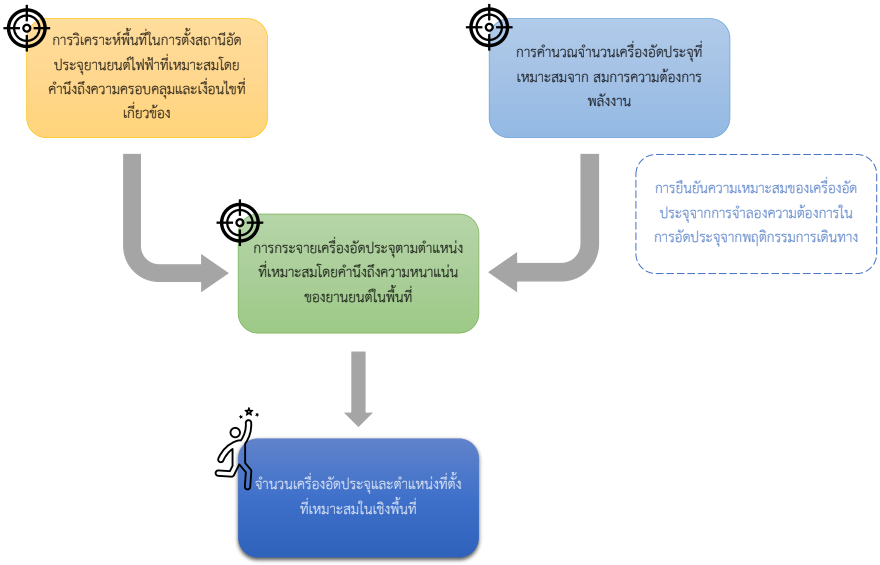
ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนเครื่องอัดประจุที่เหมาะสม สำหรับแผนพัฒนาสถานีอัดประจุสาธารณะ

1. รูปแบบการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนเครื่องอัดประจุที่เหมาะสมสำหรับแผนพัฒนาสถานีอัดประจุสาธารณะ

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมการพัฒนาสถานีอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ที่สามารถพิจารณาข้อมูลความต้องการการขนส่ง เงื่อนไขเชิงพื้นที่ และผลกระทบต่อต้นทุนในภาคไฟฟ้าร่วมกัน ซึ่งการพัฒนาสถานีอัดประจุไฟฟ้าต่อพื้นที่สามารถวิเคราะห์ถึง 2 ตัวแปรหลัก ได้แก่ ตำแหน่งของสถานีอัดประจุ และ ปริมาณของสถานีอัดประจุ ดังนั้นวิธีการศึกษาจะเป็นการวิเคราะห์ตำแหน่งและจำนวนสถานีอัดประจุที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ โดยพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ความต้องการการขนส่ง เงื่อนไขเชิงพื้นที่ ผลกระทบด้านระบบไฟฟ้า เป็นต้น แต่เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งและจำนวนสถานีอัดประจุจะไม่สามารถกำหนดได้อย่างแน่นอนจากข้อมูล และปัจจัยต่าง ๆ เช่น ตำแหน่งที่ดิน ความกว้างของพื้นที่ตั้งสถานี ความคุ้มทุนในการติดตั้งสถานีในตำแหน่งใด ๆ ผู้สนใจในการติดตั้งสถานี เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ตำแหน่งและจำนวนสถานีอัดประจุที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่จึงนำวิธีการกำหนดตำแหน่งสถานีอัดประจุที่เหมาะสมเป็นการกำหนดพื้นที่แบบครอบคลุม และจำนวนสถานีอัดประจุที่เหมาะสมในพื้นที่จะแทนที่ด้วยจำนวนหัวจ่ายหรือเครื่องอัดประจุที่เหมาะสมในพื้นที่ที่ครอบคลุม

โดยวิธีที่ได้รับความนิยมและเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนคือการอ้างอิงจากจำนวนยานยนต์ไฟฟ้า ลักษณะการใช้งานยานยนต์ และเงื่อนไขทางภูมิศาสตร์ การใช้อัลกอริทึมในการวิเคราะห์จะช่วยให้สามารถดำเนินการวางแผนโดยไม่มีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความซ้ำซ้อน และสามารถปรับเปลี่ยนผลลัพธ์ให้เหมาะสมกับบริบทในช่วงเวลานั้น ๆ ได้ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลในประเทศไทย เช่น การจัดสรรพื้นที่ที่เป็นระเบียบ การสำรวจเส้นทางการเดินทางที่มีคุณภาพและครอบคลุม จึงจำเป็นต้องเลือกตัวแปรหรือข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือเพื่อการดำเนินการวิเคราะห์โดยสามารถสรุปแนวทางในการศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมออกมาเป็นทั้งหมด 3 ส่วนหลัก



ภาพที่ 1 แนวทางการศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึม

ในขั้นตอนแรกจะแบ่งออกเป็นการคำนวณ 2 ส่วนที่แยกกันคือ การพัฒนาสมการการคำนวณในส่วนของจำนวนเครื่องอัดประจุที่เหมาะสม เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมในการหาจำนวนสถานีอัดประจุเหมาะสมเพื่อรองรับจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าโดยจะใช้วิธีที่อ้างอิงกับหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหาความครอบคลุมของพื้นที่ให้ได้มากที่สุด (Maximum Covering Location Problem) ซึ่งจะเป็นการหาตำแหน่งเหมาะสมที่สามารถกระจายสถานีอัดประจุให้ครอบคลุมพื้นที่สูงสุดและจะให้ความสำคัญกับจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าในพื้นที่ และนำแผนภาพโวโรนอยในการแบ่งพื้นที่ระหว่างสถานีอัดประจุที่กำหนดตำแหน่งไว้

และอีกส่วนได้แก่การคำนวณเครื่องอัดประจุและเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่เหมาะสมโดยอ้างอิงสมการความต้องการพลังงาน โดยจะแบ่งการคำนวณออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุที่รองรับการเดินทางด้วยยานยนต์ไฟฟ้าในตัวเมือง การคำนวณเครื่องอัดประจุที่รองรับการเดินทางด้วยยานยนต์ไฟฟ้าระยะไกลบนทางหลวง และการวิเคราะห์จำนวนเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่รองรับการขับขี่จักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบบริการสาธารณะ ซึ่งจะอ้างอิงจากข้อมูลการเดินทางเพื่อนำมาวิเคราะห์ความต้องการพลังงานในแต่ละส่วนและนำไปคำนวนหาจำนวนเครื่องอัดประจุ/สับเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่เหมาะสม นอกจากนี้เพื่อให้แน่ใจถึงความสามารถในการรองรับความต้องการในการอัดประจุได้เพียงพอ จึงมีการจำลองพฤติกรรมของการในงานยานยนต์ในแต่ละส่วนอ้างอิงจากแบบจำลองเชิงพฤติกรรมด้วยวิธี Monte-Carlo ที่มักถูกเลือกใช้ในการจำลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบความต้องการกำลังไฟฟ้ากับจำนวนเครื่องที่ได้จากการคำนวณว่าสามารถรองรับความต้องการสูงสุดได้หรือไม่

ขั้นตอนสุดท้ายจะพัฒนาการหาจำนวนหัวจ่ายหรือเครื่องอัดประจุที่เหมาะสมในแต่ละสถานีเพื่อรองรับจำนวนรถยนต์ไฟฟ้า โดยจะอ้างอิงกับการแก้ปัญหาถุงกระสอบ (Knapsack Problem) ซึ่งเป็นการเลือกหยิบของใส่ถุงที่ทำให้มูลค่ารวมสูงสุด โดยในการหาจำนวนหัวจ่ายหรือเครื่องอัดประจุในแต่ละสถานีอัดประจุจะเป็นการเลือกเพิ่มทีละหัวจ่ายในแต่ละสถานีเพื่อประโยชน์โดยรวมสูงสุดของทุกสถานี

โดยผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเหมาะสมการพัฒนาสถานีอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจะแสดงถึงตำแหน่งเหมาะสมของพื้นที่ครอบคลุมสถานี และจำนวนหัวจ่ายหรือเครื่องอัดประจุสะสมที่ต้องการเป็นอย่างน้อยของพื้นที่ในแต่ละปี เพื่อนำไปวางแผนการติดตั้งและการพัฒนาสถานีอัดประจุสาธารณะในการรองรับปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต รวมถึงการวางแผนผลกระทบและต้นทุนที่เกิดขึ้นต่อระบบไฟฟ้าในพื้นที่จากการติดตั้งและใช้งานสถานีอัดประจุไฟฟ้าสาธารณะ

2. ผลการวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุและเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่

ผลการวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุสำหรับรองรับกรณียานยนต์ไฟฟ้าเดินทางในตัวเมืองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนเครื่องอัดประจุเชิงพื้นที่รายปี 2022 - 2035 (กรณี City)

