คู่มือปฏิบัติงานฉุกเฉินและขั้นตอนการปิดระบบก๊าซทางการแพทย์

STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) FOR EMERGENCY & PLANNED SHUTDOWN
โรงพยาบาลนครพิงค์ (NKP Hospital)

1. มาตรฐานวิศวกรรมและข้อกำหนดทางกฎหมายที่อ้างอิง (Regulatory Framework & Standards)

การปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบก๊าซไปป์ไลน์ทางการแพทย์ (Medical Gas Pipeline System - MGPS) ถูกควบคุมอย่างเคร่งครัดตามกฎหมายและมาตรฐานสากล เพื่อรับประกันความปลอดภัยในชีวิตของผู้รับบริการดังนี้:

- NFPA 99 (Health Care Facilities Code, Chapter 5): กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยระบบก๊าซในสถานพยาบาลระดับสูง บัญญัติให้ระบบจ่ายหลักต้องติดตั้งวาล์วแยกโซน (Zone Valves) เพื่อตัดตอนพื้นที่ในกรณีฉุกเฉิน และต้องมีจุดเชื่อมต่อออกซิเจนสำรองฉุกเฉินภายนอกอาคาร (Emergency Oxygen Supply Connection - EOSC) รวมถึงระบบเซนเซอร์แจ้งเตือน (Master/Area Alarms) ที่จะส่งเสียงเมื่อแรงดันใช้งานผันผวนเกิน +/- 20%
- ISO 7396-1 (Medical gas pipeline systems): มาตรฐานระบบท่อส่งก๊าซทางการแพทย์ระดับสากล กำหนดว่าระบบจ่ายจะต้องออกแบบให้มีแหล่งพลังงานก๊าซอย่างน้อย 3 แหล่ง (Primary, Secondary, และ Reserve Third Source) เพื่อรองรับกรณีแหล่งจ่ายหลักขัดข้องโดยสิ้นเชิง
- HTM 02-01 (Health Technical Memorandum 02-01, Part B): มาตรฐานด้านการบริหารจัดการระบบก๊าซของสหราชอาณาจักร กำหนดมาตรการความปลอดภัยและขั้นตอนการออกใบอนุญาตทำงานปิดระบบก๊าซ (Permit to Work System - PTW) เพื่อควบคุมความปลอดภัยไม่ให้กระทบต่อผู้ป่วยระหว่างการซ่อมบำรุง
- มาตรฐานระบบก๊าซทางการแพทย์ วสท. 022001-22: มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ควบคุมคุณภาพการเชื่อมต่อท่อทองแดง การทำความสะอาดท่อ (Degreasing) และการทดสอบแรงดันระบบก่อนส่งมอบ
- พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554: กฎกระทรวงควบคุมมาตรฐานความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมีและก๊าซแรงดันสูงของประเทศไทย
- เกณฑ์คุณภาพโรงพยาบาลและบริการสุขภาพ (HA - Hospital Accreditation): หมวดระบบโครงสร้างพื้นฐานความปลอดภัยทางกายภาพ (FMS - Fire & Safety / Utility System) กำหนดให้โรงพยาบาลมีแผนเผชิญเหตุและทำการฝึกซ้อมเหตุฉุกเฉินระบบจ่ายก๊าซขัดข้องประจำปี

2. ระดับการเตือนภัยและสถานะระบบ (Alert Levels Definition)

การแบ่งเกณฑ์ระดับเตือนภัยเพื่อเข้าแก้ไขสถานการณ์หน้างาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับความเสี่ยง:

ข้อกำหนดระบบถังออกซิเจนเหลวหลักและสัญญาณเตือนอัจฉริยะ (TOR VIE Tank 37,000 Liters):

อ้างอิงเอกสารคุณลักษณะเฉพาะสัญญาจัดซื้อจัดจ้าง (TOR ออกซิเจนเหลว รพนครพิงค์.pdf) ระบบถัง VIE ขนาด 37,000 ลิตร ต้องประกอบด้วยเกณฑ์ความปลอดภัยและระบบเฝ้าติดตามออนไลน์ดังนี้:

