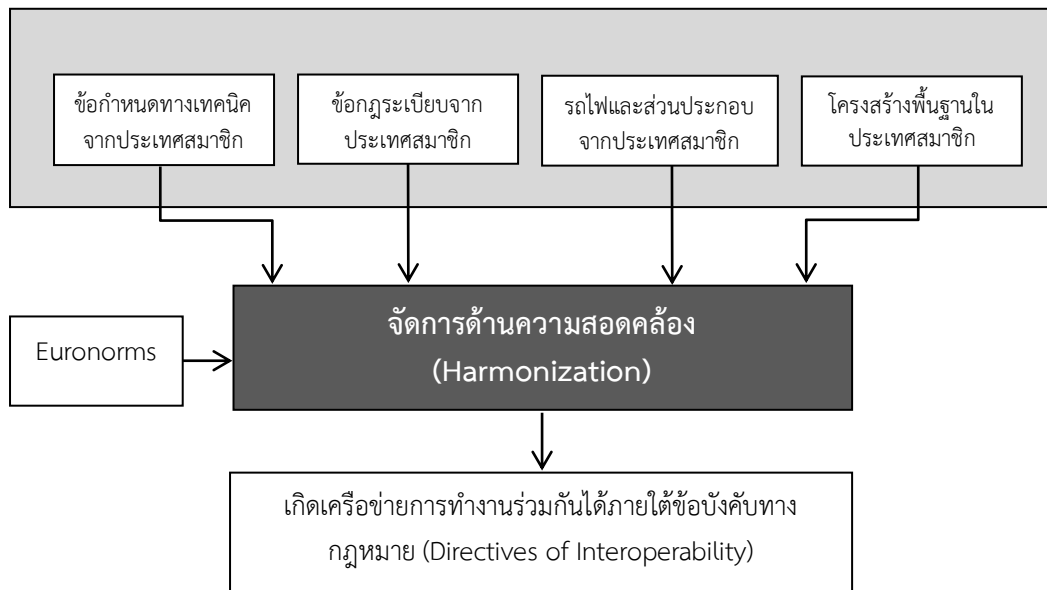
รูปที่ 3.2-1 แนวทางการทำงานร่วมกัน(Interoperability) ของระบบราง

3.2.1 จัดการด้านความสอดคล้อง (harmonization) ในการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค

สำหรับข้อมูลเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ในการพิจารณาการเชื่อมโยงเครือข่ายระบบรางระหว่างประเทศ และปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพภายใต้การเชื่อมโยง ได้พิจารณาระบบจัดการความสอดคล้องของระบบรางของสหภาพยุโรป (Harmonization of European Railway) ในฐานะที่เป็นกลุ่มประชาคมที่ประสบความสำเร็จด้านการพัฒนาระบบรางร่วมกัน

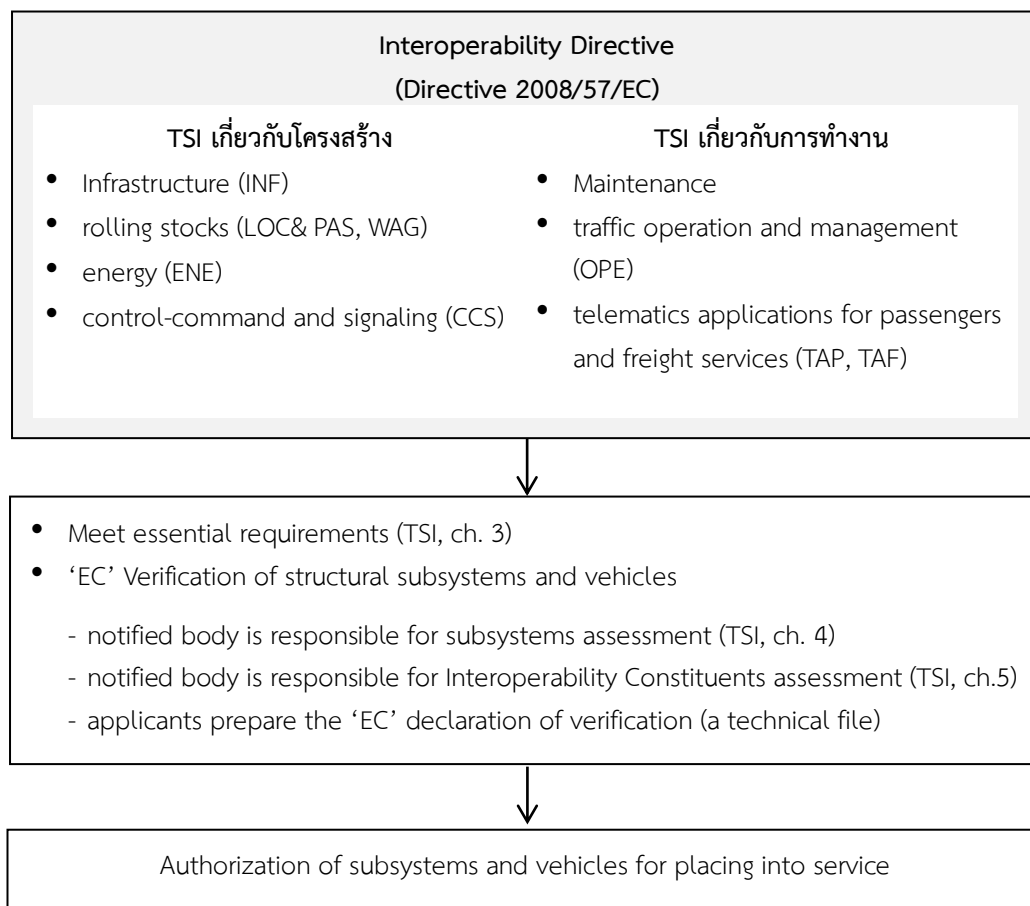
ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการศึกษาการทำงานร่วมกันเรียกว่า “ข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน” (Technical Specification for Interoperability, TSI) เป็นการกำหนดความสามารถของรถไฟ เพื่อให้ระบบมีความปลอดภัยและลดอุปสรรคทางด้านเทคนิคในการนำรถไฟเคลื่อนผ่านได้อย่างต่อเนื่องทุกประเทศในสหภาพยุโรป โดยจะประกอบด้วยข้อกำหนดแต่ละระบบย่อย (Subsystem) หรือส่วนหนึ่งของระบบย่อยต้องได้รับการรับรองและเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟไฟฟ้าโดยมีหน่วยงาน European Railway Agency (ERA) ทำการร่างข้อกำหนดหลักทางด้านเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกันทั้งด้านโครงสร้างและด้านการดำเนินงาน โดยข้อกำหนดที่สำคัญได้แก่ โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) พลังงาน (Energy) ขบวนรถไฟ (Rolling stock) การให้บริการเทคโนโลยีสารสนเทศ (Telematic applications) การควบคุมและการจัดการจราจร (Operation and traffic management) และการรบกวนทางเสียง (Noise) ซึ่งได้ร่วมกันทำงานกับองค์กรที่เป็นตัวแทนของรถไฟเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยแห่งชาติหน่วยงานตรวจสอบอิสระ และหน่วยงานมาตรฐานยุโรป โดยแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของประเทศสมาชิกถูกแสดงในรูปที่ 3.2-2 โดยการทำงานร่วมกันจะดำเนินการภายใต้ข้อบังคับทางกฎหมายของการทำงานร่วมกัน (Directives of Interoperability) ที่อ้างอิงเฉพาะกฎหมายและข้อบังคับของสหภาพยุโรป โดยมีข้อที่สำคัญคือ Directive 2008/57/EC on the interoperability of the rail system within the Community ข้อบังคับชุดนี้กำหนดมาเพื่อสร้างเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันภายในระบบรถไฟในชุมชนเงื่อนไขเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบการก่อสร้าง การบริการ การปรับปรุง การต่ออายุการเดินรถ และการบำรุงรักษาของระบบ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของอาชีพและสภาวะสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานที่ทำงานเดินรถและบำรุงรักษาซึ่งจะครอบคลุมระบบรถไฟระบบย่อย (subsystems) และองค์ประกอบการทำงานร่วมกัน (interoperability constituents) รวมถึงการเชื่อมต่อระหว่างระบบย่อย

เพื่อให้เกิดเครือข่ายการทำงานร่วมกันภายใต้ข้อบังคับทางกฎหมาย (Directives of Interoperability) อินพุตที่สำคัญจากประเทศสมาชิกประกอบด้วย ข้อกำหนดทางเทคนิคข้อกฎระเบียบรถไฟและส่วนประกอบ รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานในแต่ละประเทศสมาชิก โดยมีการใช้ Euronorms หรือ EN ที่กำหนดโดย The European Committee for Standardisation (CEN), The European Committee for Electro-technical Standardisation (CENELEC) และ The European Telecommunications Standards Institute (ETSI) เพื่อเป็นกรอบมาตรฐานสำหรับกระบวนการจัดการด้านความสอดคล้องระหว่างประเทศสมาชิก



รูปที่ 3.2-2 ขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของประเทศสมาชิก

รายละเอียดของ Directive 2008/57/EC ตามที่ระบุรูปที่ 3.2-3 ซึ่งแสดงขั้นตอนการจัดการด้านเพื่อให้เกิดความสอดคล้องต่อการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟโดยที่แต่ละระบบย่อยหรือส่วนหนึ่งของระบบย่อยต้องสามารถครอบคลุมความต้องการจำเป็นตามเนื้อหาของ TSI ที่เกี่ยวข้อง (Essential Requirements, Annex III, Directive 2008/57/EC) และต้องผ่านขั้นตอนการประเมินให้สอดคล้องตามที่ระบุใน TSI ('EC' Verification Procedure for Subsystems, Annex VI, Directive 2008/57/EC) รวมถึงใบรับรองที่เกี่ยวข้อง เมื่อผ่านขั้นตอนทั้งหมดข้างต้นจึงสามารถนำรถไฟมาให้บริการระหว่างประเทศสมาชิกได้



รูปที่ 3.2-3 ขั้นตอนการจัดการด้านความสอดคล้อง

3.2.2 ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน (Technical Specification for Interoperability)

สำหรับรายละเอียดโดยทั่วไปของ TSI สามารถสรุปได้ดังนี้

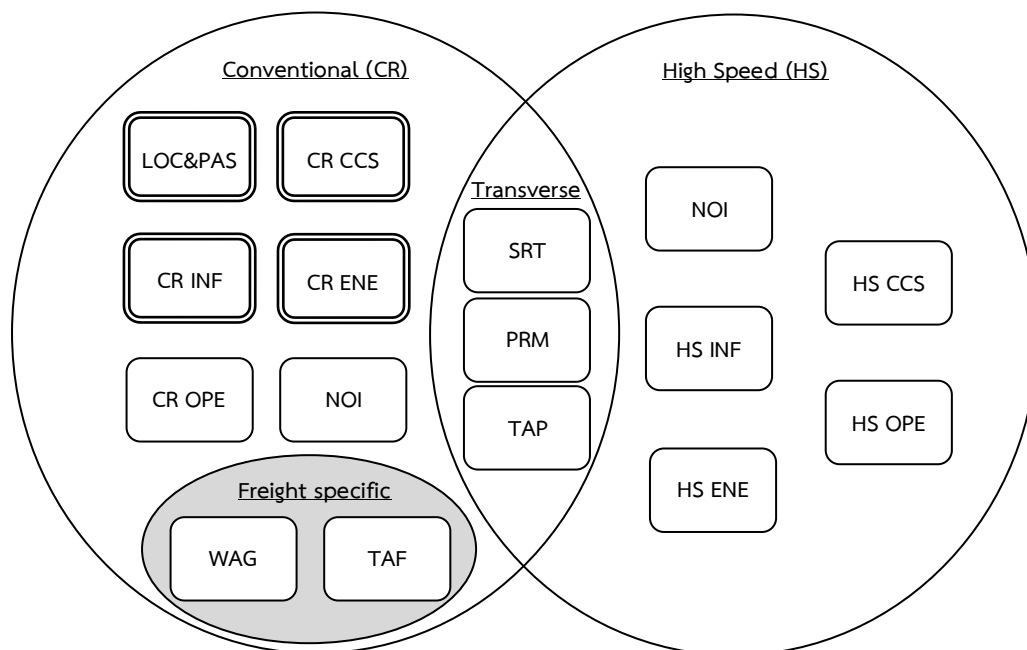
1. แต่ละระบบย่อยจะมีความสัมพันธ์กับหนึ่ง TSI แต่สำหรับในบางกรณี แต่ละระบบย่อยอาจเกี่ยวเนื่องกับหลาย TSI และในทางกลับกันแต่ละ TSI อาจครอบคลุมหลายระบบย่อย
2. ระบบย่อยจะต้องมีความสอดคล้องตาม TSI ที่ใช้บังคับตลอดระยะเวลาที่มีการใช้งานระบบย่อย รวมถึงการปรับปรุงหรือต่ออายุ
3. สำหรับโครงสร้างและเนื้อหาของ TSI ที่มีการกำหนดในข้อบังคับทางกฎหมายว่าด้วยการทำงานร่วมกันนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.2-1
4. แต่ละ TSI ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของระบบย่อยที่มีอยู่และระบบย่อยที่คาดหวังตามเป้าหมายการยอมรับและปฏิบัติตามจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟ

5. TSI จะรวบรวมความเข้ากันได้ของระบบรถไฟที่มีอยู่ของแต่ละประเทศสมาชิก โดยคำนึงเป็นพิเศษเกี่ยวกับ loading gauge ขนาดราง และขบวนรถไฟ
6. ในกรณีที่บางหัวข้อไม่สามารถทำให้สอดคล้องกับความต้องการที่จำเป็นใน TSI จะต้องระบุไว้อย่างชัดเจนในภาคผนวกซึ่งต้องมีการพิจารณาต่อไป
7. TSI จะต้องไม่เป็นอุปสรรคกับการตัดสินใจโดยประเทศสมาชิกหากมีการใช้งานของโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับขบวนรถไฟที่ไม่สอดคล้อง TSI
8. TSI มีความชัดเจนโดยมีการอ้างอิงการมาตรฐานยุโรปหรือต่างประเทศหรือข้อกำหนดเฉพาะหรือเอกสารทางเทคนิคที่เผยแพร่

ตารางที่ 3.2-1 เนื้อหาของ TSI จำแนกตามบท

บทที่	เนื้อหา
1	บทแนะนำ
2	คำจำกัดความและขอบเขตของระบบย่อย
3	ระบุความต้องการที่จำเป็นสำหรับระบบย่อยที่เกี่ยวข้อง
4	แสดงพารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อยที่จำเป็นเพื่อครอบคลุมความต้องการที่จำเป็น และการเชื่อมต่อกับระบบย่อยอื่นๆ นอกจากนี้ยังระบุข้อกำหนดทางเทคนิคและหน้าที่การทำงานที่ใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพตามที่ระบุ
5	กำหนดองค์ประกอบการทำงานร่วมกัน และการเชื่อมต่อที่จำเป็น
6	อธิบายถึงขั้นตอนการประเมินความสอดคล้องหรือความเหมาะสมสำหรับการใช้งานขององค์ประกอบการทำงานร่วมกัน และสำหรับการดำเนินการตรวจสอบของ EC
7	อธิบายถึง บทบัญญัติที่ใช้ในกรณีเฉพาะรวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ด้านเวลาสำหรับการปรับปรุงระบบเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับTSI

รูปที่ 3.2-4 แสดง Framework ของ TSI ต่างๆ ในเครือข่ายระบบรถไฟฟ้าธรรมดา (Conventional Rail หรือ CR) และระบบรถไฟฟ้าความเร็วสูง (Hi-speed หรือ HS) โดยในงานวิจัยนี้เพื่อให้เหมาะสมกับโครงสร้างระบบรถไฟของประเทศไทยและประเทศภูมิภาคจึงจะทำการศึกษา TSI ที่จำเป็นสำหรับระบบรถไฟฟ้าธรรมดา จำนวน 4 หัวข้อ ประกอบด้วย ด้านโครงสร้างพื้นฐาน (TSI INF) ด้านพลังงาน (TSI ENE) ด้านรถจักรและตู้โดยสาร (TSI LOC & PAS RST) และด้านคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (TSI CCS)



รูปที่ 3.2-4 Framework แสดงภาพรวมและส่วนของ TSI เกี่ยวกับด้านโครงสร้างที่ทำการศึกษา

3.2.3 ระบบย่อย (Subsystems)

การใช้งานระบบย่อยภายใต้การทำงานร่วมกันนั้นสามารถทำได้เมื่อระบบย่อยดังกล่าวผ่านการออกแบบ การสร้าง และติดตั้งตามขั้นตอนสำคัญที่กำหนดใน TSI โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของความเข้ากันได้ทางเทคนิคของระบบย่อยเหล่านี้กับระบบอื่นที่ทำการติดตั้งร่วมกัน ประเทศสมาชิกต้องมีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังทั้งก่อนและหลังการใช้งาน

ระบบย่อยสามารถแยกตามลักษณะโครงสร้างและการทำงานดังนี้

1) ด้านโครงสร้าง ประกอบด้วย

- โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure)

หมายถึง โครงสร้างทางวิศวกรรมต่างๆ เช่นราง สะพานอุโมงค์ ฯลฯ โครงสร้างพื้นฐานของสถานีเช่น ขานขาลา บริเวณการเข้าถึงสถานี รวมทั้งความปลอดภัยและอุปกรณ์ป้องกัน

- พลังงาน (Energy)

ระบบจ่ายไฟฟ้ารวมทั้งสายป้อนเหนือรางและอุปกรณ์ต่างๆ บนขบวนรถไฟที่มีการรับไฟฟ้า

- คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (Control-command and signalling)

อุปกรณ์ทั้งหมดที่จำเป็นในการตรวจสอบความปลอดภัยและที่สั่งการควบคุมการเดินรถไฟที่ได้รับอนุญาตให้เดินทางเชื่อมโยงในภูมิภาค

- ขบวนรถ (Rolling stock)

ระบบย่อยนี้รวมถึงโครงสร้างคำสั่งและระบบการควบคุมสำหรับทุกอุปกรณ์บนรถไฟไฟฟ้า เบรกแคร่เพลา ระบบกันสะเทือนman/machine Interfaces อุปกรณ์ด้านความปลอดภัยและสุขภาพของผู้โดยสารและพนักงาน

2) ด้านการทำงาน ประกอบด้วย

- การปฏิบัติการจราจรและการจัดการ (Traffic operation and management)

หมายถึง ขั้นตอนและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่ช่วยให้เกิดการดำเนินงานที่สอดคล้องกันของระบบย่อยต่างๆ ทั้งในสถานะปกติและฉุกเฉิน รวมถึงการฝึกอบรมการเดินรถการวางแผนการจราจรและการจัดการ

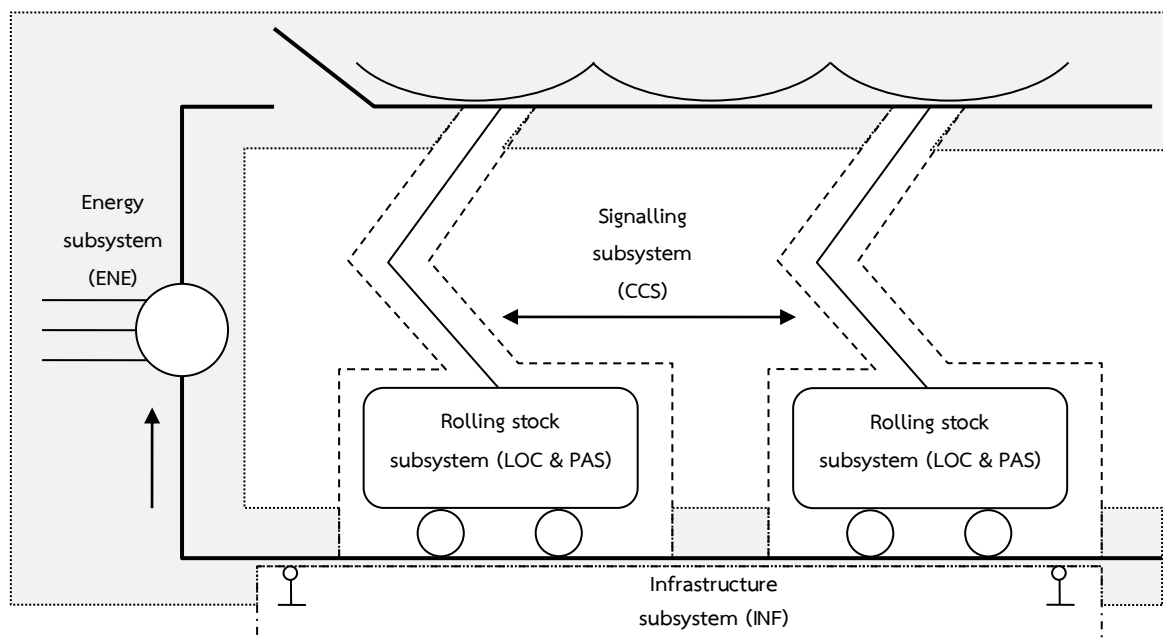
- การบำรุงรักษา (Maintenance)

ประกอบด้วยขั้นตอนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ระบบบริหารงานขนส่งสำหรับงานบำรุงรักษาแก้ไขและป้องกันเพื่อรับรองการทำงานร่วมกันของระบบรางและรับประกันประสิทธิภาพที่ต้องการ

- ระบบเทเลเมติกส์สำหรับบริการผู้โดยสารและขนส่งสินค้า (Telematics applications for passenger and freight services)

ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่ประยุกต์เพื่อให้บริการผู้โดยสารรวมทั้งระบบข้อมูลก่อนและระหว่างการเดินทางระบบการจองและชำระเงินการจัดการกระเป๋าเดินทางและการจัดการการเชื่อมต่อระหว่างขบวนรถไฟและการเดินทางประเภทอื่นๆ สำหรับอีกส่วนคือ ส่วนที่ประยุกต์ใช้สำหรับการให้บริการขนส่งสินค้ารวมทั้งระบบข้อมูล (ตรวจสอบเวลาจริงของการขนส่งสินค้าและรถไฟ)ระบบการจัดลำดับและจัดสรรระบบการจอง การชำระเงินและใบแจ้งหนี้การจัดการของการเชื่อมต่อการขนส่งประเภทอื่นๆ และการผลิตเอกสารประกอบอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 3.2-5 แสดงตัวอย่างการแบ่งระบบย่อย (subsystem) ทางด้านโครงสร้างตามหัวข้อข้างต้น ซึ่งเป็นหัวข้อที่ใช้พิจารณาในการศึกษานี้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดทางเทคนิค TSI ทั้ง 4 ข้อสำหรับการทำงานร่วมกันตามที่ได้เสนอในหัวข้อที่ 3.2.2



รูปที่ 3.2-5 ตัวอย่างการแบ่งระบบย่อย (subsystem) ในการระบุข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน

3.2.4 ความต้องการที่จำเป็นสำหรับระบบย่อยด้านโครงสร้าง (Essential requirements)

ไม่ว่าจะเป็นระบบรถไฟ ระบบย่อย และส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันรวมถึงอินเตอร์เฟซต่างๆ จะต้องสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นที่เหมาะสม ไม่ขัดแย้งกับข้อมูลจำเพาะของยุโรปหรือมาตรฐานอื่นๆ ความต้องการที่จำเป็นเหล่านี้สามารถแบ่งตามระบบย่อยต่างๆ ได้ดังนี้

3.2.4.1 ภาพรวมความต้องการที่จำเป็นโดยทั่วไป (General requirements)

3.2.4.1.1 ความปลอดภัย (safety)

ก) การออกแบบ การประกอบ การบำรุงรักษา และการตรวจสอบส่วนประกอบที่มีผลต่อความปลอดภัยและเกี่ยวข้องกับการเดินรถไฟจะต้องมีการรับประกันความปลอดภัยตามระดับมาตรฐานของเครือข่ายรถไฟทั้งในสถานการณ์การเดินรถปกติและที่ต่ำกว่าปกติ

ข) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทำงานร่วมกันระหว่างรางและล้อจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดด้านเสถียรภาพเพื่อรับประกันการเดินรถที่ความเร็วสูงสุดอย่างปลอดภัย ตัวแปรของอุปกรณ์เบรกต้องรับประกันได้ว่าจะสามารถหยุดภายในระยะเบรกที่กำหนดตามความเร็วมาตรฐานสูงสุด

ค) ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้จะต้องทนต่อความเครียดในทุกระดับตามที่กำหนดตลอดระยะเวลาการใช้งาน

ง) ออกแบบโครงสร้างติดตั้งถาวร (fixed installations) และขบวนรถ รวมถึงการเลือกวัสดุที่ใช้ต้องคำนึงถึงการป้องกันการเป็นต้นเหตุ การแพร่กระจาย และผลกระทบของไฟและควันไฟในกรณีเกิดไฟไหม้

จ) อุปกรณ์ใดๆ ที่มีการใช้งานต้องออกแบบไม่ให้เกิดผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้งานอุปกรณ์ หรือต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้เมื่อใช้งานด้วยความระมัดระวัง

3.2.4.1.2 ความน่าเชื่อถือ (Reliability and availability)

การตรวจสอบและบำรุงรักษาส่วนประกอบที่ติดตั้งกับที่หรือที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ที่เกี่ยวข้องในการเดินรถไฟจะต้องมีการจัดเตรียม ดำเนินการ และกำหนดปริมาณ โดยไม่เกิดผลกระทบต่อการบริการเดินรถไฟ

3.2.4.1.3 ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (Health)

ก) วัสดุที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพจะต้องไม่ถูกใช้ในตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ

ข) วัสดุข้างต้นเหล่านั้น หากนำมาใช้จะต้องมีการจำกัดการระเหยของควันที่เป็นอันตรายหรือก๊าซ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดไฟไหม้

3.2.4.1.4 การปกป้องด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)

ก) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการติดตั้งและการทำงานของระบบรถไฟจะต้องนำมาพิจารณา และประเมินในขั้นตอนการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับระเบียบหรือเงื่อนไขที่ถูกระบุของชุมชน

ข) วัสดุที่ใช้ในรถไฟและโครงสร้างพื้นฐานต้องป้องกันมลพิษหมอกควันหรือก๊าซที่เป็นอันตรายและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีไฟไหม้

ค) ระบบตัวรถและระบบจ่ายพลังงานต้องได้รับการออกแบบและผลิตในลักษณะที่มีความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้ากับโครงสร้าง อุปกรณ์และเครือข่ายรถไฟทั้งของภาครัฐหรือเอกชนซึ่งอาจจะรบกวน

ง) การทำงานของระบบรถไฟต้องเคารพกฎระเบียบด้านมลภาวะทางเสียงที่มีการบังคับใช้

จ) การทำงานของระบบรถไฟต้องไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนของพื้นดินเกินขีดจำกัดในบริเวณโดยรอบโครงสร้างพื้นฐาน

3.2.4.1.5 ความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)

คุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิคของขบวนรถไฟ โครงสร้างพื้นฐานและสิ่งติดตั้งกับที่อื่นๆ ในระบบรถไฟจะต้องมีความเข้ากันได้ถ้าความสอดคล้องดังกล่าวในบางส่วนของเครือข่ายรถไฟเป็นไปได้ยาก วิธีแก้ปัญหาชั่วคราวที่ช่วยให้เกิดความเข้ากันได้ในอนาคตอาจใช้ดำเนินการได้

3.2.4.2 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (Requirements specific to infrastructure subsystem)

3.2.4.2.1 ความปลอดภัย (safety)

ต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานดังกล่าวโดยไม่ได้รับอนุญาต ขั้นตอนดังกล่าวกำหนดขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะรถไฟวิ่งผ่าน

สถานีโครงสร้างพื้นฐานที่อนุญาตให้เปิดสู่สาธารณะจะต้องออกแบบ และทำในลักษณะที่สามารถป้องกันอันตรายที่มีต่อความปลอดภัยโดยคำนึงถึงในเรื่องความมั่นคง การเกิดเพลิงไหม้ การเข้าถึงการอพยพ แพลตฟอร์ม เป็นต้น ข้อกำหนดต่างๆ ที่ตั้งขึ้นจะต้องทำภายใต้เงื่อนไขความปลอดภัยในอุโมงค์ยาวและ viaducts

3.2.4.3 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยพลังงาน (Requirements specific to energy subsystem)

3.2.4.3.1 ความปลอดภัย (safety)

การทำงานของระบบจ่ายพลังงานจะต้องไม่ทำให้ระดับความปลอดภัยของทั้งรถไฟหรือบุคคล เช่น ผู้ใช้ พนักงานปฏิบัติการ ชุมชนโดยรอบ และบุคคลที่สาม อื่นๆ ลดลง

3.2.4.3.2 การปกป้องด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)

หน้าที่ของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะต้องไม่รบกวนสภาพแวดล้อมเกินกว่าขอบเขตที่กำหนด

3.2.4.3.3 ความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)

ระบบจ่ายไฟฟ้าที่ใช้จะต้อง

- สามารถเอื้อให้รถไฟทำงานในระดับประสิทธิภาพที่ระบุไว้
- เข้ากันได้กับอุปกรณ์ดึงกระแสไฟฟ้าที่ยึดกับรถไฟ

3.2.4.4 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (Requirements specific to control-command and signalling subsystem)

3.2.4.4.1 ความปลอดภัย (safety)

การติดตั้งคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณตลอดจนขั้นตอนการดำเนินงานต้องเอื้อให้การเดินรถมีความปลอดภัยซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์สำหรับการเชื่อมโยงเครือข่ายรถไฟ ระบบคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณควรสามารถกำหนดเส้นทางของเดินรถไฟที่ปลอดภัยแม้ว่าระบบการเดินรถไฟอาจมีสภาพที่ต่ำกว่าปกติ

3.2.4.4.2 ความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)

โครงสร้างพื้นฐานใหม่ทั้งหมดและรวมถึงขบวนรถที่ผลิตขึ้นใหม่หรือปรับปรุงภายหลังมีการนำ TSI นี้มาใช้ต้องปรับระบบให้สามารถใช้ระบบเหล่านั้นได้ อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณที่ติดตั้งเพื่อควบคุมการเดินรถไฟต้องยินยอมให้สามารถเดินรถได้อย่างปกติภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่ระบุไว้

3.2.4.5 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยขบวนรถ (Requirements specific to rolling stock subsystem)

3.2.4.5.1 ความปลอดภัย (safety)

โครงสร้างขบวนรถและส่วนเชื่อมโยงระหว่างตัวรถต้องออกแบบในลักษณะที่สามารถป้องกันผู้โดยสารและห้องขบวนรถในกรณีที่เกิดการชนหรือตกราง (derailment) อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ต้องไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและการทำงานของอุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณที่ติดตั้ง

เทคนิคการเบรกและแรงที่ใช้ต้องสอดคล้องกับการออกแบบของราง โครงสร้างทางวิศวกรรมและระบบอาณัติสัญญาณ

ต้องมีขั้นตอนเพื่อป้องกันการเข้าถึงจุดล่อแหลมที่เชื่อมต่อกับระบบจ่ายไฟฟ้าที่เป็นอันตรายต่อบุคคล ในเหตุการณ์ที่มีอุปกรณ์ที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต้องมีช่องทางที่ช่วยผู้โดยสารแจ้งเจ้าหน้าที่ได้ การควบคุมการเปิด ปิดประตูต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้โดยสาร ทางหนีไฟต้องมีการระบุที่เหมาะสมระบบแสงสว่างฉุกเฉินต้องมีประสิทธิภาพในด้านของความสว่างและระยะเวลาเพียงพอรถไฟต้องติดตั้งระบบประกาศเตือนเพื่อเป็นช่องทางสื่อสารให้ประชาชนจากพนักงานที่อยู่บนรถไฟ

3.2.4.5.2 ความน่าเชื่อถือ (Reliability and availability)

การออกแบบของอุปกรณ์หลักที่สำคัญ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเดินรถและเบรก และระบบคำสั่งควบคุมต้องสามารถอำนวยความสะดวกให้การเดินรถไฟและการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเป็นปกติในทุกสภาวะ

3.2.4.5.3 ความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)

อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องสามารถทำงานเข้ากันได้กับการทำงานของอุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณที่ติดตั้ง ในกรณีการขับเคลื่อนรถไฟ คุณลักษณะของอุปกรณ์ดึงกระแสไฟฟ้าต้องสามารถเอื้อให้เกิดการเดินรถไฟ คุณลักษณะของขบวนรถต้องเหมาะสมและเอื้อให้เกิดการเดินรถในทุกเส้นทางทางวางแผนไว้ภายใต้สภาพอากาศที่เหมาะสม

3.2.5 ขั้นตอนการประเมิน (Assessment)

การประเมินใช้ในการออกเอกสารหรือหลักฐานเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบรถไฟระหว่างประเทศสมาชิก จะแบ่งเป็นการประเมินเพื่อออกใบประกาศด้านความสอดคล้อง 'EC' declaration of conformity สำหรับส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituent) และการประเมินตรวจสอบ 'EC' สำหรับระบบย่อย ('EC' Verification Procedure for Subsystems) เพื่อออกใบประกาศการตรวจสอบ ('EC' declaration of verification) ของระบบย่อย

การประเมินเป็นขั้นตอนโดยหน่วยงานตรวจสอบ (notified body) ที่ดำเนินการและให้การรับรองระบบย่อยและส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกันโดยเฉพาะในส่วนที่มีการอินเตอร์เฟสกับส่วนประกอบที่ใช้ในระบบย่อยอื่นที่มีคุณสมบัติสอดคล้องหรือเป็นไปตามเงื่อนไขของ TSI ในด้านการออกแบบ การสร้างและการติดตั้งตรงตามความต้องการที่จำเป็น (essential requirements)

ตามข้อกำหนด ใบประกาศด้านความสอดคล้อง ‘EC’ declaration of conformity ของส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกันต้องมีการลงนามและระบุวันที่ลงนาม และประกอบด้วย

- Directive references
- ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต
- คำอธิบายลักษณะของส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน
- ขั้นตอนที่ใช้ในการดำเนินการเพื่อออกใบประกาศด้านความสอดคล้อง
- ชื่อและที่ตั้งของหน่วยงานตรวจสอบ
- รายชื่อมาตรฐานอ้างอิง
- ช่วงอายุเวลาของใบประกาศ

สำหรับในขั้นตอนตรวจสอบระบบย่อย อาจเริ่มจากการแบ่งเป็นส่วนประกอบย่อยๆ จึงทำการตรวจสอบเพื่อรับรองทีละส่วนซึ่งเรียกว่า Intermediate Statement Verifications (ISV) แต่ละ ISV จะนำไปสู่การออกใบรับรอง ‘EC’ ISV certificate เพื่อให้ผู้ที่ขอยื่นสามารถใช้ในการร่างใบประกาศ ‘EC’ ISV declaration ที่แสดงถึงความสอดคล้องกับ TSI โดยขั้นตอนการประเมินจะกระทำกับระบบย่อยหรือส่วนประกอบย่อยซึ่งครอบคลุมขั้นตอน (stage) ช่วงการออกแบบโดยรวม ช่วงการผลิตได้แก่การสร้างประกอบและปรับปรุงระบบย่อย และช่วงการทดสอบขั้นสุดท้าย

จากที่กล่าวมาข้างต้น หน่วยงานตรวจสอบจะรับผิดชอบการประเมินในช่วงขั้นตอนการออกแบบและผลิตของระบบย่อย และการทดสอบขั้นสุดท้ายหากระบบย่อยมีผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า (1) มีขั้นตอนออกแบบผลิตและทดสอบที่เหมาะสม และ (2) ครอบคลุมความต้องการต่างๆ ของ TSI จึงจัดทำใบรับรองการตรวจสอบ (‘EC’ certificate of verification) และผู้ที่ยื่นขอดำเนินการร่างใบประกาศการตรวจสอบ (‘EC’ declaration of verification)

ไฟล์ทางเทคนิค (Technical file) ที่จัดทำพร้อมกับใบประกาศการตรวจสอบต้องประกอบด้วย

- แผนงานโครงสร้างทางวิศวกรรม
- แผนผังอื่นๆ เช่น ทางไฟฟ้า วงจรควบคุม ระบบประมวลผลข้อมูลและระบบอัตโนมัติ การปฏิบัติการและบำรุงรักษา เป็นต้น
- รายการของส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน
- สำเนาใบประกาศด้านความสอดคล้อง ‘EC’ declaration of conformity ของส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituent) ที่มีการลงนามและระบุวันที่ลงนาม
- ใบรับรอง ‘EC’ certificate of verification ที่ลงนามโดยหน่วยงานตรวจสอบโดยต้องระบุว่า ระบบย่อยมีความสอดคล้องกับ TSI และกล่าวถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพที่อาจมี นอกจากนี้ใบรับรองยังควรมีการอ้างอิงรายงานการตรวจสอบอื่นๆ

สำหรับการดูแลเฝ้าระวัง ('EC' monitoring) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แน่ใจว่าข้อบังคับที่รวบรวมในไฟล์ทางเทคนิคได้มีการทำตามในขั้นตอนการผลิต หน่วยงานผู้รับผิดชอบตรวจสอบการผลิตต้องสามารถเข้าถึงสถานที่ที่มีการผลิต และทดสอบหน่วยงานผู้รับผิดชอบการตรวจสอบยังต้องมีการตรวจสอบเป็นระยะเพื่อยืนยันความสอดคล้องกับ TSI นอกจากนี้ หน่วยงานตรวจสอบอาจเข้าตรวจสอบโดยไม่ต้องมีการแจ้งให้ทราบล่วงหน้า หน่วยงานตรวจสอบยังต้องสามารถดูแลเฝ้าระวังระบบย่อยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันเพื่อสามารถประเมินความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมรถไฟ

ใบประกาศการตรวจสอบ ('EC' declaration of verification) ของระบบย่อยต้องร่างขึ้นโดยภาษาสากลและประกอบด้วย

- Directive references
- ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต
- คำอธิบายลักษณะของระบบย่อยโดยคร่าว
- ชื่อและที่ตั้งของหน่วยงานตรวจสอบ
- รายชื่อเอกสารอ้างอิง
- ข้อจำกัดการทำงานของระบบย่อย
- ช่วงอายุเวลาของใบประกาศ
- รายละเอียดผู้ลงนามในสัญญา

3.3 การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (TSI INF)

TSI ด้านระบบย่อยพลังงานจะทำการระบุความต้องการที่จำเป็นเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟ โดยครอบคลุมสิ่งที่ติดตั้งถาวร (fixed installations) DC หรือ AC ที่จำเป็นในการเดินรถไฟระบบย่อยพลังงานยังรวมถึงเงื่อนไขข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพในการทำงานร่วมกันระหว่าง pantograph และสายส่งเหนือหัว (เหมาะกับรถไฟที่วิ่งระหว่างเมืองหรือข้ามพรมแดน) โดยขั้นตอนในภาพรวมเงื่อนไขการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน หรือ TSI INF สามารถดูจากแผนผังแสดงในรูปที่

3.3-1



รูปที่ 3.3-1 ขั้นตอนเงื่อนไขการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

3.3.1 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตัวแปรทั้งหมดจะครอบคลุมความต้องการที่จำเป็น และการเชื่อมต่อกับระบบย่อยอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีระบุข้อกำหนดทางเทคนิคและหน้าที่การทำงานที่ใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพตามที่ระบุตารางที่ 3.3-1 แสดงตัวแปรในระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตารางที่ 3.3-1 ตัวแปรในระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

เกี่ยวกับรูปแบบเส้นทาง	เขตโครงสร้าง (Structure gauge) ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ (Distance between track centres) ความลาดชันทางรถไฟสูงสุด (Maximum gradients) รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน (Minimum radius of horizontal curve) รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง (Minimum radius of vertical curve)
เกี่ยวกับตัวแปรทางรถไฟ	ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟ (Nominal track gauge) การยกโค้ง (Cant) อัตราการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้ง (Rate of change of cant) ส่วนพร่องของการยกโค้ง (Cant deficiency) รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity) รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป (Railhead profile for plain line) ความเอียงทางรถไฟ (Rail inclination)
เกี่ยวกับประแจ	วิธีการล็อกประแจ (Means of locking) รูปทรงของประแจ (In-service geometry of switches and crossings) ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings (Maximum unguided length of fixed obtuse crossings)
เกี่ยวกับความต้านทานทางรถไฟต่อแรงที่ใช้	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง (Track resistance to vertical loads) ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ (Longitudinal track resistance) ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ (Lateral track resistance)
เกี่ยวกับความต้านทานของโครงสร้างต่อการรองรับการขนส่งทางรถไฟ	ความต้านทานของสะพานใหม่ (Resistance of new bridges to traffic loads) โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากำแพงดินใหม่และผลกระทบแรงดันดิน (Equivalent vertical loading for new earthworks and earth pressure effects) ความต้านทานของโครงสร้างใหม่หรืออยู่ติดกับรางรถไฟ (Resistance of new structures over or adjacent to tracks) ความต้านทานของสะพานที่มีอยู่และกำแพงที่จะรองรับการขนส่งทางรถไฟ (Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads)
เกี่ยวกับคุณภาพเส้นทางรถไฟที่ได้	การตัดสินใจขอบเขตในการดำเนินการได้ทันที, การแทรกแซง, การแจ้งเตือน (Determination of immediate action, intervention, and alert limits)

รูปทรงและการแยกข้อบกพร่อง	ขอบเขตการดำเนินงานเมื่อทางรถไฟเกิดผิดรูปร่าง (Immediate action limit for track twist) ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ (Immediate action limit for variation of track gauge) ขอบเขตการดำเนินงานสำหรับการยกโค้ง (Immediate action limit for cant)
เกี่ยวกับขานชาลา	ความยาวใช้งานของขานชาลา (Usable length of platforms) ความกว้างและขอบของขานชาลา (Width and edge of platforms) จุดสิ้นสุดของขานชาลา (End of platforms) ความสูงของขานชาลา (Height of platforms) ระยะขดเขยของขานชาลา (Offset of platforms)
เกี่ยวกับความสมบูรณ์ ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม	การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์ (Maximum pressure variation in tunnels) ข้อจำกัดสัญญาณรบกวนและการสั่นสะเทือนและมาตรการแก้ไข (Noise and vibration limits and mitigation measures) การป้องกันไฟฟ้าช็อต (Protection against electric shock) ความปลอดภัยในอุโมงค์รถไฟ (Safety in railway tunnels) ผลกระทบของแรงลมลมขวาง (Effect of crosswinds)

รายละเอียดของแต่ละตัวแปรมีดังนี้

3.3.1.1 เขตโครงสร้าง (Structure gauge)

(1) เขตโครงสร้างจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของช่วงกว้างรางรถไฟที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-2

(2) การคำนวณโครงสร้างของช่วงกว้างรางรถไฟ ทำได้โดยใช้วิธีการจลนศาสตร์ให้สอดคล้องกับมาตรฐาน EN 15273-3:2009

(3) ขนาดของ pantograph gauge ให้ยึดตาม TSI ENE

ตารางที่ 3.3-2 มาตรฐานทางรถไฟ (EN 15273-3)

ประเภท	ขนาด*	Axle load (ตัน)	ความเร็ว (กม/ชม)	ความยาว (ม)
IV-P	GC	22.5	200	400
IV-F	GC	25	140	750
IV-M	GC	25	200	750
V-P	GB	22.5	160	300

V-F	GB	22.5	100	600
V-M	GB	22.5	160	600
VI-P	GB	22.5	140	300
VI-F	GC	25	100	500
VI-M	GC	25	140	500
VII-P	GA	20	120	250
VII-F	GA	20	100	500
VII-M	GA	20	120	500
P = ผู้โดยสาร F = สินค้า			M = ผสม * ตามมาตรฐาน EN15273	

3.3.1.2 ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ (Distance between track centres)

(1) ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของช่วงกว้างรางรถไฟที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-2

(2) ระยะห่างอย่างน้อยระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงผลกระทบของอากาศพลศาสตร์และได้รับการขึ้นทะเบียน

3.3.1.3 ความลาดชันสูงสุด (Maximum gradients)

ประเภท IV-P และ VI-P

(1) ความลาดชันทางรถไฟสูงสุด 35 มิลลิเมตร/เมตร ได้รับอนุญาตสำหรับทางรถไฟสายหลัก ขึ้นตอนการออกแบบมีข้อกำหนดต่อไปนี้

ก) ความชันของรายละเอียดค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ระยะทางมากกว่า 10 กิโลเมตร ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 มิลลิเมตร/เมตร

ข) ความยาวต่อเนื่องสูงสุด 35 มิลลิเมตร/เมตร ความลาดชันไม่เกิน 6 กิโลเมตร

(2) ความลาดชันทางรถไฟที่ผ่านขนาขาลาจะต้องไม่เกินกว่า 2.5 มิลลิเมตร/เมตร สำหรับขบวนรถไฟที่มีผู้โดยสารที่ใช้งานปกติ

ประเภท IV-F, IV-M, VI-F และ VI-M

(3) ความลาดชันทางรถไฟสูงสุดเป็น 12.5 มิลลิเมตร/เมตร ได้รับอนุญาตสำหรับทางรถไฟหลักในขั้นตอนการออกแบบ

(4) สำหรับส่วนที่ยาวจนถึง 3 กิโลเมตร ความลาดชันสูงสุด 20 มิลลิเมตร/เมตร จึงจะได้รับอนุญาต

(5) สำหรับส่วนที่ยาวจนถึง 0.5 กิโลเมตร ความลาดชันสูงสุด 35 มิลลิเมตร/เมตร จึงจะได้รับอนุญาต ในช่วงที่รถไฟไม่ได้หยุดและเริ่มเดินรถในการดำเนินงานปกติ

(6) ความลาดชันทางรถไฟที่ผ่านขนาขาลาจะต้องไม่เกินกว่า 2.5 มิลลิเมตร/เมตร สำหรับขบวนรถไฟที่มีตู้โดยสารที่ใช้งานปกติ

ประเภท V-P, V-F, V-M, VII-P, VII-F และ VII-M

(7) ไม่มีค่าที่ระบุไว้สำหรับเส้นทางรถไฟที่อัฟเกรด ความลาดชันทางรถไฟจะถูกกำหนดตั้งแต่ในช่วงก่อสร้าง

ทุกประเภทของทางรถไฟ

(8) ความลาดชันทางรถไฟสำหรับจอตรถไฟจะต้องไม่เกินกว่า 2.5 มิลลิเมตร/เมตร

(9) ความลาดชันทางรถไฟและตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงความลาดชันจะได้รับการขึ้นทะเบียน

(10) ในกรณีข้อ (8) ต้องได้รับการขึ้นทะเบียนในระบบเมื่อมีค่าเกิน 2.5 มิลลิเมตร/เมตร

3.3.1.4 รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน (Minimum radius of horizontal curve)

(1) การออกแบบรัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอนถูกเลือกโดยคำนึงถึงความเร็วในการวิ่งทางโค้งที่ได้ ออกแบบ

(2) รัศมีโค้งออกแบบน้อยที่สุดในแนวนอนจะต้องไม่น้อยกว่า 150 เมตร

(3) รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอนผ่านขนาขาลาที่กำหนดไว้ใน TSI PRM

(4) เส้นโค้งกลับทิศ (ที่นอกเหนือจากเส้นโค้งกลับทิศในย่านสับเปลี่ยน) ที่มีรัศมีในช่วง 150 เมตรถึง 300 เมตรจะได้รับการออกแบบตามมาตรฐาน EN 13803-2:2006 มาตรา 8.4 เพื่อป้องกันการลื่นไถลของ บัฟเฟอร์

(5) รัศมีของเส้นโค้งแนวนอนที่เล็กที่สุดของแต่ละช่วงจะได้รับการขึ้นทะเบียนในระบบ

3.3.1.5 รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง (Minimum radius of vertical curve)

(1) รัศมีของเส้นโค้งมุมตั้ง (ยกเว้นเนินในย่านสับเปลี่ยน) ต้องไม่น้อยกว่า 600 เมตร บนยอดหรือ 900 เมตรในที่ลุ่ม

(2) สำหรับเนินในย่านสับเปลี่ยนรัศมีของเส้นโค้งมุมตั้งต้องไม่น้อยกว่า 250 เมตรบนยอดหรือ 300 เมตรในที่ลุ่ม

3.3.1.6 ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟ (Nominal track gauge)

(1) มาตรฐานที่กำหนดสำหรับค่าประกาศ (nominal) ขนาดความกว้างรางรถไฟ คือ 1,435 มิลลิเมตร

(2) ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟสำหรับทางรถไฟจะมีการบันทึกในระบบ

3.3.1.7 การยกโค้ง (Cant)

(1) การออกแบบการยกโค้งบนรางรถไฟติดกับขานชาลาจะต้องไม่เกิน 110 มิลลิเมตร

(2) การยกโค้งสูงสุดในส่วนของทางรถไฟจะได้รับการบันทึกในระบบ

ประเภท IV-P, V-P, VI-P และ VII-P

(3) การออกแบบยกโค้งต้องจำกัดอยู่ที่ 180 มิลลิเมตร

ประเภท IV-F, IV-M, V-F, V-M, VI-F, VI-M, VII-F และ VII-M

(4) การออกแบบยกโค้งต้องจำกัดอยู่ที่ 160 มิลลิเมตร

ประเภท IV-F, IV-M, VI-F และ VI-M

(5) เมื่อทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 290 เมตร การยกโค้งจะถูกจำกัดจากสูตร

$$D \leq (R-50) / 1.5$$

โดย D เป็นการยกโค้ง (มิลลิเมตร) และ R เป็นรัศมี (เมตร)

3.3.1.8 อัตราการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้ง (ขึ้นกับเวลา) (Rate of change of cant)

(1) อัตราสูงสุดของการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้งให้เป็น 70 มิลลิเมตร/วินาที จำนวนที่ความเร็วสูงสุดที่ยอมให้สำหรับรถไฟไม่ได้ติดตั้งระบบการชดเชยส่วนพร่องของการยกโค้ง(cant deficiency)

(2) แต่ถ้าส่วนพร่องของการยกโค้งในตอนท้ายของการเปลี่ยนแปลงมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิเมตร และอัตราการเปลี่ยนแปลงของส่วนพร่องของการยกโค้งน้อยกว่าหรือเท่ากับ 70 มิลลิเมตร/วินาที สามารถที่จะเพิ่มขึ้นอัตราสูงสุดการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้งถึง 85 มิลลิเมตร/วินาที

3.3.1.9 ส่วนพร่องของการยกโค้ง (Cant deficiency)

ข้อกำหนดต่อไปนี้จะใช้กับการทำงานร่วมกันทางรถไฟที่มีค่าประกาศความกว้างรางรถไฟตามที่ระบุใน 3.3.1.6

(1) ส่วนพร่องของการยกโค้งในทางรถไฟธรรมดาและบนเส้นทางผ่านประจำ

ก) ค่าส่วนพร่องของการยกโค้งสูงสุดที่รถไฟยอมรับได้จะต้องคำนึงถึงเกณฑ์การยอมรับของขบวนรถที่เกี่ยวข้องที่กำหนดไว้ใน TSI RST

ข) รถไฟที่ไม่พอดีกับระบบชดเชยค่าส่วนพร้อมของการยกโค้งค่าส่วนพร้อมของการยกโค้งในสายที่มีความเร็วไม่เกิน 200 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะต้องไม่เกินโดยปราศจาก

(a) 130 มิลลิเมตร (หรือ 0.85 เมตร / วินาที²โดยไม่มีการทดแทนความเร่งด้านข้าง) สำหรับรถขนส่งสินค้า

(b) 150 มิลลิเมตร (หรือ 1.0 เมตร / วินาที²โดยไม่มีการทดแทนความเร่งด้านข้าง) สำหรับหัวลากและตู้รถไฟสำหรับผู้โดยสาร

ค) สำหรับรถไฟที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อการเดินทางที่มีค่าส่วนพร้อมของการยกโค้งที่สูง (การพ่วงพหุที่มีค่า axle load ต่ำ; ขบวนรถไฟที่ติดตั้งระบบชดเชยส่วนพร้อมของการยกโค้ง) สามารถเดินทางได้โดยมีการสาธิตว่าสามารถทำได้อย่างปลอดภัย

(2) การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของส่วนพร้อมของการยกโค้งในทางแยกของประแจ

ก) การออกแบบค่าสูงสุดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของส่วนพร้อมของการยกโค้งบนทางแยกรถไฟ

(a) 120 มิลลิเมตร สำหรับชุดประแจที่ช่วยให้รถไฟมีความเร็วระหว่าง 30 ถึง 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง

(b) 105 มิลลิเมตร สำหรับชุดประแจที่ช่วยให้รถไฟมีความเร็วระหว่าง 70 ถึง 170 กิโลเมตร/ชั่วโมง

(c) 85 มิลลิเมตร สำหรับชุดประแจที่ช่วยให้รถไฟมีความเร็วระหว่าง 170 ถึง 200 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ข) อนุญาตให้เผื่อค่า 20 มิลลิเมตร ได้สำหรับชุดประแจที่มีการใช้งานอยู่แล้ว

3.3.1.10 รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity)

(1) ค่าที่กำหนดรูปทรงของล้อรถไฟอ้างอิงในตารางที่ 3.3-3 สำหรับคำนวณความกว้าง (y) ของชุดเพลาล้อเคลื่อนที่ด้านข้าง

$y = 3$ มิลลิเมตร ถ้า $(TG - SR) \geq 7$ มิลลิเมตร

$y = [(TG - SR) - 1]/2$ ถ้า $5 \text{ มิลลิเมตร} \leq (TG - SR) < 7 \text{ มิลลิเมตร}$

$y = 2$ มิลลิเมตร ถ้า $(TG - SR) < 5 \text{ มิลลิเมตร}$

เมื่อ TG เป็นขนาดความกว้างรางรถไฟ และ SR เป็นระยะห่างระหว่างขอบหน้าสัมผัสของชุดเพลาล้อ

ตารางที่ 3.3-3 ค่ากำหนดการออกแบบรูปทรงกรวยของล้อรถไฟ

ความเร็วอยู่ในช่วง (กม./ชม.)	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ	
	S 1002, GV 1/40	EPS
≤ 60	ไม่จำเป็นต้องประเมินผล	ไม่จำเป็นต้องประเมินผล
$60 < v \leq 160$	0.25	0.30
$160 < v \leq 200$	0.25	0.30

(2) ค่าการออกแบบรูปทรงของล้อรถไฟ

ก) การออกแบบของขนาดความกว้างรางรถไฟ รายละเอียดรูปทรงของหัวรางและความลาดเอียงต้องถูกพิจารณาเพื่อให้แน่ใจว่าการ ค่าขอบเขตรูปทรงของล้อรถไฟไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-3

ข) ชุดเพลาล้อที่ได้รับการออกแบบจะต้องมีรูปร่างที่ผ่านเงื่อนไขตามคุณสมบัติของทางรถไฟ ซึ่งจำลองโดยการคำนวณตาม EN 15302:2008

(a) S 1002 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 13715:2006 ภาคผนวก C ด้วยค่า SR = 1.420 เมตร

(b) S 1002 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 13715:2006 ภาคผนวก C ด้วยค่า SR = 1.426 เมตร

(c) GV 1/40 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 13715:2006 ภาคผนวก B ด้วยค่า SR = 1.420 เมตร

(d) GV 1/40 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 13715:2006 ภาคผนวก B ด้วยค่า SR = 1.426 เมตร

(e) EPS ที่กำหนดไว้ใน EN 13715:2006 ภาคผนวก D ด้วยค่า SR = 1.420 เมตร

(3) ความต้องการของการควบคุมรูปทรงของล้อรถไฟขณะใช้งาน

ก) ข้อกำหนดในการควบคุมรูปทรงของล้อรถไฟในการดูแลข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ข) ภายหลังการออกแบบเบื้องต้นของระบบทางรถไฟ ตัวแปรที่สำคัญสำหรับการควบคุมรูปทรงของล้อรถไฟขณะใช้งานเพื่อให้เกิดความเสถียรภาพคือขนาดความกว้างรางรถไฟ

ค) ผู้ดูแลโครงสร้างพื้นฐานต้องมีการบำรุงรักษาขนาดความกว้างรางรถไฟเฉลี่ยทั้งในทางตรงและทางโค้งของรัศมี $R > 10,000$ เมตร ตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-4 ด้านล่าง

ตารางที่ 3.3-4 เกณฑ์ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในการให้บริการทางรถไฟทั้งทางตรงและทางโค้งของรัศมี $R > 10,000$ เมตร

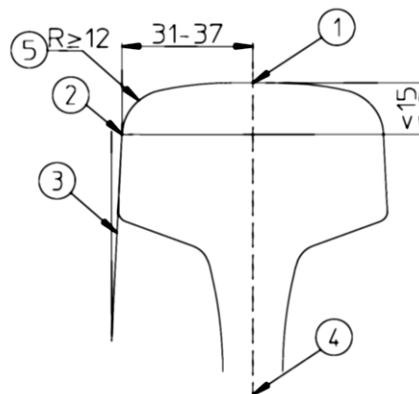
ความเร็วอยู่ในช่วง (กม./ชม.)	ค่าเฉลี่ย (มม.) ทาร 100 ม.
$v \leq 60$	การประเมินผลไม่จำเป็น
$60 < v \leq 160$	1,430
$160 < v \leq 200$	1,430

ง) ในกรณีรถไฟไม่มีเสถียรภาพขณะวิ่งบนทางรถไฟตามมาตรฐานของรูปทรงของล้อรถไฟที่กล่าวมาให้มีการตรวจสอบร่วมกันโดยผู้ดูแลรถไฟและโครงสร้างพื้นฐาน

3.3.1.11 รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป (Railhead profile for plain line)

(1) รายละเอียดการออกแบบรูปทรงหัวรางจะประกอบด้วย

- ก) ความลาดเอียงที่ด้านข้างของมุมหัวรางระหว่างแนวตั้งและระยะ $1/16$ อ้างอิงถึงแกนแนวตั้งของหัวราง
- ข) ระยะทางแนวตั้งระหว่างด้านบนของความลาดเอียงด้านข้างและด้านบนของหัวรางจะต้องน้อยกว่า 15 มิลลิเมตร
- ค) รัศมีอย่างน้อย 12 มิลลิเมตรที่ขอบมุม
- ง) ระยะทางแนวนอนระหว่างจุดบนสุดของหัวรางและจุดในแนวเส้นสัมผัสระหว่าง 31 และ 37 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3-2 รายละเอียดของหัวราง (1 จุดบนสุดของราง, 2 จุดที่สัมผัส, 3 ความลาดเอียงด้านข้าง, 4 แกนแนวตั้งของราง, 5 ขอบมุม)

3.3.1.12 ความลาดเอียงของราง (Rail inclination)

(1) สำหรับช่วงธรรมดา

- ก) ทางรถไฟจะมีความลาดเอียงขึ้นไปทางศูนย์กลางของทางรถไฟ
- ข) ค่าความลาดเอียงทางรถไฟสำหรับเส้นทางที่กำหนดจะคัดเลือกจากช่วง $1/20$ ถึง $1/40$
- ค) ค่าที่เลือกจะได้รับการขึ้นทะเบียนในระบบ

(2) สำหรับช่วงที่ติดตั้งประแจ

- ก) ทางรถไฟในช่วงประแจจะได้รับการออกแบบมาเพื่อให้เป็นได้ทั้งแนวตั้งหรือแนวเอียงขึ้น
- ข) ถ้าทางรถไฟเอียงขึ้น การออกแบบประแจที่เอียงให้เป็นเช่นเดียวกับสายธรรมดา
- ค) ความลาดเอียงอาจใช้รูปร่างของหัวราง

ง) ในส่วนระยะสั้นของทางรถไฟสายระหว่างประแจที่ไม่มีความเสี่ยง สามารถอนุญาตให้มีการวางรางโดยไม่ต้องเอียง

จ) การเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นจากรางรถไฟเอียงเป็นแนวตั้งจะได้รับอนุญาต

3.3.1.13 ประแจ

3.3.1.13.1 วิธีของการยึดประแจ (Means of locking)

ประเภท IV-P, IV-F, IV-M, VI-P, VI-F และ VI-M

(1) ทุกชั้นส่วนที่เคลื่อนย้ายได้ของประแจจะได้รับการติดตั้งด้วยวิธีการยึดตายด้วยกเว้นในย่านสับเปลี่ยนและรางอื่นๆ ที่ใช้สำหรับสับราง

ประเภท V-P, V-F, V-M, VII-P, VII-F และ VII-M

(2) ทุกชั้นส่วนที่เคลื่อนย้ายได้ของประแจจะได้รับการติดตั้งด้วยวิธีการยึดตายตัวในขณะที่ความเร็วสูงสุด มากกว่า 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง เว้นแต่ใช้เฉพาะในทิศทางที่ต่อท้าย

3.3.1.13.2 รูปทรงของประแจ (In-service geometry of switches and crossings)

(1) TSI จำกัดค่าขณะใช้งานที่เข้ากันได้กับลักษณะรูปทรงของชุดเพลาล้อตามที่กำหนดไว้ใน TSI RST ผู้จัดการด้านโครงสร้างพื้นฐานจะต้องวางแผนการบำรุงรักษาและออกแบบ เพื่อให้แน่ใจว่าอยู่ในขอบเขต TSI ข้อจำกัดเหล่านี้จะถูกกำหนดให้สามารถดำเนินการได้ทันที

(2) คุณลักษณะทางเทคนิคของประแจจะต้องสอดคล้องกับ (รูปที่ 3.3-3 (บน))

ก) ระยะ 1 สูงสุด เท่ากับ 1,380 มิลลิเมตร

ข) ระยะ 2 ต่ำสุด เท่ากับ 1,392 มิลลิเมตร ค่านี้วัดที่ตำแหน่งต่ำกว่า running surface 14 มิลลิเมตร ในแนวเส้นอ้างอิง (theoretical reference line) ที่มีระยะห่างจาก actual point (RP) ที่เหมาะสมตามที่ระบุไว้ในรูปที่ 3.3-3 (ล่าง)

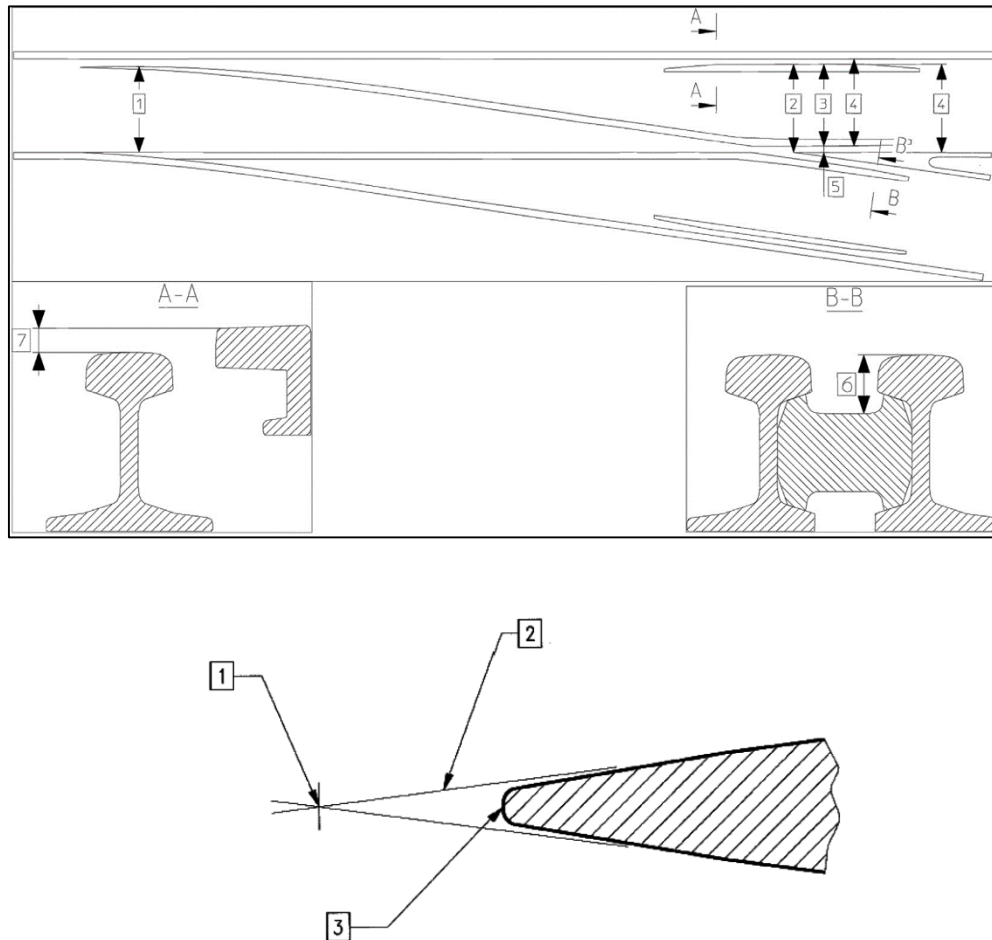
ค) ระยะ 3 สูงสุด เท่ากับ 1,356 มิลลิเมตร

ง) ระยะ 4 สูงสุด เท่ากับ 1,380 มิลลิเมตร

จ) ระยะ 5 ต่ำสุด เท่ากับ 38 มิลลิเมตร

ฉ) ระยะ 6 ต่ำสุด เท่ากับ 40 มิลลิเมตร

ช) ระยะ 7 สูงสุด เท่ากับ 70 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3-3 (บน) 1-Free wheel passage in switches, 2-Fixed nose protection, 3-Free wheel passage at crossing nose, 4 -Free wheel passage at check rail/wing rail entry, 5 - Flangeway width, 6-Flangeway depth, 7-Excess height of check rail(ล่าง)ระยะหัดที่ประแจ1- Intersection point (IP), 2-Theoretical reference line, 3-Actual point (RP)

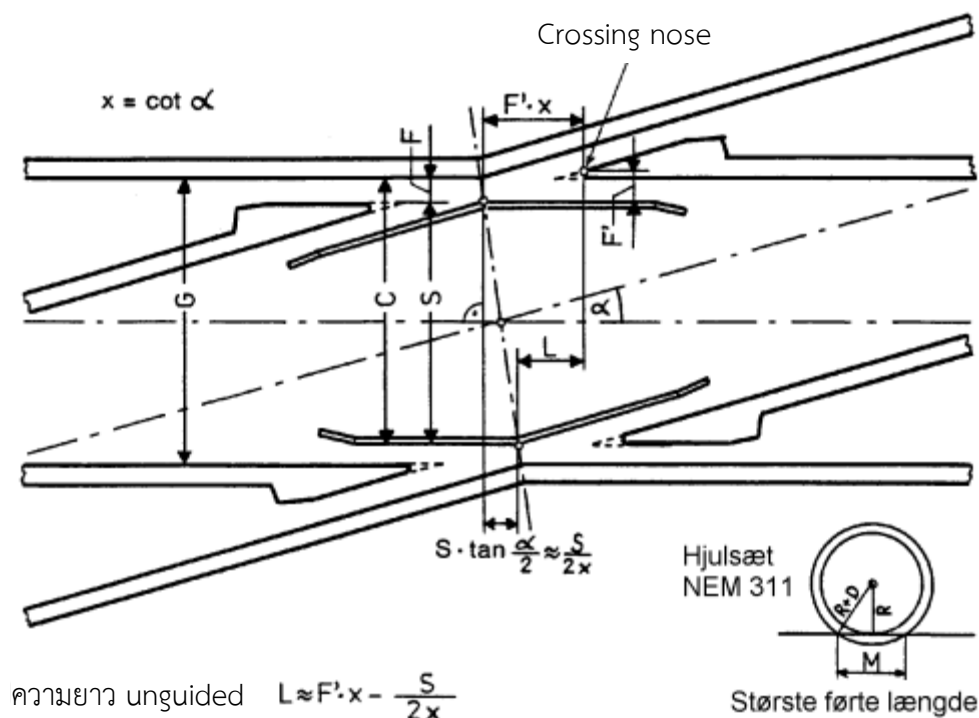
3.3.1.13.3 ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings (Maximum unguided length of fixed obtuse crossings)

(1) ควรออกแบบเพื่อไม่ให้มีความยาว unguided มากเกินไป ความยาว unguided ต้องกำหนดด้วย

ก) Minimum crossing angle: tangent 1/9 ($\tan \alpha = 0.11$, $\alpha = 6^{\circ}20'$)

ข) Minimum check rail height: 45 mm

ค) รองรับล้อรถไฟที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 330 มม



รูปที่ 3.3-4 แสดง obtuse crossings

3.3.1.14 ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงที่ใช้

3.3.1.14.1 ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง (Track resistance to vertical loads)

(1) รางรถไฟรวมทั้งประแจจะได้รับการออกแบบให้ทนต่อกำลังอย่างน้อยดังต่อไปนี้

ก) น้ำหนักเพลตามตัวแปรประสิทธิภาพการทำงานสำหรับประเภท TSI ของเส้นทางตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-2

ข) แรงสูงสุดแบบไดนามิกส์จากล้อที่เกิดจากของชุดเพลาล้อที่กระทำต่อรางรถไฟที่กำหนดใน TSI RST จะใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขการทดสอบที่กำหนดไว้

ค) แรงสูงสุดแบบเกือบลื่นจากล้อที่เกิดจากของชุดเพลาล้อที่กระทำต่อรางรถไฟที่กำหนดใน TSI RST จะใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขการทดสอบที่กำหนดไว้

3.3.1.14.2 ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ (Longitudinal track resistance)

ก) การออกแบบแรง

(1) รางรถไฟรวมทั้งประแจจะถูกออกแบบมาเพื่อทนต่อแรงตามยาวที่เกิดจากการเบรก TSI RST กำหนดขีดจำกัดเกี่ยวกับการชะลอตัวซึ่งจะต้องใช้ในการตรวจสอบแรงตามยาวที่เกิดจากการเบรก

(2) รางรถไฟจะได้รับการออกแบบให้ทนต่อความร้อน แรงตามยาวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรางรถไฟและเพื่อลดโอกาสในการโก่งของรางรถไฟ

ข) ความเข้ากันได้กับระบบเบรก

(1) รางรถไฟจะได้รับการออกแบบมาให้เข้ากันกับการใช้งานของเบรกแบบแม่เหล็กเพื่อการเบรกฉุกเฉิน

(2) การทำงานร่วมกันของการออกแบบรางรถไฟ และการใช้งานของระบบเบรก (ที่ไม่ขึ้นอยู่กับสภาพการยึดเกาะของล้อรถไฟ) เพื่อให้การเกิดเบรกและการเบรกฉุกเฉินจะได้รับการขึ้นทะเบียนในระบบ

(3) ในกรณีที่รางรถไฟสามารถทำงานร่วมกับระบบเบรก ขึ้นอยู่กับสภาพการยึดเกาะ ต้องมีการระบุข้อจำกัดในการใช้ระบบเบรก โดยคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในประเทศและจำนวนของการใช้งานเบรกตามสถานที่ที่กำหนด

3.3.1.14.3 ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ (Lateral track resistance)

(1) รางรถไฟรวมทั้งประแจจะได้รับการออกแบบให้มีความคงทนอย่างน้อย

ก) แรงด้านข้างสูงสุดแบบไดนามิกส์ที่เกิดจากของชุดเพลาล้อที่กระทำต่อรางรถไฟที่กำหนดใน TSIRST จะใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขการทดสอบที่กำหนดไว้

ข) แรงนำสูงสุดแบบเกือบลสถิตที่เกิดจากของชุดเพลาล้อที่กระทำต่อรางรถไฟที่กำหนดใน TSI RST จะใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขการทดสอบที่กำหนดไว้

3.3.1.15 ความต้านทานของโครงสร้างต่อการรองรับการขนส่งทางรถไฟ

(1) ตามข้อกำหนดของ EN1991-2:2003 และ EN 1990:2002

3.3.1.15.1 ความต้านทานของสะพานใหม่ (Resistance of new bridges to traffic loads)

ก) แรงในแนวตั้ง

(1) โครงสร้างต้องได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับแรงในแนวตั้งตามโมเดลต่อไปนี้ที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003:

- โมเดล 71 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

- นอกจากนี้สำหรับสะพานที่ต่อเนื่อง โมเดล SW/0 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

(2) โมเดลแรงจะต้องคูณด้วยแฟคเตอร์อัลฟา (α) ตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

(3) ค่าของอัลฟา (α) จะต้องเท่ากันหรือสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-5

ตารางที่ 3.3-5 ค่าอัลฟา (α) เพื่อการออกแบบโครงสร้างใหม่

ประเภทของทางรถไฟ TSI	ค่าอัลฟาน้อยที่สุด (α)
IV	1.10
V	1.00
VI	1.10
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

(4) ผลกระทบจากโมเดลแรงจะต้องได้รับการเพิ่มโดยค่าแฟกเตอร์ไดนามิกส์ Φ ตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

ข) แรงเหวี่ยง

(1) ในกรณีที่ ทางรถไฟบนสะพานโค้งยกสูงทั้งหมดหรือบางส่วนของความยาวสะพาน แรงเหวี่ยงจะต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

ค) แรงตามแนวนอนขอบรางด้านบน (nosing force)

(1) แรงตามแนวนอนจะต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

ง) พฤติกรรมที่เกิดจากการฉุดลากและเบรก (แรงตามแนวยาว)

(1) แรงฉุดและแรงเบรกจะต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003 ทิศทางของแรงฉุดและแรงเบรกจะคำนึงถึงทิศทางที่ได้รับอนุมัติในการเดินทางในแต่ละราง

จ) การออกแบบรางรถไฟที่ปิดเนื่องจากการขนส่งทางรถไฟ

(1) การปิดรวมสูงสุดที่ออกแบบเนื่องจากการขนส่งทางรถไฟ จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ใน EN 1990:2002 การปิดรวมที่ออกแบบนี้จะรวมถึงการปิดที่ไม่ได้เกิดจากการกระทำของการขนส่งทางรถไฟ

3.3.1.15.2 โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากำแพงดินใหม่และผลกระทบแรงดันดิน (Equivalent vertical loading for new earthworks and earth pressure effects)

(1) กำแพงได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับแรงแนวตั้งให้สอดคล้องกับโมเดลแรง 71 ตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

(2) โมเดลแรง 71 จะคูณด้วยค่าอัลฟาตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003 ค่าอัลฟาจะต้องมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-5