ปี\พื้นที่วิเคราะห์	เหนือ	ใต้	กลาง	ตะวันออกเฉียงเหนือ	นครหลวง	รวม
2022	56	48	70	61	188	423
2023	109	92	137	119	367	824
2024	188	160	237	206	636	1,427
2025	427	361	536	467	1,442	3,233
2026	624	529	784	684	2,110	4,731
2027	794	672	997	870	2,684	6,017
2028	929	787	1,167	1,018	3,141	7,042
2029	1,021	865	1,283	1,119	3,453	7,741
2030	1,085	919	1,364	1,189	3,670	8,227
2031	1,378	1,167	1,731	1,510	4,660	10,446
2032	1,744	1,477	2,191	1,911	5,898	13,221
2033	2,201	1,865	2,766	2,412	7,445	16,689
2034	2,773	2,349	3,485	3,038	9,380	21,025
2035	3,384	2,867	4,253	3,708	11,446	25,658

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุเพื่อรองรับการเดินทางระยะไกลนั้นไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์โดยแบ่งเป็นรายพื้นที่เนื่องจากมีการติดตั้งบนถนนสายหลักและทางหลวงเป็นหลัก โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนเครื่องอัดประจุเชิงพื้นที่รายปี 2022 - 2035 (กรณี Highway)

ปี\พื้นที่วิเคราะห์	ทางหลวง
2022	129
2023	252
2024	435
2025	987

ปี\พื้นที่วิเคราะห์	ทางหลวง
2026	1,605
2027	2,296
2028	3,071
2029	3,939
2030	5,024
2031	6,380
2032	8,075
2033	10,193
2034	12,842
2035	15,671

ในทำนองเดียวกันจำนวนเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่เหมาะสมได้แสดงในตารางที่ 3 โดยมีการแสดงตามรายภูมิภาค

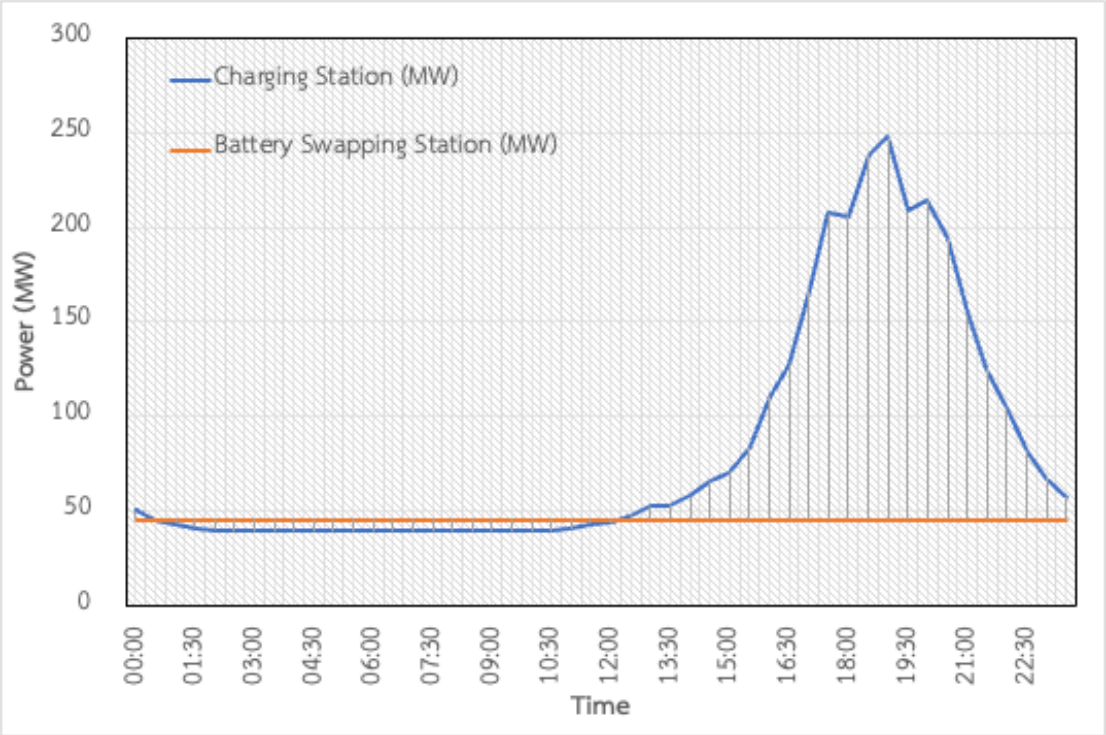
ตารางที่ 3 จำนวนเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่เชิงพื้นที่รายปี 2022 - 2035

ปี\พื้นที่วิเคราะห์	เหนือ	ใต้	กลาง	ตะวันออกเฉียงเหนือ	นครหลวง	รวม
2022	19	12	35	35	61	162
2023	43	28	79	80	139	369
2024	79	51	146	147	256	679
2025	187	121	346	349	609	1,612
2026	308	200	570	576	1,003	2,657
2027	443	288	821	829	1,445	3,826
2028	595	386	1,103	1,113	1,940	5,137
2029	764	496	1,418	1,431	2,494	6,603
2030	960	623	1,780	1,797	3,131	8,291
2031	1,184	769	2,197	2,217	3,864	10,231
2032	1,442	936	2,676	2,701	4,707	12,462
2033	1,739	1,129	3,227	3,257	5,677	15,029
2034	2,081	1,350	3,860	3,897	6,791	17,979
2035	2,624	1,703	4,868	4,914	8,564	22,673

นอกจากนี้เพื่อเป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับความต้องการกำลังไฟฟ้าของสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ ผลการวิเคราะห์ความต้องการกำลังไฟฟ้ายานยนต์ไฟฟ้าในปี 2035 แสดงในภาพที่ 1 ความต้องการกำลังไฟฟ้าของสถานีอัดประจุ มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ช่วงเวลาประมาณ 19.00 น. ที่กำลังไฟฟ้า 248 MW ซึ่งจำนวนเครื่องอัดประจุจำนวน 41,329 เครื่องรองรับได้เพียงพอ และสำหรับความต้องการกำลังไฟฟ้าของสถานีสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ มีค่าเฉลี่ยที่ 45 MW เครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่จำนวน 22,673 เครื่องจึงสามารถรองรับได้เพียงพอเช่นเดียวกัน นอกจากนี้สำหรับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของสถานีอัดประจุและสถานีสับเปลี่ยนแบตเตอรี่นั้น แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของสถานีอัดประจุและสถานีสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ ปี 2022 – 2035

ปี\ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	สถานีอัดประจุไฟฟ้า (MW)	สถานีสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ (MW)
2022	2.03	0.32
2023	3.97	0.73
2024	6.88	1.36
2025	15.61	3.22
2026	25.38	5.31
2027	36.33	7.65
2028	48.59	10.27
2029	62.32	13.20
2030	79.48	16.58
2031	100.93	20.46
2032	127.75	24.92
2033	161.27	30.05
2034	203.17	35.95
2035	247.94	45.34

