# การระบุตำแหน่งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อตอบสนองเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง

สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์
พฤษภาคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

# การระบุตำแหน่งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อตอบสนองเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง

สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์
พฤษภาคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

# IDENTIFICATION OF FEASIBLE SITES FOR INFECTIOUS WASTE DISPOSAL PLANTS TO MEET ENVIRONMENTAL AND LOGISTICAL CONDITIONS

SURASAK SRISUPATTANAKUL

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Applied Geoinformatics

May 2023

Copyright 2023 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การระบุตำแหน่งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อตอบสนองเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง

ของ สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ เกตุอ๊อต)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภพ แพงวังทอง)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล จี้ฟู)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ เอี่ยมชื่น)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ์)

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ โรจนวสุ)

**เรื่อง:** การระบุตำแหน่งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อตอบสนองเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง

**ผู้วิจัย:** สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล, วิทยานิพนธ์: วท.ม.(ภูมิสารสนเทศประยุกต์), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565

**อาจารย์ที่ปรึกษา:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภพ แพงวังทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล จี้ฟู

**คำสำคัญ:** ขยะติดเชื้อ, ตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้, การจัดเส้นทางเดินรถ

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ 1) เพื่อระบุตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อ และ 2) เพื่อคาดการณ์ต้นทุนการขนส่งโดยอาศัยการค้นหาเส้นทางของรถขนขยะในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน ภายหลังการวิเคราะห์แบบตะแกรงตาม 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 7 แผนที่เกณฑ์ทั้งหมดถูกซ้อนทับเข้าด้วยกันเพื่อสร้างค่าคะแนนรวมอย่างมีการถ่วงน้ำหนักที่สะท้อนความเหมาะสมของตำแหน่งในด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระยะห่างจากพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่ป่า พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ถนน และโบราณสถาน ผลของการรวมคะแนนพบว่ามี 12 ทางเลือกที่ดีที่สุดใน 4 จังหวัด นั้น (3 ทางเลือกต่อจังหวัด) หลังจากนั้น เส้นทางรวบรวมขยะที่เหมาะสมของแต่ละตำแหน่งทางเลือกถูกกำหนดโดยอาศัยเงื่อนไขและการวิเคราะห์การจัดเส้นทางเดินรถในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วระยะทางและเวลาการเดินทางถูกคำนวณเพื่อเรียงลำดับตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับเป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อบนพื้นฐานและเงื่อนไขของทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง

**Title:** IDENTIFICATION OF FEASIBLE SITES FOR INFECTIOUS WASTE DISPOSAL PLANTS TO MEET ENVIRONMENTAL AND LOGISTICAL CONDITIONS

**Author:** Surasak Srisupattanakul, Thesis: M.Sc. (Applied Geoinformatics), University of Phayao, 2022

**Advisor:** Assistant Professor Dr. Wipop Phaengwungthong Co-advisor Phaisarn Jeefoo

**Keywords:** Infectious Waste, Possible Alternative Site, Vehicle Routing Problem

## ABSTRACT

The objectives of this study were 1) to identify possible alternative sites for infectious waste disposal plants and 2) to estimate the logistics cost based on optimal routes finding of waste trucks in upper northern provincial cluster 2 i.e., CHAINGRAI, PHAYAO, PHARE, and NAN Province. After sieve analysis relied on the 10 criteria of Pollution Control Department using Geographic Information System (GIS), all 7 criteria maps are overlaid together to create a weighted scores reflecting the suitable of sites in environmental aspects i.e., distance from headstream areas, forest areas, community areas, surface water sources, groundwater wells, roads, and ancient places. The results of the aggregate results showed that there are 12 best choices in the 4 provinces (3 choices/province). After that, the optimum garbage collection route of each alternative site is determined based on conditions and analysis of vehicle routing problem in GIS. Then, travel distances and times were calculated to rank possible alternative sites for being infectious waste disposal plants based on both environmental and logistic conditions.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภพ แพงวังทอง ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จี้ฟู กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จี้ฟู ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำการปรับปรุงแก้ไข และชี้แนะให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความคิดเห็นเรื่องค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ บุญปก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ์ นอกจากนี้ ขอขอบคุณเศรษฐพงศ์ วันเที่ยง นิสิตสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่เป็นผู้ช่วยในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและการสำรวจภาคสนาม

ขอขอบพระคุณ สำนักปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เจ้าของชั้นข้อมูลด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระดับจังหวัด ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษา

นอกจากนี้ ขอขอบคุณครอบครัวที่สนับสนุนด้านการศึกษาตลอดมา ขอบคุณเพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล

# สารบัญ

**หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 3
ขอบเขตของการวิจัย ..... 3
ขอบเขตด้านเนื้อหา ..... 3
ขอบเขตด้านพื้นที่ ..... 4
นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 5
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย ..... 5
บทที่ 2 ..... 6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 6
สภาพพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัดในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ..... 7
จังหวัดเชียงราย ..... 7
จังหวัดพะเยา ..... 7
จังหวัดแพร่ ..... 8
จังหวัดน่าน ..... 8

การจำลองโลกจริงสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ..... 9
1. แบบจำลองข้อมูลเวกเตอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ..... 10
2. แบบจำลองข้อมูลราสเตอร์ ..... 10
3. การสร้างแบบจำลองทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ..... 11
4.การตัดสินใจเชิงพื้นที่แบบหลายเกณฑ์ ..... 15
5. การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) (สุเพชร จิรขจรกุล, 2555) ..... 25
บทที่ 3 ..... 38
วิธีดำเนินการวิจัย ..... 38
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ..... 38
บทที่ 4 ..... 45
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล/ผลการทดลอง/ผลการวิจัย ..... 45
1. ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ ..... 45
2. ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม ..... 49
3. ผลการวิเคราะห์ด้านเส้นทางการขนส่งรวบรวมขยะติดเชื้อ ..... 59
บทที่5 ..... 86
บทสรุป ..... 86
สรุปผลการวิจัย ..... 86
อภิปรายผล ..... 87
ข้อเสนอแนะ ..... 89
บรรณานุกรม ..... 90
ประวัติผู้วิจัย ..... 91
คู่มือ ..... 160

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตาราง 1 สำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่ ..... 19
ตาราง 2 การเปรียบเทียบเป็นคู่ของการประเมินค่าหลักเกณฑ์.....20
ตาราง 3 การกำหนดความสัมพันธ์การกำหนดค่าน้ำหนัก ..... 21
ตาราง 4 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector.....22
ตาราง 5 ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบเป็นคู่ ของทั้ง 3 หลักเกณฑ์.....24
ตาราง 6 การประเมินค่าน้ำหนักโดยการเปรียบเทียบแบบหลากหลาย .....24
ตาราง 7 โครงข่าย (Network).....28
ตาราง 8 ข้อจำกัดการเลี้ยวหรือให้เลี้ยวตามเส้นทางที่กำหนด.....30
ตาราง 9 ข้อมูลที่ที่ใช้ในการวิจัย ..... 41
ตาราง 10 เงื่อนไขที่ใช้ในการประมวลผลการจัดเส้นทางรถขนขยะ .....43
ตาราง 11 ผลการคัดกรองที่ตั้งที่เหมาะสมด้วยเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ48
ตาราง 12 ค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์.....52
ตาราง 13 ที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 12 แห่งสำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อ .....54
ตาราง 14 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR 1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ .... 61
ตาราง 15 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....63
ตาราง 16 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....64
ตาราง 17 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....66
ตาราง 18 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PY1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....68
ตาราง 19 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PY2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ .....70
ตาราง 20 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PY3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....72
ตาราง 21 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PR1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....74

ตาราง 22 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PR2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....76
ตาราง 23 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PR3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....78
ตาราง 24 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ.....80
ตาราง 25 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ .....82
ตาราง 26 รายละเอียดแสดงค่าใช้จ่ายอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง .....85
ตาราง 27 ปริมาณขยะติดเชื้อรายสัปดาห์..... 170
ตาราง 28 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 1..... 173
ตาราง 29 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 2 ..... 173
ตาราง 30 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector ..... 173
ตาราง 31 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 1 ..... 174
ตาราง 32 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 2 ..... 174
ตาราง 33 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector ..... 174
ตาราง 34 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 1..... 175
ตาราง 35 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 2..... 175
ตาราง 36 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector ..... 175
ตาราง 37 การคำนวณค่าน้ำหนัก..... 176

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพ 1 งบประมาณในการกำจัดขยะติดเชื้อ ..... 1
ภาพ 2 พื้นที่ศึกษา เส้นทางถนน และตำแหน่งของโรงพยาบาล ..... 4
ภาพ 3 การจำลองสภาพพื้นที่ในโลกจริงมาสู่โลกดิจิตอล ..... 9
ภาพ 4 การจัดเก็บข้อมูลแบบเวกเตอร์และราสเตอร์ ..... 11
ภาพ 5 Binary Model แบบ Raster–based Logical Model ..... 13
ภาพ 6 การเชื่อมต่อข้อมูลแบบเส้น Endpoint connectivity ..... 29
ภาพ 7 การเชื่อมต่อข้อมูลแบบเส้น Vertex connectivity ..... 29
ภาพ 8 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ..... 31
ภาพ 9 กรอบแนวคิดการทำงาน ..... 39
ภาพ 10 ขั้นตอนการทำงาน ..... 40
ภาพ 11 ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ ..... 45
ภาพ 12 ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ ..... 46
ภาพ 13 ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ ..... 47
ภาพ 14 พื้นที่/ที่ตั้งที่เหมาะสมเกณฑ์ขั้นต่ำ 89 แห่ง ..... 49
ภาพ 15 ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม ..... 50
ภาพ 16 ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม ..... 51
ภาพ 17 ผลการรวมคะแนนความเหมาะสม ..... 53
ภาพ 18 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดเชียงราย CR1 CR2 และCR3 ..... 55
ภาพ 19 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดแพร่ PR1 PR2 และ PR3 ..... 56
ภาพ 20 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดน่าน NN1 NN2 และ NN3 ..... 57
ภาพ 21 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดพะเยา PY1 PY2 และ PY3 ..... 58

ภาพ 22 ผลการค้นหาเส้นทาง CR1 ..... 60
ภาพ 23 ผลการค้นหาเส้นทาง CR2 ..... 62
ภาพ 24 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ CR3 ..... 65
ภาพ 25 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PY1 ..... 67
ภาพ 26 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PY2 ..... 69
ภาพ 27 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PR1 ..... 73
ภาพ 28 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PR2 ..... 75
ภาพ 29 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PR3 ..... 77
ภาพ 30 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ NN1 ..... 79
ภาพ 31 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN2 ..... 81
ภาพ 32 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN3 ..... 83
ภาพ 33 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ CR1 ..... 96
ภาพ 34 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ CR1 ..... 97
ภาพ 35 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ CR1 ..... 98
ภาพ 36 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ CR1 ..... 99
ภาพ 37 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ CR1 ..... 100
ภาพ 38 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ CR2 ..... 101
ภาพ 39 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ CR2 ..... 102
ภาพ 40 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ CR2 ..... 103
ภาพ 41 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ CR2 ..... 104
ภาพ 42 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ CR2 ..... 105
ภาพ 43 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ CR3 ..... 106
ภาพ 44 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ CR3 ..... 107
ภาพ 45 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ CR3 ..... 108

ภาพ 46 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ CR3 ..... 109
ภาพ 47 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ CR3 ..... 110
ภาพ 48 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PY1 ..... 111
ภาพ 49 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PY1 ..... 112
ภาพ 50 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PY1 ..... 113
ภาพ 51 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PY1 ..... 114
ภาพ 52 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PY1 ..... 115
ภาพ 53 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PY2 ..... 116
ภาพ 54 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PY2 ..... 117
ภาพ 55 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PY2 ..... 118
ภาพ 56 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PY2 ..... 119
ภาพ 57 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PY3 ..... 120
ภาพ 58 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PY3 ..... 121
ภาพ 59 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PY3 ..... 122
ภาพ 60 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PY3 ..... 123
ภาพ 61 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PY3 ..... 124
ภาพ 62 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PR1 ..... 125
ภาพ 63 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PR1 ..... 126
ภาพ 64 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PR1 ..... 127
ภาพ 65 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR1 ..... 128
ภาพ 66 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PR1 ..... 129
ภาพ 67 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PR2 ..... 130
ภาพ 68 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PR2 ..... 131
ภาพ 69 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PR2 ..... 132

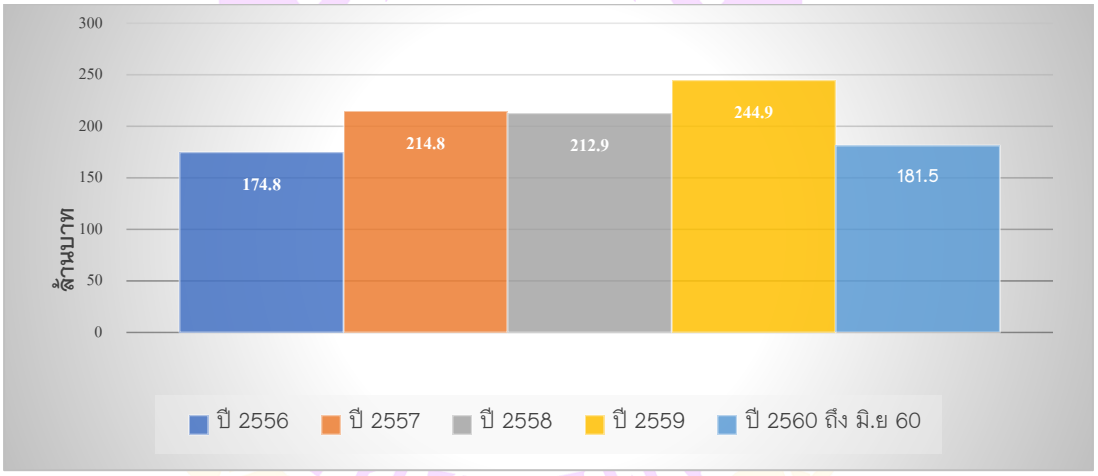
ภาพ 70 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR2 ..... 133
ภาพ 70 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR2 ..... 134
ภาพ 71 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PR2 ..... 135
ภาพ 72 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 6 ของ PR2 ..... 136
ภาพ 73 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PR3 ..... 137
ภาพ 74 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PR3 ..... 138
ภาพ 75 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PR3 ..... 139
ภาพ 76 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR3 ..... 140
ภาพ 77 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PR3 ..... 141
ภาพ 78 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ NN1 ..... 142
ภาพ 79 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ NN1 ..... 143
ภาพ 80 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ NN1 ..... 144
ภาพ 81 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN1 ..... 145
ภาพ 82 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ NN1 ..... 146
ภาพ 83 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ NN2 ..... 147
ภาพ 84 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ NN2 ..... 148
ภาพ 85 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ NN2 ..... 149
ภาพ 86 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN2 ..... 150
ภาพ 87 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ NN2 ..... 151
ภาพ 88 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 6 ของ NN2 ..... 152
ภาพ 89 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ NN3 ..... 153
ภาพ 90 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ NN3 ..... 154
ภาพ 91 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ NN3 ..... 155
ภาพ 92 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN3 ..... 156

ภาพ 92 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN3 ..... 157
ภาพ 93 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ NN3 ..... 158
ภาพ 94 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 6 ของ NN3 ..... 159
ภาพ 95 ถ่ายการทำงานให้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ..... 176

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีสถานพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชน ประมาณ 44,768 แห่ง (กรมอนามัย, 2562) การขยายตัวเพิ่มของสถานพยาบาลตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น รวมไปถึงการใช้บริการด้านสถานพยาบาลมากขึ้นของจำนวนผู้ป่วย โดยในแต่ละวันสถานพยาบาลมีการผลิตขยะทั่วไปและขยะติดเชื้อจำนวนมาก เพราะนิยมใช้วัสดุทางการแพทย์แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ซึ่งขยะติดเชื้อจัดเป็นของอันตราย เนื่องจากมีทั้งสารเคมีอันตราย ของมีคม ของใช้ของผู้ป่วย รวมไปถึงเลือด และสำลี ฯลฯ (อุษณีย์ ศิริสุนทรไพบูลย์ และคณะ, 2543) ปัญหานี้พบได้โดยทั่วไปทั่วประเทศ และพบได้ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน มีผลทำให้ในแต่ละปีงบประมาณในการกำจัดขยะติดเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังภาพ 1




**ภาพ 1 งบประมาณในการกำจัดขยะติดเชื้อ**

ในอดีต การจัดการขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาลโดยมากปัญหาที่พบคือ ไม่มีรูปแบบบริหารงานที่ชัดเจนในหน่วยงาน ไม่มีการกำหนดมาตรการในการกำจัด ไม่มีการวางแผนนโยบายและแผนการจัดการขยะติดเชื้อ ขาดการติดตามผลการกำจัดขยะติดเชื้อ ขาดงบประมาณ ไม่มีบุคลากรรับผิดชอบในการจัดการขยะติดเชื้อ(จอมจันทร์ นทีวัฒนา, 2555) หรือแม้แต่การวางแผนหรือค้นหาพื้นที่ที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับโรงกำจัดขยะด้วยเช่นกัน

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อมแห่งใหม่ มีการกำหนดเกณฑ์การพิจารณาตัดสินใจไว้โดยกรมควบคุมมลพิษจำนวน 10 เกณฑ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ประกอบด้วย 1) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 2) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ ได้แก่ เขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ 3) อยู่ห่างชุมชนไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 4) อยู่ห่างแหล่งน้ำผิวดินไม่น้อยกว่า 700 เมตร 5) ระดับน้ำใต้ดิน (ในฤดูฝน) อยู่ลึกมากกว่า 2 เมตร 6) อยู่ห่างพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยว ไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 7) อยู่ห่างถนนสายหลักไม่น้อยกว่า 300 เมตร 8) สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่รกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 9) อยู่ห่างจากบ่อบาดาลไม่น้อยกว่า 700 เมตร และ 10) ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างไม่น้อยกว่า 300 เมตร อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ดังกล่าวเป็นเพียงเกณฑ์ขั้นต่ำ เพราะฉะนั้นการจัดการในกรณีที่ดีที่สุดคือ การพิจารณาค้นหาในพื้นที่ศึกษาให้ได้ตำแหน่งที่ดีที่สุด ซึ่งยังไม่พบว่ามีหน่วยงานใดทำการศึกษาในพื้นที่ศึกษากลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 (เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน) นี้มาก่อนรวมไปถึงการนำผลการศึกษามาใช้ปฏิบัติจริงด้วย

การศึกษาเอกสารงานที่เกี่ยวข้อง พบว่าพื้นที่กลุ่ม 4 จังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 (เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน) มีการวางกรอบทิศทางการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรเป็นไปอย่างมีระบบและร่วมกัน แก้ไขปัญหาระหว่างจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2546 และวันที่ 17 พฤศจิกายน 2546 เห็นชอบให้จัดตั้งกลุ่มจังหวัดขึ้น (กลุ่มงานบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2, 2562) ดังนั้นเพื่อให้นโยบายรัฐบาลที่ให้ความสำคัญกับแผนพัฒนาภาค ศักยภาพ โอกาส ในการพัฒนาของพื้นที่ เพื่อเป็นการชี้นำการพัฒนาในภาพรวมของพื้นที่และให้เกิดการพัฒนาที่สอดคล้องเชื่อมโยงกันในทุกพื้นที่ รวมไปถึงเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อประชาชนได้อย่างทั่วถึง (กลุ่มงานบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2, 2562) พื้นที่ศึกษานี้จึงถูกเลือกและเป็นพื้นที่ดำเนินการเพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหาการจัดการขยะติดเชื้อ

นอกจากนี้ หากทำการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องพบอีกว่าการศึกษาดังกล่าวยังขาดการพิจารณาถึงเส้นทางการขนส่งและต้นทุน ซึ่งจะมีผลต่องบประมาณของการประกอบกิจการ ความยั่งยืน และอยู่ได้ของโรงกำจัดขยะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการประกอบกิจการดังกล่าวด้วยเอกชน (เศรษฐพงศ์ วันเที่ยง, 2561) อีกทั้งถ้าหากละเว้นการพิจารณาเรื่องเส้นทางพร้อมกับความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว อาจเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุของรถขนขยะติดเชื้อ ซึ่งการเกิดอุบัติเหตุก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคสู่

มนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ (ฐิฏา ไกรวัฒนพงศ์, 2562) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงนำเสนอวิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อค้นหาพื้นที่/ที่ตั้ง/ทางเลือกที่มีความเหมาะสมสำหรับการสร้างโรงกำจัดขยะติดเชื้อที่แตกต่างไปจากวิธีปกติ โดยการศึกษานี้ทำการเพิ่มขั้นตอนและเสนอแนวทางการพิจารณาความเหมาะสมค้นหาพื้นที่ในคราวเดียวกันทั้งพื้นที่ศึกษา และค้นหาเส้นทางรวบรวมขยะที่เหมาะสมที่สุดในการรวบรวมจากโรงพยาบาลไปยังโรงกำจัดขยะอีกด้วย นับว่าเป็นการพิจารณาเรื่องดังกล่าวทั้งหมดอย่างเป็นขั้นตอนที่ร้อยเรียงในคราวเดียว ซึ่งเป็นการพิจารณาที่มีเงื่อนไขหลายด้านมากกว่าวิธีการที่มีการใช้กันอยู่เดิมในปัจจุบัน

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับสร้างโรงกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้วิธีที่แตกต่างไปจากวิธีปกติ โดยการเพิ่มขั้นตอนและเสนอแนวทางการพิจารณาความเหมาะสมเพื่อการค้นหาในคราวเดียวทั้งพื้นที่ศึกษา
2. ค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในการรวบรวมขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาลไปยังโรงกำจัดเพื่อการพิจารณาความเหมาะสมตามเงื่อนไขด้านต้นทุนการขนส่งของแต่ละตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม

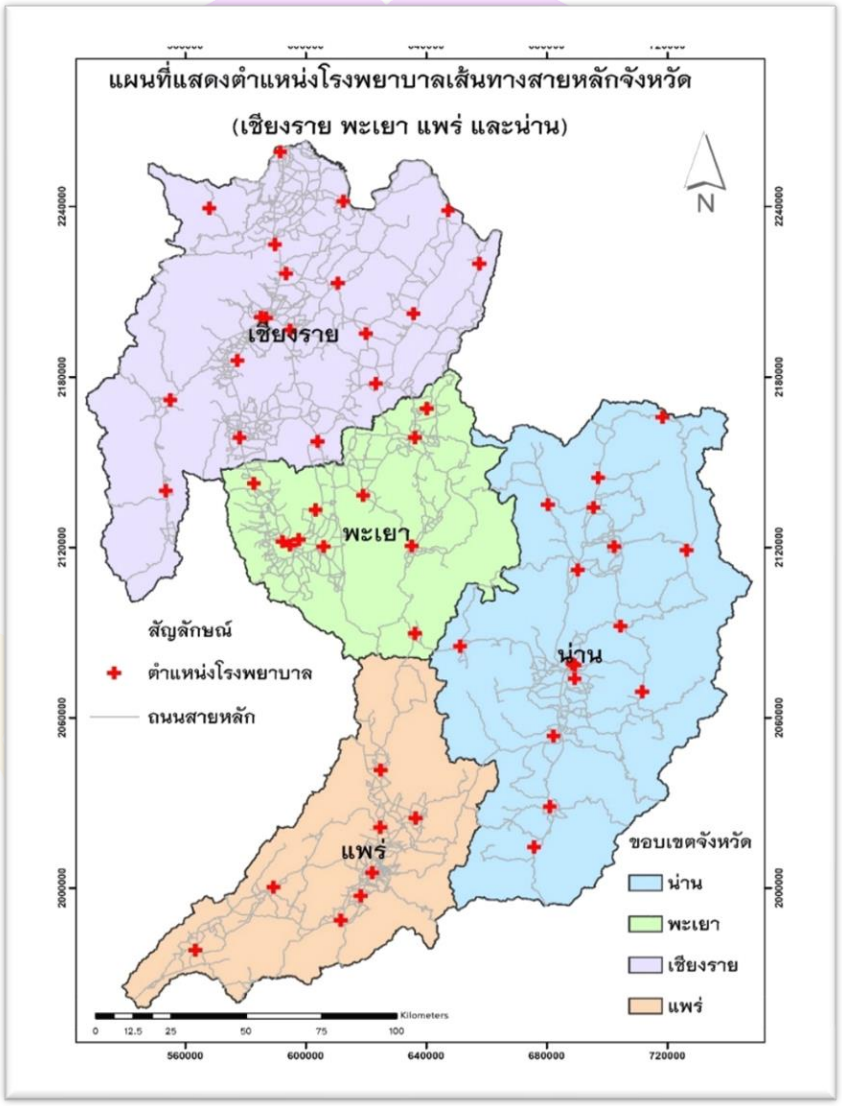
**ขอบเขตของการวิจัย**

**ขอบเขตด้านเนื้อหา**

คัดกรอง “พื้นที่หรือตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้” ด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้ 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษที่นำมาใช้เพื่อหา ในการตั้งโรงกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อ หลังจากนั้นทำการประเมินให้คะแนนอีกครั้งหนึ่งโดยอาศัยการรวมคะแนนจากแผนที่เกณฑ์ 7 เกณฑ์ อย่างมีการถ่วงน้ำหนักจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อค้นหาที่ตั้งโรงกำจัดที่มีคะแนนมากที่สุด 12 ตำแหน่ง(3 ตำแหน่งต่อจังหวัด) และท้ายสุด คือ การใช้ชุดคำสั่งในการวิเคราะห์แบบโครงข่าย (Network Analyst) เพื่อการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) ในการรวบรวมขยะติดเชื้อที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนด ได้แก่ ปริมาณขยะรายสัปดาห์ของโรงพยาบาล ช่วงเวลาและระยะเวลาการทำงาน ความจุและความเร็วของรถขนขยะ เวลาที่ใช้ในการขนเก็บขยะขึ้นรถ นอกจากนี้ ชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ ได้แก่ ชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของโรงพยาบาลและเส้นทางโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา

**ขอบเขตด้านพื้นที่**

แหล่งกำเนิดขยะติดเชื้อในที่นี้คือ โรงพยาบาลประจำอำเภอและโรงพยาบาลที่อยู่ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน ดังภาพ 2 ซึ่งมีสภาพพื้นที่และเส้นทางโครงข่ายถนนส่วนใหญ่อยู่บนที่ราบและมีเทือกเขาสลับกัน ทั้งทางทิศตะวันตก ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้และตอนกลาง




**ภาพ 2 พื้นที่ศึกษา เส้นทางถนน และตำแหน่งของโรงพยาบาล**

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. ขยะติดเชื้อ หมายถึง สิ่งที่ไม่ต้องการหรือถูกทิ้งจากสถานพยาบาล เป็นขยะมูลฝอยที่ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น เนื้อเยื่อ ชิ้นส่วนอวัยวะต่างๆ และสิ่งขับถ่ายหรือของเหลวที่ออกจากร่างกาย รวมถึงเครื่องใช้ที่สัมผัสกับผู้ป่วย เช่น สำลี ผ้าก๊อซ กระดาษทิชชู เสื้อผ้า เข็มฉีดยา มีดผ่าตัดตลอดจนซากสัตว์ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

2. เส้นทางเดินรถรวบรวมขยะติดเชื้อ หมายถึง เส้นทางของรถจัดเก็บขยะที่ผ่านการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyst) และประยุกต์ใช้การจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) ในการกำหนดเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมกับเงื่อนไข

3. ตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ คือ พื้นที่ที่มีศักยภาพผ่านการคัดกรอง 10 เกณฑ์กรมควบคุมมลพิษ ประกอบไปด้วย 1) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 2) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ ได้แก่ เขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ 3) อยู่ห่างชุมชนไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 4) อยู่ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินไม่น้อยกว่า 700 เมตร 5) ระดับน้ำใต้ดิน (ฤดูฝน) อยู่ลึกกว่า 2 เมตร 6) อยู่ห่างพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวและห่างไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 7) อยู่ห่างถนนสายหลักไม่น้อยกว่า 300 เมตร 8) สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่รกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 9) อยู่ห่างจากบ่อบาดาลไม่น้อยกว่า 700 เมตร และ10) ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างไม่น้อยกว่า 300 เมตร

**ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย**

1. ภาครัฐสามารถนำผลการศึกษานี้ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการขออนุมติตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ หรือเพื่อส่งเสริมการลงทุนของภาคเอกชนในพื้นที่

2. สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการจัดการเส้นทางเดินรถรวบรวมขยะติดเชื้อในพื้นที่อื่นได้

# บทที่ 2

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจัดการขยะติดเชื้อในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน มีการสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์และการวิเคราะห์โครงข่ายถนนเพื่อการจัดเส้นทางเดินรถรวบรวมขยะติดเชื้อ การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นที่รู้จักกันในชื่อ Vehicle Routing Problem (VRP) ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากที่แตกต่างกันในลักษณะของสภาพพื้นที่และสภาพปัญหา รูปแบบและเทคนิคต่างๆในการแก้ไขปัญหา และจัดเส้นทางในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้ศึกษาได้รวบรวมเอกสารที่สำคัญและเกี่ยวข้องดังนี้

1. สภาพพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัดในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2
2. การจำลองโลกจริงสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
3. การสร้างแบบจำลองทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
4. การตัดสินใจเชิงพื้นที่แบบหลายเกณฑ์
5. การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)
6. การจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle routing problem: VRP)
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**สภาพพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัดในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2**

**จังหวัดเชียงราย** ตั้งอยู่ตอนเหนือสุดของประเทศไทย อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 19 องศา ถึง 20 องศา 30 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 99 องศา 15 ลิปดา ถึง 100 องศา 45 ลิปดา ตะวันออก ทิศเหนือจังหวัดเชียงรายติดต่อกับเมืองสาดและจังหวัดท่าขี้เหล็กของ รัฐฉาน ประเทศพม่า และแขวงบ่อแก้ว ประเทศลาว ทิศตะวันออกติดต่อกับแขวงอุดมไซ ประเทศลาว ทิศใต้ติดต่อกับอำเภอภูซาง อำเภอจุน อำเภอดอกคำใต้ อำเภอภูกามยาว อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา อำเภอเมืองปาน อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง และอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ทิศตะวันตก ติดกับอำเภอดอยสะเก็ด อำเภอพร้าว อำเภอไชยปราการ อำเภอฝาง และอำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ และเมืองสาด รัฐฉาน ประเทศพม่า

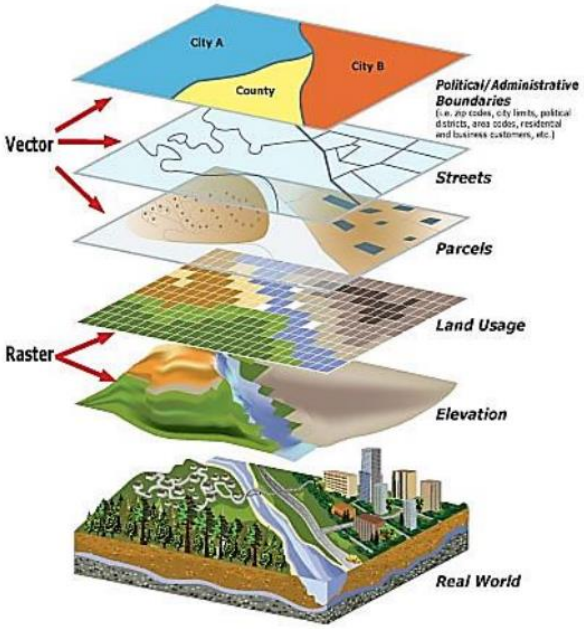
**จังหวัดพะเยา** ตั้งอยู่บนภาคเหนือตอนบน อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ตามทางหลวงหมายเลข ๑ (ถนนพหลโยธิน) ประมาณ ๗๔๐ กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อ ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอพาน อำเภอป่าแดด และอำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ทิศตะวันออกติดต่อกับแขวงไชยะบุรี ประเทศลาว อำเภอท่าวังผา อำเภอบ้านหลวงและกิ่งอำเภอสองแคว จังหวัดน่านทิศใต้ติดต่อกับอำเภองาว จังหวัดลำปาง และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภองาว อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงและภูเขา มีระดับความสูงตั้งแต่ ๓๐๐ – ๑,๕๕๐ เมตร จากระดับน้ำทะเล

**จังหวัดแพร่** เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14.70 – 18.44 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 99.58 – 100.30 องศาตะวันออก และอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 161.792 เมตร มีเนื้อที่ทั้งหมด 6,538.59 ตารางกิโลเมตร จังหวัดแพร่มีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ ทิศเหนือติดกับจังหวัดพะเยาและน่าน ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดน่าน ทิศตะวันตกติดกับจังหวัดลำปาง ทิศใต้ติดกับจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดสุโขทัย จังหวัดแพร่ มีภูเขาล้อมรอบทั้ง 4 ทิศ บริเวณตอนกลางของจังหวัด ลักษณะเป็นแอ่งที่ราบคล้ายก้นกะทะ ใช้เป็นที่อยู่อาศัยและทำการเกษตร มีแม่น้ำยมไหลผ่านทุกอำเภอจากทิศเหนือใน อำเภอสอง ไหลผ่านทุกอำเภอลงมาทิศใต้ บริเวณที่ราบลุ่ม ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำยม ใช้เป็นที่อยู่อาศัย และทำการเกษตร

**จังหวัดน่าน** มีสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาซึ่งวางตัวในแนวเหนือ–ใต้ โดยเฉพาะบริเวณชายแดนด้านเหนือและตะวันออกซึ่งเป็นรอยต่อกับประเทศลาว มีภูเขาในเขตอำเภอบ่อเกลือ เป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในจังหวัด คือมีความสูงถึง 2,079 เมตร และมีดอยภูคาในเขตอำเภอปัว เป็นยอดเขาที่สำคัญของจังหวัด มีความสูง 1,980 เมตร ส่วนพื้นที่ราบจะอยู่บริเวณตอนกลางของจังหวัด และตามลุ่มน้ำต่างๆ แหล่งน้ำที่สำคัญของจังหวัดคือแม่น้ำน่าน ซึ่งมีต้นกำเนิดทางตอนเหนือของจังหวัด แล้วไหลลงไปยังเขื่อนสิริกิติ์ในจังหวัดอุตรดิตถ์ และบรรจบกับแม่น้ำปิงที่จังหวัดนครสวรรค์เป็นแม่น้ำเจ้าพระยา

**การจำลองโลกจริงสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่ใช้การบูรณาการเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการนำเข้า จัดเก็บ จัดการ สืบค้น วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลภูมิศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะ (สัญญา สราภิรมย์, 2549) โดยเป็นการนำศาสตร์เชิงพื้นที่ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้จำลองสภาพพื้นที่ในโลกจริง (real world) เป็นชั้นขอมูล (data layers) ในโลกดิจิตทัล (digital world) อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยข้อมูลจากเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลและระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกเข้ามาช่วยประกอบกัน ภาพ 3 แสดงการจำลองสภาพพื้นที่ในโลกจริงโดยแยกออกมาเป็นชั้นข้อมูลในโลกดิจิทัล




**ภาพ 3 การจำลองสภาพพื้นที่ในโลกจริงมาสู่โลกดิจิตอล**

**ที่มา:**(สัญญา สราภิรมย์, 2540)

จากรูปและที่กล่าวแล้วข้างต้นสรุปได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นแบ่งการจัดเก็บข้อมูลโลกจริงออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองข้อมูลเวกเตอร์ และแบบจำลองข้อมูลราสเตอร์

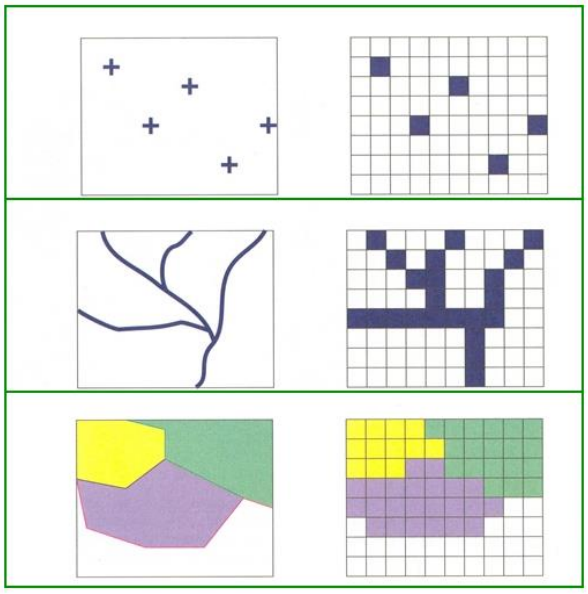
**1. แบบจำลองข้อมูลเวกเตอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่** 1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และ 2) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ หรือข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) ข้อมูลทั้ง 2 ประเภท สามารถนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ นั้นคือการนำเอาข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Data) ในสภาพของโลกจริง ได้แก่ ข้อมูลเชิงวัตถุ (Object) เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) ที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกในประเด็นที่สนใจศึกษาทั้งลักษณะที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือมนุษย์สร้างขึ้น และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านั้น โดยจำลองสภาพจริงหรือลักษณะที่ปรากฏจริงด้วยกราฟิก (Graphic) หรือสัญลักษณ์ ที่เรียกว่าวัตถุเชิงนามธรรม (Feature) 3 ประเภท (สมพร สง่าวงศ์, 2552) ดังนี้

1.1 รูปลักษณ์จุด (Point Feature) ใช้แทนข้อมูลที่ย่อส่วนแล้วมีขนาดเล็กมาก เลยแสดงได้แค่จุดตัวอย่าง เช่น จุดที่ตั้งของโรงเรียน โรงพยาบาล วัด สถานีตำรวจ ฯลฯ

1.2 รูปลักษณ์เส้น (Line Feature) ใช้แทนข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่องเป็นแนวยาว เช่น แม่น้ำ ถนน ทางรถไฟ ฯลฯ