3.3.1.15.3 ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่อยู๋คร่อมหรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ (Resistance of new structures over or adjacent to tracks)

(1) แร่งกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของอากาศเนื่องจากรถไฟวิ่งผ่านจะต้องนำมาพิจารณาตามที่กำหนดไว้ใน EN 1991-2:2003

3.3.1.15.4 ความต้านทานของสะพานและกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ (Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads)

(1) สะพานและกำแพงจะกำหนดระดับการทำงานร่วมกันตามประเภทของทางรถไฟตามตารางที่ 3.3-2

(2) ข้อกำหนดประสิทธิภาพขั้นต่ำสำหรับโครงสร้างสำหรับแต่ละประเภทของทางรถไฟถูกแสดงในตารางที่ 3.3-6 ซึ่งแสดงระดับน้อยที่สุดที่โครงสร้างสามารถรองรับการทำงานร่วมกันได้

(3) กรณีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ก) ในกรณีโครงสร้างที่มีอยู่จะถูกแทนที่ด้วยโครงสร้างใหม่ โครงสร้างใหม่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดใน 3.3.1.15.1 หรือ 3.3.1.15.2

ข) ถ้าประสิทธิภาพขั้นต่ำของโครงสร้างที่มีอยู่แล้วเป็นไปตามตารางที่ 3.3-6 โครงสร้างเหล่านี้สามารถรองรับการทำงานร่วมกันได้

ค) ในกรณีที่ประสิทธิภาพของโครงสร้างที่มีอยู่แล้วไม่เป็นไปตามตารางที่ 3.3-6 แต่กำลังอยู่ในระหว่างการปรับปรุง ภายหลังต้องนำมาเปรียบเทียบกับความสอดคล้องกับตารางที่ 3.3-6

ตารางที่ 3.3-6 ข้อกำหนดประสิทธิภาพ ประกอบด้วยชนิดของทางรถไฟและความเร็วสูงสุด

TSI category of line	Passenger carriages (including coaches, vans and car carriers) and light freight wagons	Freight wagons other vehicles	Locomotives and power heads	Electric or diesel multiple units, power units and railcars
IV-P	200	No TSI defined	140 - 200	140 - 200
IV-F	No TSI defined	100 - 140	120 - 140	No TSI defined
IV-M	200	100 - 140	140 - 200	140 - 200
V-P	160	No TSI defined	140 - 160	100 - 160
V-F	No TSI defined	100	100	No TSI defined
V-M	160	100	140 - 160	140 - 160

VI-P	140	No TSI defined	140	100 - 140
VI-F	No TSI defined	100	100	No TSI defined
VI-M	140	100 - 140	140	120 - 140
VII-P	120	No TSI defined	120	120
VII-F	No TSI defined	100	80 - 100	No TSI defined
VII-M	120	100	80 - 120	120

3.3.1.16 คุณภาพเส้นทางรถไฟที่ได้รับทราบและข้อกำหนดการแยกข้อบกพร่อง

3.3.1.16.1 การพิจารณาขอบเขตการดำเนินการได้ทันที การแทรกแซง และการแจ้งเตือน (Determination of immediate action, intervention, and alert limits)

(1) ผู้ดูแลด้านโครงสร้างพื้นฐานจะตัดสินใจดำเนินการในตัวแปรต่อไปนี้

ก) แนวด้านข้าง - ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แจ้งเตือน)

ข) แนวยาว - ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แจ้งเตือน)

ค) แนวด้านข้าง - บกพร่อง - ค่าเฉลี่ยถึงค่าสูงสุด

ง) แนวยาว - บกพร่อง - ค่าเฉลี่ยถึงค่าสูงสุด

จ) รางรถไฟปิด - บกพร่อง - ค่าศูนย์ถึงค่าสูงสุดจะเข้าดำเนินการทันทีตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ

3.3.1.16.2

ฉ) การแปรปรวนขนาดความกว้างรางรถไฟ - บกพร่อง - ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟถึงค่าสูงสุดจะเข้าดำเนินการทันทีตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1.16.3

ช) ขนาดความกว้างรางรถไฟเฉลี่ยในช่วงระยะมากกว่า 100 เมตร - ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟถึงค่าเฉลี่ยจะเข้าดำเนินการทันทีตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1.10.2

ซ) การยกโค้ง - ค่าที่ออกแบบถึงค่าสูงสุดจะเข้าดำเนินการทันทีตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1.16.4

(2) เงื่อนไขการวัดสำหรับตัวแปรเหล่านี้จะถูกกำหนดไว้ใน EN 13848-1:2003

(3) ในการหาข้อจำกัดเหล่านี้ ผู้ดูแลจัดการโครงสร้างพื้นฐานจะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดคุณภาพรางรถไฟที่ใช้เป็นฐานสำหรับรองรับรถไฟ ข้อกำหนดสำหรับตู้รถไฟตามTSI RST

(4) การดำเนินการได้ทันที การแทรกแซง และการแจ้งเตือนจะขึ้นผู้จัดการโครงสร้างพื้นฐานที่จะบันทึกไว้ในแผนการบำรุงรักษา

3.3.1.16.2 ขอบเขตการดำเนินงานทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิดรูปร่าง (Immediate action limit for track twist)

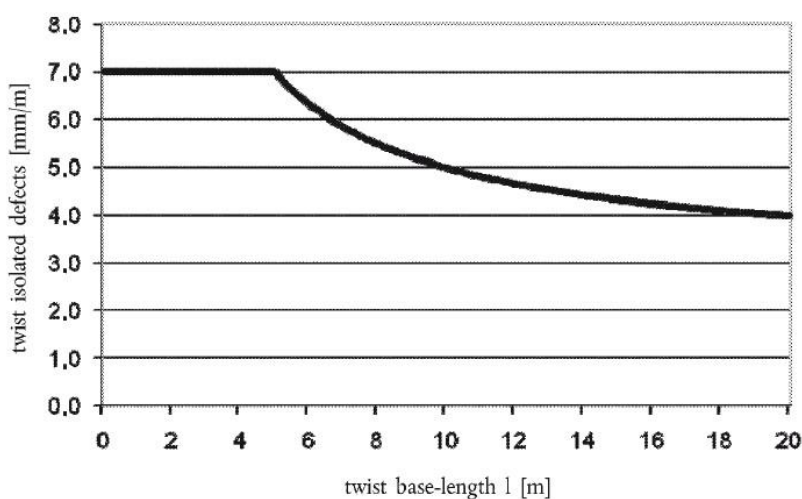
(1) การดำเนินงานเมื่อทางรถไฟเกิดผิดรูปร่าง จะถูกตั้งระดับจากศูนย์ถึงค่าสูงสุด โดยการบิตสามารถคำนวณจากความแตกต่างระหว่างหน้าตัดหัวรางทั้งสองระยะ

(2) ข้อจำกัดการผิดรูปเป็นฟังก์ชันของระยะ (l) ตามสูตร:

$$\text{การบิตสูงสุด} = (20/l + 3)$$

ก) l เป็นฐานที่วัด (m) โดยที่ $1.3 \text{ m} \leq l \leq 20 \text{ m}$

ข) มีค่าสูงสุดที่ 7 มิลลิเมตร/เมตร

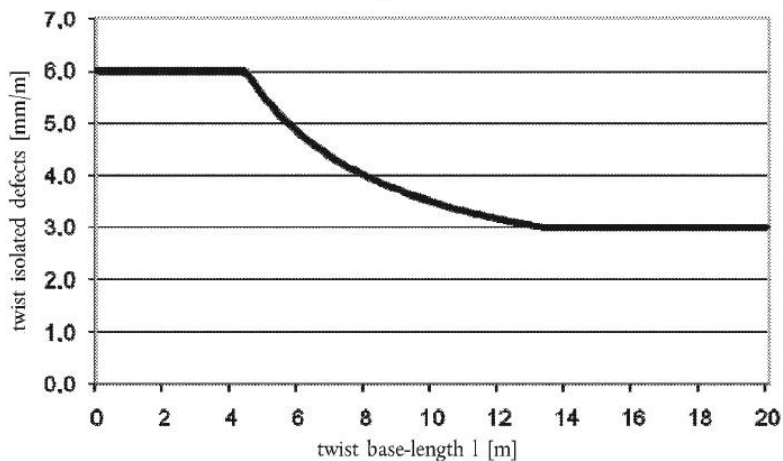


รูปที่ 3.3-5 ขีดจำกัดของทางรถไฟที่ผิดรูปร่างสำหรับทุกประเภทของทางรถไฟ

(3) ผู้จัดการโครงสร้างพื้นฐานจะกำหนดแผนการบำรุงรักษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องตามข้อกำหนด

สำหรับเส้นทาง IV-F, IV-M, V-F, V-M, VI-F, VI-M, VII-F และ VII-M

(4) ถ้ารัศมีของเส้นโค้งแนวนอนน้อยกว่า 420 เมตร และการยกโค้ง $D > (R - 100) / 2$ การผิดรูปของรางจะถูกจำกัดตามสูตร การบิตตัวสูงสุด = $(20 / l + 1.5)$ กับค่าสูงสุดระหว่าง 6 มิลลิเมตร/เมตร และ 3 มิลลิเมตร/เมตร ขึ้นอยู่กับความยาวการบิตดังแสดงในรูปที่ 3.3-5



รูปที่ 3.3-6 ขีดจำกัดของทางรถไฟที่ผิดรูปร่างสำหรับการขนส่งสินค้าและเส้นทางที่หลากหลายกับโค้งที่มีขนาดเล็ก

3.3.1.16.3 ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ (Immediate action limit for variation of track gauge)

ขีดจำกัดในการดำเนินการทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟกำหนดไว้ในตารางที่ 3.3-7

ตารางที่ 3.3-7 ขีดจำกัดในการดำเนินการทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ

ความเร็ว (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	ขนาด (มิลลิเมตร)	
	ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟถึงค่าสูงสุด	
	ขนาดความกว้างรางรถไฟ ต่ำสุด	ขนาดความกว้างรางรถไฟ สูงสุด
$V \leq 80$	- 9	+ 35
$80 < V \leq 120$	- 9	+ 35
$120 < V \leq 160$	- 8	+ 35
$160 < V \leq 200$	- 7	+ 28

3.3.1.16.4 ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการยกโค้ง (Immediate action limit for cant)

ประเภท IV-P, V-P, VI-P และ VII-P

(1) การยกโค้งในขณะที่ให้บริการต้องรักษาระดับภายใน ± 20 มิลลิเมตร จากที่ออกแบบ แต่การยกโค้งสูงสุดอยู่ที่ 190 มิลลิเมตร

ประเภท IV-F, IV-M, V-F, V-M, VI-F, VI-M, VII-F และ VII-M

(2) การยกโค้งในขณะให้บริการต้องรักษาระดับภายใน ± 20 มิลลิเมตร จากที่ออกแบบ แต่การยกโค้งสูงสุดอยู่ที่ 170 มิลลิเมตร

3.3.1.17 ขานชาลา (Platform)

(1) ข้อกำหนดนี้ใช้ได้กับขานชาลาของผู้โดยสารรถไฟตาม TSI RST

3.3.1.17.1 ความยาวใช้งานของขานชาลา (Usable length of platforms)

(1) ความยาวของขานชาลาเพียงพอที่จะรองรับรถไฟระหว่างประเทศที่สูงที่สุด

(2) การสร้างความยาวของขานชาลาให้พิจารณาทั้งขณะให้บริการในปัจจุบันและอย่างน้อยสิบปีภายหลังจากขานชาลาให้บริการ

(3) ความยาวในการใช้งานของขานชาลาจะได้รับการขึ้นทะเบียนในระบบ

3.3.1.17.2 ความกว้างและขอบของขานชาลา (Width and edge of platforms)

(1) สำหรับความกว้างของขานชาลาสามารถมีค่าที่ไม่ตายตัว ความกว้างขั้นต่ำจะไม่รวมโซนที่เป็นอันตราย รวมถึงความกว้างทั้งสองของ freeway (1600 มม) และสำหรับขอบของขานชาลาควรมีช่องว่าง 1500 มม นับจากขอบขานชาลาถึงเส้นเหลือง

3.3.1.17.3 จุดสิ้นสุดของขานชาลา (End of platforms)

(1) จุดสิ้นสุดของขานชาลาจะติดตั้งกับกำแพงที่ป้องกันการเข้าถึงสาธารณะ หรือมีการติดตั้ง marking ที่สามารถมองเห็นได้และกระเบื้องยางที่ใช้สำหรับถนนเป็นวิธีตัดขาดเพื่อป้องกันอันตราย

3.3.1.17.4 ความสูงของขานชาลา (Height of platforms)

(1) ค่าประกาศความสูงของขานชาลาอยู่ระหว่าง 550 มม ถึง 760 มม จากระดับรางสำหรับรัศมีที่มากกว่า 300 ม

(2) สำหรับรัศมีที่น้อยกว่า 300 ม ค่าประกาศความสูงของขานชาลาขึ้นอยู่กับระยะการระหว่างรถไฟกับขานชาลา

(3) เช่นเดียวกับ (1) และ (2) ในกรณีขนาดรางเท่ากับ 1520 มม ค่าประกาศความสูงของขานชาลาอยู่ระหว่าง 200 มม ถึง 550 มม จากระดับราง

3.3.1.17.5 ระยะห่างของขานชาลา (Offset of platforms)

(1) ระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของรางกับขอบของขานชาลาขนานกับระนาบวิ่ง (b_q) จะมีค่าจำกัดภายใต้ construction gauge (b_{qlim})

(2) การสร้างขานชาลานั้นจะยึดตามสูตร $b_{qlim} \leq b_q \leq b_{qlim} + 50$ มม

(3) เช่นเดียวกับ (1) และ (2) ในกรณีขนาดรางเท่ากับ 1520 มม ค่าระยะห่างของขานขาลาจะเป็น 1920 มม สำหรับขานขาลาที่สูง 550 มม และ 1745 มม สำหรับขานขาลาที่สูง 200 มม

3.3.1.18 สภาวะความปลอดภัย

3.3.1.18.1 การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์ (Maximum pressure variation in tunnels)

การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์และโครงสร้างใต้ดินบริเวณด้านนอกของรถไฟที่วิ่งด้วยความเร็วมากกว่า 190 km/h จะต้องไม่เกิน 10 kPa ในช่วงเวลาที่ผ่านอุโมงค์

3.3.1.18.2 ข้อจำกัดสัญญาณรบกวนและการสั่นสะเทือนและมาตรการแก้ไข (Noise and vibration limits and mitigation measures)

ยังไม่มีข้อสรุป

3.3.1.18.3 การป้องกันไฟฟ้าช็อต (Protection against electric shock)

ข้อกำหนดในการป้องกันจากระบบลากจูงต้องสอดคล้องกับที่ระบุใน TSI ENE ในการป้องกันของระบบสายป้อนเหนือราง

3.3.1.18.4 ความปลอดภัยในอุโมงค์รถไฟ (Safety in railway tunnels)

ข้อกำหนดต้องสอดคล้องกับที่ระบุใน TSI SRT

3.3.1.18.5 ผลกระทบของแรงลมปะทะด้านข้าง (Effect of crosswinds)

ยังไม่มีข้อสรุป

3.3.2 อินเตอร์เฟซ (Interface)

อินเตอร์เฟซระหว่างระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานกับระบบย่อยอื่น ๆ ตามรูปที่ 3.2-5 จะสรุปอยู่ในมาตราที่ 4.3 ของ TSI อินเตอร์เฟซกับระบบย่อยที่สำคัญได้แก่ ระบบย่อยขบวนรถ ระบบย่อยพลังงานและระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

3.3.2.1 อินเตอร์เฟซกับระบบย่อยขบวนรถ

ตารางที่ 3.3-8 แสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์เฟซ

ตารางที่ 3.3-8 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน – ระบบย่อยขบวนรถ

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟ	3.3.1.6	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของชุดล้อ	3.5.1.26
รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป	3.3.1.11	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ	3.5.1.27

รูปทรงของประแจ	3.3.1.13.2		
เขตโครงสร้าง	3.3.1.1	ความกว้างของทาง	3.5.1.13
ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	3.3.1.2		
รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง	3.3.1.5		
ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง	3.3.1.14.1	ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง	3.5.1.21
ความต้านทานของสะพานใหม่	3.3.1.15.1		
โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากัมพางดินใหม่และ	3.3.1.15.2		
ผลกระทบแรงดันดิน			
ความต้านทานของสะพานและกัมพางที่มีอยู่	3.3.1.15.4		
แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ			
ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง	3.3.1.14.1	น้ำหนักกดเพลลา	3.5.1.14
ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ	3.3.1.14.3		
แรงตามแนวนอนขอบรางด้านบน	3.3.1.15.1ค		
รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ	3.3.1.10	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ	3.5.1.22
ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ	3.3.1.14.2	ประสิทธิภาพการเบรก	3.5.1.39
พฤติกรรมที่เกิดจากการฉุดลากและเบรก	3.3.1.15.1ง		
(แรงตามแนวยาว)			
รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน	3.3.1.4	รัศมีความโค้งต่ำสุด	3.5.1.29
ส่วนพร่องของการยกโค้ง	3.3.1.9	พฤติกรรมเคลื่อนที่ขณะวิ่ง	3.5.1.19
ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	3.3.1.2	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อผู้โดยสารบน	3.5.1.69
		ชานชาลา	
ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่อยู่คร่อม	3.3.1.15.3	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่	3.5.1.70
หรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ		ข้างทาง	
การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์	3.3.1.18.1	การสั่นกดของหัวรถจักร	3.5.1.71
		ความแปรปรวนของความดันสูงสุดในอุโมงค์	3.5.1.72
ผลกระทบของแรงลมปะทะด้านข้าง	3.3.1.18.5	ลมขวาง	3.5.1.73

3.3.2.2 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยพลังงาน

ตารางที่ 3.3-9 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ตเฟส

ตารางที่ 3.3-9 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน – ระบบย่อยพลังงาน

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ

เขตโครงสร้าง	3.3.1.1	Pantograph gauge	3.4.1.8
--------------	---------	------------------	---------

3.3.2.3 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

ตารางที่ 3.3-10 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ตเฟส

ตารางที่ 3.3-10 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน – ระบบย่อยขบวนรถ

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
เขตโครงสร้าง	3.3.1.1	การอินเทอร์เน็ตเฟส ช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R	3.6.1.5
		การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.15

3.3.3 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)

ส่วนประกอบหรือส่วนประกอบย่อยของรางดังต่อไปนี้ถูกกำหนดให้เป็นส่วนที่ทำงานร่วมกัน

ตารางที่ 3.3-11 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	หัวข้อที่ระบุข้อกำหนด	ข้อมูลเพิ่มเติม
รูปทรงหัวรางรถไฟ (railhead profile)	3.3.1.11 3.3.1.10.1	
โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดราง (moment of inertia of the rail cross section)	3.3.1.14	มีค่าน้อย 1,600 ซม ⁴
ความทนทาน (rail hardness)	3.3.1.11	ความแข็งวัดที่หัวรางมีค่าน้อย 200 HBW
ระบบยึดเหนี่ยวราง (rail fastening systems)	3.3.1.14.1 3.3.1.14.2 3.3.1.14.3	• ทนแรงตามยาวก่อนยึดอย่างน้อย 7 kN • ทนทานต่อภาระปกติจำนวน 3 ล้านไซเคิลในช่วงทางโค้ง
ไม้หมอนรถไฟ (Track sleepers)	3.3.1.6 3.3.1.10.2 3.3.1.12 3.3.1.14	คุณสมบัติต้องมีความคงตัวในทุกสภาวะที่ระบุในข้อกำหนด

3.3.4 การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน (EC verification)

ก) ตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC สำหรับระบบรถไฟฟ้าระบบย่อยและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะต้องสอดคล้องต่อความต้องการที่จำเป็นที่กำหนดไว้ในเงื่อนไขตารางต่อไปนี้ซึ่งชี้ตัวแปรพื้นฐานของ TSI ระบบย่อยพลังงานที่สอดคล้องกับความต้องการจำเป็น

ตารางที่ 3.3-12 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย INF	ปัจจัยที่ใช้ประเมิน				
		ความปลอดภัย	ความน่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ	การปกป้องสิ่งแวดล้อม	ความเข้ากันได้ทางเทคนิค
3.3.1.1	เขตโครงสร้าง Structure gauge	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.2	ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ Distance between track centres	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.3	ความลาดชันทางรถไฟสูงสุด Maximum gradients	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.4	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน Minimum radius of horizontal curve	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.5	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง Minimum radius of vertical curve	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.6	ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟ Nominal track gauge	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.7	การยกโค้ง Cant	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.8	อัตราการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้ง Rate of change of cant	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.9	ส่วนพร่องของการยกโค้ง Cant deficiency	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.10	รูปทรงของล้อรถไฟ Equivalent conicity	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	3.2.4.1.5

3.3.1.11	รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป Railhead profile for plain line	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.12	ความเอียงทางรถไฟ Rail inclination	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.13.1	วิธีการล็อกประแจ Means of locking	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	-
3.3.1.13.2	รูปทรงของประแจ In-service geometry of switches and crossings	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	3.2.4.1.2	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.13.3	ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings Maximum unguided length of fixed obtuse crossings	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.14.1	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง Track resistance to vertical loads	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.14.2	ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ Longitudinal track resistance	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.14.3	ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ Lateral track resistance	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.15.1	ความต้านทานของสะพานใหม่ Resistance of new bridges to traffic loads	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.15.2	โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากับกำแพงดินใหม่และผลกระทบแรงดันดิน Equivalent vertical loading for new earthworks and earth pressure effects	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.15.3	ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่อยู่คร่อมหรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ Resistance of new structures over or adjacent to tracks	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5

3.3.1.15.4	ความต้านทานของสะพาน และกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อ การขนส่งทางรถไฟ Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.16.1	การพิจารณาขอบเขตการ ดำเนินการได้ทันที การ แทรกแซง และการแจ้ง เตือน Determination of immediate action, intervention, and alert limits	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	3.2.4.1.2	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.16.2	ขอบเขตการดำเนินงาน ทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิด รูปราง Immediate action limit for track twist	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	3.2.4.1.2	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.16.3	ขอบเขตการดำเนินงาน ทันทีสำหรับการแปรปรวน ของขนาดความกว้างราง รถไฟ Immediate action limit for variation of track gauge	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ข	3.2.4.1.2	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.16.4	ขอบเขตการดำเนินงาน ทันทีสำหรับการยกโค้ง Immediate action limit for cant	3.2.4.1.1 ก	3.2.4.1.2	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.17.1	ความยาวใช้งานของชาน ชาลา Usable length of platforms	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.17.2	ความกว้างและขอบของ ชานชาลา Width and edge of platforms	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.17.3	จุดสิ้นสุดของชานชาลา End of platforms	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.17.4	ความสูงของชานชาลา Height of platforms	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.2.1	-	-	-	3.2.4.1.5

3.3.1.17.5	ระยะขจัดเซยของชานชาลา Offset of platforms	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.2.1	-	-	-	3.2.4.1.5
3.3.1.18.1	การเปลี่ยนแปลงความดัน สูงสุดในอุโมงค์ Maximum pressure variation in tunnels	3.2.4.2.1	-	-	-	-
3.3.1.18.2	ข้อจำกัดสัญญาณรบกวน และการสั่นสะเทือนและ มาตรการแก้ไข Noise and vibration limits and mitigation measures	-	-	-	3.2.4.1.4 ก 3.2.4.1.4 ง 3.2.4.1.4 จ	-
3.3.1.18.3	การป้องกันไฟฟ้าช็อต Protection against electric shock	3.2.4.2.1	-	-	-	-
3.3.1.18.4	ความปลอดภัยในอุโมงค์ รถไฟ Safety in railway tunnels	3.2.4.1.1 ก 3.2.4.1.1 ง 3.2.4.2.1	-	3.2.4.1.3	3.2.4.1.4 ข	-
3.3.1.18.5	ผลกระทบบของ แรงลมปะทะด้านข้าง Effect of crosswinds	3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-

ข) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (หัวข้อ 3.3.3) การประเมินคุณสมบัติของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะดำเนินการโดยหน่วยงานตรวจสอบหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบในช่วงการออกแบบพัฒนา และช่วงการผลิตระบุโดยเครื่องหมาย ✓ ใน ตารางที่ 3.3-13

ตารางที่ 3.3-13 การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	Design and development phase			Production phase
	Design review	Manufacturing process review	Type Test	Product quality (series)
รูปทรงหัวรางรถไฟ	✓	✓	-	✓
โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดราง	✓	-	-	-
ความทนทาน	✓	✓	-	✓
ระบบยึดเหนี่ยวราง	-	-	✓	✓
ไม้หมอนรถไฟ	✓	✓	✓	✓

ค) การประเมินตรวจสอบระบบย่อยคุณลักษณะของระบบย่อยพลังงานจะประเมินทั้งในช่วงการออกแบบและพัฒนา และช่วงการผลิตระบุโดยเครื่องหมาย ✓ ใน ตารางที่ 3.3-14

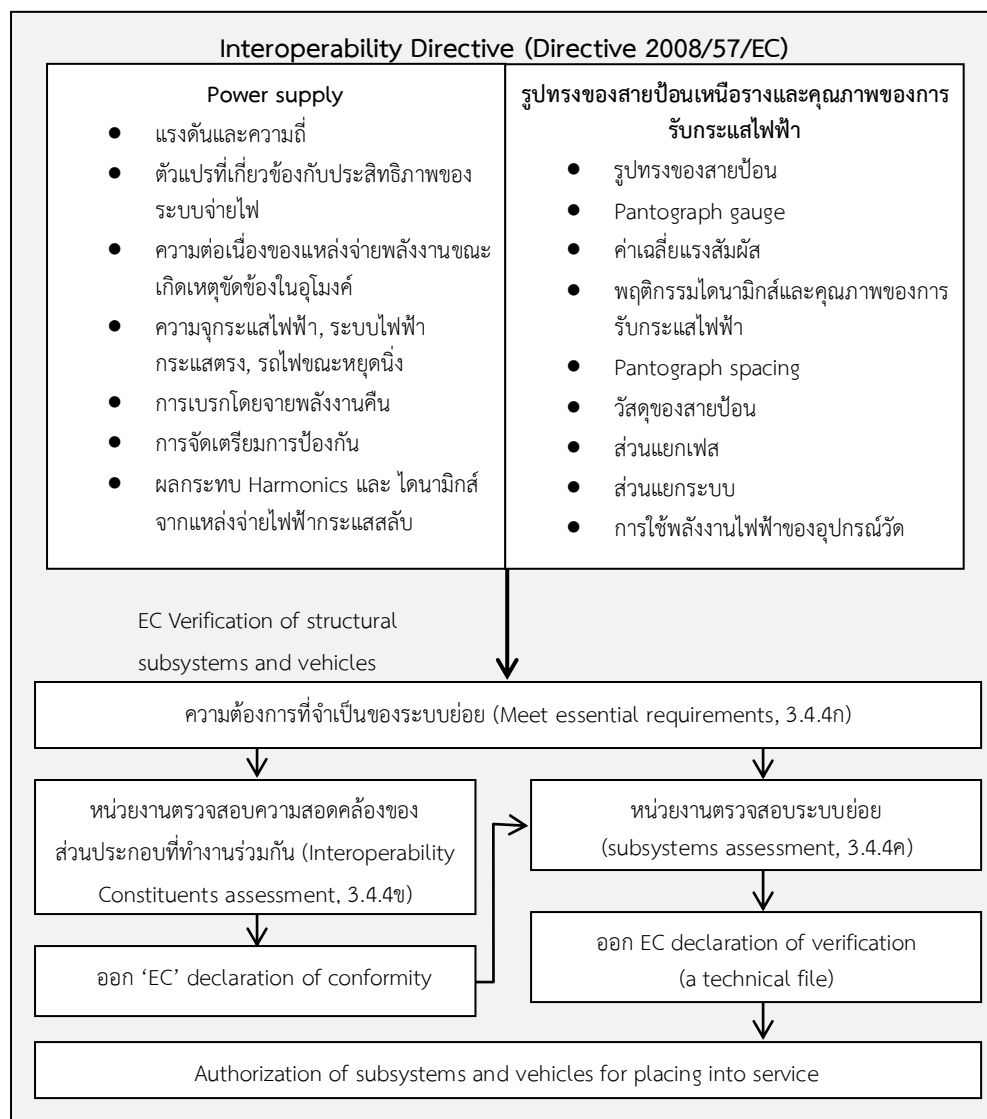
ตารางที่ 3.3-14 การประเมินตรวจสอบระบบย่อย (Design review รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวแปรตามข้อกำหนดที่ระบุใน TSI, Assembly before putting into service คือการตรวจสอบในสถานที่จริงก่อนให้บริการ)

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย INF	Design review	Assembly before putting into service	มาตรฐานที่ ใช้ประเมิน เพิ่มเติม
3.3.1.1	เขตโครงสร้าง	✓	✓	EN15273-3
3.3.1.2	ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	✓	✓	
3.3.1.3	ความลาดชันทางรถไฟสูงสุด	✓	-	
3.3.1.4	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน	✓	✓	EN13803-2
3.3.1.5	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง	✓	✓	
3.3.1.6	ขนาดความกว้างรางรถไฟ	✓	-	
3.3.1.7	การยกโค้ง	✓	✓	
3.3.1.8	อัตราการเปลี่ยนแปลงของการยก โค้ง	✓	✓	
3.3.1.9	ส่วนพ่วงของการยกโค้ง	✓	-	
3.3.1.10	รูปทรงของล้อรถไฟ	✓	-	EN13715 EN15302
3.3.1.11	รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป	✓	-	
3.3.1.12	ความเอียงทางรถไฟ	✓	-	
3.3.1.13.1	วิธีการยึดประแจ	✓	✓	
3.3.1.13.2	รูปทรงของประแจ	-	-	
3.3.1.13.3	ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings	✓	-	
3.3.1.14.1	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงใน แนวตั้ง	✓	-	
3.3.1.14.2	ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ	✓	-	
3.3.1.14.3	ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ	✓	-	
3.3.1.15.1	ความต้านทานของสะพานใหม่	✓	-	EN1990 EN1991-2
3.3.1.15.2	โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากับกำแพงดิน ใหม่และผลกระทบแรงดันดิน	✓	-	EN1991-2
3.3.1.15.3	ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่ อยู่คร่อมหรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ	✓	-	EN1991-2
3.3.1.15.4	ความต้านทานของสะพานและ กำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทาง รถไฟ	-	-	EN15528
3.3.1.16.1	การพิจารณาขอบเขตการ ดำเนินการได้ทันที การแทรกแซง	-	-	EN13848-1

	และการแจ้งเตือน			
3.3.1.16.2	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิดปกติ	-	-	
3.3.1.16.3	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ	-	-	
3.3.1.16.4	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการยกโค้ง	-	-	
3.3.1.17.1	ระยะการใช้งานของขานชาลา	✓	-	
3.3.1.17.2	ความกว้างและขอบของขานชาลา	✓	✓	TSI PRM
3.3.1.17.3	จุดสิ้นสุดของขานชาลา	✓	✓	TSI PRM
3.3.1.17.4	ความสูงของขานชาลา	✓	✓	TSI PRM
3.3.1.17.5	ระยะชดเชยของขานชาลา	✓	✓	TSI PRM
3.3.1.18.1	การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์	✓	-	
3.3.1.18.2	ข้อจำกัดสัญญาณรบกวนและการสั่นสะเทือนและมาตรการแก้ไข	-	-	
3.3.1.18.3	การป้องกันไฟฟ้าช็อต	✓	✓	TSI ENE
3.3.1.18.4	ความปลอดภัยในอุโมงค์รถไฟ	✓	✓	TSI SRT
3.3.1.18.5	ผลกระทบของแรงลมปะทะด้านข้าง	-	-	

3.4 การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยพลังงาน (TSI ENE)

TSI ด้านระบบย่อยพลังงานจะทำการระบุความต้องการที่จำเป็นเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟ โดยครอบคลุมสิ่งที่ติดตั้งถาวร (fixed installations) ในระบบไฟกระแสตรง DC หรือ กระแสสลับ AC ที่จำเป็นในการเดินรถไฟระบบย่อยพลังงานยังรวมถึงเงื่อนไขข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพในการทำงานร่วมกันระหว่างpantograph และสายส่งเหนือหัว (เหมาะกับรถไฟที่วิ่งระหว่างเมืองหรือข้ามพรมแดน) โดยขั้นตอนในภาพรวมเงื่อนไขการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟของระบบย่อยพลังงาน หรือ TSI ENE สามารถดูจากแผนผังแสดงในรูปที่ 3.4-1



รูปที่ 3.4-1 ขั้นตอนเงื่อนไขการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟของระบบย่อยพลังงาน

3.4.1 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน (Basic parameters)

ตัวแปรทั้งหมดจะครอบคลุมความต้องการที่จำเป็น และการเชื่อมต่อกับระบบย่อยอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีระบุข้อกำหนดทางเทคนิคและหน้าที่การทำงานที่ใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพตามที่ระบุ ตารางที่ 3.4-1 แสดงตัวแปรในระบบย่อยพลังงาน

ตารางที่ 3.4-1 ตัวแปรในระบบย่อยพลังงาน

Power supply	แรงดันและความถี่ (Voltage and frequency) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ (Parameters relating to supply system performance) ความต่อเนื่องของแหล่งจ่ายพลังงานขณะเกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์ (Continuity of power supply in case of disturbances in tunnels) ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง (Current capacity, DC systems, trains at standstill) การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน (Regenerative braking) การจัดเตรียมการป้องกัน (Electrical protection coordination arrangements) ผลกระทบ Harmonics และ ไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (Harmonics and dynamic effects for AC systems)
รูปทรงของสายป้อนเหนือรางและคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า	รูปทรงของสายป้อน (Geometry of the overhead contact line) Pantograph gauge ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส (Mean contact force) พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า (Dynamic behaviour and quality of current collection) Pantograph spacing วัสดุของสายป้อน (Contact wire material) ส่วนแยกเฟส (Phase separation sections) ส่วนแยกระบบ (System separation sections) การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์วัด (Electric energy consumption measuring equipment)

รายละเอียดของแต่ละตัวแปรมีดังนี้

3.4.1.1 แรงดันและความถี่ (Voltage and frequency)

(1) แรงดันและความถี่ของระบบย่อยพลังงานจะเป็นหนึ่งในสี่ระบบที่กำหนดดังนี้

ก) AC 25 kV, 50 Hz

ข) AC 15 kV, 16.7 Hz

ค) DC 3 kV

ง) DC 1.5 kV

(2) ขนาดและลิมิตของแรงดันไฟฟ้าและความถี่จะต้องสอดคล้องตามมาตรฐาน EN 50163:2004, มาตรา 4

3.4.1.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ (Parameters relating to supply system performance)

(1) กระแสสูงสุดที่รถไฟใช้

การออกแบบระบบย่อยพลังงานต้องมั่นใจว่าความสามารถของแหล่งจ่ายไฟเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพตามที่กำหนดไว้และในขณะที่ยอมให้มีการเดินรถไฟที่มีการใช้พลังงานน้อยกว่า 2 เมกะวัตต์โดยไม่มีข้อจำกัดทางด้านกระแสไฟฟ้า

(2) ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้

ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่ pantograph จากการคำนวณจะต้องสอดคล้องตามมาตรฐาน EN 50388:2012, มาตรา 8 ภายใต้การใช้ค่า power factor ที่แท้จริงของรถไฟ

3.4.1.3 ความต่อเนื่องของแหล่งจ่ายพลังงานขณะเกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์ (Continuity of power supply in case of disturbances in tunnels)

แหล่งจ่ายพลังงานและระบบสายส่งเหนือรางต้องออกแบบเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของการทำงานในกรณีเกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์

3.4.1.4 ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง (Current capacity, DC systems, trains at standstill)

(1) สายส่งเหนือรางของระบบ DC ต้องได้รับการออกแบบที่ 300 A (สำหรับแหล่งจ่าย 1.5 kV) และ 200 A (สำหรับแหล่งจ่าย 3 kV) ต่อ pantograph ขณะรถไฟที่หยุดนิ่ง

(2) ความจุกระแสไฟฟ้าขณะหยุดนิ่ง ต้องผ่านการทดสอบตามค่าของแรงดันสัมผัสสถิตที่กำหนดในตารางที่ 4 มาตรา 7.2 ตามมาตรฐาน EN 50367:2012

(3) ระบบสายส่งเหนือรางของระบบจะต้องถูกออกแบบโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของอุณหภูมิ ตามมาตรฐาน EN 50119:2009 มาตรา 5.1.2

3.4.1.5 การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน (Regenerative braking)

(1) ระบบไฟ AC ถูกออกแบบมาโดยยอมให้มีการใช้งานการดึงพลังงานกลับขณะเบรกซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนพลังงานได้อย่างต่อเนื่องกับรถไฟขบวนอื่น

(2) ระบบไฟ DC ถูกออกแบบมาโดยยอมให้มีการใช้งานการดึงพลังงานกลับขณะเบรกที่อย่างน้อย ด้วยการแลกเปลี่ยนพลังงานกับรถไฟขบวนอื่น

3.4.1.6 การจัดเตรียมการป้องกัน (Electrical protection coordination arrangements)

การออกแบบการทำงานของส่วนป้องกันในระบบย่อยพลังงานจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดรายละเอียดในมาตรฐาน EN 50388:2012 มาตรา 11

3.4.1.7 ผลกระทบ Harmonics และไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (Harmonics and dynamic effects for AC systems)

(1) การทำงานร่วมกันของระบบจ่ายไฟและตัวรถสามารถนำไปสู่ความไร้เสถียรภาพของไฟฟ้าในระบบ

(2) เพื่อให้มีความเข้ากันได้ของระบบไฟฟ้า ระดับแรงดันฮาร์โมนิกจะถูกจำกัดโดยค่าวิกฤตตามมาตรฐาน EN 50388:2012 มาตรา 10.4

3.4.1.8 รูปทรงของสายป้อน (Geometry of the overhead contact line)

(1) สายส่งเหนือรางได้รับการออกแบบมาสำหรับ pantograph ที่มีรูปทรงของตัวสัมผัสตามที่ระบุใน CR LOC&PAS TSI มาตรา 4.2.8.2.9.2

(2) ความสูง ความลาดชันและการเคลื่อนออกด้านข้างของสายป้อนเหนือรางภายใต้แรงต้านลม มีปัจจัยต่อการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟ

ก) ความสูงของสายป้อน

(1) ข้อมูลที่ได้รับการยอมรับสำหรับความสูงของสายคอนแทคระบุไว้ในตารางที่ 3.4-2

ตารางที่ 3.4-2 ความสูงของสายป้อน

คำอธิบาย	$v \geq 250$ [km/h]	$v < 250$ [km/h]
กำหนดความสูงของสายป้อน	5080 - 5300	5000 - 7000
ค่าน้อยที่สุดในการออกแบบความสูงของสายป้อน (mm)	5080	ตามมาตรฐาน EN 50119:2009 มาตรา 5.10.5 ขึ้นอยู่กับเกจที่เลือกใช้
ค่ามากที่สุดในในการออกแบบความสูงของสายป้อน (mm)	5300	6200

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสายป้อนและความสูงของ Pantograph ขณะทำงาน อยู่ใน EN 50119:2009 รูปที่ 1

(3) จุดที่รถไฟตัดกับถนน ความสูงของสายป้อนจะถูกกำหนดโดยกฎหมายในประเทศ หรือในกรณีที่ไม่มีกฎหมายในประเทศให้บังคับใช้ตามมาตรฐาน EN 50122-1:2011 มาตรา 5.2.4 และ 5.2.5

(4) สำหรับขนาดรางที่ 1520/1524 mm ค่าความสูงของสายป้อนมีดังนี้

กำหนดความสูงของสายป้อนระหว่าง 6000 มม. และ 6300 มม.

ค่าน้อยที่สุดในการออกแบบความสูงของสายป้อน: 5550 มม.

ค่ามากที่สุดในการออกแบบความสูงของสายป้อน: 6800 มม.

ข) ระยะเบี่ยงออกด้านข้างสูงสุด

(1) ระยะเบี่ยงออกด้านข้างสูงสุดของสายป้อนจากกึ่งกลางของรางภายใต้แรงต้านลมข้ามให้เป็นไปตามตารางที่ 3.4-3

ตารางที่ 3.4-3 ระยะเบี่ยงออกด้านข้าง

ความยาว pantograph (mm)	ระยะเบี่ยงออกด้านข้างสูงสุด (mm)
1600	400
1950	550

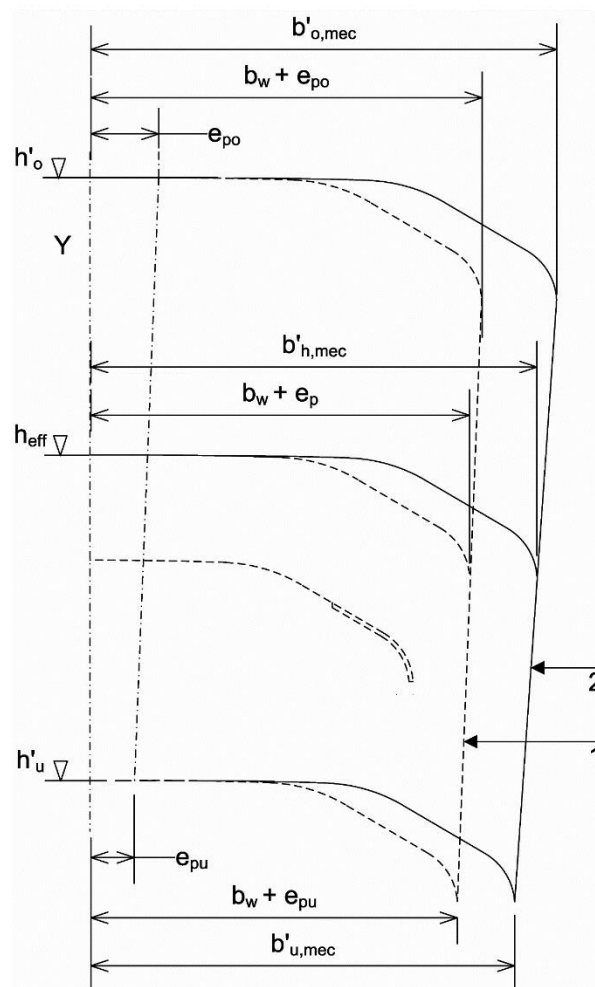
(2) ในกรณีของทางรถไฟที่ประกอบด้วยหลายราง ระยะเบี่ยงออกด้านข้างสูงสุดของสายป้อนจะต้องคำนึงเป็นคู่

3.4.1.9 Pantograph gauge

ขนาดความกว้างของ pantograph gauge $b'_{u,mec}$ และ $b'_{o,mec}$ ขึ้นกับความสูงระดับล่างและระดับบนของ pantograph ระยะการแกว่ง e_p และความยาวครึ่งหนึ่งของ pantograph b_w โดยสามารถหาได้จากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีจลน์ ด้วยค่ามาตรฐานดังนี้

ก) สำหรับระยะแกว่ง e_{pu} ที่ 0.11 m ที่ความสูงระดับล่าง h'_u ที่ 5 m

ข) สำหรับระยะแกว่ง e_{po} ที่ 0.170 m ที่ความสูงระดับบน h'_o ที่ 6.5 m



รูปที่ 3.4-2 การหาความกว้างของ pantograph gauge

3.4.1.10 ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส (Mean contact force)

แรง F_m เป็นค่าเฉลี่ยทางสถิติของแรงสัมผัสที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบทางไดนามิกส์และอากาศพลศาสตร์ของแรงจาก pantograph โดยช่วงของ F_m ขึ้นกับระบบจ่ายไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50367:2012 มาตรา 7.1 ดังแสดงในตารางที่ 3.4-4

ตารางที่ 3.4-4 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของแรงสัมผัส (v คือ ความเร็วในหน่วย กม/ชม)

ระบบจ่ายไฟฟ้า	F_m (N) ที่ความเร็วไม่เกิน 200 กม/ชม
AC	$60 - 0.00047(v^2) + 90$
DC 3 kV	$90 - 0.00097(v^2) + 110$
DC 1.5 kV	$70 - 0.00047(v^2) + 140$

3.4.1.11 พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า (Dynamic behaviour and quality of current collection)

สายส่งเหนือรางจะถูกออกแบบตามความต้องการพฤติกรรมแบบไดนามิกส์ และการยกตัวของสายป้อนถูกออกแบบขึ้นกับความเร็วสอดคล้องกับตารางที่ 3.4-5 นอกจากนี้คุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้ามีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของสายป้อน

ตารางที่ 3.4-5 พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า

รายการ	ที่ความเร็วเกิน 160 กม/ชม	ที่ความเร็วไม่เกิน 160 กม/ชม
ระยะยกแขน	$2S_0$	
แรง F_m	หัวข้อ 3.8.1.7	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ความเร็วสูงสุด σ_m	$0.3F_m$	
เปอร์เซ็นต์ของการเกิดประกายไฟ (arcing) ที่ความเร็วสูงสุด	≤ 0.1 AC ≤ 0.2 DC	≤ 0.1

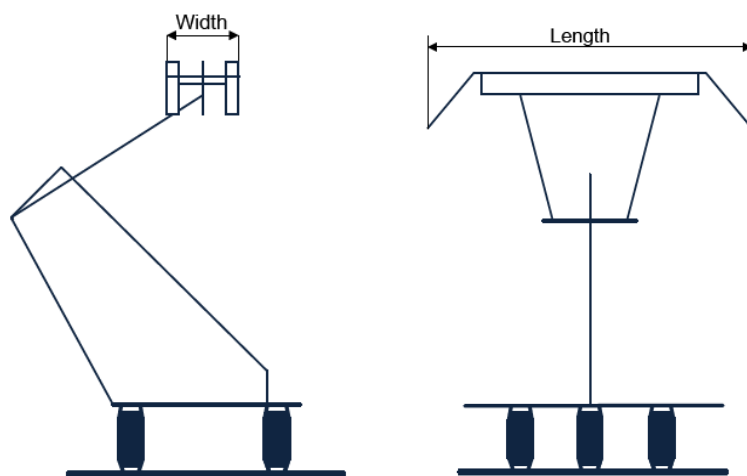
อ้างอิงมาตรฐาน EN50317:2002 และ EN50318:2002 โดยทั่วไปค่าของแรงสูงสุดจะอยู่ในช่วง $F_m + 3\sigma_m$

3.4.1.12 Pantograph spacing

ในหัวข้อนี้ สายส่งเหนือรางจะถูกออกแบบสำหรับใช้งาน pantograph สองตัวที่ทำงานข้างเคียงกัน โดยระยะ Pantograph spacing จะหมายถึงระยะระหว่างกึ่งกลางของหัว pantograph ดังแสดงในตารางที่ 3.4-6

ตารางที่ 3.4-6 Pantograph spacing

ความเร็ว v	AC (m)			DC 3kV (m)			DC 1.5 kV (m)		
ประเภท	A	B	C	A	B	C	A	B	C
$160 < v \leq 200$	200	85	35	200	115	35	200	85	35
$120 < v \leq 160$	85	85	35	20	20	20	85	35	20
$80 < v \leq 120$	20	15	15	20	15	15	35	20	15
$v \leq 80$	8	8	8	8	8	8	20	8	8



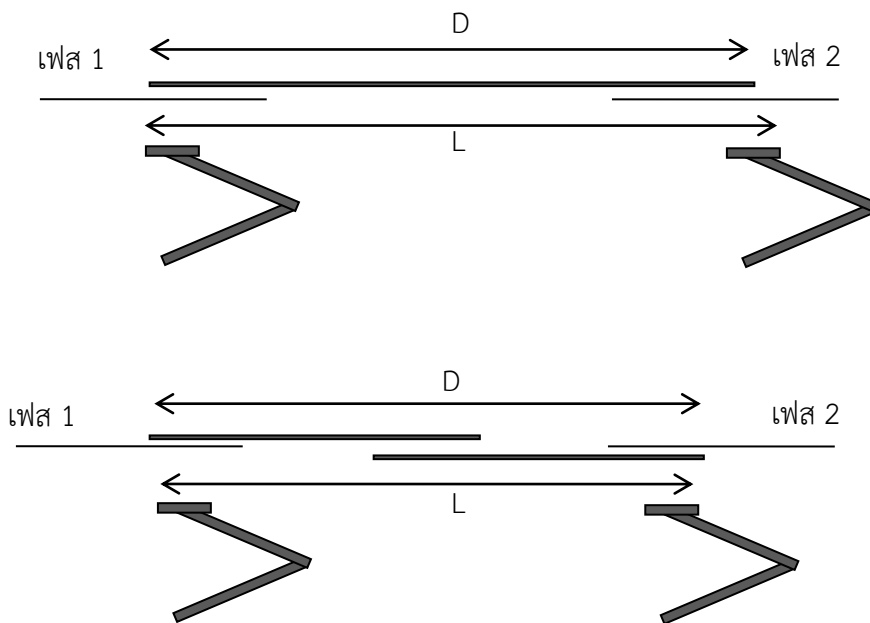
รูปที่ 3.4-3 ความกว้างและความยาวของหัว pantograph

3.4.1.13 วัสดุของสายป้อน (Contact wire material)

การเลือกใช้วัสดุของสายป้อนกับวัสดุที่ใช้ทำแถบหน้าสัมผัสของ pantograph จะมีผลกระทบต่ออายุการทำงานของทั้งสอง วัสดุของสายป้อนที่อนุญาตให้ใช้ตามข้อบังคับจะเป็นทองแดงและโลหะผสมทองแดง โดยยึดตามมาตรฐาน EN 50149:2012 มาตรา 4.2, 4.3 และ 4.6 ถึง 4.8 ส่วนวัสดุของสายป้อนที่อนุญาตให้ใช้ทำแถบหน้าสัมผัสเป็นไปตาม TSI LOC&PAS มาตรา 4.2.8.2.9.4.2

3.4.1.14 ส่วนแยกเฟส (Phase separation sections)

การออกแบบส่วนแยกเฟสทำเพื่อสามารถเดินรถไฟไฟฟ้าข้ามตอนที่มีเฟสต่างกันโดยปราศจากการชนกันทางไฟฟ้าของทั้งสองระบบ โดยในขณะที่ข้ามตอนจะถูกกำหนดให้ไม่มีการดึงกระแสไฟฟ้าโดยการลดระดับ pantograph ลงจากสายป้อนยกเว้นในกรณีระยะแยกเป็นช่วงสั้น ช่วงระยะ D ในรูปที่ 3.4-4 ของ neutral section ซึ่งเป็นส่วนของ isolator ถูกกำหนดตามมาตรฐาน EN 50367:2012 มาตรา 4 ส่วนระยะ L คือระยะระหว่าง pantograph สำหรับขบวนรถไฟที่วิ่งที่ความเร็วมากกว่า 250 กม/ชม ระยะ D ถูกออกแบบเพื่อให้ pantograph ของขบวนรถไฟตกอยู่ระหว่างช่วงดังกล่าว โดยทั่วไป ระยะ D มีค่ามากกว่า 402 m และระยะ L มีค่าน้อยกว่า 400 m สำหรับส่วนแยกเฟสแบบสั้นกว่านั้น ระยะ D มีค่าน้อยกว่า 142 m ส่วนระยะ L มีค่ากว่าระยะ D อยู่ที่ 21 m



รูปที่ 3.4-4 ส่วนแยกเฟส (บน) แบบทั่วไปและ (ล่าง) แบบแยก neutral section (EN 50367:2006)

3.4.1.15 ส่วนแยกระบบ (System separation sections)

การออกแบบส่วนแยกระบบทำเพื่อสามารถเดินรถไฟไฟฟ้าข้ามตอนที่มีเฟสต่างกันโดยปราศจากการชนกันของทั้งสองระบบ โดยมี 2 วิธี

ก) pantograph ยกขึ้นขณะข้ามตอน

ทำได้ขณะไม่มีการดึงกระแสไฟฟ้าโดยรูปทรงของสายป้อนจะไม่เอื้อให้เกิดการลัดวงจรของทั้งสองระบบเนื่องจาก pantograph นอกจากนั้นระบบย่อยพลังงานต้องมีระบบที่ช่วยป้องกันในกรณีที่ระบบเบรกเกอร์บนรถไฟไฟฟ้าไม่ทำงาน ส่วนความสูงของสายป้อนในช่วงแยกระบบให้เป็นไปตามหัวข้อ 3.4.1.7

ข) pantograph ลดระดับลงขณะข้ามตอน

โดยการลดระดับ pantograph ลงจากสายป้อนจะทำหากกรณีแรกไม่สามารถทำได้

3.4.1.16 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์วัด (Electric energy consumption measuring equipment)

การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์วัดบนขบวนรถไฟไฟฟ้ากำหนดให้ปฏิบัติเพื่อสอดคล้องตาม TSI CR LOC&PAS มาตรา 4.2.8.2.8 อุปกรณ์วัดเหล่านี้มีเพื่อตรวจสอบยอดการใช้พลังงานเพื่อการออก billing ที่ทุกประเทศสมาชิกมีการยอมรับ

3.4.2 อินเตอร์เฟส (Interface)

อินเตอร์เฟสระหว่างระบบย่อยพลังงานกับระบบย่อยอื่น ๆ ตามรูปที่ 3.2-5 จะสรุปอยู่ในมาตราที่ 4.3 ของ TSI อินเตอร์เฟสกับระบบย่อยที่สำคัญได้แก่ ระบบย่อยขบวนรถ ปัญหาส่วนใหญ่จะเกิดตรงอินเตอร์เฟสระหว่างสายป้อนและแถบหน้าสัมผัสของ pantograph ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์ทั้งสอง

ตาม TSI CR ENE ทองแดงและโลหะผสมจะเป็นวัสดุที่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ทำสายป้อน ส่วน TSI CR LOC&PAS ได้ระบุให้มีการใช้คาร์บอนในการทำแถบหน้าสัมผัสของ pantograph

3.4.2.1 อินเตอร์เฟสกับระบบย่อยขบวนรถ ตารางที่ 3.4-7 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเตอร์เฟส

ตารางที่ 3.4-7 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน – ระบบย่อยขบวนรถ

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
แรงดันและความถี่	3.4.1.1	การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่	3.5.1.84
กระแสสูงสุดที่รถไฟใช้	3.4.1.2	พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง	3.5.1.86
ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้และ power factor	3.4.1.3	เพาเวอร์แฟกเตอร์	3.5.1.88
ความจุกระแสไฟฟ้า ระบบไฟฟ้ากระแสตรง	3.4.1.4	กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง	3.5.1.87
การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน	3.4.1.5	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง	3.5.1.85
การจัดเตรียมการป้องกัน	3.4.1.6	การป้องกันระบบไฟฟ้า	3.5.1.99
ผลกระทบ Harmonics และไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	3.4.1.7	การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ	3.5.1.89
รูปทรงของสายป้อน	3.4.1.8	ความต้องการเชื่อมต่อกับสายลี้ (ช่วงการทำงานด้านความสูงของสายลี้)	3.5.1.91 ก
		ความต้องการเชื่อมต่อกับสายลี้ (รูปทรงหัวสายลี้)	3.5.1.91 ข
Pantograph gauge	3.4.1.9	ความต้องการเชื่อมต่อกับสายลี้ (รูปทรงหัวสายลี้)	3.5.1.91 ข
ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	3.4.1.10	แรงสถิตที่กระทำบนแถบสัมผัส	3.5.1.93
		แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรมการเคลื่อนที่	3.5.1.94
พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า	3.4.1.11	แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรมการเคลื่อนที่	3.5.1.94
Pantograph spacing	3.4.1.12	การจัดวางสายลี้	3.5.1.95

วัสดุของสายป้อน	3.4.1.13	แถบสัมผัส	3.5.1.92
ส่วนแยกเฟส	3.4.1.14	การวิ่งผ่านส่วนแยกเฟสหรือระบบ	3.5.1.96
ส่วนแยกระบบ	3.4.1.15		
การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์วัด	3.4.1.16	การวัดการใช้พลังงาน	3.5.1.90

3.4.2.2 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานตารางที่ 3.4-8 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3.4-8 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน – ระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
Pantograph gauge	3.4.1.8	เขตโครงสร้าง	3.3.1.1

3.4.2.3 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

อินเทอร์เน็ตสำหรับการควบคุมพลังงานส่วนแยกเฟสและส่วนแยกระบบ (phase and system separation sections) เป็นการอินเทอร์เน็ตระหว่างระบบย่อยพลังงานและระบบย่อยขบวนรถโดยจะถูกควบคุมผ่านคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณและผ่านอินเทอร์เน็ตที่ระบุใน TSI CCS และ TSI LOC&PAS ในกรณีนี้อาจมีค่ากระแส harmonic ที่ถูกเหนี่ยวนำจากขบวนรถไฟผ่านระบบย่อยพลังงานซึ่งมีผลกระทบต่อระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

ตารางที่ 3.4-9 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3.4-9 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน – ระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ส่วนแยกเฟส	3.4.1.14	ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS / ETCS	3.6.1.2
ส่วนแยกระบบ	3.4.1.15		
ส่วนแยกเฟส	3.4.1.14	ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS / ETCS	3.6.1.3
ส่วนแยกระบบ	3.4.1.15		

3.4.3 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)

ตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC กำหนดไว้ว่าสายส่งเหนือรางในระบบย่อยพลังงานต้องประกอบด้วยส่วนประกอบและข้อกำหนดการออกแบบตามตารางที่ ตารางที่ 3.4-10

ตารางที่ 3.4-10 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	หัวข้อที่ระบุข้อกำหนด
รูปทรงของสายป้อน (geometry of the OCL)	3.4.1.7
ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส (mean contact force)	3.4.1.9
พฤติกรรมไดนามิกส์ (dynamic behaviour)	3.4.1.10
ระยะยกแขน (space for uplift)	3.4.1.10
การออกแบบ Pantograph spacing	3.4.1.11
ความจุกระแสไฟฟ้าขณะหยุดนิ่ง (current at standstill)	3.4.1.3
วัสดุของสายป้อน (contact wire material)	3.4.1.12

ส่วนประกอบอื่นๆ ของสายส่งเหนือราง อันได้แก่ cantilevers รากฐาน สายไฟจ่ายป้อนหม้อแปลงไฟฟ้า สวิตช์ และลูกถ้วยไม่เป็นส่วนหนึ่งของส่วนประกอบที่ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกันแต่เป็นส่วนประกอบที่ระบบย่อยพลังงานต้องมี

3.4.4 การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยพลังงาน (EC verification)

ก) ตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC สำหรับระบบรถไฟฟ้า ระบบย่อยและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะต้องสอดคล้องต่อความต้องการที่จำเป็นที่กำหนดไว้ในเงื่อนไข ตารางต่อไปนี้บ่งชี้ตัวแปรพื้นฐานของ TSI ระบบย่อยพลังงานที่สอดคล้องกับความต้องการจำเป็น

ตารางที่ 3.4-11 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยพลังงานและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อ	ตัวแปร	ความปลอดภัย	ความน่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ	การปกป้องสิ่งแวดล้อม	ความเข้ากันได้ทางเทคนิค
3.4.1.1	แรงดันและความถี่	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.2	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3

3.4.1.3	ความต่อเนื่องของแหล่งจ่ายพลังงานขณะเกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์	3.2.4.1.1 (ก) 3.2.4.3.1	3.2.4.1.2	-	-	-
3.4.1.4	ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.5.3.3
3.4.1.5	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน	-	-	-	3.2.4.1.4 (ก) 3.2.4.1.4 (ค)	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.6	การจัดเตรียมการป้องกัน	3.2.4.3.1	-	-	-	3.2.4.1.5
3.4.1.7	ผลกระทบ Harmonics และไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	-	-	-	3.2.4.1.4 (ก) 3.2.4.1.4 (ค)	3.2.4.1.5
3.4.1.8	รูปทรงของสายป้อน	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.9	Pantograph gauge	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.10	ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.11	พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า	-	-	-	3.2.4.1.4 (ก) 3.2.4.3.2	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.12	Pantograph spacing	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.13	วัสดุของสายป้อน	-	-	3.2.4.1.3 (ก) 3.2.4.1.3 (ข)	3.2.4.1.4 (ก)	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.14	ส่วนแยกเฟส	3.2.4.3.1	-	-	3.2.4.1.4 (ก) 3.2.4.1.4 (ค)	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.15	ส่วนแยกระบบ	3.2.4.3.1	-	-	3.2.4.1.4 (ก) 3.2.4.1.4 (ค)	3.2.4.1.5 3.2.4.3.3
3.4.1.16	การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์วัด	-	-	-	-	3.2.4.1.5

ข) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (สายส่งเหนือรางในหัวข้อ 3.4.3) การประเมินคุณสมบัติของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะดำเนินการในช่วงการออกแบบและพัฒนา ส่วนช่วงการผลิตจะประเมินในระดับของระบบย่อย ระบุโดยเครื่องหมาย ✓ ใน ตารางที่ 3.4-12

ตารางที่ 3.4-12 การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (ระบบจ่ายสายส่ง
เหนือราง)

ส่วนประกอบที่ทำงาน ร่วมกัน	Design and development phase			Production phase	มาตรฐานที่ ใช้ประเมิน
	Design review	Manufacturing process review	Type Test		
รูปทรงของสายป้อน	✓	-	-	-	EN50119
ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	✓	-	-	-	EN50367
พฤติกรรมไดนามิกส์	✓	-	✓	-	EN50317 EN50318
ระยะยกแขน	✓	-	✓	-	EN50317 EN50318
Pantograph spacing	✓	-	-	-	
ความจุกระแสไฟฟ้าขณะ หยุดนิ่ง	✓	-	✓	-	EN50119 EN50367
วัสดุของสายป้อน	✓	-	✓	-	EN 50149

ค) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย (สายส่งเหนือรางในหัวข้อ 3.4.3) คุณลักษณะของระบบย่อย
พลังงานจะประเมินทั้งในช่วงการออกแบบและพัฒนา และช่วงการผลิต ระบุโดยเครื่องหมาย ✓ ใน ตารางที่
3.4-13

ตารางที่ 3.4-13 การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

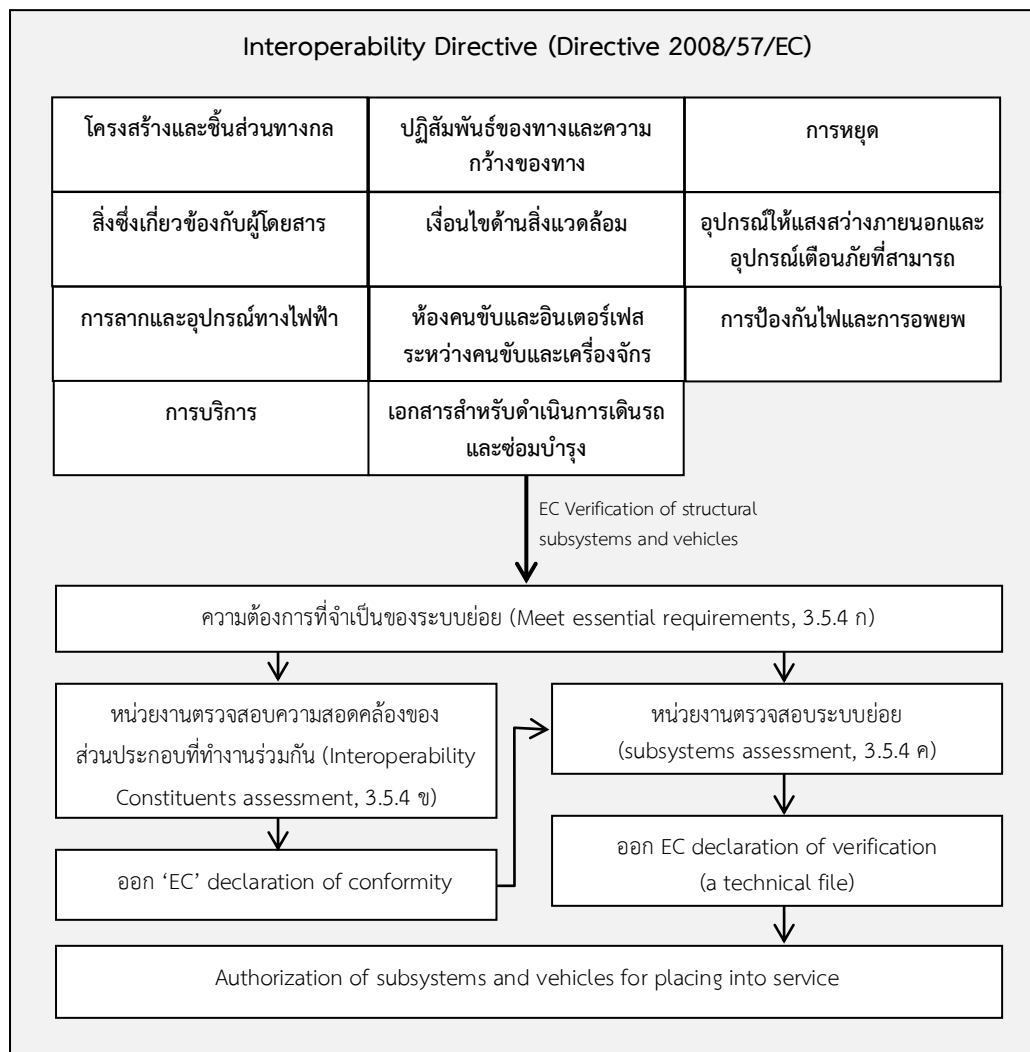
ตัวแปร	Design develop. phase	Production phase			มาตรฐานที่ ใช้ประเมิน
	Design review	Construction, assembly, mounting process review	Assembled, before putting into service	Validation under full operating conditions	
แรงดันและความถี่	✓	-	-	-	EN50388 EN50163
ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ ประสิทธิภาพของระบบ จ่ายไฟ	✓	-	-	-	EN50388
ความต่อเนื่องของ แหล่งจ่ายพลังงานขณะ เกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์	✓	-	✓	-	

ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟชนิดหนึ่ง	✓ (*)	-	-	-	EN50119 EN50367
การเบรกโดยจ่ายพลังงาน คืน	✓	-	-	-	EN50388
การจัดเตรียมการป้องกัน	✓	-	-	-	EN50388
ผลกระทบ Harmonics และ ไดนามิกส์จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสสลับ	✓	-	-	-	EN50317 EN50119 EN50388
รูปทรงของสายป้อน ความสูงของสายป้อน	✓ (*)	-	-	-	EN50119
รูปทรงของสายป้อน การแปรปรวนความสูง ของสายป้อน	✓ (*)	-	-	-	
รูปทรงของสายป้อน ระยะเบี่ยงออกด้านข้าง สูงสุด	✓ (*)	-	-	-	
Pantograph gauge	✓	-	-	-	
ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	✓ (*)	-	-	-	EN50367
พฤติกรรมไดนามิกส์และ คุณภาพของการรับ กระแสไฟฟ้า	✓ (*)	-	✓	-	EN50317 EN50318
Pantograph spacing	✓ (*)	-	-	-	
วัสดุของสายป้อน	✓ (*)	-	-	-	EN 50149
ส่วนแยกเฟส	✓	-	-	-	EN50367 EN50388
ส่วนแยกระบบ	✓	-	-	-	EN50119 EN50122-2

(*) การประเมินหาที่ยังไม่ได้ทำในตารางที่ 3.4-12

3.5 การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยขบวนรถไฟ (TSI LOC&PAS RST)

ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคนี้สำหรับการทำงานร่วมกัน สำหรับระบบย่อยเฉพาะขบวนรถไฟตามที่อ้างถึงใน Directive 2008/57/EC ซึ่งยังรวมส่วนที่เกี่ยวข้องของระบบย่อยพลังงาน (ส่วนที่เป็นอุปกรณ์บนตัวรถที่ใช้วัดค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้) ภาพรวมเงื่อนไขการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟของระบบย่อยขบวนรถไฟสามารถดูจากแผนผังแสดงในรูปที่ 3.5-1



รูปที่ 3.5-1 ขั้นตอนเงื่อนไขการทำงานร่วมกันในเครือข่ายรถไฟของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

3.5.1 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถไฟ (Basic parameters)

ตัวแปรที่เกี่ยวกับการทำงานและข้อกำหนดทางเทคนิคทั้งหมดสามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มย่อยดังแสดงในตารางที่ 3.5-1

ตารางที่ 3.5-1 ตัวแปรในระบบย่อยขบวนรถไฟ

โครงสร้างและ ชิ้นส่วนทางกล	การเชื่อมต่อภายใน (Inner coupling) การเชื่อมต่อส่วนปลาย (End coupling) การเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue coupling) ทางเข้าพนักงานในการเชื่อมต่อและการปลดออก (Staff access for coupling and uncoupling) ทางผ่าน (Gangways) ความแข็งแรงของโครงสร้างยานพาหนะ (Strength of vehicle structure) การป้องกันภายในตัวรถ (Passive safety) การยกและแม่แรง (Lifting and jacking) การยึดอุปกรณ์สู่โครงสร้างตัวรถ (Fixing of devices to carbody structure) ประตูทางเข้าของพนักงานและสินค้า (Staff and freight access doors) ลักษณะทางกลของกระจก (Mechanical characteristics of glass) เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก (Load conditions and weighted mass)
ปฏิสัมพันธ์ของทาง และความกว้างของ ทาง	ความกว้างของทาง (Gauge) น้ำหนักกดเพลลา (Axle load) น้ำหนักกดล้อ (Wheel load) ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (Rolling stock parameters which influence CCS subsystem) การตรวจสอบสภาพความทนทานของเพลลา (Axle bearing condition monitoring) ความปลอดภัยจากการตกรางเมื่อวิ่งบนทางที่มีการบิด (Safety against derailment running on twisted track) พฤติกรรมเคลื่อนที่ขณะวิ่ง (Running dynamic behaviour) ค่าจำกัดสำหรับความปลอดภัยในการเดินรถ (Limit values for running safety) ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง (Track loading limit values) รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity) ค่าการออกแบบสำหรับรูปทรงของล้อ (Design values for new wheel profiles) รูปทรงกรวยของชุดล้อรถไฟขณะใช้งาน (In-service values of wheelset equivalent conicity) การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame (Structural design of bogie frame) ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของชุดล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheelsets)

	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheels) ชุดล้อกับขนาดทาง (Variable gauge wheelsets) รัศมีความโค้งต่ำสุด (Minimum curve radius) อุปกรณ์รักษาชีวิต (Life guards)
การหยุด	การทำงานหลัก (Functional requirements) ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety requirements) ชนิดของระบบเบรก (Type of brake system) คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน (Emergency braking command) คำสั่งการเบรกบริการ (Service braking command) คำสั่งการเบรกโดยตรง (Direct braking command) คำสั่งการเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic braking command) คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถ (Parking braking command) ความต้องการทั่วไปสำหรับประสิทธิภาพการเบรก (General requirements-braking performance) การเบรกกรณีฉุกเฉิน (Emergency braking) การเบรกบริการ (Service braking) การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุอุณหภูมิ (Calculations related to thermal capacity) เบรกจอดรถ (Parking brake) ขีดจำกัดการยึดเกาะของล้อรถไฟ (Limit of wheel rail adhesion profile) ระบบป้องกันการไถลของล้อ (Wheel slide protection system) เบรกทางแม่เหล็ก (Magnetic track brake) เบรกทางวงจรกระแสวน (Eddy current track brake) สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Brake state and fault indication) ความต้องการเบรกสำหรับการช่วยชีวิต (Brake requirements for rescue purposes)
สิ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับ ผู้โดยสาร	ระบบสุขอนามัย (Sanitary systems) ระบบที่อยู่สาธารณะ:ระบบติดต่อสื่อสารทางเสียง (Public address system: audible communication system) การแจ้งเตือนผู้โดยสาร:ความต้องการด้านการทำงาน (Passenger alarm: functional requirements)

	ขั้นตอนความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร ----สัญลักษณ์ (Safety instructions to passengers — Signs) อุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้โดยสาร (Communication devices for passengers) ประตูภายนอก: ผู้โดยสารที่เข้าและออกจากขบวนรถ (Exterior doors: access to and egress from rolling stock) การก่อสร้างระบบประตูภายนอก (Door system construction) ประตูระหว่างตู้ (Inter-unit doors) คุณภาพอากาศภายใน (Internal air quality) หน้าต่างด้านข้างตัวรถ (Body side windows)
เงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อม	ระดับความสูง (Altitude) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) ฝน (Rain) หิมะ น้ำแข็ง และลูกเห็บ (Snow, ice and hail) รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation) การต้านทานต่อมลพิษ (Resistance to pollution) ผลกระทบจากการไหลของลมต่อผู้โดยสารบนชานชาลา (Slipstream effects on passengers on platform) ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง (Slipstream effects on workers at the track side) การสั่นกดของหัวรถจักร (Head pressure pulse) ความแปรปรวนของความดันสูงสุดในอุโมงค์ (Maximum pressure variations in tunnels) ลมขวาง (Cross wind)
อุปกรณ์ให้แสงสว่างภายนอกและอุปกรณ์เตือนภัยที่สามารถมองเห็นและได้ยิน	ไฟหน้า (Head lights) ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights) ไฟท้าย (Tail lights) การควบคุมโคมไฟ (Lamp controls) แตร (Horn) ระดับความเข้มเสียงแตรสำหรับเตือน (Warning horn sound pressure levels) การป้องกัน (Protection) การควบคุมแตร (Horn control)

การลากและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า	ความต้องการของสมรรถนะ (Requirements on performance) แหล่งจ่ายพลังงาน (Power supply) การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Operation within range of voltages and frequencies) การเบรกส่งพลังงานสู่สายป้อนเหนือราง (Regenerative brake with energy to the overhead contact line) พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง (Maximum power and current from the overhead contact line) กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง (Maximum current at standstill for DC systems) เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor) การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ (System energy disturbances) การวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption measuring function) ความต้องการเชื่อมต่อกับสายลี้ (Requirements linked to pantograph) สายลี้ (Pantograph) แถบสัมผัส (Contact strips) แรงสถิตที่กระทำบนแถบสัมผัส (Pantograph static contact force) แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ (Pantograph contact force and dynamic behavior) การจัดวางสายลี้ (Arrangement of pantographs) การวิ่งผ่านส่วนแยกเฟสหรือระบบ (Running through phase or system separation sections) การฉนวนสายลี้จากขบวนรถไฟฟ้า (Insulation of pantograph from the vehicle) การลดระดับของสายลี้ (Pantograph lowering) การป้องกันระบบไฟฟ้า (Electrical protection of the train) ระบบลากดีเซลและอื่นๆ (Diesel and other thermal traction system) การป้องกันระบบไฟฟ้าที่เป็นอันตราย (Protection against electrical hazards)
ห้องคนขับและอินเตอร์เฟซระหว่างคนขับและ	ห้องคนขับ (Driver's cab) การเข้าและการออกภายนอกขณะใช้งาน (Access and egress in operating conditions)