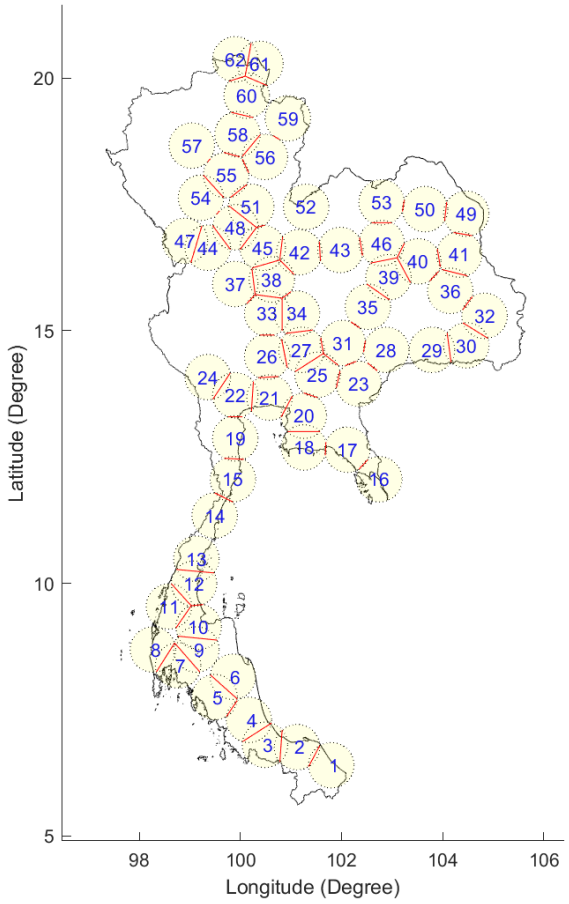


ภาพที่ 2 ความต้องการกำลังไฟฟ้าปี 2035

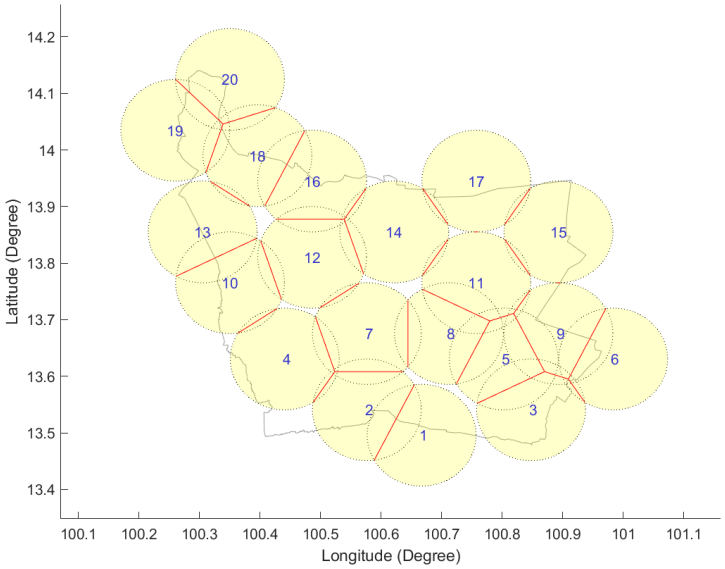
3. ผลการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของสถานีอัดประจุสาธารณะ

การหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของสถานีอัดประจุสาธารณะ จะมีการแบ่งได้ 2 ประเภท คือ พื้นที่ตัวเมือง (Cities) และ บนทางหลวง (Highway) ซึ่งพื้นที่ในตัวเมืองแบ่งออกเป็น 5 ส่วนตามพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ พื้นที่ของกฟน. ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคใต้ ที่เป็นพื้นที่ของกฟภ. นอกจากนี้พื้นที่ในตัวเมืองจะมีการแบ่งตามประเภทของยานยนต์ ได้แก่ รถยนต์ไฟฟ้า และจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุจะแสดงอยู่ในรูปแบบของพื้นที่ โดยมีรัศมีบริการของสถานีอัดประจุเป็นตัวกำหนด (วงกลมเส้นประ) และการทำแผนภาพโวโรนอยเพื่อแบ่งพื้นที่ระหว่างสถานีอัดประจุ (เส้นสีแดง) ซึ่งการหาตำแหน่งที่ตั้งจะมีเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

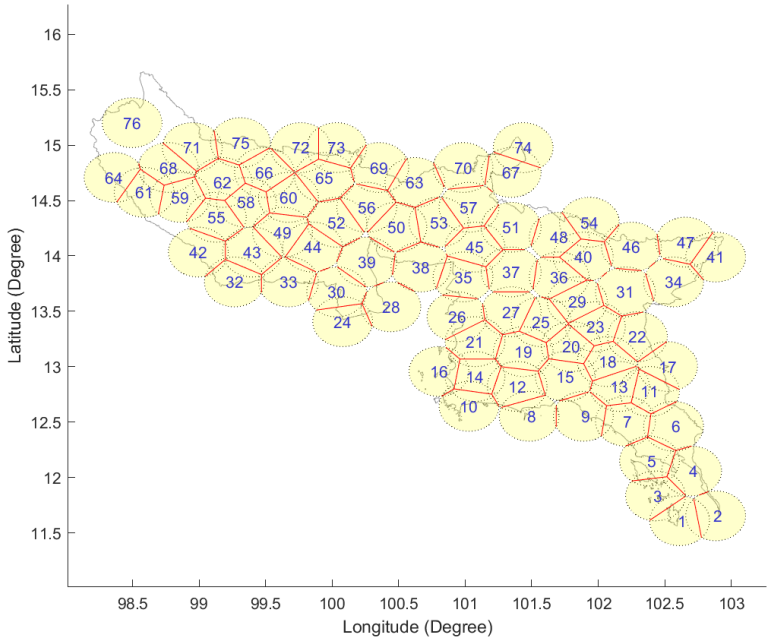
- พื้นที่ในตัวเมือง (Cities) – พื้นที่ของ กฟน.
  - รัศมีบริการของสถานีอัดประจุ เท่ากับ 10 กิโลเมตร
  - รถยนต์ไฟฟ้า จะใช้จำนวนรถยนต์ประเภท รย.1 (รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน)
  - รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า จะใช้จำนวนรถยนต์ประเภท รย.17 (รถจักรยานยนต์สาธารณะ)
- พื้นที่ในตัวเมือง (Cities) – พื้นที่ของ กฟภ.
  - รัศมีบริการของสถานีอัดประจุ เท่ากับ 25 กิโลเมตร
  - รถยนต์ไฟฟ้า จะใช้จำนวนรถยนต์ประเภท รย.1 (รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน)
  - รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า จะใช้จำนวนรถยนต์ประเภท รย.17 (รถจักรยานยนต์สาธารณะ)
- บนทางหลวง (Highway)
  - รัศมีบริการของสถานีอัดประจุ เท่ากับ 50 กิโลเมตร
  - รถยนต์ไฟฟ้า จะใช้จำนวนรถยนต์ประเภท รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน



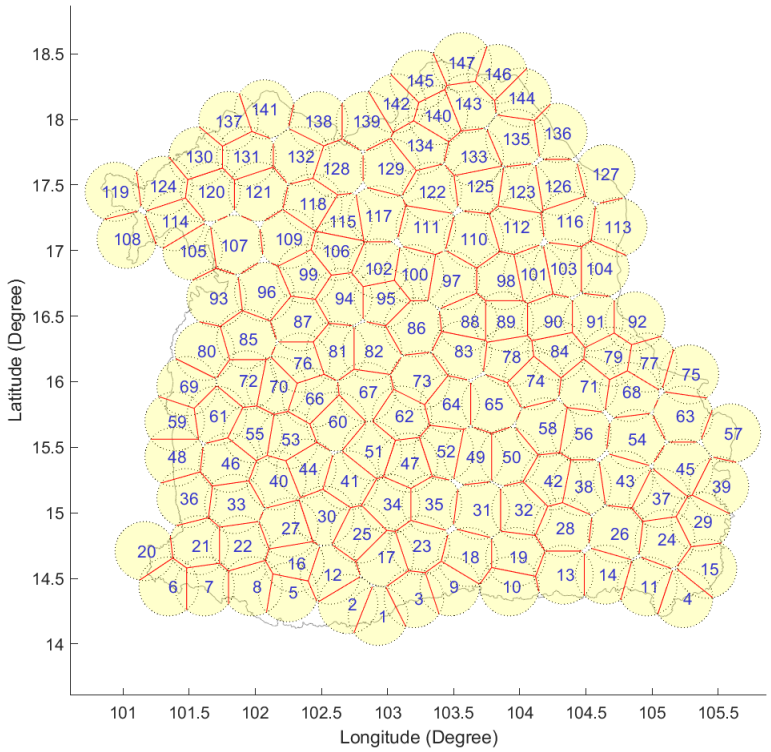
ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุบนทางหลวง (Highway) สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 62 ตำแหน่ง



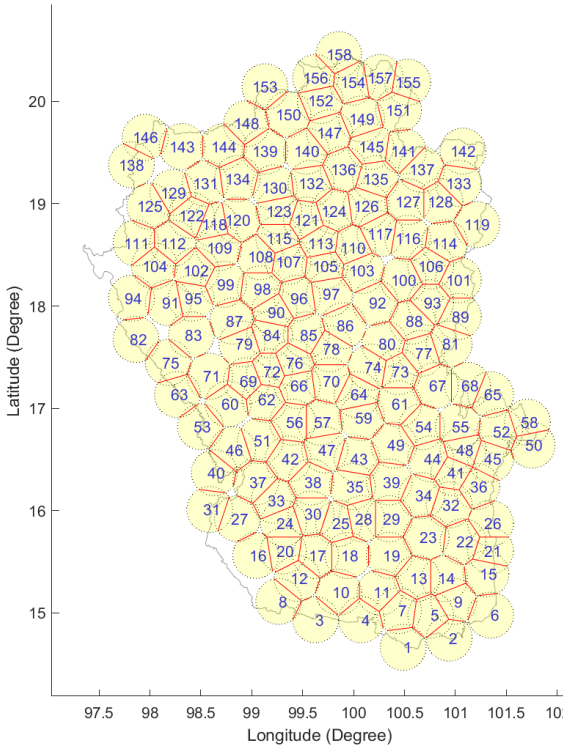
ภาพที่ 4 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ กฟน. สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 20 ตำแหน่ง