1.3 รูปลักษณ์พื้นที่ (Area Feature) ใช้แทนข้อมูลที่มีขนาดใหญ่พอแสดงเป็นพื้นที่ได้ เช่น อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ พื้นที่ป่าไม้ ฯลฯ

**2. แบบจำลองข้อมูลราสเตอร์** จัดเก็บข้อมูลเป็นลักษณะตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กๆ (Grid or Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ขนาดของตารางกริดหรือความละเอียด (Resolution) ในการเก็บข้อมูลจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งจำนวนแถว และจำนวนคอลัมน์ ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บโดยใช้ตารางกริด เช่น ภาพทางอากาศ (Aerial photo) ภาพดาวเทียม (Satellite Images) เป็นต้น



**ภาพ 4** การจัดเก็บข้อมูลแบบเวกเตอร์และราสเตอร์

**ที่มา**:(เนตรนภา เครืออิ่ม, 2563)

**3. การสร้างแบบจำลองทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์** (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547)

การสร้างแบบจำลองทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS Modeling) หมายถึง การใช้ GIS ในกระบวนการสร้างแบบจำลองด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (The use of GIS in the process of building models with spatial data) โดยลักษณะสำคัญของการสร้างแบบจำลองด้วย GIS คือ

– เป็นเครื่องมือที่สามารถผสมผสานแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ได้แก่ แผนที่ DEM GPS ข้อมูลภาพ และตารางสำหรับการแสดงร่วมกันและการเชื่อมโยงอย่างพลวัตร

– แบบจำลองเป็นไปได้ทั้งแบบ Vector–based หรือ Raster–based ซึ่งจะใช้แบบใดขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแบบจำลอง แหล่งข้อมูล และอัลกอริทึมของการคำนวณ

– รูปแบบ (format) ไม่ว่าจะอยู่ในรูป Vector–based หรือ Raster–based ไม่เป็นอุปสรรค เนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบเพื่อให้เหมาะต่อการวิเคราะห์ได้ง่าย อาจต้องการการเชื่อมโยงไปยังโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่นๆ เช่น โปรแกรมสถิติประเภทของแบบจำลอง GIS มีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ Binary Model, Index Model, Process Model และ Regression Model รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

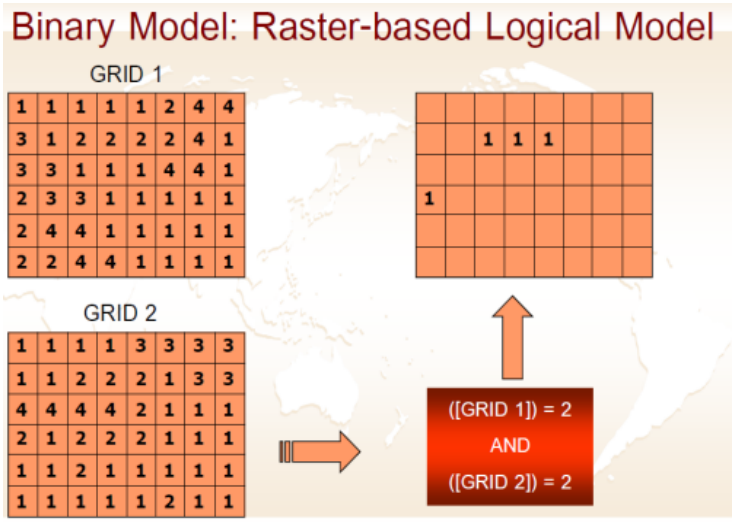
– Binary Model เป็นการใช้คำสั่งตรรกะเพื่อเลือกลักษณะของแผนที่จากแผนที่ผสม (a composite map) หรือกริดผลคูณ หรือกริดที่หลากหลาย (multiple grids) ผลลัพธ์ของ Binary Model คือไฟล์ในรูปแบบ Binary โดยที่เลข 1 หมายถึง จริง (Truth) ตามคำสั่งตรรกะ ส่วนเลข 0 หมายถึง เท็จ (False) (คือไม่เป็นไปตามคำสั่งตรรกะ) Index Model เป็นการใช้ค่าดัชนีที่คำนวณจากแผนที่ผสม หรือข้อมูลกริดที่เป็นผลคูณ เพื่อผลิตแผนที่จัดลำดับ (a ranked map) ใช้ได้ทั้งข้อมูล Vector–based หรือ Rater–based (แต่นิยมใช้แบบ Raster–based Index Model มากกว่า Vector–based)

ตัวแปรที่เลือกใช้ใน Index Model จะถูกประเมินใน 2 ระดับคือ (1) การให้ค่า (น้ำหนัก) ความสำคัญแก่ตัวแปร (The relative importance of each variable is evaluated against other variables, $w_i$) และ (2) การให้ค่าคะแนนแก่ค่าข้อมูลของตัวแปร (The observed values of each variable are evaluated and given numeric scores, $V_i$)

Index Model แสดงในรูปสมการเส้นตรง

Index Variable = Sum of Selected Variables and their Weight

Index Variables = $w_1*V_1+w_2*V_2+....+w_n*V_n$




**ภาพ 5** Binary Model แบบ Raster–based Logical Model

**ที่มา:** สุกัญญา ศรีทอง (2561)

จากภาพด้านบนแสดงตัวอย่างการสร้าง Binary Model Raster–based Logical Model ที่สามารถกระทำได้โดยตรงจากการสอบถามข้อมูลกริดต่างๆซึ่งแต่ละข้อมูลกริดเป็นตัวแปรที่ใช้เป็น Criterion Binary Model เหมาะสำหรับการสอบถามข้อมูล (Data Query or Map Query) การประยุกต์ Binary Model ส่วนมากจะใช้กับการวิเคราะห์พื้นที่ (Siting Analysis) และการสกัดการเปลี่ยนแปลง (Change Detection) และใช้เครื่องมือ Raster calculator, Map algebra หรือ Field calculator รวมถึงเครื่องมือที่ใกล้เคียงกันมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยตรรกะ เป็นต้น

– Process Model เป็นการผสมผสานองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางสิ่งแวดล้อมในโลกจริงไปยังชุดของความสัมพันธ์และสมการสำหรับตรวจวัดเชิงปริมาณกระบวนการดังกล่าว (Integrates existing knowledge about environmental processes in the real world into a set of relationships and equation for quantifying the processes) Model อื่นๆเป็นได้แบบพรรณนา (Descriptive) หรือ แบบสถิติ (Statistical) เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ Process Model สามารถเป็นได้ทั้ง Predictive และ Explanation มักนิยมใช้กับ raster–b

– Process Model เป็นการผสมผสานองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางสิ่งแวดล้อมในโลกจริงไปยังชุดของความสัมพันธ์และสมการสำหรับตรวจวัดเชิงปริมาณกระบวนการดังกล่าว (Integrates existing knowledge about environmental processes in the real world into a set of relationships and equation for quantifying the processes)

Model อื่นๆเป็นได้แบบพรรณนา (Descriptive) หรือ แบบสถิติ (Statistical) เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ Process Model สามารถเป็นได้ทั้ง Predictive และ Explanation มักนิยมใช้กับ raster–based

ตัวอย่าง Process Model เช่น สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation)

$$A = R * K * L * S * C * P$$

ตัวอย่าง Process Model เช่นสมการสมดุลน้ำในดิน (Soil Water Balance Equation)

$$SW = P - (E + R + D)$$

– Regression Model แบบจำลองถดถอยเชิงเส้น เป็นการนำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระมาสร้างสมการซึ่งสามารถใช้สมการนี้ในการประมาณค่าหรือพยากรณ์ได้ Regression Model แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Linear Regression ใช้เมื่อตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเป็นตัวเลขเชิงปริมาณ โดยในโปรแกรม ArcMap ตั้งแต่เวอร์ชั่น 9.3.1 เป็นต้นมาจะมีฟังก์ชันการสร้างแบบจำลองถดถอยซึ่งจะใช้วิธีการ Ordinary Least Square (OLS) มาใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง นอกจากนี้แบบจำลองถดถอยยังถูกพัฒนาการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระในรูปแบบการถ่วงน้ำหนักจากตัวแปรที่อยู่ใกล้เคียงกันในเชิงพื้นที่หรือที่เรียกว่า แบบจำลองถดถอยแบบถ่วงน้ำหนักภูมิศาสตร์ (Geographic Weighted Regression, GWR)

**4.การตัดสินใจเชิงพื้นที่แบบหลายเกณฑ์**

การศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้การตัดสินใจเชิงพื้นที่แบบหลายเกณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เกี่ยวข้องกับการให้ค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์ (Criterion Weighting) ซึ่งคือ การเน้นความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์อื่นๆ โดยจะขึ้นอยู่กับค่าความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจ ถ้าค่าน้ำหนักมาก แสดงว่าหลักเกณฑ์นั้นมีความสำคัญมากเมื่อเทียบกับหลักเกณฑ์อื่นๆ วิธีการที่ได้รับความนิยมในการประมาณค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์ประกอบด้วย วิธีการจัดลำดับ (Ranking) วิธีการจัดระดับ (Rating) วิธีเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) รายละเอียดดังนี้

**4.1 การประมาณค่าน้ำหนัก ((EstimatingWeights))**

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการตัดสินใจจะเกี่ยวข้องกับความผันแปรของผู้ตัดสินใจ ดังนั้นข้อมูลที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความสำคัญของหลักเกณฑ์ที่ต้องการ จะได้มาจากกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ ขั้นตอนที่สำคัญของการได้มาซึ่งค่าน้ำหนัก คือ การตัดสินค่าน้ำหนักจากความชอบของผู้ตัดสินใจ ซึ่งค่าน้ำหนัก คือ ค่าที่กำหนดเพื่อใช้ในการประเมินหลักเกณฑ์ที่แสดงถึงความสำคัญที่สัมพันธ์กับหลักเกณฑ์อื่น ๆ ภายใต้การพิจารณาการกำหนดค่าน้ำหนักของความสำคัญเพื่อประเมินหลักเกณฑ์ สำหรับ (1) การเปลี่ยนแปลงลำดับของตัวแปรสำหรับแต่ละการประเมินหลักเกณฑ์ (2) ระดับความแตกต่างของความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับลำดับของตัวแปร ท้ายที่สุดนี้ มักจะมีความเข้าใจผิดในการแปลความหมายค่าน้ำหนักของความสำคัญของการประเมินหลักเกณฑ์ ค่าน้ำหนักไม่ขึ้นอยู่กับลำดับของค่าหลักเกณฑ์ นั่นคือความแตกต่างระหว่างค่าน้อยสุด และค่ามากสุดที่จะให้กับหลักเกณฑ์ การให้ค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์สามารถทำได้ตามอำเภอใจโดยการเพิ่มหรือลดลำดับหลักโดยทั่วไป คือ การเข้าใจถึงประโยชน์ของการเปลี่ยนแปลงจากระดับมากที่สุดไปยังระดับน้อยที่สุดของแต่ละ (Criterion Outcome) ที่สัมพันธ์กันกับประโยชน์ของการเปลี่ยนแปลงจากระดับแย่ที่สุดไปยังระดับดีที่สุดสำหรับหลักเกณฑ์อื่นภายใต้การพิจารณา ซึ่งค่าน้ำหนักที่ Normalize แล้วเมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1

**4.2 วิธีจัดลำดับ (Ranking Method)**

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการประเมินความสำคัญของค่าน้ำหนัก ซึ่งถูกจัดอยู่ในรูปของ Rank Order นั่นคือ ทุก ๆ หลักเกณฑ์ ภายใต้การพิจารณา จะถูกจัดลำดับตามความชอบของผู้ตัดสินใจ มีทั้งการจัดลำดับโดยตรง (Straight Ranking) (สำคัญมาก =1, สำคัญลำดับที่สอง = 2 และอื่น ๆ) หรือการจัดลำดับแบบกลับข้าง (Inverse Ranking) (สำคัญน้อย =1, สำคัญน้อยลงมา = 2 และอื่น ๆ) วิธีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ Rank Sum, Rank Reciprocal, และ Rank Exponent

4.2.1 Rank Sum ค่าน้ำหนักสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$w_i = \frac{n - r_j + 1}{\sum (n - r_k + 1)}$$

โดยที่ $w_i$ = ค่าน้ำหนักที่ Normalized แล้ว ของหลักเกณฑ์ j

n = จำนวนหลักเกณฑ์ที่พิจารณา (k = 1, 2,...,n)

$r_j$ = อันดับความสำคัญของหลักเกณฑ์ j

4.2.2 Rank Reciprocal จะพิจารณาจากค่าอันดับหลักเกณฑ์ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$w_i = \frac{1/r_j}{\sum (1/r_k)}$$

4.2.3 Rank Exponent จะเพิ่มค่าคงที่ p ในการพิจารณาด้วย โดยค่า p จะแสดงถึงข้อมูลเพิ่มเติม (Addition Price of Information) ถ้าค่า p มาก จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญมาก และหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อย โดยที่หลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากจะยิ่งสำคัญมากขึ้น ส่วนหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยก็จะมีความสำคัญลดลง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$w_i = \frac{(n - r_j + 1)^p}{\sum (n - r_k + 1)^p}$$

**4.3 วิธีการจัดระดับ (Rating)**

วิธีการจัดระดับ เป็นวิธีที่ผู้ตัดสินใจจะประเมินค่าน้ำหนัก โดยการกำหนดสเกลไว้ล่วงหน้า การกำหนดสเกลอาจอยู่ในช่วง 0–10 หรือ 0–100 ก็ได้ วิธีการจัดระดับอย่างง่ายวิธีหนึ่ง คือ วิธีการกำหนดจุด (Point allocation) วิธีการนี้ ต้องการให้ผู้ตัดสินใจกำหนดจุด โดยจัดระดับจาก 0–100 ซึ่ง 0 แสดงถึงหลักเกณฑ์ที่ไม่สนใจ และ 100 แสดงถึงตำแหน่งเฉพาะหลักเกณฑ์เดียวที่ต้องการพิจารณาในการกำหนดตำแหน่งการตัดสินใจ หลักเกณฑ์ได้รับจุดมากจะมีความสำคัญมาก กำหนดตำแหน่ง ตัวอย่าง การพิจารณาพื้นที่ตั้งโรงงานซึ่งเกี่ยวข้องกับ 3 หลักเกณฑ์ โดยผู้ตัดสินใจกำหนด 30 จุด สำหรับการเข้าถึงได้ง่ายของระบบขนส่ง 50 จุด ของต้นทุนการก่อตั้งโรงงาน และ 20 จุด ของความใกล้ชิดกับแหล่งน้ำ ซึ่งมีผลรวมทั้งหมดเท่ากับ 100 ดังนั้น ค่าน้ำหนักที่จะกำหนดให้แต่ละหลักเกณฑ์ คือ 0.3, 0.5 และ 0.2 ตามลำดับ

อีกทางเลือกหนึ่งของวิธีการกำหนดจุด คือ วิธีการประมาณสัดส่วน (Ratio Estimation Procedure) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวีธีการกำหนดจุด โดยเริ่มต้นจาก การกำหนดค่าน้ำหนักตามความพอใจสำหรับหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุด อย่างเช่นวิธีการใดวิธีการหนึ่งของการจัดลำดับ โดยกำหนด 100 คะแนนสำหรับหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญมาก และกำหนดค่าคะแนนที่น้อยลงมาสำหรับหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยลง คะแนนที่กำหนดให้หลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยที่สุดจะถูกนำมาเป็น Anchor Point สำหรับใช้ในการคำนวณสัดส่วน จากนั้นนำ Anchor Point มาหาค่าคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์ การคำนวณสัดส่วนเท่ากับ $w_i$ / w* โดยที่ $w_i$ คือ ค่าคะแนนของหลักเกณฑ์ j w* คือ ค่าคะแนนที่น้อยที่สุด จากนั้นจะได้ค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ และทำการ Normalize ค่าน้ำหนักด้วยการหารผลรวมของค่าน้ำหนักทั้งหมด

**4.4 วิธีเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison Method)**

วิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่เป็นวิธีที่พัฒนาโดย Thomas L. Saaty (1980) เป็นเนื้อหาของการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจอย่างเป็นลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) วิธีการนี้เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบเป็นคู่เพื่อสร้างตารางสัดส่วน

4.4.1 การพัฒนาตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ (Development of the Pairwise Comparison Matrix) ที่เป็นตารางในการวินิจฉัยเปรียบเทียบหลักเกณฑ์แต่ละหลักเกณฑ์เป็นคู่ ๆ โดยใช้สเกลที่กำหนดไว้ 1–9 ซึ่งจะสัมพันธ์กับความชอบระหว่าง 2 หลักเกณฑ์ รายละเอียดความเข้มของความสำคัญที่กำหนดให้แต่ละหลักเกณฑ์แสดงไว้ในตาราง

**ตาราง 1** *สำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่*

| ลำดับ | Definition | ความหมาย |
|---|---|---|
| 1 | Equal importance | สำคัญเท่ากัน |
| 2 | Equal to moderate importance | สำคัญเท่ากันถึงปานกลาง |
| 3 | Moderate importance | สำคัญปานกลาง |
| 4 | Moderate to strong importance | สำคัญปานกลางถึงค่อนข้างมาก |
| 5 | Strong importance | สำคัญค่อนข้างมาก |
| 6 | strong to very strong importance | สำคัญค่อนข้างมากถึงมากกว่า |
| 7 | Very strong importance | สำคัญมากกว่า |
| 8 | Very to extremely strong importance | สำคัญมากกว่าถึงมากที่สุด |
| 9 | Extremely importance | สำคัญมากที่สุด |

ที่มา : Saaty (1980)

*ข้อสังเกต : ตารางสเกลสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่ จะมีแตกต่างจากตารางของวิธีการจัดลำดับ (Ranking) วิธีการจัดระดับ (Rating) คือ (1) จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 หลักเกณฑ์ (2) ในการเปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์ จะเริ่มต้นจากค่าความสำคัญที่เท่ากัน ซึ่งจะแตกต่างจากวิธีการจัดลำดับ และ วิธีการจัดระดับ ซึ่งจะกำหนดค่าความสำคัญที่ระดับเท่าไหร่เลย **

**ตาราง 2** *การเปรียบเทียบเป็นคู่ของการประเมินค่าหลักเกณฑ์*

| Criterion | Price | Slope | View |
|---|---|---|---|
| **Price** | 1 | 4 | 7 |
| **Slope** | 1/4 | 1 | 5 |
| **View** | 1/7 | 1/5 | 1 |

**ผู้ตัดสินใจคิดว่า Price สำคัญกว่า Slop ที่ระดับปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderate to strong importance) ค่าคะแนนที่ได้ คือ 4 ต่อไป คิดว่า Price สำคัญมาก (Very strong importance) กว่า View ค่าคะแนนที่ได้จะเท่ากับ 7 จากนั้น เปรียบเทียบระหว่าง Slop กับ View และคิดว่า Slop สำคัญค่อนข้างมาก ( Strong importance) กว่า View ค่าคะแนนที่ได้เท่ากับ 5 ซึ่งค่าคะแนนที่ได้นี้จะวางอยู่มุมบนด้านขวาของตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ (ตาราง 6.4) จากข้อมูลนี้ เราสามารถตัดสินใจใส่ข้อมูลส่วนที่เหลือได้ ตัวอย่าง ถ้า หลักเกณฑ์ A ชอบมากกว่าหลักเกณฑ์ B สามารถสรุปได้ว่า หลักเกณฑ์ B ชอบเพียง ครึ่งหนึ่งของหลักเกณฑ์ A ถ้าหลักเกณฑ์ A คะแนนเท่ากับ 2 หลักเกณฑ์ B จะได้รับคะแนน ½ เมื่อเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ A สำหรับในแนวทแยง จะเป็นการเปรียบเทียบตัวมันเอง จึงมีค่าเป็น 1 แสดงถึงความชอบที่เท่ากัน **

4.4.2 การคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ (Computation of the Criterion Weights) มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ (1) การหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ (2) หารค่าในตารางด้วยผลรวมของแต่ละคอลัมน์ (Normalized Matrix) และ (3) คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวของ Normalized Matrix จากนั้นหารผลรวมทั้งหมดของค่าที่ Normalized แล้ว ในแต่ละแถว ด้วย 3 (จำนวนของหลักเกณฑ์) ซึ่งค่าเฉลี่ยเหล่านี้จะเป็นค่าน้ำหนักนั่นเอง (ตารางที่4) ค่าน้ำหนักที่ได้ คือ 0.675, 0.252 , และ 0.073 สำหรับ Price, Slop และ View หมายความว่า Price มีความสำคัญมากที่สุด ตามด้วย Slop และ View

**ตาราง 3** *การกำหนดความสัมพันธ์การกำหนดค่าน้ำหนัก*

| Criterion | Step I | | | Step II | | | Step III |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | p | s | v | p | s | v | Weight |
| Price(p) | 1 | 4 | 7 | 0.718 | 0.769 | 0.538 | (0.718 + 0.769 + 0.538) / 3 = 0.675 |
| Slope(s) | 1/4 | 1 | 5 | 0.180 | 0.192 | 0.385 | (0.180 + 0.192 + 0.385) / 3 = 0.252 |
| View (v) | 1/7 | 1/5 | 1 | 0.102 | 0.039 | 0.077 | (0.102 + 0.039 + 0.077) / 3 = 0.073 |
| Sum | 1.392 | 5.200 | 13.00 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

*ข้อสังเกต: ใน Step ที่ 2 เป็นการ Normalize ค่าของ Price, Slope และ View ให้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งค่าที่ได้จาก Step ที่ 2 ไม่ต้องคำนึงถึงระดับความสำคัญของหลักเกณฑ์ ค่าน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณ ไม่ใช่ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ แต่เป็นค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์โดยตรง ซึ่งในหลักการนี้ คือ การเปรียบเทียบกันทีละคู่เพื่อหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์แต่ละตัว **

4.4.3 การประมาณค่าความสอดคล้อง (Estimation of the Consistency Ratio) ในขั้นตอนนี้เราจะตัดสินใจว่าการเปรียบเทียบของเรามีความสอดคล้องกันหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. คำนวณค่า Weight Sum Vector โดยนำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์แรก (Price) มาคูณกับคอลัมน์แรกของค่าแรกเริ่มในตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ ต่อมา นำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่สอง (Slop) คูณกับคอลัมน์ที่สอง และ ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ (View) ที่สามคูณกับคอลัมน์ที่สาม จากนั้นรวมค่าทั้งหมดตามแถว

2. หาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector ด้วยค่าที่ได้จากการกำหนดค่าน้ำหนักก่อนหน้านี้ (ตาราง 3)

***ตาราง 4*** *การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector*

| Criterion | Step I | | Step II |
|---|---|---|---|
| Price(p) | (0.675)(1) + (0.252)(4) + (0.073)(7) | = 2.194 | 2.194 / 0.675 = 3.250 |
| Slope(s) | (0.675)(0.25) + (0.252)(1) + (0.073)(5) | = 0.786 | 0.786 / 0.252 = 3.119 |
| View(V) | (0.675)(0.142) + (0.252)(0.2) + (0.073)(1) | = 0.220 | 0.220 / 0.073 = 3.014 |

เมื่อคำนวณค่า Consistency Vector ได้แล้ว เราต้องการคำนวณค่า Lambda ($\lambda$) และ Consistency Index (CI) ค่า Lambda คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณค่า Consistency Vector ถ้า

$$\lambda = \frac{3.250 + 3.119 + 3.014}{3} = 3.128$$

การคำนวณค่า Consistency Index ได้มาจากการคำนวณ $\lambda$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} = \frac{3.128 - 3}{3-1} = 0.064$$

จากนั้น เราสามารถคำนวณหาค่า Consistency Ratio (CR) ได้ดังนี้

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.064}{0.58} = 0.110$$

โดยที่ RI คือ ค่า Random Index ขึ้นอยู่กับจำนวนของหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ ข้อดีของวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ คือ จะพิจารณา เพียง 2 หลักเกณฑ์ ณ เวลานั้น ถ้าหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบมีมาก จำนวนคู่ที่จะถูกเปรียบเทียบก็จะมากขึ้น สามารถคำนวณได้จาก n(n - 1)/2 ตัวอย่าง หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจมี 10 หลักเกณฑ์ จะต้องเปรียบเทียบ 45 คู่ ซึ่งวิธีการนี้ต้องใช้เวลามากในการคำนวณ โชคดีที่มี Computer Programs ที่สามารถช่วยในการคำนวณได้ นั่นคือ EXPERT CHOICE เป็น Software Packages ที่เป็นที่นิยมมากในวิธีดำเนินการเปรียบเทียบเป็นคู่ และยังสามารถทำได้ง่ายใน Spreadsheet ความสำคัญที่นอกเหนือไปกว่านี้ คือ การใช้งานร่วมกับ GIS-base Multicriteria Decision Making

4.5 ตัดสินใจหลากหลาย (Multiple Decision Maker) มี 2 วิธีการที่เป็นไปได้เมื่อมีผู้ตัดสินใจหลากหลาย

4.5.1 ถ้ามีความเหมือนกันภายในกลุ่ม หรือผู้ตัดสินใจแต่ละคนร่วมมือเป็นทีม มีความคิดเห็นเหมือนกัน สามารถใช้ค่าน้ำหนักที่แสดงถึงความชอบของกลุ่มมาใช้ในการกำหนดหลักเกณฑ์

4.5.2 ถ้าความชอบที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของความสำคัญของหลักเกณฑ์แปรปรวนในระหว่างบุคคลภายในกลุ่มผู้ตัดสินใจ คือมีความชอบไม่ตรงกันสามารถประเมินค่าน้ำหนักแยกกันตามแต่ละบุคคล (หรือกลุ่มย่อย) จากนั้นจึงสรุปรวมกันแล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่าน้ำหนักทั้งหมด

**ตัวอย่าง** พิจารณา วิธีการเปรียบเทียบแบบผู่ตัดสินใจหลากหลาย ในเนื้อหาของการประเมินทางเลือกของพื้น มูลฐานของ Price, Slop, และ View (ตัวอย่าง 6.3) สมมุติว่าในการประเมิน 3 หลักเกณฑ์ ใช้ผู้ตัดสินใจ 10 คน ในตาราง 6.10 แสดงถึงจำนวนของผู้ตัดสินใจในการเลือกหลักเกณฑ์ ตัวอย่าง 6 ใน 10 ของผู้ตัดสินใจพิจารณาว่า “Price” มีความสำคัญมากกว่า “Slope” แสดงนัยว่า 4 ใน 10 คน ของผู้ตัดสินใจกำหนดว่า “Slope” มีความสำคัญมากกว่า“Price” ทำนองเดียวกัน ทำการเปรียบเทียบโดยพิจารณาหลักเกณฑ์ทีละคู่

**ตาราง 5** *ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบเป็นคู่ ของทั้ง 3 หลักเกณฑ์*

| Criterion | Price | Slope | View | Rang |
|---|---|---|---|---|
| **Price** | – | 6 | 7 | 13 |
| **Slope** | 4 | – | 5 | 9 |
| **View** | 3 | 5 | – | 9 |

Rank $r_j$ คือ ผลรวมของแต่ละคอลัมน์ถ้ากำหนดจำนวนหลักเกณฑ์ โดย n และ จำนวนของผู้ตัดสินใจ โดย k ดังนั้น k = 10, nk = 30 และ Range nk – k = 20 การกำหนด Rank สามารถคำนวณค่าน้ำหนักของความสำคัญสำหรับ 3 หลักเกณฑ์ คือ แต่ละ Rank จะถูกหารโดย Range แต่ละค่าน้ำหนักที่ได้ (Rank / Range) จะถูกหาร โดยผลรวมของค่าน้ำหนักทั้งหมดเท่ากับ 1.50 (ตาราง 7)

**ตาราง 6** การประเมินค่าน้ำหนักโดยการเปรียบเทียบแบบหลากหลาย

| Criterion | Rank | Rank/Range | | Weight |
|---|---|---|---|---|
| Price | 13 | 13/20 | = 0.65 | 0.433 |
| Slope | 9 | 9/20 | = 0.45 | 0.300 |
| View | 8 | 8/20 | = 0.40 | 0.267 |
| | | 1.50 | | 1.000 |

**5. การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) (สุเพชร จิรขจรกุล, 2555)**

โครงข่าย (Network) ประกอบด้วยการเชื่อมต่อกันของเส้น โดยทั่วไปแล้วผู้ใช้มักจะนึกถึงโครงข่ายถนนการใช้ประโยชน์จากโครงข่าย เช่น การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Route) ทิศทางในการเดิน ค้นหาสาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้ที่สุด รวมมถึงการวิเคราะห์พื้นที่ให้บริการที่ขึ้นกับระยะทางและเวลาในการเดินทาง ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างเงื่อไขสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายได้เสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

Network Dataset เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการจำลองโครงข่ายการขนส่งซึ่งสร้างมาจากข้อมูลจุดและเส้นการเลี้ยวและการเชื่อมต่อรูปแบบต่างๆ

Network Dataset จะจำลองโครงข่ายถนนตามข้อมูลและเงื่อนไขที่ต้องการ เช่น ต้องการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งสินค้าซึ่งต้องเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด เป็นต้น สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

– วิเคราะห์เวลาในการเดินทาง พร้อมหน้าต่างแสดงทิศทางในการเดินทาง

– วิเคราะห์เส้นทางจากจุดหนึ่งไปยังจุดต่างๆ และสามารถหาผลลัพธ์ได้หลายเส้นทาง

– การจัดลำดับในการเดินทางไปยังปลายทางต่างๆ

– วิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด

– กำหนดพื้นที่ให้บริการ (Services Area) ได้และพื้นที่ไม่ซ้อนทับกันได้ค้นหาสาธารณูปโภคที่ใกล้ที่สุด

– วิเคราะห์หาเมตริกซ์การเดินทางระหว่างจุดเริ่มต้นและปลายทางใดๆ

**5.1 องค์ประกอบของ Network Dataset**

5.1.1 เส้น (Edge) ใช้สำหรับเชื่อมต่อองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น แยก

5.1.2 จุดเชื่อมต่อ (Junction) ใช้สำหรับเชื่อมต่อเส้น และกำหนด ทิศทางของเส้น

5.1.3 การเลี้ยว (Turn) เป็นตัวกำหนดทิศทางของเส้น

5.2 ชุดคำสั่งการวิเคราะห์โครงข่ายสามารถใช้วิเคราะห์ได้ดังนี้

5.2.1 การวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุด (Best Route Analysis) เป็นเส้นทางเป็นการหาเส้นทางที่มี Cost น้อยที่สุด โดย Cost ในที่นี้อาจเป็นระยะทางหรือระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางก็ได้ในการวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุดนี้ยังสามารถวิเคราะห์หรือจำลองรูปแบบการขนส่ง (หรือการเดินทาง) แบบต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport) ได้อีกด้วย

5.2.2 การวิเคราะห์พื้นที่ให้บริการ (Service Area Analysis) พื้นที่ให้บริการคือพื้นที่หรือบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้จากจุดที่กำหนด เช่นการหาพื้นที่ให้บริการที่ใช้เวลา 5 นาทีในการเข้าถึงจากร้านค้าที่กำหนด ซึ่งสามารถคำนวณจำนวนประชากร (ลูกค้า) ขนาดของพื้นที่หรือสิ่งอื่นๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่ให้บริการ

5.2.3 การวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด ( Closest Facility ) เป็นการค้นหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่อยู่ใกล้ที่สุด เช่น ค้นหาโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้กับจุดเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดเพื่อขนส่งผู้บาดเจ็บไปรักษา ทั้งนี้ในการค้นหาจะสามารถจำกัดขอบเขตการค้นหาโรงพยาบาล โดยค้นหาเฉพาะโรงพยาบาลที่สามารถถึงยังที่เกิดเหตุภายใน 10 นาทีเท่านั้น

5.2.4 การวิเคราะห์เมทริกซ์ค่าใช้จ่ายระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดปลายทาง (Origin–Destination Cost Matrix Analysis) ใช้ในการหาและคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดในกรณีที่มี จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางหลายแห่งในการคำนวณ OD Cost Matrix นี้สามารถกำหนดจำนวนจุดปลายทางตามที่ต้องการได้

5.2.5 การจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle routing problem: VRP) การเดินทางของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งเริ่มจากจุดเริ่มต้น เช่น คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น ไปยังลูกค้าต่างๆ ที่ทราบแน่นอน เพื่อขนส่งสินค้าจากลูกค้าต่างๆ กลับมายัง จุดเริ่มต้น โดยจุดรับสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายสามารถรับ บริการในการขนส่งสินค้าได้เพียงครั้งเดียวด้วยรถคันเดียว และปริมาณความต้องการขนส่งของทุกจุดรับสินค้าในแต่ละ เส้นทางเมื่อรวมกันจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะที่ใช้ ในการขนส่งที่ใช้ในการเดินทางมีค่าน้อยที่สุด

โครงข่าย (Network) ประกอบด้วยการเชื่อมต่อกันของเส้น ซึ่งโดยทั่วไป แล้วมักจะนึกถึงโครงข่ายถนน การใช้ประโยชน์จากโครงข่าย เช่น การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest route) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีข้อมูลความเร็ว (Travel time) ซึ่งจะนำมาเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์ ข้อมูลโครงข่ายเชิงพื้นที่รวมถึงวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุด ทิศทางในการเดินทาง ค้นหาสาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้ที่สุด รวมถึงวิเคราะห์พื้นที่ให้บริการที่ขึ้นกับระยะทางและเวลาในการเดินทาง Network Analyst ยังช่วยให้ผู้สามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายได้เสมือนจริงมากยิ่งขึ้น คือ กำหนดกฎในการเลี้ยว หรือตามเงื่อนไขกฎทางจราจร ด้วยความสามารถของ Network Analyst สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

– การวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุด (Best route analysis)

– การวิเคราะห์พื้นที่ให้บริการ (Service area analysis)

– การวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (Closest facility analysis)

– การวิเคราะห์เมทริกซ์ค่าใช้จ่ายระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดปลายทาง (Origin–Destination cost matrix analysis)

– การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (Vehicle routing problem analysis )

– การวิเคราะห์หาที่ตั้งและการจัดสรร (Location–allocation analysis)

การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้าง Network Dataset

Network dataset เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการจำลองโครงข่ายการขนส่งซึ่งสร้างมาจากข้อมูลจุดและเส้น การเลี้ยว และการเชื่อมต่อรูปแบบต่างๆ Network dataset จะจำลองโครงข่ายถนนตามข้อมูล และเงื่อนไขที่ ต้องการ เช่น ต้องการวิเคราะห์เส้นทางขนเส้นทางที่สั้นที่สุด

นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดเงื่อนไขให้ตรงตามสภาพความเป็นจริงได้ มากขึ้น เช่น จุดห้ามเลี้ยว จุดกลับรถ หรือบริเวณที่ห้ามรถผ่าน

**องค์ประกอบของ Network dataset**

–เส้น (Edge) ใช้สำหรับเชื่อมต่อองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น แยก

–จุดเชื่อมต่อ (Junction) ใช้สำหรับเชื่อมต่อเส้น และกำหนด ทิศทางของเส้น

–การเลี้ยว (Turn) เป็นตัวกำหนดทิศทางของเส้น

ในแต่ละองค์ประกอบจะต้องใส่ข้อมูลคุณลักษณะเพื่อน้าไปใช้กำหนด เงื่อนไขตามต้องการ

ประเภทข้อมูลที่ใช้สร้าง NetworkDataset ได้แก่ Shapefile และ Geodatabase สำหรับข้อมูลประเภท Shapefile จะต้องเก็บอยู่ในโฟลเดอร์เดียวกัน ส่วนข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล Geodatabase ต้องเก็บอยู่ภายใต้ Feature Dataset เดียวกัน จึงจะสามารถสร้างได้

– ข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรจะอยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน

– ชั้นข้อมูลถนน ควรกำหนดระบบพิกัดเป็น UTM และมีฟิลด์ข้อมูลในตารางและอาจจะไม่จำเป็นต้องมีครบทุกฟิลด์ก็ได้ ขึ้นกับการนำไปใช้งาน แต่อย่างน้อยควรมีฟิลด์ชื่อ ถนน , ระยะ ทาง หรือเวลา

**ตาราง 7** โครงข่าย (Network)

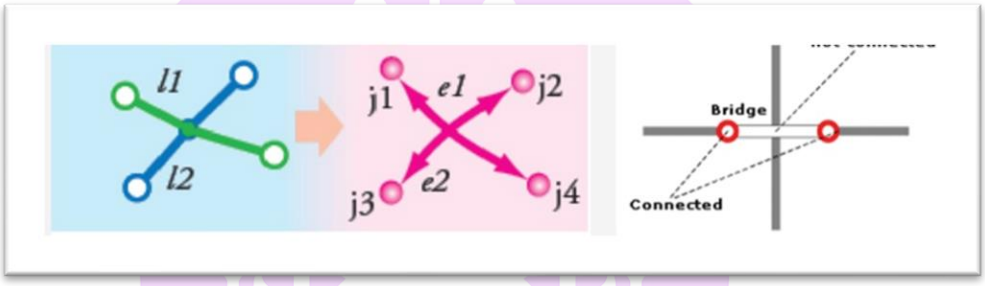
| ชื่อฟิลด์ Name | การใช้งาน | ประเภทฟิลด์ Data Type | Network Attribute | | สูตรคำนวณหรือการกำหนดค่าฟิลด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Usage | Unit | |
| Street Name | เพื่อใช้บอกชื่อถนนอะไร | Text | | | ชื่อถนน |
| Meters | วิเคราะห์ด้วยระยะทาง | Double | Cost | Meters | ความยาวเส้นถนน Length |
| Minutes | วิเคราะห์เวลาเดินทางด้วยรถยนต์ | Double | Cost | Minutes | (METERS/Speed)*0.06 |
| Speed | อาจใช้เพื่อคำนวณเวลา | Short Integer | | | ใส่ความเร็วให้กับถนนแต่ละเส้น |