เครื่องจักร	ทางออกฉุกเฉิน(emergency exit) การมองเห็นด้านหน้า (Front visibility) ด้านหลังและด้านข้าง (Rear and side view) รูปแบบภายใน (Interior layout) ที่นั่งพนักงานขับ (Driver’s seat) โต๊ะทำงานพนักงานขับรถ (Driver’s desk — Ergonomics) การควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของอากาศ (Climate control and air quality) แสงภายใน (Internal lighting) กระจกหน้ารถ- คุณสมบัติทางกล (Windscreen — Mechanical characteristics) กระจกหน้ารถ- คุณสมบัติทางแสง (Windscreen — Optical characteristics) กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์ (Windscreen — Equipment) การควบคุมระบบการทำงานของคนขับ (Driver’s activity control function) การวัดความเร็ว (Speed indication) หน้าจอแสดงผลการขับรถ (Driver display unit and screens) การควบคุมและตัวชี้วัด (Controls and indicators) การติดฉลาก (Labelling) การควบคุมระยะไกลจากพื้นดิน (Remote control function) เครื่องมือและอุปกรณ์บนรถ (Onboard tools and portable equipment) บริเวณจัดเก็บอุปกรณ์ส่วนตัวของพนักงาน (Storage facility for staff personal effects) เครื่องบันทึกเสียง (Recording device)
การป้องกันไฟและการอพยพ	การจำแนกประเภท (categorization) ความต้องการวัสดุ (Material requirements) มาตรการสำหรับของเหลวที่ติดไฟได้ง่าย (Specific measures for flammable liquids) การอพยพผู้โดยสาร (Passenger evacuation) กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers)
การบริการ	การทำความสะอาดกระจกหน้ารถไฟห้องคนขับ (Cleaning of driver’s cab windscreen) ระบบการปล่อยน้ำ (Toilet discharge system) อุปกรณ์เติมน้ำ (Water refilling equipment)

	ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการทรงตัว (Special requirements for stabling of trains) อุปกรณ์เติมเชื้อเพลิง (Refueling equipment)
เอกสารสำหรับ ดำเนินการเดินรถ และซ่อมบำรุง	ข้อมูลทั่วไป (General documentation) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา (Document related to maintenance) เอกสารปฏิบัติการ (Operating documentation) แผนภาพการยกและคำแนะนำ (Lifting diagram and instructions) รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ (Rescue related descriptions)

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องจักร

ส่วนนี้จะพูดถึงความต้องการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบของโครงสร้างยานพาหนะ(ความแข็งแรง) และการเชื่อมต่อเครื่องจักร(อินเตอร์เฟส)ระหว่างยานพาหนะหรือระหว่างส่วนประกอบต่างๆ

ส่วนใหญ่ของความต้องการนี้เพื่อรับประกันความถูกต้องของเครื่องยนตรถไฟในการใช้งานเพื่อความปลอดภัยต่อผู้โดยสารและพนักงานในกรณีการชนกันหรือการตกราง

3.5.1.1 การเชื่อมต่อภายใน (Inner coupling)

การเชื่อมต่อภายในระหว่างตู้รถของรถไฟจะรวมกันเป็นระบบที่ยืดหยุ่นที่สามารถทนต่อแรงเนื่องที่ เกิดจากการทำงานเมื่อระบบการเชื่อมต่อภายในระหว่างตู้รถความแข็งแรงตามยาวน้อยกว่าการเชื่อมต่อที่ส่วนปลาย จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการช่วยเหลือหน่วยในกรณีเกิดการแตกของการเชื่อมต่อภายใน ข้อต่อระหว่างตู้รถสองคันสอดคล้องกับมาตรฐานEN12663-1:2010

3.5.1.2 การเชื่อมต่อส่วนปลาย (End coupling)

(ก) การเชื่อมต่อส่วนปลายทั่วไป

สำหรับที่ส่วนปลายทั้งหมดของตู้รถไฟ สิ่งจำเป็นดังต่อไปนี้ถูกประยุกต์ใช้กับทุกชนิดของการเชื่อมต่อส่วนปลาย(อัตโนมัติ ,กึ่งอัตโนมัติ หรือด้วยคน)

- การเชื่อมต่อส่วนปลายจะใช้ระบบการเชื่อมต่อที่ยืดหยุ่น ที่สามารถทนต่อแรงเนื่องจากการทำงานในสถานการณ์ต่างๆ

- ชนิดของการเชื่อมต่อเครื่องจักรเข้าด้วยกันกับค่าประกาศ (nominal) สูงสุดในการออกแบบของแรงตึงและแรงกดจะถูกบันทึกในระบบทะเบียน

(ข) ระบบการเชื่อมต่อด้วยคนสำหรับตู้รถที่ออกแบบกับเส้นทางที่เชื่อมโยงทางขนาดมาตรฐาน 1435 mm

เงื่อนไขที่จะกล่าวถัดไปจะใช้เฉพาะกับตู้รถที่พอดีกับระบบการเชื่อมต่อด้วยคน

- ระบบเชื่อมต่อจะถูกออกแบบโดยที่ไม่มีคนอยู่ระหว่างตู้รถที่กำลังจะเชื่อมต่อหรือปลดออก ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่

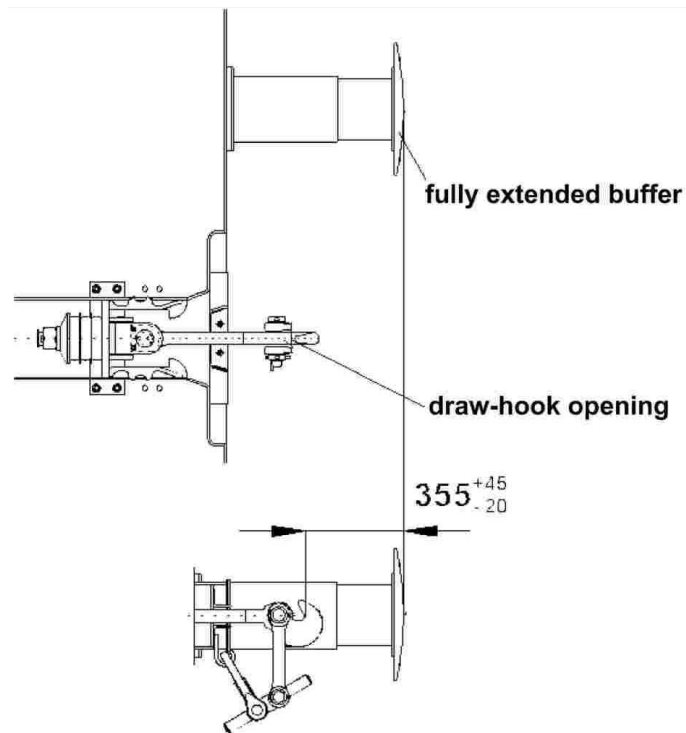
- ตู้โดยสารกับระบบการเชื่อมต่อด้วยมือจะต้องพอดีกับระบบการเชื่อมต่อของบัฟเฟอร์หรือกันชนเพื่อง และเกลียวข้อต่อ (screw coupling) สอดคล้องตามมาตรฐานของ EN15551:2009 และ EN15566:2009

- คูंबัฟเฟอร์จะติดตั้งที่ส่วนปลายของตู้รถไฟดังแสดงในรูปที่ 3.5-2 ความสูงของเส้นศูนย์กลาง (centerline) บัฟเฟอร์จะมีค่าระหว่าง 980 มม. และ 1,065 มม. เหนือระดับราง ระยะห่างมาตรฐานระหว่างเส้นศูนย์กลางบัฟเฟอร์เท่ากับ 1,750 มม. ± 10 มม. ขนาดของบัฟเฟอร์หาจากการนำรถสองตู้ผ่านทางโค้ง S รัศมี 190 เมตร (ขนาดราง 1,458 เมตร) และ ผ่านทางโค้ง S รัศมี 150 เมตร (ขนาดราง 1,470 เมตร) ที่มีส่วนตรงอย่างน้อย 6 เมตร

- เกลียวข้อต่อระหว่างตู้รถไฟจะต้องไม่ต่อเนื่อง และประกอบด้วยเกลียวเชื่อมต่อถาวรกับ hook draw hook และ draw hook bar ความสูงของเส้นศูนย์กลางของ draw hook จะอยู่ระหว่าง 950 มม. (920 มม. ขณะบรรทุกที่น้ำหนักปกติ) และ 1,045 มม. เหนือระดับราง ที่ปลายตู้รถไฟต้องสามารถรองรับโช้ครวนซึ่งรวมแล้วต้องมีระดับต่ำสุดสูงกว่า 140 มม. เหนือระดับรางขนาดของเกลียวข้อต่อ draw hook และ draw gear ต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน EN15566:2009 น้ำหนักสูงสุดของเกลียวข้อต่อจะไม่เกิน 36 กก. ไม่รวมน้ำหนักของ hook pin

- การปฏิสัมพันธ์ระหว่าง draw gear และ บัฟเฟอร์ gear ต้องออกแบบเพื่อให้ขบวนรถไฟสามารถวิ่งผ่านโค้งที่มีรัศมีต่ำสุด 150 ม. โดยไม่เกิดการยึดของบัฟเฟอร์ระหว่างตู้รถไฟ นอกจากนั้น ระยะห่างระหว่างขอบหน้าของ draw hook กับบัฟเฟอร์ที่ยึดที่สุดต้องมีค่า 335 มม. $+45/-20$ มม. ดังแสดงในรูปที่ 3.5-2

(ค) ระบบการเชื่อมต่อด้วยมือ สำหรับตู้รถที่ออกแบบกับเส้นทางที่เชื่อมโยงรางหลายขนาด



รูปที่ 3.5-2 รายละเอียดของหัวราง (1 จุดบนสุดของราง, 2 จุดที่สัมผัส, 3 ความลาดเอียงด้านข้าง, 4 แกนแนวตั้งของราง, 5 ขอบมุม)

3.5.1.3 การเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue coupling)

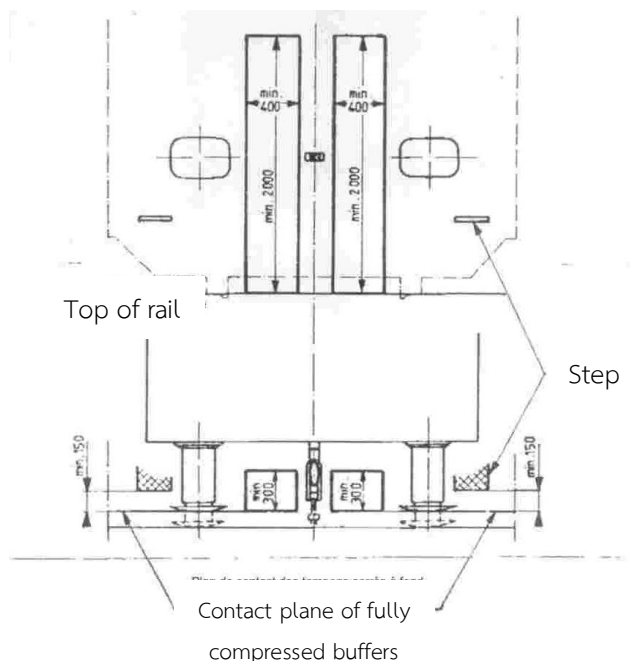
ที่ปลายของตู้รถจะต้องถูกสร้างเพื่อให้สามารถลากจูงหรือผลักเพื่อช่วยเหลือในกรณีขัดข้องกับ โดยอาจติดตั้งระบบเชื่อมต่อถาวรหรือถูกติดตั้งหรือผ่านตัวเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (rescue adapter) ซึ่งจะต้อง

- ออกแบบเพื่อให้ช่วยเหลือที่ความเร็วอย่างน้อย 30 km/h บนทางรถไฟซึ่งทำตามที่ระบุใน TSI INF
- มีความปลอดภัยหลังการเชื่อมต่อ
- ทนต่อแรงที่เกิดขึ้นขณะมีการช่วยเหลือ
- ออกแบบโดยไม่ต้องมีคนอยู่ในตู้รถ
- ทั้ง rescue adapter และระบบท่อเบรกจะต้องไม่กีดขวางการเคลื่อนไหวยานด้านข้างของตะขอภายหลังการเชื่อมต่อ

3.5.1.4 ทางเข้าพนักงานในการเชื่อมต่อและการปลดออก (Staff access for coupling and uncoupling)

ตู้รถไฟต้องถูกออกแบบเพื่อให้พนักงานไม่มีความเสี่ยงระหว่างการเชื่อมต่อและปลดออกหรือการดำเนินการช่วยเหลือผู้โดยสารตู้รถไฟที่เหมาะสมกับระบบการเชื่อมต่อด้วยมือจะต้องสอดคล้องกับความต้องการที่จะกล่าวต่อไปนี้

-พื้นที่ในรูปภาพ 3.5-3 จะต้องเป็นอิสระจากส่วนที่ตรึงไว้ ส่วนประกอบของcoupling gearจะอยู่ในตำแหน่งตรงกลางด้านข้าง สายเคเบิลที่เชื่อมต่อกันและท่อที่ยึดหยุ่นและส่วนที่สามารถยืดหดของทางเดินเชื่อมระหว่างตู้รถไฟ (gangways) สามารถอยู่ข้างในพื้นพื้นที่ได้ กันชนจะต้องไม่ขัดขวางการเข้าสู่พื้นที่



รูปที่ 3.5-3 รายละเอียดของหัวราง (1 จุดบนสุดของราง, 2 จุดที่สัมผัส, 3 ความลาดเอียงด้านข้าง, 4 แกนแนวตั้งของราง, 5 ขอบมุม)

- ราวมือจับใต้แต่ละบัฟเฟอร์ต้องทนต่อแรง 1.5 kN

3.5.1.5 ทางเดินเชื่อมระหว่างตู้รถไฟ (gangways)

ทางเดินเชื่อมระหว่างตู้รถไฟช่วยให้ผู้โดยสารเพื่อให้เคลื่อนตัวอย่างอิสระจากระหว่างตู้โดยสารโดยไม่มีความเสี่ยง

3.5.1.6 ความแข็งแรงของโครงสร้างยานพาหนะ (Strength of vehicle structure)

ความแข็งแรงสถิตและพลวัตของตัวรถไฟเป็นตัวแปรสำคัญเพื่อทำให้มั่นใจในความปลอดภัยตามที่ต้องการ ดังนั้นโครงสร้างของแต่ละตัวรถจะสอดคล้องตามมาตรฐาน EN 12663-1:2010 ตัวอย่างชนิดของขบวนรถไฟที่ทนต่อโหลดใน TSI นี้จะสัมพันธ์กับชนิด L สำหรับหัวรถจักรและชนิด PI หรือ PII สำหรับชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.5-2 (EN 12663-1:2010)

ตารางที่ 3.5-2 รายละเอียดความแข็งแรงของโครงสร้างยานพาหนะ

ประเภท	รายละเอียด	Compressive force (kN)		Tensile force (kN)
		at buffers	Diagonally at buffers	at coupler attachment
L	locomotives and power units	2000	500	1000
P-I	coaches	2000	500	1000
P-II	fixed units and coaches	1500	500	1000
P-III	underground, rapid transit vehicles and light railcar	800	-	600
P-IV	light duty metro and heavy duty tramway vehicles	400	-	300
P-V	tramway vehicles	200	-	150

การพิสูจน์ความทนทานของตัวรถต่อการเปลี่ยนรูปร่างและการแตกอาจพิสูจน์โดยการคำนวณหรือการทดสอบ ตามมาตรฐาน EN 12663-1:2010 โดยสถานะของโหลดเป็นไปตามหัวข้อ “เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก” และ “การสั่นกดของหัวรถจักร”

3.5.1.7 การป้องกันภายในตัวรถ (Passive safety)

ในการนี้โครงสร้างทางกลของตู้รถไฟจะป้องกันผู้โดยสารในกรณีที่เกิดการชนกันโดย

- การจำกัดความเร็ว
- การรักษาพื้นที่ที่ปลอดภัยและมีโครงสร้างที่สมบูรณ์
- ลดความเสี่ยงของการขบเค้นกำหนด
- ลดความเสี่ยงของการตกราง
- จำกัดผลสืบเนื่องจากการชนสิ่งกีดขวางตามเส้นทาง

ดังนั้น ขบวนรถไฟจะต้องสอดคล้องรายละเอียดที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN15227: 2008 ที่เกี่ยวข้องกับ crashworthiness สี่สถานการณ์ต่อไปนี้ต้องได้รับการพิจารณา

- สถานการณ์ที่ 1: การชนกันปลายด้านหน้าระหว่างสองขบวนเหมือนกัน
- สถานการณ์ที่ 2: การชนกันปลายด้านหน้ากับขบวนรถบรรทุกขนส่งสินค้า
- สถานการณ์ที่ 3: การชนกันกับรถบนถนนที่มีขนาดใหญ่ในทางรถไฟผ่านถนนเสมอระดับ
- สถานการณ์ที่ 4: การชนกันกับสิ่งที่ต่ำกว่า เช่น รถยนต์ สัตว์ หิน

สถานการณ์เหล่านี้จะอธิบายในตารางที่ ดังแสดงในตารางที่ 3.5-3 (EN15227: 2008) นอกจากนี้ การลดผลสืบเนื่องจากการชนสิ่งกีดขวางตามเส้นทางสามารถทำได้โดยใช้ Obstacle deflector

ตารางที่ 3.5-3 crashworthiness ทั้ง 4 สถานการณ์

สถานการณ์	คู่กรณี	ความเร็วกม./ชม.			
		C-I: Locomotives, coaches and fixed train units	C-II: Metro vehicles	C-III: Tram trains, peri- urban tram	C-IV: Tramway vehicles
1	ขบวนเหมือนกัน	36	25	25	15
2	ขบวนรถบรรทุก 80 t	36	-	25	-
	ขบวนรถ 120t	-	-	10	-
3	รถ 15 t (ยัดหยุ่น)	<110	-	25	-
	รถ 15 t (แข็ง)	-	-	-	25
4	สิ่งที่ต่ำกว่า	ใช้ Obstacle deflector	-	ใช้ Obstacle deflector	-

3.5.1.8 การยกและแม่แรง (Lifting and jacking)

การยกหรือใช้แม่แรงอย่างปลอดภัยควรเป็นกรณีกู้ภัยหรือซ่อมบำรุง โดยทำที่ส่วนปลายของตัวรถไฟ ซึ่งตำแหน่งการยกต้องมีความปลอดภัยและมีความเสถียร มีพื้นที่เพียงพอที่จุดยกซึ่งไม่กีดขวางอุปกรณ์กู้ภัยอื่นๆ และนอกจากนี้ต้องมีการทำเครื่องหมายจุดยกเป็นดังแสดงในตารางที่ 3.5-4

ตารางที่ 3.5-4 เครื่องหมายจุดยก

เครื่องหมาย	ความหมาย
	ยกตู้รถทั่วไป
	ยกตู้รถที่ส่วนปลายพร้อม running gear
	ยกตู้รถที่ส่วนปลายไม่รวม running gear

ความสามารถของตัวถังรถต่อการเปลี่ยนรูปร่างและการแตกอาจพิสูจน์โดยการคำนวณหรือการทดสอบ ตามมาตรฐาน EN 12663-1:2010

3.5.1.9 การยึดอุปกรณ์สู่โครงสร้างตัวรถ (Fixing of devices to car body structure)

เพื่อลดผลสืบเนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุอุปกรณ์ติดตั้งประจำที่ในรถจะต้องมีความมั่นคง ไม่หลุดออก และนำความเสี่ยงของการบาดเจ็บสู่ผู้โดยสารหรือนำไปสู่การตกของ อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องได้รับการออกแบบ ตามมาตรา 6.5.2 ของมาตรฐาน EN 12663-1:2010

3.5.1.10 ประตูทางเข้าของพนักงานและสินค้า (Staff and freight access doors)

ประตูจะได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ที่จะปิดและล็อกประตู ประตูจะยังคงปิดและล็อกจนกว่าจะทำการเปิด

3.5.1.11 ลักษณะทางกลของกระจก (Mechanical characteristics of glass)

กระจกผิวเรียบและกระจกเงาจะต้องเป็นกระจกลามิเนตหรือเสริมแกร่งซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานระดับชาติหรือนานาชาติเพื่อลดความเสี่ยงให้แก่ผู้โดยสารและเจ้าหน้าที่ได้รับบาดเจ็บโดยกระจกที่แตก

3.5.1.12 เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก (Load conditions and weighted mass)

เงื่อนไขด้านน้ำหนักต่อไปนี้จะกำหนดไว้ในมาตรา 3.1 ของมาตรฐาน EN 15663:2009 โดยจะพิจารณา

- การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกพิเศษ
- การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกปกติ
- การออกแบบมวลตามความต้องการ

สำหรับสภาพน้ำหนักแต่ละเงื่อนไขที่กำหนดไว้ข้างต้นข้อมูลต่อไปนี้จะได้รับการระบุไว้ในเอกสารทางเทคนิค

- มวลรวมรถ (สำหรับแต่ละตู้รถในขบวนรถ)
- มวลต่อเพล (สำหรับแต่ละเพล)
- มวลต่อล้อ (สำหรับแต่ละล้อ)

สภาพน้ำหนัก 'การออกแบบมวลตามความต้องการ' จะวัดได้โดยชั่งน้ำหนักตู้รถไฟในขณะที่อีกสองแบบอาจใช้การคำนวณรถที่ถูกประกาศใช้งานร่วมกันได้ระหว่างประเทศ น้ำหนักมวลรวมรถในสภาพน้ำหนัก 'การออกแบบมวลตามความต้องการ' จะต้องไม่เกินกว่า 3% มวลรวมรถที่ถูกประกาศ สำหรับประเภทที่มีการตรวจสอบใบรับรอง 'EC'

ปฏิสัมพันธ์ของทางและความกว้างของทาง

3.5.1.13 ความกว้างของทาง (Gauge)

ความกว้างของทางเป็นอินเตอร์เฟสระหว่างขบวนรถไฟและโครงสร้างพื้นฐานที่อธิบายโดยอ้างอิงเส้นโครงร่างและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ ความกว้างของทางเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานตามที่ระบุไว้ใน TSI INF และขึ้นอยู่กับประเภทของเส้นทาง

เส้นโครงร่างที่อ้างอิงการเคลื่อนที่ตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องได้อธิบายถึงมิติด้านนอกของขบวนรถไฟซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะด้านข้างอ้างอิง GA, GB หรือ GC ในการคำนวณความกว้างของทางค่าสัมประสิทธิ์การแกว่งจะปรับโดยการคำนวณหรือวัดตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน EN 15273-2:2009

สำหรับขบวนรถไฟความกว้างของสาลี่ (pantograph gauge) จะได้รับการตรวจสอบโดยการคำนวณตาม EN 15273-2:2009 เพื่อให้แน่ใจว่าลักษณะของสาลี่สอดคล้องกับลักษณะเชิงกลของความกว้างสาลี่ตามที่กำหนดใน TSI ENE และขึ้นอยู่กับทางเลือกประเภทของหัวสาลี่

แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่มีการพิจารณาในขนาดโครงสร้างพื้นฐานต้องแน่ใจว่ามีระยะฉนวนที่เหมาะสมระหว่างสาลี่และโครงสร้างที่ติดตั้งประจำที่(fixed installations)

ความกว้างของทางใดๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า GC อาจได้รับการบันทึกในทะเบียนร่วมกับขนาดที่สามารถใช้งานได้สอดคล้อง (GA, GB หรือ GC)

3.5.1.14 น้ำหนักกดเพลลา (Axle load)

น้ำหนักกดเพลลาเป็นอินเตอร์เฟสระหว่างขบวนรถไฟและโครงสร้างพื้นฐาน น้ำหนักกดเพลลาเป็นตัวแปรด้านประสิทธิภาพการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานที่ระบุไว้ใน TSI INF และขึ้นอยู่กับประเภทของเส้นทาง จำเป็นต้องมีการพิจารณาในการร่วมกันระหว่างระยะห่างเพลลากับความยาวรถไฟและมีความเร็วสูงสุดที่ได้รับอนุญาตในเส้นทางที่พิจารณา

- มวลต่อเพลลา (สำหรับแต่ละเพลลา) สำหรับ 3 สภาวะโหลด ในหัวข้อ 'เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก'

- ตำแหน่งของเพลลา (ระยะห่างเพลลา)

- ความยาวของขบวนรถไฟ

- ความเร็วออกแบบสูงสุด

น้ำหนักกดเพลลาของแต่ละเพลลาของแต่ละขบวนรถไฟที่จะใช้เป็นตัวแปรอินเตอร์เฟสกับโครงสร้างพื้นฐานจะต้องมีการกำหนดโดยผู้ประกอบการเดินรถไฟ (Railway Undertaking) ประกอบตามที่กำหนดใน TSI OPE โดยพิจารณาจากน้ำหนักที่คาดว่าจะให้บริการ น้ำหนักกดเพลลาในสภาวะน้ำหนัก 'การออกแบบมวลภายใต้อัตราบรรทุกพิเศษ' แสดงให้เห็นถึงค่าได้สูงสุดของน้ำหนักกดเพลลาดังกล่าวข้างต้น

3.5.1.15 น้ำหนักกดล้อ (Wheel load)

อัตราส่วนของความแตกต่างน้ำหนักกดล้อต่อเพลลา q_j จะได้รับการประเมินโดยการวัดน้ำหนักกดล้อ โดยพิจารณาเงื่อนไขน้ำหนัก 'การออกแบบมวลตามความต้องการ' ความแตกต่างน้ำหนักกดล้อสูงกว่า 5% ของน้ำหนักของแกนจะอนุญาตให้ใช้ได้เฉพาะในกรณี que แสดงให้เห็นเป็นที่ยอมรับโดยการทดสอบเพื่อพิสูจน์ความปลอดภัยจากอุบัติเหตุรถไฟตกรางเนื่องจากรางบิด

3.5.1.16 ลักษณะเฉพาะขบวนรถไฟสำหรับความเข้ากันได้กับระบบการตรวจจับรถไฟ(Rolling stock parameters which influence CCS subsystem)

ชุดของลักษณะเฉพาะล้อเลื่อนสำหรับความเข้ากันได้กับระบบการตรวจจับรถไฟแบ่งออกตามระบบการตรวจจับรถไฟ ได้ดังนี้

(ก) วงจรไฟตอน(track circuit) หัวข้อต่างๆ มีดังนี้

รูปทรงของขบวนรถไฟ

- ระยะห่างสูงสุดระหว่าง 2 เพลลาติดต่อกันระบุไว้ใน TSI CCS ดังรูปที่ 3.5-4 ไม่เกิน 17,500 มม.
- ระยะห่างสูงสุดระหว่างปลายบัฟเฟอร์และเพลลาแรกระบุไว้ใน TSI CCS (ระยะ b_1) ไม่เกิน 4,200 มม.

การออกแบบขบวนรถไฟ

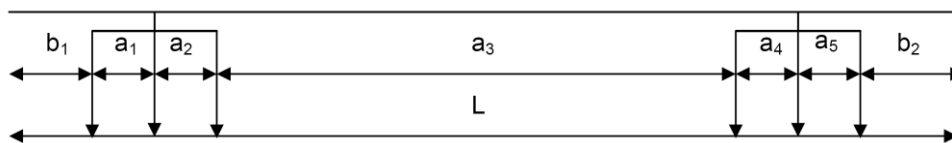
- น้ำหนักกดเพลลาขั้นต่ำในทุกสภาพน้ำหนักที่ระบุไว้ใน TSI CCS อย่างน้อย 5 t
- ความต้านทานไฟฟ้าระหว่างล้อตรงข้ามของชุดล้อที่จุดพื้นผิวสัมผัสกับราง ระบุไว้ใน TSI CCS เท่ากับ 0.01 และ 0.05 ohm สำหรับชุดล้อใหม่และที่ผ่านการ overhaul ตามลำดับ
- สำหรับขบวนรถไฟฟ้ที่ติดตั้งสายลี้และมาพร้อมกับแหล่งจ่ายไฟ 1,500 VDC หรือ 3,000 VDC ความต้านทานน้อยที่สุดระหว่างสายลี้และแต่ละล้อของรถไฟระบุไว้ใน TSI CCS มีค่ามากกว่า 0.45 และ 1.0 ohm แบบเหนี่ยวนำสำหรับระบบ 75 Hz, 1,500 VDC และ 50 Hz, 3,000 VDC ตามลำดับ

Isolating emissions

- ข้อกำหนดของการใช้อุปกรณ์ปล่อยทราย (sanding equipment) บนทางเพื่อช่วยการห้ามล้อตามที่ระบุใน TSI CCS มีค่าเท่ากับ 500 และ 800 g ที่ความเร็วน้อยกว่าและมากกว่า 140 กม./ชม. ตามลำดับ

EMC

- การจำกัดระดับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากกระแสลาที่ยังไม่มีข้อสรุป



รูปที่ 3.5-4 ระยะ a_i คือระยะระหว่างเพลลา b_j คือระยะตามแนวยาวจากเพลลาแรกหรือเพลลาสุดท้ายไปยังจุดปลายที่ใกล้ที่สุด L คือความยาวรวมของตู้รถไฟ

(ข) axle counter หัวข้อต่างๆ มีดังนี้

รูปทรงของขบวนรถไฟ

- ระยะห่างระหว่าง 2 เพลลาติดต่อกันระบุไว้ใน TSI CCS ดังรูปที่ 3.5-4 ไม่เกิน 17,500 มม. และไม่ต่ำกว่า $v \times 7.2$ เมื่อ v คือความเร็วในหน่วย กม./ชม.
- ระยะห่างระหว่างปลายบัฟเฟอร์และเพลลาแรกระบุไว้ใน TSI CCS (ระยะ b_1) ไม่เกิน 4,200 มม. และไม่ต่ำกว่า $v \times 7.2$ เมื่อ v คือความเร็วในหน่วย กม./ชม.
- ระยะห่าง $L - (b_1 + b_2)$ ไม่น้อยกว่า 3,000 มม.

รูปทรงของล้อรถไฟ

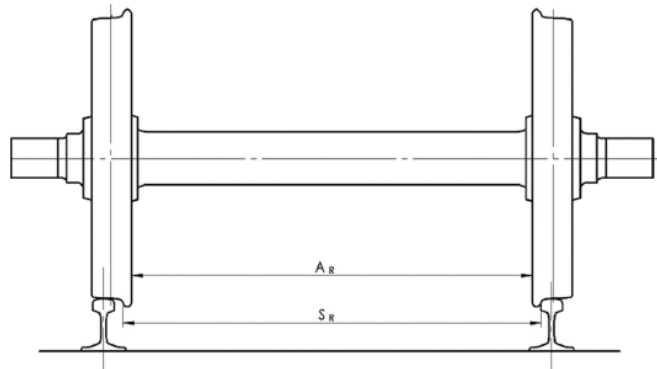
- รูปทรงของล้อรถไฟระบุในหัวข้อ 'ลักษณะทางกลและรูปทรงของชุดล้อ'
- เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของล้อรถไฟ (ระยะ D) ดังแสดงในรูปที่ 3.5-5 ต้องไม่น้อยกว่า
 - 330 มม. ที่ความเร็วต่ำกว่า 100 กม./ชม.
 - $D = 150 + 1.8 v$ ที่ความเร็วระหว่าง 100 - 250 กม./ชม.
 - $D = 50 + 2.2 v$ ที่ความเร็วระหว่าง 250 - 350 กม./ชม.
 - 600 มม. สำหรับล้อรถชนิดซี่ (Spoke Wheels)

การออกแบบขบวนรถไฟ

- วัสดุที่ใช้ทำล้อต้องเป็นประเภท ferromagnetic

EMC

- การจำกัดระดับการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ eddy current หรือ magnetic track brake ยังไม่มีข้อสรุป



รูปที่ 3.5-5 แสดงระยะ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของล้อรถไฟ ระยะ A_R เป็นระยะห่างระหว่างล้อด้านในของชุดเพลาล้อล้อรถไฟ และระยะ S_R เป็นระยะห่างระหว่างขอบหน้าสัมผัสของชุดเพลาล้อ

(ค) loop equipment หัวข้อต่างๆ มีดังนี้

การออกแบบขบวนรถไฟ

- วัสดุมวลโลหะที่ใช้ทำยังไม่มีข้อสรุป

3.5.1.17 การตรวจสอบสภาพตลับลูกปืนล้อและเพลลา (Axle bearing condition monitoring)

การตรวจสอบสภาพตลับลูกปืนล้อและเพลลาสามารถทำได้ โดยใช้อุปกรณ์บนรถไฟหรือการใช้อุปกรณ์ข้างทางสำหรับในกรณีใช้อุปกรณ์บนรถไฟยังไม่มีข้อสรุปส่วนในกรณีของการตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์ข้างทางขบวนรถไฟจะต้อง

- สามารถมองเห็นอุปกรณ์ข้างทางของขบวนรถไฟตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน EN 15437-1:2009 มาตรา 5.1 และ 5.2

- ช่วงของอุณหภูมิการทำงานของตลับลูกปืนยังไม่มีข้อสรุป

3.5.1.18 ความปลอดภัยจากการตกรางเมื่อวิ่งบนทางที่มีการบิด (Safety against derailment running on twisted track)

ขบวนรถไฟจะได้รับการออกแบบมาเพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานที่ปลอดภัยในทางที่เกิดการบิดโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับเอียงและระดับปรกติซึ่งความสอดคล้องนี้จะต้องได้รับการตรวจสอบตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ใน EN 14363:2005 มาตรา 4.1 โดยเงื่อนไขการทดสอบตามเครื่องจักรพร้อมตู้รถไฟและกับชุดล้อแต่ละชุด

3.5.1.19 พฤติกรรมทางพลศาสตร์ขณะวิ่ง (Running dynamic behaviour)

พฤติกรรมทางพลศาสตร์ของขบวนรถมีผลต่อความปลอดภัยจากอุบัติเหตุรถไฟตกราง การเดินรถ และน้ำหนักที่กดราง มันเป็นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยซึ่งถูกล้อมกรอบด้วยข้อกำหนดทางเทคนิคนี้

เพื่อตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนที่ในการวิ่งของขบวนรถ (ความปลอดภัยในการวิ่งและการน้ำหนักที่กดลงบนทาง) กระบวนการถูกกำหนดใน EN 14363:2005 มาตรา 5 และนอกจากนี้สำหรับรถไฟที่มีการเอียงไปตามรางได้ (tilting) ใน EN 15686:2010

นอกจากการดำเนินการทดสอบบนสองรางรถไฟที่เอียงแตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ใน EN 14363:2005 มาตรา 5.4.4.4 ยังสามารถดำเนินการทดสอบเพียงแค่การเอียงรางเดียวถ้าสามารถแสดงให้เห็นว่าการทดสอบครอบคลุมช่วงของเงื่อนไขที่กำหนดไว้ด้านล่างนี้

-ค่า $\tan \alpha$ ของทรงกรวยล้อที่มีค่า 0.2 ± 0.05 ที่ช่วง lateral displacement ของชุดล้อระหว่าง ± 2 และ ± 4

- เกณฑ์ความไม่แน่นอนใน EN14363: 2005 จะได้รับการประเมินที่การเคลื่อนไหวความถี่ต่ำอย่างน้อยสองช่วงของรางด้วยกรวยล้อน้อยกว่า 0.05 (ค่าเฉลี่ยกว่าส่วนการติดตาม)

- เกณฑ์ความไม่แน่นอนใน EN14363: 2005 จะได้รับการประเมินอย่างน้อยสองช่วงของรางด้วยกรวยล้อตามตารางที่ 3.5-5

ตารางที่ 3.5-5 ตารางแสดงเงื่อนไขการทดสอบบนรางระหว่างความเร็วสูงสุดกับรูปทรงกรวย

ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.)	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ
$60 < v \leq 140$	≥ 0.50
$140 < v \leq 200$	≥ 0.40
$200 < v \leq 230$	≥ 0.35
$230 < v \leq 250$	≥ 0.30

นอกจากนี้ยังมีความต้องการเกี่ยวกับการรายงานผลการทดสอบที่กำหนดในมาตรา 5.6 ของ EN 14363:2005 รายงานผลการทดสอบให้หมายความรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของรางและทรงกรวยล้อที่ทดสอบซึ่งตัวแปรที่ตรวจสอบจะระบุใน EN 13848-1:2003

ในส่วนของคุณภาพของทางสำหรับการทดสอบและการทดสอบบนทาง มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐาน EN14363 ที่กำหนดเงื่อนไขการทดสอบสำหรับการทดสอบบนทางที่ได้รับการตกลงกันเป็นข้อมูลอ้างอิง อย่างไรก็ตามเงื่อนไขการทดสอบเหล่านี้ไม่สามารถทำได้เสมอไปเนื่องจากข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่ทดสอบดังต่อไปนี้

- คุณภาพรูปร่างของทาง (สอดคล้องกับ EN 13848-1)
- ภาพรวมของความเร็ว ส่วนโค้ง และส่วนพร่องของการยกโค้ง(Cant deficiency) (มาตรา 5.4.2 ของ EN 14363)

3.5.1.20 ค่าจำกัดสำหรับความปลอดภัยในการเดินรถ (Limit values for running safety)

ค่าขีดจำกัดสำหรับการทำงานด้านความปลอดภัยที่ขบวนรถไฟจะต้องสอดคล้องกับความต้องการที่ระบุไว้ใน EN 14363:2005 มาตรา 5.3.2.2 และนอกจากนี้สำหรับรถไฟที่มีการเอียงตามที่ระบุใน EN 15686:2010 การปรับเปลี่ยนต่อไปนี้ของอัตราส่วนของ guiding force และ wheel force (Y/Q):

เมื่ออัตราส่วน Y/Q เกินกว่าที่กำหนดจะต้องคำนวณใหม่เพื่อประมาณค่าสูงสุดตามขั้นตอนต่อไปนี้

- สร้างพื้นที่การทดสอบที่สร้างขึ้นจากส่วนของทางทั้งหมดที่มีขนาด $300 \text{ เมตร} \leq R \leq 500 \text{ เมตร}$
- การประมวลผลทางสถิติต่อส่วนทางใช้ x_i (97.5%) แทน x_i (99.85%)
- สำหรับการประมวลผลทางสถิติต่อโซนแทนที่ $k = 3$ (เมื่อใช้วิธีการหนึ่งมิติ) หรือ student coefficient (N-2; 99%) (เมื่อใช้วิธีการสองมิติ) โดย student coefficient (N-2; 95%)

ผลทั้งสอง (ก่อนและหลังการคำนวณใหม่) จะถูกบันทึกไว้ในรายงานผลการทดสอบ

3.5.1.21 ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง (Track loading limit values)

ขีดจำกัดสำหรับน้ำหนักที่ตกลงของทางซึ่งจะได้รับการทดสอบด้วยวิธีการปกติจะมีการระบุไว้ใน EN 14363:2005 มาตรา 5.3.2.3

3.5.1.22 รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity)

ค่าที่กำหนดรูปทรงกรวยของล้อรถไฟอ้างอิงในตารางที่ 3.3-3 สำหรับคำนวณความกว้าง (y) ของชุดเพลาล้อเคลื่อนที่ด้านข้าง

$y = 3$ มิลลิเมตร ถ้า $(TG - SR) \geq 7$ มิลลิเมตร

$y = [(TG - SR) - 1]/2$ ถ้า $5 \text{ มิลลิเมตร} \leq (TG - SR) < 7 \text{ มิลลิเมตร}$

$y = 2$ มิลลิเมตร ถ้า $(TG - SR) < 5$ มิลลิเมตร

เมื่อ TG เป็นขนาดความกว้างรางรถไฟ และ SR เป็นระยะห่างระหว่างขอบหน้าสัมผัสของชุดเพลาล้อ ดังแสดงในรูปที่ 3.5-5

3.5.1.23 ค่าการออกแบบสำหรับรูปทรงของล้อ (Design values for new wheel profiles)

ส่วนนี้กำหนดยืนยันที่จะคำนวณในเพื่อให้แน่ใจว่ารูปร่างของ 'ล้อใหม่' และระยะห่างระหว่างหน้าที่ใช้งานของล้อ (active faces) เหมาะสมสำหรับทางตามโครงสร้างพื้นฐานที่กำหนดใน TSII NF

รูปร่างของล้อและระยะห่างระหว่าง active faces (ขนาด SR ในรูปที่ 3.5-5) จะต้องคัดเลือกเพื่อให้แน่ใจว่าค่าจำกัดรูปทรงกรวยล้อที่สมดุลที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.5-6 จะไม่เกินเมื่อชุดล้อถูกออกแบบผ่านเงื่อนไขการทดสอบตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 3.5-7

ตารางที่ 3.5-6 ตารางแสดงค่าจำกัดรูปทรงกรวยล้อ

Maximum vehicle operating speed (km/h)	Equivalent conicity limit values	Test conditions (ดูตาราง 3.5-7)
≤ 60	N/A	N/A
> 60 และ ≤ 190	0.30	All
>190	ค่าตามที่กำหนดใน HS RST TSI	เงื่อนไขตามที่กำหนดใน HS RST TSI

ตารางที่ 3.5-7 ตารางแสดงเงื่อนไขการทดสอบ

Test condition number	Rail head profile	Rail inclination	Track gauge
1	Rail section 60 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 20	1.435 มม.
2	Rail section 60 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 40	1.435 มม.
3	Rail section 60 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 20	1.437 มม.
4	Rail section 60 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 40	1.437 มม.
5	Rail section 60 E 2 defined in EN 13674-1:2003	1 in 40	1.435 มม.
6	Rail section 60 E 2 defined in EN 13674-1:2003	1 in 40	1.437 มม.
7	Rail section 54 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 20	1.435 มม.
8	Rail section 54 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 40	1.435 มม.
9	Rail section 54 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 20	1.437 มม.
10	Rail section 54 E 1 defined in EN 13674-1:2003	1 in 40	1.437 มม.

3.5.1.24 รูปทรงกรวยของชุดล้อรถไฟขณะใช้งาน (In-service values of wheelset equivalent conicity)

ขณะใช้งานจำเป็นต้องมีการควบคุมเพื่อความเสถียรในการทรงตัวของขบวนรถไฟ โดยค่าที่ควบคุมขึ้นกับรูปทรงกรวยของทั้งล้อและรางขณะใช้งาน

3.5.1.25 การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame (Structural design of bogie frame)

สำหรับขบวนรถไฟที่รวม bogie frame ความเที่ยงตรงของโครงสร้างของ bogie frame อุปกรณ์ต่างที่เชื่อมต่อตัว bogie frame จะต้องแสดงให้เห็นตามที่กำหนดไว้ในมาตรา 9.2 ของ EN 13749:2005 การออกแบบของ bogie จะต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ระบุไว้ในมาตรา 7 ของ EN 13749:2005

สมมติฐานที่นำมาใช้เพื่อประเมินผลน้ำหนักเนื่องจากการวิ่งของ bogie (สูตรและค่าสัมประสิทธิ์) สอดคล้องกับมาตรฐาน EN 13749:2005

3.5.1.26 คุณสมบัติทางกลและรูปทรงของชุดล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheelsets)

พฤติกรรมทางกลของชุดล้อ

คุณลักษณะทางกลของชุดล้อต้องทำให้แน่ใจว่าปลอดภัยต่อการเคลื่อนไหวของขบวนรถไฟ คุณลักษณะเชิงกลครอบคลุมเรื่อง

- ชุดประกอบ
- ความต้านทานเชิงกลและลักษณะของการล้า (fatigue)

การแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของชุดล้อที่ประกอบขึ้นจะทำตามที่ระบุใน EN13260:2009 มาตรา 3.2.1 และ 3.2.2 ซึ่งกำหนดขีดจำกัดของแรงตามแนวแกนเพลลาและความล้า และการตรวจสอบที่เกี่ยวข้อง

พฤติกรรมทางกลของเพลลา

สำหรับพฤติกรรมทางกลของเพลลาการแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องสำหรับความต้านทานเชิงกลและความล้าของเพลลาจะทำตามที่ระบุใน EN13103:2009 มาตรา 4, 5 และ 6 สำหรับเพลลาไม่ได้ขับเคลื่อนด้วยพลังงาน หรือ EN13104:2009 มาตรา 4, 5 และ 6 สำหรับ เพลลาขับเคลื่อน

เกณฑ์การตัดสินใจยอมรับความเครียดที่กำหนดที่ระบุไว้ใน EN 13103:2009 มาตรา 7 สำหรับเพลลาไม่ได้ขับเคลื่อนด้วยพลังงาน หรือ EN 13104:2009 มาตรา 7 สำหรับเพลลาที่มีการขับเคลื่อน

คุณลักษณะความล้าของเพลลา(พิจารณาการออกแบบ กระบวนการผลิตและพื้นที่เพลลา) จะได้รับการตรวจสอบโดยการทดสอบความล้า จาก 10 ล้านรอบการรับแรงกดบรรทุก)

การตรวจสอบคุณภาพของเพลลาที่ผลิต

ขั้นตอนการตรวจสอบจะมีอยู่เพื่อให้แน่ใจว่าขั้นตอนการผลิตที่ไม่มีข้อบกพร่องที่อาจลดคุณลักษณะทางกลของเพลลา

ความทนทานต่อแรงดึงของวัสดุในเพลลาความต้านทานต่อแรง ความเที่ยงตรงของพื้นผิว คุณลักษณะของวัสดุและความสะอาดของวัสดุจะต้องได้รับการตรวจสอบ

ขั้นตอนการตรวจสอบจะต้องระบุชุดตัวอย่างที่ใช้สำหรับแต่ละคุณลักษณะที่จะรับการตรวจสอบ

พฤติกรรมทางกลของกล่องเพลลา

กล่องเพลลา(axle box) จะได้รับการออกแบบมาพร้อมกับการพิจารณาคุณลักษณะความต้านทานและความล้าทางกล โดยมีการจำกัดอุณหภูมิในการให้บริการ

การตรวจสอบสภาพของตลับลูกปืนล้อและเพลลาดำเนินการตามหัวข้อ ‘การตรวจสอบสภาพตลับลูกปืนล้อและเพลลา’

รูปทรงของชุดล้อ

รูปทรงของชุดล้อจะสอดคล้องกับตารางที่ 3.5-8 ค่าออกแบบใช้สำหรับชุดล้อใหม่และค่าที่ระบุระหว่างใช้งานใช้สำหรับการซ่อมบำรุง

ตารางที่ 3.5-8 ตารางแสดงค่าออกแบบชุดล้อ

Designation	Wheel diameter D (mm)	Minimum value (mm)	Maximum value (mm)
Front-to-front dimension (S_R) (Distance between active faces) $S_R = A_R + S_d$ (left wheel)+ S_d (right wheel)	$D > 840$	1,410	1,426
	$760 < D \leq 840$	1,412	
	$330 \leq D \leq 760$	1,415	
Back to back distance (A_R)	$D > 840$	1,357	1,363
	$760 < D \leq 840$	1,358	
	$330 \leq D \leq 760$	1,359	

3.5.1.2.7 คุณลักษณะทางกลและรูปทรงของล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheels)

คุณลักษณะของล้อต้องให้แน่ใจว่าการเคลื่อนไหวของขบวนรถไฟเป็นไปอย่างปลอดภัย

คุณลักษณะเชิงกล

คุณลักษณะทางกลของล้อจะได้รับการพิสูจน์โดยการคำนวณความแข็งแรงเชิงกลโดยคำนึงถึงสามกรณีของน้ำหนัก: ทางตรง (ชุดล้ออยู่ศูนย์กลาง)ทางโค้ง (บังใบล้อกดกับทางรถไฟ) และผ่านประแจ (พื้นผิวด้านในของบังใบกดกับทางรถไฟ) ตามที่ระบุไว้ใน EN 13979-1:2003 มาตรา 7.2.1 และ 7.2.2

สำหรับล้อที่ถูกหลอมและรีด เหนือการตัดสินใจที่กำหนดไว้ใน EN 13979-1:2003/A1:2009 มาตรา 7.2.3 การทดสอบแบบ bench test ตาม EN 13979-1:2003/A1:2009 จะมีความจำเป็นเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง

สำหรับล้อยที่ถูกหลอมและรีด คุณลักษณะความล้า (รวมถึงความหยาบของพื้นผิว) จะได้รับการตรวจสอบโดยการทดสอบประเภทความล้าจาก 10 ล้านรอบการบรรทุก กับความเค้นล้าตัว (fatigue stress) น้อยกว่า 450 MPa (สำหรับ machined webs) และ 315 MPa (สำหรับ unmachined webs) กับความน่าจะเป็นที่ 99.7 % เกณฑ์ความเค้นล้าตัว จะใช้ได้กับเหล็กเกรด ER6 , ER7 , ER8 และ ER9 สำหรับเกรดของเหล็กอื่นๆ ใช้การประมาณค่านอกช่วงจากเกณฑ์ของวัสดุ ER 6 และ 7

ประเภทอื่นๆ ของล้อ จะจำกัดการใช้งานในประเทศ

พฤติกรรมทางอุณหภูมิ-กล

ถ้าล้อใช้ในการเบรกขบวนรถไฟด้วยการบล็อกการทำงานของล้อที่วิ่งบนราง ล้อจะต้องได้รับการพิสูจน์แล้วว่าอุณหภูมิทางกลโดยคำนึงถึงพลังงานสูงสุดที่ใช้เบรก การทดสอบเฉพาะแบบ (Type test) ตามที่ระบุใน EN 13979-1:2003/A1:2009 มาตรา 6.2 จะต้องดำเนินการเพื่อตรวจสอบว่าการเคลื่อนด้านข้างของขอบระหว่างการเบรกและความเครียดตกค้าง (residual stress) อยู่ภายในขอบเขตที่กำหนด

สำหรับที่ถูกหลอมและรีด เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับความเครียดที่เหลืออยู่ระบุไว้สำหรับวัสดุล้อเกรด ER 6 และ 7 ใน EN 13979-1:2003/A1:2009 มาตรา 6.2.2 สำหรับเกรดของเหล็กอื่นๆ ใช้การประมาณค่านอกช่วงจากเกณฑ์ของวัสดุ ER 6 และ 7 การทดสอบที่สองตาม EN 13979-1:2003/A1:2009 มาตรา 6.3 จะสามารถดำเนินการหาว่าความเครียดตกค้างที่ออกแบบเกินกว่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งแรก ในกรณีนี้จะต้องรวมการทดสอบ field brake ตามที่ระบุใน EN 13979-1:2003/A1:2009 มาตรา 6.4

ล้อประเภทอื่นๆ จะจำกัดการใช้งานในประเทศ

การตรวจสอบของล้อที่ผลิต

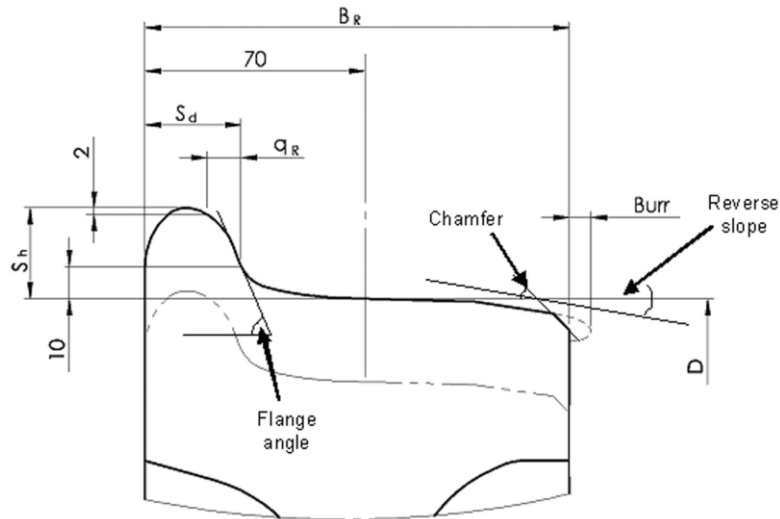
ขั้นตอนการตรวจสอบจะมีอยู่เพื่อให้แน่ใจว่าในเฟสการผลิต จะไม่มีข้อบกพร่องที่อาจลดคุณลักษณะทางกลของล้อ

ความทนทานแรงดึงของวัสดุในล้อความแข็งของพื้นผิว ความเหนียวที่ด้านการแตกหัก (Fracture Toughness) ความต้านทานต่อแรงกระแทกคุณลักษณะวัสดุและความสะอาดของวัสดุจะต้องได้รับการตรวจสอบ

ขั้นตอนการตรวจสอบจะต้องระบุชุดตัวอย่างที่ใช้สำหรับแต่ละคุณลักษณะที่จะรับการตรวจสอบ

มิติของรูปทรง

มิติของรูปทรงของล้อ ตามที่อธิบายในรูปที่ 3.5-6 จะต้องสอดคล้องกับขีดจำกัดที่ระบุในตารางที่ 3.5-9 ค่าขีดจำกัดเหล่านี้จะนำมาเป็นค่าออกแบบใช้สำหรับชุดล้อใหม่และค่าที่ระบุระหว่างใช้งานใช้สำหรับการซ่อมบำรุง



รูปที่ 3.5-6 ค่าตัวแปรรูปทรงของล้อ

ตารางที่ 3.5-9 ตารางแสดงขีดจำกัดตัวแปรรูปทรงของล้อ

Designation	Wheel diameter D (mm)	Minimum value (mm)	Maximum value (mm)
Width of the rim ($B_R + \text{Burr}$)	$D \geq 330$	133	145
Front-to-front dimension (S_R) (Distance between active faces) $S_R = A_R + S_d$ (left wheel) + S_d (right wheel)	$D > 840$	22	33
	$760 < D \leq 840$	25	
	$330 \leq D \leq 760$	27.5	
Back to back distance (A_R)	$D > 760$	27.5	36
	$630 < D \leq 760$	29.5	
	$330 \leq D \leq 630$	31.5	
Face of flange (q_R)	≥ 330	6.5	

3.5.1.28 ชุดล้อเปลี่ยนแปลงตามขนาดทาง (Variable gauge wheelsets)

ข้อกำหนดนี้มีผลบังคับใช้ไปยังตู้รถไฟที่ติดตั้งชุดล้อเปลี่ยนแปลงตามขนาดทางระหว่างขนาดทางตามมาตรฐานยุโรปและขนาดทางอื่นๆ

กลไกการเปลี่ยนแปลงของชุดล้อ จะช่วยให้แน่ใจการล้อคที่ปลอดภัยอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามแนวแกนของล้อ การตรวจสอบการมองเห็นภายนอกของระบบล้อค (ล้อคหรือปลดล้อค) สามารถทำได้หากชุดล้อมีการติดตั้งอุปกรณ์เบรก ตำแหน่งและการล้อคในตำแหน่งที่ถูกต้องของอุปกรณ์นี้จะต้องมีความชัดเจน

3.5.1.29 รัศมีความโค้งต่ำสุด (Minimum curve radius)

รัศมีความโค้งต่ำสุดเท่ากับ 150 เมตรสำหรับทุกขบวนรถไฟ

3.5.1.30 Life guards

ข้อกำหนดนี้สำหรับขบวนรถไฟที่มีห้องของคนขับรถ

ล้อจะถูกป้องกันความเสียหายที่เกิดจากสิ่งของเล็กๆ บนราง โดยมีLife guards ด้านหน้าของล้อบนเพลาหน้า

ความสูงของปลายล่างของLife guardsเหนือรางรถไฟจะเป็น

- 30 มม. ต่ำสุดในทุกสภาวะ
- สูงสุด 130 มม. ในทุกสภาวะ

โดยคิดจากล้อที่มีการสึกหรอและมีการบีบอัดช่วงล่าง

ถ้าobstacle deflectorมีขอบล่างที่น้อยกว่า 130 มิลลิเมตรเหนือรางรถไฟในทุกสภาวะก็สามารถใช้แทนLife guardsได้

Life guardจะได้รับการออกแบบให้ทนต่อแรงตามยาวขั้นต่ำโดยไม่เกิดการผิดรูปถาวร (permanent deformation) ที่ 20 กิโลนิวตัน ข้อกำหนดนี้จะได้รับการตรวจสอบโดยการคำนวณ

Life guardจะได้รับการออกแบบมาเพื่อให้ทั่วในระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบพลาสติก (plastic deformation) จะไม่เกิดความผิดพลาดที่ทางหรือrunning gear และถ้าเกิดการสัมผัสwheel treadแล้วจะต้องไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่ทำให้รถไฟตกราง



รูปที่ 3.5-7 แสดง lifeguard (ที่มา lifeguard. (2014, May 23). Wiktionary, The Free Dictionary. Retrieved 16:09, August 12, 2014 from <http://en.wiktionary.org/w/index.php?title=lifeguard&oldid=26748688>)

การหยุด (เบรก)

วัตถุประสงค์ของระบบเบรกรถไฟเพื่อให้แน่ใจว่าความเร็วของรถไฟจะลดลงหรือคงความเร็วบนทางขึ้น หรือที่รถไฟสามารถหยุดได้ภายในระยะเบรกสูงสุดที่อนุญาต การเบรกรยังช่วยหยุดการเคลื่อนย้ายรถไฟ

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเบรก คือ พลังงานเบรก (การผลิตแรงเบรก) มวลรถไฟ ความต้านทานการหมุนของล้อรถไฟ ความเร็ว และการยึดเกาะ

การระบุประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละขบวนรถไฟในการเดินรถแบบต่างๆ จะช่วยให้สามารถหาประสิทธิภาพการเบรกโดยรวมของรถไฟได้ซึ่งถูกกำหนดโดยรูปแบบการลดความเร็ว ($\text{deceleration} = F(\text{speed})$) และเวลาการตอบสนอง)

ระยะทางหยุด ร้อยละน้ำหนักเบรก (ที่เรียกว่า 'แลมบ์ดา' หรือ 'ร้อยละมวลที่เบรก') ซึ่งหาได้โดยตรงหรือใช้ระยะหยุด จากรูปแบบการลดความเร็วโดยการคำนวณ

ประสิทธิภาพการเบรกอาจแตกต่างกันขึ้นกับน้ำหนักของขบวนรถไฟ ประสิทธิภาพขั้นต่ำในการเบรกในการเดินรถไฟบนเส้นทางที่มีการกำหนดความเร็วไว้จะขึ้นอยู่กับลักษณะเส้นทาง (ระบบ อาณัติสัญญาณ ความเร็วสูงสุด ความลาดเอียง ขอบเขตความปลอดภัย) และคุณลักษณะของโครงสร้างพื้นฐาน

3.5.1.31 การทำงานหลักของระบบเบรก (Functional requirements)

รถไฟทุกขบวนจะต้องมีฟังก์ชันเบรกตัวหลักที่ใช้ในระหว่างการบริการเดินรถและการเบรกฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังต้องมีฟังก์ชันเบรกจอดรถที่สามารถออกแรงเบรกโดยไม่ต้องใช้พลังงานขณะรถจอด

ระบบเบรกตัวหลักจะต้องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและทำงานอัตโนมัติในกรณีเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้การเดินรถสูญเสียความเที่ยงตรงและนำไปสู่การเปิดใช้เบรกบนขบวนรถทั้งหมด

การกระจายพลังงานเบรกจะใช้ในการออกแบบของระบบเบรกและจะไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนของระบบเบรกในสภาพการทำงานปกติ โดยจะได้รับการตรวจสอบโดยการคำนวณตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ “การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุหนุมิ”

การออกแบบของระบบเบรกรยังต้องคำนึงถึงวิธีการในการตรวจสอบและทดสอบ ตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ “สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง”

ประสิทธิภาพการทำงานของเบรกจะต้องมั่นใจในความมั่นคงด้านความปลอดภัยที่แสดงในหัวข้อ “ความต้องการด้านความปลอดภัย” ในกรณีของระบบเบรกถูกรบกวนโดยไม่ตั้งใจ และในกรณีของแหล่งจ่ายพลังงานเบรกขัดข้อง

ในกรณีของการแยกรถไฟโดยไม่ตั้งใจ ทั้งสองส่วนของรถไฟจะถูกทำให้จอด ประสิทธิภาพการเบรกในสองส่วนของรถไฟจะไม่จำเป็นต้องเป็นเหมือนกันกับประสิทธิภาพการเบรกในโหมดปกติ

ในกรณีที่พลังงานเบรกล้มเหลว ต้องสามารถหยุดรถไฟในที่มีความลาดเอียง 35% โดยใช้แรงเสียดทานของระบบเบรกหลักเป็นเวลาอย่างน้อยสองชั่วโมง

ระบบควบคุมการเบรกจะต้องมีสามโหมดการควบคุม ได้แก่

- เบรกฉุกเฉิน: ใช้แรงเบรกในเวลาอันสั้นเพื่อหยุดรถไฟ

- เบรกบริการ: ใช้แรงเบรกที่สามารถปรับแรงเพื่อควบคุมความเร็วของรถไฟรวมทั้งการหยุดถาวรและชั่วคราว

- เบรกเพื่อจอดรถ: ใช้แรงเบรกเพื่อรักษารถไฟในตำแหน่งนิ่งโดยไม่ใช้พลังงานบนรถไฟ

คำสั่งการใช้เบรกในโหมดต่างๆ ต้องทำงานตลอดเวลา ยกเว้นมีการหยุดคำสั่งการใช้งานเบรกนี้จากพนักงานขับรถ

สำหรับที่ความเร็วสูงกว่า 5 กม. / ชม. การกระตุกสูงสุดเนื่องจากการใช้เบรกจะต้องต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที³ พฤติกรรมการกระตุกอาจหาได้จากการคำนวณและจากการประเมินพฤติกรรมของการลดความเร็วที่วัดในระหว่างการทดสอบเบรก

3.5.1.32 ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety requirements)

ระบบเบรกเป็นวิธีการที่จะหยุดรถไฟและดังนั้นจึงมีผลต่อระดับความปลอดภัยของระบบรถไฟ การกำหนดความต้องการต่างๆ ในหัวข้อที่ผ่านมาจะช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการเดินรถไฟ อย่างไรก็ตามก็ดียังมีความจำเป็นในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเบรกที่เป็นองค์ประกอบหลายอย่างมีส่วนร่วม

อันตรายที่ต้องพิจารณาและความต้องการด้านความปลอดภัยที่สอดคล้องกันแสดงในตารางที่ 3.5-10

ตารางที่ 3.5-10 ระบบเบรก – ความต้องการด้านความปลอดภัย

หัวข้อ	อันตราย (Hazard)	เป้าหมายความต้องการด้านความปลอดภัย	
		สิ่งที่เกิดตามมา	จำนวนขั้นต่ำของอุปกรณ์ที่รวมกันก่อให้เกิด failure
1	ตู้รถไฟที่มีห้องพนักงานขับ	Catastrophic	2
	รถไฟไม่ลดความเร็วภายหลังการทำงานของเบรกฉุกเฉิน (โดยพนักงานขับหรือระบบอัตโนมัติสัญญาณ)		
2	ตู้รถไฟที่มีอุปกรณ์ลากจูง	Catastrophic	2
	รถไฟไม่ลดความเร็วภายหลังการทำงานของเบรกฉุกเฉิน (แรงลากจูงมากกว่าแรงเบรก)		
3	ทุกตู้รถไฟ	NA	1 หากระยะเบรกเกิน 5% ต้องได้รับการพิจารณา
	ระยะหยุดรถไฟยาวกว่าที่กำหนดภายหลังการทำงานของเบรกฉุกเฉิน		
4	ทุกตู้รถไฟ	NA	2
	ไม่เกิดแรงเบรกเพื่อจอดภายหลังการทำงานของเบรกเพื่อจอด		

3.5.1.33 ชนิดของระบบเบรก (Type of brake system)

ขบวนรถไฟจะได้รับการติดตั้งระบบเบรกที่มีท่อเบรกเข้ากันได้กับระบบเบรก UIC ด้วยเหตุนี้มาตรา 5.4 ของมาตรฐาน EN 14198:2004 ระบุหลักการที่จะนำมาใช้

ข้อกำหนดนี้จะถูกตั้งเพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานร่วมกันทางเทคนิคของฟังก์ชันเบรกระหว่างตู้รถไฟที่ต่างกันขบวนรถไฟ

3.5.1.34 คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน (Emergency braking command)

ต้องมีอย่างน้อยอุปกรณ์ส่งคำสั่งเบรกฉุกเฉินที่ทำงานอิสระกันจำนวนสองชุด โดยสามารถใช้งานง่าย และดำเนินการเพียงครั้งเดียวจากคนขับซึ่งอยู่ในตำแหน่งขับรถตามปกติโดยใช่มือข้างเดียว

การเปิดใช้งานต่อเนื่องของทั้งสองอุปกรณ์ต้องสอดคล้องกับความต้องการความปลอดภัยในหัวข้อที่ 1 ตารางที่ 3.5-10 โดยหนึ่งในอุปกรณ์นี้ใช้ปุ่มกระแทกสีแดง (ปุ่มลักษณะคล้ายเห็ด)

ตำแหน่งของอุปกรณ์เบรกฉุกเฉินทั้งสองเมื่อเปิดใช้งานจะล็อคตัวเองโดยอุปกรณ์ทางกล การปลดล็อคทำได้เฉพาะเมื่อตั้งใจ

การทำงานของเบรกฉุกเฉินยังสามารถทำงานโดยระบบอัตโนมัติสัญญาณควบคุม-สั่งการ ตามที่กำหนดไว้ใน TSI CCS

เมื่อทำการเปิดใช้งานเบรกฉุกเฉินจะเกิดการดำเนินการดังต่อไปนี้อย่างถาวรโดยอัตโนมัติและในเวลา น้อยกว่า 0.25 วินาที

- การส่งคำสั่งเบรกฉุกเฉิน ตลอดขบวนรถไฟโดยสายควบคุมเบรกที่ความเร็วในการส่งสูงกว่า 250 เมตร/วินาที
- ตัดกำลังลากจูงในเวลาไม่น้อยกว่า 2 วินาที การตัดกำลังนี้จะไม่สามารถถูกตั้งค่าใหม่จนกว่าคำสั่ง การลากจูงจะถูกยกเลิกโดยพนักงานขับรถ
- ยับยั้งคำสั่งหรือการดำเนินการปลดเบรกทั้งหมด

3.5.1.35 คำสั่งการเบรกบริการ (Service braking command)

ข้อนี้ใช้กับตู้รถไฟที่มีห้องคนขับโดยฟังก์ชันเบรกที่ให้บริการจะให้คนขับรถสามารถปรับ (โดย โปรแกรม หรือปล่อย) แรงเบรกระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุดในช่วงอย่างน้อย 7 ระดับ (รวมทั้งการปล่อยเบรก และแรงเบรกสูงสุด) เพื่อควบคุมความเร็วของรถไฟ

มีเพียงคำสั่งเดียวที่ให้บริการเบรก โดยจะต้องแยกการให้บริการจากฟังก์ชันเบรกที่ให้บริการอื่นๆ เมื่อ ความเร็วของรถไฟสูงกว่า 15 กม./ชม. การเปิดใช้งานเบรกที่ให้บริการจะนำไปสู่การตัดแรงลากจูงทั้งหมดออก โดยอัตโนมัติ และจะไม่ได้ถูกตั้งค่าใหม่ จนกว่าคำสั่งลากจูงจะถูกยกเลิกโดยคนขับ

หมายเหตุ : แรงเสียดทานเบรกอาจจะถูกใช้ โดยเจตนาที่ความเร็วสูงกว่า 15 กม./ชม. ด้วยการลากจูงเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ เช่น de-icing ทำความสะอาดชิ้นส่วนเบรก ซึ่งฟังก์ชันเหล่านี้ไม่สามารถทำงานได้หากเปิดใช้เบรกให้บริการ

3.5.1.36 คำสั่งการเบรกโดยตรง (Direct braking command)

ระบบเบรกโดยตรงจะช่วยให้การประยุกต์ใช้แรงเบรกเฉพาะในตู้รถไฟที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ในขณะที่ตู้อื่นของรถไฟที่เหลือไม่มีการใช้เบรก

3.5.1.37 คำสั่งการเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic braking command)

หากตู้รถไฟติดตั้งระบบเบรกแบบไดนามิก

- เป็นไปได้สำหรับคนขับเพื่อป้องกันการใช้งานของการเบรกแบบ regenerative บนตู้รถไฟเพื่อให้ไม่มีการจ่ายพลังงานคืนกลับไปยังสายป้อนเหนือรางเมื่อทำการเดินรถในเส้นทางที่ไม่อนุญาตให้ทำการป้อนพลังงานกลับ

- การใช้งานเบรกแบบไดนามิกสามารถเป็นอิสระจากระบบเบรกอื่นๆ หรือร่วมกับระบบเบรกอื่นๆ ได้ (แบบผสม)

3.5.1.38 คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถ (Parking braking command)

คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้แรงเบรกที่กำหนดไว้สำหรับระยะเวลาที่ไม่จำกัดในระหว่างที่ไม่มีการใช้พลังงานใดๆ บนรถ และไม่ได้อยู่ในสถานการณ์ใด ๆ รวมทั้งเพื่อวัตถุประสงค์ในการช่วยเหลือ

คำสั่งเบรกจอดจะต้องเปิดใช้งานโดยอัตโนมัติเมื่อหัวรถจักรปิดสวิตช์ ส่วนตู้รถไฟทั่วไปอาจเป็นแบบอัตโนมัติหรือแบบเปิดใช้งานด้วยตนเอง

หมายเหตุ: การใช้งานแรงเบรกจอดอาจขึ้นอยู่กับสถานะของเบรกให้บริการ จะมีผลบังคับเมื่อพลังงานบนรถสำหรับเบรกที่ให้บริการกำลังลดลงหรือหายไป

3.5.1.39 ความต้องการทั่วไปด้านประสิทธิภาพ (General requirements)

ประสิทธิภาพในการเบรก (deceleration = F (speed) และเวลาการตอบสนอง) จะถูกกำหนดโดยการคำนวณตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน EN14531-6:2009 บนทางระดับปกติ

การคำนวณขึ้นกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อใหม่ และล้อที่ผ่านการใช้งาน รวมถึงการคำนวณของระดับของการยึดเกาะรางของล้อ

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ใช้โดยอุปกรณ์เบรกเพื่อให้มีแรงเสียดทานและพิจารณาในการคำนวณตามมาตรฐาน EN14531-1:2005 มาตรา 5.3.1.4

การคำนวณประสิทธิภาพการเบรกจะต้องดำเนินการสำหรับสองโหมดการควบคุม: เบรกฉุกเฉิน และค่าสูงสุดในการเบรกที่ให้บริการ

การคำนวณประสิทธิภาพในการเบรกจะต้องดำเนินการในขั้นตอนการออกแบบ และจะได้รับการปรับปรุงหลังจากการทดสอบทางกายภาพที่จำเป็นตามหัวข้อการประเมินการทำงานร่วมกันได้ของ “การเบรกกรณีฉุกเฉิน” และ “การเบรกบริการ” เพื่อให้สอดคล้องกับผลการทดสอบ

การคำนวณประสิทธิภาพในการเบรกสุดท้าย (ที่สอดคล้องกับผลการทดสอบ) ให้เป็นส่วนหนึ่งของเอกสารทางเทคนิคที่ระบุไว้ในข้อ Documentation for operation and maintenance

ค่าเฉลี่ยสูงสุดการชะลอตัวที่ได้จากเบรกทุกตัวในการใช้งาน รวมทั้งความเป็นอิสระของล้อ/การเกาะยึดราง จะไม่ต่ำกว่า 2.5 m/s^2 ความต้องการนี้จะสัมพันธ์กับความต้านทานตามความยาวของรางตาม TSI INF

3.5.1.40 การเบรกกรณีฉุกเฉิน (Emergency braking)

เวลาตอบสนอง

เวลาการตอบสนองเทียบเท่าและเวลาหน่วงที่ประเมินจากแรงเบรกฉุกเฉินรวมในกรณีที่มีคำสั่งเบรกฉุกเฉินจะต่ำกว่าค่าต่อไปนี้

- เวลาตอบสนองเทียบเท่า: 5 วินาที
- หน่วงเวลา: 2 วินาที

สำหรับตู้รถไฟที่ได้รับการออกแบบและการประเมินสำหรับการดำเนินงานโดยทั่วไป เวลาการตอบสนองให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้สำหรับระบบเบรก UIC

การคำนวณความเร็วในช่วงชะลอตัว

ในการคำนวณประสิทธิภาพการเบรกฉุกเฉิน จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน EN 14531-6:2009 โดยรูปแบบการชะลอและระยะหยุดที่ความเร็วเริ่มต้น: 30 80 120 140 160 และ 200 กิโลเมตร/ชม จะได้รับการค้นหา

มาตรฐาน EN 14531-1:2005 มาตรา 5.12 ระบุไว้ว่าพารามิเตอร์อื่นๆ (ร้อยละน้ำหนักเบรก (แลมบ์ดา), มวลเบรก) จะหาได้จากการคำนวณของการชะลอตัวหรือจากระยะหยุดของตู้รถไฟ

การคำนวณประสิทธิภาพการเบรกฉุกเฉิน

จะต้องดำเนินการกับระบบเบรกในสองโหมดที่แตกต่างกัน

- โหมดปกติ: ไม่เกิดความล้มเหลว (failure) ของระบบเบรก และค่าประกาศของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ใช้โดยอุปกรณ์เบรกโดยแรงเสียดทาน การคำนวณนี้จะบอกประสิทธิภาพการทำงานในโหมดเบรกปกติ

- โหมดเสื่อมโทรม: สอดคล้องกับความล้มเหลวในหัวข้อ “ความต้องการด้านความปลอดภัย” อันตราย (hazard) ที่ 3 และค่าประกาศของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ใช้โดยอุปกรณ์เบรกโดยแรงเสียดทาน โหมดเสื่อมโทรมจะพิจารณาความผิดพลาดเพียงครั้งเดียวที่เป็นไปได้ ประสิทธิภาพการเบรกฉุกเฉินจะได้รับการพิจารณา ในกรณีของความล้มเหลวจุดเดียวที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของระยะทางเบรกที่มากขึ้น 5% และความล้มเหลว เดียวที่สัมพันธ์กันจะได้รับการระบุไว้อย่างชัดเจน (องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและโหมดความล้มเหลว อัตราความล้มเหลว)

- สภาพเสื่อมโทรม: นอกจากนี้ ในการคำนวณประสิทธิภาพการเบรกในกรณีฉุกเฉิน จะต้องดำเนินการด้วยค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ลดลงโดยมีการพิจารณาค่าขีดจำกัดของอุณหภูมิ และความชื้น ตามมาตรฐาน EN14531-1:2005 มาตรา 5.3.1.4

หมายเหตุ: โหมดและเงื่อนไขที่แตกต่างกันเหล่านี้ จะต้องได้รับการพิจารณาโดยเฉพาะ เมื่อมีการใช้คำสั่งควบคุมและระบบอัตโนมัติสัญญาณขึ้นสูง (เช่น ETCS) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรถไฟ

การคำนวณประสิทธิภาพการเบรกฉุกเฉิน จะต้องดำเนินการที่สามสถานะโหลด ในหัวข้อ “เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก”

สำหรับแต่ละสภาพโหลดบรรทุก ผลการคำนวณที่ต่ำสุด (เช่น ระยะหยุดที่ยาวที่สุด) ในโหมดปกติ ภายใต้ความเร็วสูงสุด จะได้รับการบันทึกไว้ในทะเบียนข้อมูล

3.5.1.41 การเบรกให้บริการ (Service braking)

การคำนวณการชะลอความเร็ว

การคำนวณประสิทธิภาพการเบรก จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน EN14531-6:2009 ขณะใช้งานระบบเบรกในโหมดปกติด้วยค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามค่าประกาศภายใต้เงื่อนไขการบรรทุกมวลอัตราปกติที่ความเร็วสูงสุดในการออกแบบ

ประสิทธิภาพสูงสุดในการเบรกให้บริการ

เมื่อเบรกให้บริการมีการออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการเบรกฉุกเฉิน จะเป็นไปได้ที่จะจำกัดประสิทธิภาพการเบรกให้บริการสูงสุดในระดับที่ต่ำกว่าประสิทธิภาพการเบรกฉุกเฉิน

3.5.1.42 การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุความร้อน (Calculations related to thermal capacity)

กำลังการผลิตพลังงานเบรกจะถูกตรวจสอบโดยการคำนวณแสดงให้เห็นว่าระบบเบรกได้รับการออกแบบให้ทนต่อการปลดปล่อยของพลังงานเบรก ค่าอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณนี้สำหรับส่วนประกอบที่ปลดปล่อยพลังงานจะได้รับการยืนยันโดยการทดสอบทางความร้อน หรือเทียบกับค่าที่เคยใช้

การคำนวณนี้จะรวมถึงสถานการณ์ประกอบด้วยสองเหตุการณ์ที่มีการใช้งานเบรกฉุกเฉินต่อเนื่องจากความเร็วสูงสุด (ช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเวลาที่จำเป็นในการเร่งรถไฟสู่ความเร็วสูงสุด) บนรางปกติภายใต้สภาพการบรรทุกแบบ “การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกพิเศษ”

ความลาดชัน ระยะทาง และความเร็วในระบบเบรกที่ถูกออกแบบให้มีความสัมพันธ์กับความจุความร้อนในการเบรก จะหาได้จากการคำนวณสภาพโหลดภายใต้สภาพการบรรทุกแบบ “การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกพิเศษ” ขณะมีการใช้งานเบรกให้บริการในการรักษารถไฟที่ความเร็วอย่างต่อเนื่อง

ผลที่ได้ (ความลาดชันสูงสุด ระยะทาง และความเร็ว) จะได้รับการบันทึกไว้ในทะเบียน ตัวอย่างจากกรณีอ้างอิงระบุไว้ว่า การรักษาความเร็ว 80 กม./ชม. สัมพันธ์กับทางลาดชันคงที่ 21% ระยะทาง 46 กม.