- Relief Valve (วาล์วนิรภัยระบายแรงดัน): ปรับตั้งค่าเปิดระบายไว้ที่ 250 PSI
- Bursting Disc (แผ่นนิรภัยป้องกันแรงดันเกินวิกฤต): ตั้งค่าทำลายตัวเพื่อระเบิดระบายก๊าซฉุกเฉินที่ 350 PSI
- ฉนวนความร้อน Vaporizer: หุ้มฉนวน Cellular Glass (Foam Glass) หนา 50 mm หุ้มแผ่นอลูมิเนียมหนา 0.5 mm
- ระบบติดตามออนไลน์ Telemonitoring: ผู้ส่งมอบต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับแรงดันส่งสัญญาณออนไลน์ Real-time 5 สถานะ: ORDER LIQUID (แจ้งสั่งแก๊ส), TANK LOW PRESSURE (แรงดันถังต่ำ), TANK HIGH PRESSURE (แรงดันถังสูง), LINE LOW PRESSURE (แรงดันไลน์หลักต่ำกว่าเกณฑ์), และ LINE HIGH PRESSURE (แรงดันไลน์หลักสูงเกินปกติ)

ระดับภัย (Alert Level)	นิยามสถานะ (Status Definition)	แรงดันและปริมาณใช้งาน (Parameters)	แนวทางการตอบสนอง (Response Action)
ระดับที่ 1: ปกติ (Level 1 - Normal)	ระบบทำงานปกติ ถังเหลวหลักจ่ายแก๊สได้ต่อเนื่อง	- แรงดันระบบท่อ: 50-55 PSI - ปริมาณถังหลัก: > 120 inc/H2O	ตรวจสอบระบบตามเวรปกติ สังเกตการณ์เกจวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง
ระดับที่ 2: เฝ้าระวัง (Level 2 - Warning)	ปริมาณก๊าซลดลงต่ำกว่า Safety Stock หรือแรงดันเริ่มผันผวน	- แรงดันระบบท่อ: 45-48 หรือ 58-60 PSI - ปริมาณถังหลัก: < 60 inc/H2O	ช่างเวรเข้าตรวจสอบเกจ เรกกูเรเตอร์ และเช็คจุดต่อ พร้อมสั่งเติมแก๊สด่วน
ระดับที่ 3: วิกฤต (Level 3 - Crisis)	ถังหลักหยุดจ่ายก๊าซ/ชำรุด หรือแรงดันในระบบตกฮวบ	- แรงดันระบบท่อ: < 40 PSI - ระบบ Alarm ดังร้องเตือนทั่วรพ.	ประกาศภาวะฉุกเฉิน เริ่มแผนใช้ระบบสำรองอัตโนมัติและระบบแมนนวลรายตึกทันที

[แจ้งเตือนความเสี่ยง - WARNING]

โปรดทราบ: ระบบสัญญาณเตือนภัย (Area Alarm) ปลายสายในแต่ละแผนกจะดังเตือนทันทีหากแรงดันลดต่ำกว่า 40 PSI ให้เจ้าหน้าที่เวรพยาบาลทุกคนรับทราบว่าระบบก๊าซท่อส่งหลักกำลังมีความดันตกขั้นวิกฤต

3. ขั้นตอนปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินก๊าซขัดข้อง (Emergency Protocol)

กรณีเกิดการขัดข้องก๊าซหมดถังหลักฉุกเฉิน หรือแรงดันปลายสายตกต่ำกว่าเกณฑ์วิกฤต
ช่างเวรวิศวกรรมต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ทันที:

3.1 การตรวจสอบการสลับสเตชันสำรองอัตโนมัติ (Automatic Backup Check)

ระบบจ่ายก๊าซสำรองอัตโนมัติที่ อาคาร 16 (ตึกฟ้า) (ครุภัณฑ์ ID: 42592)
ได้รับการออกแบบให้สแตนบายและสลับจ่ายอัตโนมัติทันทีเมื่อแรงดันส่งหลักตกต่ำกว่า 48 PSI
ช่างเวรต้องรีบเข้าไปตรวจสอบแรงดันสเตชันอาคาร 16 ทันทีเพื่อให้มั่นใจว่าแรงดันระบบถูกตรึงไว้ที่ 50-52 PSI

3.2 การเดินสับวาล์วเปิดสถานีสำรองรายตึกแบบแมนนวล (Manual Reserve Manifolds Activation)

หากการขัดข้องที่ระบบหลักคาดว่าจะรุนแรงและยาวนาน
ช่างเวรต้องรีบออกเดินทางเพื่อเปิดวาล์วระบบท่อสำรองรายตึกตามลำดับความสำคัญของผู้ป่วย (Priority Sequence)
เพื่อช่วยควบคุมและเสริมแรงดันก๊าซ ดังนี้:

ลำดับ (Priority)	อาคาร / ตึกติดตั้ง	วิธีการดำเนินการ (Action Plan)	ข้อควรระวังสำคัญ (Critical Warning)
1 (Auto)	อาคาร 16 (ตึกฟ้า)	สลับจ่ายอัตโนมัติ ตรวจสอบเกจและสถานะบอร์ดควบคุมทันที	เป็นระบบอัตโนมัติจุดเดียว ต้องมั่นใจว่า Alarm ไม่ส่งสัญญาณบล็อกวาล์ว
2 (Manual)	อาคาร 12 (ตึกชมพู)	เปิดวาล์วชุดแมนนวลสเตชันทันที เนื่องจากดูแล ICU/CCU ผู้ป่วยหนักจำนวนมาก	อุปกรณ์มีอายุการใช้งานนาน ตรวจเช็คเสียงฟลักซ์รั่วไหลขณะเปิดวาล์ว
3 (Manual)	อาคาร 1 (ตึก อบ. อุบัติเหตุ)	เปิดวาล์วเพื่อสำรองห้องฉุกเฉินและห้องผ่าตัดอุบัติเหตุ	O2 พร้อมใช้ 100% | N2O ใช้งานปกติระหว่างส่งซ่อม Pigtail 4 ชิ้น (ยังมีช่องจ่ายเหลือพอจ่าย แต่ต้องเพิ่มความถี่ตรวจเช็คอย่างใกล้ชิด)
4 (Manual)	อาคาร 11 (ตึกขาว/เทา)	เปิดวาล์วสำรองหอผู้ป่วยใน 9	แก้ไขพร้อมใช้งานแล้ว (บริษัทดำเนินการสลับเปลี่ยนอะไหล่เรกกูเรเตอร์ High เรียบร้อยแล้ว)
5 (Manual)	อาคาร 10 (ตึกส้ม/เหลือง)	เปิดวาล์วสำรองอาคารบำบัด 5 ชั้น	เพิ่งซ่อมเรกกูเรเตอร์ High ฝั่งซ้ายเสร็จเมื่อ ก.พ. 69 เฝ้าระวังการรั่วซึมของโอริง
6 (Manual)	อาคาร 9 (ตึกเหลือง)	เปิดจ่ายก๊าซสำรองเฉพาะกรณีจำเป็น	บกพร่องสะสม: เรกกูเรเตอร์ High ซ้ายทะลุ คุมแรงดันไม่ได้ ให้ใช้และปรับเฉพาะฝั่งขวาเท่านั้น
7 (Manual)	อาคาร 3 (OPD)	เปิดวาล์วจ่ายก๊าซสำรองหอผู้ป่วยนอก	มีประวัติเรกกูเรเตอร์และโซลินอยด์รั่วหลายครั้ง ตรวจสอบการผันผวนแรงดันส่ง

[แจ้งเตือนความเสี่ยง - WARNING]

รายงานความพร้อมล่าสุด: สถานีสำรองที่ ศูนย์มะเร็งขอนตาล (ONC) ได้รับการซ่อมแซมแผงควบคุม (Control Board) และเปลี่ยนบ่าเช็ควาล์วที่รั่วทะลุ (JOB ID: 280663) เสร็จเรียบร้อยแล้ว ปัจจุบันพร้อมใช้งานเป็นระบบสำรองสแตนบายปกติ

4. ขั้นตอนการปิดระบบเพื่อการซ่อมบำรุงตามแผน (Planned Shutdown Protocol)

เพื่อความปลอดภัยขั้นสูงสุดในการทำงานบำรุงรักษาระบบท่อส่งก๊าซ การปิดระบบจะต้องดำเนินการตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย HTM 02-01 อย่างเคร่งครัดดังต่อไปนี้:

4.1 การขอใบอนุญาตทำงานปิดระบบก๊าซ (Permit to Work System - PTW)

1. วิศวกรผู้ควบคุมงานต้องเขียนคำขอใบอนุมัติปิดระบบก๊าซล่วงหน้าอย่างน้อย 48 ชั่วโมง โดยระบุ ขอบเขตท่อส่งที่จะกั้น, หอผู้ป่วยที่จะได้รับผลกระทบ, ช่วงเวลาปิด และมาตรการสำรองก๊าซ
2. นำใบขออนุญาตประสานงานร่วมกับพยาบาลหัวหน้าตึกผู้รับผิดชอบ เพื่อลงนามรับทราบและยินยอมการสแตนบายออกซิเจนถัง
3. นำเสนอใบอนุญาตแก่ผู้ตรวจการและผู้อำนวยการโรงพยาบาลเพื่ออนุมัติปิดระบบในใบ PTW อย่างเป็นทางการ