## หลักการเชื่อมต่อ (Connectivity)

–การเชื่อมต่อแบบกลุ่ม (Connectivity group)

–การเชื่อมต่อเส้นภายในโครงข่ายเดียวกันการเชื่อมต่อข้อมูลเส้นถนนต่าง ๆ ในโครงข่ายเดียวกันเข้าด้วยกัน มีวิธีการเชื่อมต่อ 2 รูปแบบ ได้แก่

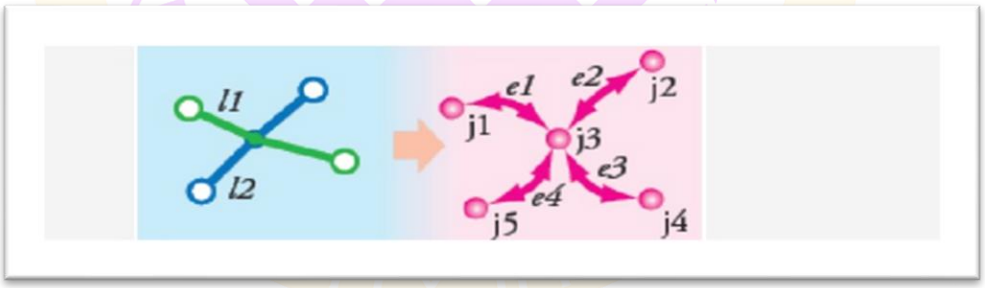
1. Endpoint connectivity ข้อมูลเส้นจะถูกเชื่อมต่อที่จุดปลาย เท่านั้น สามารถนำไปใช้ในการจำาลองในกรณีที่มีการข้ามผ่านวัตถุ เช่น สะพาน หรืออุโมงค์




**ภาพ 6** การเชื่อมต่อข้อมูลแบบเส้น Endpoint connectivity

**ที่มา:** คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (2563)

2.Vertex connectivity ข้อมูลเส้นจะถูกแบ่งเป็นเส้นย่อย ๆ ที่ จุดตัดของเส้น




**ภาพ 7** การเชื่อมต่อข้อมูลแบบเส้น Vertex connectivity

**ที่มา:** คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (2563)

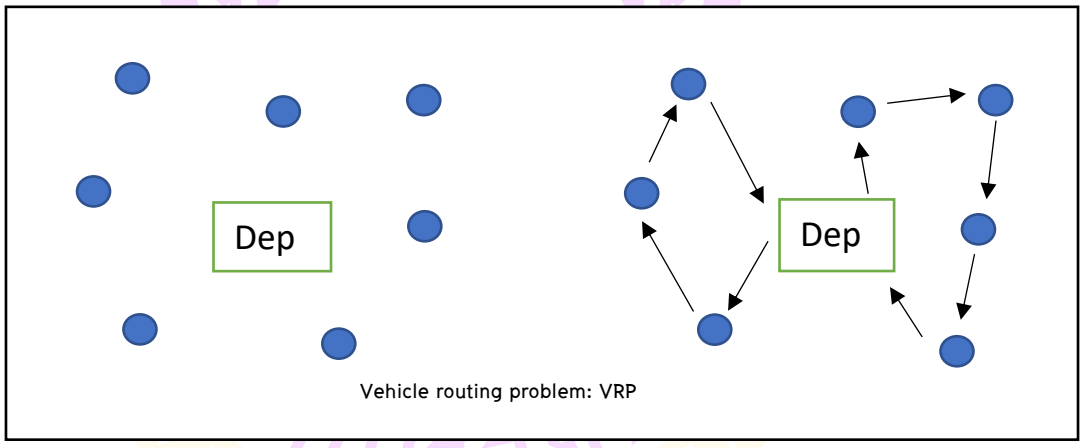
- ชั้นข้อมูล Turn Feature เป็นข้อจำกัดการเลี้ยวหรือให้เลี้ยวตามเส้นทางที่กำหนดสามารถเป็นได้ทั้ง Shapefile และ Feature Class

**ตาราง 8** ข้อจำกัดการเลี้ยวหรือให้เลี้ยวตามเส้นทางที่กำหนด

| การใช้งาน | Network Attribute | | | | การกำหนดค่า |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชื่อฟิลด์ (Name) | ประเภทข้อมูล(Data Type) | Usage Type | Unit | |
| ข้อจำกัดการเลี้ยว | TurnRestrict | Boolean | Restriction | Unknown | หน้าต่าง Evaluators กำหนดค่า Type เป็น Constant และ Value เป็น Restriction |

**6. การจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle routing problem: VRP)**

ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถหรือยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาในส่วนของการจัดการขนส่งและการกระจายสินค้า โดยหากมีการจัดการและแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้ลดต้นทุนการดำเนินงาน ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ มีเป้าหมายสำคัญ คือ การออกแบบกลุ่มของยานพาหนะทุกคนให้มีการเดินทางโดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุดซึ่งมีจุดเริ่มต้น และสิ้นสุดที่ศูนย์การกระจายสินค้า ยานพาหนะ วิ่งไปตามเส้นทางที่จะส่งสินค้าโดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลาและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีหลักการดังนี้ 1) ในแต่ละเส้นทางต้องมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดกระจายสินค้า 2) ลูกค้าแต่ละรายต้องได้รับการบริการจากรถขนส่งสินค้าคันเดียวเท่านั้น 3) ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ได้รับบริการจากรถขนส่งสินค้าต้องไม่เกิน ปริมาณความจุของรถขนส่งสินค้าโดยปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ดังแสดงในภาพ 6




**ภาพ 8** ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

Vehicle routing problem สามารถค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับยานพาหนะจำนวนมากเพื่อให้บริการคำสั่งมากมาย นอกจากนี้ VRP สามารถแก้ปัญหาเฉพาะเจาะจงมากขึ้น เนื่องจากมีตัวเลือกมากมายเช่นการจับคู่ความจุของยานพาหนะที่มีปริมาณการสั่งซื้อหรือขนส่ง

Vehicle routing problem มีประโยชน์อย่างมากกับการขนส่งโลจิสติกส์ การเดินทางขนส่งที่เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด คือการวางแผนการเดินทางที่ดีที่สุดเป็นการเลือกเส้นทางให้เหมาะสมกับยานพาหนะโดยตรงตามเงื่อนไขและข้อกำหนด

การวิเคราะห์หาเส้นทางสำหรับการขนส่งด้วย VRP จะต้องกำหนดข้อมูล 4 ส่วน คือ

1. Order เป็นตำแหน่งสินค้าหรือตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ
2. Depots เป็นตำแหน่งการเดินทางจากจุดเริ่มต้นกลับมายงจุดสิ้นสุด (Location)
3. Route กำหนดและคุณสมบติระหว่างการเดินทาง (Deports, Order, Time, Distance)
4. Vehicles กำหนดค่าน้ำหนัก ค่าใช้จ่าย เวลาที่ใช้ในการเดินทาง

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Starrette S. et al. (2001) ทำการศึกษาระบบการจัดการขยะมูลฝอยการใช้เทคโนโลยี GIS เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำเสียจากขยะ (Leachate)ลงสู่น้ำใต้ดินและผิวดิน โดยการกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่เขตของชุมชนที่อยู่อาศัย เขตพื้นที่เพาะปลูก ทุ่งหญ้า ป่าไม้ แหล่งน้ำผิวดิน แม่น้ำ ทะเลสาบ โดยรวมชั้นข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันด้วยโปรแกรม ArcView GIS, SURFER และ AUTOCAD ใชในการ Digitizing ข้อมูลแล้วส่งไปยังโปรแกรม ArcView GIS เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่อ แล้วนำเอาปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยา (Geology) การเปลี่ยนแปลงของผิวโลกเนื่องจากภูเขาไฟ แผ่นดินไหว (Tectomic) อุทกวิทยา (Hydrogeology) ลักษณะการเกิดแผนดินไหว (Earthquake epicenters) ความหนาแน่นของประชากร (Population density) เขตพื้นที่สงวน (Protected areas) และขนาดของพื้นที่ (Mining areas) แล้วซ้อนทับข้อมูลเพื่อให้ได้บริเวณที่เหมาะสมแสดงและเป็นแผนที่

Vatalis K, Macliadis O. (2002) ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ A Two-level multicriteria เพื่อหาพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยโดยมีขั้นตอนศึกษา 2 ขั้นตอนคือนำข้อมูล การใช้ประโยชน์ที่ดินเขตชุมชนผังเมือง ทุ่งหญ้า พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ เส้นชั้นความสูง ในโปรแกรม ArcView GIS 3.2 ขั้นตอนที่2ทำการคัดเลือกพื้นที่จากการกำหนดค่าน้ำหนักให้แต่ละปัจจัยแต่ละด้านไว้คือ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและปัจจัยด้านเทคนิค แล้วทำการจัดช่วงคะแนนสร้างแผนที่ความเหมาะสมของที่ดิน

Patil MP et al. (2002) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นของพื้นที่ที่ทิ้งขยะอันตรายโดยอาศัยกระบวนการหลายขั้นตอนซึ่งมีด้วยกัน4ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลจาก Satellite: IRS –1 B ,sensor: LISS–II เพื่อจำแนกสิ่งปกคลุมดินขั้นตอนที่สองนำเข้าข้อมูลแผนที่ลักษณะภูมิประเทศมาจำแนกบริเวณที่ใช้พิจารณาเป็นที่ตั้งของสถานที่กำจัดขยะ ขั้นตอนที่สามพิจารณาผลกระทบของแหล่งน้ำใต้ดินดัชนีศักยภาพการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน และขั้นตอนสุดท้ายการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่โดยมีวิธีการศึกษาโดยใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องนำมาถ่วงน้ำหนักให้ได้คะแนนแล้วแปลผลการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้แก่ ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน การนำดินกลับมาใช้ได้อีกครั้ง ชั้นน้ำใต้ดิน ประเภทของดิน สภาพภูมิประเทศ องค์ประกอบที่ส่งผลกระทบ การแบ่งเขตพื้นที่ คุณสมบัติการไหลของน้ำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างสถานที่ฝังกลบขยะ ส่วนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมหากมีความจำเป็นจะสร้างบ่อฝังกลบขยะต้องอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรมในการออกแบบปรับปรุงพื้นที่และส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านอากาศ น้ำและดินมาพิจารณาร่วมด้วย

ภัสรา ศรีนวล (2544) ศึกษากระบวนการในการจัดหาสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมือง สุราษฎร์ธานี ข้อคิดเห็นของประชาชนและปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของประชาชนต่อสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 103 ราย และข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการจัดหาสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองสุราษฎร์ธานียังไม่สมบูรณ์ตามแนวทางของกระบวนการที่จะควรเป็น โดยเฉพาะขาดการมีส่วนร่วมของชุมชน และการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ เช่น ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและมาตรการป้องกันอย่างต่อเนื่อง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่คิดว่าโครงการนี้มีประชาสัมพันธ์น้อยมากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้แบบจำ โลจิท พบว่าสิ่งแวดล้อมในชุมชนท้องถิ่น ผลกระทบจาการก่อสร้างสถานที่กำจัดขยะ และการสร้างรายได้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

Public Works Department (2004) เป็นหน่วยงานในประเทศสหรัฐอเมริกาศึกษาได้ทำการศึกษารายละเอียดของเกณฑ์การประเมินที่ตั้งของสถานที่กำจัดขยะแห่งใหม่ของเมือง Cheyenne ซึ่งตั้งอยู่ที่รัฐไวโอมิงโดยการกำหนดหลักเกณฑ์ในการประเมินเพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานให้กับพื้นที่อื่นๆในการหาที่ทิ้งขยะแห่งใหม่โดยการพัฒนาหลักเกณฑ์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและให้ค่าคะแนนแต่ละปัจจัยมีค่าคะแนน1–5คะแนนโดยที่มีความหมายของคะแนนดังนี้ 1 หมายความว่า เป็นปัจจัยที่ไม่เหมาะสมที่สุด 2 เหมาะสมปานกลาง 3 เหมาะสม 4 เหมาะสมมาก 5 เหมาะสมที่สุด ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีปัจจัยคือ ธรณีวิทยาของน้ำใต้ดิน ผลกระทบเรื่องกลิ่นผลกระทบเรื่องระบบการจราจร แหล่งน้ำอุปโภคและบริโภค ลักษณะทางธรณีวิทยา จำนวนของเจ้าของที่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงหรือสร้างถนนใหม่ ค่าใช้จ่ายในการจัดหาดินมาเพื่อฝังกลบขยะ ค้าใช้จ่ายในการจัดหาระบบไฟฟ้าในที่ตั้ง ค่าใช้จ่ายในการจัดหาที่ดิน ผลกระทบต่อพื้นที่บริเวณข้างเคียง ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ ผลกระทบต่อแหล่งผิวดิน ขนาดของพื้นที่ แหล่งน้ำดื่ม

Drake M และPereira G (2004) ทำการศึกษาในรัฐอิลินอย สหรัฐอเมริกาโดยการใช้ฐานข้อมูล GIS ในการหาพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ซึ่งมีการกำหนดปัจจัยหลายปัจจัยได้แก่ ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับแหล่งน้ำ ที่ลุ่ม แหล่งที่อยู่อาศัยสัตว์บ่อน้ำบาดาล ปัจจัยทางด้านสังคมเกี่ยวกับแหล่งชุมชนและที่อยู่อาศัย พื้นที่สาธารณะ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจเกี่ยวกับการคมนาคม บริเวณที่มีการเกษตรกรรมและเพาะปลูกพืชเพื่อการบริโภค ปัจจัยทางด้านกฎหมาย

จุมพล วิเชียรศิลป์ และ คณะ (2558) งานวิจัยการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสม ต่อการฝังกลบขยะมูลฝอย กรณีศึกษา : อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการฝังกลบขยะมูลฝอยของอำเภอ ลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ และเพื่อศึกษาความคิดเห็นของชุมชนในท้องถิ่นต่อพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยแห่งใหม่ในเขตอำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ วิธีดำเนินการวิจัย โดยการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านชีวกายภาพ และสภาพแวดล้อมทางสังคมวัฒนธรรม ซึ่งมี 10 ปัจจัย ได้แก่ โบราณสถาน แหล่งน้ำผิวดิน ชุมชน ถนนสายหลัก การใช้ ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะของดิน ระดับน้ำใต้ดิน บ่อน้ำบาดาล และพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ หรือ Analytic Hierarchical Process (AHP) ในการเปรียบเทียบน้ำหนักของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ 4 คน เนื่องจากปัจจัย แต่ละประเภทมีอิทธิพลต่อพื้นที่เหมาะสมไม่เท่ากัน แบ่งพื้นที่เหมาะสมได้เป็น 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และ ไม่เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมในการฝังกลบขยะมูลฝอยในอำเภอ ลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ มีเนื้อที่ 54.302 ตารางกิโลเมตร

วัชรา จันทรานุสรณ์ (2559) การศึกษาการเพื่อหาพื้นที่จัดตั้งบ่อฝังกลบขยะโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมของประชาชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา เป็นการคัดกรองทางเลือกที่เป็นไปได้ โดยใช้ 11 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า 8 ทางเลือกที่เป็นไปได้และทำการประเมินคะแนนความเหมาะสม โดยใช้ 7 แผนที่เกณฑ์มาซ้อนทับและรวมคะแนนกันอย่างมีการถ่วงน้ำหนัก โดยที่ค่าน้ำหนักของแต่ละแผนที่เกณฑ์นั้นได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้นำและประชาชนในท้องที่ สุดท้ายทำการเรียงลำดับค่าน้ำหนักของเกณฑ์จากมากไปหาน้อยตามลำดับ 1) อยู่ห่างจากอุทยานแห่งชาติ 2) อยู่ห่างจากต้นน้ำลำธาร 3) อยู่ห่างจากชุมชน4) อยู่ห่างจากบ่อบาดาล 5) อยู่ห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน 6) อยู่ห่างจากถนน และ7) อยู่ห่างจากโบราณสถาน ทางเลือกที่มีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ ทางเลือกที่ 6 หมู่บ้านหม้อแกงทอง ตำบลแม่กา มีเนื้อที่ 73 ไร่ และมีระยะห่างจากตัวเมือง 29.8 กิโลเมตร

ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวา และคณะ (2559) ในปัจจุบันเส้นทางของรถเก็บขนขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ กำหนดขึ้นจาก ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ของกองอาคารสถานที่ที่เป็นผู้รับผิดชอบในการจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่าเส้นทาง ที่ใช้อยู่นั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส้นทางการเดินรถใหม่สำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอยภายใน มหาวิทยาลัยให้มีระยะทางรวมในการเดินรถน้อยที่สุด โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะจากจุดรวบรวมขยะต่างๆ และข้อมูล ระยะทางระหว่างจุดรวบรวมขยะทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ เพื่อใช้ในการหาเส้นทางใหม่ในการเดินรถ

เก็บขนขยะด้วย วิธีการแบบประหยัด (Savings algorithm) และฟังก์ชันวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary method) ที่อยู่ในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซลโซลเวอร์ (Microsoft Excel Solver) โดยพิจารณาใน 2 กรณี คือ กรณีการเดินรถเพียง 1 เส้นทาง และ กรณีการเดินรถจำนวน 2 เส้นทาง ผลการศึกษาพบว่า วิธีการที่นำเสนอให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับที่ดี โดยในกรณีการเดินรถเพียง 1 เส้นทาง พบว่า วิธีการเชิงวิวัฒนาการให้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด สามารถลดระยะทางจากเดิม 19.632 กิโลเมตรต่อ วัน (มีการเดินรถจำนวน 2 เส้นทาง) เป็น 12.418 กิโลเมตรต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 36.75 สำหรับกรณีการเดินรถ 2 เส้นทาง พบว่า วิธีการเชิงวิวัฒนาการให้กลุ่มเส้นทางที่มีผลรวมระยะทางที่น้อยที่สุด สามารถลดระยะทางรวมเป็น 13.690 กิโลเมตรต่อ วัน มีระยะทางรวมลดลง 5.942 กิโลเมตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละที่ลดลง 30.27% อีกทั้งเส้นทางดังกล่าวมีสัดส่วนภาระงาน (ระยะทางในแต่ละเส้นทาง) ที่มีความสมดุลกว่าเส้นทางที่ใช้อยู่ในนี้ปัจจุบัน

นายปรัชญ์ บุญแซม การจัดกลุ่มขนส่งสินค้าและจัดเส้นทางการขนส่งที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง กรณีศึกษาการขนส่งเงินสด มีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนการขนส่งเงินสดจากศูนย์กระจายเงินสดจำนวน 3 แห่งไปยังจุดขนส่งที่เป็นสาขา และตู้ ATM จำนวน 4076 แห่ง ด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มก่อนแล้วจัดเส้นทางการวิ่งทีหลัง (Cluster first – Route second)ขั้นตอนการจัดกลุ่มในงานวิจัยนี้ได้ใช้ปัจจัยเรื่อง time window เข้ามาพิจารณาในการจัดแบ่งจำนวนจุดขนส่งให้กับแต่ละศูนย์กระจายสินค้าด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาการจัดงาน(Assignment Problem) ส่วนการจัดเส้นทางการวิ่งของรถขนส่งนั้นใช้วิธีการกวาดมุมแบบกลุ่ม (Group Sweep Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาจากวิธีกวาดมุม (Sweep Algorithm)ร่วมกับวิธีการหาจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Search) ในการวิจัยครั้ง นี้ผู้วิจัยได้มีการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่สามารถจัดกลุ่มและจัดเส้นทางการวิ่งไว้ในตัวเดียวกันโดยใช้โปรแกรม PHP เป็นตัวเชื่อมต่อกับโปรแกรม MySQL และโปรแกรม AMPL (CPLEX 10.0) ให้สามารถใช้งานได้ง่ายรวมทั้งสามารถปรับเปลี่ยนค่าที่มีผลต่อการคำนวณต่างๆให้ยืดหยุ่นกับการใช้งานจริงเช่นความสามารถในการให้บริการในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าความเร็วเฉลี่ยของรถขนส่งช่วงเวลาในการจัดส่งสินค้าของแต่ละลูกค้าและความจุของรถขนส่งผลได้ที่จากการวิจัยครั้งนี้สามารลดจำนวนรถขนส่งได้ 11 คันทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของบริษัทได้ 5,852,910 บาทต่อปี

นายฐิตินนท์ ศรีสุวรรณดี และ นายระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2555) การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีการอาณานิคมมดงานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่มของบริษัทกรณีศึกษาพบว่าทุกอัลกอริทึมที่ออกแบบให้ผลเฉลยคำตอบของระยะทางต่ำกว่าเส้นทางปัจจุบันที่เจ้าของกิจการดำเนินการเองซึ่งวิธีอาณานิคมมดปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีการ Crossover–Move, 2–opt แล้ว One–Move ให้ผลเฉลยของระยะทางต่ำที่สุดโดยสามารถลดระยะทางจากเดิม 584.25 กิโลเมตรเป็น 441.35 กิโลเมตรหรือคิดเป็น 24.46% สำหรับค่าความต้องการของลูกค้าที่กำหนดขึ้นมานี้อาจมีผลต่อการประมวลผลและประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเนื่องจากค่าความต้องการของลูกค้าเป็นพารามิเตอร์อีกหนึ่งตัวที่ต้องใช้ในการประมวลผลหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งหากทำการประมาณค่าความต้องการของลูกค้าผิดพลาดการนำผลเฉลยที่ได้ไปใช้งานจริงอาจไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควรดังนั้นจึงควรพิจารณาและกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับปัญหาประเภทนี้เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะในอนาคต ผู้วิจัยจะได้พัฒนาวิธี Differential Evolution Algorithm แก้ปัญหาการเลือกสถานที่และจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับวิธีอาณานิคมมดมีพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องอยู่หลายค่าด้วยกันที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของแต่ละปัญหาโดยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่แตกต่างกันอาจมีค่าที่แตกต่างกันด้วยจึงควรทดสอบเพื่อเลือกค่าที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ

# บทที่ 3
## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา และขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

**เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา**

1. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

    1.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์

    2.1 โปรแกรม ArcGIS สำหรับจัดทำ ปรับปรุง วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูล

    2.2 ชุดโปรแกรม Microsoft Office สำหรับการจัดทำเอกสาร รายงานวิจัย การปรับปรุงแก้ไขข้อมูล การออกแบบแผนภาพ ลำดับขั้นตอนการทำงาน

**ขั้นตอนการดำเนินงาน**

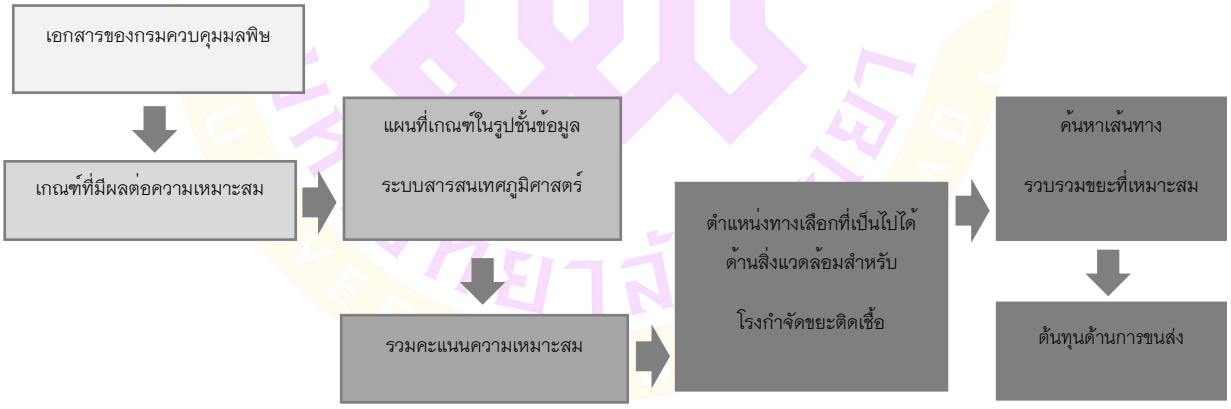
กรอบแนวคิดของการศึกษาครั้งนี้ (ภาพ 9) ในวัตถุประสงค์แรก ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก ทำการคัดกรอง หรือเรียกว่าการวิเคราะห์แบบตะแกรง (Sieve Analysis or Sieve Mapping Approach) เพื่อค้นหา “ตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้” ตามเกณฑ์ทั้ง 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษและผนวกเกณฑ์เรื่องขนาดเนื้อที่สอดคล้องกับกำลังการผลิตของโรงกำจัดขยะติดเชื้อต้นแบบ และถัดมาในส่วนที่สอง อาศัย 7 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษอีกครั้งหนึ่งเพื่อทำการประเมินคะแนนความเหมาะสมของที่ตั้งซึ่งจะแบ่งพื้นที่ศึกษาทั้งหมดออกเป็นพื้นที่เล็กๆ (เรียกว่าช่องกริดหรือพิกเซล) ขนาด 30x30 เมตร คล้ายคลึงกับชั้นข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster format) แล้วทำการประเมินระยะห่างระหว่างช่อง กริดและ 7 สิ่งสำคัญทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระยะห่างจากพื้นที่ต้นน้ำ ป่าอนุรักษ์ ชุมชน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ถนน และโบราณสถาน หลังจากนั้นอาศัยหลักการแผนที่ผสม (composite map) เพื่อคิดค่าคะแนนรวมในแต่ละช่องกริด (Y) จากค่าคะแนนของเกณฑ์ต่างๆ (X) ที่เกี่ยวข้องกับความเหมาะสม รายละเอียดการคำนวณตามสมการ 1 (Malczewski, 1999; นภนต์ สุรงครัตน์, 2556)

$$Y = W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + .... + W_nX_n$$

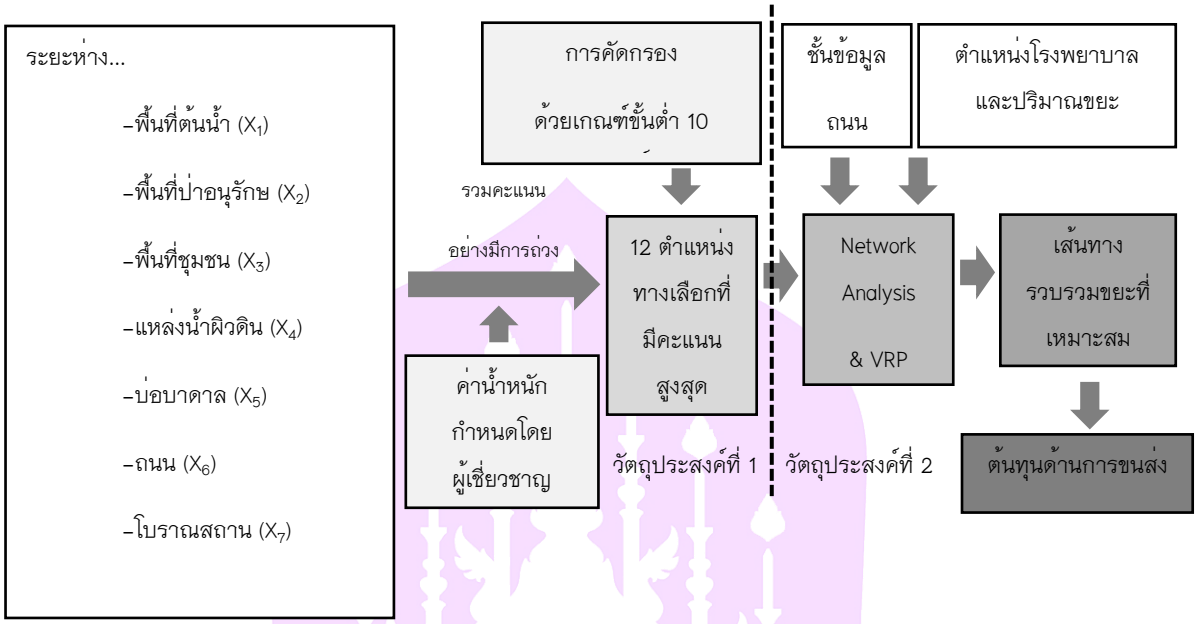
สมการ 1

โดยที่ Y คือ ค่าคะแนนรวมประจำแต่ละช่องกริด W คือ ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ประเมิน และ X คือ ค่าคะแนนของเกณฑ์ประเมิน อย่างไรก็ตาม ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ต่างๆที่ใช้สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากผู้เชี่ยวชาญ การคำนวณค่า Y เปรียบเสมือนการคิดคำนวณเกรดเฉลี่ยของนิสิตแต่ละคนจากหลายวิชารวมกัน โดยมีค่าหน่วยกิตที่แตกต่างกันเป็นค่าน้ำหนักของแต่ละวิชานั่นเอง

นอกจากนี้ กรอบแนวคิดของวัตถุประสงค์ที่ 2 จะคำนวณต้นทุนการขนส่งรวบรวมขยะจากโรงพยาบาลไปยังโรงกำจัดขยะ ผลลัพธ์ที่ได้จากวัตถุประสงค์นี้ คือ เส้นทางที่เหมาะสมที่สุดตามเงื่อนไขที่กำหนด หรือจำนวนรถที่จำเป็นต้องใช้ รวมถึงระยะทางรวบรวมขยะติดเชื้อด้วย โดยใช้ข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้งโรงกำจัดขยะ และชั้นข้อมูลโรงพยาบาลพร้อมกับปริมาณขยะติดเชื้อรายสัปดาห์มารวมกันเป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการกำหนดเส้นทางเดินรถโดยอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเงื่อนไขต่างๆ ขั้นตอนการศึกษามีรายละเอียดดังภาพและหัวข้อ (ภาพ 8) ดังนี้




**ภาพ 9** กรอบแนวคิดการทำงาน




**ภาพ 10** ขั้นตอนการทำงาน

1. การคัดกรองตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ด้วยเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ

1.1 กำหนดปัจจัยและเงื่อนไขทางด้านสิ่งแวดล้อมตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีทั้งหมด 10 เงื่อนไข ได้แก่ 1) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 2) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ ได้แก่ เขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ 3) อยู่ห่างชุมชนไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 4) อยู่ห่างแหล่งน้ำผิวดินไม่น้อยกว่า 700 เมตร 5) อยู่ห่างระดับน้ำใต้ดิน (ฤดูฝน) อยู่ลึกกว่า 2 เมตร 6)อยู่ห่างพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวและห่างออกไป 1,000 เมตร 7) อยู่ห่างถนนสายหลักไม่น้อยกว่า 300 เมตร 8) สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่รกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 9) อยู่ห่างจากบ่อบาดาลไม่น้อยกว่า 700 เมตร และ10) ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างออกไป 300 เมตร

1.2 สร้างแผนที่เกณฑ์ที่สอดคล้องกับแต่ละเงื่อนไข ซึ่งแผนที่เกณฑ์จะแสดงสัญลักษณ์และจำแนกพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 ประเภท คือ เหมาะสม และไม่เหมาะสม หรือเรียกว่าอยู่ในรูปแบบสองทางเลือก (Binary model)

**ตาราง 9** ข้อมูลที่ที่ใช้ในการวิจัย

| ข้อมูลเชิงพื้นที่ | ชื่อชั้นข้อมูล | รายละเอียด | ที่มาของข้อมูล |
|---|---|---|---|
| ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ | Wshd_cl | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| เขตอุทยานแห่งชาติ | NPRK | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| แหล่งน้ำผิวดิน | WaterBodies | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| น้ำใต้ดิน | Hydrogeology | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| โบราณสถาน | Heritage | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| เส้นทางถนน | Road | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| การใช้ที่ดิน | Land use | 1:50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน |
| บ่อบาดาล | Well | 1:50,000 | กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ |
| แหล่งท่องเที่ยว | point_tourist | 1:50,000 | กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา |
| พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม | Flood_risk | 1:50,000 | กรมทรัพยากรน้ำ |

1.3 ค้นหาตำแหน่ง[2, 2562 #5]ทางเลือกที่เป็นไปได้ครบทั้ง 10 เกณฑ์ โดยใช้การซ้อนทับแผนที่เกณฑ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นคัดกรองให้เหลือเฉพาะที่ตั้งที่มีเนื้อที่มากกว่า 50 ไร่ขึ้นไป (โดยเทียบเกณฑ์ด้านขนาดเนื้อที่จากโรงกำจัดขยะติดเชื้อ “บ.โชติฐกรณ์พิบูลย์ จำกัด”. ซึ่งเป็นต้นแบบที่มีการสร้างขึ้นแล้วที่จังหวัดนครสวรรค์) (โชติฐกรณ์พิบูลย์, 2562)

2. การจัดลำดับความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม

2.1 เกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์พิจารณาคัดเลือกพื้นที่จัดตั้งศูนย์กำจัดของเสียอันตรายของกรมควบคุมมลพิษ [5] นั่นคือ ระยะห่างระหว่างช่องกริดขนาด 30*30 เมตร และ 7 สิ่งปัจจัยสำคัญทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระยะห่างจากพื้นที่ต้นน้ำ ป่าอนุรักษ์ ชุมชน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ถนน และโบราณสถาน ควรนำมาพิจารณาแสดงออกมาเป็นค่าคะแนนความเหมาะสมได้ อย่างไรก็ตาม เหตุผลที่ไม่นำเอาอีก 3 เกณฑ์ (ได้แก่ ระดับน้ำใต้ดิน ที่รกร้างว่างเปล่า และพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม) มาพิจารณาให้คะแนน เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษามีความลึกมากกว่า 2 เมตรขึ้นไปซึ่งเป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษแล้ว นอกจากนี้ผู้ศึกษาพิจารณาว่าทั้งระยะห่างจากพื้นที่รกร้างว่างเปล่าและพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมไม่สามารถสะท้อนหรือสอดคล้องกับค่าคะแนนความเหมาะสมได้

2.2 การสร้างตัวแทนของแผนที่เกณฑ์ทั้ง 7 เกณฑ์ (ได้แก่ ระยะห่างจากต้นน้ำลำธาร อุทยานแห่งชาติ เขตชุมชน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ถนน และโบราณสถาน) ถูกสร้างขึ้นด้วย

การนำข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 มาเป็นฐานในการคิดระยะห่างระหว่างพิกเซลขนาด 30*30 เมตร โดยใช้คำสั่ง Euclidean Distance ของโปรแกรม ArcGIS หลังจากนั้นทำการปรับค่าระยะห่างไปเป็นค่านอมอลไลซ์ ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

2.3 ค่าคะแนนความเหมาะสมของทั้ง 7 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมได้มาจากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์หาระยะห่างดังกล่าวเหล่านั้น หลังจากนั้นทำการแปลงค่าระยะห่างไปเป็นค่าคะแนนความเหมาะสมโดยใช้การแปลงค่ามาตราเชิงเส้น (linear scale transformation) ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการแปลงค่าระยะห่างไปเป็นค่าคะแนนมาตรฐานวิธีหนึ่ง สำหรับการศึกษานี้จะใช้หลักเกณฑ์การแปลงแบบการให้ค่าสูงสุด (maximum score) กับช่องกริดหรือพิกเซลที่มีค่าระยะห่างมากสุด กล่าวคือ ยิ่งมีค่าระยะห่างมาก ยิ่งมีค่าคะแนนมาก โดยที่ค่าคะแนนตามการแปลงดังกล่าวจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 โดยที่ค่ามากสื่อถึงความเหมาะสมมาก (Malczewski, 1999; วิภพ แพงวังทอง, 2561)

2.4 การคำนวณค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ ได้มาจากการผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ บุญปก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสิริ สุขพร้อมสรรพ์ โดยใช้การสัมภาษณ์ในเชิงเปรียบเทียบเกณฑ์ต่างๆทีละคู่ (Pairwise comparison) โดยอาศัย ตารางที่ 2 หลังจากนั้น ทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio : C.R.) โดยที่ถ้า C.R. ≤ 0.1 แสดงว่าค่าปัจจัยมีความสอดคล้องกัน สามารถนำไปใช้เป็นค่าน้ำหนักได้ (Saaty 1990, และ นรนิทร์ เอื้อศิริวรรณและคณะ 2560)

2.5 ทำการรวมค่าคะแนนความเหมาะสมของทุกเกณฑ์อย่างมีการถ่วงน้ำหนักดังสมการ 1 โดยการซ้อนทับกันของทั้ง 7 เกณฑ์ชั้นข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยคำสั่ง Raster Calculator ของชุดคำสั่ง Spatial Analyst ในโปรแกรม ArcGIS 10.2 (วิภพ แพงวังทอง, 2561)

2.6 นำผลลัพธ์ที่ได้รับจากข้อ 1.3 มาคำนวณค่าคะแนนความเหมาะสมด้วยคำสั่ง Zonal statistics ในโปรแกรม ArcGIS 10.2 โดยกำหนดให้ชั้นข้อมูลที่ได้รับจากข้อ 1.3 เป็น Feature zone data และกำหนดให้ชั้นข้อมูลค่าคะแนนความเหมาะสมเป็น Input value raster ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวทำเพื่อการระบุหรือนำค่าคะแนนจากชั้นข้อมูลค่าคะแนนความเหมาะสมโดยรวมมาใส่ในแต่ละแห่งหรือ polygon ที่ถูกคัดกรองมาด้วยการวิเคราะห์แบบตะแกรง (ขั้นตอนจากข้อ 1.3)

2.7 ทำการจัดลำดับค่าคะแนนของที่ตั้งที่เหมาะสมในแต่ละจังหวัด โดยคัดเลือก 3 ที่ตั้งที่มีคะแนนสูงสุดใช้เป็นทางเลือกที่ตั้งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อ

3. การวิเคราะห์ด้านเส้นทางการขนส่งรวบรวมขยะติดเชื้อ

3.1 ทำการสร้างชั้นข้อมูลโครงข่ายเส้นทางถนน (Network dataset) ของพื้นที่ศึกษาในโปรแกรม ArcGIS 10.2 หลังจากนั้นนำเข้าสู่ Geodatabase