3.5.1.43 เบรกจอดรถ (Parking brake)

ประสิทธิภาพการทำงาน

รถไฟในเงื่อนไขภายใต้สภาพการบรรทุกแบบ “การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกปกติ” โดยปราศจากการจ่ายไฟที่มีอยู่และหยุดนิ่งบนทางที่ลาดชัน 35 %

การหยุดการเคลื่อนไหวยังทำได้โดยการทำงานของเบรกจอดรถและวิธีการเพิ่มเติมในกรณีที่เบรกจอดรถไม่สามารถที่จะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ วิธีการเพิ่มเติมนี้จะต้องติดตั้งบนขบวนรถไฟ

การคำนวณ

ประสิทธิภาพเบรกจอดรถจะต้องได้รับการคำนวณตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน EN14531-6:2009

3.5.1.44 ขีดจำกัดการยึดเกาะของล้อรถไฟ (Limit of wheel rail adhesion profile)

ระบบเบรกจะได้รับการออกแบบมาเพื่อที่ประสิทธิภาพในการทำงานของการยึดเกาะล้อ/รางในช่วงความเร็ว > 30 กม. / ชม. สูงกว่าค่าต่อไปนี้

- 0.15 สำหรับหัวลากและขบวนตู้รถไฟที่ออกแบบให้บรรทุกผู้โดยสารโดยปกติหรือที่กำหนดให้มีมากกว่า 7 และน้อยกว่า 16 เพลา
- 0.13 สำหรับขบวนตู้รถไฟที่มีน้อยกว่า 7 เพลา
- 0.17 สำหรับขบวนตู้รถไฟที่มีมากกว่า 20 เพลาหรือมากกว่า จำนวนขั้นต่ำของเพลาอาจจะลดลงถึง 16 เพลาหากการทดสอบที่จำเป็นสำหรับระบบป้องกันล้อสไลด์ Wheel slide protection (WSP) ในหัวข้อ “ระบบป้องกันการไถลของล้อ” ให้ค่าบวมนั้น 0.15 จะถูกนำมาใช้เป็นค่าจำกัดการยึดเกาะระหว่าง 16 และ 20 เพลา

ความต้องการดังกล่าวข้างต้นจะใช้บังคับสำหรับคำสั่งการเบรกในหัวข้อย่อยที่ผ่านมา

การออกแบบจะต้องไม่ถือการยึดเกาะล้อ/รางสูงกว่า 0.12 เมื่อคำนวณการเบรกจอดรถ

ข้อจำกัดของการยึดเกาะล้อ/รางเหล่านี้นี้จะได้รับการตรวจสอบโดยการคำนวณด้วยล้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการบรรทุกทั้งสามกรณี

ค่าทั้งหมดของการยึดเกาะจะปัดเศษทศนิยมสองตำแหน่ง

3.5.1.45 ระบบป้องกันการไถลของล้อ (Wheel slide protection system)

ระบบป้องกันล้อไถล (WSP) เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อทำให้เกิดการใช้งานที่ดีที่สุดของการยึดเกาะ โดยควบคุมการคลายและเพิ่มแรงเบรกเพื่อป้องกันชุดล้อล็อกและไถล ซึ่งจะช่วยลดการเพิ่มระยะการหยุดและความเสียหายต่อล้อ ความต้องการการใช้งานระบบนี้ได้แก่

- ตู้รถไฟที่ได้รับการออกแบบสำหรับความเร็วสูงกว่า 150 กิโลเมตร/ชม
- ตู้รถไฟที่ติดตั้งบล็อกเบรกบนพื้นผิวล้อที่มีค่าการยึดเกาะล้อ/รางจากการคำนวณที่สูงกว่า 0.12 ตู้รถไฟที่ไม่ได้ติดตั้งบล็อกเบรกบนพื้นผิวล้อซึ่งทำงานด้วยประสิทธิภาพการยึดเกาะล้อ/รางจากการคำนวณที่สูงกว่า 0.11
- ความต้องการระบบป้องกันล้อไถลนี้ จะนำไปใช้กับเบรก 2 โหมด: ชุกเฉินและให้บริการ นอกจากนี้ยังจะนำไปใช้กับระบบเบรกแบบไดนามิกส์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเบรกให้บริการและสามารถเป็นส่วนหนึ่งของเบรกชุกเฉิน (ดูหัวข้อ “การเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic brake)”)

ความต้องการในการทำงานของระบบ WSP

- สำหรับตู้รถไฟที่ติดตั้งระบบเบรกแบบไดนามิกส์ ระบบ WSP (ถ้ามี) จะควบคุมแรงเบรกแบบไดนามิกส์ หากไม่มีระบบ WSP แรงเบรกแบบไดนามิกส์จะได้ถูกระงับเพื่อจะได้ไม่ก่อให้เกิดค่ายึดเกาะล้อ/รางที่สูงกว่า 0.15

- ระบบป้องกันล้อไถล จะต้องได้รับการออกแบบตาม EN 15595:2009 มาตรา 4 และตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน EN 15595:2009 มาตรา 5 และ 6 และเมื่อมีการอ้างอิงสอดคล้องตามมาตรา 6.2 ของ EN 15595:2009 “ภาพรวมของโปรแกรมการทดสอบ” เพียงแค่มาตรา 6.2.3 จะมีการใช้

หากตู้รถไฟมีระบบ WSP การทดสอบจะได้รับการดำเนินการเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ WSP (ระยะเบรกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระยะเบรกทางบนรถไฟแห่ง)

ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันล้อไถลจะถูกนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยของการทำงานเบรกชุกเฉิน

3.5.1.46 การเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic brake)

ในขณะที่ประสิทธิภาพการเบรกของเบรกแบบไดนามิกหรือของระบบเบรกซึ่งเชื่อมโยงกับระบบการลากจูงได้ถูกรวมอยู่ในการทำงานของเบรกชุกเฉินในโหมดปกติตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “การเบรกกรณีชุกเฉิน” เบรกแบบไดนามิกหรือระบบเบรกที่เชื่อมโยงกับการลากจูงต้อง

- รับคำสั่งจากสายการควบคุมระบบเบรกหลัก
- รวมอยู่ในการวิเคราะห์ความปลอดภัยที่จำเป็นโดยเฉพาะด้านความปลอดภัยข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.5-10

3.5.1.47 เบรกทางแม่เหล็ก (Magnetic track brake)

ระบบเบรกที่สามารถที่จะสร้างแรงเบรกที่เป็นอิสระจากสภาพการยึดเกาะล้อ/ราง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเบรกเพิ่มขึ้นเมื่อต้องการประสิทธิภาพที่สูงกว่าขีดจำกัดของการยึดเกาะล้อ/รางที่มีอยู่ โดยจะยอมให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการเบรกในโหมดปกติเพื่อการเบรกในกรณีฉุกเฉิน โดยจะต้อง

- รับคำสั่งจากสายการควบคุมระบบเบรกหลัก
- รวมอยู่ในการวิเคราะห์ความปลอดภัยที่จำเป็นโดยเฉพาะด้านความปลอดภัยข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.5-10

ความต้องการในการเบรกแม่เหล็กกระบุโดยระบบย่อย CCS มีการอ้างอิงในหัวข้อ “ลักษณะเฉพาะขบวนรถไฟสำหรับความเข้ากันได้กับระบบการตรวจจับรถไฟ”

เบรกแม่เหล็กสามารถนำมาใช้เป็นเบรกฉุกเฉินดังกล่าวใน TSI INF

คุณลักษณะรูปทรงขององค์ประกอบส่วนปลายของแม่เหล็กที่สัมผัสกับทางรถไฟจะต้องเป็นไปตามที่ระบุในภาคผนวก 3 ของมาตรฐาน UIC 541-06:1992

3.5.1.48 เบรกทางวงจกระแสวน (Eddy current track brake)

ส่วนนี้จะครอบคลุมเฉพาะเบรกทางวงจกระแสวนที่สร้างแรงเบรกระหว่างตัวรถไฟกับทางรถไฟ

ความต้องการเบรกทางวงจกระแสวนที่กำหนดโดยระบบย่อย CCS มีการอ้างอิงในหัวข้อ “ลักษณะเฉพาะขบวนรถไฟสำหรับความเข้ากันได้กับระบบการตรวจจับรถไฟ”

ตามที่ระบุใน TSI INF เงื่อนไขสำหรับการใช้เบรกทางวงจกระแสวนยังไม่สอดคล้อง ดังนั้นความต้องการที่จะใช้เบรกทางวงจกระแสวนยังไม่มีบทสรุป

3.5.1.49 สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Brake state and fault indication)

พนักงานบนรถไฟต้องสามารถทราบสถานะ (ใช้หรือไม่ใช้แรงเบรก รวมถึงการปลดเบรก) ของระบบเบรกหลัก (ฉุกเฉินและบริการ) และเบรกจอดรถไฟ

ถ้าหากเบรกจอดรถขึ้นโดยตรงกับสถานะของระบบเบรกหลัก ก็ไม่จำเป็นต้องมีตัวบ่งชี้เพิ่มเติมสำหรับระบบเบรกจอดรถ โดยช่วงการพิจารณาในระหว่างการทำงานคือ หยุดนิ่งและวิ่ง

เมื่อหยุดนิ่ง พนักงานจะสามารถตรวจสอบจากภายใน และ/หรือภายนอกของรถไฟ:

- ความต่อเนื่องของคำสั่งการควบคุมเบรกรถไฟ

- ความพร้อมของพลังงานเบรกตลอดเที่ยวรถไฟ

- สถานะของเบรกหลักและระบบเบรกจอดรถและสถานะของแต่ละส่วน (actuator) ของระบบเหล่านี้ที่สามารถควบคุมได้และ/หรือถูกแยกออกไป ยกเว้นเบรกแบบไดนามิกส์และระบบเบรกที่เชื่อมโยงกับระบบการลากจูง

ขณะเดินรถไฟ พักงานขับรถสามารถตรวจสอบจากห้องคนขับ:

- สถานะของคำสั่งการควบคุมเบรกรถไฟ

- สถานะของพลังงานเบรกตลอดเที่ยวรถไฟ

- สถานะของเบรกแบบไดนามิกส์และระบบเบรกที่เชื่อมโยงกับ ระบบการลากจูง

- สถานะการใช้หรือปลดอย่างน้อยหนึ่งส่วน (actuator) ของระบบเบรกหลักที่มีการควบคุมได้อย่างอิสระ

ฟังก์ชันการให้ข้อมูลเพื่ออธิบายข้างต้นให้กับเจ้าหน้าที่รถไฟเป็นฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเบรกของรถไฟ ดังนั้นการทำงานที่สัมพันธ์กันของตัวบ่งชี้ จะช่วยให้แน่ใจ ระดับความปลอดภัยที่จำเป็น

3.5.1.50 ความต้องการเบรกสำหรับการช่วยเหลือ (Brake requirements for rescue purposes)

การกู้รถไฟที่ไม่เหลือพลังงานบนขบวนรถสามารถทำได้โดยตู้รถไฟกู้ภัยที่ติดตั้งระบบเบรกตามมาตรฐาน UIC (ใช้ท่อเบรกควบคุม) และจะมีส่วนหนึ่งของระบบเบรกของตู้รถไฟที่ได้รับการช่วยเหลือสามารถถูกควบคุมผ่านอุปกรณ์อินเตอร์เฟซ

ประสิทธิภาพของการเบรกโดยรถไฟที่ได้รับการช่วยเหลือสามารถประเมินโดยการคำนวณแต่ไม่จำเป็นต้องตรงกับประสิทธิภาพการทำงานของเบรกที่อธิบายไว้ในหัวข้อ “การเบรกกรณีฉุกเฉิน”

ความต้องการนี้ไม่ใช้กับขบวนรถไฟที่มีน้ำหนักบรรทุกน้อยกว่า 200 ตัน

รายการที่สัมพันธ์กับผู้โดยสาร

รายการต่อไปนี้จะให้ภาพรวมของพารามิเตอร์พื้นฐานที่ครอบคลุมโดย TSI PRM ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อบริการขนส่งผู้โดยสาร

- ที่นั่ง และลำดับความสำคัญ

- ช่องว่างสำหรับรถเข็น

- ประตูภายนอก รวมทั้งขนาด เครื่องตรวจจับสิ่งกีดขวาง และการควบคุม

- ประตูภายใน รวมทั้งการควบคุม และขนาด

- ห้องน้ำ
- Clearways
- แสงสว่าง
- ข้อมูลผู้โดยสาร
- การเปลี่ยนระดับความสูงของพื้น
- ราว
- รถเข็นที่สามารถเข้าถึงที่พักรถนอน
- ตำแหน่งขึ้นบันได

3.5.1.51 ระบบสุขอนามัย (Sanitary systems)

ก๊อกน้ำตามบัญญัติของน้ำดื่ม (Directive 98/83/EC) ต้องมีสัญลักษณ์ที่มองเห็นได้อย่างชัดเจนว่าน้ำดื่มได้หรือไม่

ระบบสุขาภิบาล (ห้องสุขา ห้องน้ำ สิ่งอำนวยความสะดวกในบาร์/ร้านอาหาร) จะไม่อนุญาตให้มี การปล่อยวัสดุใดๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนหรือสิ่งแวดล้อม

วัสดุที่ปล่อยออกมา (น้ำเสียที่บำบัด) ต้องสอดคล้องกับกฎระเบียบของสหภาพยุโรปที่ใช้บังคับ:

- ปริมาณแบคทีเรียของน้ำที่ออกจากระบบสุขาภิบาล จะไม่เกินค่าสำหรับ intestinal enterococci และ *Escherichia coli* ตามที่ระบุใน Directive 2006/7/EC เกี่ยวกับการจัดการคุณภาพน้ำอาบ
- กระบวนการบำบัดจะไม่ก่อสารที่ระบุในภาคผนวก I ของ Directive 2006/11/EC เกี่ยวกับมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทางน้ำในชุมชน

เพื่อจำกัดการกระจายตัวของของเหลวที่ปล่อยสู่ Trackside การปล่อยโดยไม่มีการควบคุมแหล่งจะปล่อยลงใต้ frame ในระยะทางไม่เกิน 0.7 เมตรจากเส้นกึ่งกลางตามแนวยาวของรถไฟ

ต่อไปนี้จะได้รับการระบุไว้ในเอกสารทางเทคนิค

- การติดตั้งและชนิดของห้องน้ำในตู้รถไฟ
- ลักษณะของน้ำชักโครก
- ระบบบำบัดน้ำที่ถูกปล่อยออกมา และมาตรฐานสอดคล้องที่ใช้ประเมิน

3.5.1.52 ระบบประกาศสาธารณะ: ระบบติดต่อสื่อสารทางเสียง (Public address system: audible communication system)

รถไฟจะติดตั้งวิธีการสื่อสารทางเสียงอย่างน้อยเพื่อ

- สำหรับพนักงานบนรถไฟเพื่อแจ้งผู้โดยสาร
- สำหรับพนักงานบนรถไฟและพนักงานควบคุมภาคพื้นดิน ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน
- สำหรับการสื่อสารภายในระหว่างพนักงานบนรถไฟและโดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างพนักงานขับรถไฟและพนักงานในพื้นที่ผู้โดยสาร

อุปกรณ์จะต้องสามารถทำงานโหมดสแตนด์บายเป็นอิสระจากแหล่งพลังงานหลักเป็นเวลาอย่างน้อยสามชั่วโมง ในช่วงเวลาสแตนด์บายเครื่องจะสามารถทำงานได้จริงตลอดช่วงระยะเวลา 30 นาที

ระบบการสื่อสารจะได้รับการออกแบบให้สามารถทำงานขณะลำโพงอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของจำนวนทั้งหมดยังใช้ได้

3.5.1.53 การแจ้งเตือนผู้โดยสาร: ความต้องการด้านการทำงาน (Passenger alarm: functional requirements)

ข้อกำหนด

- ด้วยข้อยกเว้นของห้องน้ำและ gangways แต่ละห้องโถง ทางเข้า และพื้นที่แยกอื่นๆ ทั้งหมดที่มีไว้สำหรับผู้โดยสารที่จะต้องได้รับการติดตั้งอุปกรณ์เตือนอย่างน้อยหนึ่งชิ้นที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนและสำหรับพนักงานขับรถ ในกรณีที่เกิดอันตราย

- อุปกรณ์เตือนจะได้รับการออกแบบให้ไม่สามารถยกเลิกการทำงานโดยผู้โดยสาร
- ขณะที่สัญญาณเตือน ทั้งสัญลักษณ์ภาพและเสียงต้องแสดงให้พนักงานขับรถทราบ
- อุปกรณ์ในห้องพนักงานขับต้องเอื้อให้พนักงานตอบสนองต่อสัญญาณเตือน การตอบสนองของพนักงานขับจะรับรู้ได้ในจุดที่ติดตั้ง alarm และจะหยุดการทำงานของสัญญาณเสียงในห้องพนักงานขับ
- พนักงานขับสามารถเชื่อมโยงการสื่อสารระหว่างห้องพนักงานขับและสถานที่ที่สัญญาณเตือนภัยดังระบบจะยินยอมให้พนักงานขับยกเลิกการเชื่อมโยงการสื่อสารนี้
- มีอุปกรณ์ที่พนักงานสามารถรีเซ็ตสัญญาณเตือน

ข้อกำหนดสำหรับการกระตุ้นใช้งานเบรกโดยผู้โดยสาร

- เมื่อรถไฟหยุดที่แพลตฟอร์มหรือออกจากแพลตฟอร์ม การเปิดใช้งานของสัญญาณ แจ้งเตือนผู้โดยสารจะ นำไปสู่การทำงานของเบรกบริการหรือเบรกฉุกเฉิน เป็นผลให้เกิดการหยุดที่สมบูรณ์ ในกรณีนี้หลังจากที่รถไฟได้หยุดนิ่ง ระบบจะยินยอมให้พนักงานขับยกเลิกการเบรกอัตโนมัติที่เริ่มทำงานโดยสัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสาร

- ในสถานการณ์อื่นๆ 10 ± 1 วินาทีหลังจากการเริ่มทำงานของการแจ้งเตือนผู้โดยสาร อย่างน้อยเบรกให้บริการอัตโนมัติต้องเริ่มทำงาน ยกเว้นในกรณีที่สัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสารได้รับการตอบสนองโดย

พนักงานขับ ภายในระยะเวลาที่ระบุนี้ ระบบจะต้องยินยอมให้พนักงานขับล้มเลิกเบรกอัตโนมัติที่เริ่มทำงาน โดยสัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสาร

เกณฑ์การเดินรถไฟออกจากแพลตฟอร์ม

รถไฟจะถือว่าได้ออกจากแพลตฟอร์มในเวลาระหว่างช่วงเวลาสถานะของประตูเปลี่ยนจาก released เป็น closed และ ล็อค และ ช่วงเวลาเมื่อตู้สุดท้ายเคลื่อนออกจากแพลตฟอร์ม

ช่วงเวลานี้จะได้รับการตรวจนับโดยอุปกรณ์ onboard ถ้าพบว่าแพลตฟอร์มไม่ถูกตรวจพบ รถไฟถือว่าได้ออกจากแพลตฟอร์มเมื่อเหตุการณ์ใดต่อไปนี้เกิดก่อน:

- ความเร็วของรถไฟถึง $15 (\pm 5)$ กม./ชม. หรือ:
- ระยะทางที่ใช้เป็น $100 (\pm 20)$ ม.

ความต้องการด้านความปลอดภัย

การแจ้งเตือนผู้โดยสารที่จะถือเป็นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย โดยที่ระดับความปลอดภัยที่จำเป็นจะถือว่ามีความเหมาะสมโดยข้อกำหนดต่อไปนี้

- ระบบการควบคุมต้องตรวจสอบความสามารถของระบบแจ้งเตือนผู้โดยสารในการถ่ายทอดสัญญาณอย่างถาวร

- ตู้รถไฟที่มีห้องพนักงานขับจะต้องได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ที่จะช่วยให้พนักงานสามารถตัดระบบแจ้งเตือนผู้โดยสาร

- หากระบบสัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสารไม่ทำงาน ซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังจากถูกตัดโดยเจตนาเนื่องจากความขัดข้องทางด้านเทคนิค หรือเกิดจากการต่อตู้รถไฟที่ไม่รองรับ การใช้งานสัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสารต้องส่งผล โดยตรงต่อการเบรก

- หากระบบสัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสารไม่ทำงาน จะต้องแจ้งไปยังห้องพนักงานขับอย่างถาวร

รถไฟที่ถูกตัดระบบแจ้งเตือนผู้โดยสารจะไม่สอดคล้องกับความต้องการขั้นต่ำเพื่อความปลอดภัยและการทำงานร่วมกัน ตามที่กำหนดไว้ใน TSI นี้ และต้องอยู่ในสถานะ degraded mode

3.5.1.54 ขั้นตอนความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร ---สัญญาณ (Safety instructions to passengers — Signs)

คำแนะนำจะให้แก่ผู้โดยสารในการใช้ทางออกฉุกเฉิน การทำงานของสัญญาณแจ้งเตือนผู้โดยสาร และเกี่ยวกับประตูผู้โดยสารที่ล็อกหรือชำรุด ฯลฯ คำแนะนำเหล่านี้จะต้องดำเนินการตามบทบัญญัติของ TSI PRM

3.5.1.55 อุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้โดยสาร (Communication devices for passengers)

ตู้รถไฟที่ออกแบบโดยไม่มีพนักงานขับ onboard (นอกเหนือจากพนักงานขับ) จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถเรียกร้องความช่วยเหลือ (call for aid) สำหรับผู้โดยสารที่จะสื่อสารกับพนักงานขับรถในกรณี

ฉุกเฉิน ในกรณีนี้ระบบจะยอมให้มีการเชื่อมโยงการสื่อสารที่เริ่มโดยผู้โดยสาร และพนักงานขับสามารถยกเลิกการเชื่อมโยงการสื่อสารนี้

3.5.1.56 ประตูภายนอก:ผู้โดยสารที่เข้าและออกจากขบวนรถ (Exterior doors: access to and egress from rolling stock)

ก. คำศัพท์

- ประตู (door) หมายถึงประตูภายนอกสำหรับผู้โดยสารในการเข้าหรือออกตู้รถไฟ
- ประตูล็อก (locked door) คือประตูที่ปิดโดยอุปกรณ์ล็อกทางกายภาพ
- ประตูล็อกหยุดให้บริการ (door locked out of service) คือประตูที่ถูกตรึงในตำแหน่งปิดโดยอุปกรณ์ล็อกทางกล
- ประตูปลด (released) เป็นประตูที่สามารถเปิดโดยผ่านการควบคุมบริเวณประตู (local) หรือส่วนกลาง (central)

ข. การปิดประตูและล็อก

อุปกรณ์ควบคุมประตูจะต้องช่วยให้พนักงานรถไฟปิดและล็อกประตูทุกบานก่อนที่รถไฟจะออก

เมื่อเกิดการปิดและล็อกประตูส่วนกลางจากการควบคุมที่จุดบริเวณประตู จะยินยอมให้ประตูนี้เปิดออกเมื่อประตูอื่นๆ ปิดและล็อก ระบบควบคุมประตูจะต้องยอมให้พนักงานที่จะปิดและล็อกประตูนี้ก่อนที่จะออกเดินทาง

ประตูจะถูกปิดและล็อก จนกว่าจะถูกปลดล็อกออกตามที่กำหนดในข้อ E ในกรณีของการขัดข้องกำลังที่ใช้ควบคุมประตู ประตูจะถูกล็อกโดยกลไกการล็อก

ค. การล็อกประตูหยุดให้บริการ

พนักงานใช้อุปกรณ์ล็อกทางกลเพื่อล็อกประตูที่หยุดให้บริการ อุปกรณ์นี้จะต้อง

- แยก (isolate) ประตูจากคำสั่งเปิดใดๆ
- ล็อกประตูอัตโนมัติอยู่ในตำแหน่งปิด
- แสดงสถานะของอุปกรณ์ isolate
- อนุญาตให้ประตูถูก by pass โดย “door-closed proving system”

และต้องบ่งบอกถึงการล็อกประตูที่หยุดให้บริการโดยการทำเครื่องหมายที่ชัดเจนตาม TSI PRM

ง. ข้อมูลสำหรับพนักงาน

ระบบพิสูจน์ประตูปิด (door-closed proving system)' จะช่วยให้พนักงานขับสามารถตรวจสอบว่าประตูทุกบานถูกปิดและล็อก

ถ้าอย่างน้อยหนึ่งประตูไม่ได้ถูกล็อก จะต้องมีการแสดงให้เห็นอย่างต่อเนื่องต่อพนักงานขับรถไฟ
การบ่งชี้นี้ต้องให้พนักงานขับรถมาถึงของความผิดปกติ โดยแสดงสัญญาณเตือนทั้งเสียงและภาพ
การล็อกประตูหยุดให้บริการจะอนุญาตให้ถูก by pass โดย “door-closed proving system”

จ. การเปิดประตู

รถไฟต้องจัดให้มีการควบคุมการปลดล็อกประตู เช่นในการหยุดที่แพลตฟอร์ม โดยผู้โดยสารสามารถ
เปิดได้ หรือโดยคำสั่งจากส่วนกลางเมื่อรถไฟหยุดนิ่ง

การควบคุมที่ประตูหรือโดยอุปกรณ์เปิด จะต้องสามารถให้ผู้โดยสารเข้าถึงได้ จากทั้งภายนอกและ
ภายใน

ฉ. ประตู – traction interlock

กำลังที่ใช้ลากจูงต้องใช้เฉพาะเมื่อประตูทุกบานถูกปิดและล็อก โดยสามารถยืนยันผ่านระบบ door-
traction interlock อัตโนมัติ โดยระบบนี้จะต้องป้องกันการเคลื่อนที่ของขบวนรถหากประตูทุกบานไม่ถูก
ปิดและล็อก

ระบบนี้สามารถเปิดใช้งานโดยพนักงานขับรถไฟในสถานการณ์พิเศษ

3.5.1.57 การก่อสร้างระบบประตูภายนอก (Door system construction)

ประตูจะได้รับการติดตั้งหน้าต่างโปร่งใสเพื่อให้ผู้โดยสารสามารถมองเห็นแพลตฟอร์ม

พื้นผิวด้านนอกของตู้โดยสารจะได้รับการออกแบบเพื่อไม่ให้เกิดการ train surf เมื่อประตูถูกปิดและ
ล็อก

เป็นมาตรการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิด train surf ที่จับบนพื้นผิวด้านนอกของระบบประตูจะต้อง
หลีกเลี่ยงหรือได้รับการออกแบบเพื่อไม่สามารถจับเมื่อประตูถูกปิด

ราวจับและที่จับต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้สามารถทนต่อแรงกระทำในระหว่างการใช้งาน

3.5.1.58 ประตูระหว่างตู้ (Inter-unit doors)

เมื่อตู้โดยสารติดตั้งประตูระหว่างตู้ที่ส่วนท้าย จะได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยให้ถูกล็อก

3.5.1.59 คุณภาพอากาศภายใน (Internal air quality)

ในการเดินทางทั่วไป ผู้โดยสารและ/หรือพนักงานจะต้องไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพเนื่องจากคุณภาพ
และปริมาณอากาศภายใน

ระบบระบายอากาศจะต้องรักษาระดับ CO₂ ภายในได้สภาวะการทำงานปกติ

- ระดับ CO₂ จะต้องไม่เกิน 5,000 ppm ในทุกสภาวะการทำงานปกติ

- ในกรณีที่มีการรบกวนการระบายอากาศ เนื่องแหล่งจ่ายไฟหลักหรือระบบขัดข้อง จำเป็นต้องมีการจัดหาฉุกเฉินในการนำอากาศภายนอกเข้าสู่ภายใน

หากมีแบตเตอรี่ช่วยให้การระบายอากาศ จะต้องดำเนินการวัดระยะเวลาในการรักษาระดับ CO₂ ให้ต่ำกว่า 10,000 ppm สมมติว่าจำนวนผู้โดยสารสัมพันธ์กับสภาพบรรทุก “การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกปกติ” ระยะเวลาที่จะได้รับการบันทึกโดยจะต้องไม่น้อยกว่า 30 นาที

- พนักงานรถไฟจะต้องสามารถป้องกันผู้โดยสารในการสัมผัสกับควันที่อาจเกิดขึ้นในอุโมงค์

3.5.1.60 หน้าต่างด้านข้างตัวรถ (Body side windows)

หน้าต่างด้านข้างสามารถเปิดได้โดยผู้โดยสารและไม่สามารถล็อกโดยพนักงานรถไฟ ขนาดของการเปิดจะถูกจำกัดอยู่ที่ขนาดวัตถุทรงลูกบอลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม.

เงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อม

เงื่อนไขทางด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ ทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ

การออกแบบขบวนรถและส่วนประกอบจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของขบวนรถ

พารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อมในหัวข้อนี้ ช่วงตามค่าประกาศจะถูกระบุเพื่อเป็นพื้นฐานของการ ทำงานร่วมกัน

สำหรับพารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อมในช่วงที่นอกเหนือจากที่ประกาศ จะต้องมีการกำหนดช่วงดังกล่าว

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงที่เลือก กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานอาจมีความจำเป็นเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันทางด้านเทคนิคระหว่างขบวนรถไฟและสภาพสิ่งแวดล้อมที่ปรากฏในเครือข่ายรถไฟ

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กฎระเบียบในการเดินรถไฟจะมีความจำเป็นเมื่อขบวนรถที่ได้รับการออกแบบสำหรับช่วงที่กำหนดตามค่าประกาศ ถูกใช้งานในช่วงที่เกินกว่าที่กำหนด

3.5.1.61 ระดับความสูง (Altitude)

ต้องสอดคล้องกับความต้องการของ TSI RST สำหรับช่วงที่กำหนดไว้ใน EN 50125-1:1999 มาตรา 4.2

3.5.1.62 อุณหภูมิ (Temperature)

ต้องสอดคล้องกับความต้องการของ TSI RST ภายในหนึ่ง (หรือหลาย) ของโซนภูมิอากาศ T1 (-25 °C ถึง +40 °C; น้อย) หรือ T2 (-40 °C ถึง +35 °C) หรือ T3 (-25 °C ถึง +45 °C) ตามที่กำหนดใน EN50125-1: 1999 มาตรา 4.3

อุณหภูมิจะนำมาพิจารณาเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบของส่วนประกอบขบวนรถไฟ

3.5.1.63 ความชื้น (Humidity)

ต้องสอดคล้องกับความต้องการของ TSI RST โดยปราศจากการ degrade ระดับความชื้นตามที่กำหนดไว้ใน EN 50125-1:1999 มาตรา 4.4

ผลกระทบจากความชื้นจะนำมาพิจารณาเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบของส่วนประกอบขบวนรถไฟ

3.5.1.64 ฝน (Rain)

ต้องสอดคล้องกับความต้องการของ TSI RST โดยพิจารณาจากอัตราของฝนตามที่กำหนดไว้ใน EN 50125-1:1999 มาตรา 4.6

3.5.1.65 หิมะ น้ำแข็ง และลูกเห็บ (Snow, ice and hail)

ขบวนรถไฟจะต้องตอบสนองความต้องการ ของ TSI โดยไม่เกิดการ degrade สำหรับหิมะ น้ำแข็ง และ ลูกเห็บ ตามที่กำหนดไว้ใน EN 50125-1:1999 มาตรา 4.7 ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขหรือช่วงตามค่าประกาศ

ผลกระทบของหิมะ น้ำแข็งและลูกเห็บ ที่จะต้องพิจารณาเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบของส่วนประกอบและขบวนรถไฟ

ในสภาวะหิมะ น้ำแข็งและลูกเห็บที่รุนแรง การออกแบบขบวนรถไฟและส่วนประกอบเพื่อตอบสนองความต้องการ TSI จะต้องพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

- Snowdrift (หิมะเบาบางเทียบเท่ากับปริมาณน้ำที่ต่ำ) ที่ครอบคลุมรางถึง 80 ซม. อย่างต่อเนื่องเหนือระดับบนของทางรถไฟ

- ผงหิมะ หิมะตกเบาบางที่ตกในปริมาณมาก

- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อุณหภูมิและความชื้นที่เปลี่ยนแปลงในช่วงระยะการเดินรถเที่ยวเดียวทำให้เกิดน้ำแข็งบนขบวนรถไฟ

ในความสัมพันธ์กับโซนภูมิอากาศ T2 และสภาวะ หิมะ น้ำแข็งและ ลูกเห็บที่รุนแรง) ข้อกำหนดต่อไปของ TSI มีความจำเป็น:

- ต้องสามารถกำจัดหิมะในด้านหน้าของรถไฟ

หิมะจะได้รับการพิจารณาว่าเป็นอุปสรรค (obstacle) โดยจากการอ้างอิงตามมาตรฐาน EN 15227 จะได้ว่า:

Obstacle deflector จะต้องมีความเพียงพอที่จะกวาดอุปสรรคเพื่อสร้างทัศนวิสัยที่ชัดเจน โดยถูกออกแบบมาเพื่อที่จะไม่กวาดหิมะขึ้นหรือลง ขอบล่างของ obstacle deflector จะใกล้กับราง

มุม V ในการกวาดไม่เกิน 160° โดยสามารถออกแบบด้วยรูปทรงที่รองรับการทำงานเป็นที่ถึกหิมนอกจากนี้แรงตามทีระบุไว้ในหัวข้อ “การป้องกันภายในตัวรถ” จะถือว่าการเพียงพอเพื่อที่จะกำจัดหิมะ



รูปที่ 3.5-8 แสดง Obstacle deflector

(ที่มา http://members.madasafish.com/~dysgraphyk/156/class156_mods.htm)

3.5.1.66 รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation)

ขบวนรถจะต้องสนองต่อความต้องการของ TSI นี้สำหรับการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่กำหนดไว้ใน EN 50125-1:1999 มาตรา 4.9

3.5.1.67 การต้านทานต่อมลพิษ (Resistance to pollution)

ขบวนรถจะต้องสนองต่อความต้องการของ TSI นี้โดยพิจารณาสภาพแวดล้อมและผลกระทบทางมลพิษที่ก่อขึ้นโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับรายการต่อไปนี้

- สารทางเคมี คลาส 5C2 ของ EN 60721-3-5:1997
- ของเหลวปนเปื้อน คลาส 5F2 (เครื่องยนต์ไฟฟ้า) ของ EN 60721-3-5:1997
- คลาส 5F3 (เครื่องยนต์ความร้อน) ของ EN 60721-3-5:1997
- สารทางชีวภาพ คลาส 5B2 ของ EN 60721-3-5:1997
- ฝุ่นละอองที่กำหนดโดย คลาส 5S2 EN 60721-3-5:1997
- ก้อนหินและวัตถุอื่นๆ เช่น ballast และวัตถุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด 15 มม.

- หยั่วและใบ เกสร แมลงบิน เส้นใย เป็นต้น (การออกแบบของท่อระบายอากาศ)
- ทายตามที่ระบุใน EN 60721-3-5:1997
- ละอองจากทะเล (sea spray) ตามที่ระบุใน EN 60721-3-5:1997 คลาส 5C2

หมายเหตุ: การอ้างอิงถึงมาตรฐานในข้อนี้มีความเกี่ยวข้องเพียงแค่ว่าสำหรับคำจำกัดความของสารที่มีผลก่อให้เกิดมลพิษ

ผลกระทบก่อให้เกิดมลพิษตามที่อธิบายไว้ข้างต้นจะต้องมีการประเมินในขั้นตอนการออกแบบ

3.5.1.68 ผลกระทบด้านอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamic effects)

การวิ่งผ่านของรถไฟทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศที่ไม่คงที่ด้วยแรงดันและความเร็วการไหลที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลกระทบต่อบุคคล วัตถุ อาคารที่ข้างรางรถไฟ และตัวขบวนรถไฟเอง

ผลรวมของความเร็วยานพาหนะและความเร็วลมทำให้เกิดช่วงเวลาที่มีอัตราอากาศพลศาสตร์ที่สามารถส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของขบวนรถไฟ

3.5.1.69 ผลกระทบจากการไหลของลมต่อผู้โดยสารบนชานชาลา (Slipstream effects on passengers on platform)

ขบวนรถไฟที่วิ่งในที่โล่งที่มีความเร็วสูงสุด v_{tr} มากกว่า 160 กิโลเมตร/ชั่วโมงจะต้องไม่ทำให้เกิดความเร็วลมเกินค่า $u_{2\sigma} = 15.5$ m/s ที่ความสูง 1.2 เมตรเหนือแพลตฟอร์ม และที่ระยะห่างจาก 3.0 เมตรจากศูนย์กลางราง

3.5.1.70 ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง (Slipstream effects on workers at the track side)

ขบวนรถไฟที่วิ่งในที่โล่งที่มีความเร็วสูงสุด v_{tr} มากกว่า 160 กิโลเมตร/ชั่วโมงจะต้องไม่ทำให้เกิดความเร็วลมเกินค่า $u_{2\sigma} = 20$ m/s บริเวณข้างรางวัดที่ความสูง 1.2 เมตรเหนือส่วนบนของราง และที่ระยะห่างจาก 3.0 เมตรจากศูนย์กลางราง

3.5.1.71 การสั่นกดของหัวรถจักร (Head pressure pulse)

การสวนกันของรถไฟสองขบวนทำให้เกิดภาวะด้านอากาศพลศาสตร์บนแต่ละขบวน ความต้องการดังที่แสดงเกี่ยวกับการสั่นกดของหัวรถจักรในที่โล่งจะช่วยให้กำหนดภาวะด้านอากาศพลศาสตร์ในระหว่างการสวนกันของรถไฟ ที่จะต้องพิจารณาสำหรับการออกแบบขบวนรถไฟที่มีระยะห่างระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟทั้งสอง 4 เมตร

ขบวนรถไฟที่วิ่งด้วยความเร็วสูงกว่า 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในที่โล่งจะต้องไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดัน peak-peak สูงสุดเกินค่า $\Delta p_{2\sigma} = 720$ Pa วัดในช่วงของความสูงระหว่าง 1.5 เมตร และ 3.3 เมตรเหนือด้านบนของรางรถไฟ และที่ระยะทาง 2.5 เมตรจากกึ่งกลางของทางรถไฟ

3.5.1.72 ความแปรปรวนของความดันสูงสุดในอุโมงค์ (Maximum pressure variations in tunnels)

สำหรับรถไฟทั่วไป TSI INF ไม่ได้ระบุค่าเป้าหมายใดๆ สำหรับพื้นที่ที่น้อยที่สุดของอุโมงค์ ดังนั้นจึงไม่มีการกำหนดความต้องการที่สอดคล้องกันในระดับขบวนรถไฟของพารามิเตอร์นี้

3.5.1.73 ลมขวาง (Cross wind)

ไม่มีการกำหนดระดับความสอดคล้องที่เกี่ยวกับคุณลักษณะและวิธีการประเมินของลมที่พิจารณาสำหรับการออกแบบขบวนรถไฟ

อุปกรณ์ให้แสงสว่างภายนอกและอุปกรณ์เตือนภัยที่สามารถมองเห็นและได้ยิน

3.5.1.74 ไฟหน้า (Head lights)

สีเขียวจะไม่ถูกนำมาใช้สำหรับไฟภายนอกใดๆ หรือความสว่าง ข้อกำหนดนี้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันความสับสนกับสัญญาณอื่นๆ

ไฟหน้าสีขาวสองดวง จะต้องติดตั้งที่ปลายด้านหน้าของรถไฟเพื่อที่จะให้พนักงานขับรถไฟมองเห็น

ไฟหน้าเหล่านี้จะถูกจัดเรียงบนแกนนอน ที่ระดับความสูงเหนือรางระดับเดียวกัน สมมาตรกับเส้นกึ่งกลางทางและห่างกันต่ำสุดที่ 1,000 มม. โดยทั่วไปจะติดตั้งอยู่ระหว่าง 1,500 และ 2,000 มม. เหนือระดับทางรถไฟ

สีของไฟหน้าให้สอดคล้องตาม สีขาวคลาส A หรือ สีขาวคลาส B ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน CIE S 004

ไฟหน้าจะต้องจัดให้มี 2 ระดับความเข้มส่องสว่าง : ไฟต่ำ และ ไฟเต็ม

สำหรับ ไฟจาง ความเข้มส่องสว่าง ของไฟหน้า วัดตามแกน แสงของโคมไฟให้เป็นไปตามค่าที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN 15153-1:2007 ข้อ 5.3.5 ตาราง ที่ 2 บรรทัดแรก

สำหรับ ไฟต่ำ ความเข้มส่องสว่างของไฟหน้าวัดตามแกนแสงของหลอดไฟให้เป็นไปตามค่าที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN 15153-1:2007 มาตรา 5.3.5 ตารางที่ 2 บรรทัดแรก

3.5.1.75 ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)

สำหรับตู้รถไฟที่มีห้องพนักงานขับ ไฟบอกจุดตำแหน่งสามดวงสีขาวจะต้องติดตั้งที่ปลายด้านหน้าของรถไฟเพื่อให้รถไฟสามารถได้รับการมองเห็น

ไฟบอกจุดตำแหน่งสองดวงจะต้องจัดเรียงบนแกนนอนที่ระดับความสูงเหนือทางรถไฟและสมมาตรระหว่างกึ่งกลางของทางรถไฟ ที่ระยะห่างจากกันต่ำสุดอย่างน้อย 1,000 มม. โดยทั่วไปจะติดตั้งอยู่ระหว่าง 1,500 และ 2,000 มม. เหนือระดับทางรถไฟ

ไฟบอกจุดตำแหน่งดวงที่สามจะติดตั้งกึ่งกลางเหนือจากสองหลอดไฟแรกด้วยระยะห่างแนวตั้งขั้นต่ำ 600 มม. และสามารถใช้ส่วนประกอบเดียวกันทั้งไฟหน้าและไฟบอกจุดตำแหน่ง

สีของไฟบอกจุดตำแหน่งให้สอดคล้องตาม สีขาวคลาส A หรือ สีขาวคลาส B ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน CIE S 004

ความเข้มส่องสว่างของไฟบอกจุดตำแหน่งให้ยึดตาม EN 15153-1:2007 มาตรา 5.4.4

3.5.1.76 ไฟท้าย (Tail lights)

ไฟท้ายสีแดงสองดวงจะติดตั้งที่ปลายด้านหลังของรถไฟเพื่อให้สามารถมองเห็นรถไฟได้

ไฟท้ายอาจจะเป็นแบบพวกพาทาหาชนิดของหลอดไฟแบบพวกพาทาที่จะใช้จะได้รับการอธิบายไว้ในเอกสารทางเทคนิคและการทำงานจะได้รับการตรวจสอบด้านการออกแบบและการทดสอบ type test

ไฟท้ายจะจัดเรียงในแกนนอนที่ระดับความสูงเหนือระดับทางรถไฟและสมมาตรระหว่างกึ่งกลางของทางรถไฟ ที่ระยะห่างจากกันต่ำสุดอย่างน้อย 1,000 มม. โดยทั่วไปจะติดตั้งอยู่ระหว่าง 1,500 และ 2,000 มม. เหนือระดับทางรถไฟ

สีของไฟท้ายให้เป็นไปตาม EN 15153-1:2007 มาตรา 5.5.3

ความเข้มส่องสว่างของไฟท้ายจะต้องสอดคล้องกับ EN 15153-1:2007 มาตรา 5.5.4

3.5.1.77 การควบคุมโคมไฟ (Lamp controls)

สำหรับตู้รถไฟที่มีห้องพนักงานขับ เป็นไปได้ที่พนักงานขับจะควบคุม ไฟหน้า ไฟบอกจุดตำแหน่งและไฟท้ายจากตำแหน่งการขับปกติ การควบคุมนี้อาจจะใช้คำสั่งที่เป็นอิสระหรือการรวมกันของคำสั่ง

3.5.1.78 แตร (Horn)

รถไฟจะได้รับการติดตั้งแตรเตือนเพื่อให้สามารถได้ยินเสียงรถไฟ และไม่คล้ายกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตือน

การทำงานของแตรเตือนจะต้องปล่อยอย่างน้อยหนึ่งในเสียงต่อไปนี้

- เสียงที่ 1: ความถี่พื้นฐานเป็น $660 \text{ Hz} \pm 30 \text{ Hz}$ (สูง)
- เสียงที่ 2: ความถี่พื้นฐานเป็น $370 \text{ Hz} \pm 20 \text{ Hz}$ (ต่ำ)

3.5.1.79 ระดับความเข้มเสียงแตรสำหรับเตือน (Warning horn sound pressure levels)

ระดับแรงดันเสียงโน้ต C ที่สร้างโดยแตรจะมีค่าระหว่าง 115 dB และ 123 dB ตามที่กำหนดไว้ใน EN 15153-2:2007 มาตรา 4.3.2

3.5.1.80 การป้องกัน (Protection)

แตรเตือนและระบบการควบคุมจะได้รับการออกแบบหรือป้องกันเพื่อให้สามารถรักษาการทำงานเมื่อถูกรบกวนจากวัตถุในอากาศเช่น เศษหิน ฝุ่นละออง หิมะ ลูกเห็บ หรือนก

3.5.1.81 การควบคุมแตร (Horn control)

พนักงานขับต้องสามารถเปิดเสียงเตือนที่ได้ยินดังระบุในหัวข้อ “ห้องคนขับและอินเตอร์เฟสระหว่างคนขับและเครื่องจักร” ของ TSI นี้

การลากและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของระบบลากจูงรถไฟ คือ เพื่อให้แน่ใจว่ารถไฟจะสามารถทำงานที่ความเร็วต่างๆ จนถึงความเร็วสูงสุดที่ให้บริการ ปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลาก คือ กำลังลากจูง องค์ประกอบและมวลของรถไฟ การยึดเกาะ การลาดเอียงของทาง และความต้านทานการวิ่งของตู้รถไฟ

ประสิทธิภาพการลากจูงสามารถหาได้จากความเร็วสูงสุดและลักษณะรูปแบบของแรงที่ใช้ลาก (แรงที่ขบล้อ = F (ความเร็ว))

ดังนั้นการกำหนดตารางเวลา timetable จะประกอบด้วย ความเร็วสูงสุดที่ให้บริการ ลักษณะรูปแบบของแรงที่ใช้ลาก และความต้านทานการวิ่งของตู้รถไฟ

3.5.1.82 ความต้องการด้านสมรรถนะ (Requirements on performance)

รูปแบบของแรงที่ใช้ลาก (แรงที่ขบล้อ = F (ความเร็ว)) จะถูกกำหนดโดยการคำนวณ ความต้านทานการวิ่งของตู้รถไฟจะหาจากการคำนวณสำหรับสภาพการบรรทุกแบบ “การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกปกติ”

การออกแบบความเร็วสูงสุดจะใช้ข้อมูลจากกรณีสภาพการบรรทุกแบบ “การออกแบบมวลภายใต้อัตราน้ำหนักบรรทุกปกติ” บนทางปกติ

3.5.1.83 แหล่งจ่ายพลังงาน (Power supply)

ความต้องการสำหรับขบวนรถไฟในหัวข้อนี้จะเกี่ยวข้องกับการอินเตอร์เฟสกับระบบย่อยพลังงาน

TSI ENE สำหรับระบบย่อยพลังงานได้กำหนดสำหรับ 4 ระบบ คือ AC 25 kV 50 Hz AC 15 kV 16.7 Hz ระบบ DC 3 kV หรือ 1.5 kV นอกจากนั้นยังรูปทรงของ pantograph head ที่มีความยาว 1,600 มม. หรือ 1,950 มม.

3.5.1.84 การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Operation within range of voltages and frequencies)

ขบวนรถไฟจะต้องสามารถทำงานอย่างน้อยหนึ่งระบบในหัวข้อ “แรงดันไฟฟ้าและความถี่” ซึ่งกำหนดไว้ใน TSI ENE

ค่าที่แท้จริงของแรงดันไฟฟ้าจะสามารถอ่านได้ในห้องคนขับ

3.5.1.85 การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง (Regenerative brake with energy to the overhead contact line)

ขบวนรถไฟที่จ่ายคืนพลังงานไฟฟ้ากลับไปยังสายป้อนเหนือรางจะต้องปฏิบัติตามมาตรา 12.1.1 ของ EN 50388:2005 และต้องเป็นไปได้ในการป้องกันการใช้เบรกจ่ายคืนพลังงาน

3.5.1.86 พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง (Maximum power and current from the overhead contact line)

ขบวนรถไฟที่มีกำลังสูงกว่า 2 เมกะวัตต์ จะต้องได้รับการติดตั้งฟังก์ชันเพื่อจำกัดกระแสไฟฟ้าตามที่กำหนดในมาตรา 7.3 ของ EN 50388:2005

ขบวนรถไฟจะได้รับการติดตั้งการควบคุมแบบอัตโนมัติสำหรับกระแสภายใต้การทำงานที่ผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าตามที่กำหนดในมาตรา 7.2 ของ EN 50388:2005

3.5.1.87 กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง (Maximum current at standstill for DC systems)

สำหรับระบบ DC กระแสสูงสุดขณะรถหยุดนิ่ง/สาลี่ (pantograph) จะถูกคำนวณและตรวจสอบโดยการวัด ค่าขีดจำกัดถูกระบุไว้ในหัวข้อ “ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง” ของ TSI ENE

3.5.1.88 เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)

ข้อมูลเพาเวอร์แฟกเตอร์ (PF) จะถูกกำหนดในภาคผนวก G ของ TSI ENE ดังนี้

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Power) ที่สาลี่

- P มากกว่า 2 MW ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์จะต้องมากกว่า 0.95
- P น้อยกว่า 2 MW ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์จะต้องมากกว่า 0.85

3.5.1.89 การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ (System energy disturbances)

ขบวนรถไฟจะไม่ก่อให้เกิดแรงดันเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ และปรากฏการณ์อื่นๆ ที่อธิบายไว้ใน EN50388: 2005 มาตรา 10.1 (ผลจากฮาร์โมนิกและไดนามิกส์)

การประเมินการทำงานร่วมกันได้จะต้องทำตามวิธีการที่กำหนดไว้ในมาตรา 10.3 ของ EN 50388:2005 ขั้นตอนและสมมติฐานที่อธิบายไว้ในตาราง 6 ใน EN50388: 2005 ต้องได้รับการกำหนดโดยผู้ใช้ โดยคำนึงถึงข้อมูลที่กำหนดในภาคผนวก D ของมาตรฐานเดียวกัน เกณฑ์การยอมรับให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรา 10.4 ของ EN 50388:2005

3.5.1.90 การวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption measuring function)

หากมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า จะต้องสอดคล้องกับความต้องการในภาคผนวก D ของ TSI นี้ อุปกรณ์นี้สามารถใช้ในการเก็บค่าใช้ไฟและได้รับการยอมรับสำหรับทุกประเทศสมาชิกในเครือข่ายรถไฟ

3.5.1.91 ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย (Requirements linked to pantograph)

(ก) ช่วงการทำงานด้านความสูงของสาย

ความสูงของการสัมผัสกับสายป้อน

การติดตั้งบนขบวนรถไฟจะต้องยอมให้มีการเชื่อมต่อกับสายป้อนอย่างน้อยหนึ่งเส้นที่ความสูงระหว่าง

- 4,800 มม. และ 6,500 มม. เหนือทางรถไฟในแนวระดับที่ออกแบบสอดคล้องกับ gauge GC

- 4,500 มม. และ 6,500 มม. เหนือทางรถไฟในแนวระดับที่ออกแบบสอดคล้องกับ gauge GA/GB

ช่วงความสูงขณะใช้งานของสาย

สายที่สามารถใช้ทำงานร่วมกันได้ในเครือข่ายจะมีช่วงการทำงานอย่างน้อย 2,000 มิลลิเมตร คุณสมบัติที่จะได้รับการตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรา 4.2 และ 6.2.3 ของ EN 50206-1:2010

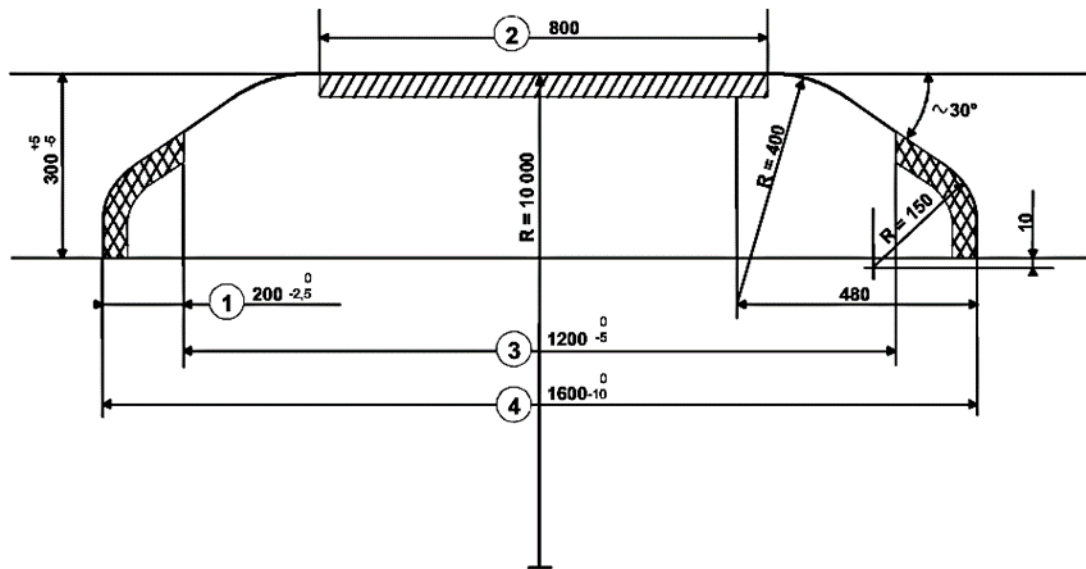
(ข) รูปทรงหัวสาย

อย่างน้อยสายหนึ่งตัวที่จะติดตั้งบนขบวนรถไฟจะต้องมีรูปแบบของหัวสอดคล้องกับหนึ่งในสองคุณสมบัติที่กำหนดไว้ดังนี้

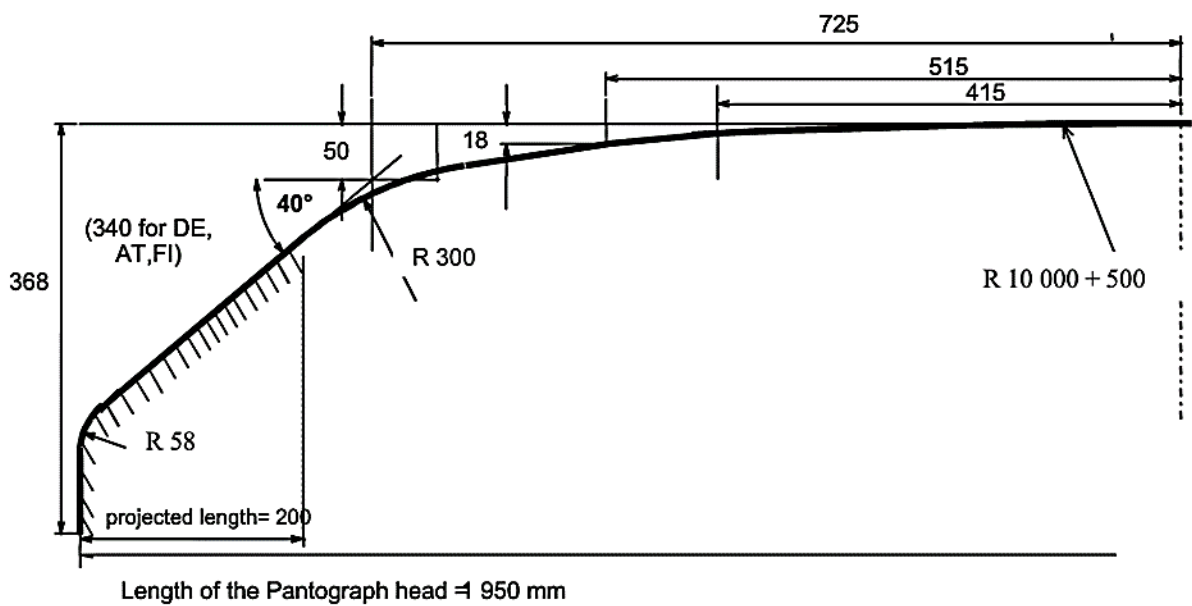
หัวสายที่ติดตั้งแผ่นสัมผัส (contact strip) จะมีต้องสอดคล้องกับแรงสัมผัส 70 N ที่ตรงกึ่งกลางของหัว โดยหัวสายสามารถเอียงได้ตามค่าที่กำหนดไว้ใน EN 50367:2006 มาตรา 5.2

รูปทรงของหัวสายชนิด 1600 mm ต้องสอดคล้องตามที่แสดงใน EN 50367:2006 ดังรูปที่ 3.5-9

รูปทรงของหัวสายชนิด 1950 mm ต้องสอดคล้องตามที่แสดงใน EN 50367:2006 ดังรูปที่ 3.5-10 ด้วยความสูง 340 มม. และช่วงนำไฟฟ้าของหัวสายยาวอย่างน้อย 1,550 มม.



รูปที่ 3.5-9 รูปทรงของหัวสาลี่ชนิด 1600 mm (1) ส่วน horn ทำจากวัสดุที่เป็นฉนวน (2) ระยะต่ำสุดของ contact strip (3) ช่วงนำไฟฟ้าของหัวสาลี่ (4) ความยาวของหัวสาลี่



รูปที่ 3.5-10 รูปทรงของหัวสาลี่ชนิด 1950 mm

(ค) ความจุกระแสไฟฟ้า

สำหรับความจุกระแสไฟฟ้า สายลึงต้องได้รับการออกแบบมาสำหรับกระแสไฟฟ้าที่พิกัดที่ป้อนไปยังตู้รถไฟฟ้าดังระบุในหัวข้อ “พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง”

การวิเคราะห์จะต้องแสดงให้เห็นว่าสายลึงสามารถนำกระแสพิกัด การวิเคราะห์นี้จะรวมถึงการตรวจสอบความต้องการตามมาตรา 6.13.2 ของ EN50206-1: 2010

สายลึงสำหรับระบบไฟฟ้า DC จะได้รับการออกแบบมาสำหรับกระแสสูงสุดขณะหยุดนิ่ง ดังระบุในหัวข้อ “กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง”

3.5.1.92 แถบสัมผัส (Contact strips)

รูปทรง (geometry)

Contact strip จะได้รับการออกแบบรูปทรงให้พอดีกับหัวสายลึงชนิดใดชนิดหนึ่งข้างต้น

วัสดุ (material)

วัสดุที่ใช้ทำแถบสัมผัสจะต้องเข้ากับวัสดุที่ใช้ทำสายป้อนทั้งเชิงกลและไฟฟ้าเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการขัดถูที่เกินพอดีของพื้นผิวสายป้อน ซึ่งช่วยลดการสึกหรอของทั้งสองส่วน

สำหรับ contact strip ที่ใช้ในระบบไฟฟ้า AC วัสดุที่ใช้จะเป็นคาร์บอน

สำหรับ contact strip ที่ใช้ในระบบไฟฟ้า DC วัสดุที่ใช้จะเป็นคาร์บอนธรรมดา วัสดุที่ฉาบด้วยคาร์บอนหรือ ทองแดงที่ฉาบด้วยคาร์บอน หากเป็นวัสดุโลหะจะต้องได้รับอนุญาตโดยจะต้องไม่เกิน 40 % โดยน้ำหนัก

สำหรับ contact strip ใช้ทั้งระบบ AC และ DC คาร์บอนธรรมดาจะได้รับอนุญาต

คุณลักษณะ (characteristics)

Contact strip เป็นส่วนประกอบของหัวสายลึงที่สามารถเปลี่ยนทดแทนได้ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสึกหรอได้

3.5.1.93 แรงสถิตที่กระทำบนแถบสัมผัส (Pantograph static contact force)

เป็นแรงที่กระทำในแนวตั้ง ดันขึ้นโดยหัวสายลึงต่อสายป้อน จากยกตัวของสายลึงขณะที่รถที่หยุดนิ่ง โดยต้องสามารถปรับในช่วงต่อไปนี้

- 60 N เพื่อ 90 N สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ
- 90 N เพื่อ 120 N สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสตรง 3 กิโลโวลต์
- 70 N เพื่อ 140 N สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสตรง 1.5 กิโลโวลต์

3.5.1.94 แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรมเคลื่อนที่ (Pantograph contact force and dynamic behavior)

แรงสัมผัสเฉลี่ย F_m คือค่าเฉลี่ยเชิงสถิติของแรงที่กระทำบนสายที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบสถิติและอากาศพลศาสตร์

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงนี้คือ ตัวสายเอง ตำแหน่งในรถไฟ ส่วนต่อขยายในแนวตั้ง และขบวนรถไฟฟ้าที่สายติดตั้งอยู่

ขบวนรถไฟและสายถูกออกแบบมาเพื่อออกแรง F_m บนสายป้อนในช่วงที่ระบุในหัวข้อ “พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า” ของ TSI ENE เพื่อให้แน่ใจว่าไม่เกิดการ arcing เกินควร และการจำกัดการสีกหรือและอันตรายต่อแผ่นสัมผัส contact strip การปรับแรงสัมผัสนี้ ทำได้เมื่อมีการทดสอบแบบไดนามิกส์

การตรวจสอบในระดับของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะตรวจสอบการพฤติกรรมแบบไดนามิกส์ของสาย และความสามารถในการเก็บรวบรวมกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือรางที่สอดคล้องกับ TSI

การตรวจสอบระดับระบบย่อยขบวนรถไฟจะต้องยินยอมให้มีการปรับแรงสัมผัสโดยคำนึงถึงผลกระทบเชิงอากาศพลศาสตร์จากขบวนรถไฟและตำแหน่งของสายบนตู้รถไฟฟ้า

3.5.1.95 การจัดวางสาย (Arrangement of pantographs)

จะยอมให้สายมากกว่าหนึ่งตัวสัมผัสกับสายป้อนพร้อมกันในชั่วขณะหนึ่ง โดยจำนวนของสายและระยะห่างของสายจะต้องได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการดึงกระแสไฟฟ้าตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรมการเคลื่อนที่”

ที่ระยะห่างของสาย 2 ตัวติดกันของตู้รถไฟที่ประเมินจะต้องมีระยะห่างน้อยกว่าที่แสดงไว้ในหัวข้อ “pantograph spacing” ใน TSI ENE ตามการออกแบบชนิดของระยะห่างสายป้อนเหนือราง (A, B หรือ C) หรือเมื่อสายมากกว่าหนึ่งตัวสัมผัสกับสายป้อนพร้อมกันในชั่วขณะหนึ่งก็ต้องแสดงให้เห็นโดยการทดสอบว่าคุณภาพขั้นต่ำตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรมการเคลื่อนที่”

3.5.1.96 การวิ่งผ่านส่วนแยกเฟสหรือระบบ (Running through phase or system separation sections)

รถไฟจะได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถที่จะเคลื่อนย้ายระหว่างระบบแหล่งจ่ายไฟที่อยู่ใกล้เคียงกันโดยไม่เกิดการ bridging ระหว่างระบบหรือเฟส

เมื่อวิ่งผ่านส่วนแยกเฟส จะต้องมีการลดระดับการใช้พลังงานของตู้รถไฟให้เป็นศูนย์ตามที่กำหนดใน TSI ENE

สำหรับขบวนรถไฟที่ออกแบบมาให้ใช้กับระบบไฟฟ้าหลายระบบ เมื่อวิ่งผ่านส่วนแยกระบบจะต้องสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติ

3.5.1.97 การฉนวนสายจากขบวนรถไฟ (Insulation of pantograph from the vehicle)

สายที่ถูกลดระดับบนตู้รถไฟฟ้าจะต้องแน่ใจว่าได้ทำการฉนวนจากดิน (earth) และต้องป้องกันได้กับแรงดันทุกระบบ

3.5.1.98 การลดระดับของสาย (Pantograph lowering)

ตู้รถไฟฟ้าจะได้รับการออกแบบมาเพื่อลดระดับสายในช่วงเวลาตามความต้องการที่ระบุใน EN50206-1:2010 มาตรา 4.7 (3 วินาที) และระยะฉนวนแบบไดนามิกส์ตาม EN 50119:2009 ตารางที่ 2 โดยเริ่มต้นจากพนักงานขับรถหรือฟังก์ชันควบคุมรถไฟ สายจะลดระดับไปยังตำแหน่งที่เก็บในเวลาไม่น้อยกว่า 10 วินาที

หากตู้รถไฟฟ้าติดตั้งอุปกรณ์ automatic dropping device (ADD) ที่ช่วยลดระดับในกรณีเกิดความผิดพลาดของหัวสาย ADD จะต้องสอดคล้องตามความต้องการมาตรา 4.8 ของ EN50206-1: 2010

3.5.1.99 การป้องกันระบบไฟฟ้า (Electrical protection of the train)

ขบวนรถไฟฟ้าจะได้รับการปกป้องการลัดวงจรภายใน โดยตำแหน่งที่ตั้งของเบรกเกอร์หลักจะต้องเป็นที่ป้องกันอุปกรณ์แรงดันสูงบนรถไฟ รวมถึงการเชื่อมต่อไฟฟ้าแรงสูงระหว่างตู้รถไฟฟ้า สาย เบรกเกอร์หลัก และจุดเชื่อมต่อไฟฟ้าแรงสูงระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ จะต้องตั้งอยู่บนตู้รถไฟฟ้าเดียวกัน

เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า การควบคุมเบรกเกอร์หลักคือฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย โดยที่ระดับความปลอดภัยที่จำเป็นยังไม่มีข้อสรุป

ตู้รถไฟฟ้าต่างๆ จะป้องกันตัวเองจากแรงดันไฟฟ้าเกินที่ผิดปกติทั้งในช่วงเวลาสั้นจนถึงชั่วคราว และเมื่อเกิดกระแส fault สูงสุด เพื่อตอบสนองความต้องการนี้ การออกแบบการป้องกันไฟฟ้าที่ทำงานประสานกันจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดในมาตรฐาน EN 50388:2005 มาตรา 11 “การประสานงานของการป้องกัน coordination of protection” ดังแสดงในตารางที่ 3.5-11

ตารางที่ 3.5-11 การทำงานของเบรกเกอร์ต่างๆ เมื่อเกิด fault ภายในตู้รถไฟฟ้า (TSI ENE)

ระบบจ่ายพลังงาน	ลำดับการทำงาน tripping	
	เบรกเกอร์ที่ substation	เบรกเกอร์ภายในรถ
AC 25 kV, 50 Hz	ทันที	ทันที
AC 15 kV, 16.7 Hz	ทันที	ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง: staged
	ทันที	ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง: ทันที
DC 750 V, 1.5 kV และ 3 kV	ทันที	ทันที

3.5.1.100 ระบบลากดีเซลและอื่นๆ (Diesel and other thermal traction system)

เครื่องยนต์ดีเซลต้องสอดคล้องกับกฎหมายของสหภาพยุโรปที่เกี่ยวข้องกับไอเสีย (องค์ประกอบและขีดจำกัด)

3.5.1.101 การป้องกันระบบไฟฟ้าที่เป็นอันตราย (Protection against electrical hazards)

ขบวนรถไฟและส่วนประกอบไฟฟ้าจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อไม่ให้เกิดการสัมผัสไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อมกับเจ้าหน้าที่รถไฟและผู้โดยสาร ทั้งในเหตุการณ์ปกติหรือฉุกเฉิน โดยปฏิบัติตามบทบัญญัติที่อธิบายไว้ในมาตรฐาน EN 50153:2002

ห้องคนขับและอินเตอร์เฟซระหว่างคนขับและเครื่องจักร

3.5.1.102 ห้องคนขับ (Driver's cab)

ห้องคนขับจะได้รับการออกแบบเพื่ออนุญาตให้มีพนักงานขับรถทำการเดินรถไฟคนเดียว นอกจากนี้ระดับเสียงรบกวนสูงสุดที่อนุญาตในห้องคนขับระบุไว้ใน TSI Noise

3.5.1.103 การเข้าและการออกภายนอกขณะใช้งาน (Access and egress in operating conditions)

ห้องพนักงานขับรถจะสามารถเข้าถึงได้จากทั้งสองด้านของรถไฟ 200 มม. จากด้านบนของรางรถไฟ การเข้าถึงจะทำได้ด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยผู้ประตูกายนอกหรือผ่านช่อง (หรือพื้นที่) ที่ด้านหลังของห้องคนขับ

วิธีการสำหรับพนักงานรถไฟในการเข้าและการออกไปข้างนอกห้องคนขับ เช่น ขึ้นบันได จับราว และที่ยึดจับ จะช่วยให้การใช้งานปลอดภัยและสะดวก การออกแบบควรมีรูปแบบที่เหมาะสมกับการทำงาน จะไม่มีขอบคมตามบริเวณทางเข้าออกที่ก่อให้เกิดอุปสรรคสำหรับรองเท้าของพนักงาน

ทางเดินภายนอกจะมีการติดตั้งราวจับและ foot bars เพื่อความปลอดภัยของพนักงานขับ เมื่อเข้าถึงห้องคนขับจากประตูกายนอก

ประตูกายนอกของห้องคนขับเมื่อเปิดแล้วจะไม่กีดขวาง structure gauge และจะต้องมีระยะกันอย่างน้อยเท่ากับ 1,675 × 500 มม. เมื่อเข้าถึงจากขึ้นบันได และ 1,750 × 500 มม. เมื่อเข้าจากระดับพื้น

ประตูภายในที่ใช้โดยพนักงานรถไฟในการเข้าห้องคนขับจะต้องมีระยะกันให้ห่างอย่างน้อย 1,700 × 430 มม.