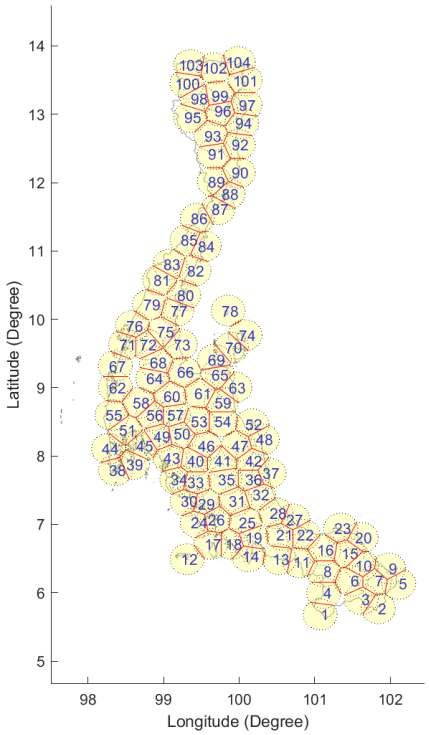
ภาพที่ 5 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคกลาง สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 76 ตำแหน่ง



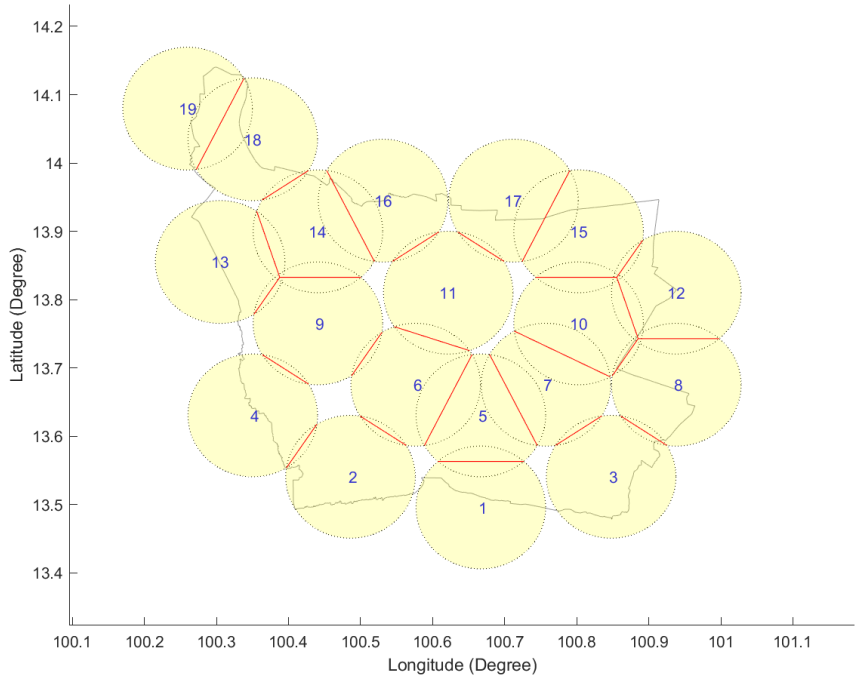
ภาพที่ 6 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 147 ตำแหน่ง



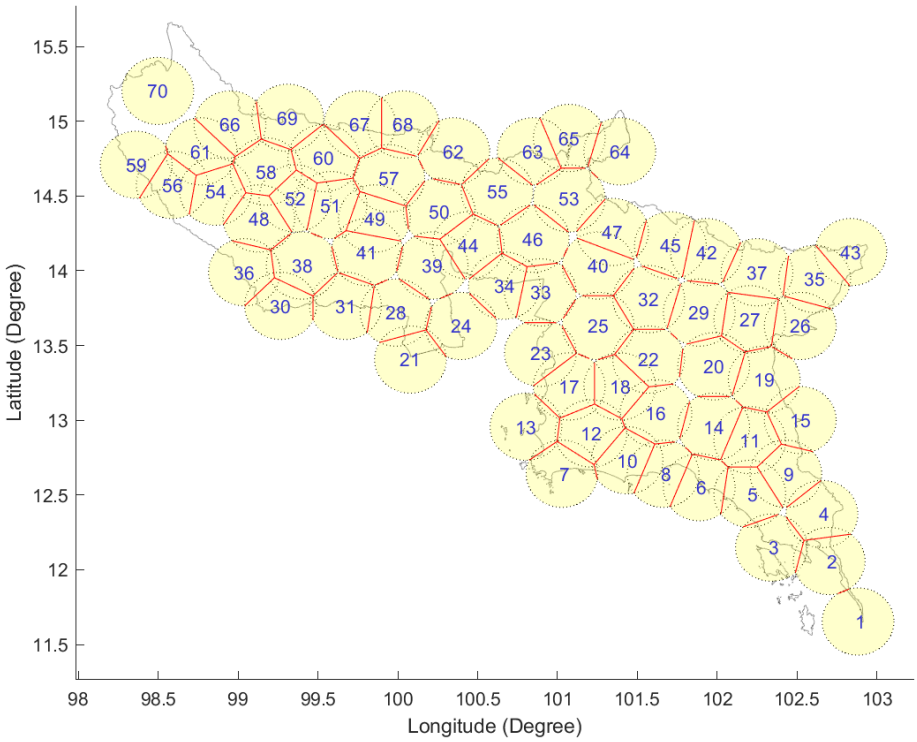
ภาพที่ 7 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคเหนือ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 158 ตำแหน่ง



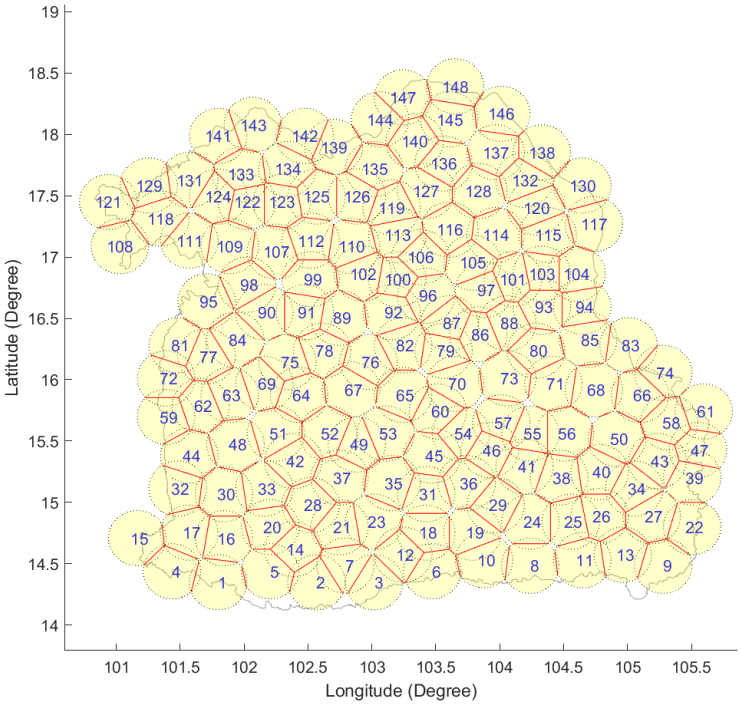
ภาพที่ 8 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคใต้ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 104 ตำแหน่ง



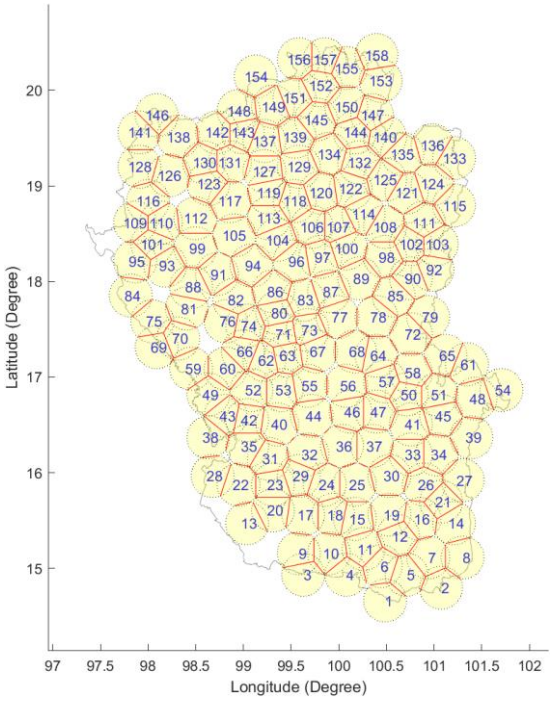
ภาพที่ 9 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ กฟน. สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 19 ตำแหน่ง