3.2 ทำการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการรวบรวมขยะจากโรงพยาบาลทั้งหมดไปยังแต่ละทางเลือกที่ตั้งโรงงาน โดยใช้คำสั่ง Vehicle Routing Problem ในชุดคำสั่ง Network Analysis พร้อมคำนวณระยะทางรวมของเส้นทางรวบรวมขยะดังกล่าวด้วยโดยใช้เงื่อนไข ได้แก่ ปริมาณขยะติดเชื้อรายสัปดาห์ ช่วงเวลาและระยะเวลาการทำงานของรถ ความจุและความเร็วของรถ ระยะเวลาการเก็บขนขยะขึ้นรถ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงพยาบาลและโรงกำจัด และชั้นข้อมูลโครงข่ายถนน

**ตาราง 10** เงื่อนไขที่ใช้ในการประมวลผลการจัดเส้นทางรถขนขยะ

| Attribute | Description | Value |
|---|---|---|
| Name | ชื่อของยานพาหนะ | Route |
| StartDepoName | จุดเริ่มรถขนขยะ | Plant |
| EndDepotName | รถขนขยะกลับไปที่โรงกำจัดขยะ | Plant |
| StartDepotServiceTime | เวลาที่ใช้เตรียมตัวก่อนออกเดินทาง (นาที) | 0 นาที |
| TimeWindowStart1 | เวลาเริ่มทำงาน | 8.00 am |
| TimeWindowEnd1 | เวลาเลิกงาน | 5.00 pm |
| EarliestStartTime | รถขนขยะสามารถเริ่มดำเนินการได้ทันทีเมื่อเปิดทำการเวลา | 8.00 am |
| LatestStartTime | รถขนขยะต้องเริ่มดำเนินการโดยเร็วที่สุด | 8.00 am |
| Capacities | รถขนขยะสามารถบรรทุกได้สูงสุด 5,000 กิโลกรัม | 5,000 กิโลกรัม |
| MaxOrderCount | จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมดที่รถขนขยะให้บริการได้ | 54 แห่ง |
| MaxTotalDistance | รถขนขยะหนึ่งคันไม่วิ่งเกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง(ความเร็วกำหนดตาม พรบ. จราจร ) | 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง |

3.3 ภายหลังจากการประมวลผลด้วย VRP ทำการเรียงลำดับ “ตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้” ตามต้นทุนการขนส่งจาก 2 เงื่อนไข โดยที่เงื่อนไขแรก คือ พิจารณาจาก “จำนวนรถหรือเส้นทาง” และเงื่อนไขที่ 2 คือ พิจารณาจาก “ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง” ตามหลักการประหยัดที่สุด ยิ่งใช้ต้นทุนน้อย ยิ่งมีความเหมาะสม โดยที่อาศัยอัตราเฉลี่ยการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 6 ลิตร/กิโลเมตร ของรถบรรทุก 6 ล้อ ที่มีเครื่องยนต์ดีเซล 150 แรงม้า (สำนักเครื่องกลและสื่อสาร, 2565) และราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย เท่ากับ 35 บาท/ลิตร ณ วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2566

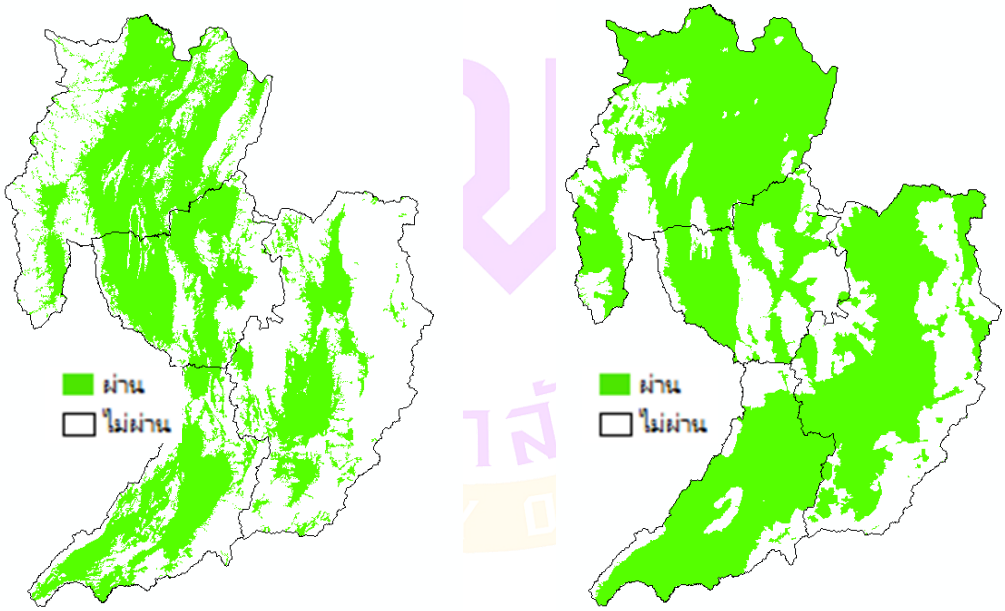
# บทที่ 4

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล/ผลการทดลอง/ผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถสรุปและมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์

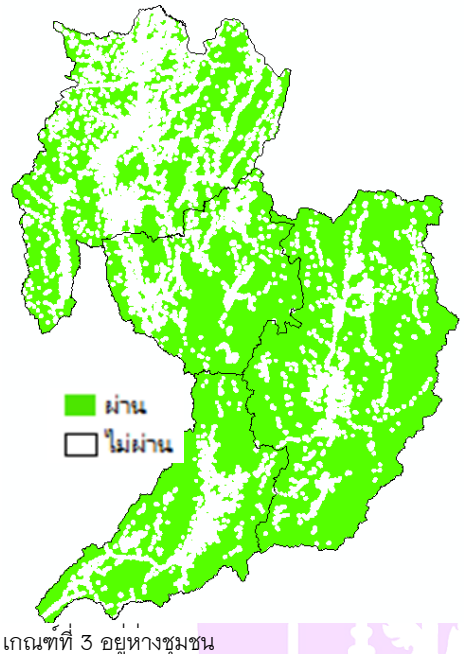
1.1 ผลการสร้างแผนที่เกณฑ์ที่สอดคล้องกับ 10 เงื่อนไขของกรมควบคุมมลพิษ ได้แก่ 1) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 2) ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ ได้แก่ เขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ 3) อยู่ห่างชุมชนไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 4) อยู่ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินไม่น้อยกว่า 700 เมตร 5) ระดับน้ำใต้ดิน (ในฤดูฝน) อยู่ลึกมากกว่า 2 เมตร 6)ไม่อยู่ในพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยว ไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร 7) ห่างจากถนนสายหลักไม่น้อยกว่า 300 เมตร 8) สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่รกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 9) อยู่ห่างจากบ่อบาดาลไม่น้อยกว่า 700 เมตร 10) ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างไม่น้อยกว่า 300 เมตร มีผลการดำเนินการดังนี้



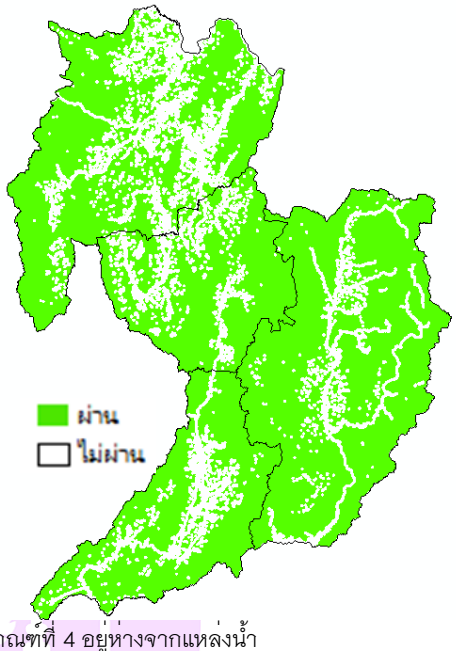

เกณฑ์ที่ 1 ไม่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 และ 2

เกณฑ์ที่ 2 ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์

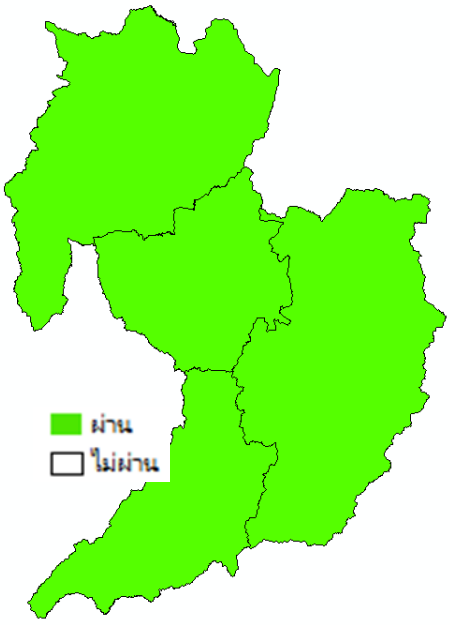
**ภาพ 11 ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์**



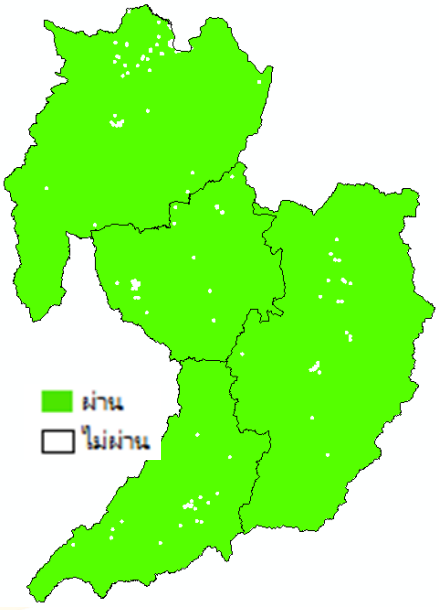

เกณฑ์ที่ 3 อยู่ห่างชุมชน
ไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร




เกณฑ์ที่ 4 อยู่ห่างจากแหล่งน้ำ
ผิวดินไม่น้อยกว่า 700 เมตร

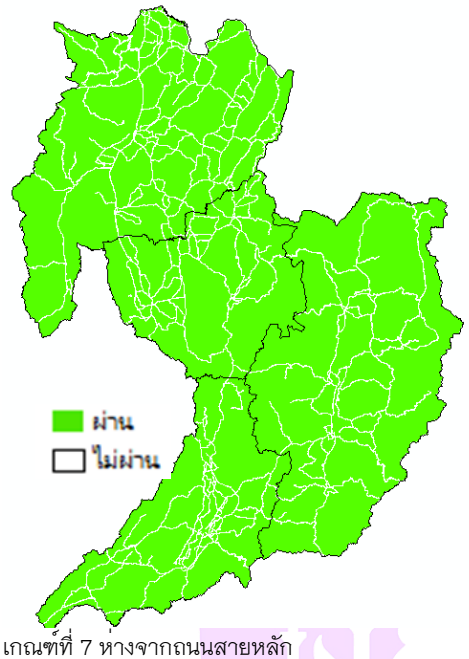



เกณฑ์ที่ 5 ระดับน้ำใต้ดิน
อยู่ลึกกว่า 2 เมตร

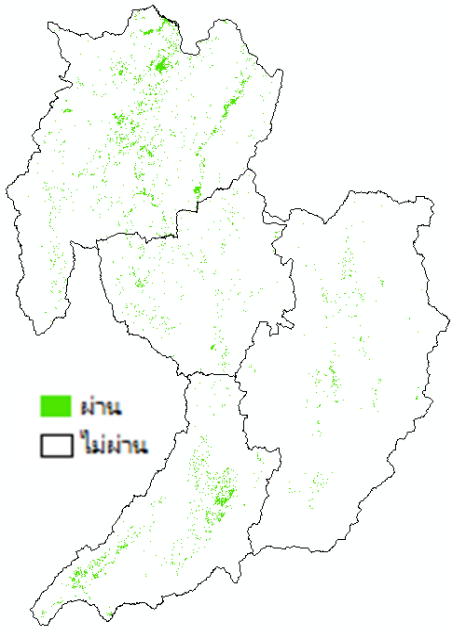



เกณฑ์ที่ 6 อยู่ห่างโบราณสถาน
ไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร

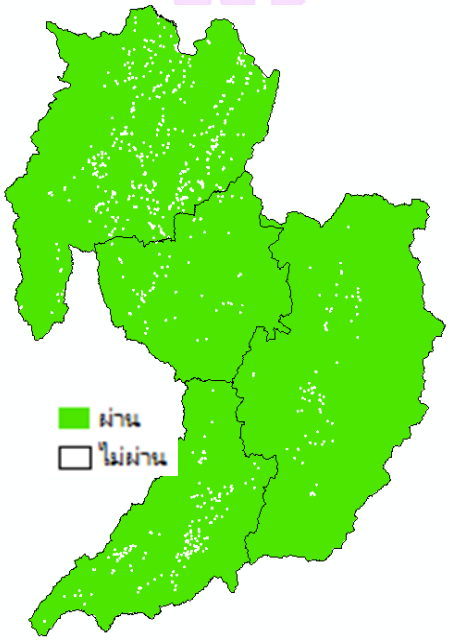
**ภาพ 12 ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์**



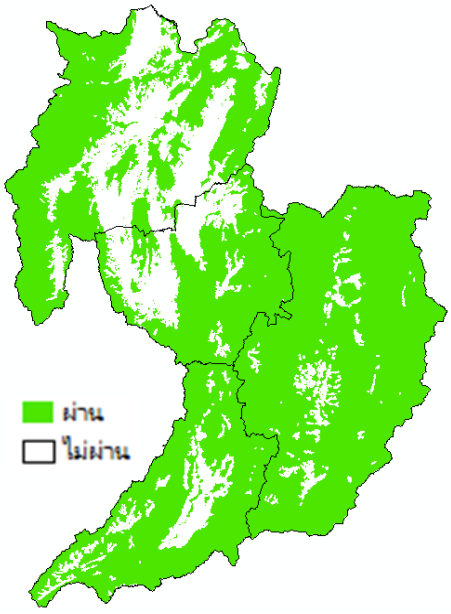

เกณฑ์ที่ 7 ห่างจากถนนสายหลัก
ไม่น้อยกว่า 300 เมตร




เกณฑ์ที่ 8 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่รกร้างว่าง
ที่ดินเป็นที่รกร้างว่างเปล่า




เกณฑ์ที่ 9 อยู่ห่างจากบ่อบาดาล
ไม่น้อยกว่า 700 เมตร



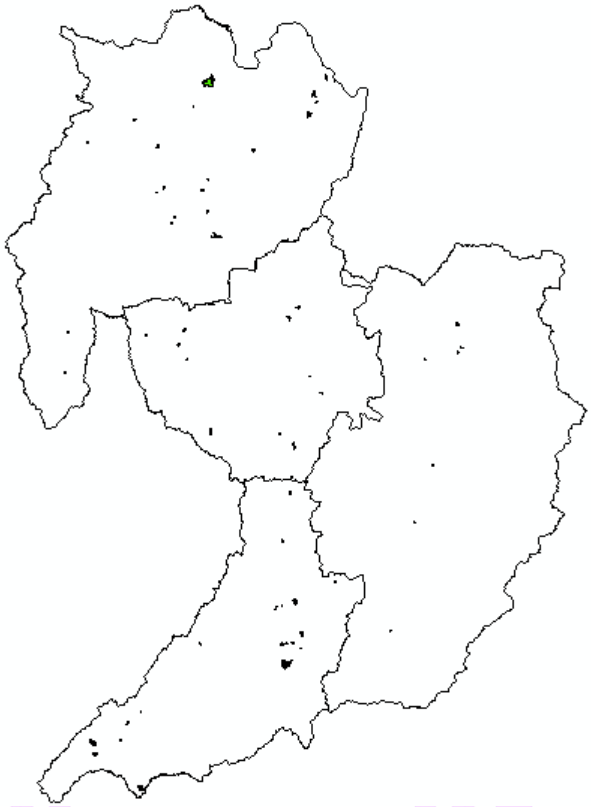

เกณฑ์ที่ 10 ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างออกไป
น้ำท่วมและห่างไม่น้อยกว่า 300 เมตร

**ภาพ 13 ผลการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์**

1.2 ผลการคัดกรองที่ตั้งที่เหมาะสมด้วยเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ เมื่อนำเอาแผนที่เกณฑ์ของทั้ง 10 เกณฑ์ (ภาพ 5) มาซ้อนทับกัน และมีเนื้อที่มากกว่า 50 ไร่ โดยใช้คำสั่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 89 แห่ง/พื้นที่รูปปิด (polygon) นอกจากนี้ หากพิจารณาคัดเลือกรายละเอียดดังภาพ 12 และตาราง 9 พบอีกว่า จังหวัดที่มีที่ตั้งที่เหมาะสมจำนวนมากที่สุด คือ เชียงราย คิดเป็นจำนวน 28 แห่ง รองลงมาคือ แพร่ พะเยา และน่าน คิดเป็นจำนวน 38 แห่ง 15 แห่ง และ 8 แห่ง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจำนวนของที่ตั้งที่เหมาะสมในแต่ละจังหวัดจะพบว่า จังหวัดน่านมีจำนวนที่ตั้งที่เหมาะสมน้อยกว่าเชียงรายอย่างมาก ในขณะที่ขนาดของจังหวัดทั้งสองมีขนาดใกล้เคียงกัน จากการตรวจสอบพบสาเหตุที่สำคัญนั่นคือ จังหวัดน่านมีพื้นที่รกร้างว่างเปล่าน้อยกว่าและแตกต่างกันกับเชียงรายอย่างมาก

**ตาราง 11 ผลการคัดกรองที่ตั้งที่เหมาะสมด้วยเกณฑ์ขั้นต่ำ 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ**

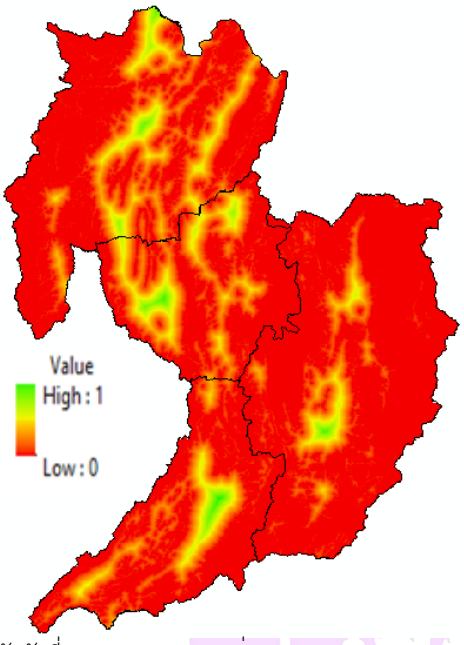
| จังหวัด | อำเภอ | เหมาะสมตามเกณฑ์ขั้นต่ำ (แห่ง) |
|---|---|---|
| เชียงราย | เมืองเชียงราย | 10 |
| เชียงราย | เชียงของ | 6 |
| เชียงราย | แม่จัน | 3 |
| เชียงราย | พาน | 3 |
| เชียงราย | เวียงชัย | 2 |
| เชียงราย | เวียงป่าเป้า | 2 |
| เชียงราย | เทิง | 1 |
| เชียงราย | พญาเม็งราย | 1 |
| พะเยา | เมืองพะเยา | 5 |
| พะเยา | เชียงม่วน | 4 |
| พะเยา | เชียงคำ | 3 |
| พะเยา | ปง | 2 |
| พะเยา | แม่ใจ | 1 |
| แพร่ | วังชิ้น | 15 |
| แพร่ | ร้องกวาง | 12 |
| แพร่ | เมืองแพร่ | 5 |
| แพร่ | ลอง | 4 |
| แพร่ | สอง | 2 |
| น่าน | เชียงกลาง | 4 |
| น่าน | ภูเพียง | 1 |
| น่าน | นาน้อย | 1 |
| น่าน | เวียงสา | 1 |
| น่าน | ท่าวังผา | 1 |



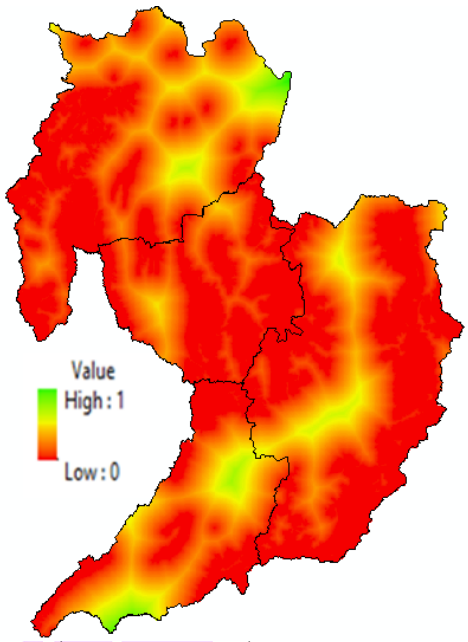
**ภาพ 14 พื้นที่/ที่ตั้งที่เหมาะสมเกณฑ์ขั้นต่ำ 89 แห่ง**

**2. ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม**

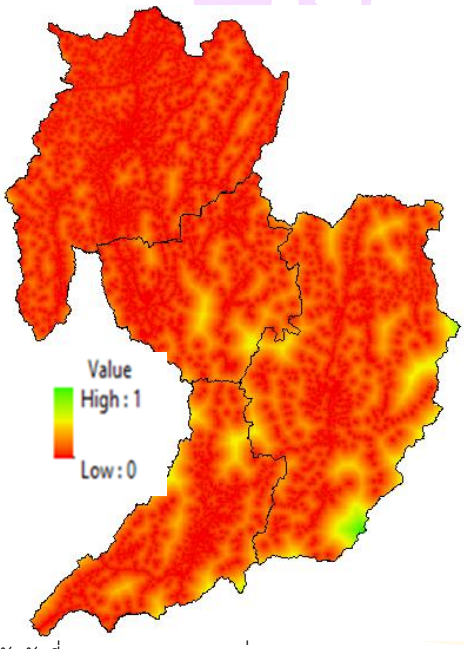
2.1 ผลการสร้างชั้นข้อมูล ทั้ง 7 ปัจจัยความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระยะห่างจากต้นน้ำลำธาร พื้นที่ป่าอนุรักษ์ ชุมชน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ถนน และโบราณสถาน โดยใช้คำสั่ง Euclidean Distance ของโปรแกรม ArcGIS หลังจากนั้นทำการปรับค่าระยะห่างไปเป็นค่านอมอลไลซ์ ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ค่าคะแนนมาตรฐานดังกล่าวจะถูกแทนด้วยเฉดสีระหว่างสีแดงและเขียวจากคะแนนน้อยไปหามาก ดังรูปภาพต่อไปนี้



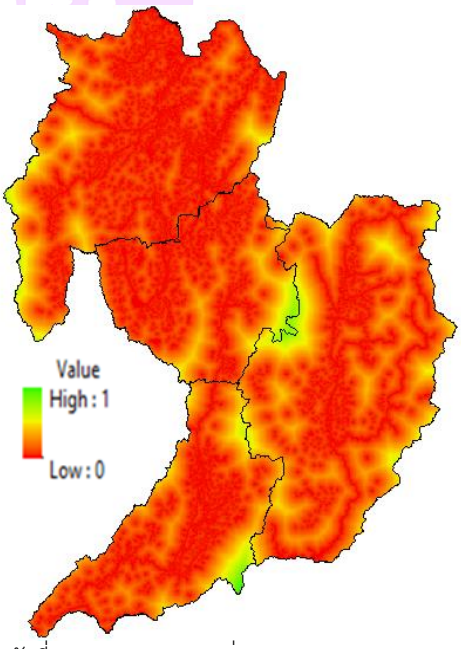

ปัจจัยที่ 1 คะแนนของระยะห่างจาก
ต้นน้ำลำธาร




ปัจจัยที่ 2 คะแนนของระยะห่างจาก
พื้นที่ป่าอนุรักษ์

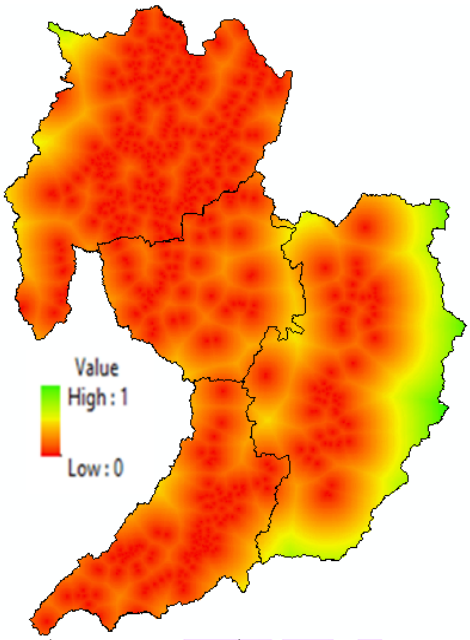



ปัจจัยที่ 3 คะแนนของระยะห่างจาก
ชุมชน

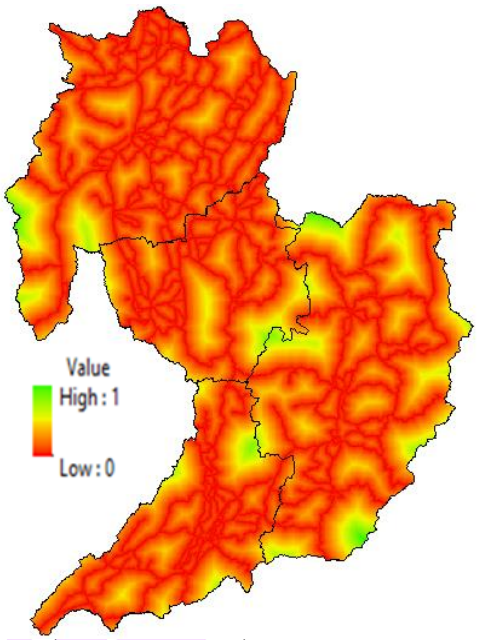



ปัจจัยที่ 4 คะแนนของระยะห่างจาก
แหล่งน้ำผิวดิน

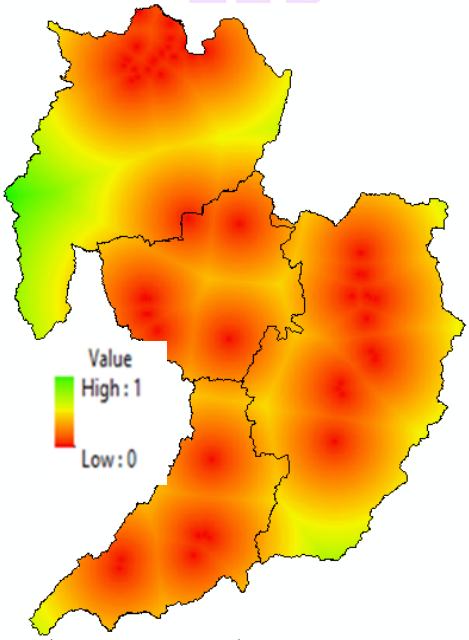
**ภาพ 15 ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม**



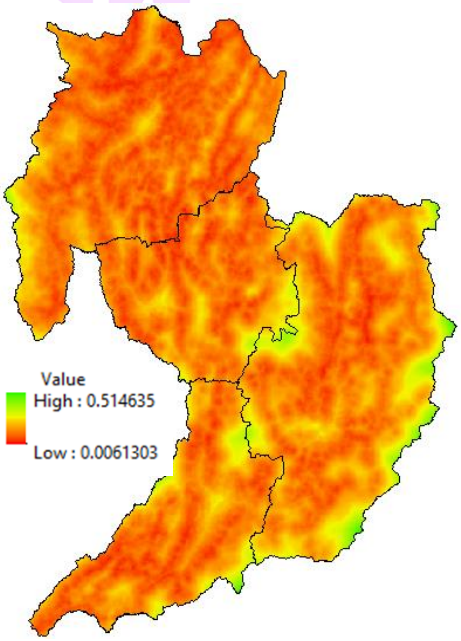

ปัจจัยที่ 5 คะแนนของระยะห่างจากบ่อบาดาล




ปัจจัยที่ 6 คะแนนของระยะห่างจากถนน




ปัจจัยที่ 7 คะแนนของระยะห่างจากโบราณสถาน




รวมคะแนน

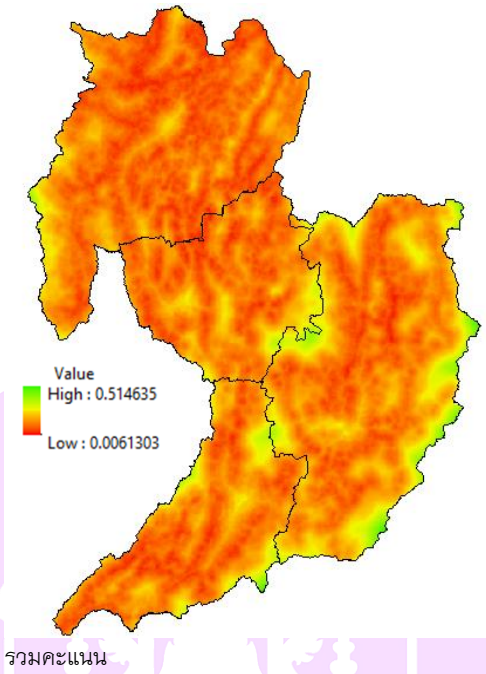
**ภาพ 16 ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม**

2.2 ผลการประเมินค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ ได้มาจากการผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ บุญปก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสิริ สุขพร้อมสรรพ์ โดยใช้การสัมภาษณ์ในเชิงเปรียบเทียบเกณฑ์ต่างๆทีละคู่ (Pairwise comparison) โดยอาศัย ตารางที่ 2 หลังจากนั้น ทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio : C.R.) โดยที่ถ้า C.R. ≤ 0.1 แสดงว่าค่าปัจจัยมีความสอดคล้องกัน สามารถนำไปใช้เป็นค่าน้ำหนักได้ (Saaty 1990, และ นรนิทร์ เอื้อศิริวรรณ และคณะ 2560)

**ตาราง 12 ค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์**

| | คำอธิบาย | ผู้เชี่ยวชาญ 1 | ผู้เชี่ยวชาญ 2 | ผู้เชี่ยวชาญ 3 | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| X1 | ระยะห่างจากต้นน้ำลำธาร | 0.29 | 0.16 | 0.17 | 0.20 |
| X2 | ระยะห่างจากอุทยานแห่งชาติ | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| X3 | ระยะห่างจากชุมชน | 0.16 | 0.37 | 0.36 | 0.30 |
| X4 | ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.14 |
| X5 | ระยะห่างจากบ่อบาดาล | 0.13 | 0.18 | 0.19 | 0.17 |
| X6 | ระยะห่างจากถนน | 0.11 | 0.08 | 0.08 | 0.09 |
| X7 | ระยะห่างจากโบราณสถาน | 0.11 | 0.03 | 0.08 | 0.06 |

2.3 ผลการรวมคะแนนความเหมาะสมอย่างมีการถ่วงน้ำหนักโดยอาศัยการซ้อนทับกันของเซลล์ที่มีตำแหน่งตรงกันจะถูกรวมคะแนนออกมาเป็นชั้นข้อมูลใหม่ โดยที่ค่าคะแนนดังกล่าวจะถูกแทนด้วยเฉดสีระหว่างสีแดงและเขียวจากคะแนนน้อยไปหามาก ในรูปภาพต่อไปนี้

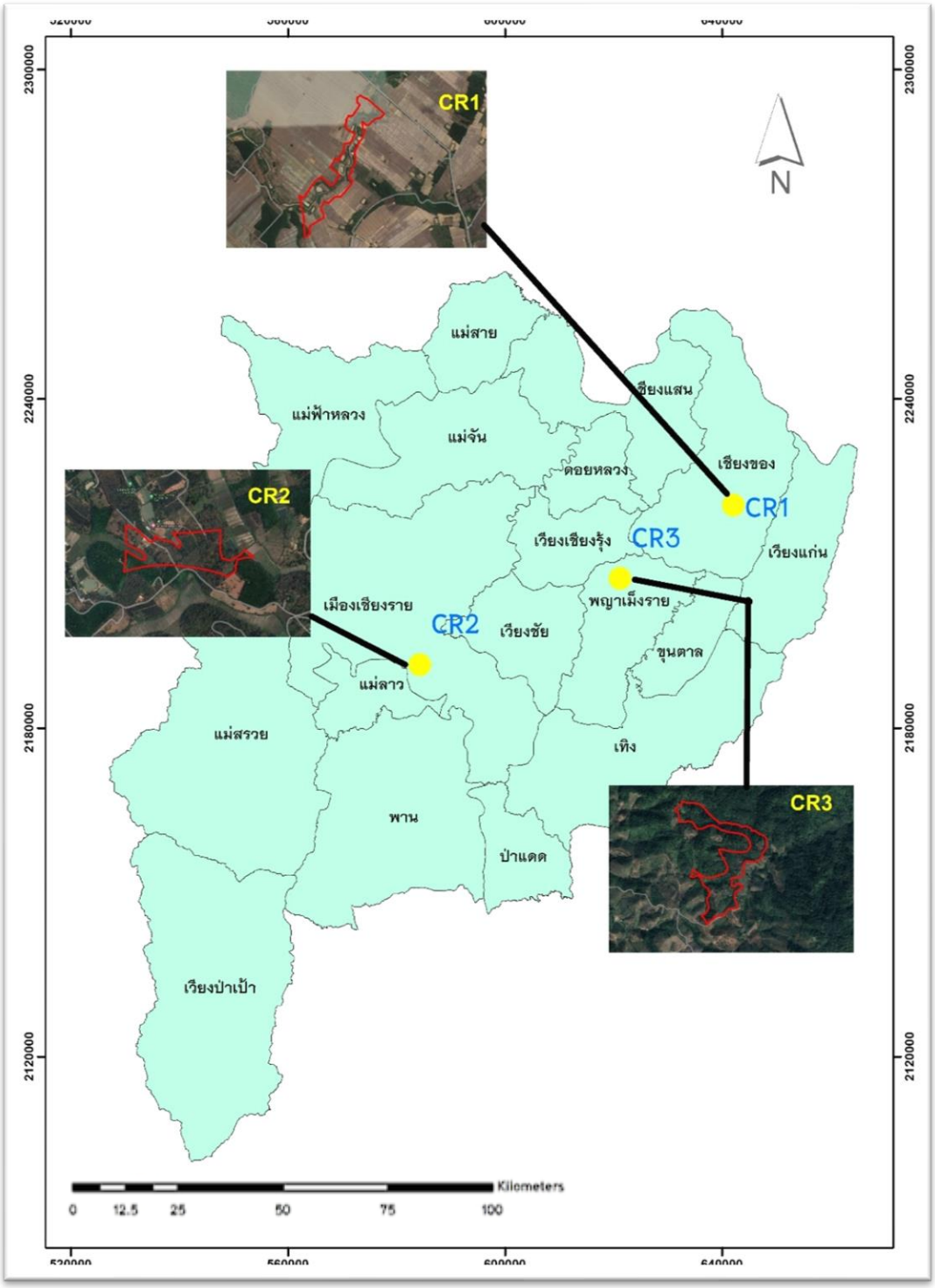



**ภาพ 17 ผลการรวมคะแนนความเหมาะสม**

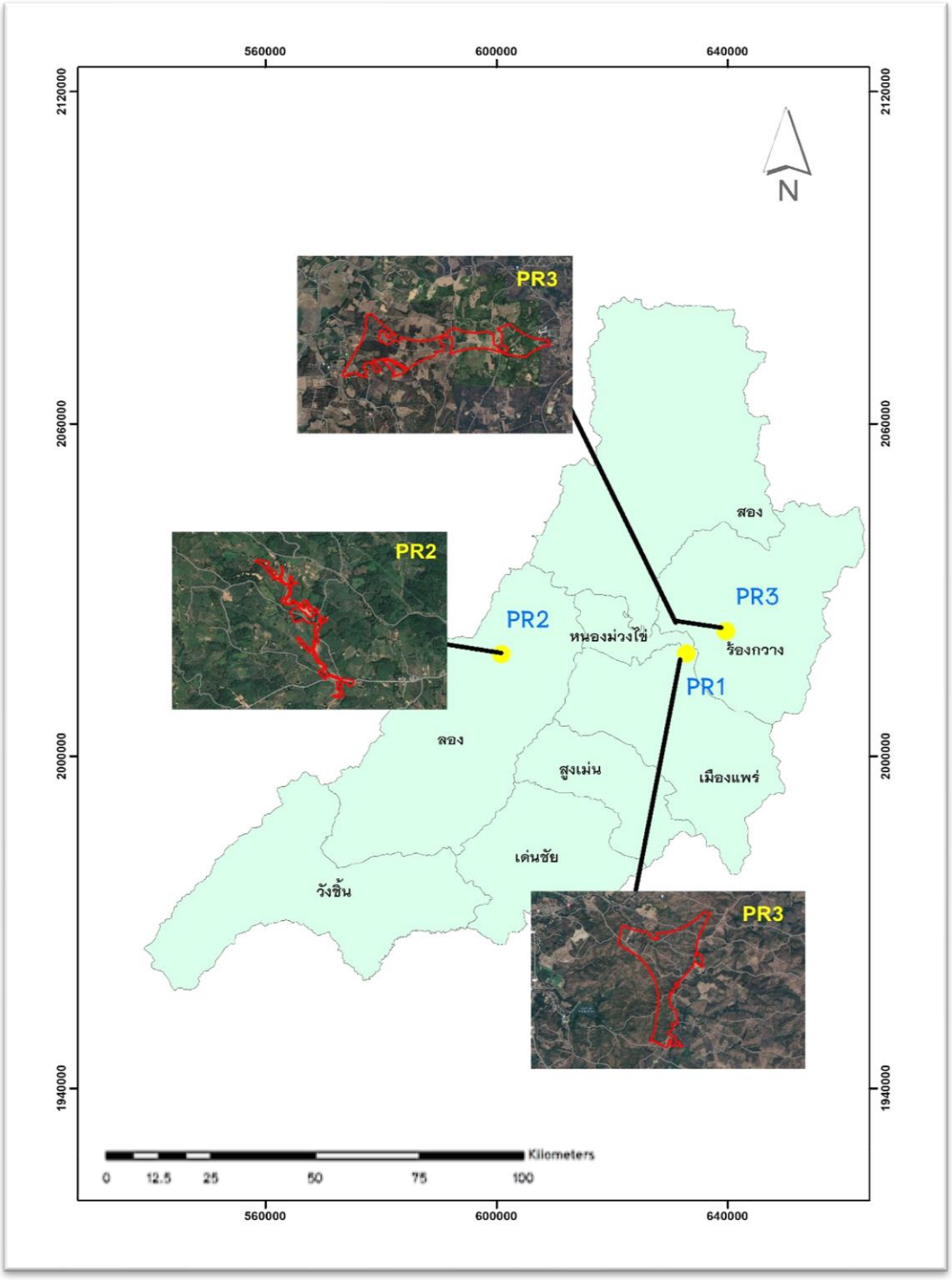
2.4 ผลการจัดลำดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม ภายหลังนำผลลัพธ์ที่ได้รับจากข้อ 1.2 มาคำนวณค่าคะแนนความเหมาะสมด้วยคำสั่ง Zonal statistics as Table ในโปรแกรม ArcGIS 10.2 โดยกำหนดให้ชั้นข้อมูลที่ได้รับจากข้อ 1.2 เป็น Feature zone data และกำหนดให้ชั้นข้อมูลค่าคะแนนความเหมาะสมเป็น Input value raster แล้วทำการจัดลำดับค่าคะแนนของที่ตั้งที่เหมาะสมในแต่ละจังหวัด โดยคัดเลือก 3 ที่ตั้งที่มีคะแนนสูงสุดใช้เป็นทางเลือกที่ตั้งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อ