ห้องคนขับและการเข้าถึงต้องได้รับการออกแบบมาเพื่อให้พนักงานรถไฟสามารถป้องกันไม่ให้ห้องคนขับถูกรบกวนโดยบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่าจะเป็นห้องคนขับจะมีการใช้งานหรือไม่ก็ตาม และพนักงานขับสามารถที่จะออกไปข้างนอกห้องคนขับโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรือปุ่มใด ๆ

การเข้าห้องคนขับจะทำได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายบนรถไฟ ประตุนอกห้องคนขับจะไม่เปิดโดยไม่เจตนา

3.5.1.104 ทางออกฉุกเฉิน (emergency exit)

การอพยพของพนักงานจากห้องคนขับและการเข้าถึงห้องคนขับโดยทีมกู้ภัยจะต้องเป็นไปได้ทั้งสองด้านของรถ โดยใช้ทางออกฉุกเฉิน คือประตุนอก (ดูหัวข้อ “การเข้าและการออกภายนอกขณะใช้งาน”) หรือใช้หน้าต่างด้านข้างหรือช่องฉุกเฉิน

ในทุกกรณีทางออกฉุกเฉินต้องจัดให้มีพื้นที่ว่าง 2,000 ซม. ด้านในมีอย่างน้อย 400 มม. เพื่อระบายผู้ติดค้าง

ภายในห้องคนขับ ตำแหน่งด้านหน้าออกจากห้องไปยังพื้นที่ที่มีความยาวไม่ต่ำกว่า 2 เมตร ความสูงและกว้างอย่างน้อย 1,700 มม. x 430 มม. และพื้นที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง บริเวณดังกล่าวจะบนตัวรถและสามารถใช้พื้นที่เปิดออกไปข้างนอก

3.5.1.105 การมองเห็นด้านหน้า (Front visibility)

ห้องคนขับจะได้รับการออกแบบมาเพื่อให้พนักงานขับรถนั่งอยู่ในตำแหน่งที่ชัดเจนและไม่มีอะไรบังสายตา เพื่อให้เห็นความแตกต่างของสัญญาณทั้งด้านซ้ายและด้านขวาในทางตรงและทางโค้งที่มีรัศมีมากกว่า 300 เมตร

สำหรับหัวรถจักรที่มีห้องคนขับกลาง เพื่อที่จะให้เห็นการแสดงผลของสัญญาณที่อยู่ต่ำ พนักงานขับรถสามารถย้ายไปอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ที่เหมาะสม

3.5.1.106 ด้านหลังและด้านข้าง (Rear and side view)

ห้องคนขับจะได้รับการออกแบบมาเพื่อให้พนักงานขับรถสามารถมองด้านหลังของด้านข้างของรถไฟทั้งสองที่และ ในเวลาเดียวกันสามารถทำการเบรกฉุกเฉิน ซึ่งพนักงานขับรถสามารถทำได้โดย เปิดหน้าต่างด้านข้างหรือแผงด้านข้างทั้งสองของห้องคนขับ ตรวจสอบกระจกภายนอกและระบบกล้อง

ในกรณีใช้หน้าต่างหรือแผงด้านข้าง จะต้องมีความใหญ่พอที่พนักงานขับจะสามารถเอามือผ่านได้

3.5.1.107 รูปแบบภายใน (Interior layout)

รูปแบบการออกแบบภายในของห้องคนขับคำนึงถึงสัดส่วนของพนักงานขับรถ ตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวก E ของมาตรฐาน UIC 651:2002

การเคลื่อนไหวของพนักงานขับรถ จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ

พื้นรถห้องคนขับต้องสอดคล้องกับพื้นที่การทำงานของพนักงานขับรถไฟฟ้า และไม่มีขั้นบันได

รูปแบบภายในจะช่วยให้คนขับสามารถนั่งและยืนควบคุมหัวรถไฟได้

ห้องคนขับจะต้องได้รับการติดตั้งที่นั่งอย่างน้อยหนึ่งที่นั่งตามหัวข้อ “ที่นั่งพนักงานขับ” และนอกจากนี้ยังมีที่นั่งเพิ่มเติมที่หันไปข้างหน้าแต่ไม่ถือว่าเป็นตำแหน่งการขับ

3.5.1.108 ที่นั่งพนักงานขับ (Driver's seat)

ที่นั่งพนักงานขับได้รับการออกแบบในลักษณะที่จะช่วยให้เขาทำงานขับได้อย่างเป็นปกติ ในตำแหน่งที่นั่งโดยคำนึงถึงสัดส่วนของพนักงานขับรถตามที่กำหนดไว้ และทำที่ถูกต้องของการขับรถทางหลักสี่ริ้วทาง

พนักงานขับสามารถปรับตำแหน่งที่นั่งให้เหมาะสมตามตำแหน่งของดวงตาสำหรับการแสดงผลภายนอก ตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “การมองด้านหน้า”

ที่นั่งเองจะไม่เป็นอุปสรรคสำหรับพนักงานขับรถที่จะหลบหนี ในกรณีฉุกเฉิน

การติดตั้งที่นั่งในหัวรถจักรและรถโค้ชจะต้องเผื่อที่ว่างสำหรับตำแหน่งการยืนขับรถ

3.5.1.109 โต๊ะทำงานพนักงานขับรถ (Driver's desk — Ergonomics)

โต๊ะทำงานพนักงานขับรถและอุปกรณ์ในการควบคุมจะได้รับการจัดวางเพื่อให้พนักงานขับจะสามารถอยู่ในท่าทางปกติ สามารถเคลื่อนไหวได้โดยสะดวก โดยคำนึงถึงการวัดสัดส่วนของพนักงานขับรถไฟ

เพื่อให้สามารถแสดงเอกสารที่ต้องที่ใช้ระหว่างการทำงานบนโต๊ะทำงานเสมอ โชนการอ่านต้องมีขนาดความกว้างและสูงไม่ต่ำกว่า 21 ซม. และ สูง 30 ซม. ที่ด้านหน้าของที่นั่งคนขับ

หากการขับรถและ/หรือการเบรกจะใช้คันโยก (รวมหรือแยกออกจากกัน) การขับทำโดยการผลักคันโยกไปข้างหน้าและการเบรกจะทำโดยการดึงคันโยกเข้าหาคนขับรถ

หากมีร่องหรือรอยบากสำหรับการเบรกฉุกเฉิน จะต้องสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนจากตำแหน่งอื่นๆ ของคันโยก

3.5.1.110 การควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของอากาศ (Climate control and air quality)

อากาศในห้องคนขับที่จะได้รับการปรับเพื่อให้ความเข้มข้นของ CO₂ ให้อยู่ในระดับที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “คุณภาพอากาศภายใน”

ที่ตำแหน่งการนั่งขับ ตามที่กำหนดในหัวข้อ “ที่นั่งพนักงานขับ” บริเวณหัวและไหล่คนขับ จะต้องไม่มีการเป่าของอากาศที่เกิดจากระบบระบายอากาศที่มีความเร็วลมเกินค่าขีดจำกัดในระดับที่ยอมรับได้ เพื่อให้แน่ใจว่าสภาพแวดล้อมอากาศเหมาะสมต่อการทำงาน

3.5.1.111 แสงภายใน (Internal lighting)

การให้แสงสว่างทั่วไปในห้องคนขับสามารถควบคุมโดยพนักงานขับรถ ความสว่างจะสูงกว่า 75 ลักซ์ ที่ระดับของโต๊ะทำงานของพนักงานขับ

แสงสว่างอิสระสำหรับโชนโต๊ะทำงานของคนขับโต๊ะจะปรับได้ในระดับที่สูงกว่า 150 ลักซ์

แสงของเครื่องมืออื่นๆ สามารถปรับได้โดยอิสระจากแสงสว่างทั่วไปในห้องคนขับ

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสับสนกับระบบอาณัติสัญญาณภายนอก จะไม่มีไฟสีเขียวในห้องคนขับรถคลาส B ตามที่กำหนดใน TSI CCS

3.5.1.112 กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะทางกล (Windscreen — Mechanical characteristics)

ตำแหน่งการติดตั้งและขนาดของหน้าต่างจะต้องไม่บดบังความสามารถในการมองเห็นภายนอกของพนักงานขับรถไฟ ตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “การมองด้านหน้า”

กระจกหน้ารถสามารถต้านทานผลกระทบจากสิ่งแปลกปลอมตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN15152:2007 มาตรา 4.2.7 และมีความปลอดภัยตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN15152:2007 มาตรา 4.2.9

3.5.1.113 กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะทางแสง (Windscreen — Optical characteristics)

กระจกหน้ารถต้องมีคุณภาพต่อการมองเห็น แสงที่สะท้อนเข้ามาจะไม่เปลี่ยนแปลง แม้ในขณะกระจกถูกทำให้ร้อนเพื่อป้องกันละอองและน้ำค้างแข็ง ข้อหนดอื่นๆ ได้แก่

มุมระหว่างภาพหลัก (primary) และภาพซ้อน (secondary) ระบุไว้ใน EN15152:2007 มาตรา 4.2.2

การบิดเบือนแสง มีการระบุไว้ใน EN15152:2007 มาตรา 4.2.3

หมอกควัน มีการระบุไว้ใน EN15152:2007 มาตรา 4.2.4

การสะท้อนของแสง มีการระบุใน EN15152:2007 มาตรา 4.2.5

Chromaticity มีระบุไว้ใน EN15152:2007 มาตรา 4.2.6

3.5.1.114 กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์ (Windscreen — Equipment)

กระจกหน้ารถจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ละลายการเกาะของน้ำแข็งและการทำความสะอาดภายนอก ภายใต้การควบคุมของพนักงานขับรถ

ตำแหน่ง ชนิดและคุณภาพของอุปกรณ์เหล่านี้ต้องมั่นใจว่าพนักงานขับจะสามารถรักษาระดับความสามารถในการมองภายนอกที่ชัดเจนได้ในสภาพอากาศและสภาพการทำงานได้ทุกขณะ

การป้องกันแสงจากดวงอาทิตย์ทำได้โดยไม่ลดระดับการมองเห็นของพนักงานขับ

3.5.1.115 การควบคุมการทำงานของคนขับ (Driver’s activity control function)

ห้องคนขับรถไฟจะต้องได้รับการติดตั้งการตรวจสอบการทำงานของพนักงานขับ และจะหยุดรถไฟโดยอัตโนมัติเมื่อตรวจสอบได้ว่าพนักงานขับรถไม่ปฏิบัติหน้าที่ วิธีการในการตรวจสอบ ได้แก่

การควบคุมการกระทำของพนักงานขับรถโดยอุปกรณ์เฉพาะ เช่น ปุ่มกด สัมผัส หากมีการขาดการกระทำต่ออุปกรณ์เหล่านี้ในช่วงเวลาที่กำหนด จะสามารถรู้ถึงการละหน้าที่ของพนักงานขับโดยแจ้งสัญญาณที่เรียกว่า a lack of driver's activity ช่วงเวลานี้อยู่ระหว่าง 5 วินาที ถึง 60 วินาที

หากมีการละหน้าที่อย่างสม่ำเสมอมากกว่าหนึ่งครั้งแต่ไม่เกิน 60 วินาที จะทำการเตือนก่อนเพื่อให้ทำการรีเซ็ต ก่อนทำการแจ้งผ่านระบบวิทยุสื่อสาร หากมีการแจ้งดังกล่าวเกิดขึ้น จะตามมาด้วยการเบรกปรกติหรือฉุกเฉิน

3.5.1.116 การวัดความเร็ว (Speed indication)

ระบบนี้และการประเมินผลตามนี้จะถูกระบุไว้ใน TSI CCS

3.5.1.117 หน้าจอแสดงผลการขับ (Driver display unit and screens)

ข้อมูลและคำสั่งที่ให้ไว้ในห้องขับรถเพื่อใช้ในการขับรถ จะถูกแสดงโดยส่วนแสดงผลหรือขึ้นที่หน้าจอ โดยได้รับการออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานที่เหมาะสมและการตอบสนองจากพนักงานขับ

3.5.1.118 การควบคุมและตัวชี้วัด (Controls and indicators)

การใช้ไฟแสดงสถานะทั้งหมด ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้คนขับรถสามารถอ่านได้อย่างถูกต้อง ภายใต้สภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติหรือเทียม

แสงสะท้อนจากไฟแสดงสถานะและปุ่มที่ปรากฏบนหน้าต่างในห้องคนขับจะต้องไม่ยุ่งเกี่ยวกับการมองเห็นของพนักงานขับในตำแหน่งการทำงาน

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสับสนกับระบบอาณัติสัญญาณภายนอก จะไม่มีไฟสีเขียวในห้องขับรถ คลาส B ตามที่กำหนดใน TSI CCS

ข้อมูลเสียงที่เกิดจากอุปกรณ์ภายในส่วนห้องขับรถสำหรับคนขับจะต้องไม่ต่ำกว่า 6 dB(A) อยู่เหนือค่าเฉลี่ยระดับเสียงรบกวนในห้องขับรถที่กำหนดใน TSI noise

3.5.1.119 การติดฉลาก (Labelling)

ข้อมูลต่อไปนี้ จะได้รับการระบุไว้ในห้องขับรถ

- ความเร็วสูงสุด (Vmax)
- หมายเลขประจำตัวของขบวนรถไฟ
- ตำแหน่งของอุปกรณ์พกพา (เช่น อุปกรณ์ช่วยเหลือตนเองและอุปกรณ์แสดงสัญญาณ)
- ทางออกฉุกเฉิน

รูปสัญลักษณ์จะต้องนำมาใช้กับตัวควบคุมและตัวชี้ตำแหน่งในห้องคนขับ

3.5.1.120 การควบคุมระยะไกลจากพื้นดิน (Remote control function)

หากมีการใช้การควบคุมระยะไกลด้วยวิทยุ เพื่อควบคุมตู้รถไฟจากพื้นดินในระหว่างการดำเนินการ shunting สำหรับสินค้า จะต้องได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยให้พนักงานขับสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถไฟได้อย่างปลอดภัยและเพื่อหลีกเลี่ยงจากความผิดพลาดใดๆ

ระบบนี้เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและต้องได้รับการประเมินตามมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ

3.5.1.121 เครื่องมือและอุปกรณ์บนรถ (Onboard tools and portable equipment)

จะต้องมีที่ว่างเพื่อการจัดเก็บอุปกรณ์สำหรับพนักงานขับรถไฟ โดยมีความจำเป็นในสถานการณ์ฉุกเฉิน อันได้แก่

- ตะเกียงไฟสัญญาณที่มีแสงสีแดงและสีขาว
- อุปกรณ์ลัดวงจรสำหรับ track-circuits
- อุปกรณ์เสริมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเบรกหากไม่เพียงพอ ซึ่งขึ้นอยู่กับความลาดชันของทาง
- เครื่องดับเพลิง
- เครื่องช่วยหายใจ

3.5.1.122 บริเวณจัดเก็บอุปกรณ์ส่วนตัวของพนักงาน (Storage facility for staff personal effects)

ห้องคนขับแต่ละขบวนจะได้รับการติดตั้ง

- ตะขอ 2 ชุด สำหรับแขวนเสื้อผ้า
- พื้นที่ว่างสำหรับการจัดเก็บกระเป๋าเดินทาง ขนาด 300 มม. x 400 มม. x 400 มม.

3.5.1.123 เครื่องบันทึกเสียง (Recording device)

รายการของข้อมูลที่จะถูกบันทึกได้กำหนดไว้ใน TSI OPE เพื่อความต้องการสำหรับหน่วยงานสอบสวนในกรณีมีการรายงานเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุ

การป้องกันไฟและการอพยพ

3.5.1.124 การจำแนกประเภทการป้องกันไฟและการอพยพ (categorization)

ขบวนรถไฟที่ใช้ในเครือข่ายจะได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถปกป้องผู้โดยสารและพนักงานบนรถไฟในกรณีที่มีอันตราย เช่น ไฟไหม้บนรถไฟและเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการอพยพและช่วยเหลือในกรณีฉุกเฉิน

ความต้องการสำหรับตู้รถไฟโดยสารประเภท A

- ความต้องการจะเกี่ยวข้องกับขบวนรถไฟ ประเภท A ตามที่ปรากฏใน TSI SRT

- ความต้องการตามหัวข้อ 3.5.1.125 (ความต้องการวัสดุ) ถึง 3.5.1.127 (การอพยพผู้โดยสาร)

ความต้องการสำหรับตู้รถไฟโดยสารประเภท B

- ความต้องการจะเกี่ยวข้องกับขบวนรถไฟ ประเภท A และ B ตามที่ปรากฏใน TSI SRT
- ความต้องการตามหัวข้อ 3.5.1.127 (การอพยพผู้โดยสาร)

ความต้องการสำหรับตู้รถไฟขนส่งสินค้า

- ความต้องการตามข้อกำหนดที่ระบุใน TSI SRT สำหรับใช้กับตู้รถไฟขนส่งสินค้า
- ความต้องการตามหัวข้อ 3.5.1.125 (ความต้องการวัสดุ) และ 3.5.1.126 (มาตรการสำหรับของเหลวที่ติดไฟได้ง่าย) ซึ่งเป็นมาตรการที่เฉพาะเจาะจงสำหรับของเหลวไวไฟ

ความต้องการที่ระบุไว้ใน TSI SRT

รายการต่อไปนี้ให้ภาพรวมของพารามิเตอร์พื้นฐานที่ครอบคลุมโดย TSI SRT ซึ่งสอดคล้องกับ TSI RST นี้

- คุณสมบัติของวัสดุ
- เครื่องดับเพลิงสำหรับผู้โดยสาร
- การป้องกันอัคคีภัยสำหรับรถไฟขนส่งสินค้า
- กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers) สำหรับผู้โดยสาร
- มาตรการเพิ่มเติมสำหรับผู้โดยสารเมื่อเกิดไฟไหม้
- เครื่องตรวจจับไฟ Onboard
- วิธีการสื่อสารบนรถไฟ
- การ override เบรกฉุกเฉิน
- ระบบไฟฉุกเฉินในรถไฟ
- การปิดเครื่องปรับอากาศในรถไฟ
- การออกแบบการหลบหนีของผู้โดยสาร
- บริการข้อมูลช่วยเหลือและการเข้าถึง

3.5.1.125 ความต้องการวัสดุ (Material requirements)

หัวข้อนี้ช่วยเพิ่มเติม TSI SRT หัวข้อ “คุณสมบัติของวัสดุในขบวนรถไฟ” สำหรับรถไฟทั่วไป

นอกจากนี้ยังมีบัญญัติใน TSI SRT เกี่ยวกับคุณสมบัติด้านการเผาไหม้ของวัสดุและการเลือกของชิ้นส่วนที่ได้รับอนุญาตภายหลังการตรวจสอบความสอดคล้องตามมาตรฐาน TS 45545-2:2009 โดยใช้การดำเนินงานที่เหมาะสมตามที่ระบุไว้ใน TS 45545-1:2009

3.5.1.126 มาตรการสำหรับของเหลวที่ติดไฟได้ง่าย (Specific measures for flammable liquids)

ขบวนรถไฟจะต้องมีมาตรการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดไฟไหม้และการแพร่กระจาย เนื่องจากการรั่วไหลของของเหลวไวไฟหรือก๊าซ

3.5.1.127 การอพยพผู้โดยสาร (Passenger evacuation)

หัวข้อนี้แทน TSI SRT หัวข้อ “ทางออกฉุกเฉินผู้โดยสาร”

นิยาม

ทางออกฉุกเฉิน: รถไฟจะปล่อยให้คนที่อยู่ภายในรถไฟออกมาจากรถไฟในกรณีฉุกเฉิน ประตูดผู้โดยสารภายนอกเป็นประเภทหนึ่งของทางออกฉุกเฉิน

เส้นทางผ่าน: พื้นที่ในรถไฟที่สามารถเข้าและออกจากด้านข้างที่ต่างกันและที่ไม่ขัดขวางการเดินทางของผู้โดยสารและพนักงานตามแนวยาวของรถไฟ

พื้นที่ผู้โดยสาร: พื้นที่ที่ผู้โดยสารสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องได้รับการอนุญาต

ช่อง: พื้นที่ผู้โดยสารหรือพื้นที่พนักงานที่ไม่สามารถใช้เป็นเส้นทางผ่านสำหรับผู้โดยสารหรือพนักงานตามลำดับ

ความต้องการ

ทางออกฉุกเฉินต้องจัดให้และชี้ให้เห็น

ทางออกฉุกเฉินจะสามารถเปิดได้โดยผู้โดยสารรถไฟจากภายใน

เมื่อเปิดแต่ละทางออกฉุกเฉินจะต้องมีการเปิดอย่างน้อย 700 มม. x 550 มม.

ที่นั่งหรือสิ่งอำนวยความสะดวกผู้โดยสาร (โต๊ะ เติียง) อาจจะอยู่ในเส้นทางไปสู่ทางออกฉุกเฉินตราบใดที่ไม่ขัดขวางการใช้ทางออกฉุกเฉิน

ทุกประตูจะได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยเปิดฉุกเฉินซึ่งจะช่วยให้ใช้เป็นทางออกฉุกเฉิน

จากสถานที่ที่อยู่ภายในเส้นทางผ่าน แต่ละประตูภายนอกจะสามารถเข้าถึงได้ภายใน 16 เมตร ตามแนวแกนตามยาวของรถ

สำหรับตู้เสบียง ทางออกฉุกเฉินจะต้องตั้งอยู่ภายใน 16 เมตรจากแต่ละสถานที่ภายในตู้เสบียง ตามแนวยาวของรถไฟ

สำหรับต้นนอนทุกตัว จะต้องมียางออกฉุกเฉิน

ยกเว้นห้องน้ำและพื้นที่จัดเก็บกระเป๋าสเดินทาง ไม่มีส่วนใดภายในห้องโดยสารที่อยู่ห่างจากทางออกฉุกเฉินกว่า 6 เมตร วัดตามแนวแกนตามยาวของรถ สำหรับทางออกฉุกเฉินในห้องโดยสาร จะต้องมียางเสริมเพิ่มเติมที่จะช่วยให้การอพยพที่ปลอดภัยและรวดเร็วหากระยะระหว่างจุดต่ำสุดของทางออกฉุกเฉินกับด้านบนของทางรถไฟเกิน 1.8 เมตร

รถไฟได้รับการออกแบบ เพื่อบรรทุกผู้โดยสารไม่เกิน 40 คน จะต้องมียางออกฉุกเฉินอย่างน้อย 2 ช่องทาง

รถไฟได้รับการออกแบบ เพื่อบรรทุกผู้โดยสารมากกว่า 40 คน จะต้องมียางออกฉุกเฉินอย่างน้อย 3 ช่องทาง

รถไฟโดยสารทุกขบวนจะต้องมียางออกฉุกเฉินอย่างน้อย 1 ช่องทางในแต่ละด้านของรถไฟ

3.5.1.128 กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers)

หัวข้อนี้ช่วยเพิ่มเติม TSI SRT หัวข้อ “กำแพงป้องกันไฟสำหรับผู้โดยสาร” สำหรับรถไฟทั่วไป

นอกจากบทบัญญัติใน TSI SRT แล้ว สำหรับความปลอดภัยจากไฟประเภท B การใช้พาร์ทิชันเต็มแนวขวางภายในพื้นที่ผู้โดยสาร/พนักงาน สามารถแทนด้วยการใช้มาตรการป้องกันการแพร่กระจายของไฟ fire spreading prevention measures (FSPM) :

FSPM จะนำมาใช้แทนพาร์ทิชัน ต้องแสดงให้เห็นว่า:

- แน่ใจว่าไฟและควันไม่กระจายตัวในระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายในช่วงระยะที่มากกว่า 28 เมตร ภายในพื้นที่ผู้โดยสาร/พนักงาน อย่างน้อย 15 นาทีหลังจากที่เริ่มการเกิดเพลิงไหม้
- จะติดตั้งในตู้รถไฟที่มีผู้โดยสารและ/หรือพนักงาน
- ให้ความปลอดภัยกับผู้โดยสารรถไฟเทียบเท่ากับพาร์ทิชัน 15 นาทีซึ่งจะมีการทดสอบตามที่กำหนดใน EN 1363-1:1999 และสมมติว่าไฟสามารถเริ่มต้นจากด้านข้างของพาร์ทิชัน

หาก FSPM อาศัยความน่าเชื่อถือและความพร้อมของระบบหรือฟังก์ชัน ระดับความปลอดภัยจะต้องนำมาพิจารณาในการสาธิต

การบริการ (Servicing)

การซ่อมแซมเล็กน้อยเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อความปลอดภัยในการทำงานระหว่างการบำรุงรักษาใหญ่ ซึ่งจะต้องสามารถทำได้ขณะที่รถไฟห่างจากฐาน

3.5.1.129 การทำความสะอาดกระจกหน้ารถไฟห้องคนขับ (Cleaning of driver's cab windscreen)

หน้าต่างด้านหน้าของห้องคนขับจะต้องทำความสะอาดจากภายนอก โดยไม่จำเป็นต้องถอดชิ้นส่วนใดๆ

3.5.1.130 การทำความสะอาดภายนอกผ่านโรงทำความสะอาด (Exterior cleaning through a washing plant)

การทำความสะอาดภายนอกผ่านโรงทำความสะอาดต้องการควบคุมความเร็วของรถไฟระหว่าง 2 กม./ชม. และ 5 กม./ชม.

3.5.1.131 ระบบการปล่อยน้ำ (Toilet discharge system)

มีการอินเตอร์เฟซกับระบบจ่ายน้ำ

3.5.1.132 อุปกรณ์เติมน้ำ (Water refilling equipment)

น้ำที่จ่ายให้กับรถไฟบนเครือข่ายทำงานร่วมกัน ต้องได้สอดคล้องกับ Directive 98/83/EC ตามที่ระบุไว้ใน TSI INF

อุปกรณ์กักเก็บน้ำบนรถจะต้องไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของผู้โดยสาร ข้อกำหนดนี้จะถือว่าเหมาะสมโดยการประเมินการวางท่อและวัสดุและคุณภาพการเชื่อมต่อท่อ วัสดุต้องมีความเหมาะสมกับการขนส่งและปริมาณน้ำที่เก็บรักษาต้องเพียงพอต่อการบริโภค

3.5.1.133 ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการทรงตัว (Special requirements for stabling of trains)

หากตู้รถไฟติดตั้งแหล่งจ่ายไฟที่กำหนดให้มีการจ่ายไฟฟ้าขณะปกติ จะต้องสอดคล้องกับระบบไฟฟ้าดังต่อไปนี้

- สายป้อน ดูหัวข้อ “ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย”
- ชนิดของแรงดัน UIC 552 (AC 1 กิโลโวลต์ , AC/DC 1.5 กิโลโวลต์, DC 3 กิโลโวลต์)
- แหล่งจ่ายไฟภายนอก

3.5.1.134 อุปกรณ์เติมเชื้อเพลิง (Refueling equipment)

หากตู้รถไฟติดตั้งระบบเติมน้ำมันเช่น ขบวนรถไฟที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล อุปกรณ์นี้จะต้องสอดคล้องตามความต้องการของมาตรฐาน UIC 627-2: 1980

เอกสารสำหรับดำเนินการเดินรถและซ่อมบำรุง

การทำเอกสารเป็นส่วนหนึ่งของไฟล์ทางเทคนิค (technical file) ซึ่งรวบรวมโดยหน่วยงานตรวจสอบภายนอก (notified body) และคู่กับเอกสารยืนยันตามการตรวจสอบตามประกาศ EC (EC declaration of verification)

เอกสารนี้เป็นส่วนหนึ่งของไฟล์ทางเทคนิคที่จะติดอยู่กับผู้ยื่นสมัครและจะถูกเก็บไว้โดยผู้สมัครตลอดอายุการใช้งานของระบบย่อย

3.5.1.135 ข้อมูลทั่วไปด้านเอกสาร (General documentation)

การทำเอกสารต้องประกอบด้วย

- รูปภาพทั่วไป
- แผนภาพวงจรไฟฟ้า นิวแมติก และไฮดรอลิก แผนภาพการควบคุมวงจรที่จำเป็นในอธิบายหน้าที่และการทำงานของระบบที่เกี่ยวข้อง
- รายละเอียดของระบบคอมพิวเตอร์บนรถไฟ ซึ่งรวมรายละเอียดของการทำงานของการทำงานเชื่อมต่อข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลและโปรโตคอล
- ความสมดุลของน้ำหนัก ด้วยสมมติฐานของโหลดตามที่กำหนดในหัวข้อ “เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก”
- เพลาน้ำหนัก และระยะห่างของเพลตามที่กำหนด ในหัวข้อ “น้ำหนักเพล” และ “น้ำหนักล้อ”
- รายงานการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการทำงานแบบไดนามิกส์ รวมทั้งการบันทึกการทดสอบด้านคุณภาพตามที่กำหนดในหัวข้อ “พฤติกรรมเคลื่อนที่ขณะวิ่ง”
- สมมติฐานนำไปประเมินโหลด เนื่องจากการวิ่งของโบกี้ ตามที่กำหนดในหัวข้อ “การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame”
- ประสิทธิภาพการทำงานของเบรก ตามที่กำหนด ในหัวข้อ “ความต้องการทั่วไปสำหรับประสิทธิภาพการเบรก”
- ประเภทของห้องสุขา ลักษณะการใช้งาน การทำความสะอาด ระบบบำบัดน้ำที่ปล่อยออกมาและมาตรฐานที่ใช้ประเมิน ตามที่กำหนด ในหัวข้อ “ระบบสุขอนามัย”
- บทบัญญัติสัมพันธ์กับช่วงที่เลือกของพารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อม ตามที่กำหนดในหัวข้อ “เงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อม”
- ประสิทธิภาพการทำงานของแรงลากจูงตามที่กำหนดในหัวข้อ “ความต้องการด้านสมรรถนะการลากจูง”
- สมมติฐานและ ข้อมูลการพิจารณา สำหรับการศึกษาความเข้ากันได้สำหรับระบบ AC ตามที่กำหนดในหัวข้อ “การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ”
- จำนวนสายในการติดต่อกับอุปกรณ์สายป้อนเหนือราง ระยะห่าง และประเภทระยะ การออกแบบ (A, B หรือ C) ที่ใช้ในการทดสอบการประเมิน ตามที่กำหนดในหัวข้อ “การจัดวางสาย”

3.5.1.136 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา (Document related to maintenance)

การบำรุงรักษาเป็นกิจกรรมที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ความปลอดภัยอย่างต่อเนื่องของระบบ และสอดคล้องตามมาตรฐาน EN 13306

ข้อมูลต่อไปนี้จำเป็นต้องดำเนินการบำรุงรักษา

1) maintenance design justification file

อธิบายถึงวิธีการบำรุงรักษาที่กำหนดไว้ และการออกแบบให้แน่ใจว่าคุณลักษณะของขบวนรถไฟจะอยู่ภายในขอบเขตที่ยอมรับได้ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

maintenance design justification file จะต้องมี

- หลักการและวิธีการที่ใช้ในการออกแบบการบำรุงรักษา
- รูปแบบการใช้งาน: ข้อจำกัดของการใช้งานปกติของตู้รถไฟ (เช่น กิโลเมตร/เดือน ข้อจำกัดภูมิอากาศ ประเภทโหลดที่ได้รับอนุญาต ฯลฯ)
- ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ การบำรุงรักษาและที่มาของข้อมูล
- การทดสอบ การตรวจสอบ และการคำนวณเพื่อออกแบบการบำรุงรักษา

2) maintenance description file

อธิบายถึงวิธีการดำเนินการกิจกรรมการบำรุงรักษา รวมถึงกิจกรรมทั้งหมดที่จำเป็น เช่น การตรวจสอบ การทดสอบ วัดค่า การปรับเปลี่ยน ซ่อมแซม

กิจกรรมการบำรุงรักษา จะแบ่งออกเป็น

- การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (preventive maintenance) ที่กำหนดและ ควบคุม
- การบำรุงรักษาที่ถูกต้อง

maintenance description file จะรวมถึงต่อไปนี้

- ลำดับชั้นของส่วนประกอบและรายละเอียดการทำงาน: ลำดับชั้นจะตั้งค่าขอบเขตของขบวนรถไฟโดยการลิสต์รายการที่เป็นโครงสร้าง และการใช้จำนวนชั้นที่เหมาะสม รายการที่ต่ำสุดของลำดับชั้นจะเป็นการเปลี่ยนทดแทน

- แผนภาพวงจร การเชื่อมต่อ และการเดินสายไฟ

- รายการชิ้นส่วน: รายการสินค้าจะต้องมีคำอธิบายทางเทคนิคของชิ้นส่วนอะไหล่ และการอ้างอิงในการที่จะช่วยให้การจัดซื้อชิ้นส่วนอะไหล่ที่ถูกต้อง

ชิ้นส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันต้องระบุและอ้างอิงถึงประกาศการทำงานร่วมกันที่เกี่ยวข้อง

- ค่าขีดจำกัดสำหรับอุปกรณ์ ซึ่งจะไม่เกินระหว่างการใช้งาน ความเป็นไปได้ของข้อจำกัดการดำเนินงานในโหมดที่ต่ำกว่าปกติที่ได้รับอนุญาต

- ข้อกำหนดทางกฎหมายยุโรป องค์ประกอบหรือระบบ อาจมีการข้อผูกมัดตามกฎหมายที่เฉพาะในยุโรป
- ชุดโครงสร้างของงานที่รวมกิจกรรม ขั้นตอน วิธีการที่เสนอโดยผู้ยื่นคำขอเพื่อดำเนินงานบำรุงรักษา
- รายละเอียดของกิจกรรมการบำรุงรักษา
 - คำแนะนำการถอด/ประกอบ ที่จำเป็นสำหรับการประกอบ/ถอดชิ้นส่วนของชิ้นส่วนทดแทน
 - แผนการบำรุงรักษา
 - การตรวจสอบและการทดสอบ
 - เครื่องมือและวัสดุที่จำเป็นในการดำเนินงาน
 - วัสดุสิ้นเปลืองที่จำเป็นในการดำเนินงาน
 - การให้ความปลอดภัยส่วนบุคคลและการป้องกันอุปกรณ์
- การทดสอบที่จำเป็นและวิธีการที่จะดำเนินการภายหลังการบำรุงรักษาก่อนกลับให้บริการ
- การแก้ไขปัญหา (การวินิจฉัยความผิดปกติ) คู่มือหรือสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น รวมถึงแผนภาพการทำงานและระบบไอทีที่ใช้ค้นหาความผิดปกติ

3.5.1.137 เอกสารปฏิบัติการ (Operating documentation)

เอกสารทางเทคนิคที่จำเป็นในการทำงานประกอบด้วย

- รายละเอียดของการดำเนินงานในโหมดปกติ รวมทั้งลักษณะการดำเนินงานและข้อกำหนดของตัวรถไฟ เช่น มาตรการ ความเร็วสูงสุด น้ำหนักเพลา ประสิทธิภาพเบรก
- รายละเอียดของโหมดที่ไม่ปกติ ในกรณีของการขัดข้องของอุปกรณ์หรือฟังก์ชัน พร้อมกับข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องและเงื่อนไขการดำเนินงานที่ยอมรับได้

เอกสารปฏิบัติการทางเทคนิคนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของเอกสารทางเทคนิค

3.5.1.138 แผนภาพการยกและคำแนะนำ (Lifting diagram and instructions)

เอกสารจะรวมถึง

- รายละเอียดของขั้นตอนในการยกและใช้แม่แรง และคำแนะนำที่เกี่ยวข้อง
- รายละเอียดของ อินเทอร์เน็ตสำหรับการยก และใช้แม่แรง

3.5.1.139 รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ (Rescue related descriptions)

เอกสารจะรวมถึง

- รายละเอียดของขั้นตอนการใช้มาตรการฉุกเฉินและข้อควรระวังที่จำเป็น เช่น การใช้ทางออกฉุกเฉินทางเข้าขบวนรถไฟ สำหรับการช่วยเหลือ การแยกเบรก ระบบดิน (earthing) การลาก
- รายละเอียดของผลกระทบเมื่อมาตรการฉุกเฉินที่อธิบายไว้จะถูกนำมาใช้ เช่น การลดลงของประสิทธิภาพการทำงานของเบรกหลังจากการแยกของเบรก

3.5.2 อินเทอร์เฟซ (Interface)

อินเทอร์เฟซระหว่างระบบย่อยขบวนรถกับระบบย่อยอื่น ๆ ตามรูปที่ 3.2-5 จะสรุปอยู่ในมาตราที่ 4.3 ของ TSI อินเทอร์เฟซกับระบบย่อยที่สำคัญได้แก่ ระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน ระบบย่อยพลังงานและระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

3.5.2.1 อินเทอร์เฟซกับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตารางที่ 3.5-12 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เฟซ

ตารางที่ 3.5-12 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ – ระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ความกว้างของทาง	3.5.1.13	เขตโครงสร้าง	3.3.1.1
		ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	3.3.1.2
		รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง	3.3.1.5
น้ำหนักกดเพลลา	3.5.1.14	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง	3.3.1.14.1
		ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ	3.3.1.14.3
		โพลแนวตั้งเทียบเท่ากับกำแพงดินใหม่และผลกระทบแรงดันดิน	3.3.1.15.2
		ความต้านทานของสะพานและกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ	3.3.1.15.4
พฤติกรรมเคลื่อนที่ขณะวิ่ง	3.5.1.19	ส่วนพร่องของการยกโค้ง	3.3.1.7
ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง	3.5.1.21	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง	3.3.1.14.1
		ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ	3.3.1.14.3
รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ	3.5.1.22	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ	3.3.1.10
ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของชุดล้อ	3.5.1.26	ค่าประกาศขนาดความกว้างรางรถไฟ	3.3.1.6
ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ	3.5.1.27	รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป	3.3.1.11
ชุดล้อกับขนาดทาง	3.5.1.28	รูปทรงของประแจ	3.3.1.13.2
รัศมีความโค้งต่ำสุด	3.5.1.29	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน	3.3.1.4

ประสิทธิภาพการเบรก	3.5.1.39	ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ	3.3.1.14.2
ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง	3.5.1.70	ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่อยู่คร่อมหรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ	3.3.1.15.3
การสั่นกดของหัวรถจักร	3.5.1.71	การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์	3.3.1.18.1
ความแปรปรวนของความดันสูงสุดในอุโมงค์	3.5.1.72	ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	3.3.1.2
ลมขวาง	3.5.1.73	ผลกระทบของแรงลมปะทะด้านข้าง	3.3.1.18.5

3.5.2.2 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยพลังงาน

ตารางที่ 3.5-13 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3.5-13 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ – ระบบย่อยพลังงาน

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ความกว้างของทาง	3.5.1.13	Pantograph gauge	3.4.1.9
การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่	3.5.1.84	แรงดันและความถี่	3.4.1.1
พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง	3.5.1.86	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ	3.4.1.2
เพาเวอร์แฟกเตอร์	3.5.1.88	ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง	3.4.1.4
กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง	3.5.1.87		
การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง	3.5.1.85	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน	3.4.1.5
การวัดการใช้พลังงาน	3.5.1.90	การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์วัด	3.4.1.16
ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย (ช่วงการทำงานด้านความสูงของสาย)	3.5.1.91ก	รูปทรงของสายป้อน	3.4.1.8
ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย (รูปทรงหัวสาย)	3.5.1.91ข		
ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย (รูปทรงหัวสาย)	3.5.1.91ข	Pantograph gauge	3.4.1.9
ความกว้างของทาง	3.5.1.13		
แถบสัมผัส	3.5.1.92	วัสดุของสายป้อน	3.4.1.13
แรงสถิตที่กระทำบนแถบสัมผัส	3.5.1.93	ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	3.4.1.10
แรงที่กระทำบนแถบสัมผัสและพฤติกรรม	3.5.1.94	พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับ	3.4.1.11

การเคลื่อนที่		กระแสไฟฟ้า	
การจัดวางสาย	3.5.1.95	Pantograph spacing	3.4.1.12
การวิ่งผ่านส่วนแยกเฟสหรือระบบ	3.5.1.96	ส่วนแยกเฟส	3.4.1.14
		ส่วนแยกระบบ	3.4.1.15
การป้องกันระบบไฟฟ้า	3.5.1.99	การจัดเตรียมการป้องกัน	3.4.1.6
การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ	3.5.1.89	ผลกระทบ Harmonics และ ไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	3.4.1.7

3.5.2.3 อินเตอร์เฟสกับระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

ตารางที่ 3.5-14 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเตอร์เฟส

ตารางที่ 3.5-14 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ – คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (track circuit)	3.5.1.16ก	ระบบตรวจจบบรรยากาศพื้นดิน	3.6.1.10
		ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.11
ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (axle counter)	3.5.1.16ข	ระบบตรวจจบบรรยากาศพื้นดิน	3.6.1.10
		ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.11
ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (loop equipment)	3.5.1.16ค	ระบบตรวจจบบรรยากาศพื้นดิน	3.6.1.10
		ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.11
เขตโครงสร้าง	3.5.1.1	ตำแหน่งของสายอากาศควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ด	3.6.1.2
ส่วนแยกเฟส	3.5.1.14	คำสั่งไปยังอุปกรณ์ขบวนรถไฟออนบอร์ด	3.6.1.2
		คำสั่งไปยังอุปกรณ์ภาคพื้นดิน	3.6.1.3
คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน	3.5.1.34	ฟังก์ชันคำสั่งการเบรกฉุกเฉินออนบอร์ด	3.6.1.2
การเบรกกรณีฉุกเฉิน	3.5.1.40	ประสิทธิภาพและคุณลักษณะการเบรกออนบอร์ด	3.6.1.2

		ออร์ด	
ไฟหน้า	3.5.1.74	การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและ อาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.15
กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์	3.5.1.114	การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและ อาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.15
เครื่องบันทึกเสียง	3.5.1.123	การอินเตอร์เฟซการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการ กำกับดูแล	3.6.1.14
เอกสารปฏิบัติการ	3.5.1.137	ฟังก์ชันการแยกออกกอนบอร์ด	3.6.1.2

3.5.3 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)

ส่วนประกอบหรือส่วนประกอบย่อยของรางดังต่อไปนี้ถูกกำหนดให้เป็นส่วนที่ทำงานร่วมกัน

ตารางที่ 3.5-15 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	หัวข้อที่ระบุข้อกำหนด
ตัวเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue couplers)	3.5.1.3
ล้อ (Wheels)	3.5.1.22
ระบบป้องกันการไถลของล้อ (WSP)	3.5.1.45
ไฟหน้า (Head lights)	3.5.1.74
ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)	3.5.1.75
ไฟท้าย (Tail lights)	3.5.1.76
แตร (Horns)	3.5.1.78
สาลิ (Pantograph)	3.5.1.83, 3.5.1.91, 3.5.1.86, 3.5.1.87, 3.5.1.92
แถบสัมผัส (Contact strips)	3.5.1.92, 3.5.1.83, 3.5.1.86, 3.5.1.87,
เบรกเกอร์ (Main circuit breaker)	3.5.1.83, 3.5.1.86, 3.5.1.99
การเชื่อมต่อระบบน้ำทิ้ง (Toilet discharge system)	3.5.1.131

3.5.4 การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยขบวนรถ (Rolling Stock subsystem)

ก) ตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC สำหรับระบบย่อยและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน จะต้องสอดคล้องต่อความต้องการที่จำเป็นของตัวแปรพื้นฐานที่กำหนดไว้ในเงื่อนไขตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5-16 ความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อยขบวนรถและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย ขบวนรถ	ความ ปลอดภัย	ความ น่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผล กระทบต่อ สุขภาพ	การปกป้อง สิ่งแวดล้อม	ความเข้า กันได้ทาง เทคนิค
3.5.1.1	การเชื่อมต่อภายใน (Inner coupling)	3.2.4.1.1ค 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.2	การเชื่อมต่อส่วนปลาย (End coupling)	3.2.4.1.1ค 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.3	การเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue coupling)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.4	ทางเข้าพนักงานในการเชื่อมต่อและ การปลดออก (Staff access for coupling and uncoupling)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.5	ทางผ่าน (Gangways)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.6	ความแข็งแรงของโครงสร้าง ยานพาหนะ (Strength of vehicle structure)	3.2.4.1.1ค 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.7	การป้องกันภายในตัวรถ (Passive safety)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.8	การยกและแม่แรง (Lifting and jacking)	-	-	-	-	-
3.5.1.9	การซ่อมแซมของอุปกรณ์สู่ โครงสร้างตัวรถ (Fixing of devices to car body structure)	3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.10	ประตูทางเข้าของพนักงานและสินค้า (Staff and freight access doors)	3.2.4.1.1จ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.11	ลักษณะทางกลของกระจก (Mechanical characteristics of glass)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.12	เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วง น้ำหนัก (Load conditions and weighted mass)	3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.13	ความกว้างของทาง (Gauge)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.14	น้ำหนักกดเพลลา (Axle load)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.15	น้ำหนักกดล้อ (Wheel load)	3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.16	ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อ ระบบอาณัติสัญญาณ (Rolling	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3 3.2.4.4.2

	stock parameters which influence CCS subsystem)					
3.5.1.17	การตรวจสอบสภาพความทนทานของเพลา (Axle bearing condition monitoring)	3.2.4.1.1ก	3.2.4.1.2	-	-	-
3.5.1.18	ความปลอดภัยจากการตกรางเมื่อวิ่งบนทางที่มีการบิด (Safety against derailment running on twisted track)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.19	พลวัตการเคลื่อนที่ขณะวิ่ง (Running dynamic behavior)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.20	ค่าจำกัดสำหรับความปลอดภัยในการเดินรถ (Limit values for running safety)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.21	ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง (Track loading limit values)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.22	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.23	ค่าการออกแบบสำหรับรูปทรงของล้อ (Design values for new wheel profiles)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.24	รูปทรงกรวยของชุดล้อรถไฟขณะใช้งาน (In-service values of wheelset equivalent conicity)	3.2.4.1.1ข	3.2.4.1.2	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.25	การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame (Structural design of bogie frame)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	-
3.5.1.26	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของชุดล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheelsets)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.27	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheels)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	-
3.5.1.28	ชุดล้อเปลี่ยนแปลงตามขนาดทาง (Variable gauge wheelsets)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	-
3.5.1.29	รัศมีความโค้งต่ำสุด (Minimum curve radius)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.1.1ข	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.30	อุปกรณ์รักษาชีวิต (Life guards)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.31	การทำงานหลัก (Functional requirements)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.5.1	3.2.4.5.2	-	-	3.2.4.1.5

3.5.1.32	ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety requirements)	3.2.4.1.1ก	3.2.4.1.2 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.33	ชนิดของระบบเบรก (Type of brake system)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.34	คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน (Emergency braking command)	3.2.4.5.1	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.35	คำสั่งการเบรกบริการ (Service braking command)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.36	คำสั่งการเบรกโดยตรง (Direct braking command)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.37	คำสั่งการเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic braking command)	3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.38	คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถ (Parking braking command)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.39	ความต้องการทั่วไปสำหรับประสิทธิภาพการเบรก (Braking performance-General requirements)	3.2.4.1.1ก 3.2.4.5.1	3.2.4.5.2	-	-	3.2.4.1.5
3.5.1.40	การเบรกกรณีฉุกเฉิน (Emergency braking)	3.2.4.5.1	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.41	การเบรกบริการ (Service braking)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.42	การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุอุณหภูมิจาน (Calculations related to thermal capacity)	3.2.4.5.1	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.43	เบรกจอดรถ (Parking brake)	3.2.4.5.1	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.44	ขีดจำกัดการยึดเกาะของล้อรถไฟ (Limit of wheel rail adhesion profile)	3.2.4.5.1	3.2.4.1.2 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.45	ระบบป้องกันการไถลของล้อ (Wheel slide protection system)	3.2.4.5.1	3.2.4.1.2 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.46	การเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic brake)	-	3.2.4.1.2 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.47	เบรกทางแม่เหล็ก (Magnetic track brake)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.48	เบรกทางวงจรรกระแสวน (Eddy current track brake)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.49	สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Brake state and fault indication)	3.2.4.1.1ก	3.2.4.1.2 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.50	ความต้องการเบรกสำหรับการช่วยชีวิต (Brake requirements for rescue purposes)	-	3.2.4.5.2	-	-	-

3.5.1.51	ระบบสุขอนามัย (Sanitary systems)	-	-	-	3.2.4.1.4ก	-
3.5.1.52	ระบบที่อยู่สาธารณะ:ระบบติดต่อสื่อสารทางเสียง (Public address system: audible communication system)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.53	การแจ้งเตือนผู้โดยสาร:ความต้องการด้านการทำงาน (Passenger alarm: functional requirements)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.54	ขั้นตอนความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร ---สัญญาณ (Safety instructions to passengers — Signs)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.55	อุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้โดยสาร (Communication devices for passengers)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.56	ประตูภายนอก:ผู้โดยสารที่เข้าและออกจากขบวนรถ (Exterior doors: access to and egress from rolling stock)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.57	การก่อสร้างระบบประตูภายนอก (Exterior doors: system construction)	3.2.4.1.1ค 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.58	ประตูระหว่างตู้ (Inter-unit doors)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.59	คุณภาพอากาศภายใน (Internal air quality)	-	-	3.2.4.1.3ข	-	-
3.5.1.60	หน้าต่างด้านข้างตัวรถ (Body side windows)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.61	ระดับความสูง (Altitude)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.62	อุณหภูมิ (Temperature)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.63	ความชื้น (Humidity)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.64	ฝน (Rain)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.65	หิมะ น้ำแข็ง และลูกเห็บ (Snow, ice and hail)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.66	รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.67	การต้านทานต่อมลพิษ (Resistance to pollution)	-	3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.69	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อผู้โดยสารบนขบวนขาลา (Slipstream effects on passengers on	3.2.4.1.1ก	-	3.2.4.1.3ก	-	-

	platform)					
3.5.1.70	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง (Slipstream effects on workers at the track side)	3.2.4.1.1ก	-	3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.71	การสั่นกดของหัวรถจักร (Head pressure pulse)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.72	ความแปรปรวนของความดันสูงสุดในอุโมงค์ (Maximum pressure variations in tunnels)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.73	ลมขวาง (Cross wind)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.74	ไฟหน้า (Head lights)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.75	ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.76	ไฟท้าย (Tail lights)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.77	การควบคุมโคมไฟ (Lamp controls)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.78	แตร (Horn)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.79	ระดับความเข้มเสียงแตรสำหรับเตือน (Warning horn sound pressure levels)	3.2.4.1.1ก	-	3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.80	การป้องกัน (Protection)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.81	การควบคุมแตร (Horn control)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.82	ความต้องการด้านสมรรถนะการลากจูง (Requirements on performance)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.83	แหล่งจ่ายพลังงาน (Power supply)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.84	การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Operation within range of voltages and frequencies)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.85	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง (Regenerative brake with energy to the overhead contact line)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.86	พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง (Maximum power and current from the overhead contact line)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.87	กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง	-	-	-	-	3.2.4.1.5

	(Maximum current at standstill for DC systems)					3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.88	เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.89	การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ (System energy disturbances)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.90	การวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption measuring function)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.91	ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย (Requirements linked to pantograph)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.91	สาย (Pantograph)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.92	แถบสัมผัส (Contact strips)	-	-	-	-	3.2.4.1.5 3.2.4.5.3 3.2.4.3.3
3.5.1.99	การป้องกันระบบไฟฟ้า (Electrical protection of the train)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.100	ระบบลากดีเซลและอื่นๆ (Diesel and other thermal traction system)	3.2.4.5.1	-	-	-	3.2.4.1.4 ก
3.5.1.101	การป้องกันระบบไฟฟ้าที่เป็นอันตราย (Protection against electrical hazards)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.102	ห้องคนขับ (Driver's cab)	-	-	-	-	-
3.5.1.103	การเข้าและการออกภายนอกขณะใช้งาน (Access and egress in operating conditions)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.104	ทางออกฉุกเฉิน (emergency exit)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.105	การมองด้านหน้า (Front visibility)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.106	ด้านหลังและด้านข้าง (Rear and side view)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.107	รูปแบบภายใน (Interior layout)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.108	ที่นั่งพนักงานขับ (Driver's seat)	-	-	3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.109	โต๊ะทำงานพนักงานขับรถ (Driver's desk — Ergonomics)	3.2.4.1.1จ	-	3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.110	การควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของอากาศ (Climate control and air quality)	-	-	3.2.4.1.3ก	-	-

3.5.1.111	แสงภายใน (Internal lighting)	-	-	-	-	-
3.5.1.112	กระจกหน้ารถ – คุณสมบัติทางกล (Windscreen — Mechanical characteristics)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.113	กระจกหน้ารถ – คุณสมบัติทางแสง (Windscreen — Optical characteristics)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.114	กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์ (Windscreen — Equipment)	-	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.115	การควบคุมการทำงานของคนขับ (Driver's activity control function)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.116	การวัดความเร็ว (Speed indication)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.117	หน้าจอแสดงผลการขับรถ (Driver display unit and screens)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.118	การควบคุมและตัวชี้วัด (Controls and indicators)	3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.119	การติดฉลาก (Labelling)	-	-	-	-	-
3.5.1.120	การควบคุมระยะไกลจากพื้นดิน (Remote control function)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.121	เครื่องมือและอุปกรณ์บนรถ (Onboard tools and portable equipment)	3.2.4.5.1	-	-	-	3.2.4.5.3
3.5.1.122	บริเวณจัดเก็บอุปกรณ์ส่วนตัวของพนักงาน (Storage facility for staff personal effects)	-	-	-	-	-
3.5.1.123	เครื่องบันทึกเสียง (Recording device)	-	-	-	-	3.5.5.4
3.5.1.124	การจำแนกประเภทการป้องกันไฟและการอพยพ (categorization)	-	-	-	-	-
3.5.1.125	ความต้องการวัสดุ (Material requirements)	3.2.4.1.1ง	-	3.2.4.1.3ข	3.2.4.1.4ข	-
3.5.1.126	มาตรการสำหรับของเหลวที่ติดไฟได้ง่าย (Specific measures for flammable liquids)	3.2.4.1.1ง	-	-	-	-
3.5.1.127	การอพยพผู้โดยสาร (Passenger evacuation)	3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.128	กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers)	3.2.4.1.1ง	-	-	-	-
3.5.1.129	การทำความสะอาดกระจกหน้ารถไฟห้องคนขับ (Cleaning of driver's cab windscreen)	-	-	-	-	3.2.4.1.5

3.5.1.130	การทำความสะอาดภายนอกผ่านโรงทำความสะอาด (Exterior cleaning through a washing plant)	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.5.1.131	ระบบการปล่อยน้ำ (Toilet discharge system)	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.5.1.132	อุปกรณ์เติมน้ำ (Water refilling equipment)	-	-	3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.133	ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการทรงตัว (Special requirements for stabling of trains)	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.5.1.134	อุปกรณ์เติมเชื้อเพลิง (Refueling equipment)	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.5.1.135	ข้อมูลทั่วไปด้านเอกสาร (General documentation)	-	-	-	-	3.2.4.1.5
3.5.1.136	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา (Document related to maintenance)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.137	เอกสารปฏิบัติการ (Operating documentation)	3.2.4.1.1ก	-	-	-	3.2.4.5.2
3.5.1.138	แผนภาพการยกและคำแนะนำ (Lifting diagram and instructions)	-	-	-	-	-
3.5.1.139	รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ (Rescue related descriptions)	-	3.2.4.5.2	-	-	-

ข) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (หัวข้อ 3.5.3) การประเมินคุณสมบัติของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะดำเนินการโดยหน่วยงานตรวจสอบหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบในช่วงการออกแบบพัฒนา และช่วงการผลิตระบุโดยเครื่องหมาย ✓ ในตารางที่ 3.5-17 ซึ่งจะพบว่าส่วนประกอบที่ถูกเลือกใช้ในการประเมินจะขึ้นกับโมดูลของการประเมินที่เลือก

ตารางที่ 3.5-17 การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อที่เกี่ยวข้อง	ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	โมดูล							ข้อมูลในการพิจารณา
		CA	CA1/ CA2	CB+ CC	CB+ CD	CB+ CF	CH	CH1	
3.5.1.3	ตัวเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue couplers)		✓		✓	✓	✓	✓	การเชื่อมต่อ แรงดึง แรงบีบ
3.5.1.25	ล้อ (Wheels)		✓		✓	✓	✓	✓	คุณลักษณะทางรูปทรงเชิงกล และอุณหภูมิ

3.5.1.43	ระบบป้องกันการไถลของล้อ (WSP)		✓		✓	✓	✓	✓	ระบบเบรก ความเร็วรถไฟสูงสุด
3.5.1.72	ไฟหน้า (Head lights)		✓	✓	✓		✓	✓	สีและความเข้มการส่องสว่าง EN15153-1:2007
3.5.1.73	ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)		✓	✓	✓		✓	✓	สีและความเข้มการส่องสว่าง EN15153-1:2007
3.5.1.74	ไฟท้าย (Tail lights)		✓	✓	✓		✓	✓	สีและความเข้มการส่องสว่าง EN15153-1:2007
3.5.1.76	แตร (Horns)		✓	✓	✓		✓	✓	ระดับเสียงสัญญาณเตือน EN15153-2:2007
3.5.1.81 3.5.1.89 3.5.1.84 3.5.1.85 3.5.1.92	สาลิ (Pantograph)		✓		✓	✓	✓	✓	ชนิดของแรงดัน gauge ความจุกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะหยุดนิ่ง ความเร็วรถไฟสูงสุด
3.5.1.90 3.5.1.81 3.5.1.84 3.5.1.85	แถบสัมผัส (Contact strips)		✓		✓	✓	✓	✓	รูปทรง วัสดุ ชนิดของแรงดัน ความจุกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะหยุดนิ่ง
3.5.1.81 3.5.1.84 3.5.1.97	เบรกเกอร์ (Main circuit breaker)		✓		✓	✓	✓	✓	ชนิดของแรงดัน ความจุกระแสไฟฟ้า คุณลักษณะการ tripping
3..1.129	การเชื่อมต่อระบบน้ำทิ้ง (Toilet discharge system)	✓		✓			✓		

ตารางที่ 3.5-18 โมดูลของการประเมิน

โมดูล	รายละเอียด
CA1*	Internal production control plus product verification by individual examination
CA2*	Internal production control plus product verification at random intervals
CB	EC-type examination
CC	Conformity to type based on internal production control
CD	Conformity to type based on quality management system of the production process
CF	Conformity to type based on product verification
CH*	Conformity based on full quality management system

CH1	Conformity based on full quality management system plus design examination
CV	Type validation by in-service experience (suitability for use)
* แสดงถึงโมดูลสำหรับชิ้นส่วนที่มีการใช้งานอยู่แล้วก่อนจะมีบทบัญญัติ TSI เข้ามาบังคับใช้	

ค) การประเมินตรวจสอบระบบย่อยคุณลักษณะของระบบย่อยขบวนรถจะประเมินทั้งในช่วงการออกแบบและพัฒนา และช่วงการผลิตระบุโดยเครื่องหมาย ✓ ใน ตารางที่ 3.5-19

ตารางที่ 3.5-19 การประเมินตรวจสอบระบบย่อยตามคุณลักษณะของตัวแปรตามข้อกำหนดที่ระบุ

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย INF	Design and development phase		Production phase	มาตรฐานที่ใช้ประเมินเพิ่มเติม
		Design review	Type test	Routine test	
3.5.1.1	การเชื่อมต่อภายใน (Inner coupling)	✓	-	-	
3.5.1.2	การเชื่อมต่อส่วนปลาย (End coupling)	✓	-	-	
3.5.1.3	การเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue coupling)	✓		-	
3.5.1.4	ทางเข้าพนักงานในการเชื่อมต่อและการปลดออก (Staff access for coupling and uncoupling)	✓	✓	-	
3.5.1.5	ทางผ่าน (Gangways)	✓	✓	-	
3.5.1.6	ความแข็งแรงของโครงสร้างยานพาหนะ (Strength of vehicle structure)	✓	✓	-	
3.5.1.7	การป้องกันภายในตัวรถ (Passive safety)	✓	✓	-	
3.5.1.8	การยกและแม่แรง (Lifting and jacking)	✓	✓	-	
3.5.1.9	การซ่อมแซมของอุปกรณ์สู่โครงสร้างตัวรถ (Fixing of devices to car body structure)	✓	-	-	
3.5.1.10	ประตูทางเข้าของพนักงานและสินค้า (Staff and freight access doors)	✓	✓	-	
3.5.1.11	ลักษณะทางกลของกระฉก	✓	-	-	

	(Mechanical characteristics of glass)				
3.5.1.12	เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก (Load conditions and weighted mass)	✓	✓	✓	EN 14363:2005 มาตรา 4.5
3.5.1.13	ความกว้างของทาง (Gauge)	✓	-	-	ใช้ kinematic method ใน EN 15273- 2:2009 มาตรา B.3
3.5.1.15	น้ำหนักกดล้อ (Wheel load)	✓	✓	-	EN 14363:2005 มาตรา 4.5
3.5.1.16	ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (Rolling stock parameters which influence CCS subsystem)	✓	✓	✓	
3.5.1.17	การตรวจสอบสภาพความทนทานของเพลลา (Axle bearing condition monitoring)	✓	✓	-	
3.5.1.18	ความปลอดภัยจากการตกรางเมื่อวิ่งบนทางที่มีการบิด (Safety against derailment running on twisted track)	✓	✓	-	
3.5.1.19	พลวัตการเคลื่อนที่ขณะวิ่ง (Running dynamic behaviour)	✓	✓	-	
3.5.1.20	ค่าจำกัดสำหรับความปลอดภัยในการเดินรถ (Limit values for running safety)	✓	✓	-	
3.5.1.21	ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง (Track loading limit values)	✓	✓	-	
3.5.1.22	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity)	✓	-	-	
3.5.1.23	ค่าการออกแบบสำหรับรูปทรงของล้อ (Design values for new wheel profiles)	✓	-	-	
3.5.1.25	การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame (Structural design of bogie frame)	✓	✓	-	
3.5.1.26	ลักษณะทางกลและเรขาคณิต	✓	✓	✓	

	ของชุดล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheesets)				
3.5.1.27	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheels)	✓	✓	✓	
3.5.1.29	รัศมีความโค้งต่ำสุด (Minimum curve radius)	✓	-	-	
3.5.1.30	อุปกรณ์รักษาชีวิต (Life guards)	✓	-	-	
3.5.1.31	การทำงานหลัก (Functional requirements)	✓	✓	-	
3.5.1.32	ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety requirements)	✓	-	-	
3.5.1.33	ชนิดของระบบเบรก (Type of brake system)	✓	✓	-	
3.5.1.34	คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน (Emergency braking command)	✓	✓	✓	
3.5.1.35	คำสั่งการเบรกบริการ (Service braking command)	✓	✓	✓	
3.5.1.36	คำสั่งการเบรกโดยตรง (Direct braking command)	✓	✓	✓	
3.5.1.37	คำสั่งการเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic braking command)	✓	✓	-	
3.5.1.38	คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถ (Parking braking command)	✓	✓	✓	
3.5.1.39	ความต้องการทั่วไปสำหรับประสิทธิภาพการเบรก (General requirements-braking performance)	✓	-	-	
3.5.1.40	การเบรกกรณีฉุกเฉิน (Emergency braking)	✓	✓	✓	EN 14531-1:2005 มาตรา 5.11.3
3.5.1.41	การเบรกบริการ (Service braking)	✓	✓	✓	EN 14531-1:2005 มาตรา 5.11.3
3.5.1.42	การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุอุณหภูมิ (Calculations related to thermal capacity)	✓	-	-	
3.5.1.43	เบรกจอดรถ (Parking brake)	✓	-	-	

3.5.1.44	ขีดจำกัดการยึดเกาะของล้อรถไฟ (Limit of wheel rail adhesion profile)	✓	-	-	
3.5.1.45	ระบบป้องกันการไถลของล้อ (Wheel slide protection system)	✓	✓	✓	EN 15595:2009 มาตรา 6.4 และต้องเป็นชนิด pneumatic
3.5.1.47	เบรกทางแม่เหล็ก (Magnetic track brake)	✓	✓	-	
3.5.1.49	สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Brake state and fault indication)	✓	✓	-	
3.5.1.50	ความต้องการเบรกสำหรับการช่วยชีวิต (Brake requirements for rescue purposes)	✓	✓	-	
3.5.1.51	ระบบสุขอนามัย (Sanitary systems)	✓	-	-	
3.5.1.52	ระบบที่อยู่สาธารณะ:ระบบติดต่อสื่อสารทางเสียง (Public address system: audible communication system)	✓	✓	✓	
3.5.1.53	การแจ้งเตือนผู้โดยสาร:ความต้องการด้านการทำงาน (Passenger alarm: functional requirements)	✓	✓	✓	
3.5.1.54	ขั้นตอนความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร ---สัญลักษณ์ (Safety instructions to passengers — Signs)	✓	-	-	
3.5.1.55	อุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้โดยสาร (Communication devices for passengers)	✓	✓	✓	
3.5.1.56	ประตูภายนอก:ผู้โดยสารที่เข้าและออกจากขบวนรถ (Exterior doors: access to and egress from rolling stock)	✓	✓	✓	
3.5.1.57	การก่อสร้างระบบประตูภายนอก (Door system construction)	✓	-	-	
3.5.1.58	ประตูระหว่างตู้ (Inter-unit doors)	✓	✓	-	
3.5.1.59	คุณภาพอากาศภายใน (Internal air quality)	✓	-	-	

3.5.1.60	หน้าต่างด้านข้างตัวรถ (Body side windows)	✓	-	-	
3.5.1.61	ระดับความสูง (Altitude)	✓	-	-	
3.5.1.62	อุณหภูมิ (Temperature)	✓	-	-	
3.5.1.63	ความชื้น (Humidity)	✓	-	-	
3.5.1.64	ฝน (Rain)	✓	-	-	
3.5.1.65	หิมะ น้ำแข็ง และลูกเห็บ (Snow, ice and hail)	✓	-	-	
3.5.1.66	รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation)	✓	-	-	
3.5.1.67	การต้านทานต่อมลพิษ (Resistance to pollution)	✓	-	-	
3.5.1.69	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อผู้โดยสารบนชานชาลา (Slipstream effects on passengers on platform)	✓	✓	-	EN 14067- 4:2005/ A1:2009 มาตรา 7.5.2
3.5.1.70	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง (Slipstream effects on workers at the track side)	✓	✓	-	EN 14067- 4:2005/ A1:2009 มาตรา 8.5.2
3.5.1.71	การสั่นกดของหัวรถจักร (Head pressure pulse)	✓	✓	-	- Full scale tests: EN 14067- 4:2005/ A1:2009 มาตรา 5.5.2 - CFD simulations: EN 14067- 4:2005/ A1:2009 มาตรา 5.3 - Moving model tests: EN 14067- 4:2005/A1:2009 มาตรา 5.4.3
3.5.1.74	ไฟหน้า (Head lights)	✓	✓	-	- สี: EN 15153- 1:2007 มาตรา 6.1 - ความเข้ม: EN 15153-1:2007 มาตรา 6.2
3.5.1.75	ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)	✓	✓	-	- สี: EN 15153- 1:2007 มาตรา 6.1 - ความเข้ม: EN 15153-1:2007 มาตรา 6.2
3.5.1.76	ไฟท้าย (Tail lights)	✓	✓	-	- สี: EN 15153- 1:2007 มาตรา 6.1

					- ความเข้ม: EN 15153-1:2007 มาตรา 6.2
3.5.1.77	การควบคุมโคมไฟ (Lamp controls)	✓	✓	-	
3.5.1.78	แตร (Horn)	✓	✓	-	
3.5.1.79	ระดับความเข้มเสียงแตรสำหรับเตือน (Warning horn sound pressure levels)	✓	✓	-	EN 15153- 2:2007 มาตรา 5
3.5.1.80	การป้องกัน (Protection)	✓	-	-	
3.5.1.81	การควบคุมแตร (Horn control)	✓	✓	-	
3.5.1.82	ความต้องการด้านสมรรถนะการลากจูง (Requirements on performance)	✓	-	-	
3.5.1.83	แหล่งจ่ายพลังงาน (Power supply)	✓	-	-	
3.5.1.84	การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Operation within range of voltages and frequencies)	✓	✓	-	
3.5.1.85	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง (Regenerative brake with energy to the overhead contact line)	✓	✓	-	
3.5.1.86	พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง (Maximum power and current from the overhead contact line)	✓	✓	-	EN 50388:2005 มาตรา 14.3
3.5.1.87	กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง (Maximum current at standstill for DC systems)	✓	✓	-	
3.5.1.88	เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)	✓	✓	-	EN 50388:2005 มาตรา 14.2
3.5.1.89	การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ (System energy disturbances)	✓	✓	-	
3.5.1.90	การวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption measuring function)	✓	✓	-	

3.5.1.91	ความต้องการเชื่อมต่อกับสาย (Requirements linked to pantograph)	✓	✓	-	EN 50317:2002
3.5.1.91	สาย (Pantograph)	✓	✓	✓	- แรงสัมผัส: EN 50367:2006 มาตรา 7.1 และ 50206-1:2010 มาตรา 6.3.1 - อุณหภูมิ: EN 50119:2009 มาตรา 5.1.2 - ไดนามิกส์: EN50318:2002
3.5.1.92	แถบสัมผัส (Contact strips)	✓	✓	✓	EN 50405:2006 มาตรา 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.6 และ 5.2.7
3.5.1.99	การป้องกันระบบไฟฟ้า (Electrical protection of the train)	✓	✓	-	
3.5.1.101	การป้องกันระบบไฟฟ้าที่เป็นอันตราย (Protection against electrical hazards)	✓	✓	-	
3.5.1.102	ห้องคนขับ (Driver's cab)	✓	-	-	
3.5.1.103	การเข้าและการออกภายนอกขณะใช้งาน (Access and egress in operating conditions)	✓	-	-	
3.5.1.104	ทางออกฉุกเฉิน (emergency exit)	✓	-	-	
3.5.1.105	การมองด้านหน้า (Front visibility)	✓	-	-	
3.5.1.106	ด้านหลังและด้านข้าง (Rear and side view)	✓	-	-	
3.5.1.107	รูปแบบภายใน (Interior layout)	✓	-	-	
3.5.1.108	ที่นั่งพนักงานขับ (Driver's seat)	✓	-	-	
3.5.1.109	โต๊ะทำงานพนักงานขับรถ (Driver's desk — Ergonomics)	✓	-	-	
3.5.1.110	การควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของอากาศ (Climate)	✓	✓	-	

	control and air quality)				
3.5.1.111	แสงภายใน (Internal lighting)	✓	✓	-	
3.5.1.112	กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะทางกล (Windscreen — Mechanical characteristics)	✓	✓	-	EN 15152:2007 มาตรา 6.2.1 ถึง 6.2.7
3.5.1.113	กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะทางแสง (Windscreen — Optical characteristics)	✓	✓	-	EN 15152:2007 มาตรา 6.2.1 ถึง 6.2.7
3.5.1.114	กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์ (Windscreen — Equipment)	✓	✓	-	
3.5.1.115	การควบคุมการทำงานของคนขับ (Driver's activity control function)	✓	✓	✓	
3.5.1.117	หน้าจอแสดงผลการขับรถ (Driver display unit and screens)	✓	✓	-	
3.5.1.118	การควบคุมและตัวชี้วัด (Controls and indicators)	✓	✓	-	
3.5.1.119	การติดฉลาก (Labelling)	✓	-	-	
3.5.1.120	การควบคุมระยะไกลจากพื้นดิน (Remote control function)	✓	✓	-	
3.5.1.121	เครื่องมือและอุปกรณ์บนรถ (Onboard tools and portable equipment)	✓	-	-	
3.5.1.122	บริเวณจัดเก็บอุปกรณ์ส่วนตัวของพนักงาน (Storage facility for staff personal effects)	✓	-	-	
3.5.1.124	การจำแนกประเภทการป้องกันไฟและการอพยพ (categorization)	✓	-	-	
3.5.1.125	ความต้องการวัสดุ (Material requirements)	✓	✓	-	
3.5.1.126	มาตรการสำหรับของเหลวที่ติดไฟได้ง่าย (Specific measures for flammable liquids)	✓	✓	-	
3.5.1.127	การอพยพผู้โดยสาร (Passenger evacuation)	✓	-	-	
3.5.1.128	กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers)	✓	✓	-	
3.5.1.129	การทำความสะอาดกระจกหน้ารถไฟห้องคนขับ (Cleaning of driver's cab windscreen)	✓	✓	-	

3.5.1.131	ระบบการปล่อยน้ำ (Toilet discharge system)	✓	-	-	
3.5.1.132	อุปกรณ์เติมน้ำ (Water refilling equipment)	✓	-	-	
3.5.1.133	ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการทรงตัว (Special requirements for stabling of trains)	✓	✓	-	
3.5.1.135	ข้อมูลทั่วไปด้านเอกสาร (General documentation)	✓	-	-	
3.5.1.136	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา (Document related to maintenance)	✓	-	-	
3.5.1.137	เอกสารปฏิบัติการ (Operating documentation)	✓	-	-	
3.5.1.138	แผนภาพการยกและคำแนะนำ (Lifting diagram and instructions)	✓	-	-	
3.5.1.139	รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ (Rescue related descriptions)	✓	-	-	

3.6 การทำงานร่วมกันสำหรับระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (TSI CCS)

ระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณได้ถูกนิยามใน Directive 2008/57/EC ว่าเป็นส่วนสำคัญที่สั่งการและควบคุมให้อุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ สามารถทำงานด้วยกันได้ด้วยความปลอดภัยในเครือข่ายระบบราง โดยระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณประกอบด้วยส่วนหลัก 3 ส่วน อันได้แก่

- ก) การปกป้องรถไฟ (train protection)
- ข) การสื่อสารวิทยุ (radio communication)
- ค) การตรวจจับรถไฟ (train detection)

รถไฟจะแบ่งเป็นสองคลาสคือ A ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้งานกันในปัจจุบันและ B ซึ่งเป็นรุ่นที่มีการใช้งานตั้งแต่ก่อนปี 2001 สำหรับระบบการปกป้องรถไฟสำหรับคลาส A นั้นจะหมายถึง European Railway Traffic Management System (ERTMS)/European Train Control System (ETCS) ในขณะที่ระบบการสื่อสารวิทยุ คือ Global System Mobile-Railway (GSM-R) ในการพิจารณาระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณสำหรับอุปกรณ์ออนบอร์ด (on-board) จะคำนึงถึงการใช้อยู่สื่อสารเคลื่อนที่ และการปกป้องรถไฟคลาส A สำหรับในส่วนของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณสำหรับอุปกรณ์ภาคพื้นดิน track-side จะพิจารณาจากเครือข่ายการปกป้องรถไฟและการสื่อสารวิทยุรถไฟคลาส A รวมถึงความต้องการในการอินเตอร์เฟซกับเครือข่ายการตรวจจับรถไฟ