4.2 การจัดเตรียมและการกู้คืนหลังซ่อมบำรุง (Testing & Recovery)

หลังซ่อมแซมเสร็จสิ้น ห้ามเปิดจ่ายออกซิเจนในทันที ช่างผู้ปฏิบัติงานและวิศวกรผู้ควบคุมต้องทำสอบตามเกณฑ์ความปลอดภัยดังนี้:

- การเป่าไล่ระบบ (Dry Nitrogen Purging): ต้องทำความสะอาดระบบท่อใหม่ด้วยการอัดเป่าแก๊สไนโตรเจนแห้ง เพื่อล้างเขม่าจากการบราซซิ่ง ฝุ่นผง และไล่ความชื้นที่สะสมในท่อจนหมดสิ้น
- การทดสอบแรงดันรั่วซึม (Pressure Leak Test): อัดไนโตรเจนทดสอบแรงดันรั่วที่ 1.5 เท่าของแรงดันใช้งาน (ประมาณ 75-80 PSI) ทิ้งไว้เพื่อสังเกตการตกของแรงดันอย่างน้อย 2-4 ชั่วโมง (มาตรฐาน 24 ชม. สำหรับงานสร้างใหม่)
- การทดสอบท่อส่งสลับ (Cross-Connection Test): ทำการเช็คเต้ารับ (Station Outlets) ปลายสายทุกตัว มั่นใจว่าไม่ได้ต่อสลับระหว่าง ออกซิเจน ไนตรัสออกไซด์ หรือลมเครื่องมือแพทย์
- การทดสอบความบริสุทธิ์ของออกซิเจน (Purity Test): ทำการสุ่มเปิดวัดระดับความบริสุทธิ์ของก๊าซออกซิเจนที่ปลายท่อ ต้องได้ผลลัพธ์ไม่ต่ำกว่า 99% และต้องไม่มีกลิ่น คราบน้ำมัน หรือความชื้นสัมพัทธ์ในท่อส่ง

5. บทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบ (Roles & Responsibilities)

การแบ่งหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและปลอดภัยสูงสุดในสภาวะฉุกเฉินและงานบริการวางแผน:

ตำแหน่ง / แผนก	หน้าที่และความรับผิดชอบหลัก (Core Responsibilities)
วิศวกรและช่างระบบก๊าซ	1. เฝ้าระวังบอร์ดควบคุม ตรวจสอบและตรึงแรงดันของระบบจ่ายอัตโนมัติ (B16) ทันทีที่ Alarm ดัง 2. เดินเปิดและตรวจสอบการทำงานของ Regulator สถานีจ่ายสำรองรายตึกตามลำดับความสำคัญ 3. ประสานงานบริษัทจัดส่งออกซิเจนเหลวและท่อแก๊สด่วนใน 3 ชม. (บ.ลานนาแก๊ส) 4. ดำเนินการปิด-เปิดวาล์ว เป่าไล่ท่อ และวัดทดสอบคุณภาพก๊าซตามระบบใบอนุญาต PTW
ช่างเครื่องมือแพทย์	1. จัดเตรียม ตรวจสภาพ และขนส่งถังออกซิเจนสำรองเคลื่อนที่ (Cylinders) ไปยังหอผู้ป่วยวิกฤต 2. สนับสนุนและแจกจ่ายตัวชุดปรับอัตราไหล (Flowmeters) และสายต่อพ่วง 3. ร่วมเดินทดสอบสัญญาณแจ้งเตือน Area Alarm ปลายสายหลังซ่อมบำรุงเสร็จ
พยาบาลหัวหน้าเวร และฝ่ายการพยาบาล	1. สลับสายเครื่องช่วยหายใจของผู้ป่วยวิกฤตไปต่อกับออกซิเจนถังทันทีที่แรงดันระบบตก 2. รายงานเวรบริหารโรงพยาบาลและประสานช่างกรณีแรงดันในระบบผันผวน 3. ร่วมประเมินปริมาณผู้ป่วยและการใช้ก๊าซเพื่อเซ็นลงนามใบอนุญาตปิดระบบก๊าซ (PTW) ล่วงหน้า
เวรบริหารและคณะกรรมการ FMS	1. อำนวยการและจัดหาผู้ช่วยเหลือเสริมในสถานการณ์ฉุกเฉินระดับวิกฤต 2. ตรวจสอบรายละเอียดความเสี่ยงและลงนามอนุมัติใบขอทำงานปิดระบบก๊าซ (PTW) ของโครงการซ่อมบำรุง