**ตาราง 13 ที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 12 แห่งสำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

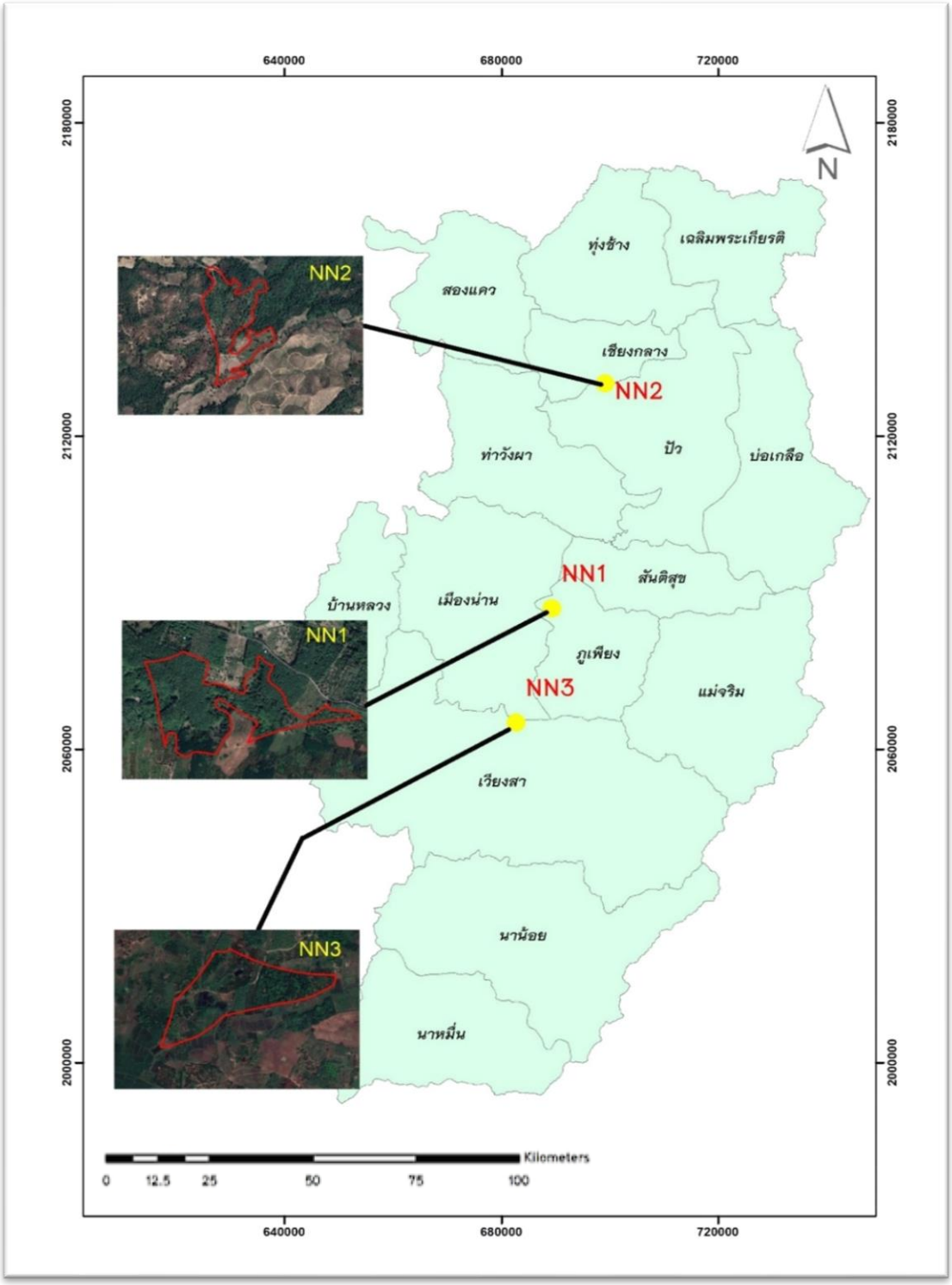
| รหัส | จังหวัด | อำเภอ | ค่าพิกัดจุดกึ่งกลางแปลง | | เนื้อที่ (ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | E (UTM) | N (UTM) | |
| CR1 | เชียงราย | เชียงของ | 642072 | 2220620 | 350 |
| CR2 | เชียงราย | เมืองเชียงราย | 584267 | 2191508 | 266 |
| CR3 | เชียงราย | พญาเม็งราย | 621177 | 2207246 | 105 |
| PR1 | แพร่ | เมืองแพร่ | 632875 | 2018515 | 525 |
| PR2 | แพร่ | ลอง | 600855 | 2018404 | 116 |
| PR3 | แพร่ | ร้องกวาง | 639751 | 2022550 | 56 |
| NN1 | น่าน | ภูเพียง | 689337 | 2086986 | 169 |
| NN2 | น่าน | เชียงกลาง | 699128 | 2130104 | 97 |
| NN3 | น่าน | เวียงสา | 682730 | 2065101 | 54 |
| PY1 | พะเยา | เมืองพะเยา | 604803 | 2100507 | 247 |
| PY2 | พะเยา | เชียงม่วน | 635944 | 2082387 | 74 |
| PY3 | พะเยา | ปง | 647218 | 2114666 | 68 |



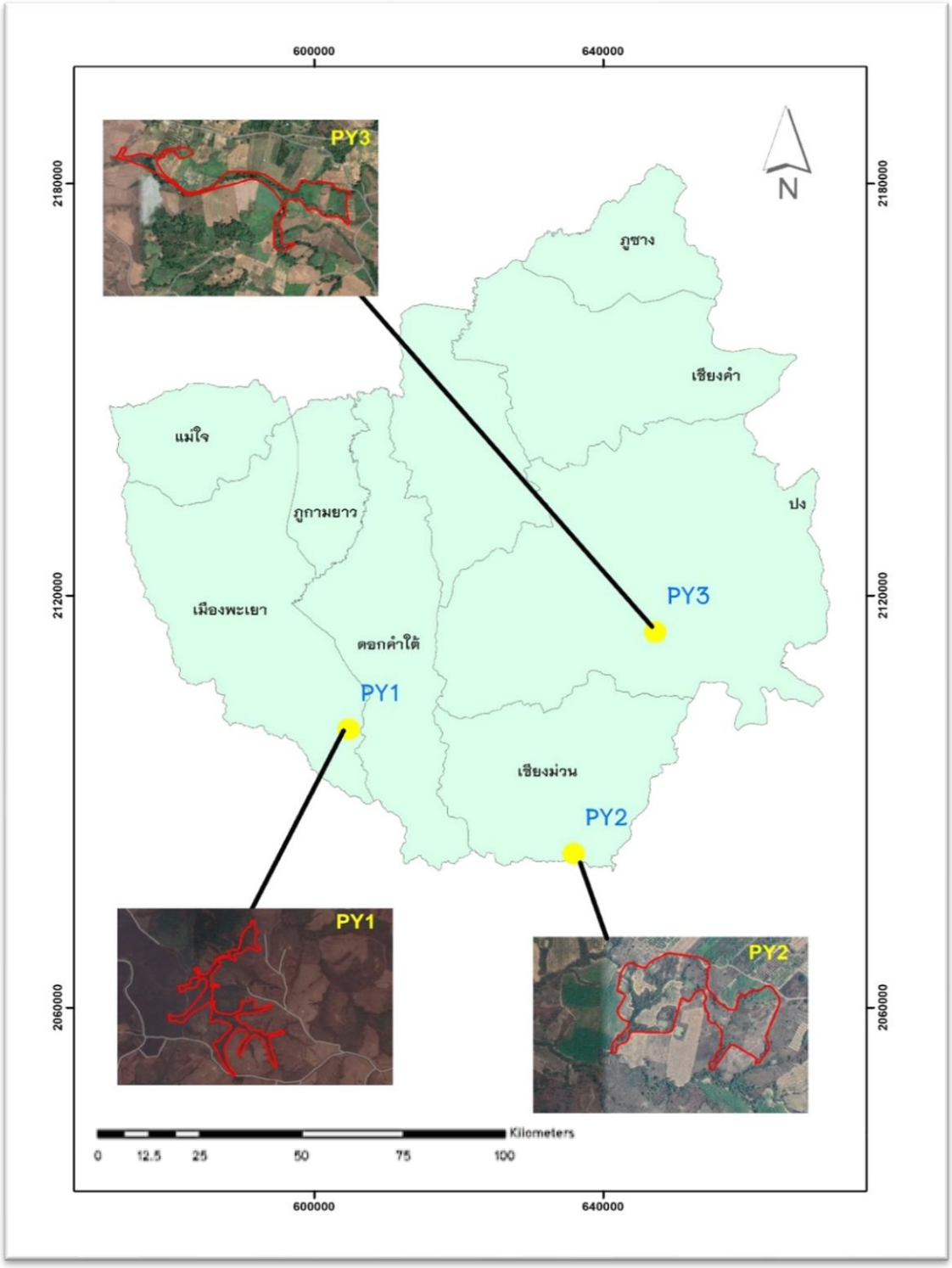

**ภาพ 18 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดเชียงราย CR1 CR2 และ CR3**




*ภาพ 19 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดแพร่ PR1 PR2 และ PR3*



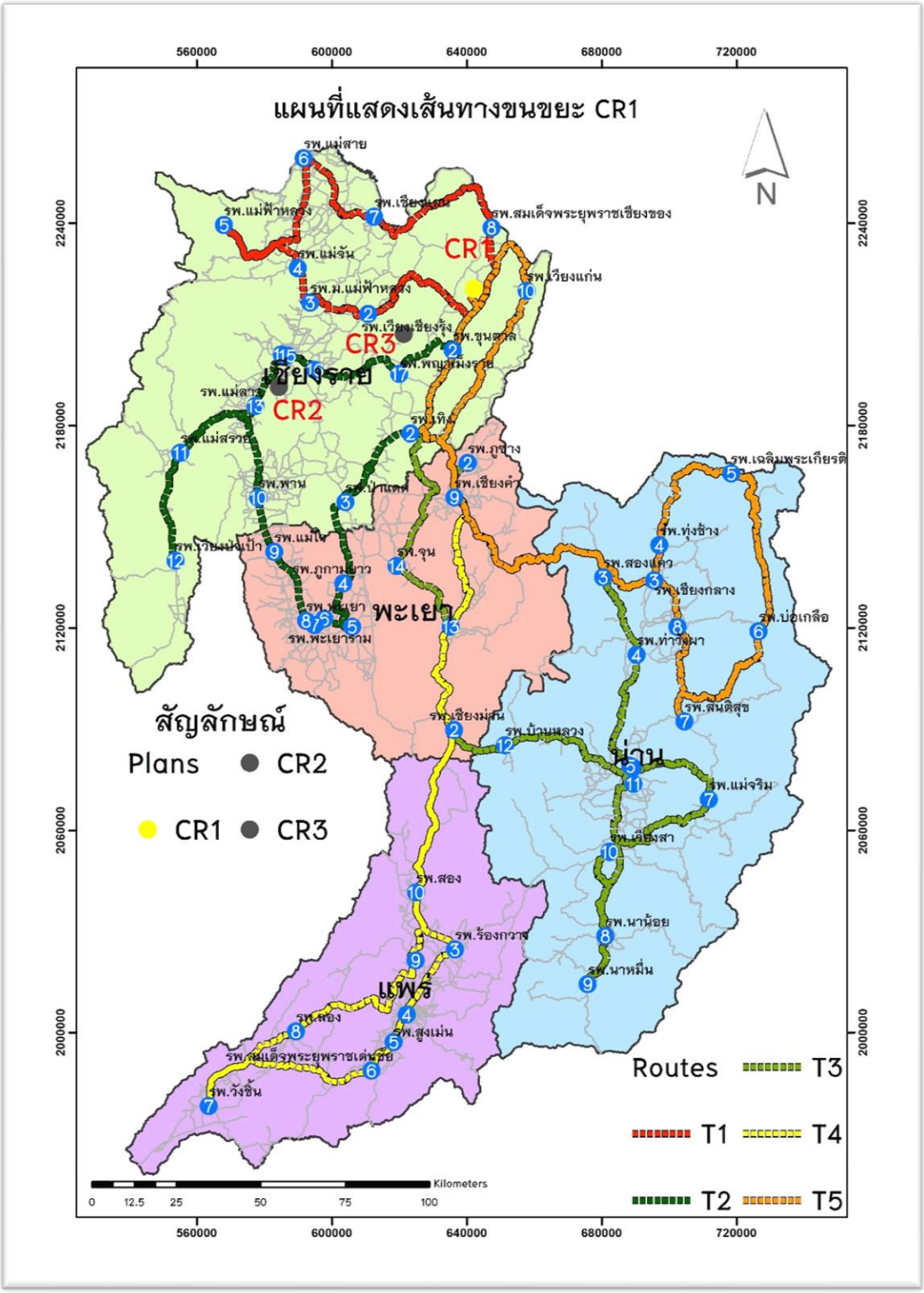

*ภาพ 20 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดน่าน NN1 NN2 และ NN3*




**ภาพ 21 สภาพพื้นที่ของที่ตั้งทางเลือกด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดพะเยา PY1 PY2 และ PY3**

**3. ผลการวิเคราะห์ด้านเส้นทางการขนส่งรวบรวมขยะติดเชื้อ** ภายหลังการสร้างชั้นข้อมูลโครงข่ายถนนและกระบวนการวิเคราะห์โครงข่ายโดยเฉพาะเรื่องการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการรวบรวมขยะไปยังแต่ละที่ตั้งทางเลือกโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าแต่ละที่ตั้งทางเลือกที่เป็นไปได้มีเส้นทางรวบรวมขยะติดเชื้อดังนี้

3.1 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ CR1 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




**ภาพ 22 ผลการค้นหาเส้นทาง CR1**

**ตาราง 14** ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR 1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | order count จำนวน order (รพ) | total time เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 7 | 284.34 | 214.34 | 321.52 | 2583.14 | |
| T2 | 16 | 470.53 | 310.53 | 465.80 | 4526.46 | |
| T3 | 13 | 598.30 | 468.30 | 702.46 | 3219.49 | |
| T4 | 9 | 555.19 | 465.19 | 697.79 | 4992.46 | |
| T5 | 9 | 537.63 | 447.63 | 671.44 | 1148.46 | |
| รวม | 54 | 2445.99 | 1905.99 | 2859.01 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1** – CR1 / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ CR1

**เส้นทาง T2** – CR2 / รพ.เทิง / รพ.ป่าแดด / รพ.ภูกามยาว / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.พะเยาราม / รพ.พะเยา / รพ.แม่ใจ / รพ.พาน / รพ.แม่สรวย / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่ลาว / รพ.ค่ายเม็รายมหาราช / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.พญาเม็งราย / CR2

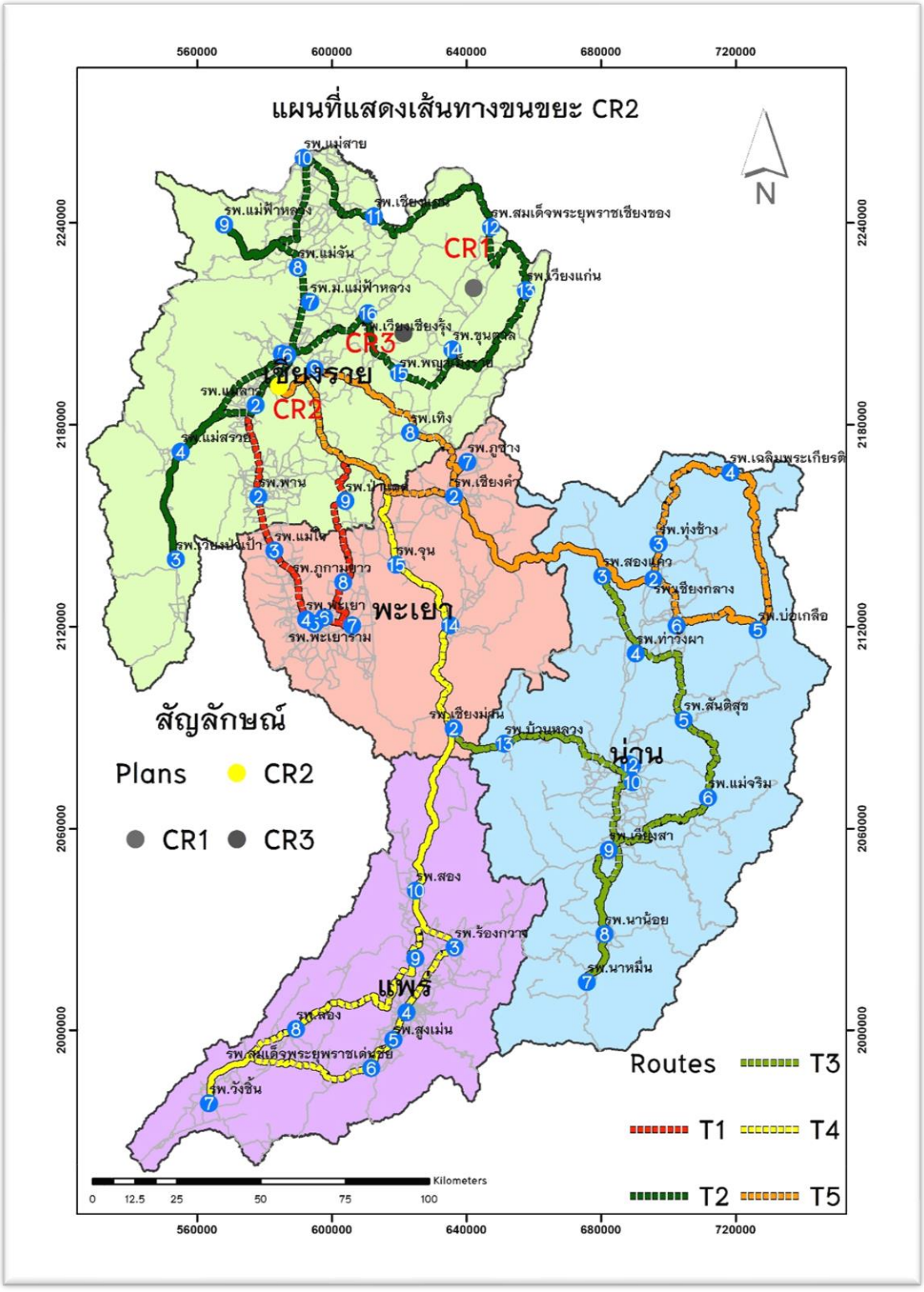
**เส้นทาง T3** – CR3 / รพ.ภูซาง / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / รพ.น่าน / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.แม่จริม / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.บ้านหลวง / รพ.ปง / รพ.จุน / CR3

**เส้นทาง T4**– CR4 / รพ.เชียงม่วน / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / CR4

**เส้นทาง T5**– CR5 / รพ.–ขุนตาล / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ้งช้าง/ รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สันติสุข / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.เชียงคำ / รพ.เวียงแก่น / CR5

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

3.2 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ CR2 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




**ภาพ 23 ผลการค้นหาเส้นทาง CR2**

**ตาราง 15** ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 8 | 220.26 | 140.26 | 210.39 | 1968.47 | |
| T2 | 15 | 532.83 | 382.83 | 574.24 | 4592.96 | |
| T3 | 14 | 600.08 | 460.08 | 690.12 | 3579.87 | |
| T4 | 9 | 540.48 | 450.48 | 675.73 | 4992.46 | |
| T5 | 8 | 482.59 | 402.59 | 603.89 | 1336.25 | |
| รวม | 54 | 2376.24 | 1836.24 | 2754.37 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1** – CR2 / รพ.พาน / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยา / รพ.พะเยาราม / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.ภูกามยาว / รพ.ป่าแดด / CR2

**เส้นทาง T2** – CR2 / รพ.แม่ลาว / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงราย ประชานุเคราะห์ / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / CR2

**เส้นทาง T3** – CR2 / รพ.เชียงคำ / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาหมื่น / รพ.นาน้อย / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ. บ้านหลวง / รพ.ปง / รพ.จุน / CR2

**เส้นทาง T4** – CR2 / รพ.เชียงม่วน / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / CR2

**เส้นทาง T5** – CR2 / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / CR2

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

**ตาราง 16** *ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ*

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 8 | 220.26 | 140.26 | 210.39 | 1968.47 | |
| T2 | 15 | 532.83 | 382.83 | 574.24 | 4592.96 | |
| T3 | 14 | 600.08 | 460.08 | 690.12 | 3579.87 | |
| T4 | 9 | 540.48 | 450.48 | 675.73 | 4992.46 | |
| T5 | 8 | 482.59 | 402.59 | 603.89 | 1336.25 | |
| รวม | 54 | 2376.24 | 1836.24 | 2754.37 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1** – CR2 / รพ.พาน / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยา / รพ.พะเยาราม / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.ภูกามยาว / รพ.ป่าแดด / CR2

**เส้นทาง T2** – CR2 / รพ.แม่ลาว / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงราย ประชานุเคราะห์ / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / CR2

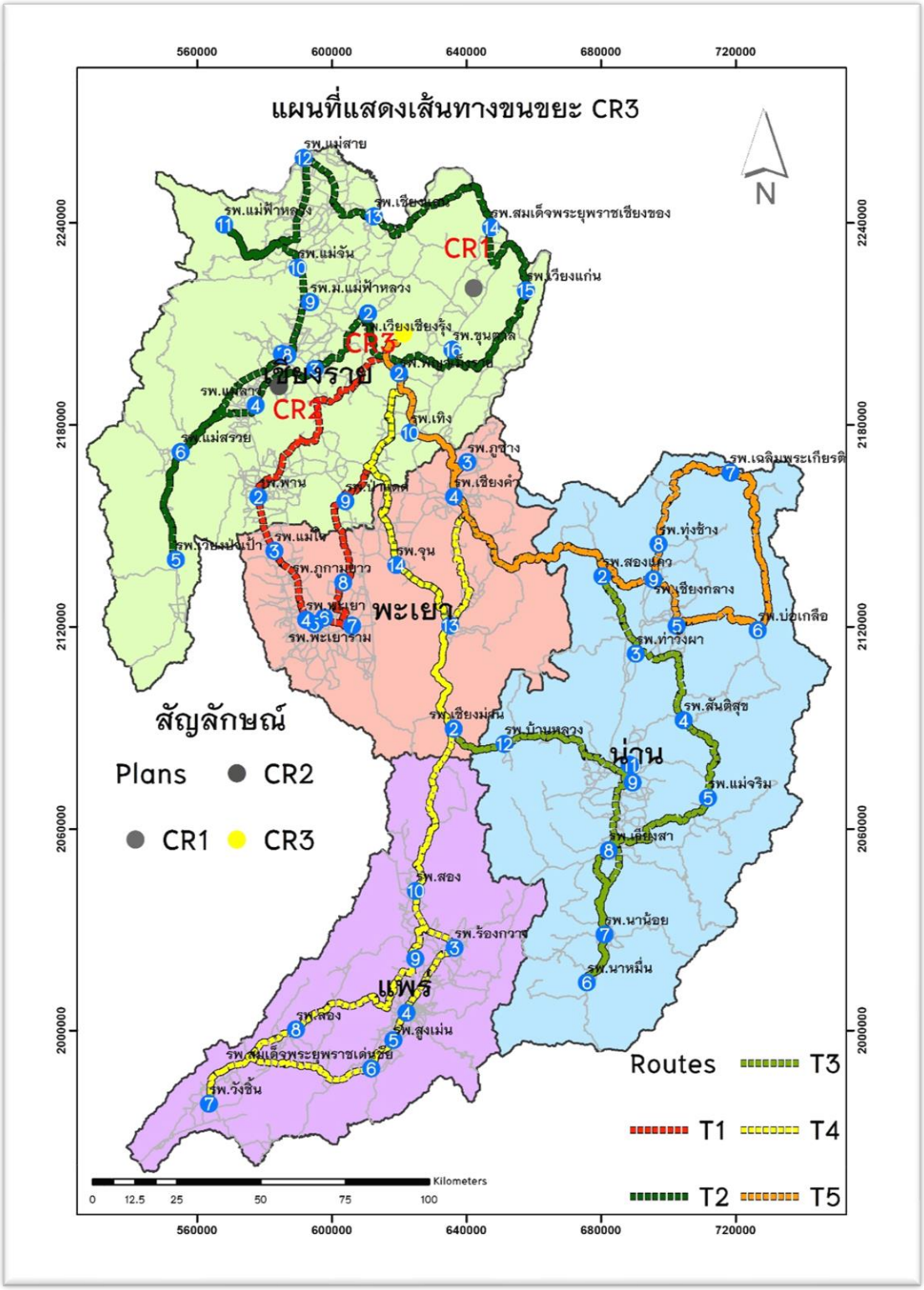
**เส้นทาง T3** – CR2 / รพ.เชียงคำ / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาหมื่น / รพ.นาน้อย / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ. บ้านหลวง / รพ.ปง / รพ.จุน / CR2

**เส้นทาง T4** – CR2 / รพ.เชียงม่วน / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / CR2

**เส้นทาง T5** – CR2 / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / CR2

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

3.3 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ CR3 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




**ภาพ 24 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ CR3**

**ตาราง 17** ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ CR3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 8 | 253.23 | 173.23 | 259.85 | 1968.47 | |
| T2 | 15 | 539.35 | 389.35 | 584.02 | 4854.83 | |
| T3 | 13 | 579.59 | 449.59 | 674.39 | 3207.94 | |
| T4 | 9 | 542.04 | 452.04 | 678.06 | 4992.46 | |
| T5 | 9 | 465.52 | 375.52 | 563.28 | 1446.31 | |
| รวม | 54 | 2379.73 | 1839.73 | 2759.6 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1** –CR3 / รพ.พาน / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยา / รพ.พะเยาราม / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.ภูกามยาว / รพ.ป่าแดด / CR3

**เส้นทาง T2** – CR3 / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.แม่ลาว / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง/ รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / CR3

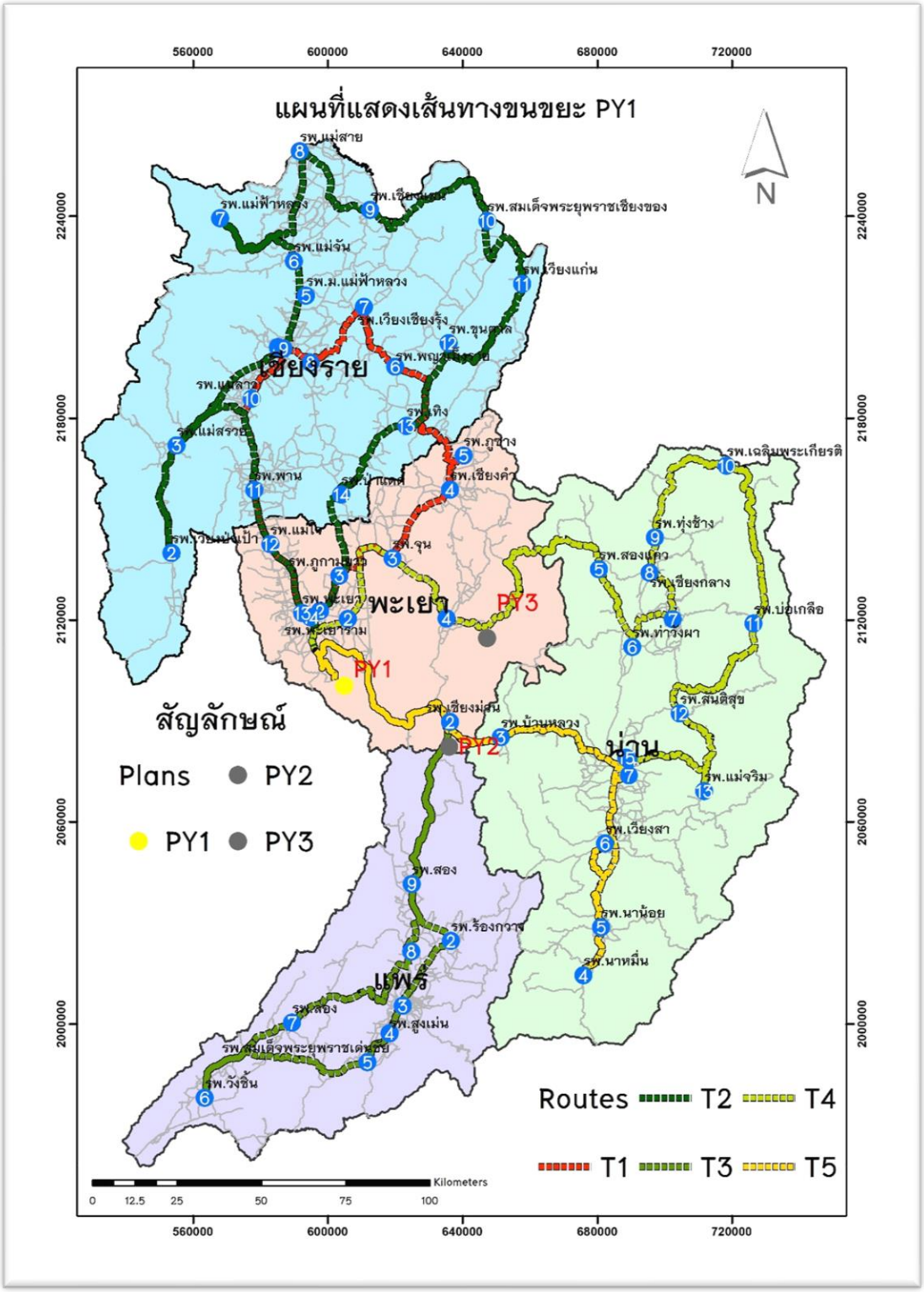
**เส้นทาง T3** – CR3 / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาหมื่น / รพ.นาน้อย / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ.บ้านหลวง / รพ.ปง / รพ.จุน / CR3

**เส้นทาง T4** – CR3 / รพ.เชียงม่วน / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / CR3

**เส้นทาง T5** – CR3 / รพ.พญาเม็งราย / รพ.ภูซาง / รพ.เชียงคำ / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.บ่อเกลือ / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เชียงกลาง / รพ.เทิง / CR3

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

3.7 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ **PY1** เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




**ภาพ 25 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ** PY1

**ตาราง 18** ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PY1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 13 | 359.20 | 229.20 | 343.80 | 3340.06 | |
| T2 | 13 | 593.03 | 463.03 | 694.55 | 4089.53 | |
| T3 | 8 | 440.35 | 360.35 | 540.52 | 4956.03 | |
| T4 | 14 | 597.19 | 457.19 | 685.79 | 3843.08 | |
| T5 | 6 | 372.94 | 312.94 | 469.41 | 241.32 | |
| รวม | 54 | 2362.71 | 1822.71 | 2734.07 | 16470.02 | |

**เส้นทาง T1** – PY1 / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ภูกามยาว / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.แม่ลาว / รพ.พาน / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยา / รพ.พะเยาราม / PY1

**เส้นทาง T2** – PY1 / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / รพ.เทิง / รพ.ป่าแดด / PY1

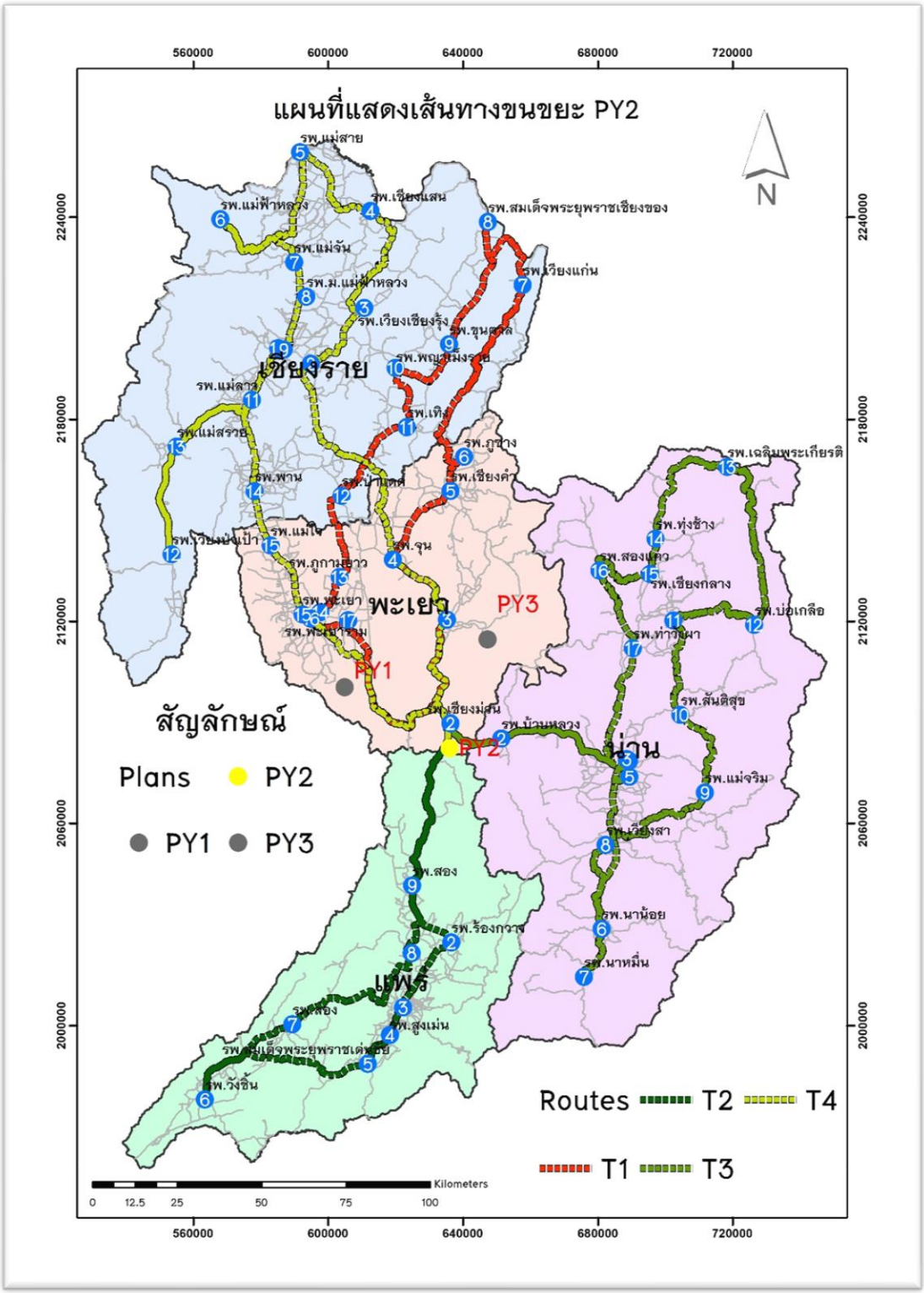
**เส้นทาง T3** – PY1 / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / PY1

**เส้นทาง T4** – PY1 / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.จุน / รพ.ปง / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / PY1

**เส้นทาง T5** – PY1 / รพ.เชียงม่วน / รพ.บ้านหลวง / รพ.นาหมื่น / รพ.นาน้อย / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / PY1

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

3.8 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ PY2 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




**ภาพ 26 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PY2**

**ตาราง 19 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PY2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 16 | 497.10 | 337.10 | 505.65 | 3347.47 | |
| T2 | 8 | 317.19 | 237.19 | 355.78 | 4956.03 | |
| T3 | 16 | 616.07 | 456.07 | 684.11 | 3347.64 | |
| T4 | 14 | 610.27 | 470.27 | 705.41 | 4818.88 | |
| รวม | 54 | 2040.63 | 1500.63 | 2250.95 | 16470.02 | |

**เส้นทาง T1** – PY2 / รพ.เชียงม่วน / รพ.ปง / รพ.จุน / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.เวียงแก่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.ขุนตาล / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เทิง / รพ.ป่าแดด / รพ.ภูกามยาว / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.พะเยา / พะเยาราม / รพ.ดอกคำใต้ / PY2