รถไฟคลาส A ที่ติดตั้งอุปกรณ์ปกป้องออนบอร์ด ERTMS/ETCS ระดับ 2 จะต้องสามารถทำงานบนเส้นทางที่ติดตั้งระบบทั้งระดับ 2 และ ต่ำกว่าหนึ่งชั้น สำหรับรถไฟคลาส A ที่ติดตั้งอุปกรณ์ปกป้อง ERTMS/ETCS ระดับ 1 ไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบวิทยุสื่อสาร GSM-R แต่จะต้องมีการเตรียมพร้อมเพื่อสามารถติดตั้งกับระบบระดับ 2 ได้

เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันได้ ทั้งระบบย่อยและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะต้องสอดคล้องต่อความต้องการที่จำเป็นของตัวแปรพื้นฐานที่กำหนด โดยตัวแปรต่างๆ อธิบายดังนี้

3.6.1 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (Basic parameters)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและข้อกำหนดทางเทคนิคทั้งหมดสามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มย่อยดังแสดงในตารางที่ 3.6-1

ตารางที่ 3.6-1 ตัวแปรในระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

หัวข้อ	ตัวแปร
3.6.1.1	คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน (Control-Command and Signalling safety characteristics relevant to interoperability)
3.6.1.2	ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS / ETCS (On-board ERTMS/ETCS functionality)

3.6.1.3	ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS / ETCS (Track-side ERTMS/ETCS functionality)
3.6.1.4	ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R (Mobile communication functions for railways – GSM-R)
3.6.1.5	การอินเตอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS / ETCS และ GSM-R (ERTMS/ETCS and GSM-R air gap interfaces)
3.6.1.6	การอินเตอร์เฟซแบบออนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (On-board interfaces Internal to Control-Command and Signalling)
3.6.1.7	การอินเตอร์เฟซภาคพื้นดินภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (Track-side interfaces Internal to Control-Command and Signalling)
3.6.1.8	การจัดการรหัสข้อมูล (Key management)
3.6.1.9	การจัดการ ETCS-ID (ETCS-ID management)
3.6.1.10	ระบบตรวจจับรถไฟ (Train detection systems)
3.6.1.11	ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน (Electromagnetic compatibility between rolling stock and Control-Command and Signalling track-side equipment)
3.6.1.12	ส่วนอินเตอร์เฟซ ERTMS / ETCS กับพนักงานขับรถไฟ (ERTMS/ETCS DMI (driver machine interface))
3.6.1.13	ส่วนอินเตอร์เฟซ GSM-R กับพนักงานขับรถไฟ (GSM-R DMI (driver machine interface))
3.6.1.14	การอินเตอร์เฟซการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการกำกับดูแล (Interface to data recording for regulatory purposes)
3.6.1.15	การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน (Visibility of track-side Control-Command and Signalling objects)
3.6.1.16	สภาพแวดล้อม (Environmental conditions)

ข้อกำหนดจำเพาะต่างๆ สำหรับการติดต่อสื่อสารทั้งระหว่างรถไฟ และระหว่างรถไฟกับภาคพื้นดินที่ระบุใน TSI นี้ จะช่วยให้เกิดฟังก์ชันการทำงานที่เอื้อให้เกิดการวิ่งของรถไฟในเครือข่ายโดยปราศจากข้อจำกัดของระบบย่อยออนบอร์ดต่างๆ ตารางที่ 3.6-2 แสดงตัวแปรพื้นฐานในระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบย่อยและส่วนประกอบหลัก

ตารางที่ 3.6-2 ตัวแปรพื้นฐานในระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบย่อยและส่วนประกอบหลัก

ระบบย่อย	ส่วนประกอบ	หัวข้อตัวแปรพื้นฐาน
การควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินออนบอร์ด	การปกป้องรถไฟ (train protection)	3.6.1.1, 3.6.1.2, 3.6.1.5, 3.6.1.6, 3.6.1.8, 3.6.1.9, 3.6.1.12, 3.6.1.14, 3.6.1.16
	การสื่อสารวิทยุ (radio communication)	3.6.1.4, 3.6.1.5, 3.6.1.6, 3.6.1.13, 3.6.1.14, 3.6.1.16
การควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	การปกป้องรถไฟ (train protection)	3.6.1.3, 3.6.1.5, 3.6.1.7, 3.6.1.8, 3.6.1.9, 3.6.1.15, 3.6.1.16
	การสื่อสารวิทยุ (radio communication)	3.6.1.4, 3.6.1.5, 3.6.1.7, 3.6.1.16
	การตรวจจับรถไฟ (train detection)	3.6.1.10, 3.6.1.11, 3.6.1.16

ฟังก์ชันการทำงานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิคที่สอดคล้องกับตัวแปรพื้นฐานในระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณมีดังนี้

3.6.1.1 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน (Control-Command and Signalling safety characteristics relevant to interoperability)

สิ่งที่สำคัญประการแรกคือต้องไม่เกิดการส่งข้อมูลเพิ่มเติมที่สับสนระหว่างระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ดและภาคพื้นดิน นอกเหนือไปจากที่ระบุใน TSI นี้ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงหัวข้อต่อไปนี้

ก) ความปลอดภัย

ระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ดและภาคพื้นดินต้องสอดคล้องกับอุปกรณ์ ERTMS/ETCS รวมถึงการติดตั้งที่ระบุใน TSI นี้ โดยค่า tolerable rate (THR) สำหรับอันตรายที่เกิดจากความผิดพลาดด้านความเร็วและ/หรือระยะทางจะถูกกำหนดไว้ที่ 10^{-9} h^{-1} สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (1)

ข) ความน่าเชื่อถือ

ระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ดและภาคพื้นดินต้องสอดคล้องกับความต้องการที่ระบุใน TSI นี้ สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (32)

3.6.1.2 ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS/ETCS (On-board ERTMS/ETCS functionality)

ตัวแปรพื้นฐานสำหรับฟังก์ชันการทำงาน ERTMS/ETCS ออนบอร์ดจะช่วยบ่งบอกฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นเพื่อการเดินรถอย่างปลอดภัย โดยฟังก์ชันการทำงานหลักคือการปกป้องรถไฟและอาณัติสัญญาณในห้องคนขับอย่างอัตโนมัติ ซึ่งหมายถึง

1. การตั้งค่าคุณลักษณะรถไฟ เช่น ความเร็วสูงสุดของรถไฟและประสิทธิภาพการเบรก
2. การเลือกโหมดการกำกับดูแลบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากภาคพื้นดิน
3. การดำเนินการทำงานวัดระยะทาง
4. การระบุตำแหน่งรถไฟในระบบพิกัดอ้างอิงตามตำแหน่งของมาตรฐาน Eurobalise
5. การคำนวณความเร็วแบบไดนามิกส์สำหรับเหตุการณ์ต่างๆ บนพื้นฐานของคุณลักษณะรถไฟและของข้อมูลที่ได้จากภาคพื้นดิน
6. การกำกับดูแลความเร็วแบบไดนามิกส์ระหว่างการปฏิบัติการกิจ
7. การมีฟังก์ชันการแทรกแซง

โดยการใช้งาน ประสิทธิภาพและการทดสอบฟังก์ชันจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (1, 4, 13, 14, 15, 31, 37) นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันที่สนับสนุนฟังก์ชันการทำงานหลักโดยมีคุณลักษณะเพิ่มเติมดังนี้

1. การสื่อสารกับระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินที่ประกอบด้วย
 - a. การสื่อสารข้อมูล Eurobalise (หัวข้อ 3.6.1.5ข)
 - b. การสื่อสารข้อมูล Euroloop (หัวข้อ 3.6.1.5ค) ฟังก์ชันนี้จะเป็นออนบอร์ดยกเว้นแต่มีการติดตั้งภาคพื้นดินด้วย ERTMS/ETCS ระดับ 1
 - c. การสื่อสารข้อมูลวิทยุสำหรับ Radio Infill Unit (ฟังก์ชันที่สามารถเลือกที่จะเพิ่ม ERTMS ระดับ 1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยส่งข้อความที่สอดคล้องกับ Eurobalise ไปล่วงหน้าเพื่อรู้สถานะของทางรถไฟข้างหน้า) สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (18, 20) (หัวข้อ 3.6.1.5ก, 3.6.1.6ข, 3.6.1.8) ฟังก์ชันนี้จะเป็นออนบอร์ดยกเว้นแต่มีการสื่อสารข้อมูลวิทยุสำหรับ Radio Infill Unit ภาคพื้นดินด้วย ERTMS/ETCS ระดับ 1
 - d. การสื่อสารข้อมูลวิทยุ (หัวข้อ 3.6.1.5ก) ฟังก์ชันนี้จะถูกบังคับให้เป็นแบบออนบอร์ดสำหรับการใช้งาน ERTMS/ETCS ระดับ 2 หรือ 3
2. การสื่อสารกับพนักงานขับ สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (6) (หัวข้อ 3.6.1.12)
3. การสื่อสารกับ STM (Specific Transmission Module) ซึ่งเป็นโมดูลที่ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงจากระบบ ATP ที่มีอยู่ไปสู่ ERTMS นั่นคือเป็นการเชื่อมโยงไปยังระบบการจราจรในอนาคต (หัวข้อ 3.6.1.6ก)

4. การจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเที่ยงตรงของรถไฟ ซึ่งบังคับใช้สำหรับระบบ ERTMS/ETCS ระดับ 3
5. การตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์และการสนับสนุนรถไฟขณะทำงานในโหมดที่ขัดข้อง
6. รองรับการบันทึกข้อมูลที่ใช้ในการกำกับดูแล (หัวข้อ 3.6.1.14)
7. การรับ/ส่งต่อข้อมูลหรือคำสั่งจากรถไฟไปยัง DMI และส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีการอินเตอร์เฟสสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (7) (หัวข้อ 3.6.1.12)

3.6.1.3 ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS (Track-side ERTMS/ETCS functionality)

ตัวแปรนี้บ่งชี้การทำงานของ ERTMS/ETCS ภาคพื้นดิน โดยการทำงานของตัวแปรนี้คือ

1. การระบุตำแหน่งรถไฟในระบบพิกัดอ้างอิงตามตำแหน่งของมาตรฐาน Eurobalise
2. การแปลงข้อมูลจากอุปกรณ์อาณัติสัญญาณภาคพื้นดินไปสู่รูปแบบมาตรฐานสำหรับระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ด
3. ส่งคำสั่งอนุญาตเดินรถที่รวมถึงลักษณะของทางและคำสั่งโดยเฉพาะสำหรับรถไฟนั้น

โดยการใช้งาน ประสิทธิภาพและการทดสอบจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (1, 4, 13, 14, 15, 31, 37b, 37c, 37d) นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันที่สนับสนุนฟังก์ชันการทำงานหลักโดยมีคุณลักษณะเพิ่มเติมดังนี้

1. การสื่อสารกับระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ดที่ประกอบด้วย
 - a. การสื่อสารข้อมูล Eurobalise (หัวข้อ 3.6.1.5ข, 3.6.1.7ง)
 - b. การสื่อสารข้อมูล Euroloop (หัวข้อ 3.6.1.5ค, 3.6.1.7จ) ฟังก์ชันนี้จะเป็นภาคพื้นดินระดับ 1
 - c. การสื่อสารข้อมูลวิทยุสำหรับ Radio Infill Unit สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (18, 21) (หัวข้อ 3.6.1.5ก, 3.6.1.7ค, 3.6.1.8) ฟังก์ชันนี้จะเป็นภาคพื้นดินระดับ 1
 - d. การสื่อสารข้อมูลวิทยุ (หัวข้อ 3.6.1.5ก, 3.6.1.7ค, 3.6.1.8) ฟังก์ชันนี้จะถูกบังคับสำหรับการใช้งานระดับ 2 และ 3
2. การสร้างข้อมูล/คำสั่งไปยัง ERTMS/ETCS ออนบอร์ด เช่น การยก/ลดระดับเสาไฟ การเปลี่ยนระบบจ่ายไฟ เป็นต้น
3. การจัดการส่งผ่านรถไฟระหว่างช่วงสัญญาณ Radio Block Centre (RBC) สำหรับระดับ 2 และ 3 (หัวข้อ 3.6.1.7ก, 3.6.1.7ข)

3.6.1.4 ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R (Mobile communication functions for railways – GSM-R)

ตัวแปรพื้นฐานนี้กล่าวถึงฟังก์ชันการสื่อสารผ่านวิทยุซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวจะต้องมีการติดตั้งใช้ในระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณทั้งแบบออนบอร์ดและแบบภาคพื้นดิน ตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ระบุดังต่อไปนี้

- ก) ฟังก์ชันการทำงานพื้นฐาน สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (66, 67, 68, 73, 74)
- ข) การใช้เสียงและติดต่อสื่อสาร สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (32, 33, 48, 69, 70, 71, 72, 75, 76)
- ค) การสื่อสารข้อมูลสำหรับ ETCS สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (32, 33, 48)

3.6.1.5 การอินเตอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R (ERTMS/ETCS and GSM-R air gap interfaces)

ตัวแปรพื้นฐานนี้กล่าวถึงความต้องการสำหรับช่องว่างอากาศระหว่างระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ดและแบบภาคพื้นดิน รวมถึงการพิจารณาความต้องการสำหรับการอินเตอร์เฟซระหว่างอุปกรณ์ ERTMS/ETCS และ GSM-R ดังที่ระบุในหัวข้อ “การอินเตอร์เฟซแบบออนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” และ “การอินเตอร์เฟซภาคพื้นดินภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” โดยตัวแปรพื้นฐานประกอบด้วย

- 1. ค่าทางด้านกายภาพ ทางด้านไฟฟ้า และทางด้านแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับการทำงานที่ปลอดภัย
- 2. โพรโตคอลการสื่อสาร
- 3. ช่องสัญญาณที่ใช้ได้

โดยข้อกำหนดที่เหมาะสมประกอบด้วย

- ก) การสื่อสารวิทยุกับรถไฟ ในด้านนี้ การอินเตอร์เฟซการสื่อสารวิทยุรถไฟคลาส A จะต้องทำงานในย่าน GSM-R สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (64, 65, 10, 39, 40, 19, 20)
- ข) การสื่อสาร Eurobalise กับรถไฟ ต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (9, 43)
- ค) การสื่อสาร Euroloop กับรถไฟ ต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (16, 50)

3.6.1.6 การอินเตอร์เฟซแบบออนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (On-board interfaces Internal to Control-Command and Signalling)

ตัวแปรพื้นฐานนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน

- ก) ERTMS/ETCS และ การป้องกันรถไฟคลาส B

หากมีทั้งฟังก์ชัน ERTMS/ETCS และป้องกันรถไฟคลาส B ถูกติดตั้งออนบอร์ด การสลับใช้งานสามารถจัดการได้โดยอ้างอิงกับมาตรฐานอินเตอร์เฟซ สอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (8, 25, 26, 49)

หากการสลับใช้งานระหว่าง ฟังก์ชัน ERTMS/ETCS และป้องกันรถไฟคลาส B ไม่ได้ทำตามมาตรฐานดังกล่าว จะต้องแน่ใจว่าวิธีการที่ใช้ไม่ได้สร้างข้อกำหนดความต้องการใดๆ เพิ่มเติมต่อระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน

ข) การอินเตอร์เฟสระหว่างการสื่อสารข้อมูลวิทยุ GSM-R และ ERTMS/ETCS

ความต้องการสำหรับการอินเตอร์เฟสระหว่างฟังก์ชันวิทยุคลาส A และ ERTMS/ETCS ออนบอร์ด จะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (34) หากมีการใช้ฟังก์ชัน Radio Infill จะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (20)

ค) การวัดระยะทาง (Odometry)

การอินเตอร์เฟสระหว่างฟังก์ชัน Odometry และ ERTMS/ETCS ออนบอร์ด จะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (44)

3.6.1.7 การอินเตอร์เฟสภาคพื้นดินภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (Track-side interfaces Internal to Control-Command and Signalling)

ตัวแปรพื้นฐานนี้ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

ก) ฟังก์ชันการอินเตอร์เฟสระหว่าง Radio Block Centres (RBCs)

อินเตอร์เฟสนี้จะกำหนดข้อมูลที่จะแลกเปลี่ยนระหว่าง RBC ใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ปลอดภัยของรถไฟระหว่าง RBC

- ข้อมูลจาก RBC ตัวมอบสู่ RBC ตัวรับ

- ข้อมูลจาก RBC ตัวรับสู่ RBC ตัวมอบ

ข้อกำหนดจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (12)

ข) RBC/RBC

เป็นการอินเตอร์เฟสทางเทคนิคระหว่าง RBC โดยข้อบังคับถูกระบุในตารางที่ 3.6-3 (62, 63)

ค) GSM-R/ETCS ภาคพื้นดิน

เป็นการอินเตอร์เฟสระหว่างระบบวิทยุคลาส A และฟังก์ชัน ETCS ภาคพื้นดิน โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (34)

ง) Eurobalise/Lineside Electronic Unit (LEU)

เป็นการอินเตอร์เฟสระหว่าง Eurobalise และ LEU (ส่งข้อมูลและสัญญาณคำสั่งที่จำเป็นจากภาคพื้นดินไปยังขบวนรถไฟ) โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (9)

จ) Euroloop/LEU

เป็นการอินเตอร์เฟซระหว่าง Euroloop และ LEU โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (16)

3.6.1.8 การจัดการรหัสข้อมูล (Key management)

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะระบุข้อกำหนดสำหรับการจัดการการเข้ารหัสที่ใช้ในการป้องกันข้อมูลที่ส่งผ่านทางวิทยุ โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (11)

3.6.1.9 การจัดการ ETCS-ID (ETCS-ID management)

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะเกี่ยวข้องกับการระบุตัวตนของ ETCS สำหรับอุปกรณ์ในระบบย่อยการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณทั้งแบบออนบอร์ดและแบบภาคพื้นดิน โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (23)

3.6.1.10 ระบบตรวจจับรถไฟ (Train detection systems)

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะกำหนดความต้องการในการอินเตอร์เฟซระหว่างระบบตรวจจับรถไฟภาคพื้นดินและขบวนรถไฟ โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (77 sec. 3.1)

3.6.1.11 ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน (Electromagnetic compatibility between rolling stock and Control-Command and Signalling track-side equipment)

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะกำหนดความต้องการในการอินเตอร์เฟซสำหรับความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถไฟและอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (77 sec. 3.2)

3.6.1.12 ส่วนอินเตอร์เฟซ ERTMS/ETCS กับพนักงานขับรถไฟ (ERTMS/ETCS DMI (driver machine interface))

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะพูดถึงข้อมูลที่ได้จาก ERTMS/ETCS ไปสู่พนักงานขับรถไฟ และต่อเนื่องสู่ ERTMS/ETCS ออนบอร์ดโดยพนักงานขับรถไฟ โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (51)

3.6.1.13 ส่วนอินเตอร์เฟซ GSM-R กับพนักงานขับรถไฟ (GSM-R DMI (driver machine interface))

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะพูดถึงข้อมูลที่ได้จาก GSM-R ไปสู่พนักงานขับรถไฟ และต่อเนื่องสู่ GSM-R ออนบอร์ดโดยพนักงานขับรถไฟ โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (32, 33, 51)

3.6.1.14 การอินเตอร์เฟซการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการกำกับดูแล (Interface to data recording for regulatory purposes)

ตัวแปรพื้นฐานนี้จะพูดถึง

- การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง ERTMS/ETCS ออนไลน์ และอุปกรณ์บันทึกข้อมูลบนขบวนรถไฟ
- โพรโตคอลการสื่อสาร
- อินเทอร์เน็ตทางกายภาพ

โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (5)

3.6.1.15 การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน (Visibility of track-side Control-Command and Signalling objects)

ตัวแปรพื้นฐานนี้พูดถึง

- คุณลักษณะของป้ายจราจรสะท้อนแสง (Retro-reflective Sign) ที่แสดงผลที่ถูกต้อง
- คุณลักษณะของ marker board ที่ทำงานร่วมกันได้

โดยจะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับที่ระบุในตารางที่ 3.6-3 (38) นอกจากนี้ การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินจะต้องเข้ากันได้กับวิสัยทัศน์ของพนักงานขับรถและความเหมาะสมของโครงสร้างพื้นฐาน

3.6.1.16 สภาพแวดล้อม (Environmental conditions)

สภาพแวดล้อมที่ถูกบังคับในข้อกำหนดที่อ้างอิงใน TSI นี้ จะต้องคำนึงถึง

ตารางที่ 3.6-3 ข้อมูลจำเพาะที่บังคับสอดคล้องกับตัวแปรพื้นฐานข้างต้น

ลำดับ	หัวข้อ	ข้อกำหนด
1	ERA/ERTMS/003204	ERTMS/ETCS Functional requirement specification
2	Intentionally deleted	
3	UNISIG SUBSET-023	Glossary of terms and abbreviations
4	UNISIG SUBSET-026	System requirement specification
5	UNISIG SUBSET-027	FFFIS Juridical recorder-downloading tool
6	UNISIG SUBSET-033	FIS for man-machine interface
7	UNISIG SUBSET-034	FIS for the train interface
8	UNISIG SUBSET-035	Specific transmission module FFFIS
9	UNISIG SUBSET-036	FFFIS for Eurobalise
10	UNISIG SUBSET-037	EuroRadio FIS
11	UNISIG SUBSET-038	Offline key management FIS

12	UNISIG SUBSET-039	FIS for the RBC/RBC handover
13	UNISIG SUBSET-040	Dimensioning and engineering rules
14	UNISIG SUBSET-041	Performance requirements for interoperability
15	ERA SUBSET-108	Interoperability related consolidation on TSI Annex A documents
16	UNISIG SUBSET-044	FFFIS for Euroloop subsystem
17	Intentionally deleted	
18	UNISIG SUBSET-046	Radio in-fill FFFS
19	UNISIG SUBSET-047	Track-side-trainborne FIS for radio in-fill
20	UNISIG SUBSET-048	Trainborne FFFIS for radio in-fill
21	UNISIG SUBSET-049	Radio in-fill FIS with LEU/interlocking
22	Intentionally deleted	
23	UNISIG SUBSET-054	Assignment of values to ETCS variables
24	Intentionally deleted	
25	UNISIG SUBSET-056	STM FFFIS Safe time layer
26	UNISIG SUBSET-057	STM FFFIS Safe link layer
27	UNISIG SUBSET-091	Safety requirements for the technical interoperability of ETCS in levels 1 and 2
28	Reserved	Reliability — availability requirements
29	UNISIG SUBSET-102	Test specification for interface ‘K’
30	Intentionally deleted	
31	UNISIG SUBSET-094	Functional requirements for an on-board reference test facility
32	EIRENE FRS	GSM-R Functional requirements specification
33	EIRENE SRS	GSM-R System requirements specification
34	A11T6001 12	(MORANE) Radio transmission FFFIS for EuroRadio
35	Intentionally deleted	
36a	Intentionally deleted	
36b	Intentionally deleted	
36c	UNISIG SUBSET-074-2	FFFIS STM Test cases document
37a	Intentionally deleted	
37b	UNISIG SUBSET-076-5-2	Test cases related to features

37c	UNISIG SUBSET-076-6-3	Test sequences
37d	UNISIG SUBSET-076-7	Scope of the test specifications
37e	Intentionally deleted	
38	06E068	ETCS Marker-board definition
39	UNISIG SUBSET-092-1	ERTMS EuroRadio conformance requirements
40	UNISIG SUBSET-092-2	ERTMS EuroRadio test cases safety layer
41	Intentionally deleted	
42	Intentionally deleted	
43	UNISIG SUBSET-085	Test specification for Eurobalise FFFIS
44	Reserved	Odometry FIS
45	UNISIG SUBSET-101	Interface 'K' specification
46	UNISIG SUBSET-100	Interface 'G' specification
47	Intentionally deleted	
48	Reserved	Test specification for mobile equipment GSM-R
49	UNISIG SUBSET-059	Performance requirements for STM
50	UNISIG SUBSET-103	Test specification for Euroloop
51	Reserved	Ergonomic aspects of the DMI
52	UNISIG SUBSET-058	FFFIS STM Application layer
53	Intentionally deleted	
54	Intentionally deleted	
55	Intentionally deleted	
56	Intentionally deleted	
57	Intentionally deleted	
58	Intentionally deleted	
59	Intentionally deleted	
60	Intentionally deleted	
61	Intentionally deleted	
62	UNISIG SUBSET-099	RBC-RBC Test specification for safe communication interface
63	UNISIG SUBSET-098	RBC-RBC Safe communication interface
64	EN 301 515	Global System for Mobile Communication (GSM); Requirements for GSM operation on railways

65	TR 102 281	Detailed requirements for GSM operation on railways
66	(MORANE) A 01 T 0004 1	ASCI Options for Interoperability
67	(MORANE) P 38 T 9001	FFFIS for GSM-R SIM Cards
68	ETSI TS 102 610	Railway Telecommunication; GSM; Usage of the UUUE for GSM operation on railways
69	(MORANE) F 10 T 6002	FFFS for Confirmation of High-Priority Calls
70	(MORANE) F 12 T 6002	FIS for Confirmation of High-Priority Calls
71	(MORANE) E 10 T 6001	FFFS for Functional Addressing
72	(MORANE) E 12 T 6001	FIS for Functional Addressing
73	(MORANE) F 10 T6001	FFFS for Location Dependent Addressing
74	(MORANE) F 12 T6001	FIS for Location Dependent Addressing
75	(MORANE) F 10 T 6003	FFFS for Presentation of Functional Numbers to Called and Calling Parties
76	(MORANE) F 12 T 6003	FIS for Presentation of Functional Numbers to Called and Calling Parties
77	ERA/ERTMS/033281	Interfaces between CCS track-side and other subsystems
78	Reserved	Safety requirements for ETCS DMI functions
Reserved หมายถึง ยังไม่มีข้อสรุป		

3.6.2 อินเทอร์เฟซ (Interface)

อินเทอร์เฟซระหว่างระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ กับระบบย่อยอื่น ๆ ตามรูปที่ 3.4-1 จะสรุปดังนี้

3.6.2.1 อินเทอร์เฟซกับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตารางที่ 3.6-4 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เฟซ

ตารางที่ 3.6-4 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ – ระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ระบบตรวจจับรถไฟ	3.6.1.10	เขตโครงสร้าง	3.3.1.1

การสื่อสาร Eurobalise	3.6.1.5ข	เขตโครงสร้าง	3.3.1.1
การสื่อสาร Euroloop	3.6.1.5ค	เขตโครงสร้าง	3.3.1.1
การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและ อาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.15	เขตโครงสร้าง	3.3.1.1

3.6.2.2 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยพลังงาน

ตารางที่ 3.6-5 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3.6-5 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ – ระบบย่อยพลังงาน

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยพลังงาน	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS / ETCS	3.6.1.2	ส่วนแยกเฟส	3.4.1.14
		ส่วนแยกระบบ	3.4.1.15
ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS / ETCS	3.6.1.3	ส่วนแยกเฟส	3.4.1.14
		ส่วนแยกระบบ	3.4.1.15

3.6.2.3 อินเทอร์เน็ตกับระบบย่อยขบวนรถ

ตารางที่ 3.6-6 แสดงตัวแปรที่คำนึงถึงในการอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3.6-6 ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ – ขบวนรถ

ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ		ตัวแปรพื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ	
ตัวแปร	หัวข้อ	ตัวแปร	หัวข้อ
ระบบตรวจจับรถไฟภาคพื้นดิน	3.6.1.10	ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (track circuit)	3.5.1.16ก
		ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (axle counter)	3.5.1.16ข
		ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (loop equipment)	3.5.1.16ค
ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่าง ขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและ	3.6.1.11	ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (track circuit)	3.5.1.16ก

อาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน		ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (axle counter)	3.5.1.16ข
		ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (loop equipment)	3.5.1.16ค
ประสิทธิภาพและคุณลักษณะการเบรกออนบอร์ด	3.6.1.2	การเบรกกรณีฉุกเฉิน	3.5.1.40
ตำแหน่งของสายอากาศควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณออนบอร์ด	3.6.1.2	เขตโครงสร้าง	3.5.1.1
ฟังก์ชันการแยกออกของ ERTMS/ETCS ออนบอร์ด	3.6.1.2	เอกสารปฏิบัติการ	3.5.1.137
การมองเห็นของอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน	3.6.1.15	ไฟหน้า	3.5.1.74
		กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์	3.5.1.114
การอินเตอร์เฟซการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการกำกับดูแล	3.6.1.14	เครื่องบันทึกเสียง	3.5.1.123
คำสั่งไปยังอุปกรณ์ขบวนรถไฟออนบอร์ด	3.6.1.2	ส่วนแยกเฟส	3.5.1.14
คำสั่งไปยังอุปกรณ์ภาคพื้นดิน	3.6.1.3		
คำสั่งการเบรกฉุกเฉินออนบอร์ด	3.6.1.2	คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน	3.5.1.34

3.6.3 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability constituents)

ส่วนประกอบในตารางดังต่อไปนี้ถูกกำหนดให้เป็นส่วนที่ทำงานร่วมกันโดยแบ่งเป็นตารางที่ 3.6-7 แสดงระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ด และตารางที่ 3.6-8 แสดงระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน

ตารางที่ 3.6-7 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ด

ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	ฟังก์ชันและอินเตอร์เฟซที่เกี่ยวข้อง	ข้อกำหนดที่บังคับในการประเมินความเข้ากันได้
ERTMS/ETCS ออนบอร์ด	3.6.1.1	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)
	3.6.1.2	On-board ETCS functionality (ยกเว้น odometry)
	3.6.1.5ก	RBC (ระดับ 2 และ 3)
	3.6.1.5ง	Radio in-fill unit (ตัวเลือก ระดับ 1)
	3.6.1.5ข	Eurobalise air gap
	3.6.1.5ค	Euroloop air gap (ตัวเลือก ระดับ 1)

	3.6.1.6ก	STM
	3.6.1.6ข	ERTMS/ETCS GSM-R on-board
	3.6.1.6ค	Odometry
	3.6.1.8	Key management system
	3.6.1.9	ETCS ID Management
	3.6.1.12	ERTMS/ETCS Driver-Machine Interface
	3.6.1.2	Train interface
	3.6.1.14	On-board recording device
	3.6.1.16	Physical environmental conditions
อุปกรณ์ Odometry	3.6.1.1	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)
	3.6.1.2	On-board ETCS functionality (เฉพาะ Odometry)
	3.6.1.6ค	On-board ERTMS/ETCS
	3.6.1.16	Environmental conditions
อินเตอร์เฟซกับ STM ภายนอก	3.6.1.6ก	On-board ERTMS/ETCS
GSM-R voice cab radio	3.6.1.1	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)
	3.6.1.4ก	Basic communication functions
	3.6.1.4ข	Voice and operational communication applications
	3.6.1.5ก	GSM-R air gap
	3.6.1.13	GSM-R Driver-Machine Interface
	3.6.1.16	Environmental conditions
GSM-R ETCS Data only Radio	3.6.1.1	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)
	3.6.1.4ก	Basic communication functions
	3.6.1.6ข	On-board ERTMS/ETCS
	3.6.1.5ก	GSM-R air gap
	3.6.1.16	Environmental conditions
GSM-R SIM card	3.6.1.4ก	Basic communication functions
	3.6.1.16	Environmental conditions

ตารางที่ 3.6-8 ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน

ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	ฟังก์ชันและอินเตอร์เฟซที่เกี่ยวข้อง	ข้อกำหนดที่บังคับในการประเมินความเข้ากันได้
RBC	3.6.1.1	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)
	3.6.1.3	Track-side ERTMS/ETCS functionality (ไม่รวมการสื่อสารโดยใช้ Eurobalise, radio in-fill และ Euroloop)
	3.6.1.5ก	ERTMS/ETCS and GSM-R air gap interfaces
	3.6.1.7ก, 7ข	Neighbouring RBC
	3.6.1.7ค	ERTMS/ETCS GSM-R track-side
	3.6.1.8	Key management system

	3.6.1.9	ETCS-ID Management
	3.6.1.16	Environmental conditions
Radio in-fill unit	3.6.1.1 3.6.1.3 3.6.1.5ก 3.6.1.7ค 3.6.1.8 3.6.1.9 3.6.1.3 3.6.1.16	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS) Track-side ERTMS/ETCS functionality (ไม่รวมการสื่อสารโดยใช้ Eurobalise, Euroloop และฟังก์ชันระดับ 2/3) ERTMS/ETCS and GSM-R air gap interfaces ERTMS/ETCS- GSM-R track-side Key management system ETCS-ID Management Interlocking and LEU Environmental conditions
Eurobalise	3.6.1.1 3.6.1.5ข 3.6.1.7ง 3.6.1.16	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS) ERTMS/ETCS and GSM-R air gap interfaces (เฉพาะการสื่อสารระหว่าง Eurobalise กับขบวนรถไฟ) LEU – Eurobalise Environmental conditions
Euroloop	3.6.1.1 3.6.1.5ค 3.6.1.7จ 3.6.1.16	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS) ERTMS/ETCS and GSM-R air gap interfaces (เฉพาะการสื่อสารระหว่าง Euroloop กับขบวนรถไฟ) LEU – Eurobalise Environmental conditions
LEU Eurobalise	3.6.1.1 3.6.1.3 3.6.1.7ง 3.6.1.16	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS) Track-side ERTMS/ETCS functionality (ไม่รวมการสื่อสารโดยใช้ radio in-fill, Euroloop และฟังก์ชันระดับ 2/3) LEU – Eurobalise Environmental conditions
LEU Euroloop	3.6.1.1 3.6.1.3 3.6.1.7จ 3.6.1.16	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS) Track-side ERTMS/ETCS functionality (ไม่รวมการสื่อสารโดยใช้ radio in-fill, Eurobalise และฟังก์ชันระดับ 2/3) LEU – Eurobalise Environmental conditions

3.6.4 การประเมินด้านความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (EC conformity) และการตรวจสอบระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ (EC verification)

ก) ความต้องการที่จำเป็นของตัวแปรพื้นฐาน

ตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC สำหรับระบบย่อยและส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะต้องสอดคล้องต่อความต้องการที่จำเป็นของตัวแปรพื้นฐานที่กำหนดไว้ในเงื่อนไขดังนี้

ความปลอดภัย (safety)

ทุกโปรเจกต์ที่ประยุกต์ใช้ข้อกำหนดนี้จะต้องใช้มาตรการจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่า ระดับความเสี่ยงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ไม่สูงเกินค่าที่ตั้งไว้สำหรับการให้บริการ สำหรับวัตถุประสงค์นี้ คณะกรรมการควบคุม (EC) ได้นำวิธีการทั่วไปในการประเมินความเสี่ยง และการประเมินผลตามที่อ้างถึงในบทบัญญัติ 2004/49/EC

เพื่อให้มั่นใจว่า มาตรการที่ดำเนินการเพื่อให้บรรลุความปลอดภัยจะไม่เป็นอันตรายต่อการทำงานร่วมกัน ข้อกำหนดที่ยอมรับของตัวแปรพื้นฐานจะต้องปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)

สำหรับระบบ ERTMS/ETCS คลาส A วัตถุประสงค์ด้านความปลอดภัยถูกแบ่งระหว่างระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณออนบอร์ดกับภาคพื้นดิน รายละเอียดความต้องการได้ถูกระบุในตัวแปรพื้นฐานที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.6.1.1 นอกจากความต้องการด้านความปลอดภัยแล้ว ยังต้องมีความต้องการพร้อมใช้งานอีกด้วย

ความน่าเชื่อถือและความพร้อม (Reliability and availability)

สำหรับระบบคลาส A วัตถุประสงค์ด้านความน่าเชื่อถือและความพร้อมจะแบ่งระหว่างระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณออนบอร์ดกับภาคพื้นดิน รายละเอียดความต้องการได้ถูกระบุในตัวแปรพื้นฐานที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.6.1.1

ระดับความเสี่ยงที่จะตรวจสอบจะพิจารณาส่วนประกอบ (constituent) ของระบบย่อยอายุ และการสึกหรอ

ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (Health)

ตามกฎหมายของ EU และข้อบังคับระดับชาติ จะต้องมีการดูแลเพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุที่ใช้และการออกแบบระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณจะไม่เป็นอันตรายสุขภาพของคนที่ใช้

การปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)

ตามกฎหมายของ EU และข้อบังคับระดับชาติ

1. อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ถ้ามีการให้ความร้อนมากเกินไป จะต้องไม่เกินขีดจำกัดสำหรับปล่อยก๊าซควันหรือก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

2. อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ต้องไม่ประกอบด้วยสารที่อาจปนเปื้อนเกินระดับปกติต่อสิ่งแวดล้อมในระหว่างการใช้ปกติ

3. อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของสหภาพยุโรปเพื่อบังคับควบคุมขีดจำกัดการแพร่กระจายและความทนทานต่อสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตามอาณัติบริเวณรถไฟ

4. อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ จะต้องสอดคล้องกับกฎระเบียบที่มีอยู่ในสถานะทาง
เสี่ยง

5. อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ จะต้องไม่เพิ่มระดับการสัมผัสที่อันตรายซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความ
เที่ยงตรงของโครงสร้างพื้นฐาน

ความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)

ความเข้ากันได้ทางเทคนิครวมถึงฟังก์ชัน อินเทอร์เน็ต และประสิทธิภาพที่จำเป็นเพื่อให้เกิดการ
ทำงานร่วมกัน

ความต้องการของความเข้ากันได้ทางเทคนิคถูกแบ่งเป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

1. ประเภทแรกกำหนดความต้องการด้านวิศวกรรมทั่วไปสำหรับการทำงานร่วมกันได้แก่เงื่อนไขด้าน
สิ่งแวดล้อม ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) ภายในขอบเขตรถไฟ และการติดตั้ง

2. ประเภทที่สองอธิบายถึงวิธีการประยุกต์ใช้ระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณในทาง
เทคนิค และฟังก์ชันที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกัน

3. ประเภทที่สามอธิบายถึงการดำเนินการใช้งานระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณเพื่อให้
เกิดการทำงานร่วมกัน

ข) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (หัวข้อ 3.6.3)

ก่อนที่จะวางส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันในตลาดเครือข่าย ผู้ผลิตหรือตัวแทนจะต้องรวบรวม
เอกสารที่เป็นหลักฐานเพื่อประกาศ 'EC' ที่สอดคล้องตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC โดย
คณะกรรมการยุโรป ('EC' Declaration of conformity)

กระบวนการประเมินจะทำโดยขั้นตอนที่ระบุในตารางที่ 3.6-9

ตารางที่ 3.6-9 การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ข้อมูลสนับสนุน
Functions, interfaces and performances	ตรวจสอบการใช้งานและความสอดคล้อง กับมาตรฐานการทำงานร่วมกันได้ของ ฟังก์ชัน อินเทอร์เน็ต และประสิทธิภาพของ ตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	ออกแบบเอกสาร รวมถึงกรณีและสถานการณ์ ที่ใช้ทดสอบและทดสอบ ที่อธิบายในตัวแปร พื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3
	ตรวจสอบการใช้งานและความสอดคล้อง กับมาตรฐานการทำงานร่วมกันได้ของ ฟังก์ชันและอินเทอร์เน็ตเฉพาะที่เป็น ตัวเลือกที่อธิบายในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิง ในตารางหัวข้อ 3.6.3	ออกแบบเอกสาร รวมถึงกรณีและสถานการณ์ ที่ใช้ทดสอบและทดสอบ ที่อธิบายในตัวแปร พื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3

	ตรวจสอบการใช้งานของฟังก์ชันและอินเตอร์เฟซเพิ่มเติมที่ไม่ได้อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	การวิเคราะห์ผลกระทบ
Environment	ตรวจสอบความสอดคล้องกับสถานะแวดล้อมที่บังคับที่กำหนดในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	ทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3
	ตรวจสอบเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันได้ทำงานอย่างถูกต้องในสถานะแวดล้อมที่บังคับ	ทดสอบตามข้อกำหนดจำเพาะของผู้ยื่นขอรับการประเมิน
Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)	ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในตัวแปรพื้นฐานอ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3 เช่น 1. อ้างอิงกับปริมาณ Tolerable Hazard Rate (THR) เนื่องเกิดจากความผิดพลาดแบบสุ่ม 2. กระบวนการพัฒนาจะสามารถตรวจจับและกำจัดความล้มเหลวของระบบ	1. คำนวณ THR ที่เกิดจากการสุ่มความผิดพลาด ตามแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ 2.1 คุณภาพและการบริหารความปลอดภัยตลอดทั้งการออกแบบ ผลิต และทดสอบต้องสอดคล้องตามมาตรฐานที่ยอมรับ 2.2 วัฏจักรการพัฒนาซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และการประกอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต้องสอดคล้องตามมาตรฐานที่ยอมรับ 2.3 กระบวนการพิสูจน์ยืนยันด้านความปลอดภัยและตรวจสอบต้องสอดคล้องตามมาตรฐานที่ยอมรับ และตามความต้องการด้านความปลอดภัยที่อธิบายในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3 2.4 ความต้องการด้านความปลอดภัยในการทำงาน และเทคนิค (ผลกระทบจากข้อบกพร่องและจากอิทธิพลภายนอก) มีการพิสูจน์ยืนยันตามมาตรฐานที่ยอมรับ
	ตรวจสอบว่าเป็นไปตามเป้าหมายเชิงปริมาณของความน่าเชื่อถือ	คำนวณ
	ตรวจสอบความสอดคล้องกับความต้องการบำรุงรักษา	ตรวจสอบเอกสาร

ค) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

หัวข้อนี้กล่าวถึงการประกาศ 'EC' เพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ด และการประกาศ 'EC' เพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดิน ('EC' declaration of verification)

เมื่อได้รับแจ้งความประสงค์จากผู้ยื่นขอ หน่วยงานตรวจสอบอิสระจะทำการยืนยัน 'EC' ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ดและแบบภาคพื้นดิน ตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC จากนั้นผู้ยื่นจะต้องร่าง ประกาศ 'EC' เพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่ง

การและอาณัติสัญญาเพื่อนำไปประกอบกับ certificates of conformity ในการดำเนินการเดินรถไฟในเครือข่าย

สำหรับกระบวนการประเมินจะทำตามตารางที่ 3.6-10 และ 3.6-11

ตารางที่ 3.6-10 การประเมินเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาแบบออนบอร์ด

หัวข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ข้อมูลสนับสนุน
Use of interoperability constituents	ตรวจสอบส่วนประกอบที่จะใช้เพื่อทำงานร่วมกันในระบบย่อยว่ามีการรับรองโดย 'EC' Declaration of conformity และใบรับรอง certificate	เนื้อหาที่ระบุในเอกสาร
	ตรวจสอบข้อกำหนดการใช้ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันตามลักษณะของระบบย่อยและสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์จากการตรวจสอบเอกสาร
	ตรวจสอบการรับรองของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันที่อาจเปลี่ยนไปหากเวอร์ชันของ TSI CCS มีการเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ผลกระทบโดยการตรวจสอบเอกสาร
Integration of interoperability constituents in the subsystem	ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งและการทำงานของอินเทอร์เฟซของระบบย่อยในหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซแบบออนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญา” (3.6.1.6)	ตรวจสอบตามที่ระบุ
	ตรวจสอบเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันที่ไม่ได้ระบุใน TSI นี้ว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น	การวิเคราะห์ผลกระทบ
	ตรวจสอบว่าค่าของ ETCS ID อยู่ในช่วงที่อนุญาต ตามหัวข้อ “การจัดการ ETCS-ID” (3.6.1.9)	ตรวจสอบรายละเอียดการออกแบบ
Integration with rolling stock	ตรวจสอบความถูกต้องและเงื่อนไขในการติดตั้งของอุปกรณ์ ในหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.2) “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4) และ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.14)	ผลการตรวจสอบ (ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงในตัวแปรพื้นฐานและขั้นตอนการติดตั้งของผู้ผลิต)
	ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาแบบออนบอร์ดสอดคล้องกับสถานะแวดล้อมของขบวนรถไฟ	ตรวจสอบเอกสาร (ใบประกาศของส่วนประกอบ และวิธีการประกอบกับขบวนรถไฟ)
	ตรวจสอบว่าตัวแปรตั้งไว้ถูกต้องและอยู่ในช่วงที่อนุญาต	ตรวจสอบเอกสาร (ค่าของตัวแปร)
Integration with	ตรวจสอบว่า STM ภายนอกเชื่อมต่อกับ	ไม่มีการทดสอบ: มีอินเทอร์เฟซมาตรฐาน

Class B	ERTMS/ETCS อนบนบอร์ด	แบบทดสอบแล้วในหัวข้อส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน ส่วนฟังก์ชันการทำงานได้รับการทดสอบแล้วเมื่อตรวจสอบเรื่อง Integration of interoperability constituents in the subsystem
	ตรวจสอบว่าฟังก์ชันคลาส B ที่นำมาใช้ใน ERTMS/ETCS อนบนบอร์ด หัวข้อ “การอินเตอร์เฟซแบบอนบนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6ก) จะไม่สร้างข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการทดสอบ: มีการทดสอบแล้วในหัวข้อส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน
	ตรวจสอบว่าการแยกอุปกรณ์คลาส B ที่ไม่ได้เชื่อมต่อ ERTMS/ETCS อนบนบอร์ด หัวข้อ “การอินเตอร์เฟซแบบอนบนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6ก) จะไม่สร้างข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการทดสอบ: ไม่มีการอินเตอร์เฟซ
	ตรวจสอบว่าการแยกอุปกรณ์คลาส B ที่เชื่อมต่ออยู่กับ ERTMS/ETCS อนบนบอร์ดที่ไม่ได้ใช้การอินเตอร์เฟซที่สอดคล้องกับ TSI หัวข้อ “การอินเตอร์เฟซแบบอนบนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6ก) จะไม่สร้างข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ผลกระทบ
Integration with Control-Command and Signalling Track-side Subsystems	ตรวจสอบว่า Eurobalise telegrams สามารถอ่านได้ (ขอบเขตของการทดสอบนี้ถูกจำกัดเพื่อตรวจสอบว่าเสาอากาศได้ติดตั้งอย่างเหมาะสม การทดสอบที่ทำแล้วในหัวข้อส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะไม่ทำซ้ำ) ตามหัวข้อ “การอินเตอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	ทดสอบด้วยการใช้ Eurobalise ที่ได้รับการรับรอง: ความสามารถในการอ่าน telegram ที่ถูกต้องใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน
	ตรวจสอบว่า Euroloop telegrams สามารถอ่านได้ ตามหัวข้อ “การอินเตอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	ทดสอบด้วยการใช้ Euroloop ที่ได้รับการรับรอง: ความสามารถในการอ่าน telegram ที่ถูกต้องใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน
	ตรวจสอบว่าอุปกรณ์สามารถรองรับการเรียกเข้าของ GSM-R สำหรับเสียงและ	ทดสอบด้วยเครือข่าย GSM-R ที่ได้รับการรับรอง: ความสามารถในการติดตั้งบำรุงรักษา

	ข้อมูล ตามหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	และการยกเลิกการเชื่อมต่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน
Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)	ตรวจสอบว่า อุปกรณ์สอดคล้องกับความต้องการความปลอดภัย ตามหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุม สิ่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	แอปพลิเคชันของขั้นตอนที่ระบุไว้ในวิธีปลอดภัย
	ตรวจสอบว่า ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณเป็นไปตามเป้าหมาย	คำนวณ
	ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการบำรุงรักษา	ตรวจสอบเอกสาร
Integration with Control-Command and Signalling Track-side Subsystems and other subsystems: tests under operational conditions	ทดสอบพฤติกรรมของระบบย่อยภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานต่างๆ ตามความสมเหตุสมผล (เช่น ระดับความชันทางความเร็วรถไฟ การสัมผัสเพื่อกันการลากจูงสภาพอากาศ การออกแบบฟังก์ชันควบคุม สิ่งการและอาณัติสัญญาณ) การทดสอบต้องสามารถตรวจสอบว่า - ฟังก์ชัน odometry ทำงานอย่างถูกต้องตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.2) - ระบบย่อยควบคุม สิ่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ดเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อมของขบวนรถไฟ ตามหัวข้อ “สภาพแวดล้อม” (3.6.1.16) การทดสอบเหล่านี้ต้องเพิ่มความมั่นใจว่าจะไม่มีความล้มเหลวของระบบ ขอบเขตของการทดสอบเหล่านี้ไม่รวมการทดสอบที่ทำแล้วในขั้นตอนก่อนหน้านี้: ดำเนินการทดสอบบนส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน และการทดสอบที่ดำเนินการบนระบบย่อยในสภาพแวดล้อมเลียนแบบจะต้องนำมาพิจารณา การทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่การดำเนินงานไม่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์เสียง GSM-R ออนบอร์ด	รายงานการทดสอบ หมายเหตุ: ระบุในใบรับรองถึงเงื่อนไขที่ได้รับ การทดสอบ มาตรฐานที่ได้ถูกนำไปใช้ และเกณฑ์การพิจารณาการทดสอบที่สิ้นสุด

ตารางที่ 3.6-11 การประเมินเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและ
อาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน

หัวข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ข้อมูลสนับสนุน
Use of interoperability constituents	ตรวจสอบส่วนประกอบที่จะใช้เพื่อทำงานร่วมกันในระบบย่อยว่ามีการรับรองโดย 'EC' Declaration of conformity และ ใบรับรอง certificate	เนื้อหาที่ระบุในเอกสาร
	ตรวจสอบข้อจำกัดการใช้ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันตามลักษณะของระบบย่อยและสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์จากการตรวจสอบเอกสาร
	ตรวจสอบการรับรองของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันที่อาจเปลี่ยนไปหากเวอร์ชันของ TSI CCS มีการเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ผลกระทบโดยการเปรียบเทียบข้อมูลเฉพาะที่อ้างอิงใน TSI และใบรับรองการทำงานร่วมกันของส่วนประกอบ
Use of train detection systems	ตรวจสอบว่า ชนิดที่เลือกสอดคล้องกับข้อกำหนด TSI คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจ็บริบทไฟ” (3.6.1.10) และ “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน” (3.6.1.11)	การตรวจสอบเอกสาร
Integration of interoperability constituents in the subsystem	ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งและการทำงานของอินเทอร์เฟซของระบบย่อยในหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5) และ “การอินเทอร์เฟซภาคพื้นดินภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.7)	ตรวจสอบตามที่ระบุ
	ตรวจสอบเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันที่ไม่ได้ระบุใน TSI นี้ว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น	การวิเคราะห์ผลกระทบ
	ตรวจสอบว่าค่าของ ETCS ID อยู่ในช่วงที่อนุญาต ตามหัวข้อ “การจัดการ ETCS-ID” (3.6.1.9)	ตรวจสอบรายละเอียดการออกแบบ
Integration with infrastructure	ตรวจสอบความถูกต้องและเงื่อนไขในการติดตั้งของอุปกรณ์ ในหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.3) และ “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4)	ผลการตรวจสอบ (ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงในตัวแปรพื้นฐานและขั้นตอนการติดตั้งของผู้ผลิต)
	ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมของภาคพื้นดินข้างราง	ตรวจสอบเอกสาร (ใบประกาศของส่วนประกอบ และวิธีการประกอบกับภาคพื้นดิน)

Integration with track- side signalling	ตรวจสอบว่า ฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นโดยแอปพลิเคชันได้มีการใช้ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.3)	ตรวจสอบเอกสาร (รายละเอียดการออกแบบและใบรับรองการทำงานร่วมกันของส่วนประกอบ)
	ตรวจสอบการกำหนดค่าที่ถูกต้องของตัวแปร (Eurobalise telegrams, ข้อความ RBC ตำแหน่งบอร์ดเครื่องหมาย ฯลฯ)	ตรวจสอบเอกสาร (ค่าที่ของตัวแปรตามข้อกำหนดคุณลักษณะของภาคพื้นดินและอาณัติสัญญาณ)
	ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งและการทำงานของอินเทอร์เฟซ	ตรวจสอบการออกแบบและทดสอบตามข้อมูลที่ได้จากผู้ยื่นขอ
	ตรวจสอบว่า ระบบย่อยของคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินดำเนินการอย่างถูกต้องตามข้อมูลในการอินเทอร์เฟซกับอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน (เช่นการกำเนิด Eurobalise telegrams ที่เหมาะสมโดย LEU หรือข้อความโดย RBC)	ตรวจสอบการออกแบบและทดสอบตามข้อมูลที่ได้จากผู้ยื่นขอ
Integration with Control-Command and Signalling On-board Subsystems and with rolling stock	ตรวจสอบระยะครอบคลุม GSM-R ตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4)	การทดสอบในสถานที่จริง
	ตรวจสอบความสอดคล้องกับระบบตรวจรถไฟกับข้อกำหนดใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจบริไฟ” (3.6.1.10)	การทดสอบในสถานที่จริง
	ตรวจสอบความสอดคล้องกับระบบตรวจรถไฟกับข้อกำหนดใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจบริไฟ” (3.6.1.10) และ “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน” (3.6.1.11)	ตรวจสอบหลักฐานจากการติดตั้งที่มีอยู่ (สำหรับระบบที่มีการใช้อยู่) ทำการทดสอบตามมาตรฐานสำหรับระบบใหม่
	ตรวจสอบว่า ฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นโดยแอปพลิเคชันได้มีการใช้ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.3) “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4) และ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	รายงานการทดสอบของการดำเนินงานตามสถานการณ์ด้วยระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณต่างๆ รายงานจะระบุถึงสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์บนบอร์ดที่ใช้ และสถานที่ทดสอบ (ในห้องปฏิบัติการ หรือสถานที่จริง)
Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)	ตรวจสอบว่า อุปกรณ์สอดคล้องกับความต้องการความปลอดภัย ตามหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	แอปพลิเคชันของขั้นตอนที่ระบุไว้ในวิธีปลอดภัย
	ตรวจสอบว่า ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณเป็นไปตามเป้าหมาย ตามหัวข้อ	คำนวณ

	“คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	
	ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการบำรุงรักษา	ตรวจสอบเอกสาร
Integration with Control-Command and Signalling On-board Subsystems and rolling stock: tests under operational conditions	ทดสอบพฤติกรรมของระบบย่อยภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานต่างๆ ตามความสมเหตุสมผล (เช่น ความเร็วรถไฟ จำนวนขบวนรถไฟบนเส้นทาง สภาพอากาศ) การทดสอบต้องสามารถตรวจสอบว่า 1. ประสิทธิภาพระบบตรวจจับรถไฟ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจับรถไฟ” (3.6.1.10) และ “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน” (3.6.1.11) 2. ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน เข้ากันได้กับสภาพแวดล้อมภาคพื้นดินตามแนวทาง ตามหัวข้อ “สภาพแวดล้อม” (3.6.1.16) การทดสอบเหล่านี้ต้องเพิ่มความมั่นใจว่าจะไม่มีความล้มเหลวของระบบ ขอบเขตของการทดสอบเหล่านี้ไม่รวมการทดสอบที่ทำแล้วในขั้นตอนก่อนหน้านี้: ดำเนินการทดสอบบนส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน และการทดสอบที่ดำเนินการบนระบบย่อยในสภาพแวดล้อมเลียนแบบจะต้องนำมาพิจารณา	รายงานการทดสอบ หมายเหตุ: ระบบในใบรับรองถึงเงื่อนไขที่ได้รับ การทดสอบ มาตรฐานที่ได้ถูกนำไปใช้ และเกณฑ์การพิจารณาการทดสอบที่สิ้นสุด

ตารางที่ 3.6-12 มาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการรับรอง

หัวข้อ	ข้อกำหนด
EN 50126 (1999)	Railway applications — The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)
EN 50128 (2001)	Railway applications — Communication, signalling and processing systems — Software for railway control and protection systems
EN 50129 (2003)	Railway applications — Communication, signalling and processing systems — Safety related electronic systems for signalling
EN 50159-1 (2001)	Railway applications — Communication, signalling and processing systems — Part 1
EN 50159-2 (2001)	Railway applications — Communication, signalling and processing systems — Part 2: Safety related communication in open transmission systems

เนื้อหาในบทนี้ได้สรุปข้อกำหนดทางด้านเทคนิคเพื่อเป็นกรอบให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบรางในประเทศภูมิภาค โดยเน้นศึกษาในระบบย่อยทั้ง 4 อันได้แก่ ระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานหรือโครงสร้างทางรถไฟ ระบบย่อยพลังงานไฟฟ้า ระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ และระบบย่อยขบวนรถไฟ (locomotives and passenger rolling stocks subsystem) โดยการทำงานร่วมกันได้จะมีการดำเนินการภายใต้ข้อบังคับทางกฎหมายของการทำงานร่วมกัน (Directives of Interoperability) โดยได้มีการเลือกอ้างอิงตามเงื่อนไขที่ระบุโดย Directive 2008/57/EC on the interoperability of the rail system within the Community เนื้อหาในบทนี้ยังได้สรุปขั้นตอนการประเมินที่สอดคล้องตามที่ระบุใน TSI ('EC' Verification Procedure for Subsystems, Annex VI, Directive 2008/57/EC) เพื่อการได้มาซึ่งใบรับรองเพื่อสามารถนำรถไฟมาให้บริการระหว่างประเทศสมาชิกได้

บรรณานุกรม

1. นคร จันทศร, ช่างรถไฟ ความรู้ทั่วไปด้านวิศวกรรมรถไฟ, 2554
2. วเรศรา วีระวัฒน์, โชคชัย จุฑะโกสสิทธิ์กานนท์, อิทธิโชติ จักรไพวงศ์, สมินดา รัตนูปนะโชติ, ธรรมวฤทธิ์ สิงห์วิสัย, ภูมินท์ กิระวานิช (2013) “การบริหารโครงการระบบราง ระบบรางขั้นพื้นฐาน” โครงการศูนย์นวัตกรรมทางโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
3. Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community, Official Journal of the European Union L 191
4. Commission Decision of 26 April 2011 concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘energy’ subsystem of the trans-European conventional rail system, Official Journal of the European Union L 126 (2011/274/EU)
5. Commission Decision of 26 April 2011 concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘infrastructure’ subsystem of the trans-European conventional rail system, Official Journal of the European Union L 126 (2011/275/EU)
6. Commission Decision of 26 April 2011 concerning a technical specification for interoperability relating to the rolling stock subsystem — ‘Locomotives and passenger rolling stock’ of the trans-European conventional rail system, Official Journal of the European Union L 139 (2011/291/EU)
7. Commission Decision of 25 January 2012 on the technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystems of the trans-European conventional rail system, Official Journal of the European Union L 51 (2012/88/EU)

4. การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางและข้อเสนอแนะต่อปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค

หัวข้อนี้แสดงถึงปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางและข้อเสนอแนะต่อปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรางที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศสมาชิกในภูมิภาค สำหรับจุดเชื่อมต่อระหว่างประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้านที่ทำการวิเคราะห์ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อระหว่างชุมทางหาดใหญ่ – ปาดังเบซาร์ สถานีหนองคาย – ท่านาแล้ง สถานีรัฐประศาสน์ – ปอยเปต และสถานีช่องกาเลีย – ด่านพระเจดีย์สามองค์

4.1 การเชื่อมต่อระบบรถไฟไทย – มาเลเซีย

ปัจจุบันมาเลเซียมีเส้นทางรถไฟเชื่อมต่อกับไทยและสิงคโปร์โดยมีเส้นทางหลัก 2 เส้นทางคือ West Coast Line (สิงคโปร์-ปาดังเบซาร์) และ East Coast Line (รัฐเนกรีเซมบิลัน-รัฐกลันตัน) ซึ่งมีการพัฒนาโครงข่ายอย่างต่อเนื่องที่สำคัญได้แก่

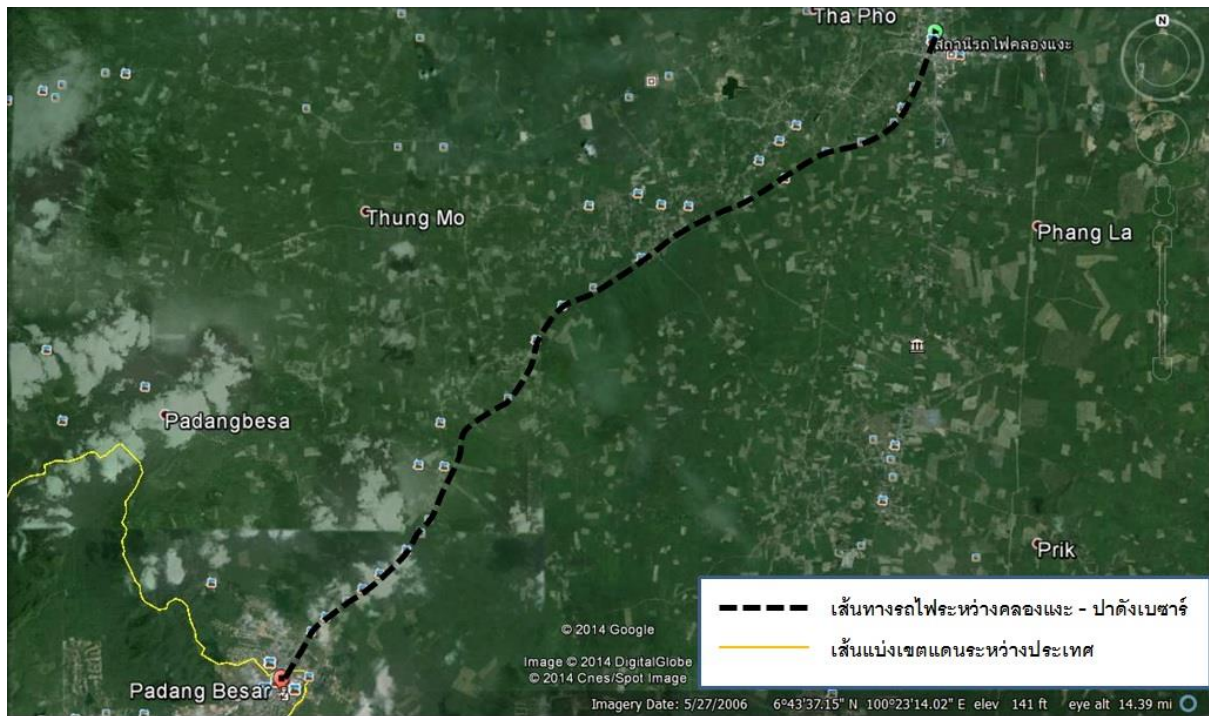
1) โครงการรถไฟทางคู่และรถไฟไฟฟ้า Rawang-Ipoh-Padang Besar และ Seremban-JahorBahru รวมระยะทาง 508 กิโลเมตร ความเร็วสูงสุด 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง และ

2) รถไฟฟ้าความเร็วสูงกัวลาลัมเปอร์-สิงคโปร์วิ่งด้วยความเร็ว 350 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ยังมีติดปัญหาเงินลงทุน

สำหรับการเชื่อมต่อเส้นทางรถไฟกับประเทศไทยนั้นอยู่ระหว่างสถานีคลองแงะและปาดังเบซาร์ โดยมีรายละเอียดของสถานีระหว่างเส้นทางเชื่อมต่อได้สรุปดังตารางที่ 4.1-1 และพิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดนดังรูปที่ 4.1-2

ตารางที่ 4.1-1 สถานีรถไฟระหว่างชุมทางหาดใหญ่ – ปาดังเบซาร์

ชื่อสถานี / ที่หยุดรถ	ระยะทางจากสถานีธนบุรี	ชั้นสถานี	หมายเหตุ
ธนบุรี (เดิม)	0.00	1	ยกเลิกการใช้งานเมื่อ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2546
ธนบุรี (บางกอกน้อย)	0.87	1	
ชุมทางหาดใหญ่	928.58	1	
คลองแงะ	956.64	4	
ปาดังเบซาร์ (เดิม)			
สทล 973.316	973.31	ที่หยุดรถ	
ชายแดน ไทย/มาเลเซีย กม.ที่ 973.54			
ปาดังเบซาร์	973.84	1	



รูปที่ 4.1-1 เส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดนระหว่างชุมทางหาดใหญ่ – ปาดังเบซาร์



รูปที่ 4.1-2 โครงสร้างพื้นฐานของทางรถไฟที่รอยต่อพรมแดนระหว่างไทยและมาเลเซีย

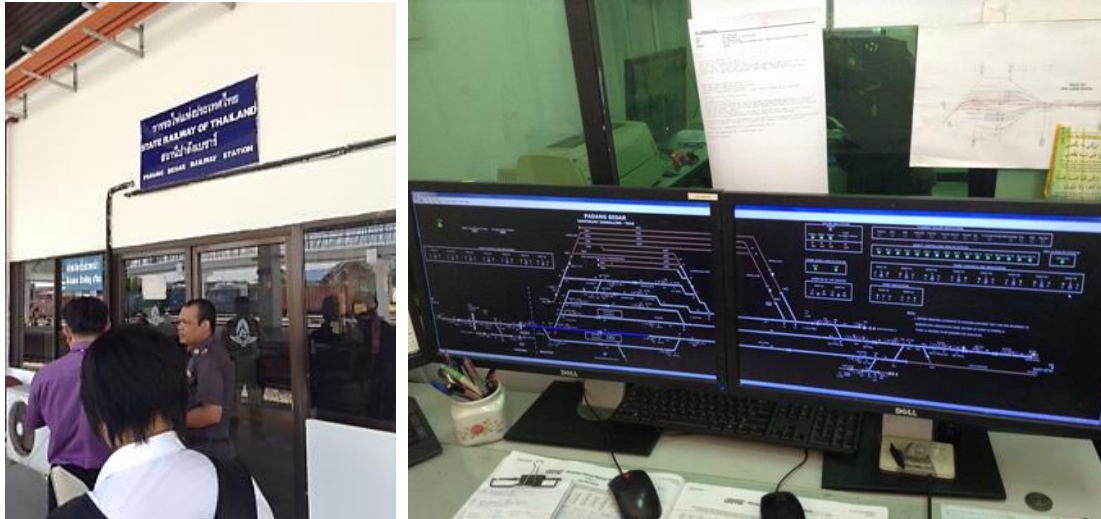
ดังแสดงในรูปที่ 4.1-2 โครงสร้างพื้นฐานของทางรถไฟที่รอยต่อพรมแดนระหว่างไทยและมาเลเซีย และพื้นที่บริเวณโดยรอบซึ่งจะสังเกตเห็นว่าหากเดินทางจากฝั่งมาเลเซียข้ามมายังฝั่งไทย การจราจรจะเปลี่ยนจากรางคู่มาเป็นรางเดี่ยวซึ่งแผนการพัฒนาเส้นทางรถไฟรางคู่ของประเทศไทยจะสามารถช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรที่เป็นอยู่ได้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างพื้นฐานที่รอยต่อพรมแดน ทางรถไฟแห่งประเทศไทย หรือ KTMB (Keretapi Tanah Melayu Berhad) ได้ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของเส้นทางรถไฟฟ้ายื่นเข้ามาในประเทศไทย อันได้แก่ ระบบจ่ายไฟฟ้าและระบบอาณัติสัญญาณในไทยเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1-3 ลูกศรแสดงเสาจ่ายไฟฟ้าที่สร้างในฝั่งไทย



รูปที่ 4.1-3 โครงสร้างพื้นฐานที่ต่อยื่นเข้ามาในประเทศไทย

คณะวิจัยได้เยี่ยมชมสถานีปาดังเบซาร์และสัมภาษณ์คุณประนอม ส่งแสง เจ้าหน้าที่การรถไฟแห่งประเทศไทยตำแหน่ง เสมียนสินค้าปาดังเบซาร์ ซึ่งมีอายุงาน 14 ปีและ Mr. Mohdrabi รถไฟแห่งประเทศไทย (Keretapi Tanah Melayu Bhd. หรือ KTMB) ตำแหน่ง Terminal Executive มีอายุงาน 28 ปี จากการสัมภาษณ์พบว่าปัจจุบันประเทศมาเลเซียได้ยกระดับโครงสร้างพื้นฐานเส้นทางรถไฟระหว่างเมืองทั้งหมดทั่วประเทศโดยเปลี่ยนจากระบบที่รองรับรถไฟดีเซลรางแบบเก่าไปสู่ระบบที่สามารถรองรับรถไฟฟ้ามอเตอร์โดยมีระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบสายส่งเหนือราง OCS ขนาด 25 kV รวมถึงระบบอาณัติสัญญาณโดยใช้ Computer-based interlocks และ track layout ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4 ซึ่งระบบดังกล่าวครอบคลุมเข้าไปในฝั่งของประเทศไทยและ รูปที่ 4.1-5 แสดงทางรถไฟบริเวณขานชาลาสถานีรถไฟปาดังเบซาร์ ซึ่งจะเห็นภาพรวมสรุประบบของสถานีที่เชื่อมโครงสร้างรถไฟทางเดียวในไทยและทางคู่ในมาเลเซีย โดยที่ขานชาลาจะมีจำนวน 3 electrified tracks



รูปที่ 4.1-4 เยี่ยมชมระบบอาณัติสัญญาณสถานีปาดังเบซาร์และสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่การรถไฟ



รูปที่ 4.1-5 สถานีที่เชื่อมโครงสร้างรถไฟทางเดียวในไทยและทางคู่ในมาเลเซีย

ในการพิจารณาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางและปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟระหว่างประเทศไทยกับมาเลเซียสามารถสรุปดังแสดงในตารางที่ 4.1-3 โดยตัวแปรหลักที่พิจารณาประกอบด้วย โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure) ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System) ระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling System) และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks) ซึ่งพบว่านอกเหนือจากนโยบายของประเทศและความสัมพันธ์ระหว่างประเทศทั้งสองแล้ว ปัจจัยความพร้อมในการเชื่อมต่อคือ โครงสร้างรางรถไฟที่เป็นขนาด meter gauge เหมือนกันทั้งสองฝั่งประเทศ อันได้รวมถึงมาคือ ขบวนรถไฟไฟฟ้าซึ่งปัจจุบันได้มีเฉพาะรถไฟดีเซลรางให้บริการสองขบวนคือ ดพ 953/954 หาดใหญ่ – กัวลาลัมเปอร์ และ ดพ35/36 กรุงเทพ - บัตเตอร์เวอร์ธ

ตารางที่ 4.1-2 ตารางเวลาเดินรถไฟไทย – มาเลเซีย ในปัจจุบัน

ขบวนรถ	ต้นทาง		ปลายทาง	
	ชื่อสถานี	เวลาออก	ชื่อสถานี	เวลาถึง
ดพ35	กรุงเทพ	14:45	บัตเตอร์เวอร์ธ	12:55
ดพ36	บัตเตอร์เวอร์ธ	14:10	กรุงเทพ	10:05
ดพ953	หาดใหญ่	14:50	กัวลาลัมเปอร์	06:45
ดพ954	กัวลาลัมเปอร์	20:10	หาดใหญ่	11:15

สุดท้ายแล้วหากโครงสร้างพื้นฐานทั้งสี่มีความพร้อมในเบื้องต้น ขั้นตอนต่อไปต้องดำเนินการผ่านกระบวนการประเมินด้านการทำงานร่วมกันได้ เช่น ขบวนรถไฟไฟฟ้าของประเทศไทยวิ่งได้ในประเทศมาเลเซีย โดยสามารถทำงานสอดคล้องกับโครงสร้างรางรถไฟ ระบบการจ่ายไฟฟ้า และระบบอาณัติสัญญาณ ดังรายละเอียดที่ได้วิเคราะห์ในบทที่ 3

ตารางที่ 4.1-3 ตารางสรุปการเชื่อมต่อระบบรถไฟไทย – มาเลเซีย

ฝั่งประเทศ	โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure)	ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System)	ระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System)	รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks)
ไทย	ทางเดี่ยวมิเตอร์เกจ (Metre gauge) ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร	ไม่มีระบบจ่ายไฟฟ้า	มีระบบอาณัติสัญญาณไฟทางสอดวกแบบเก่า	มีขบวนรถดีเซลราง ไม่มีขบวนรถไฟไฟฟ้า
มาเลเซีย	ทางคู่ มิเตอร์เกจ ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร	ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า AC แบบเหนือศีรษะ 25 kV	มีระบบ Computer-Based Interlockings และ Centralised Traffic Control	ฝั่งมาเลเซียพร้อมใช้งาน ขบวนรถไฟไฟฟ้าหลัง มิถุนายน 2557 วิ่งที่

			(CTC)	ความเร็ว 120 – 160 km/h
ความพร้อมในการเชื่อมต่อ	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
หมายเหตุ	การวางโครงสร้างฝั่งไทยรวมอยู่ในโครงการรถไฟทางคู่ระยะที่ 3 ในแผนยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคม	มีการวางโครงสร้างยื่นเข้ามาในฝั่งไทยเป็นระยะ 1 กิโลเมตร	มีการวางระบบยื่นเข้ามาฝั่งไทยเป็นระยะ 1 กิโลเมตร	ปัจจุบันมีขบวนรถดีเซลวิ่งระหว่างชายแดน