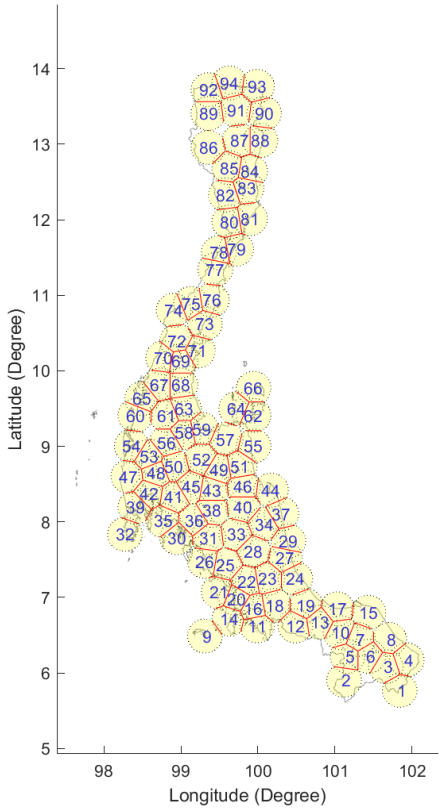
ภาพที่ 10 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคกลาง สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 70 ตำแหน่ง



ภาพที่ 11 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 148 ตำแหน่ง



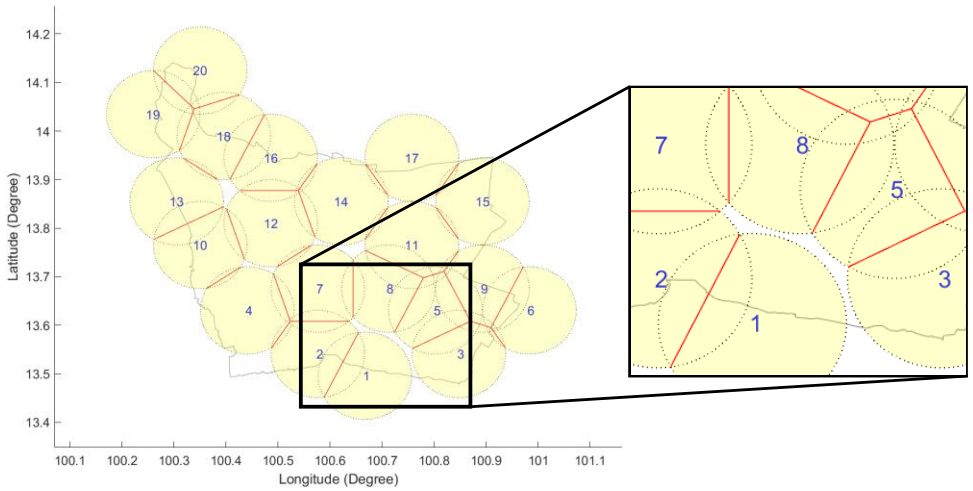
ภาพที่ 12 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคเหนือสำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 158 ตำแหน่ง



ภาพที่ 13 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคใต้ สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 94 ตำแหน่ง

4. ผลการหาจำนวนหัวจ่ายในแต่ละสถานี

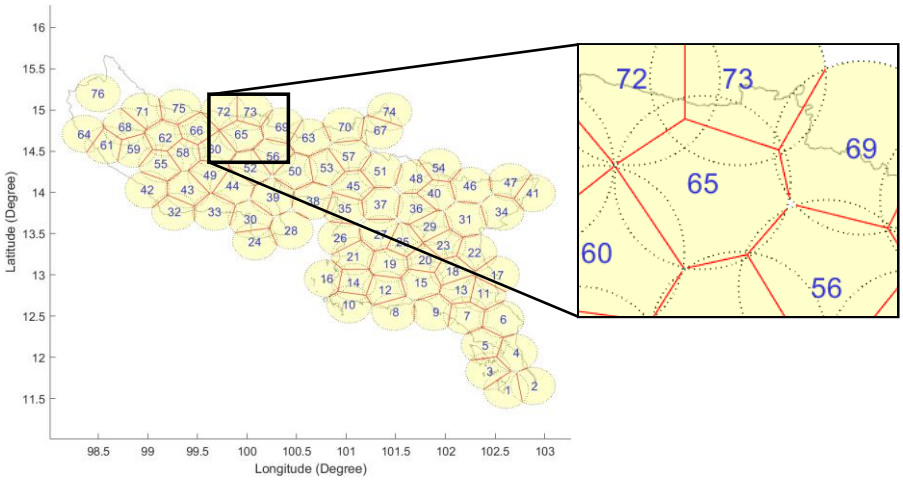
การหาจำนวนหัวจ่ายในแต่ละสถานีจะแสดงถึงหัวจ่ายสะสมที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ซึ่งหัวจ่ายในแต่ละปีจะบ่งบอกถึงจำนวนหัวจ่ายที่ต้องการเป็นอย่างน้อยในพื้นที่เพื่อรองรับจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าในพื้นที่ โดยการกระจายจำนวนหัวจ่ายในแต่ละสถานีจะมีการถ่วงน้ำหนักระหว่างจำนวนรถยนต์และสถานีอัดประจุที่ยังไม่มีหัวจ่ายในสถานีอยู่ที่ร้อยละ 80 ต่อร้อยละ 20 ตามลำดับ และการสับเปลี่ยนหัวจ่ายในแต่ละสถานีจะกำหนดสัดส่วนการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อยอยู่ที่ร้อยละ 20 ทั้งนี้ จำนวนหัวจ่ายแต่ละประเภทจะคำนวณมาจากการวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุและเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ และจะตั้งสมมติฐานที่ว่าเครื่องอัดประจุ 1 เครื่อง จะมีจำนวน 1 หัวจ่าย และเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ขนาด 8 ช่อง จะเทียบเท่า 1 หัวจ่าย



ภาพที่ 14 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ กฟน. สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 5 จำนวนหัวจ่ายสะสมในแต่ละปีของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ กฟน.

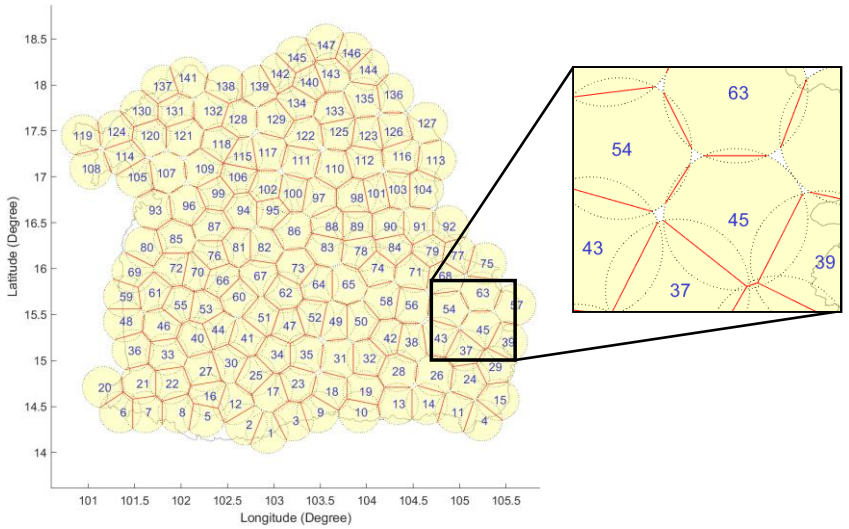
ปี	ตำแหน่งที่					
	1	2	3	5	7	8
2023	6	12	6	8	86	19
2026	40	71	36	47	479	111
2029	66	116	59	77	782	181
2032	113	199	101	132	1,333	310
2035	220	386	196	257	2,585	601



ภาพที่ 15 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคกลาง สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 6 จำนวนหัวจ่ายสะสมในแต่ละปีของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคกลาง

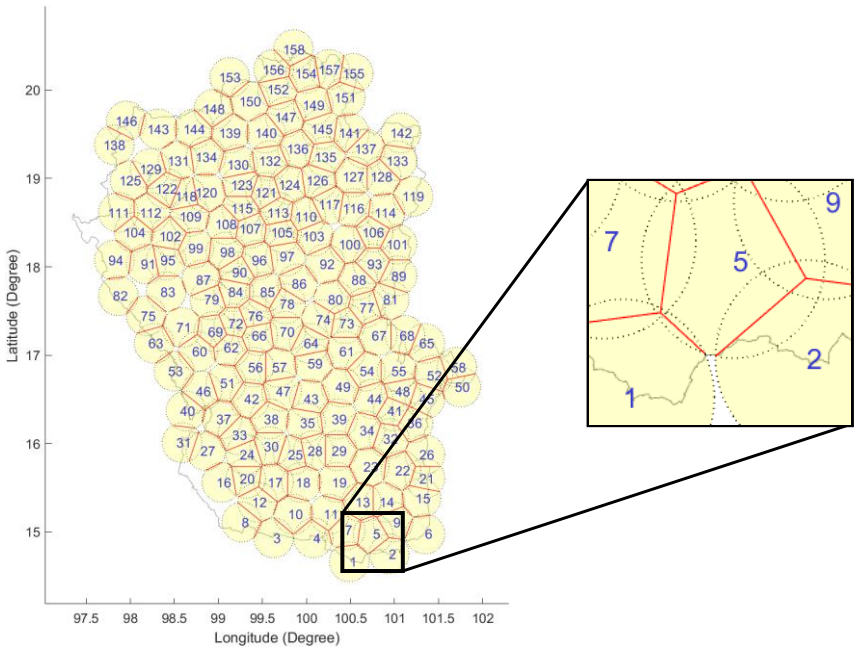
ปี	ตำแหน่งที่					
	56	60	65	69	72	73
2023	3	1	2	1	1	1
2026	18	3	12	10	5	6
2029	29	6	19	16	8	10
2032	49	10	32	28	14	17
2035	95	23	63	54	28	33