6. แบบฟอร์มขอปิดระบบและประเมินระบบสำรอง (SOP Checklists)

ก่อนและหลังปฏิบัติงานทุกครั้ง ให้ผู้รับผิดชอบดำเนินการตรวจสอบตามเช็คลิสต์มาตรฐานดังนี้:

☐ **เช็คลิสต์ก่อนปิดวาล์วจ่ายก๊าซหลัก (Pre-Shutdown Checklist):**

1. [ ] ได้รับใบอนุมัติการปิดระบบ (Permit to Work - PTW) ที่มีลายเซ็นครบถ้วนแล้ว
2. [ ] ดำเนินการจัดส่งออกซิเจนถังสำรองข้างเตียงผู้ป่วยหนักในตึกที่โดนตัดก๊าซครบ 100% แล้ว
3. [ ] แจ้งเตือนแพทย์เวร และพยาบาลแผนกที่เกี่ยวข้องทราบล่วงหน้าเป็นลายลักษณ์อักษรแล้ว
4. [ ] ติดตั้งโซลินอยด์วาล์วหรือก้นเชือกพร้อมแขวนป้ายเตือนห้ามเปิดวาล์วเรียบร้อยแล้ว

☐ **เช็คลิสต์ก่อนเปิดใช้งานจ่ายออกซิเจนจริงหลังซ่อมเสร็จ (Post-Maintenance Checklist):**

1. [ ] เป่าไล่ท่อด้วยแก๊สไนโตรเจนแห้ง (Nitrogen Purge) เพื่อกำจัดคราบสกปรกแล้ว
2. [ ] ตรวจสอบแรงดันรั่วซึม (Pressure Leak Test) ด้วยไนโตรเจนไม่พบการตกของแรงดันแล้ว
3. [ ] ดำเนินการทดสอบ Cross-Connection เพื่อป้องกันการสลับชนิดแก๊สแล้ว
4. [ ] วัดค่าความบริสุทธิ์ของแก๊สออกซิเจนที่ปลายท่อ ได้ผลไม่ต่ำกว่า 99% (หรือ 93% เครื่องผลิต) แล้ว
5. [ ] ดำเนินการล้างป้ายเตือน และเซ็นเอกสารปิดงาน PTW ร่วมกับหัวหน้าพยาบาลแผนกแล้ว

7. โอกาสพัฒนาเพื่อลดความเสี่ยงเชิงรุก (Opportunity for Development - OFD)

เพื่อความมั่นคงและปลอดภัยสูงสุดในการบริหารจัดการระบบก๊าซทางการแพทย์วิกฤต ขอเสนอแนวทางพัฒนาเชิงรุกดังนี้:

- ระบบเฝ้าติดตามแรงดันทั้งระบบแบบออนไลน์ (Online Pressure Monitoring System):
  เสนอโครงการติดตั้งตัวส่งสัญญาณแรงดันระบบดิจิทัล (Pressure Transducers) ในจุดร่วมจ่ายหลักและสถานีจ่ายสำรอง เพื่อส่งข้อมูล Real-time เข้าสู่ Dashboard วิศวกรรมกลาง
- ระบบบันทึกแรงดันและแจ้งเตือนอัจฉริยะก่อนผิดปกติ (Historical Logger & Predictive Alerts):
  บันทึกประวัติข้อมูลแรงดันเพื่อวิเคราะห์ประเมินแนวโน้มการรั่วไหลและการใช้งาน พร้อมทั้งระบบสัญญานเตือนล่วงหน้า (Pre-alarm Notification) แจ้งเตือนช่างทันทีที่มีความดันตกผิดปกติ ก่อนที่จะดังเตือนระดับวิกฤตที่หอผู้ป่วย

ลงชื่อ: .....
(.....)
วิศวกรผู้ควบคุมระบบก๊าซ

ลงชื่อ: .....
(.....)
พยาบาลวิชาชีพหัวหน้าหอผู้ป่วย