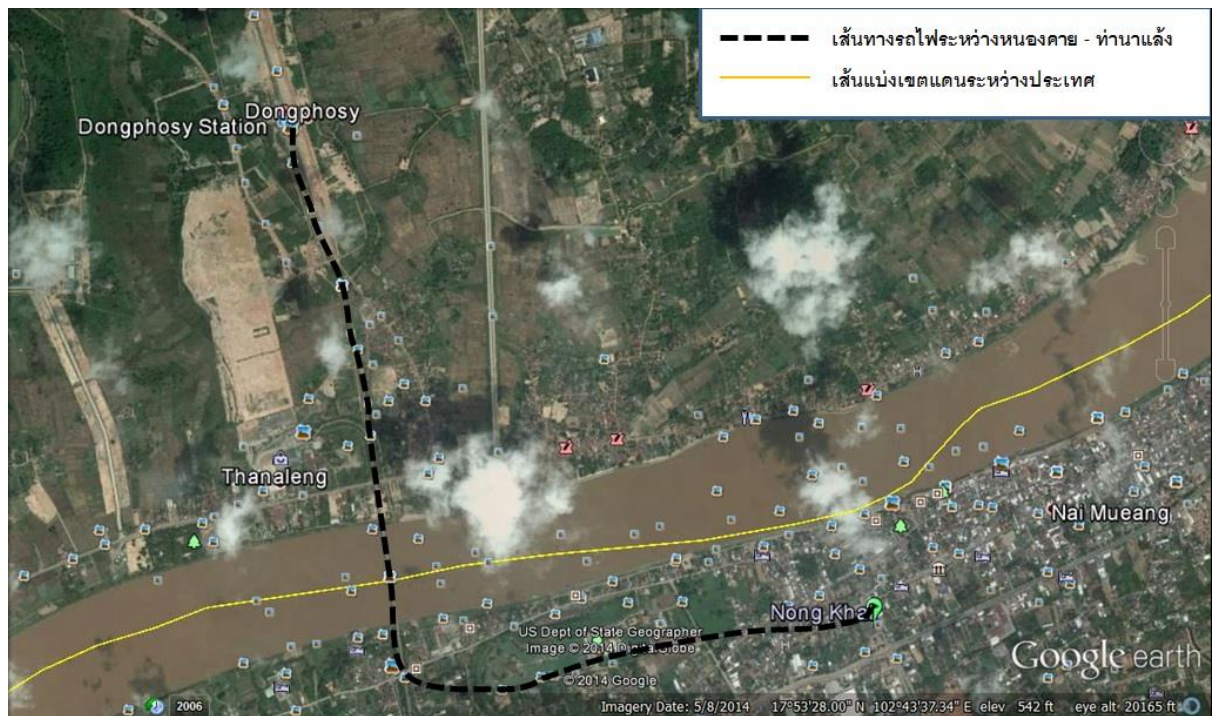
4.2 การเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้าไทย – สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

สำหรับการเชื่อมต่อเส้นทางรถไฟกับประเทศไทยนั้นอยู่ระหว่างสถานีหนองคายและท่านาแล้ง สถานีรถไฟท่านาแล้งแห่งนี้ ตั้งอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของสะพานมิตรภาพ ไทย-ลาว แห่งที่ 1 เป็นระยะทาง 3.50 กิโลเมตร สร้างขึ้นตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจระหว่างประเทศของไทย-ลาว เพื่อใช้ในการขนส่งสินค้า และผู้โดยสารที่จะเดินทางเข้าออก โดยมีรายละเอียดของสถานีระหว่างเส้นทางเชื่อมต่อได้สรุปดังตารางที่ 4.2-1 และพิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดนดังรูปที่ 4.2-1

ตารางที่ 4.2-1 สถานีรถไฟระหว่างสถานีหนองคาย – ท่านาแล้ง

ชื่อสถานี / ที่หยุดรถ	ระยะทางจากสถานีหัวลำโพง	ชั้นสถานี	ระบบบังคับประแจ	อาณัติสัญญาณ	หมายเหตุ
หัวลำโพง	0.00	พิเศษ			
ชุมทางบ้านภาชี	89.95	1	ไฟฟ้า-คอมพิวเตอร์	ไฟสีสามท่า	
ชุมทางถนนจิระ	266.28	1	ไฟฟ้า-รีเลย์	ไฟสีสามท่า	
นาทา	617.84	3	สายลวด	หางปลา มีเสาครบถ้วน	เข้าเขตจังหวัดหนองคาย
หนองคายใหม่	621.10	1	ไฟฟ้า-เครื่องกลสายลวด	ไฟสีสามท่า	มีคันกลกลับประแจแบบประแจกลสายลวด - สัญญาณไฟสี แต่ไม่มีลวดโยงนอกสถานี

ตลาดหนองคาย	623.58				เลิกใช้งานแล้ว
สะพานมิตรภาพ ไทย-ลาว แห่งที่ 1 ชายแดนไทย-ลาว กม. 623+756.00					
ท่านาแล้ง	627.25		มื่อโยก	ป้ายเขตสถานี	



รูปที่ 4.2-1 ตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดนไทย - สปป.ลาว

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้างต้น การพิจารณาหาแนวทางและปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟระหว่างประเทศไทยกับสปป.ลาวสามารถสรุปดังแสดงในตารางที่ 4.2-3 โดยพิจารณาจากตัวแปรหลักทั้ง 4 ซึ่งพบว่านอกเหนือจากนโยบายของประเทศและความสัมพันธ์ระหว่างประเทศทั้งสองแล้ว ปัจจัยความพร้อมในการเชื่อมต่อจะคล้ายคลึงกับมาเลเซียคือ โครงสร้างรางรถไฟที่เป็นขนาด meter gauge เหมือนกันทั้งสองฝั่งประเทศ อันตรรองลงมาคือ ขบวนการไฟฟ้าซึ่งปัจจุบันได้มีเฉพาะรถไฟดีเซลรางให้บริการสองขบวนรถในระยะสั้นข้ามสะพานมิตรภาพ ไทย-ลาว คือ ท913/914 และ ท917/318 หนองคาย - ท่านาแล้ง สะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งนี้เป็นแบบคอนกรีตอัดแรง เสริมเหล็กแบบ Box Girder มีความยาวทั้งสิ้น 1170 เมตร พื้นผิวจราจรประกอบด้วยช่องจราจร 2 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.5 เมตร มีช่องทางเดินทั้งสองข้าง ข้างละ 1.5 เมตร และช่องทางเดินรถไฟตรงกลางกว้าง 1 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.2-2

ตารางที่ 4.2-2 ตารางเวลาเดินรถไฟไทย – สปป.ลาว ในปัจจุบัน

ขบวนรถ	ต้นทาง		ปลายทาง	
	ชื่อสถานี	เวลาออก	ชื่อสถานี	เวลาถึง
ท913	หนองคาย	10:00	ท่านาแล้ง	10:15
ท914	ท่านาแล้ง	10:45	หนองคาย	11:00
ท917	หนองคาย	16:00	ท่านาแล้ง	16:15
ท918	ท่านาแล้ง	17:00	หนองคาย	17:15



รูปที่ 4.2-2 ช่องทางเดินรถไฟตรงกลางสะพานมิตรภาพไทย – สปป.ลาว

ตารางที่ 4.2-3 ตารางสรุปการเชื่อมต่อระบบรถไฟไทย – สปป.ลาว

ฝั่งประเทศ	โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure)	ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ ทางรถไฟ (Electrification System)	ระบบอาณัติ สัญญาณ (Signaling System)	รถจักรและตู้โดยสาร ไฟฟ้า(Locomotive & Passenger Rolling Stocks)
ไทย	ทางเดี่ยวเมตรเกจ (Metre gauge) ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร	ไม่มี	มีระบบอาณัติ สัญญาณไฟทาง สะดวกแบบเก่า	ไม่มีขบวนรถไฟฟ้า
สปป.ลาว	ทางเดี่ยวเมตรเกจ (Metre gauge) ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร	ไม่มี	มีระบบอาณัติ สัญญาณไฟทาง สะดวกแบบเก่า	ไม่มีขบวนรถไฟฟ้า
ความพร้อม ในการ เชื่อมต่อ	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

หมายเหตุ	การวางโครงสร้างฝั่ง ไทยรวมอยู่ใน โครงการรถไฟทางคู่ ระยะที่ 3 ในแผน ยุทธศาสตร์ กระทรวงคมนาคม			ปัจจุบันมีขบวนรถ ดีเซลวิ่งระหว่าง ชายแดน
----------	--	--	--	--

ปัจจุบันมีการเดินรถระหว่างสองประเทศวันละ 4 เที่ยว และในอนาคตจะมีการขยายเส้นทางเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอีก 9 กม. ก็จะสามารถเดินรถถึงเวียงจันทน์ ดังนั้นอาจต้องใช้เวลาเป็นระยะเวลาพอสมควรในการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทั้งสี่ให้มีความพร้อมในเบื้องต้นและพัฒนาต่อเนื่องเพื่อเชื่อมเส้นทางเข้าสู่เวียงจันทน์

4.3 การเชื่อมต่อระบบรถไฟไทย – กัมพูชา

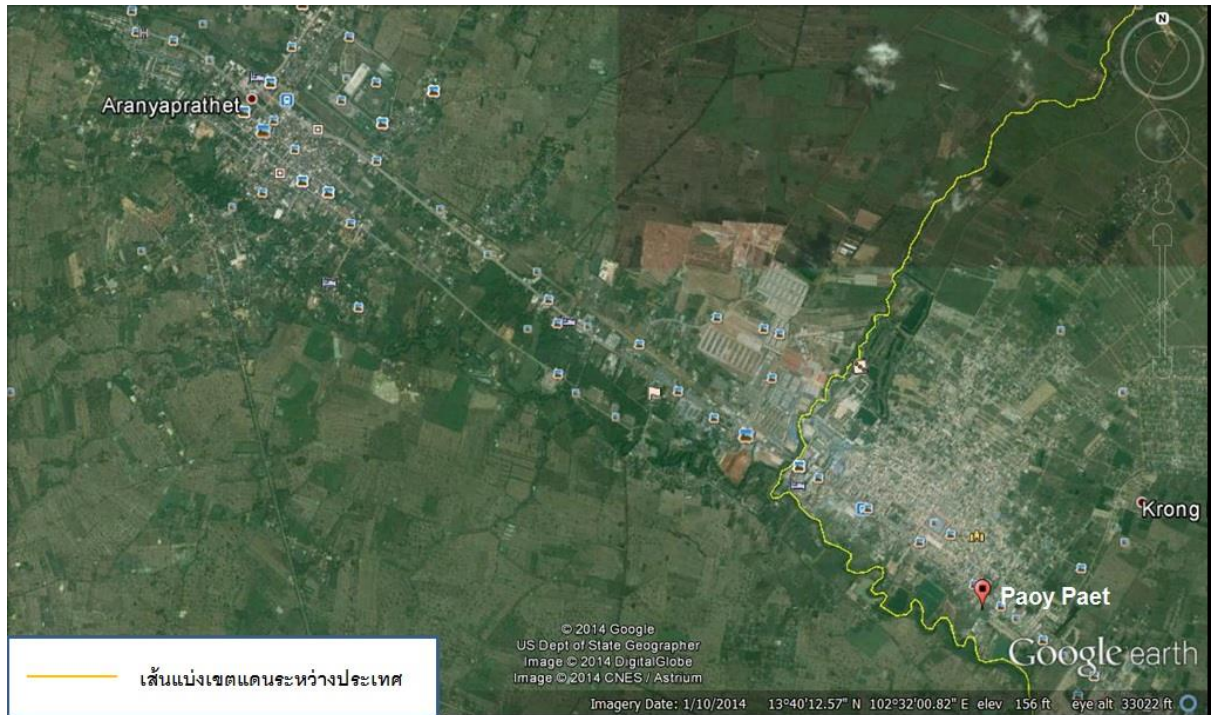
กัมพูชาได้จัดทำแผนฟื้นฟูเส้นทางรถไฟในกัมพูชาภายใต้แผน GMS Rehabilitation of the Railway in Cambodia ในช่วงปี 2549-2556 โดยได้รับความช่วยเหลือทางการเงินจากธนาคารพัฒนาแห่งเอเชีย กองทุนเพื่อการพัฒนาของประเทศของ OPEC รัฐบาลมาเลเซียและรัฐบาลออสเตรเลียเมื่อการฟื้นฟูเสร็จจะสามารถเอื้ออำนวยประโยชน์อย่างมากในด้านการขนส่งและการเดินทางทั้งภายในกัมพูชาและการเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้าน

สำหรับการเชื่อมต่อเส้นทางรถไฟกับประเทศไทยนั้นอยู่ระหว่างสถานีอรัญประเทศและปอยเปต โดยมีรายละเอียดของสถานีระหว่างเส้นทางเชื่อมต่อได้สรุปดังตารางที่ 4.3-1

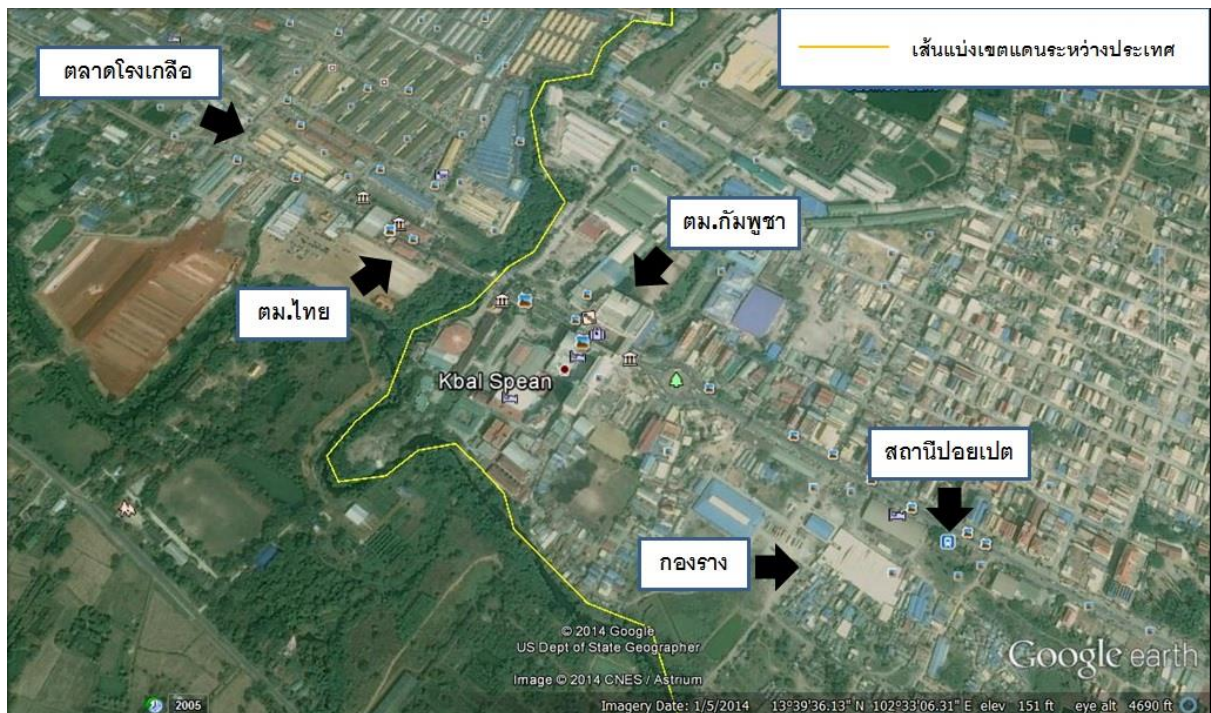
ตารางที่ 4.3-1 สถานีรถไฟระหว่างสถานีอรัญประเทศ – ปอยเปต

ชื่อสถานี / ที่หยุดรถ	ระยะทางจาก สถานีหัวลำโพง	ชั้นสถานี
หัวลำโพง	0.00	พิเศษ
ห้วยเตี๋	245.03	-
อรัญประเทศ	254.50	1
ไทย (ที่หยุดรถไฟไทย หรือ "ที่หยุด รถไฟคลองลึก")	259.00	-
เขตแดนไทย-กัมพูชา กม. 260.44		
ปอยเปต (ภูมิปอยเปต)	261.20 กม.	-

พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดนดังรูปที่ 4.3-1 และ 4.3-2 ส่วนรูปที่ 4.3-3 ประมวลภาพของโครงสร้างพื้นฐานของทางรถไฟข้ามรอยต่อพรมแดนระหว่างไทยและกัมพูชา ซึ่งเลิกใช้งานมาตั้งแต่ปี 2517



รูปที่ 4.3-1 พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นแบ่งเขตแดนจากอรัญประเทศถึงปอยเปต



รูปที่ 4.3-2 พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดน



รูปที่ 4.3-3 โครงสร้างพื้นฐานของทางรถไฟข้ามรอยต่อพรมแดนระหว่างประเทศไทยและกัมพูชา ซึ่งเล็ก ใช้งานมาตั้งแต่ปี 2517 (ที่มา <http://portal.rotfaithai.com/> โดยคุณ Mongwin 23/05/2013)

ปัจจุบันการรถไฟแห่งประเทศไทยได้เริ่มทำการปรับปรุงและก่อสร้างทางใหม่ตั้งแต่สถานีรถไฟชุมทางคลองสิบเก้า จ.ฉะเชิงเทรา จนถึงสะพานรถไฟคลองลึก อ.อรัญประเทศ จ.สระแก้ว รวมระยะทางกว่า 176 กม. รวมถึงการก่อสร้างสะพานรถไฟคลองลึก-ปอยเปต ข้ามลำคลองคลองลึกประมาณ 43 เมตร เชื่อมบ้านคลองลึก อ.อรัญประเทศ ฝั่งไทย กับกรุงปอยเปต ประเทศกัมพูชา ซึ่งมีความสำคัญมากในระบบขนส่งทางรางที่จะเชื่อมเส้นทางขนส่งสินค้าในภูมิภาคอาเซียน

ตารางที่ 4.3-2 สรุปปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟระหว่างประเทศไทยกับกัมพูชา โดยพิจารณาจากตัวแปรหลักทั้ง 4 ซึ่งสามารถสะท้อนถึงนโยบายของประเทศและความสัมพันธ์ระหว่างประเทศทั้งสอง ปัจจัยความพร้อมในการเชื่อมต่อจะแตกต่างกับมาเลเซียและสปป.ลาว ที่ถึงแม้ว่าโครงสร้างรางรถไฟที่เป็นขนาด meter gauge เหมือนกันทั้งสองฝั่งประเทศ แต่ขาดการใช้งานและการบูรณะอย่างเหมาะสม และปัจจุบันไม่มีการให้บริการขบวนรถไฟข้ามพรมแดน ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาเป็นระยะเวลาพอสมควรในการฟื้นฟูความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ และการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทั้งสิ้นให้มีความพร้อม ในปัจจุบันคณะ คสช. และรัฐบาลชุดใหม่ได้ส่งสัญญาณเบื้องต้นในการสร้างความสัมพันธ์ครั้งใหม่ รวมถึงนโยบายพัฒนาประเทศด้านการเชื่อมต่อคมนาคมระหว่างภูมิภาคอาเซียน



รูปที่ 4.3-4 การปรับปรุงทางและก่อสร้างสะพานรถไฟคลองลึก-ปอยเปต ข้ามลำคลองคลองลึก

(ที่มา <http://2bangkokforum.com/> โดยคุณ Wisarut 01/05/2015)

ตารางที่ 4.3-2 ตารางสรุปการเชื่อมต่อระบบรถไฟไทย – กัมพูชา (อรัญประเทศ – ปอยเปต)

ฝั่งประเทศ	โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure)	ระบบการจ่ายไฟฟ้า แก่ทางรถไฟ (Electrification System)	ระบบอาณัติ สัญญาณ (Signaling System)	รถจักรและตู้ โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks)
ไทย	ทางเดี่ยวมิตอร์เกจ (Metre gauge) ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร	ไม่มี	มีระบบอาณัติ สัญญาณไฟทาง สะตอกแบบเก่า	ไม่มีขบวนรถไฟ
กัมพูชา	ทางเดี่ยวมิตอร์เกจ (Metre gauge) ขนาดความกว้างราง 1.000 เมตร	ไม่มี	มีระบบอาณัติ สัญญาณไฟทาง สะตอกแบบเก่า	ไม่มีขบวนรถไฟ
ความ พร้อมใน การ เชื่อมต่อ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

หมายเหตุ	มีการเชื่อมต่อ โครงสร้างทางราง ระหว่างรอยต่อ พรมแดนแต่เลิกใช้ งานตั้งแต่ปี 2517 (อยู่ในช่วงแผนการ ปรับปรุง)			ปัจจุบันไม่มีขบวน รถดีเซลวิ่งระหว่าง ชายแดน
----------	---	--	--	---

4.4 การเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้าไทย – พม่า

ทางการพม่าประกาศจะรื้อฟื้นเส้นทางรถไฟ โดยได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการบูรณะเส้นทางรถไฟ ความยาว 105 กิโลเมตรจากด่านพระเจดีย์สามองค์ในพม่าไปยังเขตแดนไทย และทางการไทยได้รับปากที่จะให้ความช่วยเหลือ สำหรับการรื้อฟื้นเชื่อมต่อการเดินทางรถไฟข้ามแดนอีกครั้ง

โดยเส้นทางรถไฟข้ามแดน ไทย-พม่า ระยะทาง 424 กม. สายนี้ ก่อสร้างโดยญี่ปุ่นระหว่างปี พ.ศ. 2485 – 2486 เพื่อใช้ลำเลียงเสบียงและยุทธปัจจัยจากไทยไปยังพม่า ตัดผ่านพื้นที่ที่วิศวกรจำนวนมากในสมัยนั้นกล่าวว่าเป็นไปไม่ได้ การก่อสร้างบังคับใช้แรงงานทหารเชลยศึกกานาชาตราว 13,000 คน และพลเรือนอีกราว 80,000 – 100,000 คน จนกลายเป็นตำนานของ “ทางรถไฟสายมรณะ” เส้นทางสายนี้ถูกเครื่องบินสัมพันธมิตรทิ้งระเบิดทำลายในปี 2488 เมื่อญี่ปุ่นประกาศยอมแพ้สงคราม กองทหารสัมพันธมิตรจึงได้ทำการรื้อถอนทางรถไฟ ในเขตพม่าออก 30 กิโลเมตร และรื้อทางรถไฟในเขตประเทศไทยออก 6 กิโลเมตร ทำให้ทางรถไฟสายนี้หมดสภาพการใช้งาน การรื้อฟื้นเส้นทางจะช่วยส่งเสริมการค้าและการท่องเที่ยวระหว่างไทยกับพม่า รวมทั้งชุบชีวิตเศรษฐกิจของประชาชนที่ยากจน ตามแนวเส้นทางในฝั่งพม่า ซึ่งเป็นเขตที่อยู่อาศัยของชนกลุ่มน้อยรัฐกะเหรี่ยง

การเชื่อมต่อเส้นทางรถไฟกับประเทศไทยนั้นเคยอยู่ระหว่างสถานีของกาเลียและด่านพระเจดีย์สามองค์ โดยสถานีสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 และสถานีปัจจุบันสามารถเปรียบเทียบตามระยะกม.นับจากชุมทางหนองปลาตูกดังตารางที่ 4.4-1

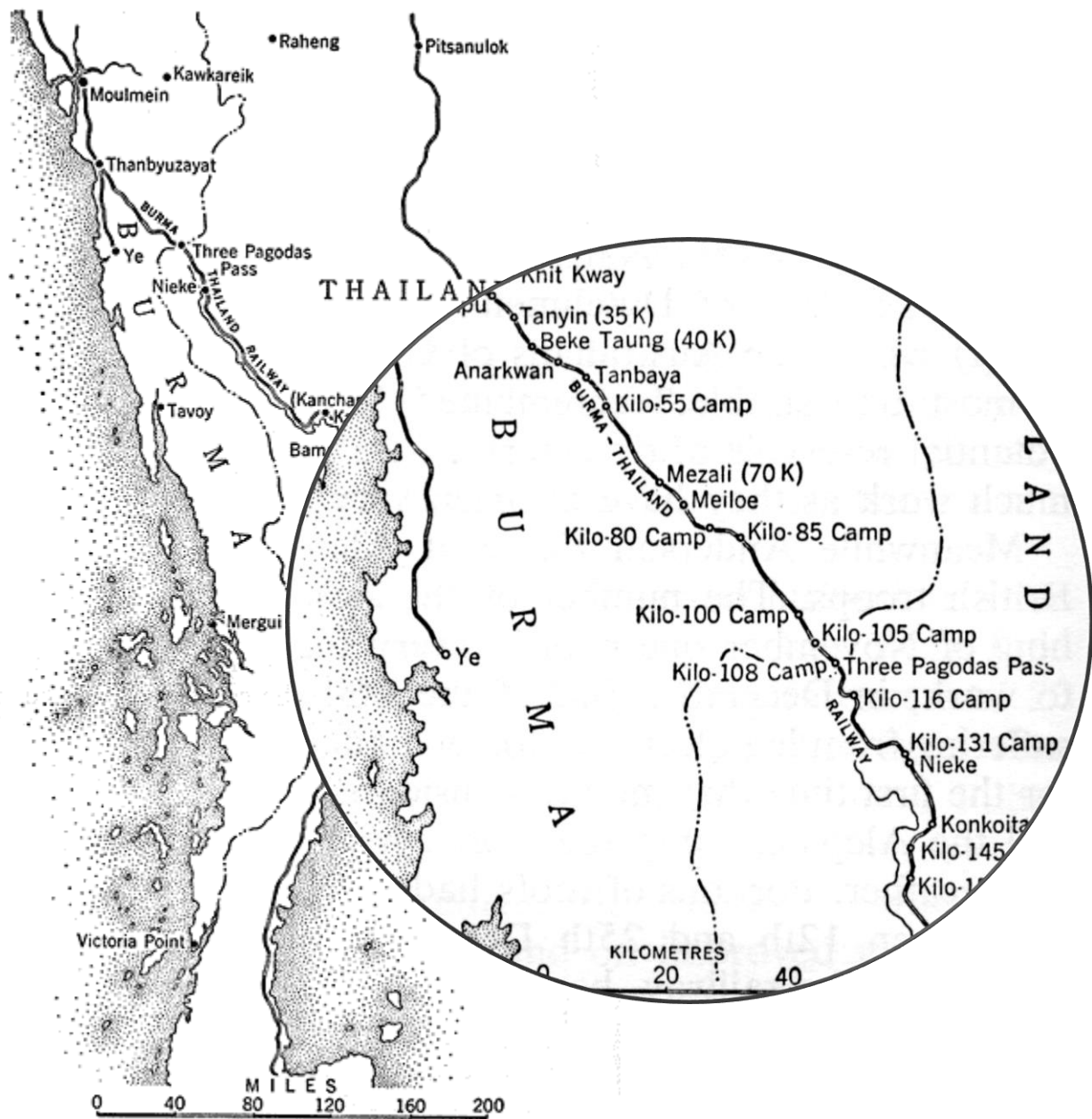
ตารางที่ 4.4-1 เปรียบเทียบสถานีสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 และสถานีปัจจุบัน

สถานีสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2		สถานีปัจจุบัน	
ชื่อสถานี / ที่หยุดรถ	ระยะทางจากชุมทางหนองปลาตูก	ชื่อสถานี / ที่หยุดรถ	ระยะทางจากชุมทางหนองปลาตูก
		ชุมทางหนองปลาตูก	0.00 (กม. 80+096.55 จากสถานี กรุงเทพฯ)
กงมัว (คอนมัว)	2 + 000		
		ถนนทรงพล	3.71

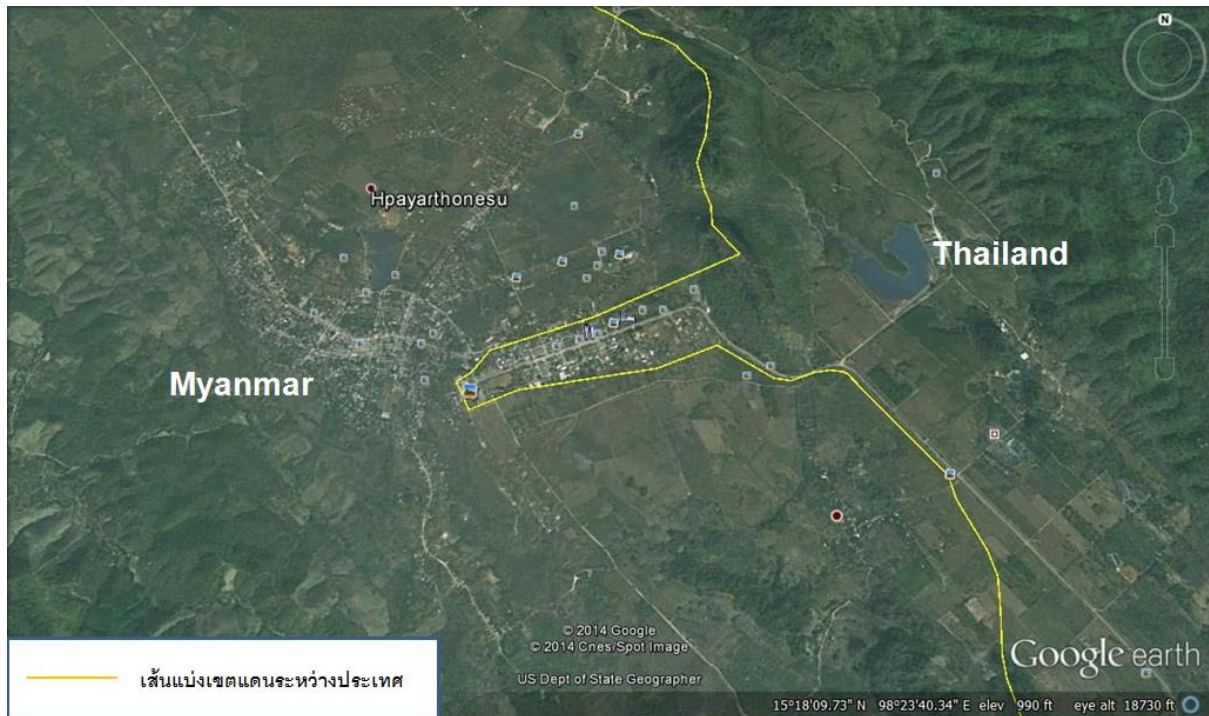
บ้านโป่งใหม่	5 + 180		
		สระโกสินารายณ์	9.96
		ลูกแก	13 + 380
		ท่าเรือน้อย	25 + 890
		บ้านหนองเสือ	
		ทุ่งทอง	36 + 900
เขาดิน	43 + 154		
		ปากแพรก	50 + 320
		กาญจนบุรี	53+000
		สะพานแควใหญ่	56 + 255.1
		เขาปูน	57 + 545
		วิทยาลัยเกษตร	65 + 685
		วังลาน	68 + 454
		นากาญจน์	
		วังเย็น	
		วังตะเคียน	
		โป่งเสี้ยว	
		บ้านเก่า	87 + 904
		ท่าตาเสือ	
		ท่ากิเลน	97 + 904
		วังสิงห์	
		ลุ่มสุม	108 + 140
		สะพานถ้ำกระแซ	109.66
		วังโพ	114 + 040
		เกาะมงามงคล	
		ช่องแคบ	
		วังใหญ่	
		บ้านพุพง	
		น้ำตก	130 + 300
		น้ำตกไทรโยคน้อย	130 + 900
ท้องช้าง	139 + 050		
ถ้ำผี	147 + 520		
หินตก	155 + 030		
แคนนิว	161 + 400		
ไทรโยค	167 + 660		
กิ่งไทรโยค	171 + 720		
รินถิ่น	180 + 530		

กุยเชียง	190 + 480		
หินดาด	197 + 750		
ปรังกาสี	208 + 110		
ท่าขนุน	218 + 150		
น้ำโจนใหญ่	229 + 140		
ท่ามะยอ	236 + 800		
ตำรอนผาไท้	244 + 190		
บ้านเกริงไกร	250 + 130		
กองกุดตะ	262 + 580		
ทิมองตะ	273 + 060		
นิเกะ	281 + 880		
ซอังกาเลีย	294 + 020		
ด่านพระเจดีย์สามองค์	303 + 630		
ชายแดน ไทย/พม่า			
สถานีจันการายา (ด่าน พระเจดีย์สามองค์ฝั่ง พม่า)	303 + 630		

ลักษณะภูมิประเทศของเส้นทางรถไฟเชื่อมต่อไปยังพม่าในสถานีสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 แสดงในรูปที่ 4.4-1 ในปัจจุบันพิภคทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดนแสดงดังรูปที่ 4.4-2 และ 4.4-3 สำหรับรูปที่ 4.4-4 แสดงสภาพโครงสร้างพื้นฐานของรางรถไฟที่มีการใช้งานในปัจจุบันบริเวณสถานีกาญจนบุรี สะพานแควใหญ่ และน้ำตกไทรโยคน้อย เป็นที่น่าสังเกตว่าสภาพโครงสร้างพื้นฐานของรางรถไฟบริเวณเส้นแบ่งเขตแดนค่อนข้างใช้งานไม่ได้และบางส่วนได้ขาดหายไป ดังแสดงในรูปที่ 4.4-5 ซึ่งสามารถสรุปสรุปปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟระหว่างประเทศไทยกับพม่าโดยพิจารณาจากตัวแปรหลักทั้ง 4 ในตารางที่ 4.4-2 การขาดการฟื้นฟูอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับปัจจุบันไม่มีการให้บริการขบวนรถไฟข้ามพรมแดน ดังนั้นการเชื่อมโยงด้านการคมนาคมระบบรางจึงต้องใช้เวลาแม้ว่าจะอยู่ภายใต้แผนงานของรัฐบาล



รูปที่ 4.4-1 ภูมิประเทศบริเวณเส้นทางรถไฟเชื่อมต่อประเทศไทยกับพม่าสายเก่า (ที่มา Australian War Memorial)



รูปที่ 4.4-2 พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นแบ่งเขตแดน



รูปที่ 4.4-3 พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งของเส้นทางรถไฟและเส้นแบ่งเขตแดน



รูปที่ 4.4-4 สภาพโครงสร้างพื้นฐานของรางรถไฟที่มีการใช้งานในปัจจุบันบริเวณสถานี กาญจนบุรี สะพานแควใหญ่ และน้ำตกไทรโยคน้อย



รูปที่ 4.4-5 สภาพโครงสร้างพื้นฐานของรางรถไฟบริเวณเส้นแบ่งเขตแดนที่เป็นอุปสรรคต่อการ
ฟื้นฟู (ที่มา <http://portal.rotfaithai.com/> โดยคุณ Mongwin 20/05/2012)

ตารางที่ 4.4-2 ตารางสรุปการเชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้ายไทย – พม่า (เจดีย์สามองค์-กาญจนบุรี)

ฝั่งประเทศ	โครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure)	ระบบการจ่าย ไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System)	ระบบอาณัติ สัญญาณ (Signaling system)	รถจักรและตู้ โดยสารไฟฟ้า (locomotive & Passenger rolling stocks)
ไทย	ยังไม่มี การวาง โครงสร้างการ เชื่อมต่อ	ไม่มีระบบจ่าย ไฟฟ้า	ยังไม่มี การวาง โครงสร้างรองรับ	ไม่มีขบวนรถไฟฟ้าย
พม่า	ยังไม่มี การวาง โครงสร้างการ เชื่อมต่อ	ไม่มีระบบจ่าย ไฟฟ้า	ยังไม่มี การวาง โครงสร้างรองรับ	ไม่มีขบวนรถไฟฟ้าย
ความพร้อม ในการ เชื่อมต่อ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
หมายเหตุ	โครงสร้างทางรางถูก ทำลายตั้งแต่ปี 2488 มีแผนการปรับปรุง			ปัจจุบันไม่มีขบวน รถดีเซลวิ่งระหว่าง ชายแดน

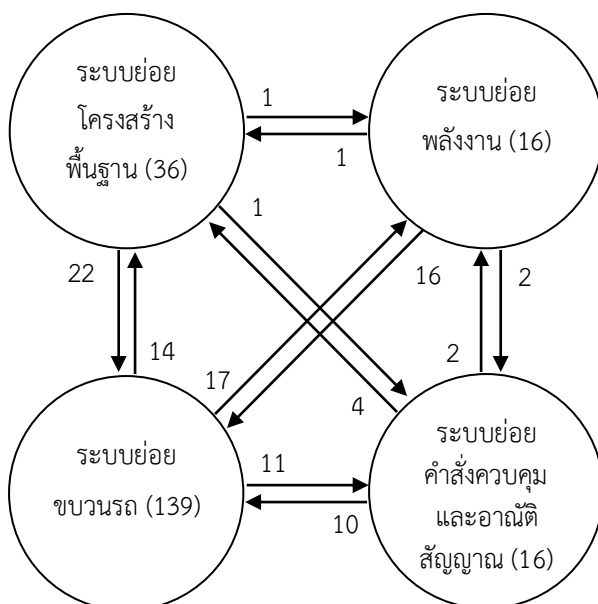
4.5 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบราง

การพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางสำหรับประเทศไทย ในเบื้องต้นควรดำเนินการตามแนวทางดังนี้

4.5.1 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟฟ้ายในภูมิภาคจากกรณีศึกษาโดยใช้ตัวอย่างที่มีการยอมรับ

เนื่องจากการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานกับประเทศมาเลเซียมีรูปแบบและแนวทางที่ปฏิบัติกันมานาน ดังนั้นการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางก็ควรเริ่มจากเรียนรู้กรณีศึกษาจากการเชื่อมโยงระบบรางกับประเทศมาเลเซียโดยมีการพัฒนาตามข้อมูลตัวอย่างที่ได้รับพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพในสหภาพยุโรป ที่รวบรวมและสรุปในบทที่ 3 เกี่ยวกับข้อกำหนดจำเพาะทางด้านเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกันของระบบย่อยต่างๆ ของประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป อันประกอบด้วยโครงสร้างรางรถไฟ (Railway Infrastructure) ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (Electrification System) ระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling System) และ รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (Locomotive & Passenger Rolling Stocks) โดยภาพรวมของจำนวนองค์ประกอบที่ใช้ในการทำงานของแต่ละระบบย่อยและที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสระหว่างองค์ประกอบในระบบย่อยทั้ง 4 ที่ใช้ในการประเมินเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันได้ถูกแสดงในรูปที่ 4.5-1 ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่ามีจำนวนรวมค่อนข้างมาก

การดำเนินการอาจเริ่มจากการทำรายการตรวจสอบ หรือ checklist (ภาคผนวก ก) เพื่อใช้สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการผลักดันให้เกิดการเชื่อมต่อเครือข่าย โดยรายการตรวจสอบนี้จะใช้เปรียบเทียบพารามิเตอร์และฟังก์ชันการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ที่มีใช้งานโดยการรถไฟแห่งประเทศไทยในปัจจุบันกับรายการขององค์ประกอบที่กำหนดตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC ของสหภาพยุโรป รวมถึงการประเมินทั้งอุปกรณ์และระบบย่อยทั้งหมดเพื่อออกใบอนุญาตการเดินรถไฟระหว่างประเทศภูมิภาค ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจจะไม่ครบทุกหัวข้อตามแบบปฏิบัติของประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปแต่สามารถใช้งานได้ตามบริบทของการบริการรถไฟของประเทศไทย จากการประเมินเบื้องต้นของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานจากผู้ใช้ประโยชน์โดยตรงคือ วิศวกรกำกับการกองทางถาวร ฝ่ายการช่างโยธาของการรถไฟแห่งประเทศไทย โดยผู้ให้ข้อมูลคือ ดร.อรรถพล เก่าประเสริฐ จากการตรวจสอบ (ภาคผนวก ข) พบว่าโครงสร้างทางรถไฟในบ้านเรามีการใช้พารามิเตอร์ 33 จาก 36 หัวข้อเมื่อเทียบกับที่ใช้ในมาตรฐานของ TSI



รูปที่ 4.5-1 ภาพรวมขององค์ประกอบและการอินเตอร์เฟซระหว่างองค์ประกอบในระบบย่อยยึดตามกรอบมาตรฐานข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน (TSI) ตามที่ระบุใน Directive 2008/57/EC

ในปัจจุบันการรถไฟแห่งประเทศไทยมีรูปแบบการขนส่งทั้งสินค้าและผู้โดยสารข้ามพรมแดนระหว่างประเทศไทยและมาเลเซียโดยผ่านทางสถานีรถไฟปาดังเบซาร์ โดยการเดินรถข้ามชายแดนสำหรับผู้โดยสารจากฝั่งไทยเริ่มจากขบวน 35 ไปปัตเตอร์เวอร์ธเป็นเที่ยวแรก และมีขบวน 953 ไปกัวลาลัมเปอร์เป็นเที่ยวสุดท้าย ผู้โดยสารประมาณวันละ 80-100 คน ส่วนมากเป็นนักท่องเที่ยว ต่างชาติ จีน ญี่ปุ่น สำหรับพิธีการตรวจคนเข้าเมืองใช้เวลาประมาณ 30 - 40 นาที โดยผ่านด่านทั้งขาเข้าและขาออกในด่านปาดังเบซาร์ ในด้านการขนส่งสินค้าจะมีขบวน 701 702 721 และ 722 โดยหัวรถจักรของการรถไฟแห่งประเทศไทยสามารถ

ข้ามมารับส่งสินค้าดังแสดงในรูปที่ 4.5-2 และเช่นเดียวกันหัวรถจักรของมาเลเซียสามารถข้ามพรมแดนมายังฝั่งประเทศไทย อย่างไรก็ตามการข้ามพรมแดนต้องมีการตกลงกันเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณลักษณะของขบวนรถไฟที่ได้รับอนุญาตโดยมีการส่งข้อมูลเบื้องต้น เช่น แบบ คุณลักษณะของขบวนรถและน้ำหนักบรรทุกทุกให้ฝ่ายเจ้าของโครงสร้างรางรถไฟได้พิจารณาก่อนล่วงหน้าหลายเดือนเนื่องจากว่าโครงสร้างทางรถไฟของทั้งสองฝั่งประเทศมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ไม่เท่ากัน รวมถึงมีความแตกต่างในข้อกำหนดเกี่ยวกับค่าระวาง ค่าโดยสาร และการห้ามนำแคร่ออกนอกประเทศ เป็นต้น



รูปที่ 4.5-2 ปัจจุบันหัวรถจักรของการรถไฟแห่งประเทศไทยสามารถข้ามมารับ-ส่งสินค้าและ
ผู้โดยสารฝั่งประเทศมาเลเซีย

การนำข้อมูลสรุปการเชื่อมต่อระบบรถไฟไทย – มาเลเซียจากตารางที่ 4.1-3 มาวิเคราะห์ร่วมกับองค์ประกอบในระบบย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.5-1 ช่วยสามารถสรุปภาพรวมการเชื่อมโยงเครือข่ายรถไฟระหว่างสองประเทศผ่านตัวแปรสองประเภท คือตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของระบบย่อย และตัวแปรที่ใช้อินเตอร์เฟซระหว่างองค์ประกอบของระบบย่อยที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่

1. ตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบภายในระบบย่อยทั้ง 4 ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 8 ตัวแปร ได้แก่ A B C D สำหรับไทย และ a b c d สำหรับมาเลเซีย
2. ตัวแปรที่ใช้อินเตอร์เฟซระหว่างองค์ประกอบของระบบย่อยทั้ง 4 ระหว่างสองประเทศ ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 12 ตัวแปร ได้แก่ Ab Ac Ad Ba Bc Bd Ca Cb Cd Da Db และ Dc

โดยตารางเมตริกซ์ที่ 4.5-1 สรุปภาพรวมขององค์ประกอบทั้งสองประเภทในการใช้พิจารณาการทำงานร่วมกันของระบบรถไฟในเครือข่าย โดยตัวแปรเหล่านี้เป็นอินพุตที่ได้มาจากการพิจารณาของหน่วยงานที่กำกับดูแลด้านการเดินรถไฟของทั้งสองประเทศ โดยถ้ายึดตามกรอบมาตรฐานของข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค

สำหรับการทำงานร่วมกัน (TSI) ในสหภาพยุโรปจะต้องมีจำนวนตามที่แสดงในรูปที่ 4.5-1 สุดท้ายแล้วจำนวนที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับข้อตกลงด้านเทคนิคในการเดินรถไฟร่วมระหว่างประเทศทั้งสอง โดยในช่วงเริ่มต้นเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์การเดินรถไฟข้ามพรมแดนในปัจจุบัน อาจพิจารณาเฉพาะตัวแปรที่สัมพันธ์กับโครงสร้างรางรถไฟและขบวนรถไฟที่มีอยู่เท่านั้นซึ่ง ได้แก่ A a D d Ad และ Da

ตารางที่ 4.5-1 สรุปภาพรวมขององค์ประกอบที่ใช้พิจารณาการทำงานร่วมกันของเครือข่ายรถไฟระหว่าง ประเทศไทยและมาเลเซีย

องค์ประกอบที่ใช้พิจารณาการทำงานร่วมกัน TSI			มาเลเซีย			
			โครงสร้างรางรถไฟ (INF)	ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (ENE)	ระบบอาณัติสัญญาณ (CCS)	รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (LOC&PAS RST)
			a	b	c	d
ไทย	โครงสร้างรางรถไฟ (INF)	A		Ab	Ac	Ad
	ระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ (ENE)	B	Ba		Bc	Bd
	ระบบอาณัติสัญญาณ (CCS)	C	Ca	Cb		Cd
	รถจักรและตู้โดยสารไฟฟ้า (LOC&PAS RST)	D	Da	Db	Dc	

4.5.2 แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคโดยใช้โครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก

นอกจากรายละเอียดการพัฒนามาตรฐานทางด้านเทคนิคในการเดินรถไฟระหว่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ยังต้องมีการพิจารณาข้อกำหนดที่สำคัญร่วมกับประเทศเพื่อนบ้านอาเซียนที่ดำเนินการผ่านคณะทำงานที่ตั้งขึ้นตามโครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก โดยอาจมีรูปแบบคณะทำงานด้านหลักต่างๆ ดังนี้

4.5.2.1 ด้านการเชื่อมต่อเครือข่าย (Network Connectivity)

ดำเนินการพัฒนาแนวทางเชิงแผนนโยบาย และการลงทุนที่จำเป็นเพื่อเอื้อให้เกิดการเชื่อมต่อด้านระบบขนส่งทางรางในประเทศภูมิภาค

4.5.2.2 ด้านการรวมเครือข่าย (Network Integration)

ดำเนินการพัฒนาแนวทางการบูรณาการความร่วมมือ ขั้วตกลอง รวมถึงองค์ประกอบที่จำเป็นต่างๆ ในการสร้าง framework เพื่อเป็นกรอบให้เกิดการทำงานร่วมกัน

4.5.2.3 ด้านการทำงานร่วมกัน (Network Interoperability)

ในด้านนี้จะเน้นการดำเนินงานด้านมาตรฐานทางเทคนิคร่วมกันของขบวนรถไฟ โครงสร้างพื้นฐานทางราง การทำงาน และความปลอดภัย

4.5.2.4 ด้านความร่วมมือ (Partnerships)

ดำเนินการพัฒนาขอบเขตและข้อเสนอแนะสำหรับประเทศสมาชิกเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่ส่งผลให้เกิดการร่วมมือกันอย่างมีประสิทธิภาพ และรวมถึงการพัฒนาสร้างจุดสนใจให้เกิดความร่วมมือและสนับสนุนจากองค์กรและหน่วยงานภายนอกอื่นๆ

ผลการวิเคราะห์ในบทนี้ได้นำไปสู่แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรางที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศสมาชิกในภูมิภาคโดยควรเริ่มจากเรียนรู้กรณีการเชื่อมโยงระบบรางกับประเทศมาเลเซียซึ่งมีความพร้อมในการเชื่อมต่อระบบรางมากที่สุดในด้านจำนวนจุดเชื่อมต่อทั้งหมด โดยพัฒนาตามตัวอย่างที่มีการปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพในสหภาพยุโรปและดำเนินการผ่านการใช้รายการตรวจสอบ หรือ checklist (ภาคผนวก ก) โดยการรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการผลักดันให้เกิดการเชื่อมต่อเครือข่าย นอกจากนี้ความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิกในรูปแบบต่างๆ ยังเป็นส่วนที่ช่วยผลักดันให้การพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- 1 Government of the Lao PDR, MCTPC and the Japan International Cooperation Agency (JICA). 2008. The Study of Master Plan on Comprehensive Urban Transport in Vientiane in Lao PDR. Vientiane. Draft. This document is yet to be formally approved by the government.
- 2 Sector Assistance Program Evaluation for the Transport Sector in the Lao People's Democratic Republic, SAP: LAO 2010-44 Sector Assistance Program Evaluation October 2010
- 3 LAO PDR: Transport Sector Brief East Asia and Pacific Region Transport Sector Unit Alberto Nogales - Version: May 1, 2004*

- 4 Lao-Thai rail expansion project starts, Business Desk, Vientiane Times, Publication Date : 28-08-2013 <http://www.asianewsnet.net/Lao-Thai-rail-expansion-project-starts-50896.html>
- 5 Reported by RFA's Lao Service. Written in English by Joshua Lipes. (<http://www.rfa.org/english/news/laos/railway-01032014153336.html>)
- 6 Malaysia Transport Pricing Strategies, Measures, And Policies Inception Report, Jeffrey D. Ensor
- 7 Gannon, C. & Liu, Z. (1997) Poverty and Transport. World Bank Group, TWU – 30.
- 8 Economic Planning Unit (EPU) (1991) The Way Forward (Vision 2020). <http://www.epu.jpm.my/Bi/speech/vision2020i.html>.
- 9 Malaysia-Singapore Connectivity: Increased Rail, Road and Sea Links, Mushahid Ali, No. 034/2013 dated 20 February 2013
- 10 Infrastructure in Myanmar Yasuhide Fujii Managing Partner, KPMG in Myanmar and Satya Ramamurthy Head of Government & Infrastructure, KPMG in Asia-Pacific 2013
- 11 ASTV ผู้จัดการออนไลน์ 22 ธันวาคม 2556
<http://manager.co.th/IndoChina/ViewNews.aspx?NewsID=9560000156944>
- 12 Asean Headline 12 ธันวาคม 2013
- 13 <http://englishnews.thaipbs.or.th/myanmar-govt-looking-upgrade-yangon-myitkyina-rail-railway/>
- 14 National Strategic Plan for Climate Change Adaptation and Greenhouse Gas Mitigation in Transport Sector 2012
- 15 การเชื่อมโยงการคมนาคมชายแดนรัฐประเทศ – ปอยเปต กับโอกาสของธุรกิจไทย กลุ่มงาน กัมพูชา/เวียดนาม สำนักความร่วมมือการค้าและการลงทุน มีนาคม 2556

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ประกอบด้วยรายงานการศึกษาที่มีข้อเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางที่สามารถนำเสนอแนวทางที่มีความเป็นสากลและเหมาะสมกับบริบทประเทศไทย ซึ่งส่งผลให้สามารถช่วยลดขั้นตอนการสืบค้นทางเลือกในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางราง นอกจากนี้โครงการวิจัยนี้ยังได้ผลิตคู่มืออ้างอิงที่มีหลักวิชาการสำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางราง โดยเป็นการยกระดับการจัดการความรู้ด้านกระบวนการพิจารณาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงระบบขนส่งทางรางข้ามพรมแดน

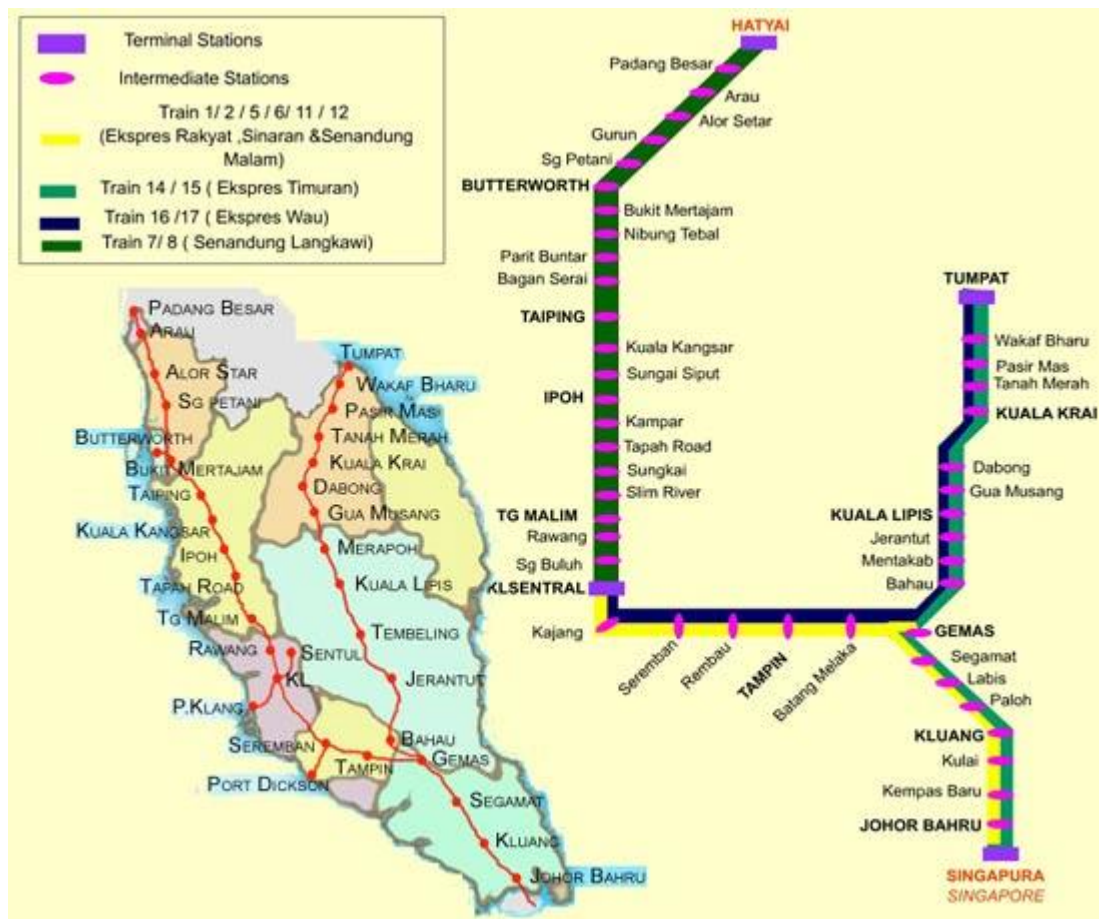
สำหรับการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางสำหรับประเทศไทย สุดท้ายแล้วต้องดำเนินการตามแนวทางควบคู่ไปกับแผนการลงทุนของประเทศ ซึ่งต้องสอดคล้องกับกรอบความร่วมมือด้านการขนส่งในระดับภูมิภาค รวมถึงแผนและโครงการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาค สำหรับการดำเนินการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานระบบรางในเบื้องต้นควรมีแนวทางดังนี้

1. แนวทางการพัฒนาการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคจากกรณีศึกษาโดยใช้ตัวอย่างที่มีการยอมรับ เนื่องจากว่าการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานกับประเทศมาเลเซียมีรูปแบบและแนวทางที่ปฏิบัติกันมานาน ดังนั้นการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งระบบรางก็ควรเริ่มจากเรียนรู้กรณีศึกษาจากการเชื่อมโยงระบบรางกับประเทศมาเลเซียโดยมีการพัฒนาตามข้อมูลตัวอย่างที่ได้รับพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพในสหภาพยุโรป

การดำเนินการอาจเริ่มจากการทำรายการตรวจสอบ (checklist) เพื่อใช้สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการผลักดันให้เกิดการเชื่อมต่อเครือข่าย โดยรายการตรวจสอบนี้จะใช้เปรียบเทียบพารามิเตอร์และฟังก์ชันการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ที่มีใช้งานโดยการรถไฟแห่งประเทศไทยในปัจจุบันกับรายการขององค์ประกอบที่กำหนดตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC ของสหภาพยุโรป รวมถึงการประเมินทั้งอุปกรณ์และระบบย่อยทั้งหมดเพื่อออกใบอนุญาตการเดินรถไฟระหว่างประเทศภูมิภาค ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจจะไม่ครบทุกหัวข้อตามแบบปฏิบัติของประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปแต่สามารถใช้งานได้ตามบริบทของการบริการรถไฟของประเทศไทย

สำหรับข้อคิดเห็นเพิ่มเติมสำหรับการเชื่อมโยงระบบรางกับประเทศมาเลเซีย เมื่อพิจารณาโครงสร้างพื้นฐานที่รอยต่อพรมแดนจะเห็นได้ว่าทางประเทศมาเลเซียได้ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของเส้นทางรถไฟฟ้ามอเตอร์เข้ามาในประเทศไทยเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อได้เปรียบของประเทศมาเลเซียในด้านต่างๆ เช่น การมีอิทธิพลต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยที่มีแนวโน้มใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับของฝั่งมาเลเซียเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยง การวางระบบที่สามารถ

ตรวจสอบขบวนรถขึ้นมาถึงชุมทางขนาดใหญ่เพื่อรองรับการขนส่งผู้โดยสารทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศตามแผนการพัฒนาเครือข่ายระบบรางของประเทศมาเลเซีย (KTM intercity train network) ดังแสดงในรูปที่ 5.1-1 นอกจากนั้นสถานีรถไฟสถานีปาดังเบซาร์ในฝั่งประเทศมาเลเซียยังได้ทำการยกระดับเทคโนโลยีเพื่อรองรับโครงสร้างพื้นฐานเส้นทางรถไฟใหม่รวมถึงมีจุดตรวจคนเข้าเมืองของทั้งสองประเทศซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มเป็นจุดศูนย์กลางด้านเศรษฐกิจระหว่างประเทศภายหลังเกิดการเชื่อมโยงระบบรถไฟทั้งสองประเทศ



รูปที่ 5.1-1 โครงข่ายระบบรถไฟ KTM intercity train network ของประเทศมาเลเซีย

(ที่มา <http://travelmalaysiaguide.com/>)

2. แนวทางการพัฒนาข้อกำหนดการเชื่อมโยงการขนส่งทางรถไฟในภูมิภาคโดยใช้โครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก การพิจารณาข้อกำหนดที่สำคัญร่วมกับประเทศเพื่อนบ้านอาเซียนอาจดำเนินการผ่านคณะทำงานที่ตั้งขึ้นตามโครงสร้างของความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิก โดยอาจมีรูปแบบคณะทำงานด้านหลักต่างๆ ดังนี้

- 2.1 ด้านการเชื่อมต่อเครือข่าย (Network Connectivity) ช่วยส่งเสริมในการพัฒนาแนวทางเชิงนโยบาย และการลงทุนที่จำเป็นเพื่อเอื้อให้เกิดการเชื่อมต่อด้านระบบขนส่งทางรางในประเทศภูมิภาค
- 2.2 ด้านการรวมเครือข่าย (Network Integration) โดยมีการดำเนินการพัฒนาแนวทางการบูรณาการความร่วมมือ ข้อตกลง รวมถึงองค์ประกอบที่จำเป็นต่างๆ ในการสร้าง framework เพื่อเป็นกรอบให้เกิดการทำงานร่วมกัน
- 2.3 ด้านการทำงานร่วมกัน (Network Interoperability) ในด้านนี้จะเน้นการดำเนินงานด้านมาตรฐานทางเทคนิคร่วมกันของขบวนรถไฟ โครงสร้างพื้นฐานทางราง การทำงาน และความปลอดภัย
- 2.4 ด้านความร่วมมือ (Partnerships) จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาขอบเขตและข้อเสนอแนะสำหรับประเทศสมาชิกเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่ส่งผลให้เกิดการร่วมมือกันอย่างมีประสิทธิภาพ และรวมถึงการพัฒนาสร้างจุดสนใจให้เกิดความร่วมมือและสนับสนุนจากองค์กรและหน่วยงานภายนอกอื่นๆ

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. ควรทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล “ข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกัน” เพิ่มเติมในประเด็นของเทคโนโลยีระบบย่อยด้านการทำงานหรือการเดินรถนอกเหนือจากประเด็นของเทคโนโลยีด้านโครงสร้างพื้นฐาน อาทิเช่น การปฏิบัติการจราจรและการจัดการ (Traffic operation and management) การบำรุงรักษา (Maintenance) และระบบเทเลเมติกส์สำหรับบริการผู้โดยสารและขนส่งสินค้า (Telematics applications for passenger and freight services)
2. ผลักดันให้งานวิจัยเข้าไปมีบทบาทต่อผู้ใช้ประโยชน์ในเครือข่ายผ่านเวทีของสมาคมการรถไฟของกลุ่มประเทศอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Mekong Railway Association : GMRA) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการทำงานร่วมกันในเรื่องมาตรฐานด้านเทคนิคในการเดินรถไฟระหว่างประเทศ ลดขั้นตอนและประสานกระบวนการขนส่งคนและสินค้าข้ามพรมแดน การกำกับดูแลโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือด้านรถไฟของประเทศสมาชิกให้มีความทันสมัย เพียงพอต่อการให้บริการ รวมทั้งการเพิ่มบทบาทของภาคเอกชนในกระบวนการวางแผนและพัฒนาโครงข่ายเส้นทางรถไฟของอนุภูมิภาค

ภาคผนวก ก

รายการตรวจสอบ (checklist) สำหรับการทำงานร่วมกัน (interoperability) ในเครือข่ายรถไฟฟ้า
สำหรับระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน – พลังงาน – ขบวนรถไฟฟ้า - คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ



รายการตรวจสอบ (checklist)
สำหรับการทำงานร่วมกัน (interoperability) ในเครือข่ายรถไฟฟ้า



สำหรับระบบย่อย
โครงสร้างพื้นฐาน – พลังงาน – ขบวนรถไฟ
คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ

สารบัญ

บทนำ.....	2
การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน.....	3
การตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (Meet essential requirements)	
การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituents assessment)	
การประเมินตรวจสอบระบบย่อย (subsystems assessment)	
การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยพลังงาน.....	10
ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (Meet essential requirements)	
การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituents assessment)	
การประเมินตรวจสอบระบบย่อย (subsystems assessment)	
การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยขบวนรถไฟ.....	14
ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (Meet essential requirements)	
การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituents assessment)	
การประเมินตรวจสอบระบบย่อย (subsystems assessment)	
การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ.....	33
ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (Meet essential requirements)	
การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituents assessment)	
การประเมินตรวจสอบระบบย่อย (subsystems assessment)	

บทนำ

รายการตรวจสอบ (checklist) ฉบับนี้ มีจุดประสงค์เพื่อให้การรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการผลักดันให้เกิดการเชื่อมต่อเครือข่ายระบบรถไฟได้ใช้ในการศึกษาพารามิเตอร์และฟังก์ชันการทำงานของโครงสร้างพื้นฐานระบบรางต่างๆ ที่มีใช้งานโดยการรถไฟแห่งประเทศไทยในปัจจุบันโดยเปรียบเทียบกับรายการขององค์ประกอบที่กำหนดตามบทบัญญัติ Directive 2008/57/EC ของสหภาพยุโรป รวมถึงขั้นตอนการประเมินทั้งอุปกรณ์และระบบย่อยทั้งหมดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการออกใบอนุญาตเพื่อใช้รถไฟระหว่างประเทศภูมิภาคตามบริบทของการบริการรถไฟของประเทศไทย

ขั้นตอนการตรวจสอบมีดังนี้

1. ความต้องการที่จำเป็นสำหรับระบบย่อย (Essential requirements)

ไม่ว่าจะเป็นระบบรถไฟ ระบบย่อย และส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันรวมถึงอินเทอร์เน็ตเฟสต่างๆ จะต้องสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นที่เหมาะสม โดยความต้องการที่จำเป็นเหล่านี้สามารถแบ่งตามระบบย่อยต่างๆ อันประกอบด้วย

ความปลอดภัย (safety)
ความน่าเชื่อถือ (Reliability and availability)
การไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (Health)
การปกป้องด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)
ความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)

2. การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituents assessment)

ในขั้นตอนนี้มีเพื่อการประเมินเพื่อออกใบประกาศด้านความสอดคล้อง 'EC' declaration of conformity สำหรับส่วนประกอบที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน (Interoperability Constituent)

3. การประเมินตรวจสอบสำหรับระบบย่อย (Subsystems assessment)

ในขั้นตอนนี้มีเพื่อประเมินตรวจสอบ 'EC' สำหรับระบบย่อย ('EC' Verification Procedure for Subsystems) เพื่อออกใบประกาศการตรวจสอบ ('EC' declaration of verification) ของระบบย่อย

ภายหลังการออกใบประกาศการตรวจสอบ ('EC' declaration of verification) จะทำให้มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีความพร้อมสำหรับใช้งานระบบย่อยและขบวนรถไฟระหว่างประเทศได้

การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐาน



1) ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (36 หัวข้อ)

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐาน ของระบบย่อย INF	ปัจจัยที่ใช้ประเมิน				
		ความปลอดภัย	ความ น่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผล กระทบต่อ สุขภาพ	การปกป้อง สิ่งแวดล้อม	ความเข้ากัน ได้ทาง เทคนิค
3.3.1.1	เขตโครงสร้าง Structure gauge	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.2	ระยะทางระหว่าง กึ่งกลางทางรถไฟ Distance between track centres	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.3	ความลาดชันทางรถไฟ สูงสุด Maximum gradients	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.4	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้ง แนวนอน Minimum radius of horizontal curve	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.5	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้ง มุมตั้ง Minimum radius of vertical curve	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.6	ค่าประกาศขนาดความ กว้างรางรถไฟ Nominal track gauge	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.7	การยกโค้ง Cant	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.8	อัตราการเปลี่ยนแปลง ของการยกโค้ง Rate of change of cant	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.9	ส่วนพร่องของการยก โค้ง Cant deficiency	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.10	รูปทรงของล้อรถไฟ Equivalent conicity	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.11	รูปทรงหัวรางรถไฟ ทั่วไป Railhead profile for plain line	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.12	ความเอียงทางรถไฟ	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5

	Rail inclination	☐ 3.2.4.1.1 ข				
3.3.1.13.1	วิธีการยึดประแจ Means of locking	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	-
3.3.1.13.2	รูปทรงของประแจ In-service geometry of switches and crossings	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	☐ 3.2.4.1.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.13.3	ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings Maximum unguided length of fixed obtuse crossings	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.14.1	ความต้านทานทาง รถไฟต่อแรงในแนวตั้ง Track resistance to vertical loads	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.14.2	ความต้านทานตามยาว ทางรถไฟ Longitudinal track resistance	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.14.3	ความต้านทานด้านข้าง ทางรถไฟ Lateral track resistance	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.15.1	ความต้านทานของ สะพานใหม่ Resistance of new bridges to traffic loads	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.15.2	โหลดแนวตั้งเทียบเท่า กับกำแพงดินใหม่และ ผลกระทบแรงดันดิน Equivalent vertical loading for new earthworks and earth pressure effects	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.15.3	ความต้านทานของ โครงสร้างใหม่ที่อยู่ คร่อมหรืออยู่ใกล้กับ รางรถไฟ Resistance of new	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5

	structures over or adjacent to tracks					
3.3.1.15.4	ความต้านทานของสะพานและกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.1	การพิจารณาขอบเขตการดำเนินการได้ทันที การแทรกแซง และการแจ้งเตือน Determination of immediate action, intervention, and alert limits	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	☐ 3.2.4.1.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.2	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิดรูปราง Immediate action limit for track twist	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	☐ 3.2.4.1.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.3	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ Immediate action limit for variation of track gauge	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	☐ 3.2.4.1.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.4	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการยกโค้ง Immediate action limit for cant	☐ 3.2.4.1.1 ก	☐ 3.2.4.1.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.17.1	ความยาวใช้งานของชานชาลา Usable length of platforms	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.17.2	ความกว้างและขอบของชานชาลา Width and edge of platforms	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.17.3	จุดสิ้นสุดของชานชาลา	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-

	End of platforms					
3.3.1.17.4	ความสูงของชานชาลา Height of platforms	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.2.1	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.17.5	ระยะขจัดเซยของชาน ชาลา Offset of platforms	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.2.1	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.18.1	การเปลี่ยนแปลงความ ดันสูงสุดในอุโมงค์ Maximum pressure variation in tunnels	☐ 3.2.4.2.1	-	-	-	-
3.3.1.18.2	ข้อจำกัดสัญญาณ รบกวนและการ สั่นสะเทือนและ มาตรการแก้ไข Noise and vibration limits and mitigation measures	-	-	-	☐ 3.2.4.1.4 ก ☐ 3.2.4.1.4 ง ☐ 3.2.4.1.4 จ	-
3.3.1.18.3	การป้องกันไฟฟ้าช็อต Protection against electric shock	☐ 3.2.4.2.1	-	-	-	-
3.3.1.18.4	ความปลอดภัยใน อุโมงค์รถไฟ Safety in railway tunnels	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ง ☐ 3.2.4.2.1	-	☐ 3.2.4.1.3	☐ 3.2.4.1.4 ข	-
3.3.1.18.5	ผลกระทบของ แรงลมปะทะด้านข้าง Effect of crosswinds	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-

2) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนประกอบที่ ทำงานร่วมกัน	Design and development phase			Production phase	หัวข้อที่มี การระบุ ข้อกำหนด	ข้อมูลเพิ่มเติม
	Design review	Manufacturing process review	Type Test	Product quality (series)		
รูปทรงหัวขบวนรถไฟ	☐	☐	-	☐	3.3.1.11 3.3.1.10.1	
โมเมนต์ความเฉื่อย	☐	-	-	-	3.3.1.14	มีค่าน้อย 1,600

ของหน้าตัดราง						ชม ⁴
ความแข็งแรง	☐	☐	-	☐	3.3.1.11	ความแข็งแรงที่หัวรางมีค่าอย่างน้อย 200 HBW
ระบบยึดเหนี่ยวราง	-	-	☐	☐	3.3.1.14.1 3.3.1.14.2 3.3.1.14.3	- ทนแรงตามยาวก่อนยึดอย่างน้อย 7 kN - ทนทานต่อภาระปกติจำนวน 3 ล้านไซเคิลในช่วงทางโค้ง
ไม้หมอนรถไฟ	☐	☐	☐	☐	3.3.1.6 3.3.1.10.2 3.3.1.12 3.3.1.14	คุณสมบัติต้องมีความคงตัวในทุกสภาวะที่ระบุในข้อกำหนด

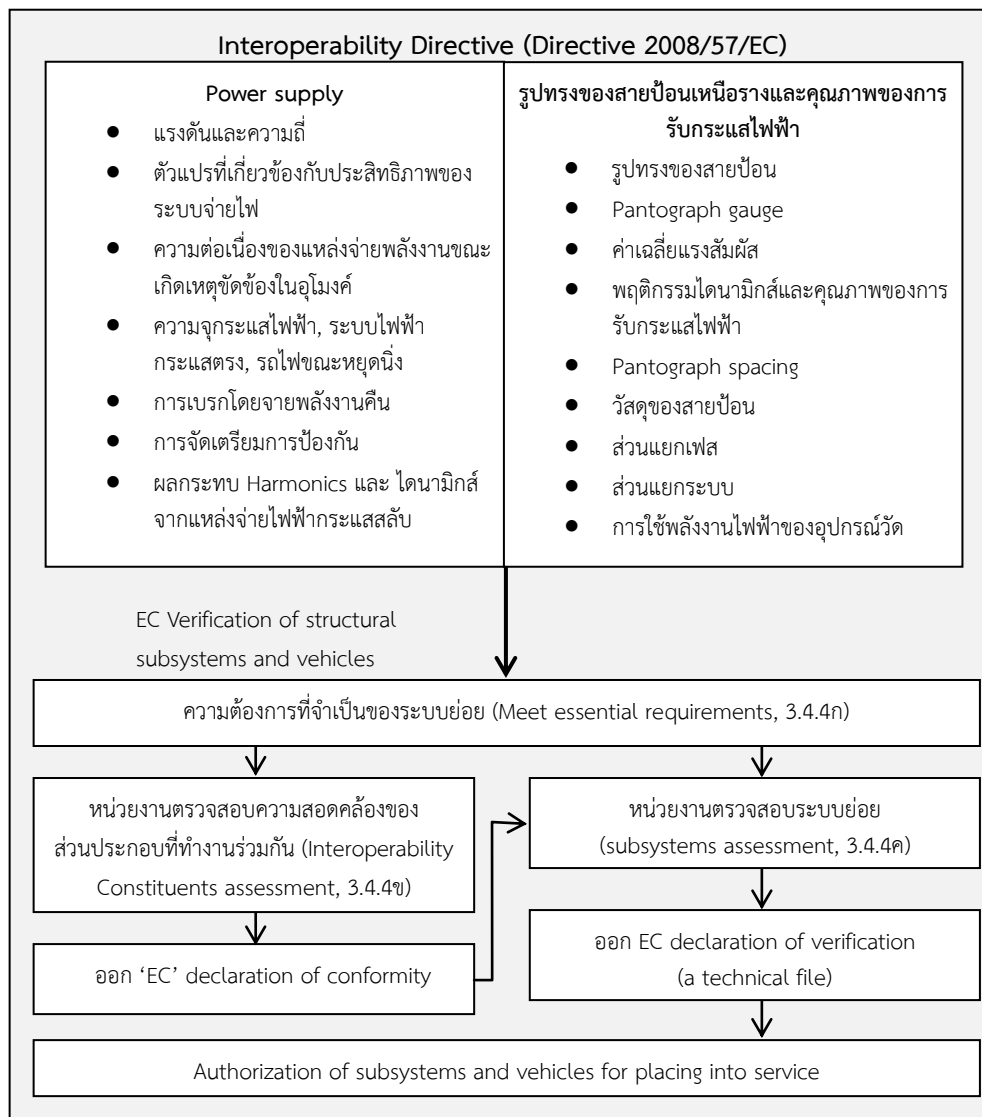
3) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

(Design review รวมถึงมีการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวแปรตามข้อกำหนดที่ระบุใน TSI, Assembly before putting into service คือมีการตรวจสอบในสถานที่จริงก่อนให้บริการ)

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย INF	Design review	Assembly before putting into service	มาตรฐานที่ใช้ประเมิน
3.3.1.1	เขตโครงสร้าง	☐	☐	EN 15273-3
3.3.1.2	ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	☐	☐	
3.3.1.3	ความลาดชันทางรถไฟสูงสุด	☐	-	
3.3.1.4	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน	☐	☐	EN 13803-2
3.3.1.5	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง	☐	☐	
3.3.1.6	ขนาดความกว้างรางรถไฟ	☐	-	
3.3.1.7	การยกโค้ง	☐	☐	
3.3.1.8	อัตราการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้ง	☐	☐	
3.3.1.9	ส่วนพร่องของการยกโค้ง	☐	-	
3.3.1.10	รูปทรงของล้อรถไฟ	☐	-	EN 13715 EN 15302
3.3.1.11	รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป	☐	-	
3.3.1.12	ความเอียงทางรถไฟ	☐	-	
3.3.1.13.1	วิธีการยึดประแจ	☐	☐	
3.3.1.13.2	รูปทรงของประแจ	-	-	
3.3.1.13.3	ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings	☐	-	
3.3.1.14.1	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง	☐	-	
3.3.1.14.2	ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ	☐	-	
3.3.1.14.3	ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ	☐	-	
3.3.1.15.1	ความต้านทานของสะพานใหม่	☐	-	EN 1990 EN 1991-2
3.3.1.15.2	โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากับกำแพงดินใหม่และผลกระทบแรงดันดิน	☐	-	EN 1991-2