ภาพที่ 16 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 7 จำนวนหัวจ่ายสะสมในแต่ละปีของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

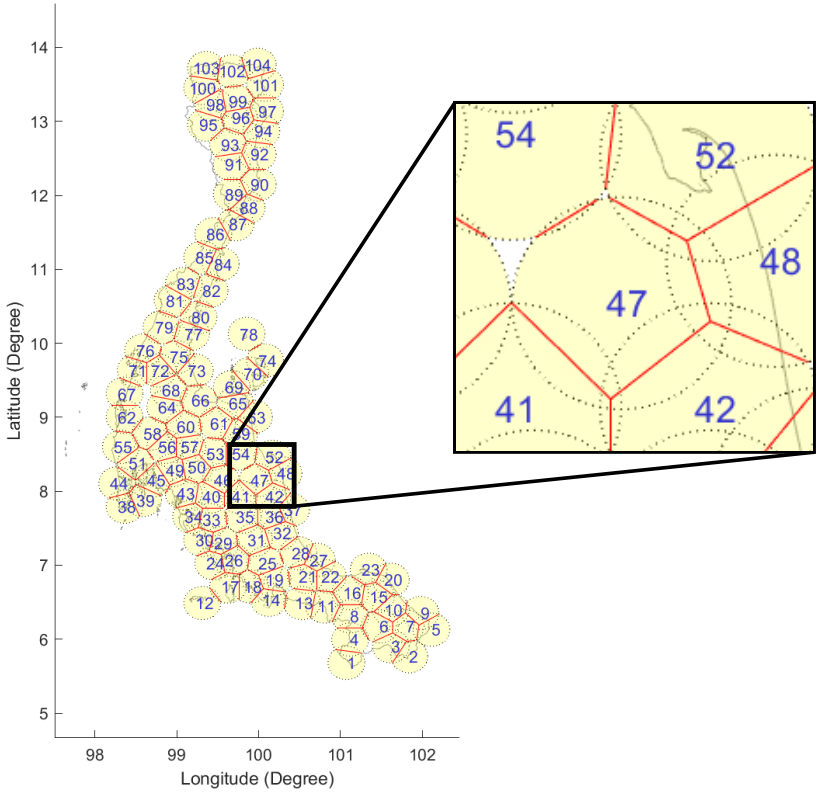
ปี	ตำแหน่งที่					
	37	39	43	45	54	63
2023	1	0	5	1	1	0
2026	4	3	22	4	4	4
2029	6	5	33	6	6	7
2032	11	9	55	10	11	12
2035	21	20	104	22	21	24



ภาพที่ 17 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคเหนือ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 8 จำนวนหัวจ่ายสะสมในแต่ละปีของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคเหนือ

ปี	ตำแหน่งที่				
	1	2	5	7	9
2023	2	1	2	2	1
2026	8	3	10	10	4
2029	13	6	16	15	7
2032	22	10	26	25	12
2035	43	20	50	48	24



ภาพที่ 18 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคใต้ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 9 จำนวนหัวจ่ายสะสมในแต่ละปีของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคใต้

ปี	ตำแหน่งที่					
	41	42	47	48	52	54
2023	1	1	1	0	2	2
2026	5	4	7	3	10	11
2029	9	7	11	6	15	17
2032	15	12	18	9	27	29
2035	29	23	36	18	52	55

5. ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการพัฒนาสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการพัฒนาสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าในแต่ละแบบจำลอง จะเป็นการบ่งบอกถึงขอบเขตการทำงานของแบบจำลอง เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่เหมาะสมของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้น เช่น การแสดงขอบเขตของสถานีที่ไม่เหมาะสมกับความละเอียดของชุดข้อมูล โดยข้อจำกัดของแบบจำลองสามารถแสดงในรูปแบบรายการได้ดังนี้

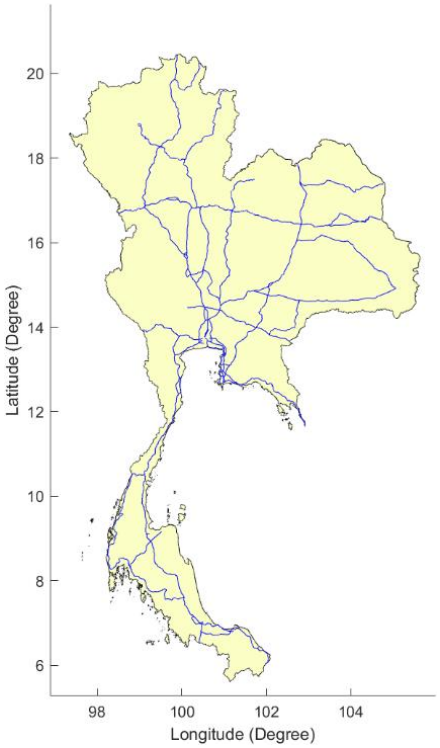
ตารางที่ 10 ข้อจำกัดของแบบจำลองการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการพัฒนาสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

ชื่อหัวข้อ	ข้อจำกัด
การวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ารองรับการเดินทางแบบ City และแบบ Highway	● กำลังไฟฟ้าในการอัดประจุคงที่ตลอดช่วงในการอัดประจุและเท่ากับกำลังสูงสุดของเครื่องอัดประจุ
การวิเคราะห์จำนวนเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่	● กำลังไฟฟ้าในการอัดประจุคงที่ตลอดช่วงในการอัดประจุและเท่ากับกำลังการอัดประจุสูงสุด
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการอัดประจุและความต้องการกำลังไฟฟ้าจากการอัดประจุในรูปแบบยานยนต์ไฟฟ้าที่เดินทางในตัวเมือง	● การอัดประจุในสถานีอัดประจุจะเกิดในช่วงเย็นหลังเลิกงานเท่านั้น ● การเดินทางเป็นวงรอบแบบง่ายคือเดินทางวัน 2 ทริป จากบ้าน/ที่อยู่อาศัยไปทำงาน และ จากที่ทำงานกลับบ้าน/ที่อยู่อาศัย
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการอัดประจุและความต้องการกำลังไฟฟ้าจากการอัดประจุในรูปแบบยานยนต์ไฟฟ้าที่เดินทางระยะไกล	● ความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของการอัดประจุทั้งวัน
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการอัดประจุและความต้องการกำลังไฟฟ้าจากการอัดประจุในรูปแบบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	● ความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของการอัดประจุทั้งวัน
อัลกอริทึมการหาตำแหน่งเหมาะสมของสถานีอัดประจุ	● การกำหนดรัศมีบริการของสถานีอัดประจุไม่ควรต่ำกว่า 3.6 กิโลเมตร
การสับเปลี่ยนหัวจ่ายในแต่ละสถานีเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย	● การสับเปลี่ยนระหว่างสถานีอัดประจุที่อยู่ในการดูแลของสถานีไฟฟ้าย่อยใดๆ โดยจะไม่มีการสับเปลี่ยนหัวจ่ายระหว่างสถานีอัดประจุที่อยู่ในการดูแลของสถานีไฟฟ้าย่อยแห่งอื่น ● จะไม่มีการสับเปลี่ยนระหว่างสถานีอัดประจุ ถ้าสถานีไฟฟ้าย่อยดูแลเพียง 1 สถานีอัดประจุ

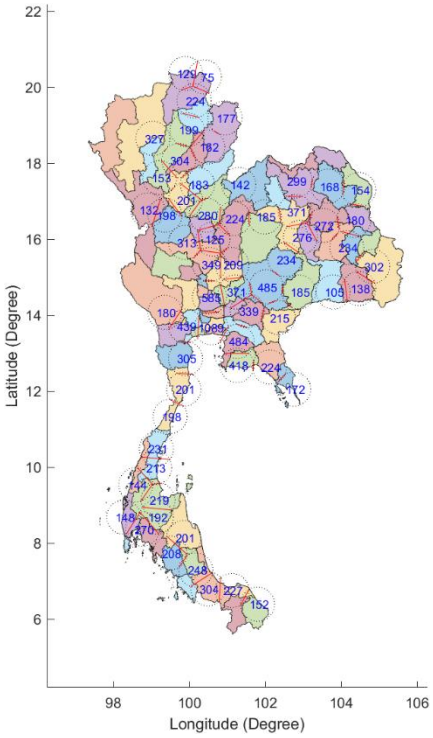
6. ผลการทำแผนที่ศักยภาพการติดตั้งสถานีอัดประจุรายภาคในปี 2035