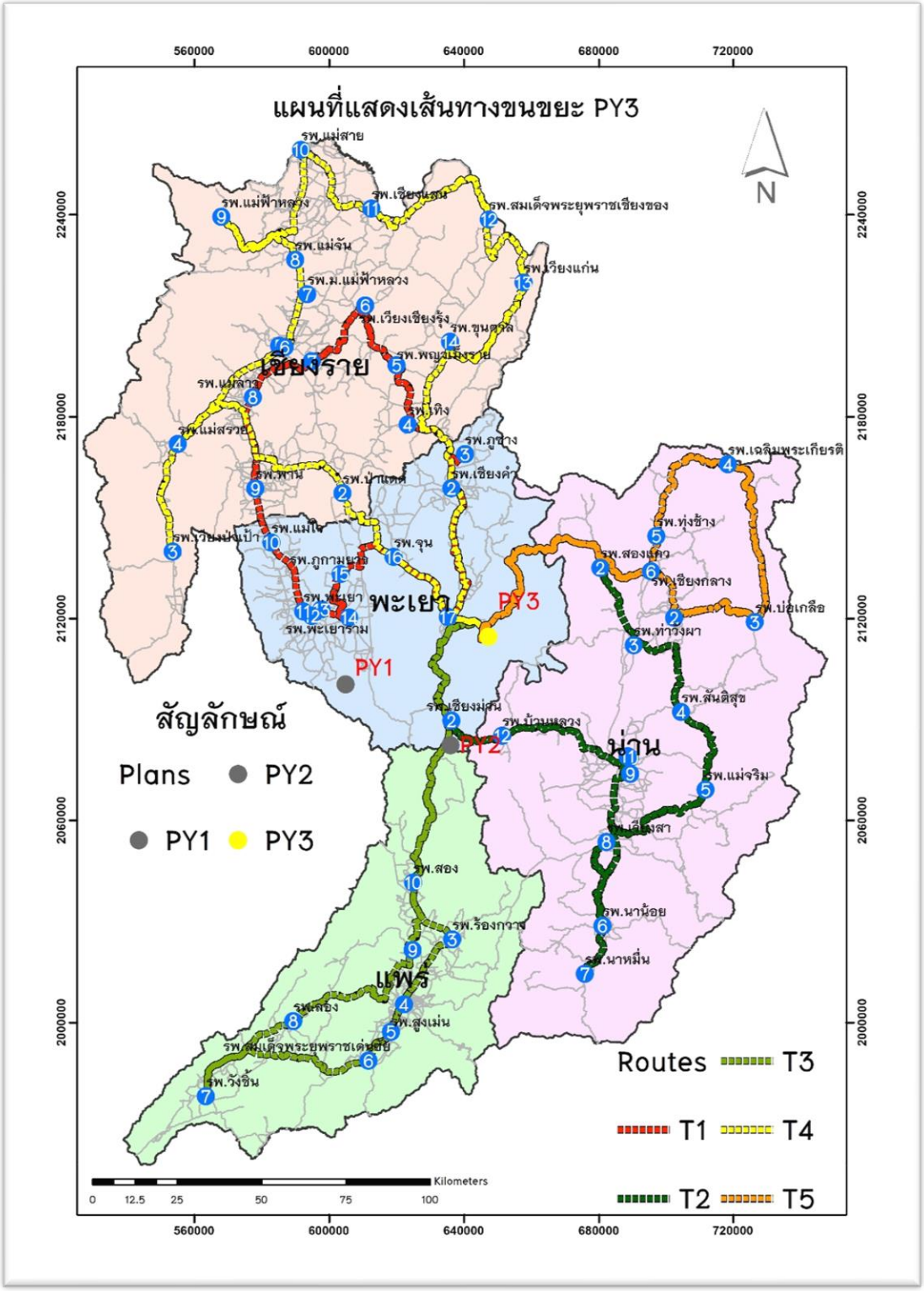
**เส้นทาง T2** – PY2 / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / PY2

**เส้นทาง T3** – PY2 / รพ.บ้านหลวง / รพ.น่าน / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.ภูเพียง / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / รพ.เวียงสา / รพ.แม่จริม / รพ.สันติสุข / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.บ่อเกลือ / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เชียงกลาง / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / PY2

**เส้นทาง T4** – PY2 / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.เชียงแสน / รพ.แม่สาย / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.แม่ลาว / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.พาน / รพ.แม่ใจ / PY2

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

### 3.9 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ PY3 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




ภาพ 25 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PY3

**ตาราง 20 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PY3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 16 | 421.74 | 261.74 | 392.61 | 3837.57 | |
| T2 | 11 | 452.87 | 342.87 | 514.31 | 2822.42 | |
| T3 | 9 | 410.17 | 320.17 | 480.26 | 4992.46 | |
| T4 | 13 | 607.64 | 477.64 | 716.46 | 4292.35 | |
| T5 | 5 | 336.54 | 286.54 | 429.81 | 525.22 | |
| รวม | 54 | 2228.96 | 1688.96 | 2533.45 | 16470.02 | |

**เส้นทาง T1** – PY3 / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.แม่ลาว / รพ.พาน / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยา / รพ.พะเยาราม / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.ภูกามยาว / รพ.จุน / รพ.ปง / PY3

**เส้นทาง T2** – PY3 / รพ.สองแคว / รพ.ท่าวังผา / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ.บ้านกลาง / PY3 /

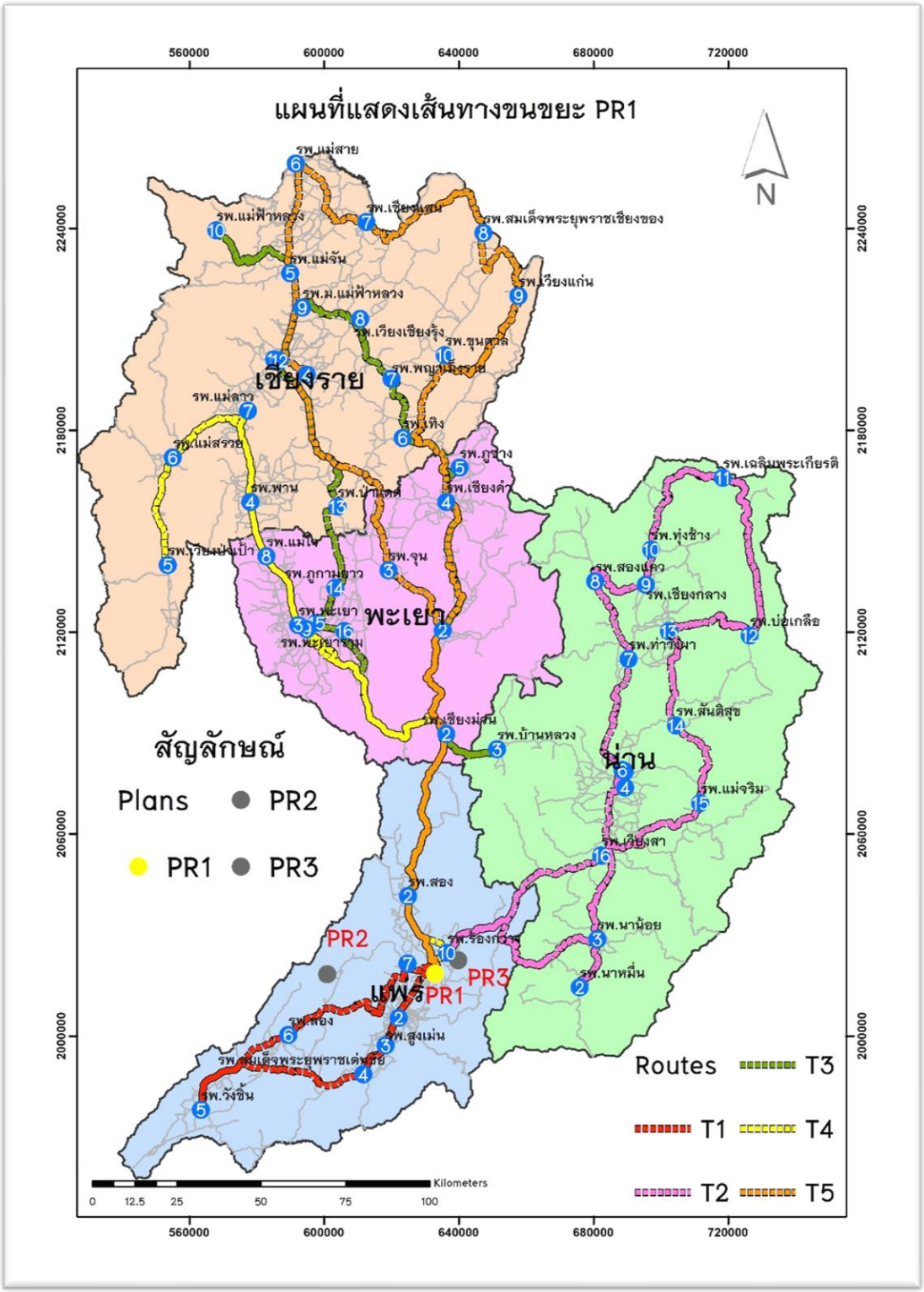
**เส้นทาง T3** – PY3 / รพ.เชียงม่วน / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / PY3

**เส้นทาง T4** – PY3 / รพ.ป่าแดด / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / PY3

**เส้นทาง T5** – PY3 / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.บ่อเกลือ / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เชียงกลาง PY3 /

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

### 3.10 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ PR1 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




ภาพ 27 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PR1

**ตาราง 21 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PR1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 6 | 207.14 | 147.14 | 220.71 | 4410.36 | |
| T2 | 15 | 598.87 | 448.87 | 673.31 | 3328.77 | |
| T3 | 15 | 627.96 | 477.96 | 716.95 | 2666.91 | |
| T4 | 9 | 489.16 | 399.16 | 598.74 | 2800.35 | |
| T5 | 9 | 564.55 | 474.55 | 711.82 | 3263.63 | |
| รวม | 54 | 2487.68 | 1947.68 | 2921.53 | 16470 | |

**เส้นทาง T1** – PR1 / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วกไข่ / PR1

**เส้นทาง T2** – PR1 / รพ.นาหมื่น / รพ.นาน้อย / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ.ท่าวังผา / รพ.สองแคว / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.เวียงสา / PR1

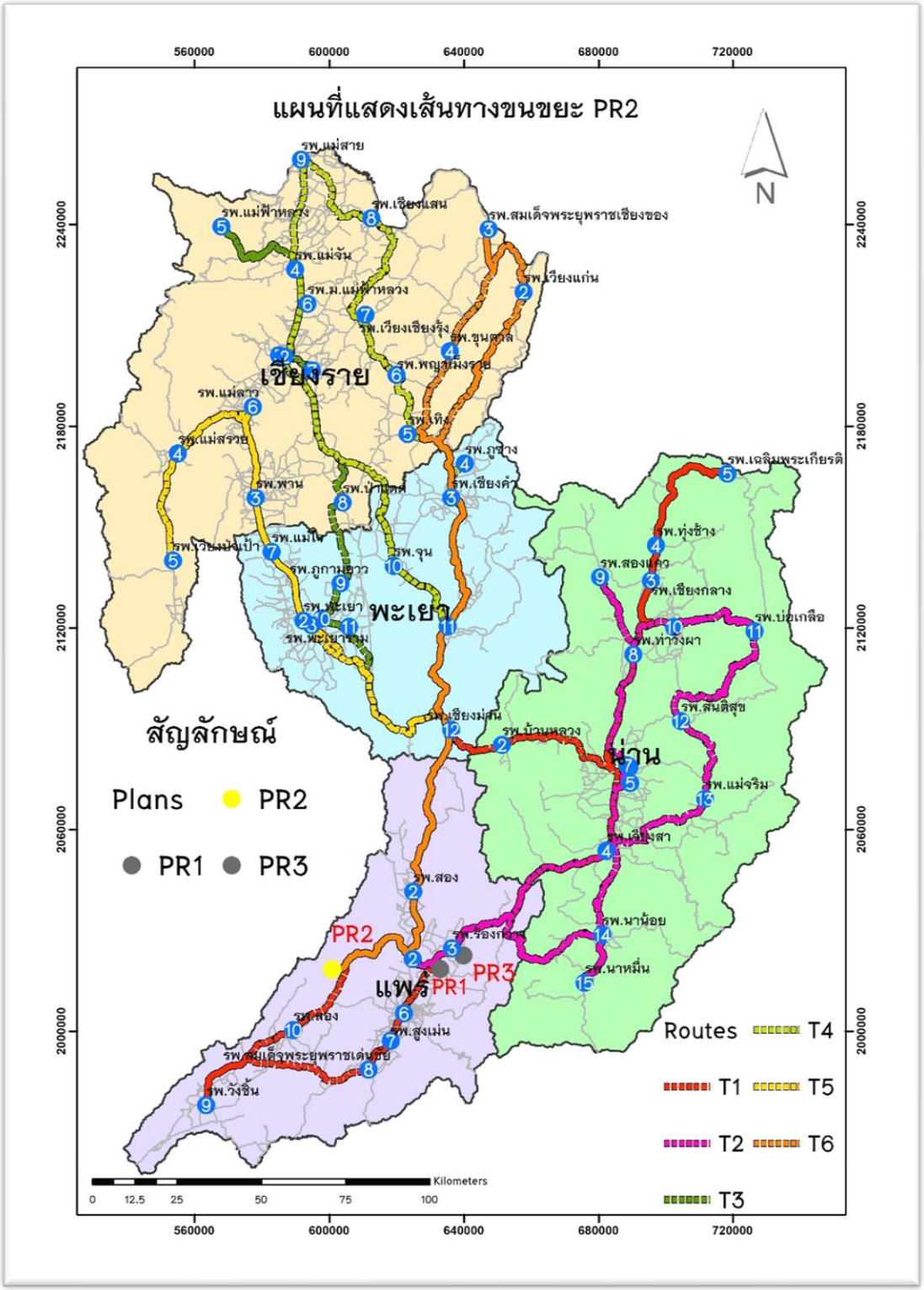
**เส้นทาง T3** – PR1 / รพ.สอง / รพ.บ้านสาง / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ป่าแดด / รพ.ภูกามยาว / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / PR1

**เส้นทาง T4** – PR1 / รพ.เชียงม่วน / รพ.พะเยา / รพ.พาน / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.แม่ลาว / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยาราม / รพ.ร้องกวาง / PR1

**เส้นทาง T5 –** NN1 / รพ.ปง / รพ.จุน / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.แม่จัน / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน . รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / PR1

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

### 3.11 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ PR2 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




ภาพ 28 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PR2

**ตาราง 22 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PR2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 9 | 526.73 | 472.73 | 709.09 | 4546.12 | |
| T2 | 14 | 579.13 | 439.13 | 658.69 | 3563.77 | |
| T3 | 10 | 568.25 | 468.25 | 702.38 | 2867.86 | |
| T4 | 11 | 575.10 | 465.10 | 697.65 | 2447.83 | |
| T5 | 7 | 501.71 | 431.71 | 647.57 | 2412.02 | |
| T6 | 3 | 443.11 | 413.11 | 619.66 | 632.40 | |
| รวม | 54 | 3194.03 | 2690.03 | 4035.04 | 16470.0 | |

**เส้นทาง T1** – PR2 / รพ.บ้านหลวง / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / PR2

**เส้นทาง T2** – PR2 / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.ร้องกวาง / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ.ท่าวังผา / รพ.สองแคว / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / PR2

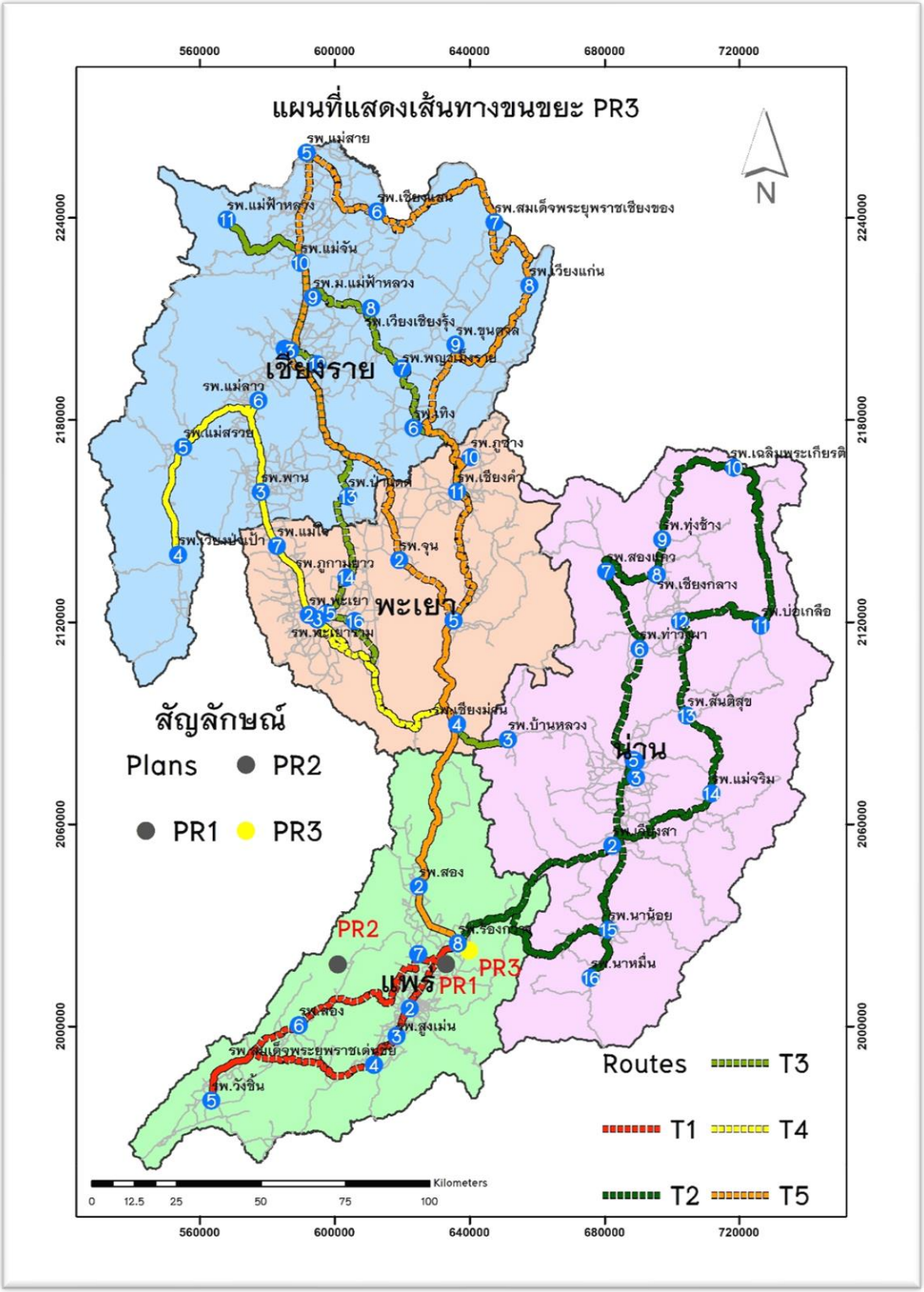
**เส้นทาง T3** – PR2 / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.ป่าแดด / รพ.ภูกามยาว / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / PR2

**เส้นทาง T4** – PR2 / รพ.สอง / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.เชียงแสน / รพ.แม่สาย / รพ.จุน / รพ.ปง / รพ.เชียงม่วน / PR2

**เส้นทาง T5** – PR2 / รพ.พะเยา / รพ.พาน / รพ.แม่สรวย / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่ลาว / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยาราม / PR2

**เส้นทาง T6** – PR2 / รพ.เวียงแก่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.ขุนตาล / PR2

### 3.12 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ PR3 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




ภาพ 29 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ PR3

**ตาราง 23 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ PR3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 7 | 223.38 | 153.38 | 230.08 | 4762.25 | |
| T2 | 15 | 589.19 | 439.19 | 658.79 | 3328.77 | |
| T3 | 15 | 621.62 | 471.62 | 707.43 | 3173.58 | |
| T4 | 7 | 463.32 | 393.32 | 589.98 | 2412.02 | |
| T5 | 10 | 577.59 | 477.59 | 716.39 | 2793.40 | |
| รวม | 54 | 2475.1 | 1935.1 | 2902.67 | 16470.02 | |

**เส้นทาง T1** – PR3 / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วกไข่ / รพ.ร้องกวาง / PR3

**เส้นทาง T2** – PR3 / รพ.เวียงสา / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.น่าน / รพ.ท่าวังผา / รพ.สองแคว / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / PR3

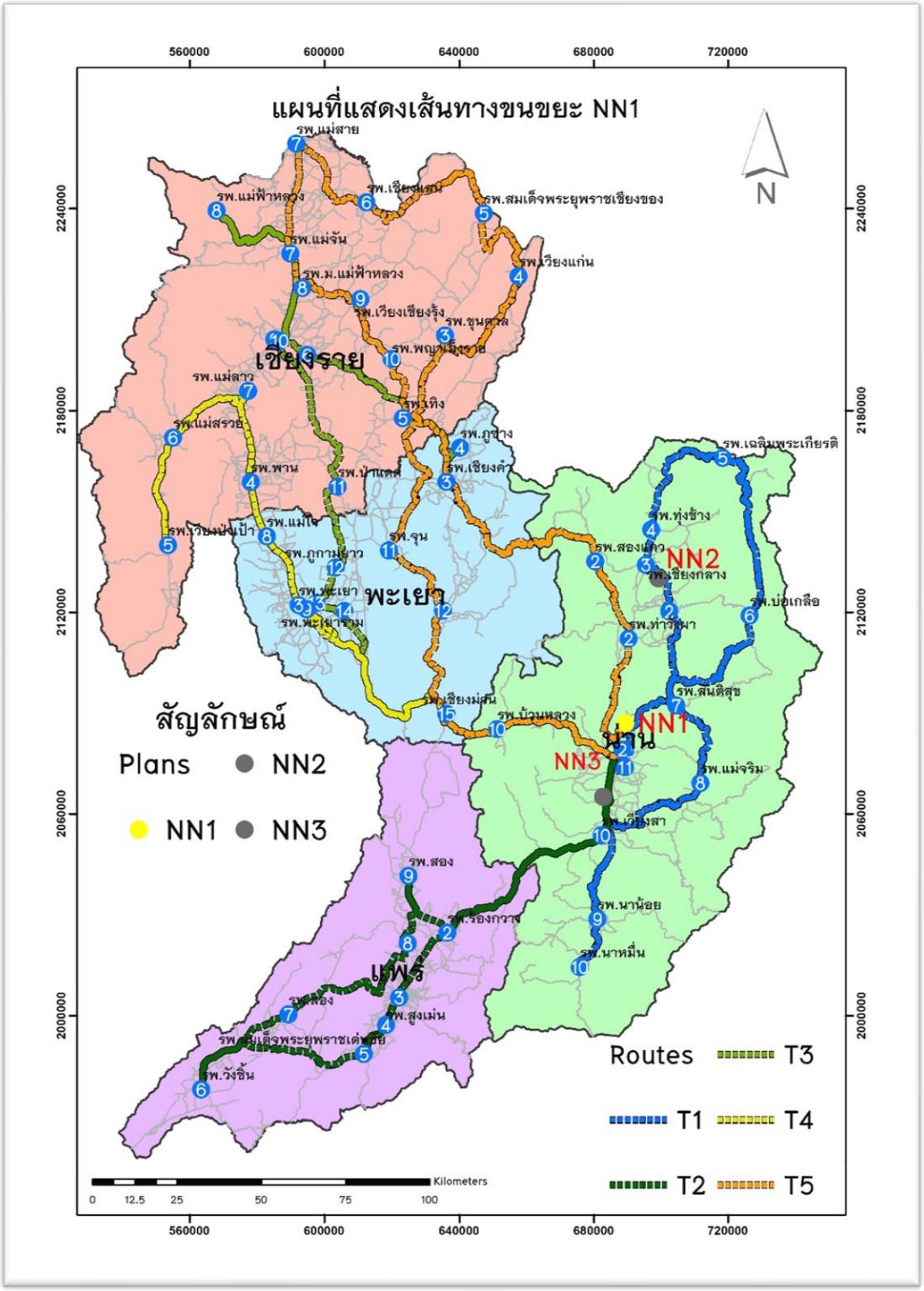
**เส้นทาง T3** – PR3 / รพ.สอง / รพ.บ้านหลวง / รพ.เชียงม่วน / รพ.ปง / รพ.เทิง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.ม.ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.ป่าแดด / รพ.ภูกามยาว / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / PR3

**เส้นทาง T4** – PR3 / รพ.พะเยา / รพ.พาน / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.แม่ลาว / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยาราม / PR3

**เส้นทาง T5** – PR3 / รพ.จุน / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.ขุนตาล / รพ.ภูซาง / รพ.เชียงคำ / PR3

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

### 3.4 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ NN1 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




ภาพ 30 ผลการค้นหาเส้นทางที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ NN1

**ตาราง 24 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN1 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 4 | 141.43 | 101.43 | 152.15 | 2487.49 | |
| T2 | 8 | 316.36 | 236.36 | 354.54 | 608.71 | |
| T3 | 13 | 602.37 | 472.37 | 708.56 | 3721.21 | |
| T4 | 7 | 436.08 | 366.08 | 549.12 | 1245.74 | |
| T5 | 13 | 556.59 | 426.59 | 639.89 | 3415.53 | |
| รวม | 54 | 2458.95 | 1918.95 | 2878.45 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1** – NN1 / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.เชียงกลาง / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / NN1

**เส้นทาง T2** – NN1 / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / รพ.เวียงสา / NN1

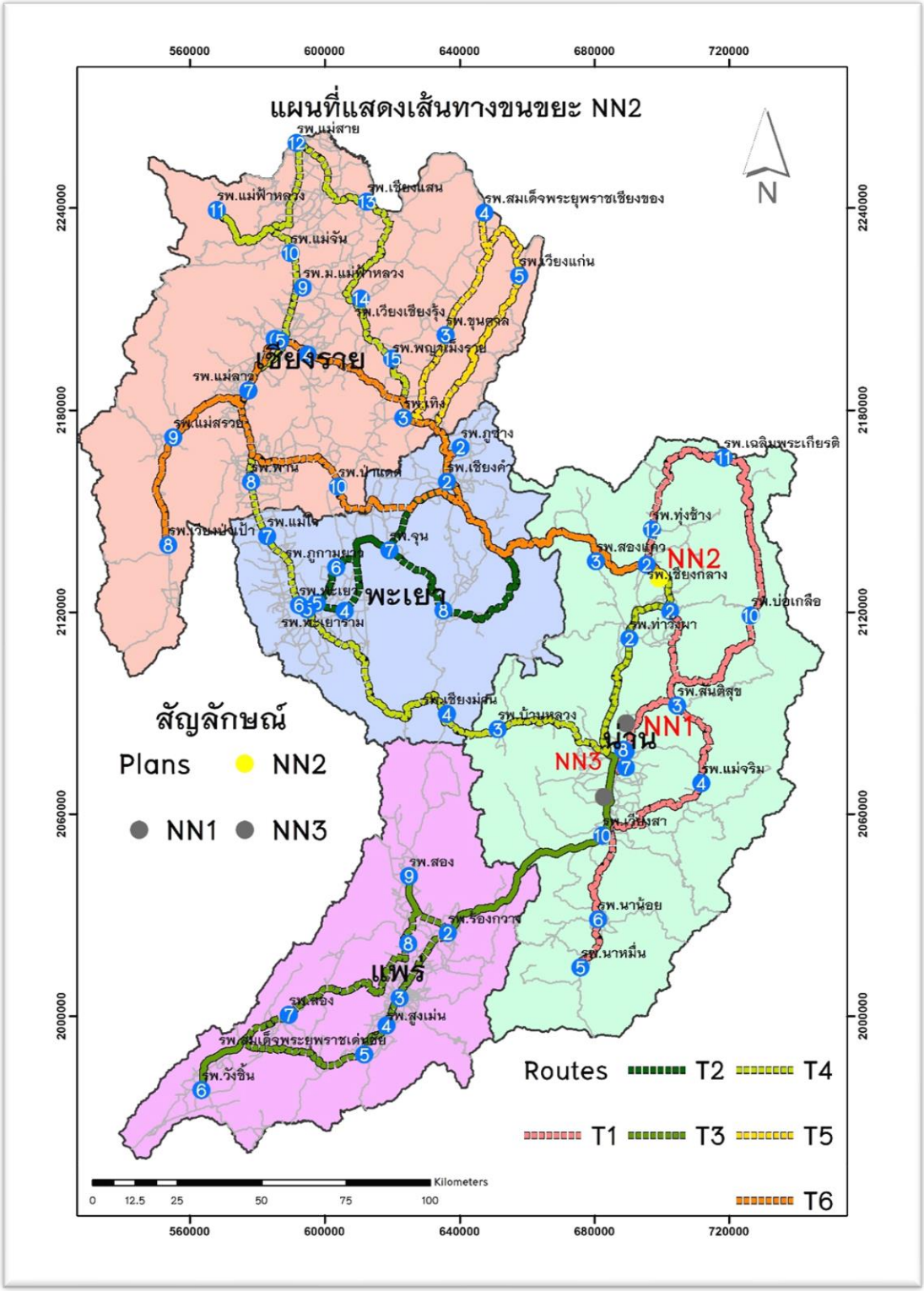
**เส้นทาง T3** – NN1 / รพ.สองแคว / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.แม่จัน/ รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ป่าแดด / รพ.ภูกามยาว / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.เชียงม่วน / NN1

**เส้นทาง T4** – NN1 /รพ.น่าน / รพ.พะเยา / รพ.พาน / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.แม่ลาว / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยาราม / รพ.บ้านหลวง / NN1

เส้นทาง T5 NN1 / รพ.ท่าวังผา / รพ.ขุนตาล / รพ.เวียงแก่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เชียงแสน / รพ.แม่สาย / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.จุน / รพ.ปง / NN1

หมายเหตุ แผนที่แต่ละเส้นทาง สามารถดูรายละเอียดใน ภาคผนวก

### 3.5 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ NN2 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะติดเชื้อ




ภาพ 31 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN2

**ตาราง 25 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN2 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 11 | 440.58 | 330.58 | 495.87 | 2985.63 | |
| T2 | 7 | 323.99 | 253.99 | 380.99 | 888.65 | |
| T3 | 9 | 476.69 | 386.69 | 580.04 | 4974.94 | |
| T4 | 14 | 619.58 | 479.58 | 719.38 | 4121.50 | |
| T5 | 4 | 340.68 | 300.68 | 451.02 | 1004.33 | |
| T6 | 9 | 470.07 | 380.07 | 570.11 | 2494.96 | |
| รวม | 54 | 2671.59 | 2131.59 | 3197.41 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1 –** NN2 / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / รพ.นาหมื่น / รพ.นาน้อย / รพ.ภูเพียง/ รพ.น่าน / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.บ่อเกลือ / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.ทุ่งช้าง / NN2

**เส้นทาง T2 –** NN2 / รพ.เชียงกลาง / รพ.สองแคว/ รพ.ดอกคำใต้ / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ภูกามยาว / รพ.จุน/ รพ.ปง / NN2

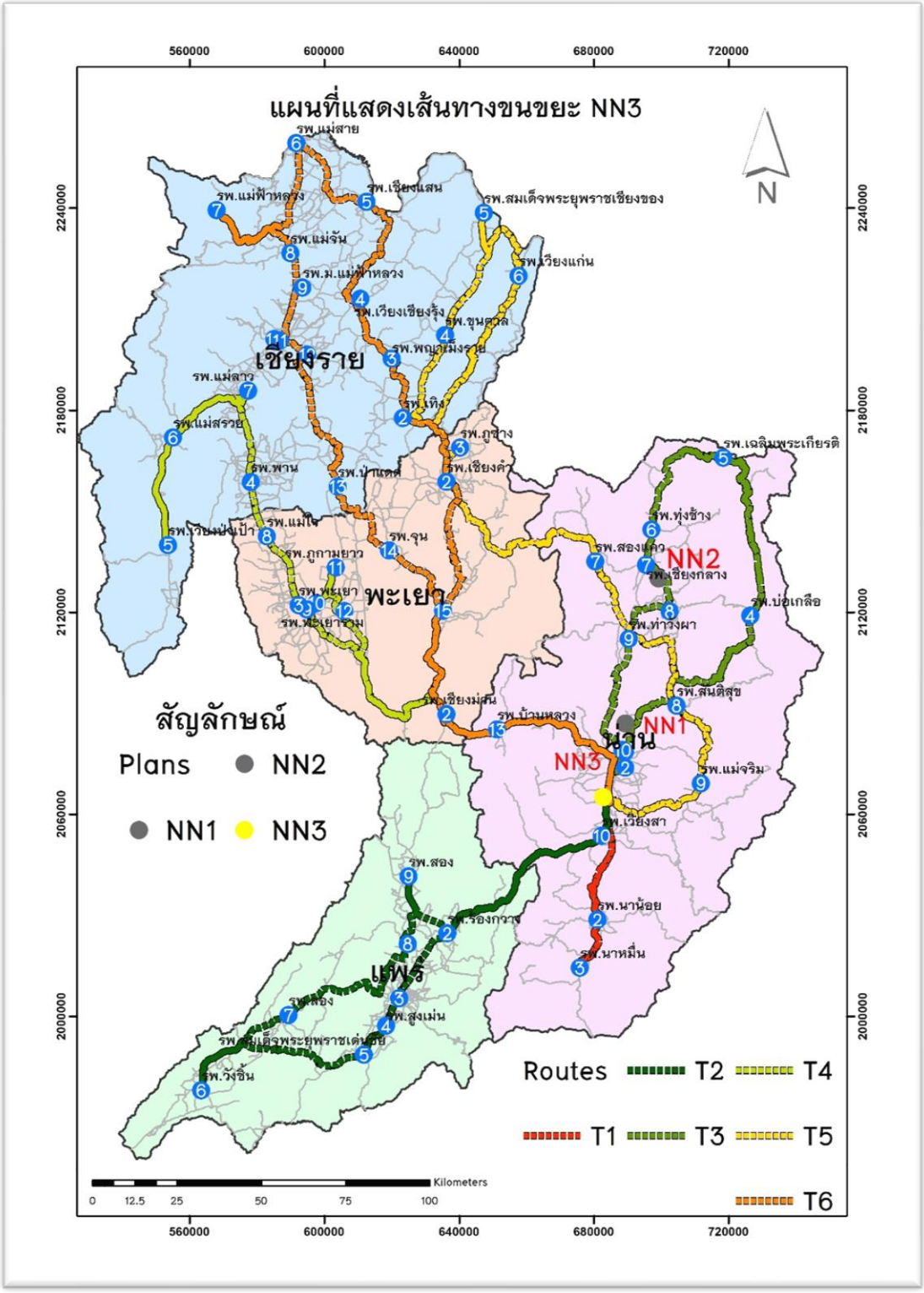
**เส้นทาง T3 –** NN2 / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / รพ.เวียงสา

**เส้นทาง T4 –** NN2 / รพ.ท่าวังผา / รพ.บ้านหลวง / รพ.เชียงม่วน / รพ.พะเยาราม / รพ.พะเยา / รพ.แม่ใจ / รพ.พาน / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่สาย / รพ.เชียงแสน / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.พญาเม็งราย / NN2

**เส้นทาง T5 –** NN2 / รพ.เชียงคำ / รพ.ขุนตาล / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / NN2

**เส้นทาง T6 –** NN2 / รพ.ภูซาง / รพ.เทิง / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.แม่ลาว / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.ป่าแดด / NN2

### 3.6 ผลการค้นหาเส้นทางถ้ากำหนดให้ NN3 เป็นที่ตั้งโรงกำจัดขยะ




ภาพ 32 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN3

**ตาราง 23 ผลของการจัดเส้นทางรวบรวมขยะที่กำหนดให้ NN3 เป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อ**

| รถคันที่ / เส้นทางที่ | ordercount จำนวน order (รพ) | totaltime เวลารวม (นาที) | totaltraveltime เวลารถวิ่ง (ชม) | distance ระยะทาง (กม.) | loadquantities ปริมาณขยะ (กก.) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2 | 105.06 | 85.06 | 127.59 | 126.96 | |
| T2 | 9 | 366.83 | 276.83 | 415.25 | 4974.94 | |
| T3 | 9 | 323.60 | 233.60 | 350.40 | 3123.35 | |
| T4 | 12 | 535.57 | 415.57 | 623.36 | 2826.29 | |
| T5 | 8 | 500.20 | 420.20 | 630.31 | 1108.02 | |
| T6 | 14 | 618.32 | 478.32 | 717.48 | 4310.45 | |
| รวม | 54 | 2449.58 | 1909.58 | 2864.39 | 16470.01 | |

**เส้นทาง T1** – NN3 / รพ.นาน้อย / รพ.นาหมื่น / NN3

**เส้นทาง T2** – NN3 / รพ.ร้องกวาง / รพ.แพร่ / รพ.สูงเม่น / รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย / รพ.วังชิ้น / รพ.ลอง / รพ.หนองม่วงไข่ / รพ.สอง / รพ.เวียงสา / NN3

**เส้นทาง T3** – NN3 / รพ.ภูเพียง / รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ / รพ.ทุ่งช้าง / รพ.บ่อเกลือ / รพ.เฉลิมพระเกียรติ / รพ.เชียงกลาง / รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว / รพ.ท่าวังผา / รพ.น่าน / NN3

**เส้นทาง T4** – NN3 / รพ.เชียงม่วน / รพ.พะเยา / รพ.พาน / รพ.เวียงป่าเป้า / รพ.แม่สรวย / รพ.แม่ลาว / รพ.แม่ใจ / รพ.พะเยาราม / รพ.ค่ายขุนเจือง / รพ.ภูกามยาว / รพ.ดอกคำใต้ / รพ.บ้านหลวง / NN3

**เส้นทาง T5** – NN3 / รพ.เชียงคำ / รพ.ภูซาง / รพ.ขุนตาล / รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ / รพ.เวียงแก่น / รพ.สองแคว / รพ.สันติสุข / รพ.แม่จริม / NN3

**เส้นทาง T6** – NN3 / รพ.เทิง / รพ.พญาเม็งราย / รพ.เวียงเชียงรุ้ง / รพ.เชียงแสน / รพ.แม่สาย / รพ.แม่ฟ้าหลวง / รพ.แม่จัน / รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง / รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช / รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ / รพ.สมเด็จพระญาณสังวร / รพ.ป่าแดด / รพ.จุน / รพ.ปง / NN3