3.3.1.15.3	ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่อยู่คร่อมหรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ	☐	-	EN 1991-2
3.3.1.15.4	ความต้านทานของสะพานและกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ	-	-	EN 15528
3.3.1.16.1	ข้อกำหนดของการดำเนินการได้ทันที, การแทรกแซง, การแจ้งเตือน	-	-	EN 13848-1
3.3.1.16.2	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิดปกติ	-	-	
3.3.1.16.3	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ	-	-	
3.3.1.16.4	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการยกโค้ง	-	-	
3.3.1.17.1	ระยะการใช้งานของชานชาลา	☐	-	
3.3.1.17.2	ความกว้างและขอบของชานชาลา	☐	☐	
3.3.1.17.3	จุดสิ้นสุดของชานชาลา	☐	☐	
3.3.1.17.4	ความสูงของชานชาลา	☐	☐	
3.3.1.17.5	ระยะชดเชยของชานชาลา	☐	☐	
3.3.1.18.1	การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์	☐	-	
3.3.1.18.2	ข้อจำกัดสัญญาณรบกวนและการสั่นสะเทือนและมาตรการแก้ไข	-	-	
3.3.1.18.3	การป้องกันไฟฟ้าช็อต	☐	☐	
3.3.1.18.4	ความปลอดภัยในอุโมงค์รถไฟ	☐	☐	
3.3.1.18.5	ผลกระทบของแรงลมปะทะด้านข้าง	-	-	

การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยพลังงาน



1) ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (16 หัวข้อ)

หัวข้อ	ตัวแปร	ความปลอดภัย	ความ น่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ	การปกป้อง สิ่งแวดล้อม	ความเข้า กันได้ทาง เทคนิค
3.4.1.1	แรงดันและความถี่	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.2	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.3	ความต่อเนื่องของแหล่งจ่ายพลังงานขณะเกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์	☐ 3.2.4.1.1 (ก) ☐ 3.2.4.3.1	☐ 3.2.4.1.2	-	-	-
3.4.1.4	ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.5.3.3
3.4.1.5	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน	-	-	-	☐ 3.2.4.1.4 (ก) ☐ 3.2.4.1.4 (ค)	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.6	การจัดเตรียมการป้องกัน	☐ 3.2.4.3.1	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.4.1.7	ผลกระทบ Harmonics และ ไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	-	-	-	☐ 3.2.4.1.4 (ก) ☐ 3.2.4.1.4 (ค)	☐ 3.2.4.1.5
3.4.1.8	รูปทรงของสายป้อน	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.9	Pantograph gauge	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.10	ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.11	พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า	-	-	-	☐ 3.2.4.1.4 (ก) ☐ 3.2.4.3.2	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.12	Pantograph spacing	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.13	วัสดุของสายป้อน	-	-	☐ 3.2.4.1.3 (ก) ☐ 3.2.4.1.3 (ข)	☐ 3.2.4.1.4 (ก)	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.14	ส่วนแยกเฟส	☐ 3.2.4.3.1	-	-	☐ 3.2.4.1.4 (ก) ☐ 3.2.4.1.4 (ค)	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.15	ส่วนแยกระบบ	☐ 3.2.4.3.1	-	-	☐ 3.2.4.1.4 (ก) ☐ 3.2.4.1.4 (ค)	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.3.3
3.4.1.16	การใช้พลังงานไฟฟ้า	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5

	ของอุปกรณ์วัด					
--	---------------	--	--	--	--	--

2) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

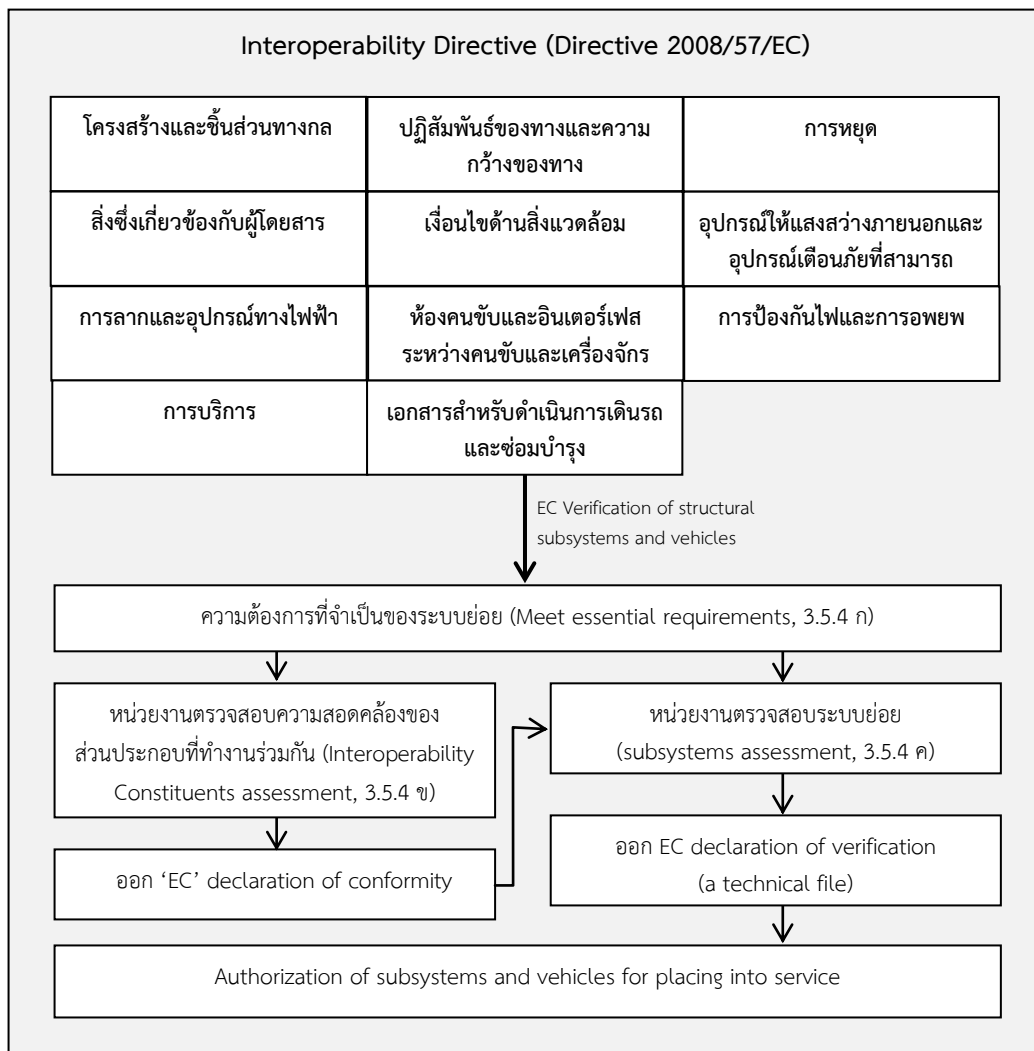
ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	Design and development phase			Production phase	มาตรฐานที่ใช้ประเมิน	หัวข้อที่เกี่ยวข้อง
	Design review	Manufacturing process review	Type Test			
รูปทรงของสายป้อน	☐	-	-	-	EN50119	3.4.1.8
ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	☐	-	-	-	EN50367	3.4.1.10
พฤติกรรมไดนามิกส์	☐	-	☐	-	EN50317 EN50318	3.4.1.11
ระยะยกแขน	☐	-	☐	-	EN50317 EN50318	3.4.1.11
Pantograph spacing	☐	-	-	-		3.4.1.12
ความจุกระแสไฟฟ้าขณะหยุดนิ่ง	☐	-	☐	-	EN50119 EN50367	3.4.1.4
วัสดุของสายป้อน	☐	-	☐	-	EN 50149	3.4.1.13

3) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

หัวข้อ	ตัวแปร	Design develop. phase	Production phase			มาตรฐานที่ใช้ประเมิน
		Design review	Construction , assembly, mounting process review	Assembled, before putting into service	Validation under full operating conditions	
3.4.1.1	แรงดันและความถี่	☐	-	-	-	EN50388 EN50163
3.4.1.2	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ	☐	-	-	-	EN50388
3.4.1.3	ความต่อเนื่องของแหล่งจ่ายพลังงานขณะเกิดเหตุขัดข้องในอุโมงค์	☐	-	☐	-	
3.4.1.4	ความจุกระแสไฟฟ้า, ระบบไฟฟ้ากระแสตรง, รถไฟขณะหยุดนิ่ง	☐	-	-	-	EN50119 EN50367

3.4.1.5	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืน	☐	-	-	-	EN50388
3.4.1.6	การจัดเตรียมการป้องกัน	☐	-	-	-	EN50388
3.4.1.7	ผลกระทบ Harmonics และ ไดนามิกส์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	☐	-	-	-	EN50317 EN50119 EN50388
3.4.1.8	รูปทรงของสายป้อน ความสูงของสายป้อน	☐	-	-	-	EN50119
3.4.1.8	รูปทรงของสายป้อน การแปรปรวนความสูงของสายป้อน	☐	-	-	-	
3.4.1.8	รูปทรงของสายป้อน ระยะเบี่ยงออกด้านข้างสูงสุด	☐	-	-	-	
3.4.1.9	Pantograph gauge	☐	-	-	-	
3.4.1.10	ค่าเฉลี่ยแรงสัมผัส	☐	-	-	-	EN50367
3.4.1.11	พฤติกรรมไดนามิกส์และคุณภาพของการรับกระแสไฟฟ้า	☐	-	☐	-	EN50317 EN50318
3.4.1.12	Pantograph spacing	☐	-	-	-	
3.4.1.13	วัสดุของสายป้อน	☐	-	-	-	EN 50149
3.4.1.14	ส่วนแยกเฟส	☐	-	-	-	EN50367 EN50388
3.4.1.15	ส่วนแยกระบบ	☐	-	-	-	EN50119 EN50122-2

การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยขบวนรถไฟ



1) ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (139 หัวข้อ)

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อยขบวนรถ	ความปลอดภัย	ความน่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ	การปกป้องสิ่งแวดล้อม	ความเข้ากันได้ทางเทคนิค
3.5.1.1	การเชื่อมต่อภายใน (Inner coupling)	☐ 3.2.4.1.1ค ☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.2	การเชื่อมต่อส่วนปลาย (End coupling)	☐ 3.2.4.1.1ค ☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.3	การเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue coupling)	-	☐ 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.4	ทางเข้าพนักงานในการเชื่อมต่อและการปลดออก (Staff access for coupling and uncoupling)	☐ 3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.5	ทางผ่าน (Gangways)	☐ 3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.6	ความแข็งแรงของโครงสร้างยานพาหนะ (Strength of vehicle structure)	☐ 3.2.4.1.1ค ☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.7	การป้องกันภายในตัวรถ (Passive safety)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.8	การยกและแม่แรง (Lifting and jacking)	-	-	-	-	-
3.5.1.9	การซ่อมแซมของอุปกรณ์สู่โครงสร้างตัวรถ (Fixing of devices to car body structure)	☐ 3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.10	ประตูทางเข้าของพนักงานและสินค้า (Staff and freight access doors)	☐ 3.2.4.1.1จ ☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.11	ลักษณะทางกลของกระจก (Mechanical characteristics of glass)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.12	เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก (Load conditions and weighted mass)	☐ 3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.13	ความกว้างของทาง (Gauge)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.14	น้ำหนักกดเพลลา (Axle load)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.15	น้ำหนักกดล้อ (Wheel load)	☐ 3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.16	ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ	☐ 3.2.4.1.1ก	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.4.2

	(Rolling stock parameters which influence CCS subsystem)					
3.5.1.17	การตรวจสอบสภาพความทนทานของเพลลา (Axle bearing condition monitoring)	☐ 3.2.4.1.1ก	☐ 3.2.4.1.2	-	-	-
3.5.1.18	ความปลอดภัยจากการตกรางเมื่อวิ่งบนทางที่มีการบิด (Safety against derailment running on twisted track)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.19	พฤติกรรมเคลื่อนที่ขณะวิ่ง (Running dynamic behavior)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.20	ค่าจำกัดสำหรับความปลอดภัยในการเดินรถ (Limit values for running safety)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.21	ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง (Track loading limit values)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.22	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.23	ค่าการออกแบบสำหรับรูปทรงของล้อ (Design values for new wheel profiles)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.24	รูปทรงกรวยของชุดล้อรถไฟขณะใช้งาน (In-service values of wheelset equivalent conicity)	☐ 3.2.4.1.1ข	☐ 3.2.4.1.2	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.25	การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame (Structural design of bogie frame)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	-
3.5.1.26	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของชุดล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheelsets)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.27	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheels)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	-
3.5.1.28	ชุดล้อเปลี่ยนแปลงตามขนาดทาง (Variable gauge wheelsets)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	-

3.5.1.29	รัศมีความโค้งต่ำสุด (Minimum curve radius)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.1.1ข	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.30	อุปกรณ์รักษาชีวิต (Life guards)	☐ 3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.31	การทำงานหลัก (Functional requirements)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.5.1	☐ 3.2.4.5.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.5.1.32	ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety requirements)	☐ 3.2.4.1.1ก	☐ 3.2.4.1.2 ☐ 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.33	ชนิดของระบบเบรก (Type of brake system)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.34	คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน (Emergency braking command)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.35	คำสั่งการเบรกบริการ (Service braking command)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.36	คำสั่งการเบรกโดยตรง (Direct braking command)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.37	คำสั่งการเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic braking command)	☐ 3.2.4.1.1ค	-	-	-	-
3.5.1.38	คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถ (Parking braking command)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.39	ความต้องการทั่วไปสำหรับประสิทธิภาพการเบรก (Braking performance-General requirements)	☐ 3.2.4.1.1ก ☐ 3.2.4.5.1	☐ 3.2.4.5.2	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.5.1.40	การเบรกกรณีฉุกเฉิน (Emergency braking)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.41	การเบรกบริการ (Service braking)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.42	การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุอุณหภูมิจาน (Calculations related to thermal capacity)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.43	เบรกจอดรถ (Parking brake)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.44	ขีดจำกัดการยึดเกาะของล้อรถไฟ (Limit of wheel rail adhesion profile)	☐ 3.2.4.5.1	☐ 3.2.4.1.2 ☐ 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.45	ระบบป้องกันการไถลของล้อ (Wheel slide protection system)	☐ 3.2.4.5.1	☐ 3.2.4.1.2 ☐ 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.46	การเบรกขณะเคลื่อนที่	-	☐ 3.2.4.1.2	-	-	-

	(Dynamic brake)		☐ 3.2.4.5.2			
3.5.1.47	เบรกทางแม่เหล็ก (Magnetic track brake)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.48	เบรกทางวงจกระแสวน (Eddy current track brake)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.5.3
3.5.1.49	สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Brake state and fault indication)	☐ 3.2.4.1.1ก	☐ 3.2.4.1.2 ☐ 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.50	ความต้องการเบรกสำหรับการช่วยชีวิต (Brake requirements for rescue purposes)	-	☐ 3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.51	ระบบสุขอนามัย (Sanitary systems)	-	-	-	☐ 3.2.4.1.4ก	-
3.5.1.52	ระบบที่อยู่สาธารณะ:ระบบติดต่อสื่อสารทางเสียง (Public address system: audible communication system)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.53	การแจ้งเตือนผู้โดยสาร:ความต้องการด้านการทำงาน (Passenger alarm: functional requirements)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.54	ขั้นตอนความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร ----สัญลักษณ์ (Safety instructions to passengers — Signs)	☐ 3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.55	อุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้โดยสาร (Communication devices for passengers)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.56	ประตูภายนอก:ผู้โดยสารที่เข้าและออกจากขบวนรถ (Exterior doors: access to and egress from rolling stock)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.57	การก่อสร้างระบบประตูภายนอก (Exterior doors: system construction)	☐ 3.2.4.1.1ค ☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.58	ประตูระหว่างตู้ (Inter-unit doors)	☐ 3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.59	คุณภาพอากาศภายใน (Internal air quality)	-	-	☐ 3.2.4.1.3ข	-	-
3.5.1.60	หน้าต่างด้านข้างตัวรถ (Body side windows)	☐ 3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.61	ระดับความสูง (Altitude)	-	☐ 3.2.4.5.2	-	-	-

3.5.1.62	อุณหภูมิ (Temperature)	-	□3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.63	ความชื้น (Humidity)	-	□3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.64	ฝน (Rain)	-	□3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.65	หิมะ น้ำแข็ง และลูกเห็บ (Snow, ice and hail)	-	□3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.66	รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation)	-	□3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.67	การต้านทานต่อมลพิษ (Resistance to pollution)	-	□3.2.4.5.2	-	-	-
3.5.1.69	ผลกระทบจากการไหลของลม ต่อผู้โดยสารบนชานชาลา (Slipstream effects on passengers on platform)	□3.2.4.1.1ก	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.70	ผลกระทบจากการไหลของลม ต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง (Slipstream effects on workers at the track side)	□3.2.4.1.1ก	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.71	การสั่นกดของหัวรถจักร (Head pressure pulse)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.72	ความแปรปรวนของความดัน สูงสุดในอุโมงค์ (Maximum pressure variations in tunnels)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.73	ลมขวาง (Cross wind)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.74	ไฟหน้า (Head lights)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.75	ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.76	ไฟท้าย (Tail lights)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.77	การควบคุมโคมไฟ (Lamp controls)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.78	แตร (Horn)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.79	ระดับความเข้มเสียงแตรสำหรับ เตือน (Warning horn sound pressure levels)	□3.2.4.1.1ก	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.80	การป้องกัน (Protection)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.81	การควบคุมแตร (Horn control)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.82	ความต้องการด้านสมรรถนะการ ลากจูง (Requirements on performance)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.83	แหล่งจ่ายพลังงาน (Power	-	-	-	-	□3.2.4.1.5

	supply)					☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.84	การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Operation within range of voltages and frequencies)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.85	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง (Regenerative brake with energy to the overhead contact line)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.86	พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง (Maximum power and current from the overhead contact line)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.87	กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง (Maximum current at standstill for DC systems)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.88	เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.89	การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ (System energy disturbances)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.90	การวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption measuring function)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.91	ความต้องการเชื่อมต่อกับสายลี้ (Requirements linked to pantograph)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.91	สายลี้ (Pantograph)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.92	แถบสัมผัส (Contact strips)	-	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5 ☐ 3.2.4.5.3 ☐ 3.2.4.3.3
3.5.1.99	การป้องกันระบบไฟฟ้า (Electrical protection of the train)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.100	ระบบลากดีเซลและอื่นๆ (Diesel and other thermal)	☐ 3.2.4.5.1	-	-	-	☐ 3.2.4.1.4 ก

	traction system)					
3.5.1.101	การป้องกันระบบไฟฟ้าที่เป็นอันตราย (Protection against electrical hazards)	□3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.102	ห้องคนขับ (Driver's cab)	-	-	-	-	-
3.5.1.103	การเข้าและการออกภายนอกขณะใช้งาน (Access and egress in operating conditions)	□3.2.4.1.1จ	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.104	ทางออกฉุกเฉิน (emergency exit)	□3.2.4.1.1จ	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.105	การมองเห็นด้านหน้า (Front visibility)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.106	ด้านหลังและด้านข้าง (Rear and side view)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.107	รูปแบบภายใน (Interior layout)	□3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.108	ที่นั่งพนักงานขับ (Driver's seat)	-	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.109	โต๊ะทำงานพนักงานขับรถ (Driver's desk — Ergonomics)	□3.2.4.1.1จ	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.110	การควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของอากาศ (Climate control and air quality)	-	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.111	แสงภายใน (Internal lighting)	-	-	-	-	-
3.5.1.112	กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะทางกล (Windscreen — Mechanical characteristics)	□3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.113	กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะทางแสง (Windscreen — Optical characteristics)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.114	กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์ (Windscreen — Equipment)	-	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.115	การควบคุมการทำงานของคนขับ (Driver's activity control function)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.116	การวัดความเร็ว (Speed indication)	□3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.117	หน้าจอแสดงผลการขับรถ (Driver display unit and screens)	□3.2.4.1.1จ	-	-	-	-
3.5.1.118	การควบคุมและตัวชี้วัด	□3.2.4.1.1จ	-	-	-	-

	(Controls and indicators)					
3.5.1.119	การติดฉลาก (Labelling)	-	-	-	-	-
3.5.1.120	การควบคุมระยะไกลจากพื้นดิน (Remote control function)	□3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.121	เครื่องมือและอุปกรณ์บนรถ (Onboard tools and portable equipment)	□3.2.4.5.1	-	-	-	□3.2.4.5.3
3.5.1.122	บริเวณจัดเก็บอุปกรณ์ส่วนตัว ของพนักงาน (Storage facility for staff personal effects)	-	-	-	-	-
3.5.1.123	เครื่องบันทึกเสียง (Recording device)	-	-	-	-	□3.5.5.4
3.5.1.124	การจำแนกประเภทการป้องกัน ไฟและการอพยพ (categorization)	-	-	-	-	-
3.5.1.125	ความต้องการวัสดุ (Material requirements)	□3.2.4.1.1ง	-	□3.2.4.1.3ข	□3.2.4.1.4ข	-
3.5.1.126	มาตรการสำหรับของเหลวที่ติด ไฟได้ง่าย (Specific measures for flammable liquids)	□3.2.4.1.1ง	-	-	-	-
3.5.1.127	การอพยพผู้โดยสาร (Passenger evacuation)	□3.2.4.5.1	-	-	-	-
3.5.1.128	กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers)	□3.2.4.1.1ง	-	-	-	-
3.5.1.129	การทำความสะอาดกระจกหน้า รถไฟห้องคนขับ (Cleaning of driver's cab windscreen)	-	-	-	-	□3.2.4.1.5
3.5.1.130	การทำความสะอาดภายนอก ผ่านโรงทำความสะอาด (Exterior cleaning through a washing plant)	-	-	-	-	□3.2.4.1.5
3.5.1.131	ระบบการปล่อยน้ำ (Toilet discharge system)	-	-	-	-	□3.2.4.1.5
3.5.1.132	อุปกรณ์เติมน้ำ (Water refilling equipment)	-	-	□3.2.4.1.3ก	-	-
3.5.1.133	ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการทรง ตัว (Special requirements for stabling of trains)	-	-	-	-	□3.2.4.1.5
3.5.1.134	อุปกรณ์เติมเชื้อเพลิง (Refueling equipment)	-	-	-	-	□3.2.4.1.5
3.5.1.135	ข้อมูลทั่วไปด้านเอกสาร (General documentation)	-	-	-	-	□3.2.4.1.5

3.5.1.136	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา (Document related to maintenance)	☐ 3.2.4.1.1ก	-	-	-	-
3.5.1.137	เอกสารปฏิบัติการ (Operating documentation)	☐ 3.2.4.1.1ก	-	-	-	☐ 3.2.4.5.2
3.5.1.138	แผนภาพการยกและคำแนะนำ (Lifting diagram and instructions)	-	-	-	-	-
3.5.1.139	รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ (Rescue related descriptions)	-	☐ 3.2.4.5.2	-	-	-

2) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อที่เกี่ยวข้อง	ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน	ข้อมูลในการพิจารณา	ผ่าน
3.5.1.3	ตัวเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue couplers)	การเชื่อมต่อ แรงดึง แรงบีบ	☐
3.5.1.25	ล้อ (Wheels)	คุณลักษณะทางรูปทรง เชิงกล และอุณหภูมิ	☐
3.5.1.43	ระบบป้องกันการไถลของล้อ (WSP)	ระบบเบรก ความเร็วรถไฟสูงสุด	☐
3.5.1.72	ไฟหน้า (Head lights)	สีและความเข้มการส่องสว่าง EN15153-1:2007	☐
3.5.1.73	ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)	สีและความเข้มการส่องสว่าง EN15153-1:2007	☐
3.5.1.74	ไฟท้าย (Tail lights)	สีและความเข้มการส่องสว่าง EN15153-1:2007	☐
3.5.1.76	แตร (Horns)	ระดับเสียงสัญญาณเตือน EN15153-2:2007	☐
3.5.1.81 3.5.1.89 3.5.1.84 3.5.1.85 3.5.1.92	สาลี่ (Pantograph)	ชนิดของแรงดัน gauge ความจุกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะหยุดนิ่ง ความเร็วรถไฟสูงสุด	☐
3.5.1.90 3.5.1.81 3.5.1.84 3.5.1.85	แถบสัมผัส (Contact strips)	รูปทรง วัสดุ ชนิดของแรงดัน ความจุกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะหยุดนิ่ง	☐
3.5.1.81 3.5.1.84 3.5.1.97	เบรกเกอร์ (Main circuit breaker)	ชนิดของแรงดัน ความจุกระแสไฟฟ้า คุณลักษณะการ tripping	☐
3.1.129	การเชื่อมต่อระบบน้ำทิ้ง (Toilet discharge system)		☐

3) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย INF	Design and development phase		Production phase	มาตรฐานที่ใช้ประเมินเพิ่มเติม
		Design review	Type test	Routine test	
3.5.1.1	การเชื่อมต่อภายใน (Inner coupling)	☐	-	-	
3.5.1.2	การเชื่อมต่อส่วนปลาย (End coupling)	☐	-	-	
3.5.1.3	การเชื่อมต่อเพื่อช่วยเหลือ (Rescue coupling)	☐		-	
3.5.1.4	ทางเข้าพนักงานในการเชื่อมต่อและการปลดออก (Staff access for coupling and uncoupling)	☐	☐	-	
3.5.1.5	ทางผ่าน (Gangways)	☐	☐	-	
3.5.1.6	ความแข็งแรงของโครงสร้างยานพาหนะ (Strength of vehicle structure)	☐	☐	-	
3.5.1.7	การป้องกันภายในตัวรถ (Passive safety)	☐	☐	-	
3.5.1.8	การยกและแม่แรง (Lifting and jacking)	☐	☐	-	
3.5.1.9	การซ่อมแซมของอุปกรณ์สู่โครงสร้างตัวรถ (Fixing of devices to car body structure)	☐	-	-	
3.5.1.10	ประตูทางเข้าของพนักงานและสินค้า (Staff and freight access doors)	☐	☐	-	
3.5.1.11	ลักษณะทางกลของกระจก (Mechanical characteristics of glass)	☐	-	-	
3.5.1.12	เงื่อนไขด้านน้ำหนักและมวลถ่วงน้ำหนัก (Load conditions and weighted mass)	☐	☐	☐	EN 14363:2005 มาตรา 4.5
3.5.1.13	ความกว้างของทาง (Gauge)	☐	-	-	ใช้ kinematic method ใน EN 15273- 2:2009 มาตรา B.3
3.5.1.15	น้ำหนักกดล้อ (Wheel load)	☐	☐	-	EN 14363:2005 มาตรา 4.5

3.5.1.16	ตัวแปรล้อเลื่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณ (Rolling stock parameters which influence CCS subsystem)	☐	☐	☐	
3.5.1.17	การตรวจสอบสภาพความทนทานของเพลลา (Axle bearing condition monitoring)	☐	☐	-	
3.5.1.18	ความปลอดภัยจากการตกรางเมื่อวิ่งบนทางที่มีการบิด (Safety against derailment running on twisted track)	☐	☐	-	
3.5.1.19	พฤติกรรมเคลื่อนที่ขณะวิ่ง (Running dynamic behaviour)	☐	☐	-	
3.5.1.20	ค่าจำกัดสำหรับความปลอดภัยในการเดินรถ (Limit values for running safety)	☐	☐	-	
3.5.1.21	ค่าจำกัดของน้ำหนักทาง (Track loading limit values)	☐	☐	-	
3.5.1.22	รูปทรงกรวยของล้อรถไฟ (Equivalent conicity)	☐	-	-	
3.5.1.23	ค่าการออกแบบสำหรับรูปทรงของล้อ (Design values for new wheel profiles)	☐	-	-	
3.5.1.25	การออกแบบโครงสร้างของ bogie frame (Structural design of bogie frame)	☐	☐	-	
3.5.1.26	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของชุดล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheelsets)	☐	☐	☐	
3.5.1.27	ลักษณะทางกลและเรขาคณิตของล้อ (Mechanical and geometrical characteristics of wheels)	☐	☐	☐	
3.5.1.29	รัศมีความโค้งต่ำสุด (Minimum curve radius)	☐	-	-	
3.5.1.30	อุปกรณ์รักษาชีวิต (Life guards)	☐	-	-	
3.5.1.31	การทำงานหลัก (Functional	☐	☐	-	

	requirements)				
3.5.1.32	ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety requirements)	☐	-	-	
3.5.1.33	ชนิดของระบบเบรก (Type of brake system)	☐	☐	-	
3.5.1.34	คำสั่งการเบรกฉุกเฉิน (Emergency braking command)	☐	☐	☐	
3.5.1.35	คำสั่งการเบรกบริการ (Service braking command)	☐	☐	☐	
3.5.1.36	คำสั่งการเบรกโดยตรง (Direct braking command)	☐	☐	☐	
3.5.1.37	คำสั่งการเบรกขณะเคลื่อนที่ (Dynamic braking command)	☐	☐	-	
3.5.1.38	คำสั่งการเบรกเพื่อจอดรถ (Parking braking command)	☐	☐	☐	
3.5.1.39	ความต้องการทั่วไปสำหรับประสิทธิภาพการเบรก (General requirements-braking performance)	☐	-	-	
3.5.1.40	การเบรกกรณีฉุกเฉิน (Emergency braking)	☐	☐	☐	EN 14531-1:2005 มาตรา 5.11.3
3.5.1.41	การเบรกบริการ (Service braking)	☐	☐	☐	EN 14531-1:2005 มาตรา 5.11.3
3.5.1.42	การคำนวณที่สัมพันธ์กับความจุอุณหภูมิจาน (Calculations related to thermal capacity)	☐	-	-	
3.5.1.43	เบรกจอดรถ (Parking brake)	☐	-	-	
3.5.1.44	ขีดจำกัดการยึดเกาะของล้อรถไฟ (Limit of wheel rail adhesion profile)	☐	-	-	
3.5.1.45	ระบบป้องกันการไถลของล้อ (Wheel slide protection system)	☐	☐	☐	EN 15595:2009 มาตรา 6.4 และต้องเป็นชนิด pneumatic
3.5.1.47	เบรกทางแม่เหล็ก (Magnetic track brake)	☐	☐	-	
3.5.1.49	สภาพเบรกและการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Brake state and fault indication)	☐	☐	-	

3.5.1.50	ความต้องการเบรกสำหรับการช่วยชีวิต (Brake requirements for rescue purposes)	☐	☐	-	
3.5.1.51	ระบบสุขอนามัย (Sanitary systems)	☐	-	-	
3.5.1.52	ระบบที่อยู่สาธารณะ:ระบบติดต่อสื่อสารทางเสียง (Public address system: audible communication system)	☐	☐	☐	
3.5.1.53	การแจ้งเตือนผู้โดยสาร:ความต้องการด้านการทำงาน (Passenger alarm: functional requirements)	☐	☐	☐	
3.5.1.54	ขั้นตอนความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร ----สัญลักษณ์ (Safety instructions to passengers — Signs)	☐	-	-	
3.5.1.55	อุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้โดยสาร (Communication devices for passengers)	☐	☐	☐	
3.5.1.56	ประตูภายนอก:ผู้โดยสารที่เข้าและออกจากขบวนรถ (Exterior doors: access to and egress from rolling stock)	☐	☐	☐	
3.5.1.57	การก่อสร้างระบบประตูภายนอก (Door system construction)	☐	-	-	
3.5.1.58	ประตูระหว่างตู้ (Inter-unit doors)	☐	☐	-	
3.5.1.59	คุณภาพอากาศภายใน (Internal air quality)	☐	-	-	
3.5.1.60	หน้าต่างด้านข้างตัวรถ (Body side windows)	☐	-	-	
3.5.1.61	ระดับความสูง (Altitude)	☐	-	-	
3.5.1.62	อุณหภูมิ (Temperature)	☐	-	-	
3.5.1.63	ความชื้น (Humidity)	☐	-	-	
3.5.1.64	ฝน (Rain)	☐	-	-	
3.5.1.65	หิมะ น้ำแข็ง และลูกเห็บ (Snow, ice and hail)	☐	-	-	
3.5.1.66	รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation)	☐	-	-	

3.5.1.67	การต้านทานต่อมลพิษ (Resistance to pollution)	☐	-	-	
3.5.1.69	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อผู้โดยสารบนชานชาลา (Slipstream effects on passengers on platform)	☐	☐	-	EN 14067- 4:2005/A1:2009 มาตรา 7.5.2
3.5.1.70	ผลกระทบจากการไหลของลมต่อคนงานที่อยู่ข้างทาง (Slipstream effects on workers at the track side)	☐	☐	-	EN 14067- 4:2005/A1:2009 มาตรา 8.5.2
3.5.1.71	การสั่นกดของหัวรถจักร (Head pressure pulse)	☐	☐	-	- Full scale tests: EN 14067- 4:2005/A1:2009 มาตรา 5.5.2 - CFD simulations: EN 14067- 4:2005/A1:2009 มาตรา 5.3 - Moving model tests: EN 14067- 4:2005/A1:2009 มาตรา 5.4.3
3.5.1.74	ไฟหน้า (Head lights)	☐	☐	-	- สี: EN 15153- 1:2007 มาตรา 6.1 - ความเข้ม: EN 15153-1:2007 มาตรา 6.2
3.5.1.75	ไฟบอกจุดตำแหน่ง (Marker lights)	☐	☐	-	- สี: EN 15153- 1:2007 มาตรา 6.1 - ความเข้ม: EN 15153-1:2007 มาตรา 6.2
3.5.1.76	ไฟท้าย (Tail lights)	☐	☐	-	- สี: EN 15153- 1:2007 มาตรา 6.1 - ความเข้ม: EN 15153-1:2007 มาตรา 6.2
3.5.1.77	การควบคุมโคมไฟ (Lamp controls)	☐	☐	-	
3.5.1.78	แตร (Horn)	☐	☐	-	
3.5.1.79	ระดับความเข้มเสียงแตรสำหรับเตือน (Warning horn sound pressure levels)	☐	☐	-	EN 15153- 2:2007 มาตรา 5

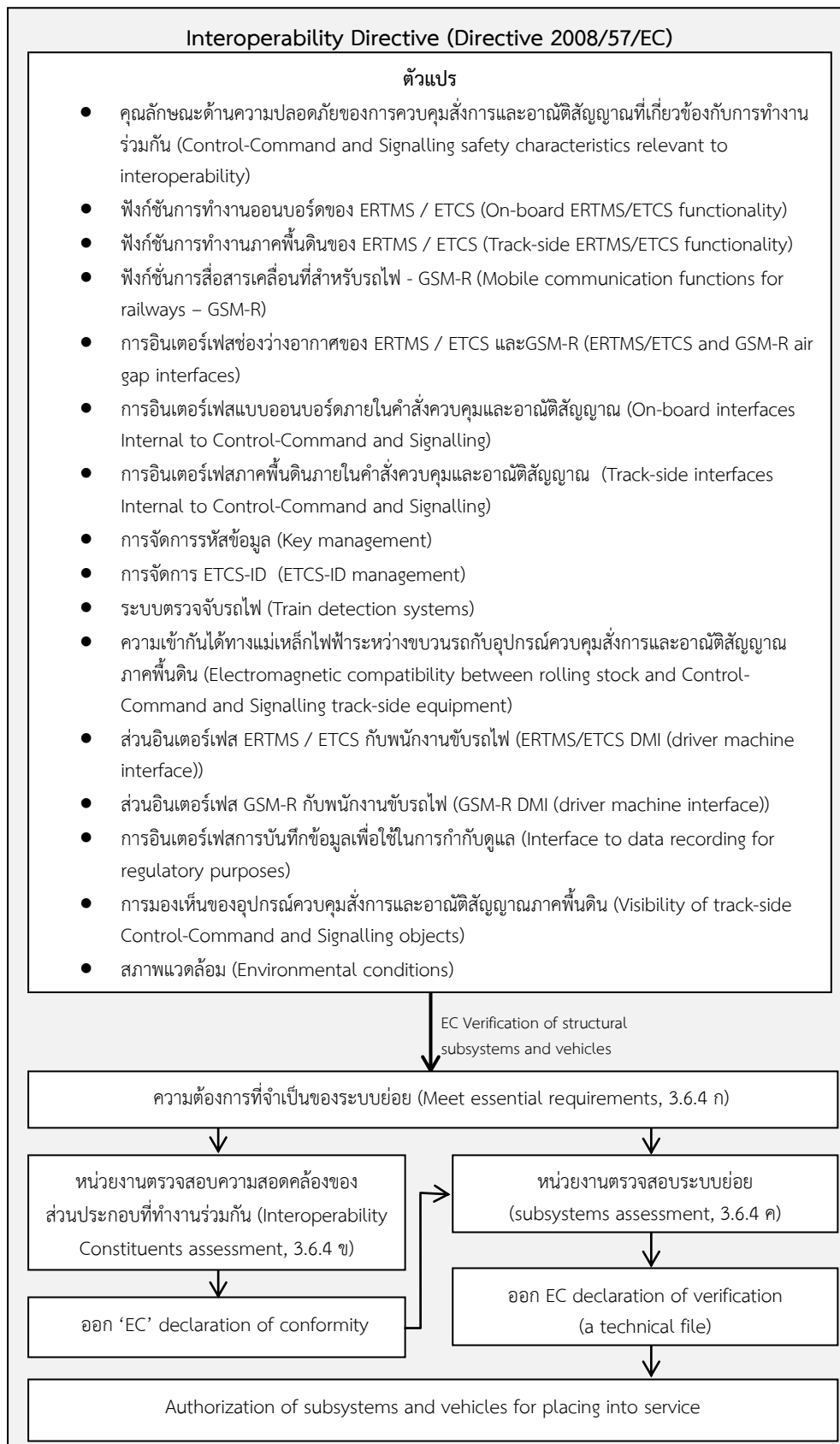
3.5.1.80	การป้องกัน (Protection)	☐	-	-	
3.5.1.81	การควบคุมแตร (Horn control)	☐	☐	-	
3.5.1.82	ความต้องการด้านสมรรถนะการลากจูง (Requirements on performance)	☐	-	-	
3.5.1.83	แหล่งจ่ายพลังงาน (Power supply)	☐	-	-	
3.5.1.84	การดำเนินการภายในช่วงของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ (Operation within range of voltages and frequencies)	☐	☐	-	
3.5.1.85	การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนสู่สายป้อนเหนือราง (Regenerative brake with energy to the overhead contact line)	☐	☐	-	
3.5.1.86	พลังงานสูงสุดและกระแสไฟฟ้าจากสายป้อนเหนือราง (Maximum power and current from the overhead contact line)	☐	☐	-	EN 50388:2005 มาตรา 14.3
3.5.1.87	กระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะรถอยู่นิ่ง (Maximum current at standstill for DC systems)	☐	☐	-	
3.5.1.88	เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)	☐	☐	-	EN 50388:2005 มาตรา 14.2
3.5.1.89	การรบกวนพลังงานของระบบจากไฟฟ้ากระแสสลับ (System energy disturbances)	☐	☐	-	
3.5.1.90	การวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption measuring function)	☐	☐	-	
3.5.1.91	ความต้องการเชื่อมต่อกับสายลี้ (Requirements linked to pantograph)	☐	☐	-	EN 50317:2002
3.5.1.91	สายลี้ (Pantograph)	☐	☐	☐	- แรงสัมผัส: EN 50367:2006 มาตรา 7.1 และ 50206-1:2010 มาตรา 6.3.1 - อุณหภูมิ: EN

					50119:2009 มาตรา 5.1.2 - ไดนามิกส์: EN50318:2002
3.5.1.92	แถบสัมผัส (Contact strips)	☐	☐	☐	EN 50405:2006 มาตรา 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.6 และ 5.2.7
3.5.1.99	การป้องกันระบบไฟฟ้า (Electrical protection of the train)	☐	☐	-	
3.5.1.101	การป้องกันระบบไฟฟ้าที่เป็น อันตราย (Protection against electrical hazards)	☐	☐	-	
3.5.1.102	ห้องคนขับ (Driver's cab)	☐	-	-	
3.5.1.103	การเข้าและการออกภายนอก ขณะใช้งาน (Access and egress in operating conditions)	☐	-	-	
3.5.1.104	ทางออกฉุกเฉิน (emergency exit)	☐	-	-	
3.5.1.105	การมองด้านหน้า (Front visibility)	☐	-	-	
3.5.1.106	ด้านหลังและด้านข้าง (Rear and side view)	☐	-	-	
3.5.1.107	รูปแบบภายใน (Interior layout)	☐	-	-	
3.5.1.108	ที่นั่งพนักงานขับ (Driver's seat)	☐	-	-	
3.5.1.109	โต๊ะทำงานพนักงานขับรถ (Driver's desk — Ergonomics)	☐	-	-	
3.5.1.110	การควบคุมอุณหภูมิและ คุณภาพของอากาศ (Climate control and air quality)	☐	☐	-	
3.5.1.111	แสงภายใน (Internal lighting)	☐	☐	-	
3.5.1.112	กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะ ทางกล (Windscreen — Mechanical characteristics)	☐	☐	-	EN 15152:2007 มาตรา 6.2.1 ถึง 6.2.7
3.5.1.113	กระจกหน้ารถ – คุณลักษณะ ทางแสง (Windscreen — Optical characteristics)	☐	☐	-	EN 15152:2007 มาตรา 6.2.1 ถึง 6.2.7

3.5.1.114	กระจกหน้ารถ – อุปกรณ์ (Windscreen — Equipment)	☐	☐	-	
3.5.1.115	การควบคุมการทำงานของคนขับ (Driver's activity control function)	☐	☐	☐	
3.5.1.117	หน้าจอแสดงผลการขับรถ (Driver display unit and screens)	☐	☐	-	
3.5.1.118	การควบคุมและตัวชี้วัด (Controls and indicators)	☐	☐	-	
3.5.1.119	การติดฉลาก (Labelling)	☐	-	-	
3.5.1.120	การควบคุมระยะไกลจากพื้นดิน (Remote control function)	☐	☐	-	
3.5.1.121	เครื่องมือและอุปกรณ์บนรถ (Onboard tools and portable equipment)	☐	-	-	
3.5.1.122	บริเวณจัดเก็บอุปกรณ์ส่วนตัวของพนักงาน (Storage facility for staff personal effects)	☐	-	-	
3.5.1.124	การจำแนกประเภทการป้องกันไฟและการอพยพ (categorization)	☐	-	-	
3.5.1.125	ความต้องการวัสดุ (Material requirements)	☐	☐	-	
3.5.1.126	มาตรการสำหรับของเหลวที่ติดไฟได้ง่าย (Specific measures for flammable liquids)	☐	☐	-	
3.5.1.127	การอพยพผู้โดยสาร (Passenger evacuation)	☐	-	-	
3.5.1.128	กำแพงป้องกันไฟ (Fire barriers)	☐	☐	-	
3.5.1.129	การทำความสะอาดกระจกหน้ารถไฟห้องคนขับ (Cleaning of driver's cab windscreen)	☐	☐	-	
3.5.1.131	ระบบการปล่อยน้ำ (Toilet discharge system)	☐	-	-	
3.5.1.132	อุปกรณ์เติมน้ำ (Water refilling equipment)	☐	-	-	
3.5.1.133	ข้อกำหนดพิเศษสำหรับการทรงตัว (Special requirements for stabling of trains)	☐	☐	-	
3.5.1.135	ข้อมูลทั่วไปด้านเอกสาร	☐	-	-	

	(General documentation)				
3.5.1.136	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา (Document related to maintenance)	☐	-	-	
3.5.1.137	เอกสารปฏิบัติการ (Operating documentation)	☐	-	-	
3.5.1.138	แผนภาพการยกและคำแนะนำ (Lifting diagram and instructions)	☐	-	-	
3.5.1.139	รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือ (Rescue related descriptions)	☐	-	-	

การจัดการด้านความสอดคล้องระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ



1) ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (16 หัวข้อ)

ความต้องการที่จำเป็นของตัวแปรพื้นฐาน 5 ด้าน		ผ่าน
ด้านความปลอดภัย (safety)	ปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	☐
ด้านความน่าเชื่อถือและความพร้อม (Reliability and availability)	ปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	☐
ด้านการไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (Health)	วัสดุที่ใช้และการออกแบบระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณจะไม่เป็นอันตรายสุขภาพของคนที่ใช้งาน	☐
ด้านการปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)	อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ถ้ามีการให้ความร้อนมากเกินไป จะต้องไม่เกินขีดจำกัดสำหรับปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	☐
	อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ต้องไม่ประกอบด้วยสารที่อาจปนเปื้อนเกินระดับปกติต่อสิ่งแวดล้อมในระหว่างการใช้ปกติ	☐
	อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของสหภาพยุโรปเพื่อบังคับควบคุมขีดจำกัดการแพร่กระจายและความทนทานต่อสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าตามอาณัติบริเวณรถไฟ	☐
	อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ จะต้องสอดคล้องกับกฎระเบียบที่มีอยู่ในมลภาวะทางเสียง	☐
	อุปกรณ์คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ จะต้องไม่เพิ่มระดับการสั่นสะเทือนซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของโครงสร้างพื้นฐาน	☐
ด้านความเข้ากันได้ทางเทคนิค (Technical compatibility)	มีการกำหนดความต้องการด้านวิศวกรรมทั่วไปสำหรับการทำงานร่วมกัน ได้แก่เงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อม ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) ภายในขอบเขตรถไฟ และการติดตั้ง	☐
	มีวิธีการประยุกต์ใช้ระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณในทางเทคนิค และฟังก์ชันที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกัน	☐
	มีการดำเนินการใช้งานระบบย่อยคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกัน	☐

2) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

หัวข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ข้อมูลสนับสนุน
Functions, interfaces and performances	☐ ตรวจสอบการใช้งานและความสอดคล้องกับมาตรฐานการทำงานร่วมกันได้ของฟังก์ชัน อินเทอร์เฟซ และประสิทธิภาพของตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	ออกแบบเอกสาร รวมถึงกรณีและสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบและทดสอบ ที่อธิบายในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3
	☐ ตรวจสอบการใช้งานและความสอดคล้องกับมาตรฐานการทำงานร่วมกันได้ของฟังก์ชันและอินเทอร์เฟซเฉพาะที่เป็น	ออกแบบเอกสาร รวมถึงกรณีและสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบและทดสอบ ที่อธิบายในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3

	ตัวเลือกที่อธิบายในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	
	☐ ตรวจสอบการใช้งานของฟังก์ชันและอินเทอร์เน็ตเพิ่มเติมที่ไม่ได้อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	การวิเคราะห์ผลกระทบ
Environment	☐ ตรวจสอบความสอดคล้องกับสถานะแวดล้อมที่บังคับที่กำหนดในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3	ทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3
	☐ ตรวจสอบเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันได้ทำงานอย่างถูกต้องในสถานะแวดล้อมที่บังคับ	ทดสอบตามข้อกำหนดเฉพาะของผู้ยื่นขอรับการประเมิน
Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)	☐ ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในตัวแปรพื้นฐานอ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3 เช่น 1. อ้างอิงกับปริมาณ Tolerable Hazard Rate (THR) เนื่องจากความผิดพลาดแบบสุ่ม 2. กระบวนการพัฒนาจะสามารถตรวจจับและกำจัดความล้มเหลวของระบบ	1. คำนวณ THR ที่เกิดจากการสุ่มความผิดพลาด ตามแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ 2.1 คุณภาพและการบริหารความปลอดภัยตลอดทั้งการออกแบบ ผลิต และทดสอบต้องสอดคล้องตามมาตรฐานที่ยอมรับ 2.2 วัฏจักรการพัฒนาซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และการประกอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต้องสอดคล้องตามมาตรฐานที่ยอมรับ 2.3 กระบวนการพิสูจน์ยืนยันด้านความปลอดภัยและตรวจสอบต้องสอดคล้องตามมาตรฐานที่ยอมรับ และตามความต้องการด้านความปลอดภัยที่อธิบายในตัวแปรพื้นฐานที่อ้างอิงในตารางหัวข้อ 3.6.3 2.4 ความต้องการด้านความปลอดภัยในการทำงาน และเทคนิค (ผลกระทบจากข้อบกพร่องและจากอิทธิพลภายนอก) มีการพิสูจน์ยืนยันตามมาตรฐานที่ยอมรับ
	☐ ตรวจสอบว่าเป็นไปตามเป้าหมายเชิงปริมาณของความน่าเชื่อถือ	คำนวณ
	☐ ตรวจสอบความสอดคล้องกับความต้องการบำรุงรักษา	ตรวจสอบเอกสาร

3) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

การประเมินเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ด

หัวข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ข้อมูลสนับสนุน
Use of	☐ ตรวจสอบส่วนประกอบที่จะใช้เพื่อ	เนื้อหาที่ระบุในเอกสาร

interoperability constituents	ทำงานร่วมกันในระบบย่อยว่ามีการรับรองโดย 'EC' Declaration of conformity และใบรับรอง certificate	
	☐ ตรวจสอบข้อจำกัดการใช้ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันตามลักษณะของระบบย่อยและสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์จากการตรวจสอบเอกสาร
	☐ ตรวจสอบการรับรองของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันที่อาจเปลี่ยนไปหากเวอร์ชันของ TSI CCS มีการเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ผลกระทบโดยการตรวจสอบเอกสาร
Integration of interoperability constituents in the subsystem	☐ ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งและการทำงานของอินเทอร์เฟซของระบบย่อยในหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซแบบออนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6)	ตรวจสอบตามที่ระบุ
	☐ ตรวจสอบเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันที่ไม่ได้ระบุใน TSI นี้ว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น	การวิเคราะห์ผลกระทบ
	☐ ตรวจสอบว่าค่าของ ETCS ID อยู่ในช่วงที่อนุญาต ตามหัวข้อ “การจัดการ ETCS-ID” (3.6.1.9)	ตรวจสอบรายละเอียดการออกแบบ
Integration with rolling stock	☐ ตรวจสอบความถูกต้องและเงื่อนไขในการติดตั้งของอุปกรณ์ในหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานของออนบอร์ดของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.2) “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4) และ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.14)	ผลการตรวจสอบ (ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงในตัวแปรพื้นฐานและขั้นตอนการติดตั้งของผู้ผลิต)
	☐ ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ดสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมของขบวนรถไฟ	ตรวจสอบเอกสาร (ใบประกาศของส่วนประกอบ และวิธีการประกอบกับขบวนรถไฟ)
	☐ ตรวจสอบว่าตัวแปรตั้งไว้ถูกต้องและอยู่ในช่วงที่อนุญาต	ตรวจสอบเอกสาร (ค่าของตัวแปร)
Integration with Class B	☐ ตรวจสอบว่า STM ภายนอกเชื่อมต่อกับ ERTMS/ETCS ออนบอร์ด	ไม่มีการทดสอบ: มีอินเทอร์เฟซมาตรฐานแบบทดสอบแล้วในหัวข้อส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน ส่วนฟังก์ชันการทำงานได้รับการทดสอบแล้วเมื่อตรวจสอบเรื่อง Integration of interoperability constituents in the subsystem
	☐ ตรวจสอบว่าฟังก์ชันคลาส B ที่นำมาใช้ใน ERTMS/ETCS ออนบอร์ด หัวข้อ “การอินเทอร์เฟซแบบออนบอร์ดภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6ก) จะไม่สร้างข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับระบบย่อย	ไม่มีการทดสอบ: มีการทดสอบแล้วในหัวข้อส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

	ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง	
	☐ ตรวจสอบว่าการแยกอุปกรณ์คลาส B ที่ไม่ได้เชื่อมต่อ ERTMS/ETCS ออนไลน์หัวข้อ “การอินเทอร์เฟซแบบออนไลน์ภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6ก) จะไม่สร้างข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการทดสอบ: ไม่มีการอินเตอร์เฟซ
	☐ ตรวจสอบว่าการแยกอุปกรณ์คลาส B ที่เชื่อมต่ออยู่กับ ERTMS/ETCS ออนไลน์หัวข้อ “การอินเทอร์เฟซแบบออนไลน์ภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.6ก) จะไม่สร้างข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบภาคพื้นดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ผลกระทบ
Integration with Control-Command and Signalling Track-side Subsystems	☐ ตรวจสอบว่า Eurobalise telegrams สามารถอ่านได้ (ขอบเขตของการทดสอบนี้ถูกจำกัดเพื่อตรวจสอบว่าเสาอากาศได้ติดตั้งอย่างเหมาะสม การทดสอบที่ทำแล้วในหัวข้อส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันจะไม่ทำซ้ำ) ตามหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	ทดสอบด้วยการใช้ Eurobalise ที่ได้รับการรับรอง: ความสามารถในการอ่าน telegram ที่ถูกต้องใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน
	☐ ตรวจสอบว่า Euroloop telegrams สามารถอ่านได้ ตามหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	ทดสอบด้วยการใช้ Euroloop ที่ได้รับการรับรอง: ความสามารถในการอ่าน telegram ที่ถูกต้องใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน
	☐ ตรวจสอบว่าอุปกรณ์สามารถรองรับการเรียกเข้าของ GSM-R สำหรับเสียงและข้อมูล ตามหัวข้อ “การอินเทอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	ทดสอบด้วยเครือข่าย GSM-R ที่ได้รับการรับรอง ความสามารถในการติดตั้ง บำรุงรักษา และการยกเลิกการเชื่อมต่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน
Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)	☐ ตรวจสอบว่า อุปกรณ์สอดคล้องกับความต้องการความปลอดภัย ตามหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	แอปพลิเคชันของขั้นตอนที่ระบุไว้ในวิธีปลอดภัย
	☐ ตรวจสอบว่า ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณเป็นไปตามเป้าหมาย	คำนวณ

	☐ ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการบำรุงรักษา	ตรวจสอบเอกสาร
Integration with Control-Command and Signalling Track-side Subsystems and other subsystems: tests under operational conditions	☐ ทดสอบพฤติกรรมของระบบย่อยภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานต่างๆ ตามความสมเหตุสมผล (เช่น ระดับความชันทางความเร็วรถไฟ การสั่นสะเทือน การลากจูง สภาพอากาศ การออกแบบฟังก์ชันควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณ) การทดสอบต้องสามารถตรวจสอบว่า - ฟังก์ชัน odometry ทำงานอย่างถูกต้องตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานออนบอร์ดของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.2) - ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณแบบออนบอร์ดเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อมของขบวนรถไฟ ตามหัวข้อ “สภาพแวดล้อม” (3.6.1.16) การทดสอบเหล่านี้ต้องเพิ่มความมั่นใจว่าจะไม่มีความล้มเหลวของระบบ ขอบเขตของการทดสอบเหล่านี้ไม่รวมการทดสอบที่ทำแล้วในขั้นตอนก่อนหน้านี้: ดำเนินการทดสอบบนส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน และการทดสอบที่ดำเนินการบนระบบย่อยในสภาพแวดล้อมเลียนแบบจะต้องนำมาพิจารณา การทดสอบภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานไม่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์เสียง GSM-R ออนบอร์ด	รายงานการทดสอบ หมายเหตุ: ระบุในใบรับรองถึงเงื่อนไขที่ได้รับ การทดสอบ มาตรฐานที่ได้ถูกนำไปใช้ และเกณฑ์การพิจารณาการทดสอบที่สิ้นสุด

การประเมินเพื่อยืนยันการทำงานร่วมกันได้ของระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน

หัวข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ข้อมูลสนับสนุน
Use of interoperability constituents	☐ ตรวจสอบส่วนประกอบที่จะใช้เพื่อทำงานร่วมกันในระบบย่อยว่ามีการรับรองโดย ‘EC’ Declaration of conformity และใบรับรอง certificate	เนื้อหาที่ระบุในเอกสาร
	☐ ตรวจสอบข้อกำหนดการใช้ส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันตามลักษณะของระบบย่อยและสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์จากการตรวจสอบเอกสาร
	☐ ตรวจสอบการรับรองของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันที่อาจเปลี่ยนไปหากเวอร์ชันของ TSI CCS มีการเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ผลกระทบโดยการเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะที่อ้างอิงใน TSI และใบรับรองการทำงานร่วมกันของส่วนประกอบ

Use of train detection systems	☐ ตรวจสอบว่า ชนิดที่เลือกสอดคล้องกับข้อกำหนด TSI คำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจับรถไฟ” (3.6.1.10) และ “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน” (3.6.1.11)	การตรวจสอบเอกสาร
Integration of interoperability constituents in the subsystem	☐ ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งและการทำงานของอินเตอร์เฟซของระบบย่อยในหัวข้อ “การอินเตอร์เฟซช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5) และ “การอินเตอร์เฟซภาคพื้นดินภายในคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณ” (3.6.1.7)	ตรวจสอบตามที่ระบุ
	☐ ตรวจสอบเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันที่ไม่ได้ระบุใน TSI นี้ว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น	การวิเคราะห์ผลกระทบ
	☐ ตรวจสอบว่าค่าของ ETCS ID อยู่ในช่วงที่อนุญาต ตามหัวข้อ “การจัดการ ETCS-ID” (3.6.1.9)	ตรวจสอบรายละเอียดการออกแบบ
Integration with infrastructure	☐ ตรวจสอบความถูกต้องและเงื่อนไขในการติดตั้งของอุปกรณ์ ในหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.3) และ “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4)	ผลการตรวจสอบ (ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงในตัวแปรพื้นฐานและขั้นตอนการติดตั้งของผู้ผลิต)
	☐ ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมของภาคพื้นดินข้างราง	ตรวจสอบเอกสาร (ใบประกาศของส่วนประกอบ และวิธีการประกอบกับภาคพื้นดิน)
Integration with track- side signalling	☐ ตรวจสอบว่า ฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นโดยแอปพลิเคชันได้มีการใช้ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.3)	ตรวจสอบเอกสาร (รายละเอียดการออกแบบและใบรับรองการทำงานร่วมกันของส่วนประกอบ)
	☐ ตรวจสอบการกำหนดค่าที่ถูกต้องของตัวแปร (Eurobalise telegrams, ข้อความ RBC ตำแหน่งบอร์ดเครื่องหมาย ฯลฯ)	ตรวจสอบเอกสาร (ค่าที่ของตัวแปรตามข้อกำหนดคุณลักษณะของภาคพื้นดินและอาณัติสัญญาณ)
	☐ ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งและการทำงานของอินเตอร์เฟซ	ตรวจสอบการออกแบบและทดสอบตามข้อมูลที่ได้จากผู้ยื่นขอ
	☐ ตรวจสอบว่า ระบบย่อยของคำสั่งควบคุมและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินดำเนินการอย่างถูกต้องตามข้อมูลในการอินเตอร์เฟซกับอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน (เช่นการกำเนิด Eurobalise telegrams ที่	ตรวจสอบการออกแบบและทดสอบตามข้อมูลที่ได้จากผู้ยื่นขอ

	เหมาะสมโดย LEU หรือข้อความโดย RBC)	
Integration with Control-Command and Signalling On-board Subsystems and with rolling stock	☐ ตรวจสอบระยะครอบคลุม GSM-R ตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4)	การทดสอบในสถานที่จริง
	☐ ตรวจสอบความสอดคล้องกับระบบตรวจรถไฟกับข้อกำหนดใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจับรถไฟ” (3.6.1.10)	การทดสอบในสถานที่จริง
	☐ ตรวจสอบความสอดคล้องกับระบบตรวจรถไฟกับข้อกำหนดใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจับรถไฟ” (3.6.1.10) และ “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน” (3.6.1.11)	ตรวจสอบหลักฐานจากการติดตั้งที่มีอยู่ (สำหรับระบบที่มีการใช้อยู่) ทำการทดสอบตามมาตรฐานสำหรับระบบใหม่
	☐ ตรวจสอบว่า ฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นโดยแอปพลิเคชันได้มีการใช้ตามข้อกำหนดที่อ้างอิงใน TSI นี้ ตามหัวข้อ “ฟังก์ชันการทำงานภาคพื้นดินของ ERTMS/ETCS” (3.6.1.3) “ฟังก์ชันการสื่อสารเคลื่อนที่สำหรับรถไฟ - GSM-R” (3.6.1.4) และ “การอินเตอร์เฟสช่องว่างอากาศของ ERTMS/ETCS และ GSM-R” (3.6.1.5)	รายงานการทดสอบของการดำเนินงานตามสถานการณ์ด้วยระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณต่างๆ รายงานจะระบุถึงสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบ อุปกรณ์ออนบอร์ดที่ใช้ และสถานที่ทดสอบ (ในห้องปฏิบัติการ หรือสถานที่จริง)
Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)	☐ ตรวจสอบว่า อุปกรณ์สอดคล้องกับความต้องการความปลอดภัย ตามหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	แอปพลิเคชันของขั้นตอนที่ระบุไว้ในวิธีปลอดภัย
	☐ ตรวจสอบว่า ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณเป็นไปตามเป้าหมาย ตามหัวข้อ “คุณลักษณะด้านความปลอดภัยของการควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน” (3.6.1.1)	คำนวณ
	☐ ตรวจสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการบำรุงรักษา	ตรวจสอบเอกสาร
Integration with Control-Command and Signalling On-board Subsystems and rolling stock: tests under operational conditions	☐ ทดสอบพฤติกรรมของระบบย่อยภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานต่างๆ ตามความเหมาะสมผล (เช่น ความเร็วรถไฟ จำนวนขบวนรถไฟบนเส้นทาง สภาพอากาศ) การทดสอบต้องสามารถตรวจสอบว่า 1. ประสิทธิภาพระบบตรวจจับรถไฟ ตามหัวข้อ “ระบบตรวจจับรถไฟ” (3.6.1.10) และ “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขบวนรถกับอุปกรณ์ควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดิน” (3.6.1.11))	รายงานการทดสอบ หมายเหตุ: ระบุในใบรับรองถึงเงื่อนไขที่ได้รับ การทดสอบ มาตรฐานที่ได้ถูกนำไปใช้ และเกณฑ์การพิจารณาการทดสอบที่สิ้นสุด

	2. ระบบย่อยควบคุมสั่งการและอาณัติสัญญาณภาคพื้นดินเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อมภาคพื้นดินตามแนวนาง ตามหัวข้อ “สภาพแวดล้อม” (3.6.1.16) การทดสอบเหล่านี้ต้องเพิ่มความมั่นใจว่าจะไม่มีความล้มเหลวของระบบ ขอบเขตของการทดสอบเหล่านี้ไม่รวมการทดสอบที่ทำแล้วในขั้นตอนก่อนหน้านี้: ดำเนินการทดสอบบนส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน และการทดสอบที่ดำเนินการบนระบบย่อยในสภาพแวดล้อมเลียนแบบจะต้องนำมาพิจารณา	
--	--	--

บันทึก

ภาคผนวก ข

ผลจากการประเมินเบื้องต้นของระบบย่อยโครงสร้างพื้นฐานจากผู้ใช้ประโยชน์

(ฝ่ายการช่างโยธา การรถไฟแห่งประเทศไทย)

1) ตรวจสอบความต้องการที่จำเป็นของระบบย่อย (36 หัวข้อ)

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐาน ของระบบย่อย INF	ปัจจัยที่ใช้ประเมิน				
		ความปลอดภัย	ความ น่าเชื่อถือ	ไม่ส่งผล กระทบต่อ สุขภาพ	การปกป้อง สิ่งแวดล้อม	ความเข้ากัน ได้ทาง เทคนิค
3.3.1.1	เขตโครงสร้าง Structure gauge	☑3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.2	ระยะทางระหว่าง กึ่งกลางทางรถไฟ Distance between track centres	☑3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.3	ความลาดชันทางรถไฟ สูงสุด Maximum gradients	☑3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.4	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้ง แนวนอน Minimum radius of horizontal curve	-	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.5	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้ง มุมตั้ง Minimum radius of vertical curve	-	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.6	ค่าประกาศขนาดความ กว้างรางรถไฟ Nominal track gauge	-	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.7	การยกโค้ง Cant	☑3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.8	อัตราการเปลี่ยนแปลง ของการยกโค้ง Rate of change of cant	-	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.9	ส่วนพร่องของการยก โค้ง Cant deficiency	☑3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.10	รูปทรงของล้อรถไฟ Equivalent conicity	☑3.2.4.1.1 ก ☑3.2.4.1.1 ข	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.11	รูปทรงหัวรางรถไฟ ทั่วไป Railhead profile for plain line	☑3.2.4.1.1 ก ☑3.2.4.1.1 ข	-	-	-	☑3.2.4.1.5
3.3.1.12	ความเอียงทางรถไฟ	☑3.2.4.1.1 ก	-	-	-	☑3.2.4.1.5

	Rail inclination	☒ 3.2.4.1.1 ข				
3.3.1.13.1	วิธีการยึดประแจ Means of locking	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	-
3.3.1.13.2	รูปทรงของประแจ In-service geometry of switches and crossings	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข	☒ 3.2.4.1.2	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.13.3	ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings Maximum unguided length of fixed obtuse crossings	☐ 3.2.4.1.1 ก ☐ 3.2.4.1.1 ข	-	-	-	☐ 3.2.4.1.5
3.3.1.14.1	ความต้านทานทาง รถไฟต่อแรงในแนวตั้ง Track resistance to vertical loads	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.14.2	ความต้านทานตามยาว ทางรถไฟ Longitudinal track resistance	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.14.3	ความต้านทานด้านข้าง ทางรถไฟ Lateral track resistance	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.15.1	ความต้านทานของ สะพานใหม่ Resistance of new bridges to traffic loads	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.15.2	โหลดแนวตั้งเทียบเท่า กับกำแพงดินใหม่และ ผลกระทบแรงดันดิน Equivalent vertical loading for new earthworks and earth pressure effects	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.15.3	ความต้านทานของ โครงสร้างใหม่ที่อยู่ คร่อมหรืออยู่ใกล้กับ รางรถไฟ Resistance of new	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5

	structures over or adjacent to tracks					
3.3.1.15.4	ความต้านทานของสะพานและกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ค	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.1	การพิจารณาขอบเขตการดำเนินการได้ทันที การแทรกแซง และการแจ้งเตือน Determination of immediate action, intervention, and alert limits	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข	☒ 3.2.4.1.2	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.2	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิดรูปราง Immediate action limit for track twist	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข	☒ 3.2.4.1.2	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.3	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ Immediate action limit for variation of track gauge	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ข	☒ 3.2.4.1.2	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.16.4	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการยกโค้ง Immediate action limit for cant	☒ 3.2.4.1.1 ก	☒ 3.2.4.1.2	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.17.1	ความยาวใช้งานของชานชาลา Usable length of platforms	-	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.17.2	ความกว้างและขอบของชานชาลา Width and edge of platforms	☒ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-
3.3.1.17.3	จุดสิ้นสุดของชานชาลา	☒ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-

	End of platforms					
3.3.1.17.4	ความสูงของชานชาลา Height of platforms	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.2.1	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.17.5	ระยะขจัดเซยของชาน ชาลา Offset of platforms	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.2.1	-	-	-	☒ 3.2.4.1.5
3.3.1.18.1	การเปลี่ยนแปลงความ ดันสูงสุดในอุโมงค์ Maximum pressure variation in tunnels	☐ 3.2.4.2.1	-	-	-	-
3.3.1.18.2	ข้อจำกัดสัญญาณ รบกวนและการ สั่นสะเทือนและ มาตรการแก้ไข Noise and vibration limits and mitigation measures	-	-	-	☒ 3.2.4.1.4 ก ☒ 3.2.4.1.4 ง ☒ 3.2.4.1.4 จ	-
3.3.1.18.3	การป้องกันไฟฟ้าช็อต Protection against electric shock	☒ 3.2.4.2.1	-	-	-	-
3.3.1.18.4	ความปลอดภัยใน อุโมงค์รถไฟ Safety in railway tunnels	☒ 3.2.4.1.1 ก ☒ 3.2.4.1.1 ง ☒ 3.2.4.2.1	-	☒ 3.2.4.1.3	☒ 3.2.4.1.4 ข	-
3.3.1.18.5	ผลกระทบของ แรงลมปะทะด้านข้าง Effect of crosswinds	☐ 3.2.4.1.1 ก	-	-	-	-

2) การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกัน

ส่วนประกอบที่ ทำงานร่วมกัน	Design and development phase			Production phase	หัวข้อที่มี การระบุ ข้อกำหนด	ข้อมูลเพิ่มเติม
	Design review	Manufacturing process review	Type Test	Product quality (series)		
รูปทรงหัวขบวนรถไฟ	☒	☐	-	☒	3.3.1.11 3.3.1.10.1	
โมเมนต์ความเฉื่อย	☒	-	-	-	3.3.1.14	มีค่าน้อย 1,600

ของหน้าตัดราง						ชม ⁴
ความแข็งแรง	☒	☐	-	☒	3.3.1.11	ความแข็งแรงที่หัวรางมีค่าอย่างน้อย 200 HBW
ระบบยึดเหนี่ยวราง	-	-	☒	☒	3.3.1.14.1 3.3.1.14.2 3.3.1.14.3	• ทนแรงตามยาวก่อนยึดอย่างน้อย 7 kN • ทนทานต่อภาระปกติจำนวน 3 ล้านไซเคิลในช่วงทางโค้ง
ไม้หมอนรถไฟ	☒	☐	☒	☒	3.3.1.6 3.3.1.10.2 3.3.1.12 3.3.1.14	คุณสมบัติต้องมีความคงตัวในทุกสภาวะที่ระบุในข้อกำหนด

3) การประเมินตรวจสอบระบบย่อย

(Design review รวมถึงมีการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวแปรตามข้อกำหนดที่ระบุใน TSI, Assembly before putting into service คือมีการตรวจสอบในสถานที่จริงก่อนให้บริการ)

หัวข้อ	พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบย่อย INF	Design review	Assembly before putting into service	มาตรฐานที่ใช้ประเมิน
3.3.1.1	เขตโครงสร้าง	☒	☒	EN 15273-3
3.3.1.2	ระยะทางระหว่างกึ่งกลางทางรถไฟ	☒	☒	
3.3.1.3	ความลาดชันทางรถไฟสูงสุด	☒	-	
3.3.1.4	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งแนวนอน	☒	☐	EN 13803-2
3.3.1.5	รัศมีต่ำสุดของเส้นโค้งมุมตั้ง	☒	☐	
3.3.1.6	ขนาดความกว้างรางรถไฟ	☒	-	
3.3.1.7	การยกโค้ง	☒	☒	
3.3.1.8	อัตราการเปลี่ยนแปลงของการยกโค้ง	☒	☐	
3.3.1.9	ส่วนพร่องของการยกโค้ง	☒	-	
3.3.1.10	รูปทรงของล้อรถไฟ	☒	-	EN 13715 EN 15302
3.3.1.11	รูปทรงหัวรางรถไฟทั่วไป	☒	-	
3.3.1.12	ความเอียงทางรถไฟ	☒	-	
3.3.1.13.1	วิธีการยึดประแจ	☒	☒	
3.3.1.13.2	รูปทรงของประแจ	-	-	
3.3.1.13.3	ความยาวสูงสุดของ fixed obtuse crossings	☐	-	
3.3.1.14.1	ความต้านทานทางรถไฟต่อแรงในแนวตั้ง	☒	-	
3.3.1.14.2	ความต้านทานตามยาวทางรถไฟ	☒	-	
3.3.1.14.3	ความต้านทานด้านข้างทางรถไฟ	☒	-	
3.3.1.15.1	ความต้านทานของสะพานใหม่	☒	-	EN 1990 EN 1991-2
3.3.1.15.2	โหลดแนวตั้งเทียบเท่ากับกำแพงดินใหม่และผลกระทบแรงดันดิน	☒	-	EN 1991-2

3.3.1.15.3	ความต้านทานของโครงสร้างใหม่ที่อยู่คร่อมหรืออยู่ใกล้กับรางรถไฟ	☒	-	EN 1991-2
3.3.1.15.4	ความต้านทานของสะพานและกำแพงที่มีอยู่แล้วต่อการขนส่งทางรถไฟ	-	-	EN 15528
3.3.1.16.1	ข้อกำหนดของการดำเนินการได้ทันที, การแทรกแซง, การแจ้งเตือน	-	-	EN 13848-1
3.3.1.16.2	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีเมื่อทางรถไฟเกิดผิดปกติ	-	-	
3.3.1.16.3	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการแปรปรวนของขนาดความกว้างรางรถไฟ	-	-	
3.3.1.16.4	ขอบเขตการดำเนินงานทันทีสำหรับการยกโค้ง	-	-	
3.3.1.17.1	ระยะการใช้งานของขานชาลา	☒	-	
3.3.1.17.2	ความกว้างและขอบของขานชาลา	☒	☒	
3.3.1.17.3	จุดสิ้นสุดของขานชาลา	☒	☒	
3.3.1.17.4	ความสูงของขานชาลา	☒	☒	
3.3.1.17.5	ระยะชดเชยของขานชาลา	☒	☐	
3.3.1.18.1	การเปลี่ยนแปลงความดันสูงสุดในอุโมงค์	☐	-	
3.3.1.18.2	ข้อจำกัดสัญญาณรบกวนและการสั่นสะเทือนและมาตรการแก้ไข	-	-	
3.3.1.18.3	การป้องกันไฟฟ้าช็อต	☒	☒	
3.3.1.18.4	ความปลอดภัยในอุโมงค์รถไฟ	☒	☒	
3.3.1.18.5	ผลกระทบของแรงลมปะทะด้านข้าง	-	-	

บันทึก

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

1. ค่าความแข็งแรงของรางที่ปรากฏค่อนข้างต่ำมากครับ เพราะโมเมนต์ความเฉื่อย $1,600 \text{ cm}^4$ มีค่าใกล้เคียงกับราง 80 - 100 ปอนด์ที่ใช้ในประเทศไทย ซึ่งค่าความแข็งแรงของรางน่าจะได้ประมาณ 260 HB ขึ้นไป
2. หากเป็นไปได้ น่าจะเพิ่มเติมการศึกษาข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรการการรับมือกับเหตุการณ์ฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุ (Emergency Response) เช่น กรณี เหตุการณ์ก่อวินาศกรรม แผ่นดินไหว อุทกภัย รถตก ราง ฯลฯ รวมถึงมาตรการในการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน และข้อกำหนดเกี่ยวกับทางผ่าน (จุดตัด) เสมอระดับ