จากภาพที่ 20 ถึง ภาพที่ 25 แสดงถึงจำนวนหัวจ่ายหรือเครื่องอัดประจุสะสมที่ต้องการเป็นอย่างน้อยของรถยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2035 โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ตัวเมือง (Cities) และ บนทางหลวง (Highway) ทั้งนี้ จำนวนหัวจ่ายจากการวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุจะตั้งสมมติฐานที่ว่าเครื่องอัดประจุ 1 เครื่อง จะมีจำนวน 1 หัวจ่าย

ภาพที่ 20 แสดงจำนวนหัวจ่ายสะสมที่ต้องการเป็นอย่างน้อยของรถยนต์ไฟฟ้าบนทางหลวงในปี ค.ศ. 2035 สำหรับติดตั้งตามถนนบนทางหลวง โดยพิจารณาจากปริมาณจราจรบนถนนทางหลวงหมายเลขต่าง ๆ ในประเทศไทย เช่น ทางหลวงที่มีหมายเลขตัวเดียวที่เชื่อมต่อระหว่างกรุงเทพมหานครไปยังภูมิภาคหลักของประเทศไทย ทางหลวงที่มีหมายเลขสองตัวที่เป็นทางหลวงแผ่นดินสายประธานตามภาคต่าง ๆ และถนนอื่นที่ Google Map แสดงเป็นถนนบนทางหลวง เช่น ทางหลวงหมายเลข 1020 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทางหลวงเอเชียสาย 3 (AH3) เป็นต้น

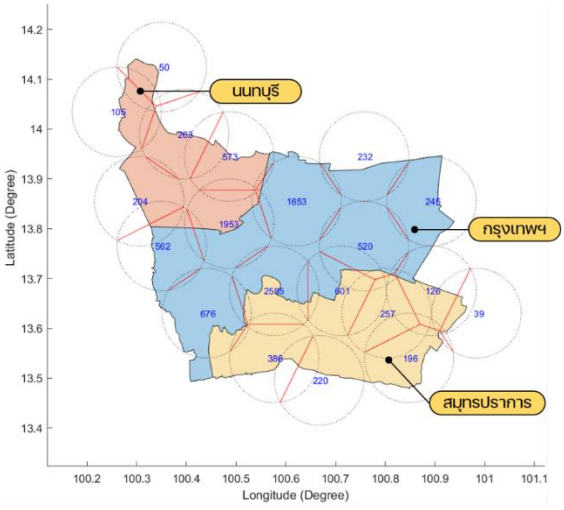


ภาพที่ 19 แผนที่เส้นถนนบนทางหลวงในประเทศไทย (Highway)

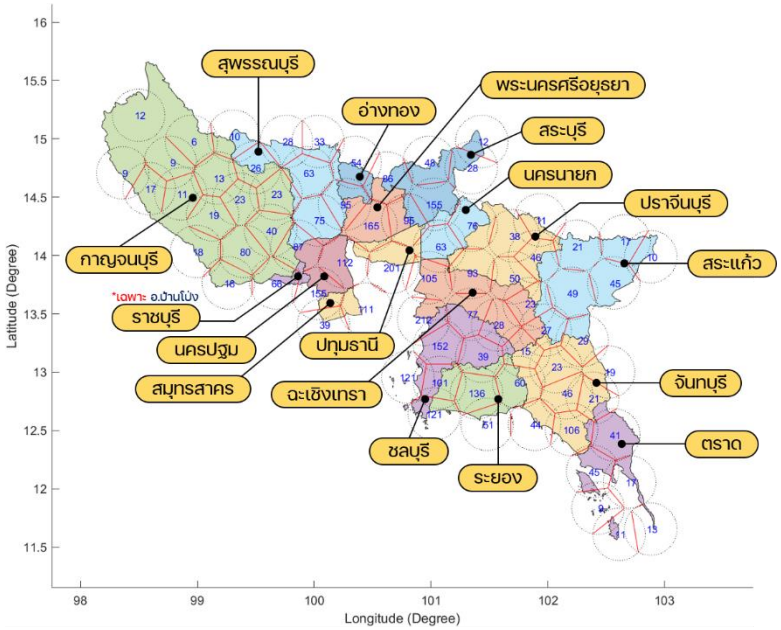


ภาพที่ 20 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุบนทางหลวง (Highway) สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 62 ตำแหน่ง

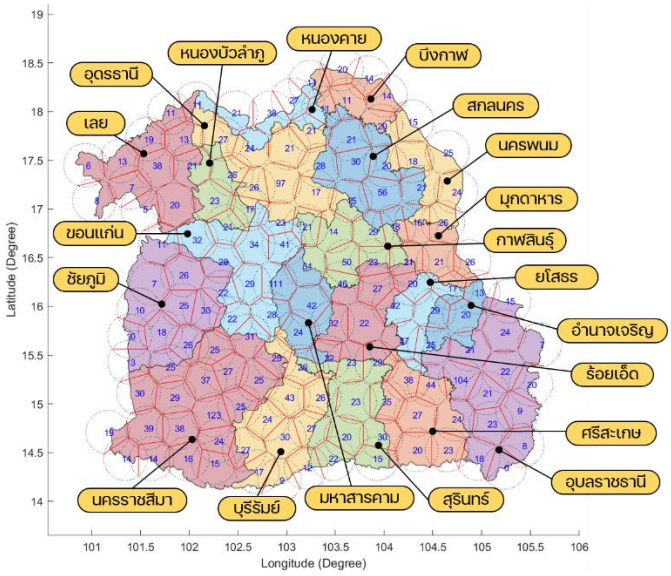
ภาพที่ 21 ถึงภาพที่ 25 แสดงจำนวนหัวจ่ายสะสมที่ต้องการเป็นอย่างน้อยในพื้นที่ตัวเมืองในปี ค.ศ. 2035 สำหรับติดตั้งตามพื้นที่ต่าง ๆ โดยพิจารณาจากจำนวนรถยนต์ (รย.1) ในพื้นที่ที่จำแนกตามที่อยู่อาศัยของผู้จดทะเบียนรายตำบลและข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ที่เป็นข้อมูลเส้นถนนในประเทศไทย เพื่อมาประมาณจำนวนรถยนต์ในพื้นที่ย่อยต่าง ๆ รวมถึงพิจารณาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss) ที่เกิดขึ้นจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าในพื้นที่



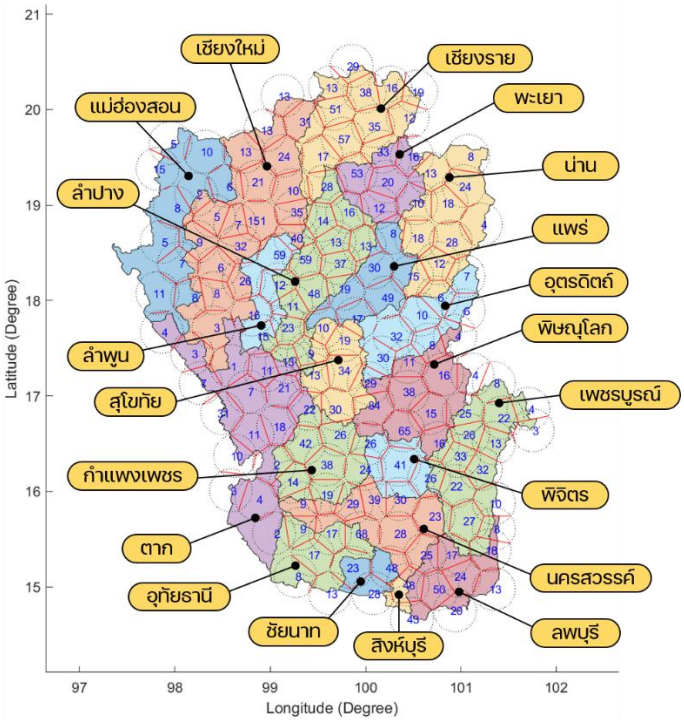
ภาพที่ 21 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ กฟน. สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 20 ตำแหน่ง



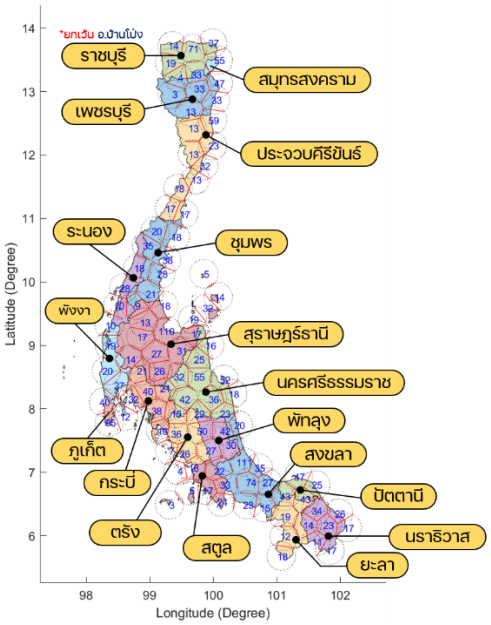
ภาพที่ 22 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคกลาง สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 76 ตำแหน่ง