3.13 ผลการคำนวณค่าต้นทุน ภายหลังจากการประมวลผลด้วย VRP ทำการเรียงลำดับ “ตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้” ตามต้นทุนการขนส่งจาก 2 เงื่อนไข โดยที่เงื่อนไขแรก คือ พิจารณาจาก “จำนวนรถหรือเส้นทาง” และเงื่อนไขที่ 2 คือ พิจารณาจาก “ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง” ตามหลักการประหยัดที่สุด ยิ่งใช้ต้นทุนน้อย ยิ่งมีความเหมาะสม โดยที่อาศัยอัตราเฉลี่ยการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 6 ลิตร/กิโลเมตร ของรถบรรทุก 6 ล้อ ที่มีเครื่องยนต์ดีเซล 150 แรงม้า (สำนักเครื่องกลและสื่อสาร, 2565) และราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย เท่ากับ 35 บาท/ลิตร พบว่า ตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับเป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อบนพื้นฐานและเงื่อนไขของทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง ทั้งหมด 3 อันดับแรก ตั้งอยู่ในจังหวัดพะเยา รองลงมาคือ จังหวัดเชียงราย ทั้ง 3 อันดับด้วยเช่นกัน รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

**ตาราง 26 รายละเอียดแสดงค่าใช้จ่ายอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง**

| ทางเลือก | จังหวัด | อำเภอ | จำนวนเส้นทาง/รถ | ระยะทางรวม (กม.) | เวลาทำงานรวม (นาที) | ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท) | เรียงลำดับความเหมาะสมด้านการขนส่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CR1 | เชียงราย | เชียงของ | 5 | 2,859.01 | 2,445.99 | 16,677.56 | 6 |
| CR2 | เชียงราย | เมือง | 5 | 2,754.37 | 2,376.24 | 16,067.16 | 4 |
| CR3 | เชียงราย | พญาเม็งราย | 5 | 2,759.60 | 2,379.73 | 16,097.67 | 5 |
| PR1 | แพร่ | เมือง | 5 | 2,921.53 | 2,487.68 | 17,042.26 | 8 |
| PR2 | แพร่ | ลอง | 6 | 4,035.04 | 3,194.03 | 23,537.73 | 12 |
| PR3 | แพร่ | ร้องกวาง | 5 | 2,902.67 | 2,475.10 | 16,932.24 | 7 |
| NN1 | น่าน | ภูเพียง | 6 | 2,878.45 | 2,458.95 | 16,790.96 | 10 |
| NN2 | น่าน | ปัว | 6 | 3,197.41 | 2,671.59 | 18,651.56 | 11 |
| NN3 | น่าน | เวียงสา | 6 | 2,864.39 | 2,449.58 | 16,708.94 | 9 |
| PY1 | พะเยา | เมือง | 5 | 2,734.07 | 2,362.71 | 15,948.74 | 3 |
| PY2 | พะเยา | เชียงม่วน | 4 | 2,250.95 | 2,040.63 | 13,130.54 | 1 |
| PY3 | พะเยา | ปง | 5 | 2,533.45 | 2,228.96 | 14,778.46 | 2 |

# บทที่5
# บทสรุป

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อค้นหาที่ตั้งที่มีความเป็นไปได้ทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่งสำหรับจัดตั้งเป็นโรงกำจัดขยะติดเชื้อที่จะให้บริการภายในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 (เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพโดยในบทนี้จะนำเสนอบทสรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

## สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นปรับปรุงขั้นตอนการค้นหาที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อที่แตกต่างไปจากวิธีเดิมที่กรมควบคุมมลพิษและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน ใช้อยู่ในปัจจุบัน นั่นคือการพิจารณาความเหมาะสมภายในบริเวณพื้นที่ศึกษาในคราวเดียวกัน แทนที่จะพิจารณาเป็นกรณีๆไปตามคำขอจัดตั้งโรงกำจัดจากเอกชนหรือหน่วยงานท้องถิ่น โดยที่เพิ่มขั้นตอนการประเมินความเหมาะสมด้วยคะแนนที่ได้จากเกณฑ์ทั้ง 7 เกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม ยิ่งไปกว่านั้นยังนำเสนอวิธีคิดคำนวณต้นทุนทางด้านการขนส่งรวบรวมขยะไปพร้อมกันอีกด้วย ภายหลังการประเมินตาม 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่ามีจำนวนที่ตั้ง/ทางเลือกที่เป็นไปได้ ทั้งหมด 89 แห่ง/พื้นที่รูปปิด (polygon) และพบอีกว่าจังหวัดที่มีที่ตั้งที่เหมาะสมจำนวนมากที่สุด คือ เชียงราย คิดเป็นจำนวน 28 แห่ง รองลงมาคือ แพร่ พะเยา และน่าน คิดเป็นจำนวน 38 แห่ง 15 แห่ง และ 8 แห่ง ตามลำดับ หลังจากนั้นนำเอา 7 แผนที่เกณฑ์ทั้งหมดถูกซ้อนทับเข้าด้วยกันเพื่อสร้างค่าคะแนนรวมอย่างมีการถ่วงน้ำหนักที่สะท้อนความเหมาะสมของตำแหน่งทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระยะห่างจากพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่ป่า พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ถนน และโบราณสถาน ผลของการรวมคะแนนพบว่ามี 12 ทางเลือกที่ดีที่สุดใน 4 จังหวัดดังกล่าว (3 ทางเลือกต่อจังหวัด) หลังจากนั้นเส้นทางรวบรวมขยะที่เหมาะสมของแต่ละตำแหน่งทางเลือกถูกกำหนดที่อาศัยเงื่อนไขต้นแบบและการวิเคราะห์การจัดเส้นทางเดินรถในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วเวลาและระยะทางการเดินรถถูกคำนวณเพื่อเรียงลำดับตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับเป็นโรงกำจัดขยะ

ติดเชื้อบนพื้นฐานและเงื่อนไขของทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและการขนส่ง การศึกษาพบว่ามี 12 แห่งที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่าคะแนนสูงสุด (3 ทางเลือกต่อจังหวัด) โดยในบทนี้จะนำเสนอบทสรุป อภิปรายผลข้อเสนอแนะดังนี้

**อภิปรายผล**

การศึกษานี้ต้องการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อ ดังนั้นจึงเป็นการศึกษาแบบการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) นั้นคือ การนำความรู้พื้นฐานซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ ความเชื่อ ซึ่งเป็นสิ่งที่รู้มาก่อน และยอมรับกันในวงวิชาการในการให้เหตุผลและนำไปสู่ข้อสรุปเป็นแผนที่กำณฑ์ [14] และแผนที่ความเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนักภูมิศาสตร์ทั่วไป ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยูคาลิปตัส จังหวัดนครพนม ของเกรียงไกร บุญเติม และคณะ [15]

ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้เป็นการระบุตำแหน่งที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดหรือโรงเผาขยะติดเชื้อที่มีต้นแบบตามเตาเผาขยะติดเชื้อของ บริษัท โชติฐกรณ์พิบูลย์ จำกัด ซึ่งเป็นระบบเตาเผาด้วยความร้อนสูง 1000–1200 องศา มีระบบกำจัดขี้เถ้า มีระบบกำจัดน้ำเสีย และมีกระบวนการมาตรฐาน ISO 14001 ซึ่งกล่าวสรุปได้ว่ามีการปลดปล่อยมลพิษออกมาน้อยมากหรือไม่มี แต่ยังใช้เกณฑ์ที่เข้มงวดสำหรับการค้นหาหรือระบุตำแหน่งที่อ้างอิงเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในการคัดเลือกพื้นที่จัดตั้งศูนย์กำจัดหรือบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย ทั้งนี้เพื่อพิจาณาถึงความปลอดภัยและคุณสมบัติของพื้นที่ที่มีความเหมาะสมที่สุดเป็นพื้นฐานในการพิจารณา

เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการจำลองโลกจริงเข้าสู่ระบบโลกดิจิตอล ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลต่างๆไว้ในรูปของชั้นข้อมูลที่สามารถค้นหาวิเคราะห์ ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงการค้นหาพื้นที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุภาสพงษ์ รู้ทำนอง [16] ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินทางด้านการเกษตร จังหวัดกำแพงเพชร และประวีณา อินทร์แขวน และสิรานี มีบุญล้ำ [17] ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอาราบิก้า กรณีศึกษา : อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย.

แบบจำลองทางด้านภูมิศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ในการค้นหาที่ตั้งที่เหมาะสมมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ตัวอย่างเช่น Index model ที่สามารถวิเคราะห์ซ้อนทับชั้นข้อมูลและมีผลลัพธ์ออกมาได้หลายระดับ เช่น เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย หรือ Regression Model ที่สามารถวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงเส้นและมีผลลัพธ์ออกมาเป็นเชิงตัวเลขได้ด้วย เป็นต้น [18] อย่างไรก็ดี การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ Binary model ผสมกับ Binary model สำหรับค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้และมีผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าคะแนน ตั้งแต่ 0.00 – 1.00 เนื่องจากลักษณะของเกณฑ์อยู่ในรูปแบบสองทางเลือก (Binary model) และ ค่าคะแนนที่แปลงมาจากระยะห่างจากสิ่งสำคัญทางสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ดี คำแนะนำสำหรับผู้สนใจศึกษาครั้งต่อไปควรจะค้นหาวิธีการที่มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยอาจจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีหากผนวกรวมจังหวัดข้างเคียงอื่นๆในภาคเหนือตอนบนเข้ามาเพิ่มเป็นพื้นที่ศึกษาด้วยน่าจะดีกว่าเดิมเพราะมีขอบเขตการปกครองและเส้นทางคมนาคมติดต่อเชื่อมโยงถึงกัน

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นปรับปรุงขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับโรงกำจัดขยะติดเชื้อที่แตกต่างไปจากวิธีเดิมที่อาศัย 10 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมใช้อยู่ในปัจจุบัน นั่นคือการพิจารณาความเหมาะสมภายในบริเวณพื้นที่ศึกษาในคราวเดียวกัน แทนที่จะพิจารณาเป็นกรณีๆไปตามคำขอจัดตั้งโรงกำจัดจากเอกชนหรือหน่วยงานท้องถิ่น โดยที่เพิ่มขั้นตอนการประเมินความเหมาะสมด้วยคะแนนที่ได้จากเกณฑ์เพียง 7 เกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ อย่างไรก็ตาม ที่เหลืออีก 3 เกณฑ์ที่ไม่ได้นำมาใช้ เนื่องจากลักษณะของเกณฑ์ทั้ง 3 อยู่ในรูปแบบสองทางเลือกเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นยังนำเสนอวิธีคิดคำนวณต้นทุนทางด้านการขนส่งรวบรวมขยะไปพร้อมกันอีกด้วย ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามี 12 แห่งที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำด้านสิ่งแวดล้อม และพบอีกว่ามีทางเลือก 3 แห่งที่มีอันดับสูงสุดในจังหวัดพะเยา

การศึกษาการใช้งาน Vehicle Routing Problem (VRP) ในการ้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในการรวบรวมขยะติดเชื้อในบางงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีวิธีการที่ใกล้เคียงกัน คืองานของ ArcGIS Esri เส้นทางเดินรถเพื่อของการกระจายสินค้าในซานฟรานซิโก และงานของ ภัสร์ศิร์ พลายละหาร (2562) ซึ่งข้อมูลจำนวนขยะจะเป็นข้อมูลที่สมมุติขึ้น ซึ่งต่างจากงานของผู้วิจัยที่มีการเก็บข้อมูลพื้นที่จริงในสถานการณ์ปกติ ซึ่งเทคนิค VRP นั้นสามารถที่จะนำไปใช้ในการช่วยค้นหา

หรือออกแบบเส้นทางที่เหมาะสมได้ ในหัวข้อที่หลากหลายและยังมีฟังก์ชันที่ยังไม่ได้ใช้งาน เพื่อแสดงถึงการข้อจำกัดที่สมจริง เนื่องจากพื้นที่ศึกษาที่ไม่ได้มีความซับซ้อนมากจึงไม่ได้ใช้งานข้อจำกัดของ ได้แก่ ห้ามเลี้ยวซ้ายขวา หรือห้ามกลับรถ เป็นต้น

**ข้อเสนอแนะ**

สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาและพัฒนาต่อยอดในอนาคตแนะนำว่าควรคำนึงถึงจำนวนของโรงพยาบาล ถ้ามีมากขึ้นกว่าเดิม อาจจะทำให้ใช้ทรัพยากรหน่วยความจำในการประมวณผลมากตาม ซึ่งใช้เวลานาน นอกจากนี้ หากปริมาณขยะเป็นปริมาณที่ไม่แน่นอน อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากผลวิเคราะห์ที่ไม่สมจริง ยิ่งไปกว่านั้น ความเร็วของรถขนขยะ เวลาที่ใช้ในการขนขยะขึ้นรถในแต่ละโรงพยาบาล/จุด ยังมีข้อจำกัด โดยการศึกษานี้กำหนดเป็นค่าโดยเฉลี่ย ดังนั้นควรกำหนดให้ใช้อัตราความเร็วที่แตกต่างกันตามคุณลักษณะของพื้นผิวและช่องทางการเดินรถของถนน นอกจากนี้ควรกำหนดเวลาที่ใช้ในการขนขยะของแต่ละโรงพยาบาลที่แตกต่างกันไปตามปริมาณขยะด้วย

สำหรับการศึกษาครั้งถัดไปหรือพื้นที่ศึกษาแห่งใหม่ ผู้ศึกษาควรเพิ่มจำนวนทางเลือกที่เป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อมในแต่ละจังหวัดหรืออำเภอให้มากขึ้น เพื่อให้มีทางเลือกมากขึ้นสำหรับรองรับเหตุการณ์หรือสถานการณ์ในกรณีที่เกิดความขัดแย้งหรือไม่เห็นด้วยของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งทางเลือกที่นำเสนอ นอกจากนี้ควรปรับปรุงชั้นข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินให้ทันสมัยหรือเป็นปัจจุบันให้มากที่สุดเพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ของการศึกษา

# บรรณานุกรม

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ–สกุล** | สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 1 เมษายน 2535 |
| **สถานที่เกิด** | 120 ม2 ต.วังแขม อ.คลองขลุง จ.กำแพงเพชร |
| **วุฒิการศึกษา** | วท.บ.ภูมิสารสนเทศศาสตร์ |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 120 ม2 ต.วังแขม อ.คลองขลุง จ.กำแพงเพชร |
| **ผลงานตีพิมพ์** | สุรศักดิ์ ศรีสุพัฒนะกุล และวิภพ แพงวังทอง. (2560). การกำหนดความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกต้นงาม่อนในจังหวัดพะเยาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.การประชุมวิชาการทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม นเรศวร ครั้งที่ ๒, 15 ธันวาคม 2560. |

เนตรนภา เครืออิ่ม. (2563). การศึกษากระบวนการและพัฒนาโมเดลเพื่อปรับปรุง ฐานข้อมูลอาคารและเลขรหัสประจำบ้าน (House ID) จากข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของหน่วยงาน ที่ร่วมดำเนินงานกับกรุงเทพมหานคร. การศึกษากระบวนการและพัฒนาโมเดลเพื่อปรับปรุง ฐานข้อมูลอาคารและเลขรหัสประจำบ้าน, 2563, 2-11.

เศรษฐพงศ์ วันเที่ยง. (2561). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อด้วย

ภาคเอกชนในจังหวัดพะเยา. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, มหาวิทยาลัยพะเยา.

กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ผู้บรรยาย). คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย.

กระทรวงสาธารณสุข, ส. ก. (2562). โปรแกรมกำกับการขนส่งมูลฝอยติดเชื้อ. จาก http://envmanifest.anamai.moph.go.th

จอมจันทร์ นทีวัฒนา. (2555). ความรู้และพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อในสถานพยาบาลภาครัฐ วารสารสาธารณสุขศาสตร์, 5(3), 47-56. จาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/issue/view/9923

จุมพล วิเชียรศิลป์, ณัฐพล วงษ์รัมย์ และชลาวัล วรรณทอง. (2558). การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

เพื่อศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการฝังกลบขยะมูลฝอย :

กรณีศึกษาอำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์. รมยสาร, 13(2), 20-32.

ฐิตินนท์ ศรีสุวรรณดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2555). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีการอาณานิคมมด กรณีศึกษา บริษัทเจียรนัยน้ำดื่ม จำกัด วารสารวิจัย มข., 17(5), 706-714.

ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว และอินทุอร ศรีสว่าง. (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 4(2), 18-30.

ปรัชญ์ บุญแซม, นันทิ สุทธิการนฤนัย และวันชัย รัตนวงษ์. (2554). การจัดกลุ่มขนส่งสินค้าและจัดเส้นทางการขนส่งที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง กรณีศึกษาการขนส่งเงินสด.

ภัสรา ศรีนวล. (2544). การยอมรับของชุมชนท้องถิ่นต่อสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล : กรณีศึกษา ตำบลพลายวาส อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 2544 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

มหาวิทยาลัยบูรพา, ค. (2563). เอกสารประกอบการสอน.

วัชรา จันทรานุสรณ์. (2559). การศึกษาการเพื่อหาพื้นที่จัดตั้งบ่อฝังกลบขยะ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, มหาวิทยาลัยพะเยา.

วิภพ แพงวังทอง (ผู้บรรยาย). พื้นที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาชุมชนผู้สูงอายุของจังหวัดพะเยาโดยใช้การวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. พะเยา.

ศรีทอง, ส. (2561). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจำลองรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเชิงพื้นที่ กรณีศึกษา

ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. วท.บ. สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลกวิทยานิพนธ์

สง่าวงศ์, ส. (2552). การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จาก http://202.29.16.43/opac/BibDetail.aspx?bibno=1074896

สราภิรมย์, ส. (2549). เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549(1), 107. จาก http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/8307

สุเพชร จิรขจรกุล. (2555). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ARC GIS DESKTOP 10.5.

อุษณีย์ ศิริสุนทรไพบูลย์, เพลินพิศ พรหมมะลิ และสมหวัง ด่านชัยวิจิตร. (2543). การจัดการมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลศิริราช. วารสารสาธารณสุขศาสตร์, 3, 212-223.

2, ก. (ผู้บรรยาย). แผนพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 พ.ศ.2561-2564 (ทบทวนแผนปี 2562). จังหวัดเชียงราย ศาลากลางจังหวัดเชียงราย ชั้น 3.

al., P. M. e. (2002). ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นของพื้นที่ที่ทิ้งขยะอันตรายโดยอาศัยกระบวนการหลายขั้นตอน.

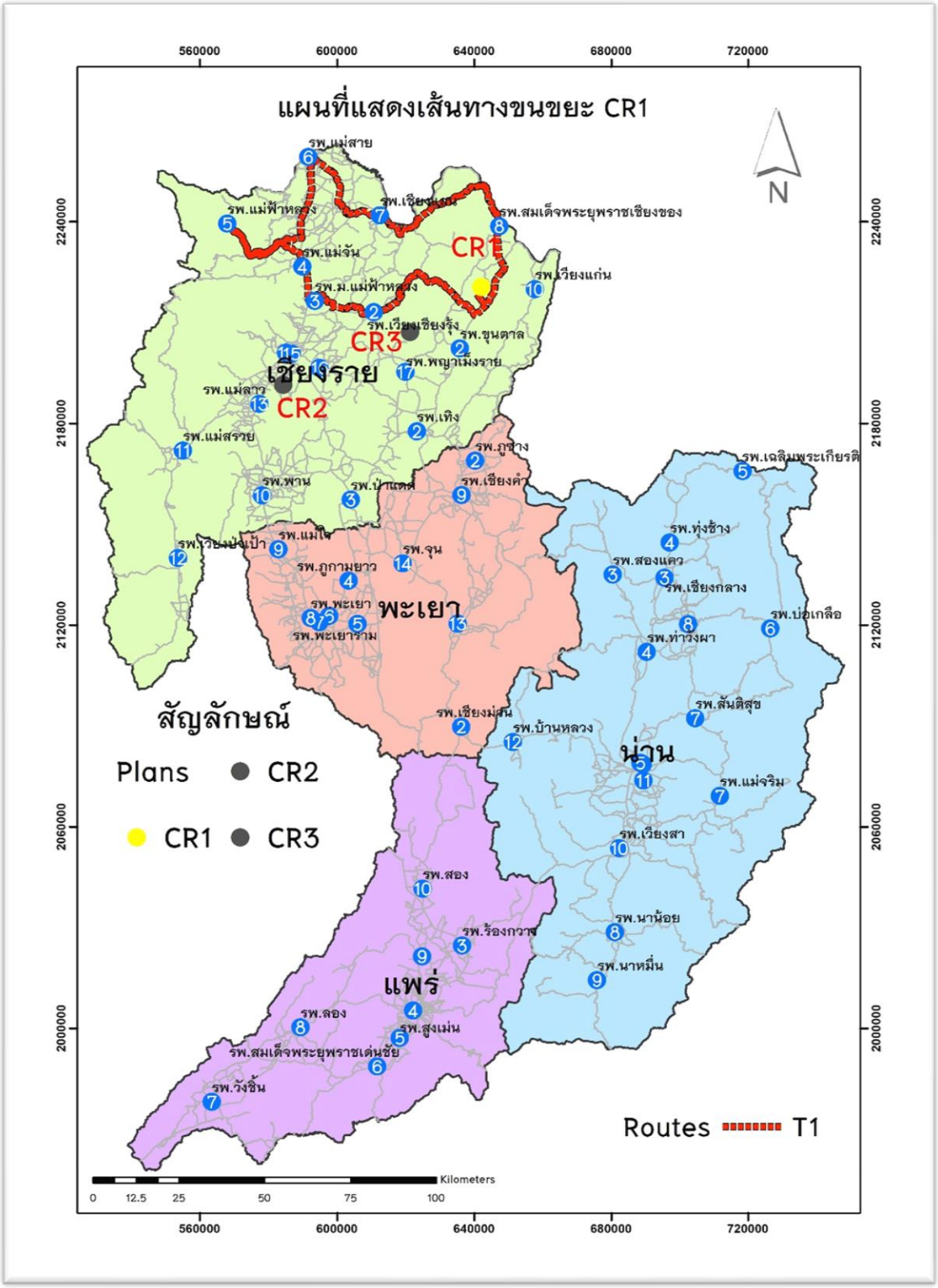
Drake M และPereira G. (2004). การศึกษาในรัฐอิลินอย สหรัฐอเมริกาโดยการใช้ฐานข้อมูล GIS ในการหาพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย

Public Works และDepartment. (2004). ทำการศึกษารายละเอียดของเกณฑ์การประเมินที่ตั้งของสถานที่กำจัดขยะแห่งใหม่ของเมือง Cheyenne

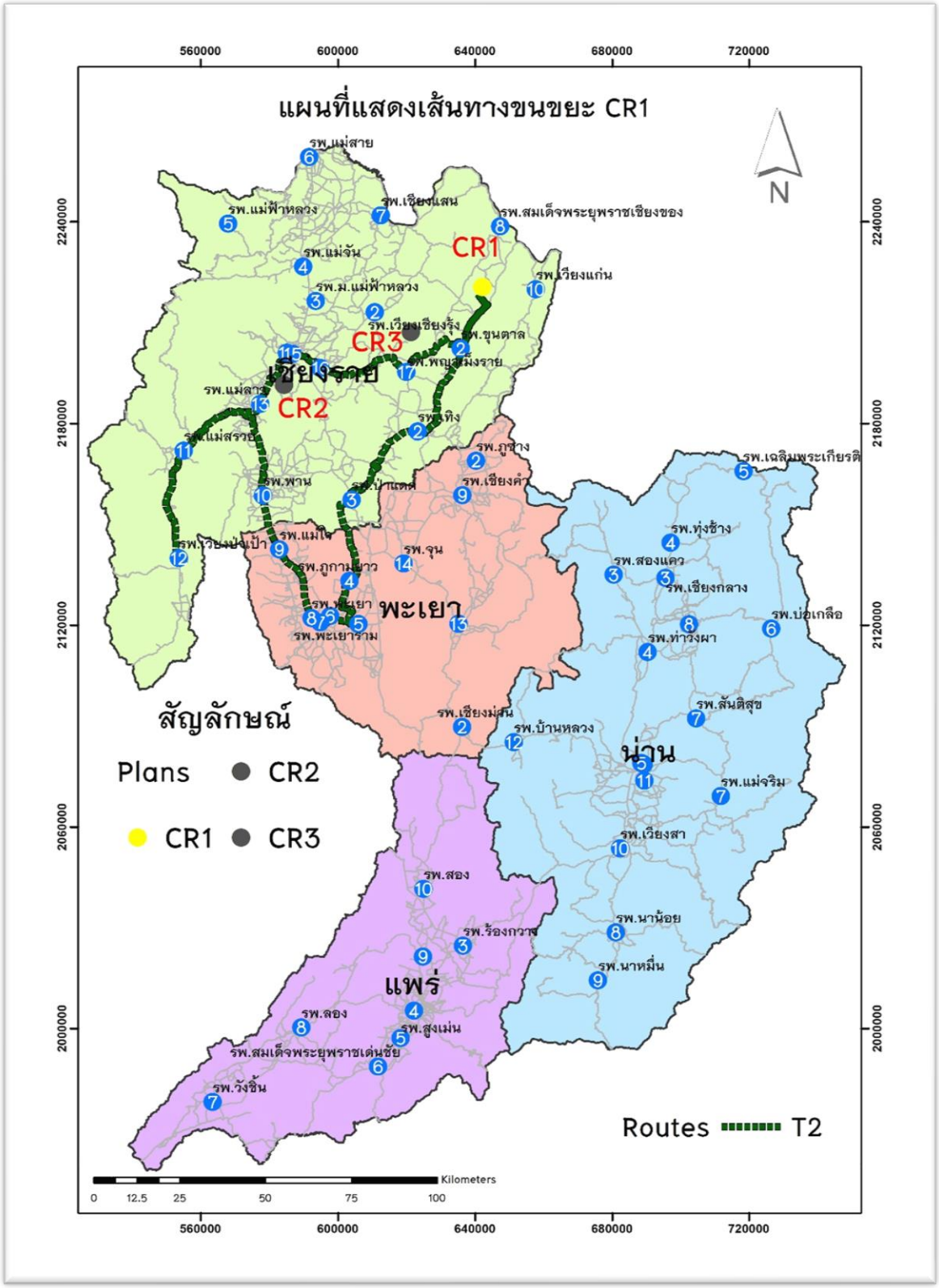
Saaty, T. (ผู้บรรยาย). The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. ใน Kobe, Japan (หน้า 69).

Vatalis K และMacliadis O. (2002). การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ A Two-level multicriteria เพื่อหาพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย.