ภาพที่ 23 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 147 ตำแหน่ง

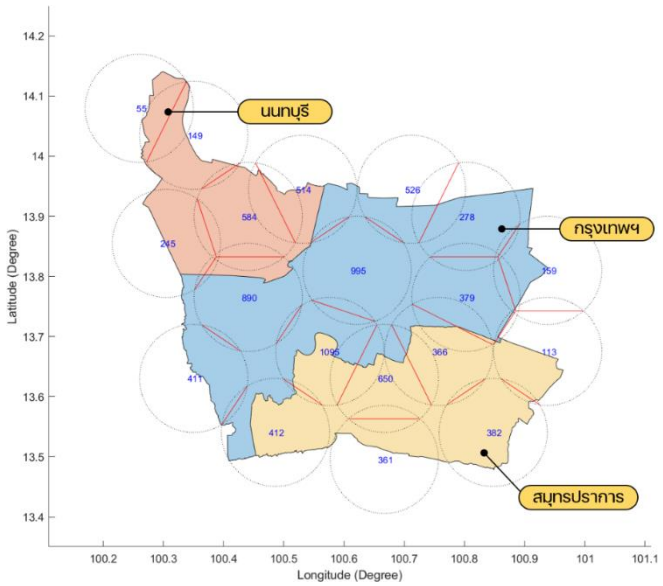


ภาพที่ 24 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคเหนือ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 158 ตำแหน่ง

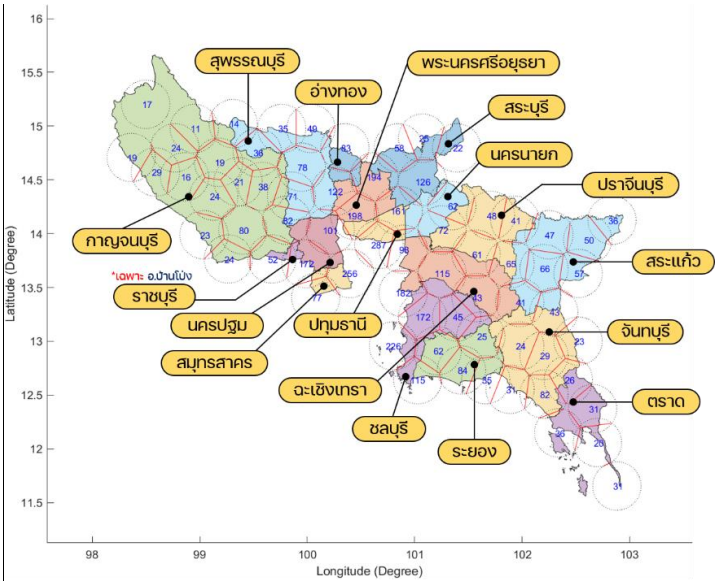


ภาพที่ 25 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคใต้ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 104 ตำแหน่ง

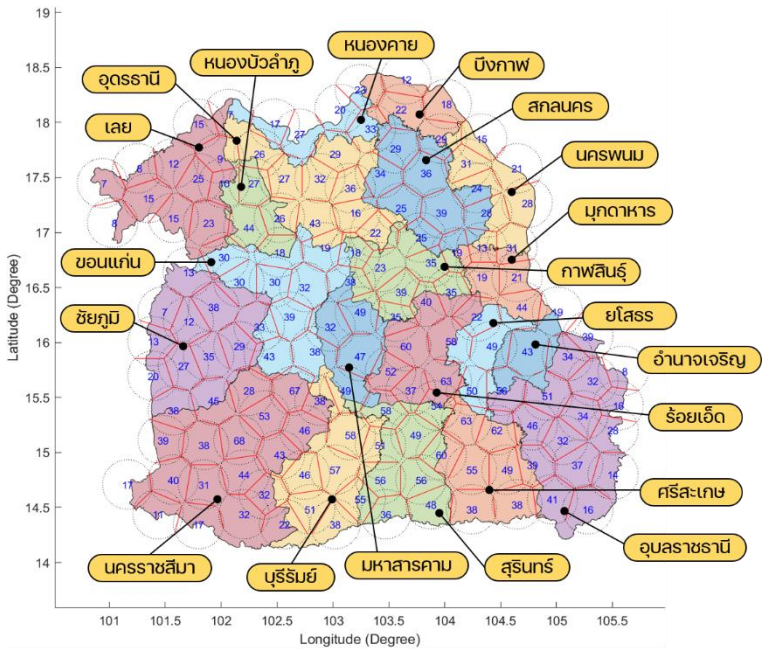
ภาพที่ 26 ถึงภาพที่ 30 แสดงถึงจำนวนหัวจ่ายสะสมที่ต้องการเป็นอย่างน้อยของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2035 โดยพิจารณาจากจำนวนรถจักรยานยนต์สาธารณะ (รย.17) ในพื้นที่ที่จำแนกตามที่อยู่อาศัยของผู้จดทะเบียนรายตำบลและข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เป็นข้อมูลเส้นถนนในประเทศไทย เพื่อมาประมาณจำนวนรถจักรยานยนต์สาธารณะในพื้นที่ย่อยต่าง ๆ รวมถึงพิจารณาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss) ที่เกิดขึ้นจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าในพื้นที่ ทั้งนี้ จำนวนหัวจ่ายจากการวิเคราะห์จำนวนเครื่องอัดประจุ จะตั้งสมมติฐานที่ว่าเครื่องสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ขนาด 8 ช่อง จะเทียบเท่า 1 หัวจ่าย



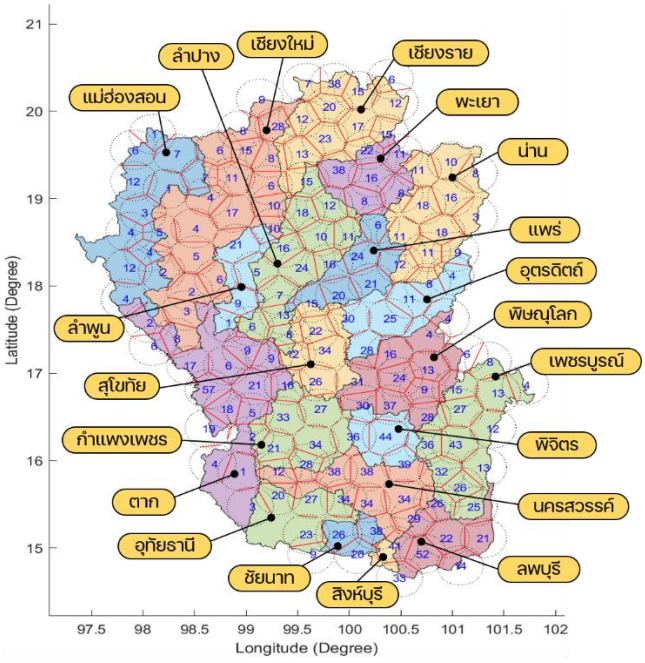
ภาพที่ 26 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ กฟน. สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 19 ตำแหน่ง



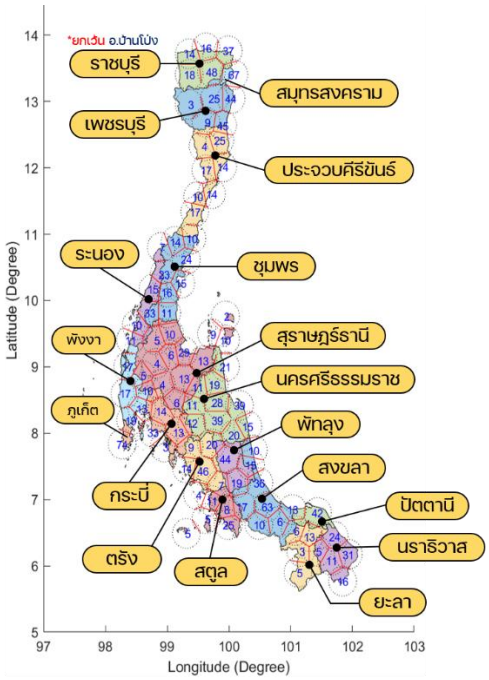
ภาพที่ 27 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคกลาง สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 70 ตำแหน่ง



ภาพที่ 28 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 148 ตำแหน่ง



ภาพที่ 29 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคเหนือ สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 158 ตำแหน่ง



ภาพที่ 30 ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหัวจ่ายในปี 2035 ของสถานีอัดประจุในพื้นที่ตัวเมือง (City) ของพื้นที่ภาคใต้ สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 94 ตำแหน่ง