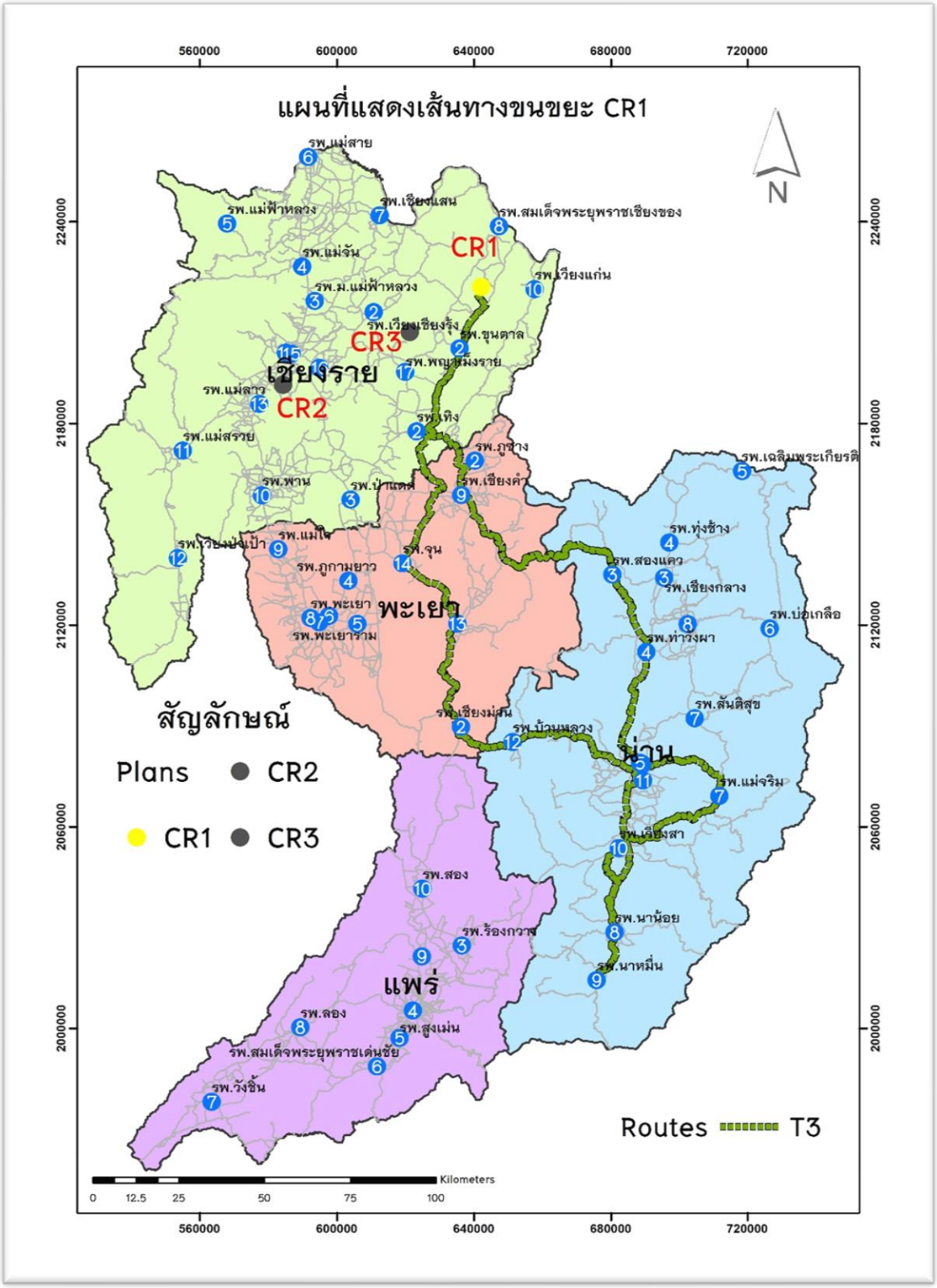
# ภาคผนวก



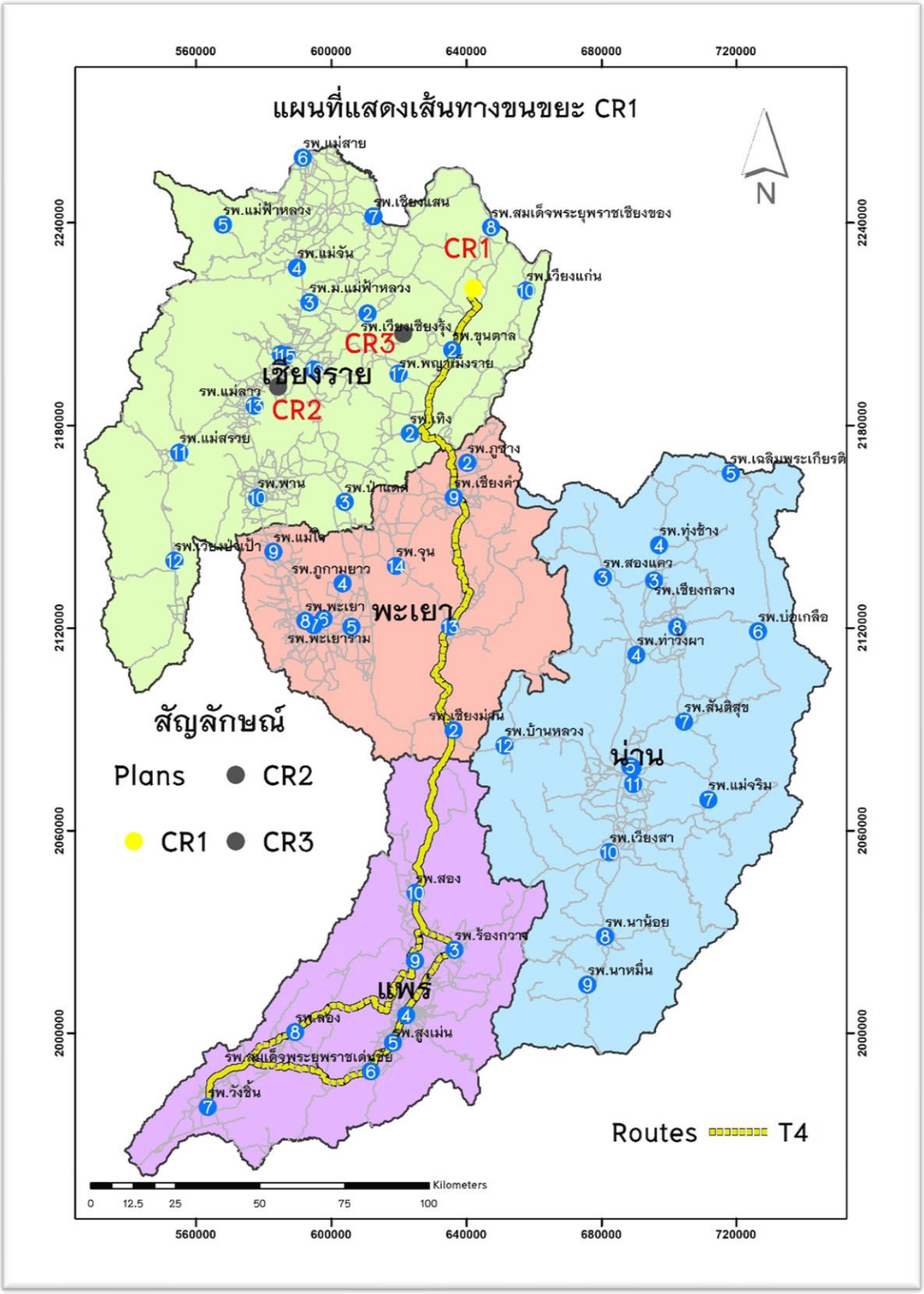

**ภาพ 33 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ CR1**



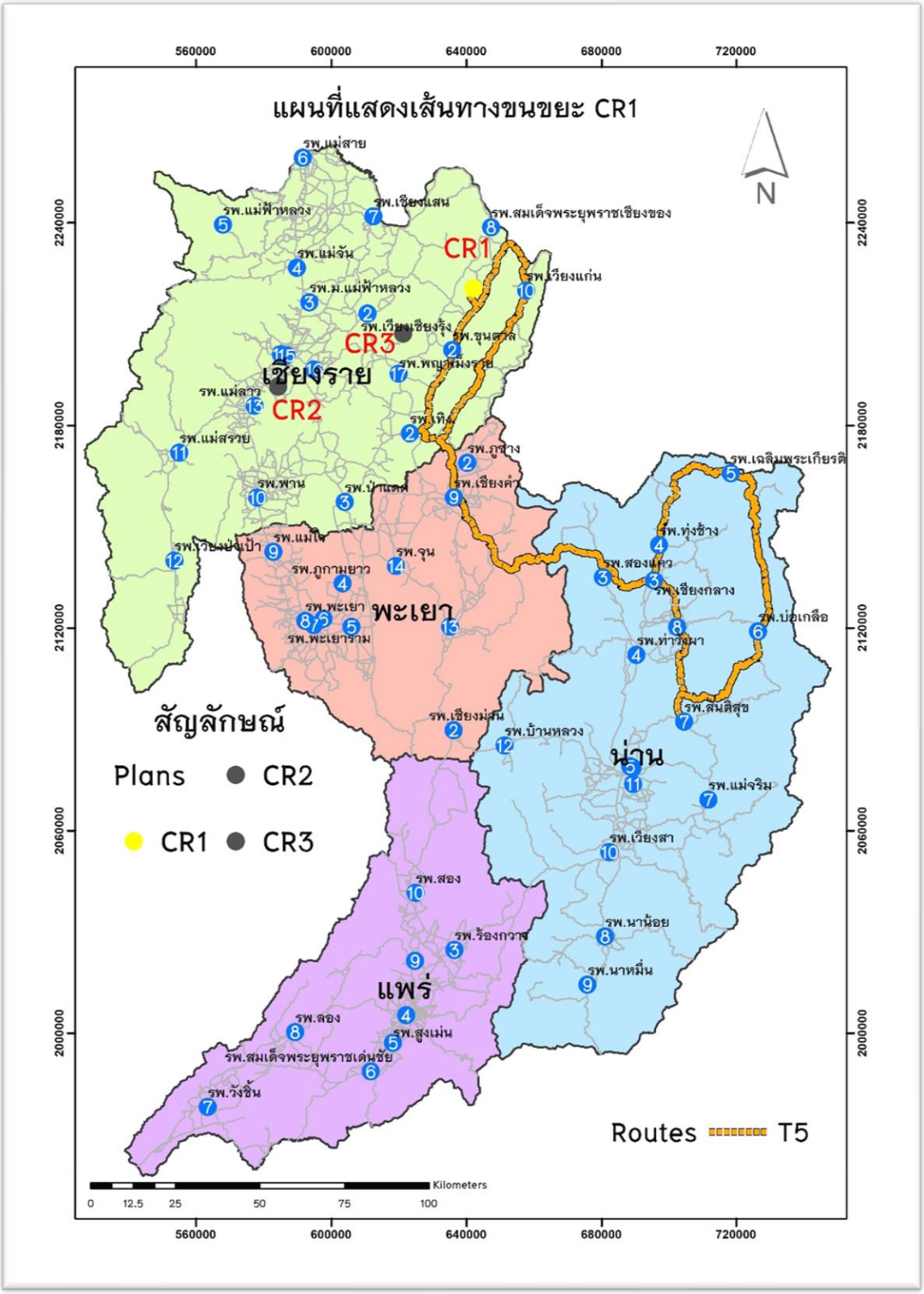

**ภาพ 34 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ CR1**



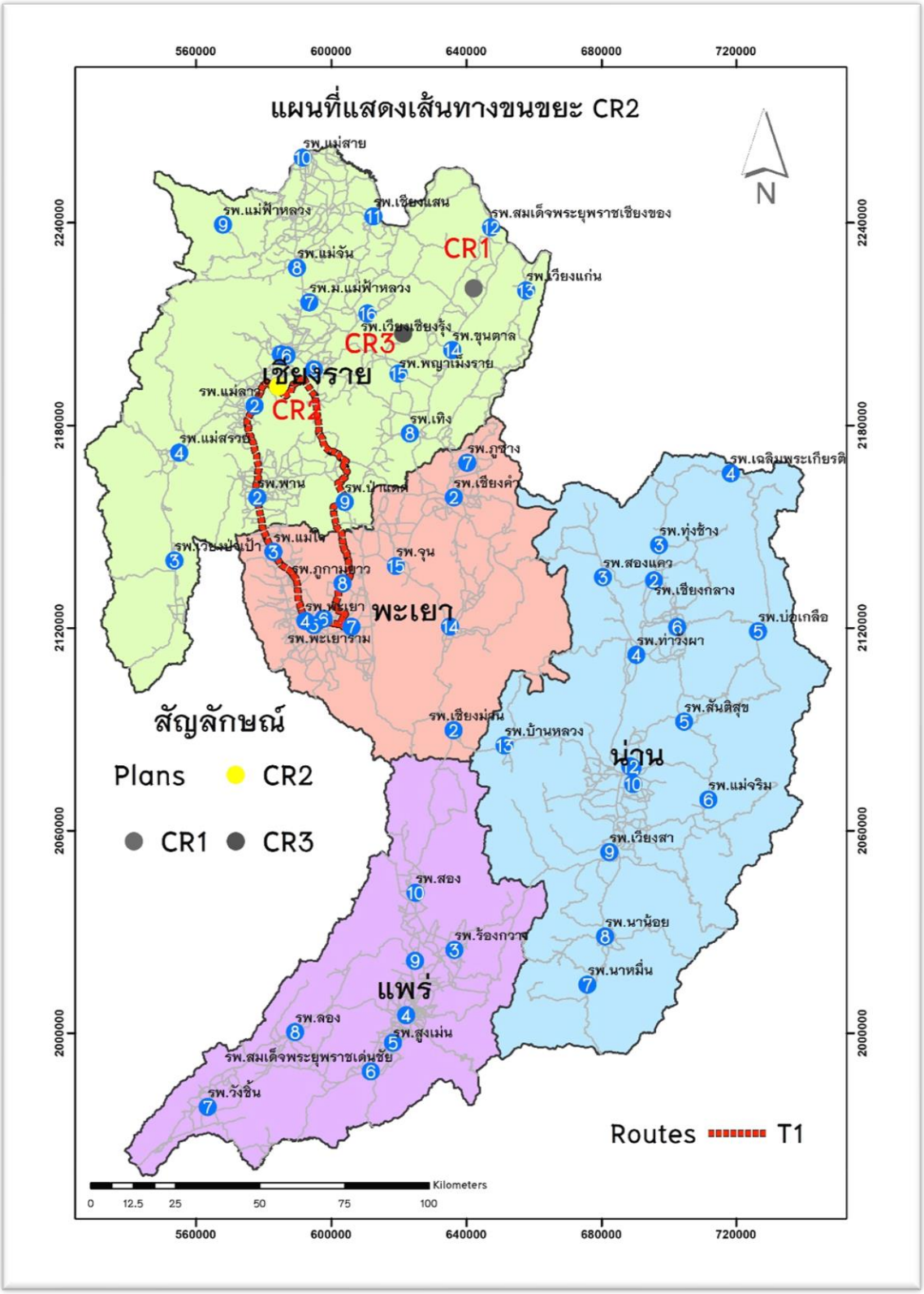

ภาพ 35 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ CR1



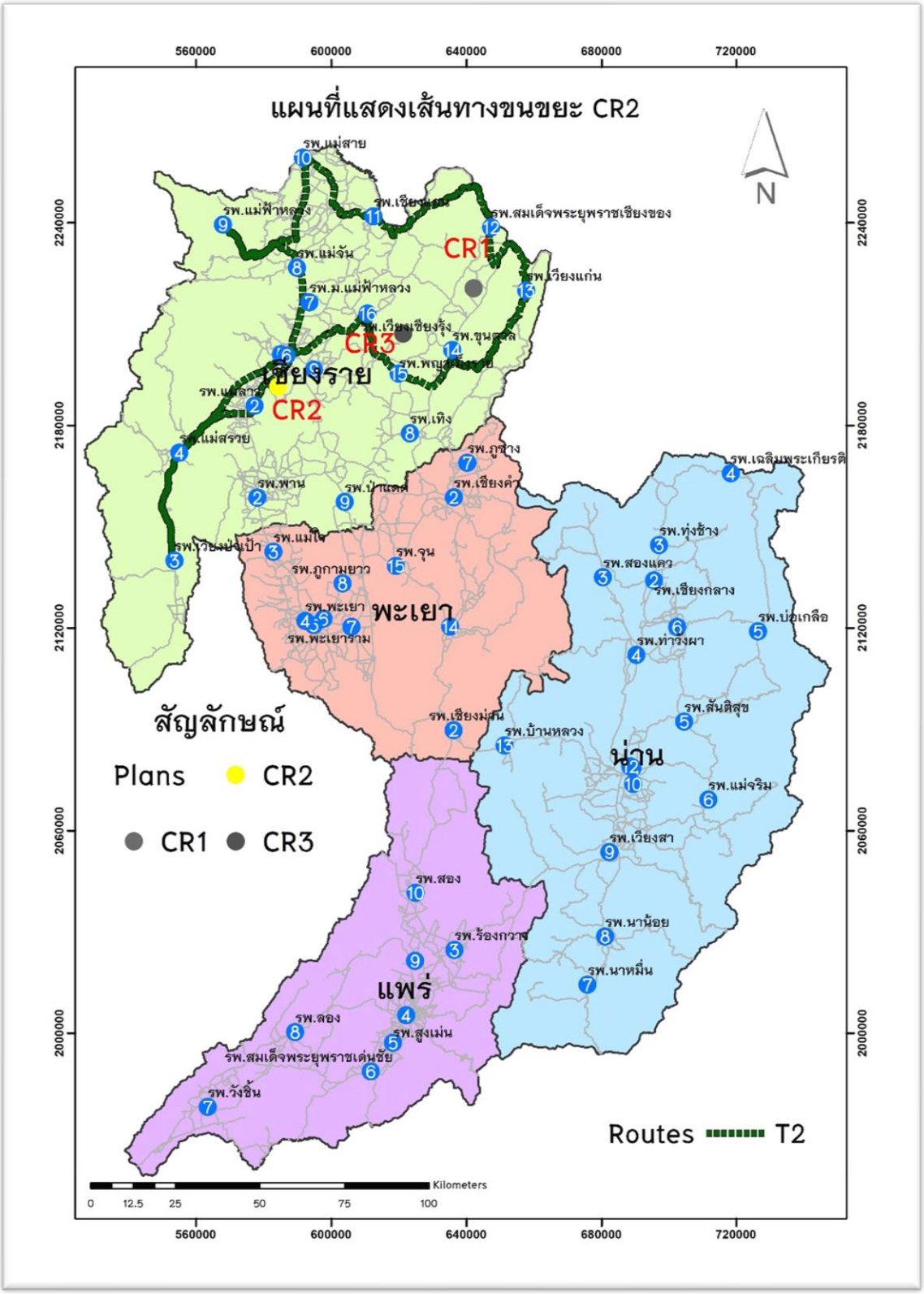

**ภาพ 36 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ CR1**



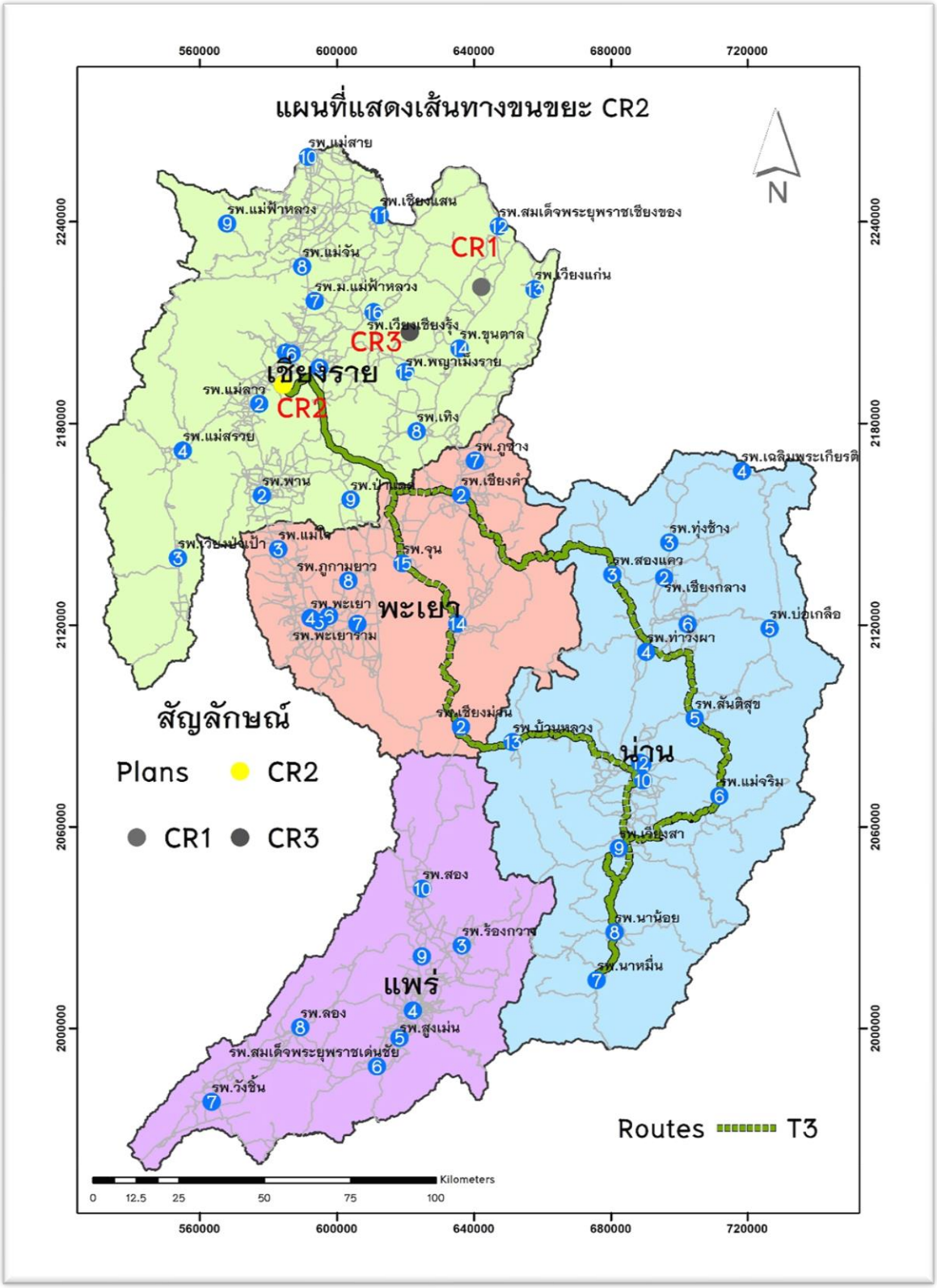

**ภาพ 37 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ CR1**



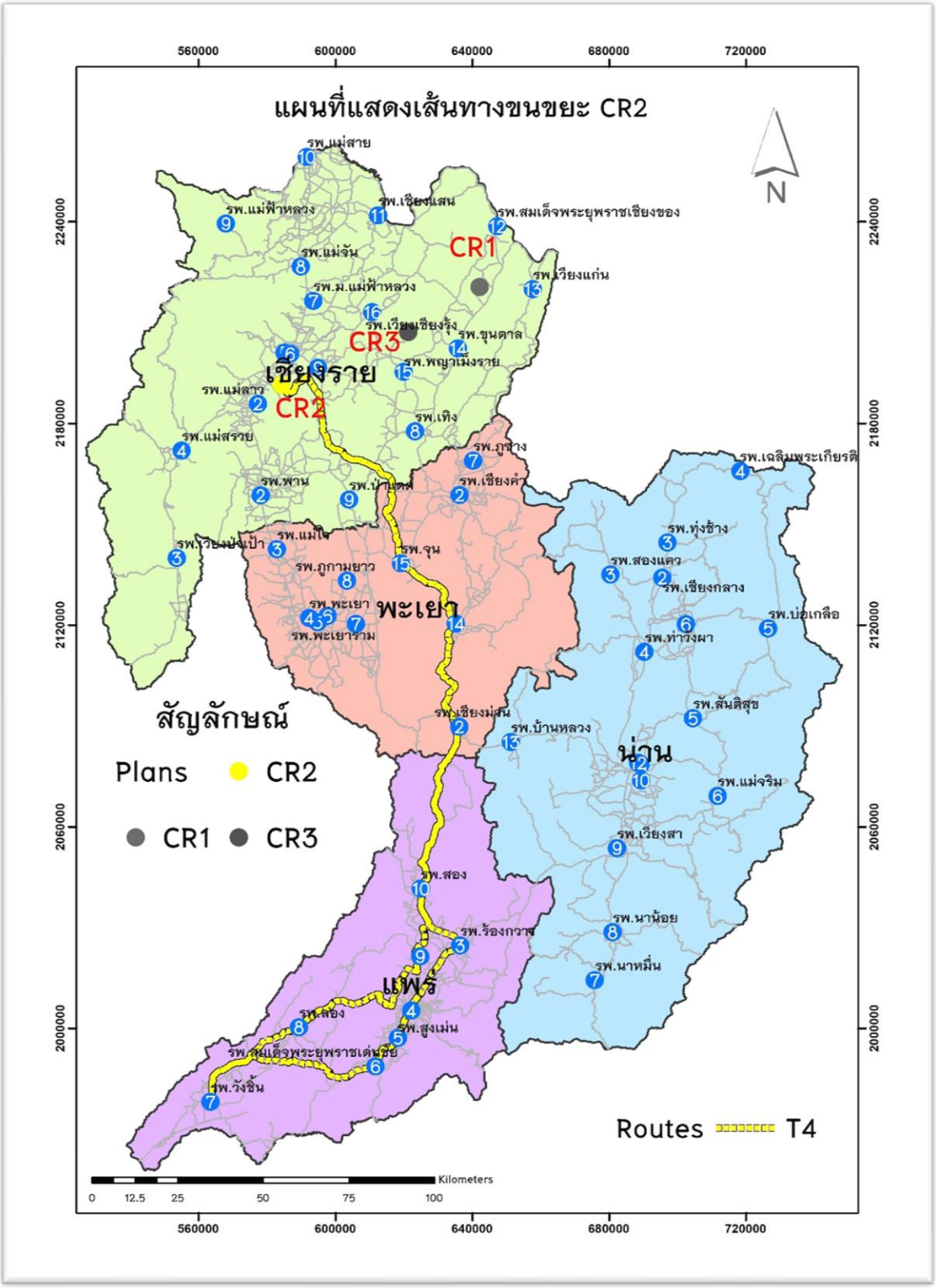

**ภาพ 38 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ CR2**



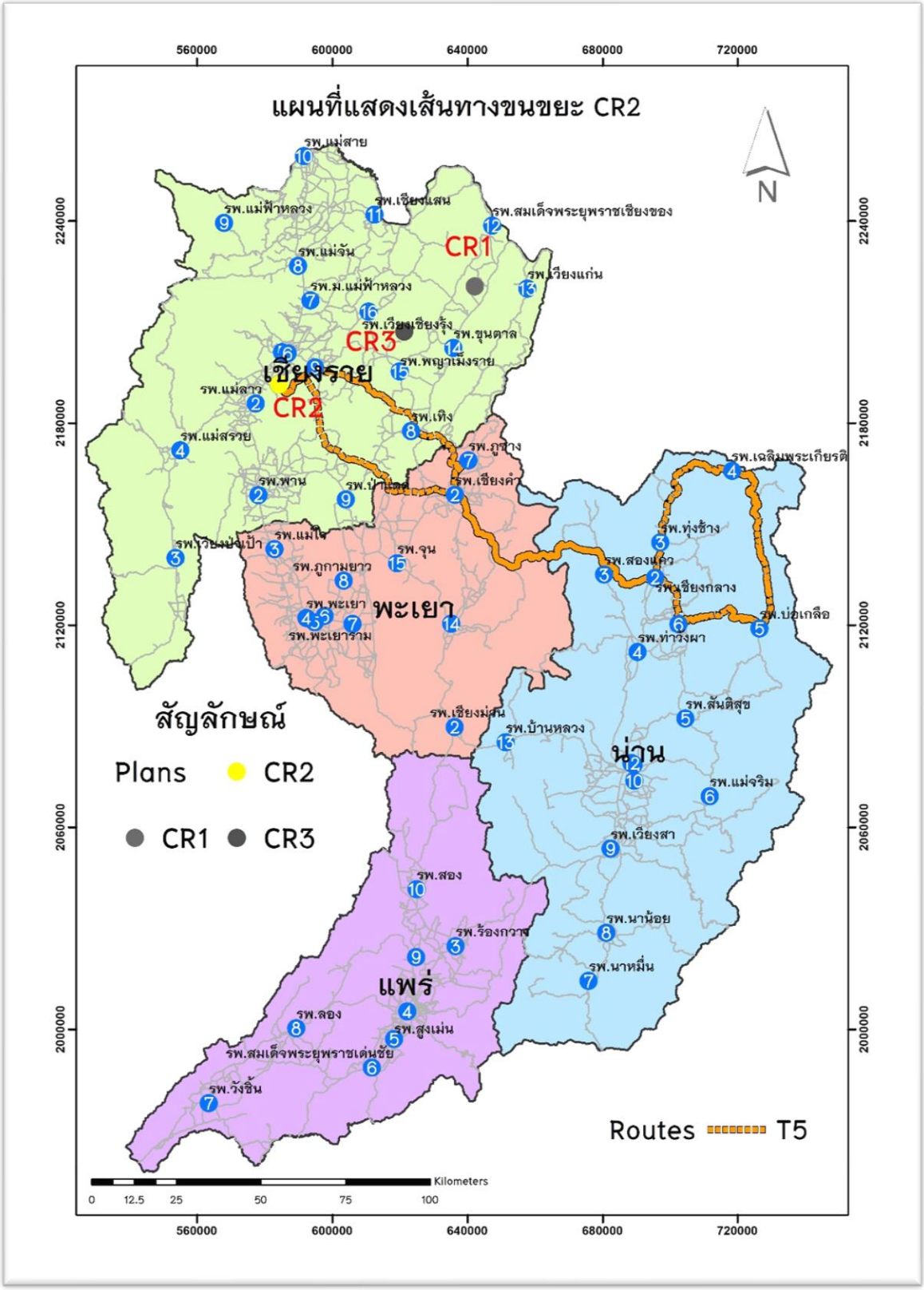

ภาพ 39 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ CR2



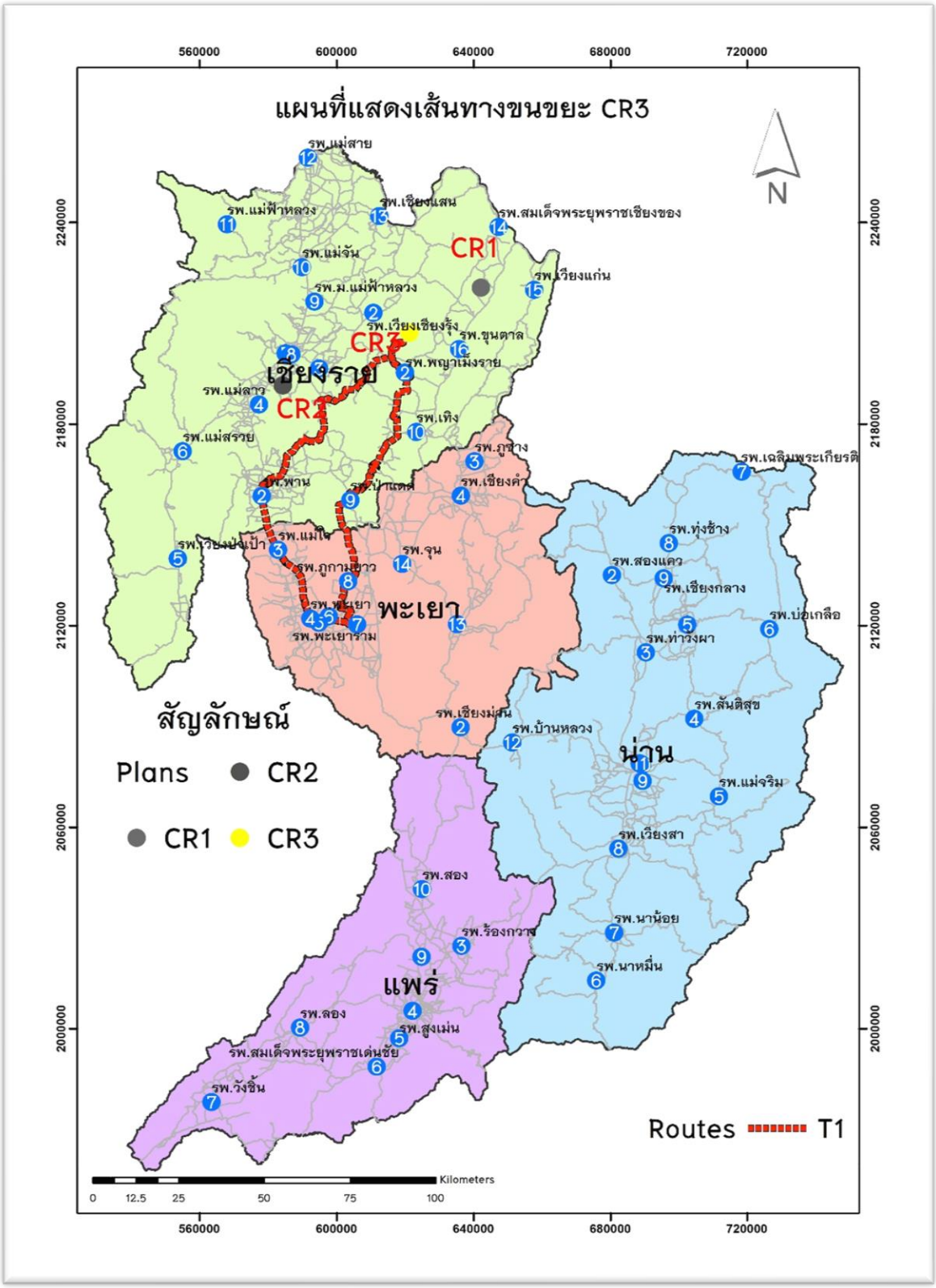

ภาพ 40 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ CR2



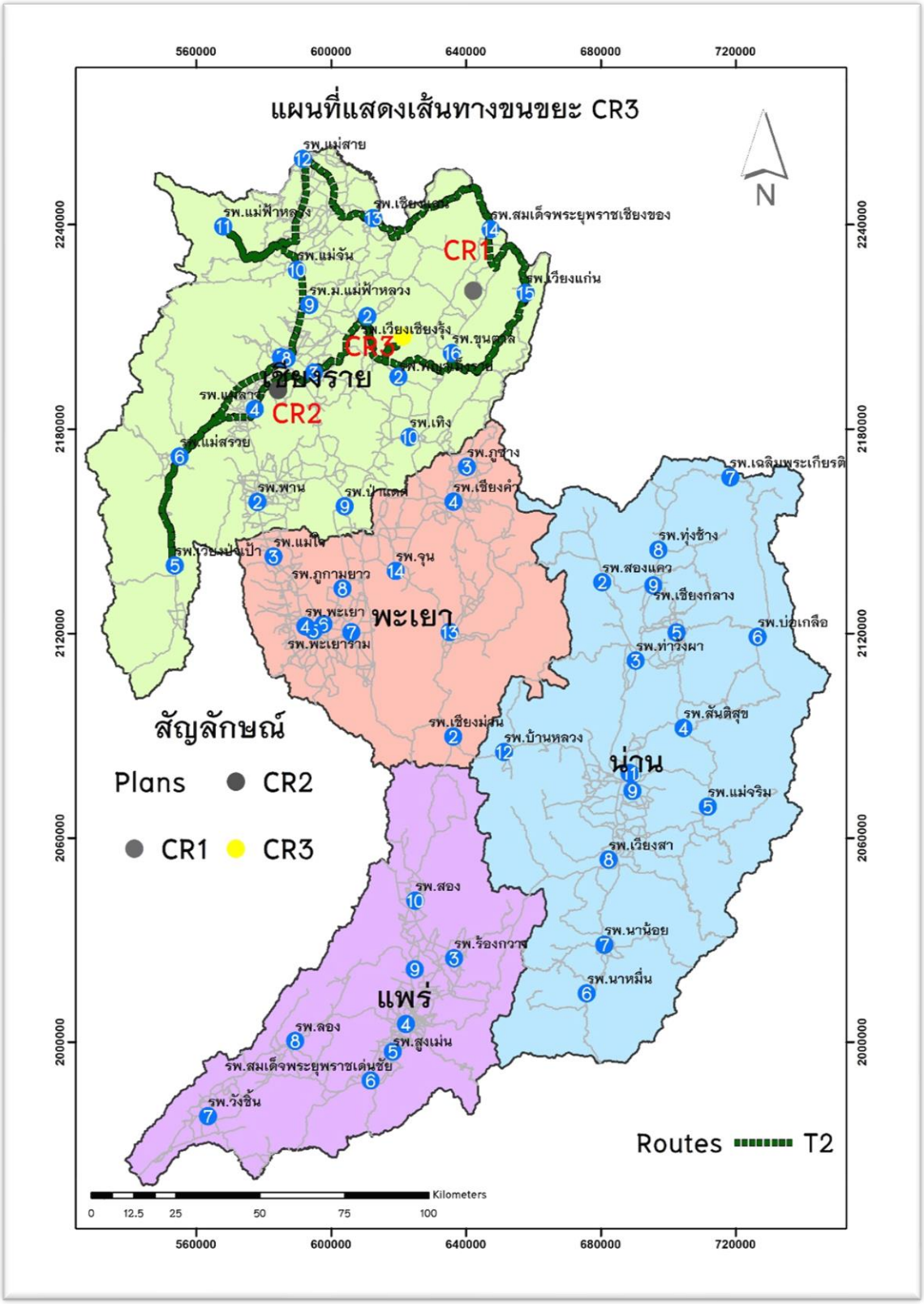

**ภาพ 41 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ CR2**



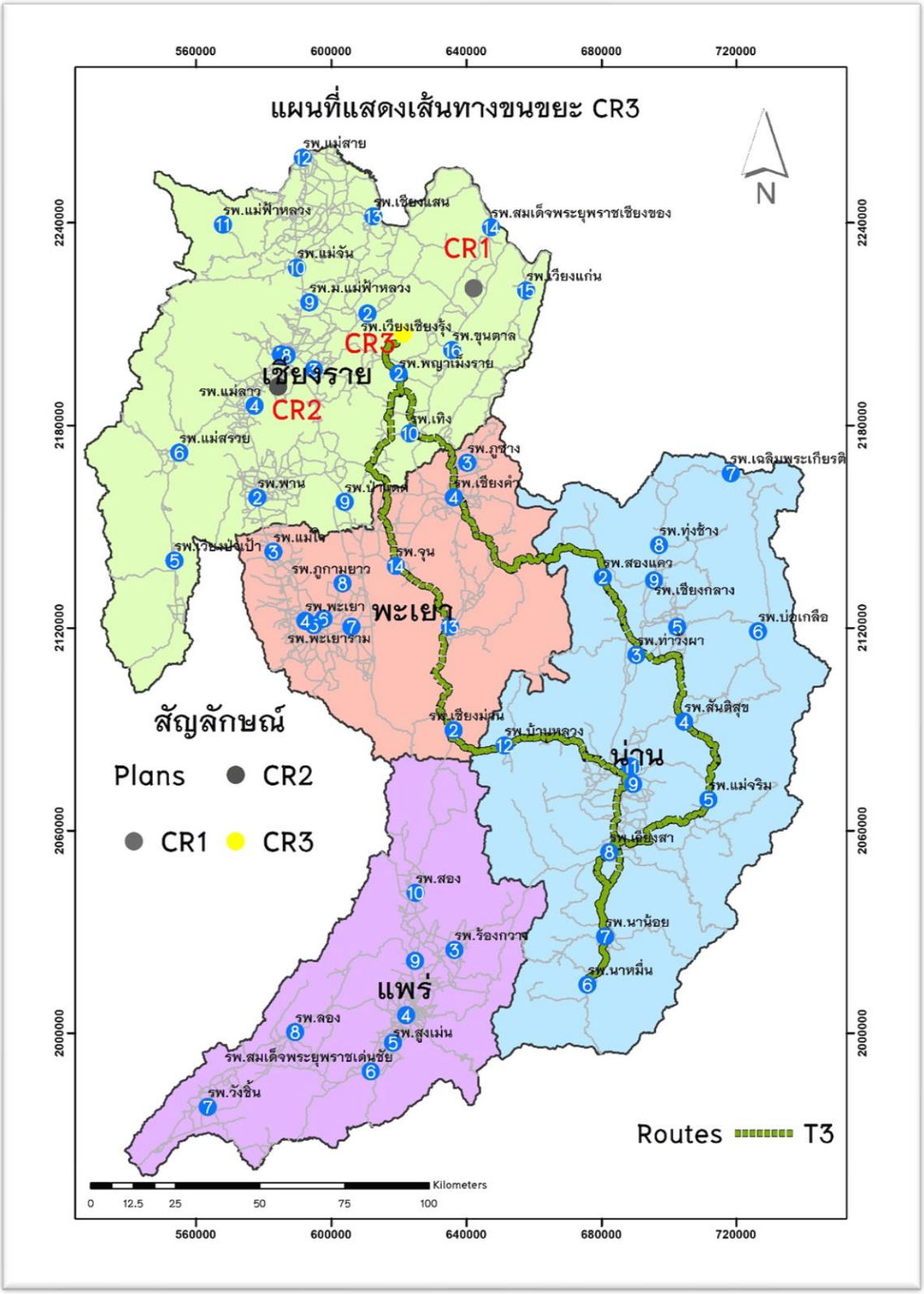

**ภาพ 42 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ CR2**



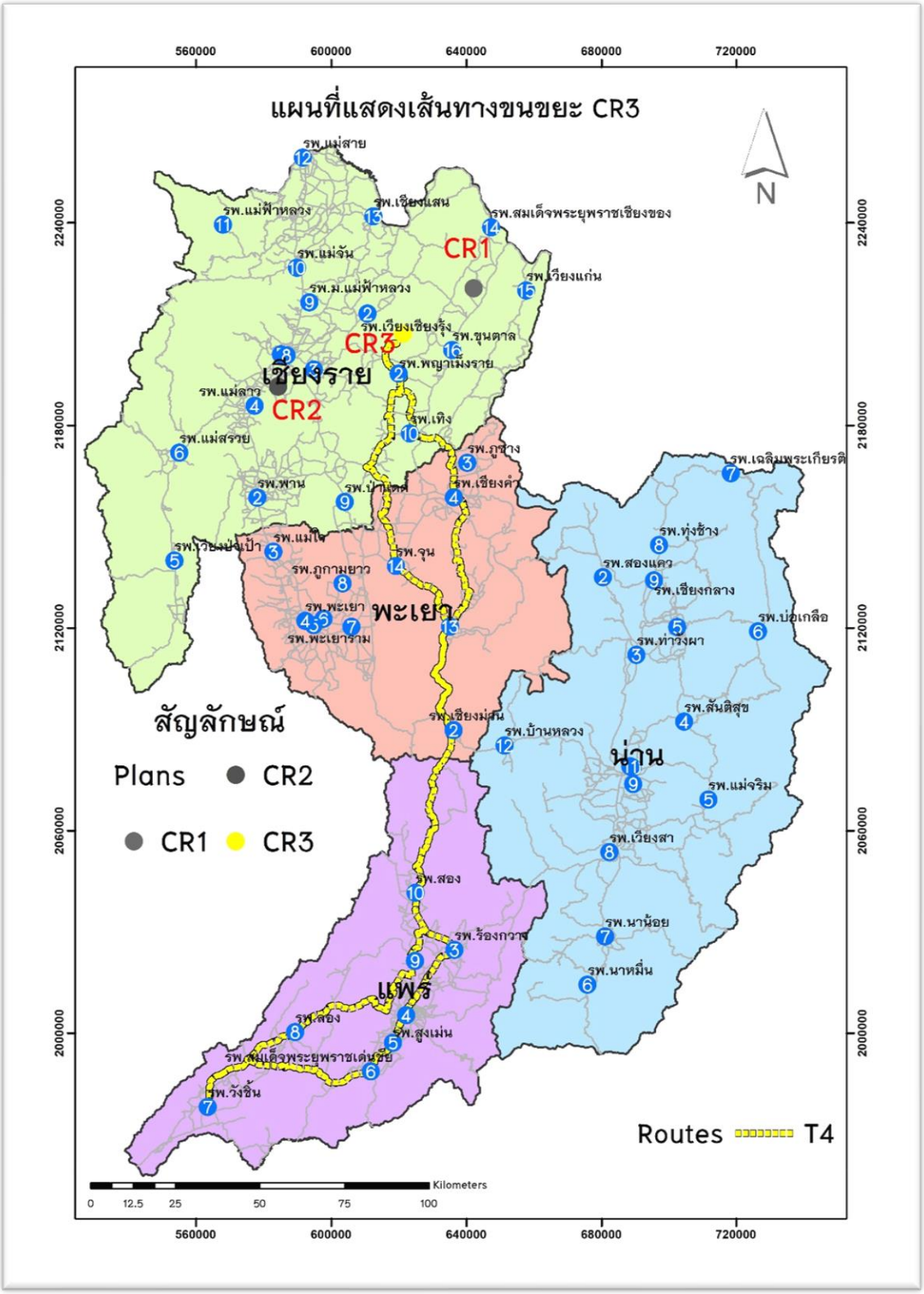

**ภาพ 43 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ CR3**



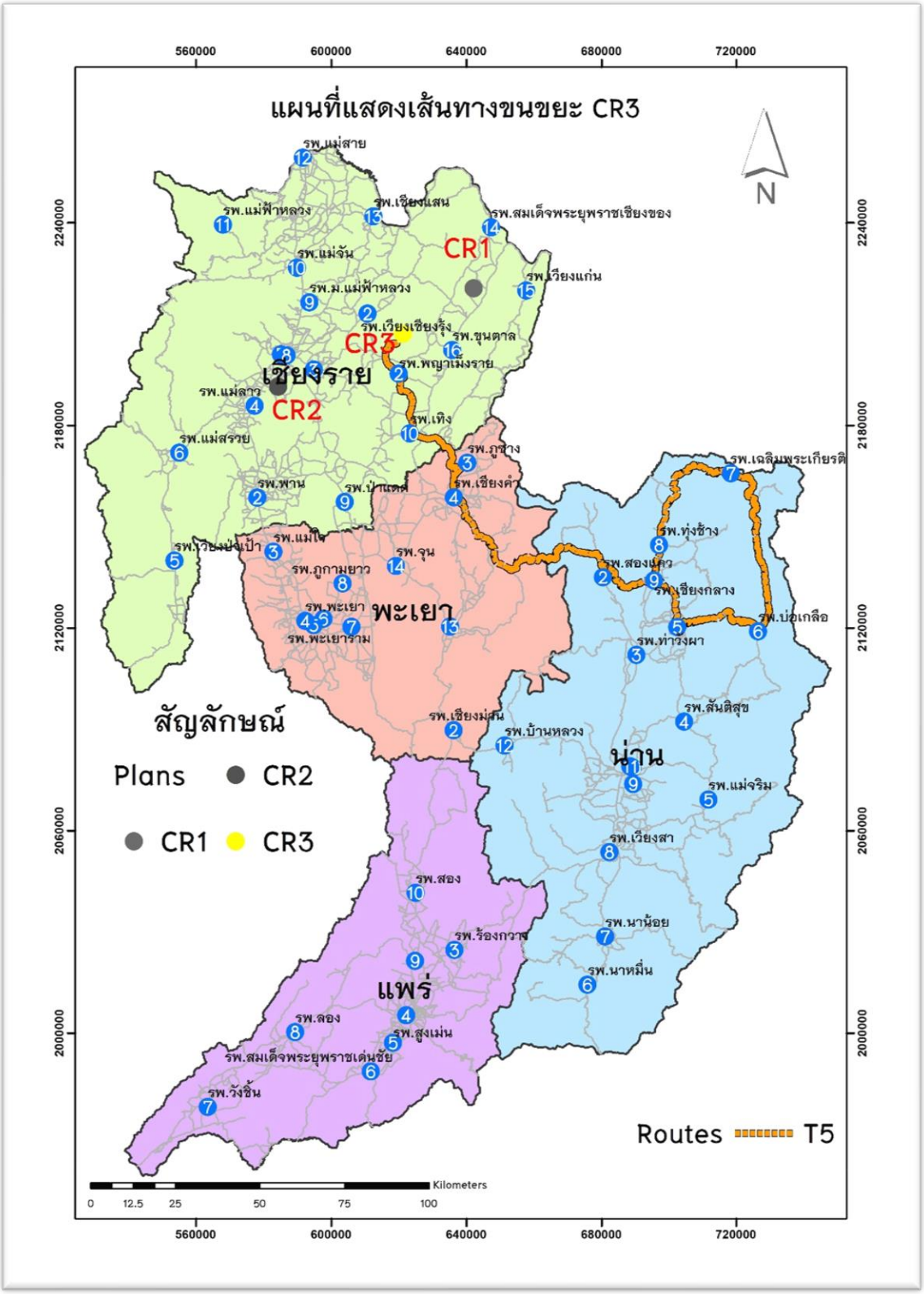

**ภาพ 44 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ CR3**



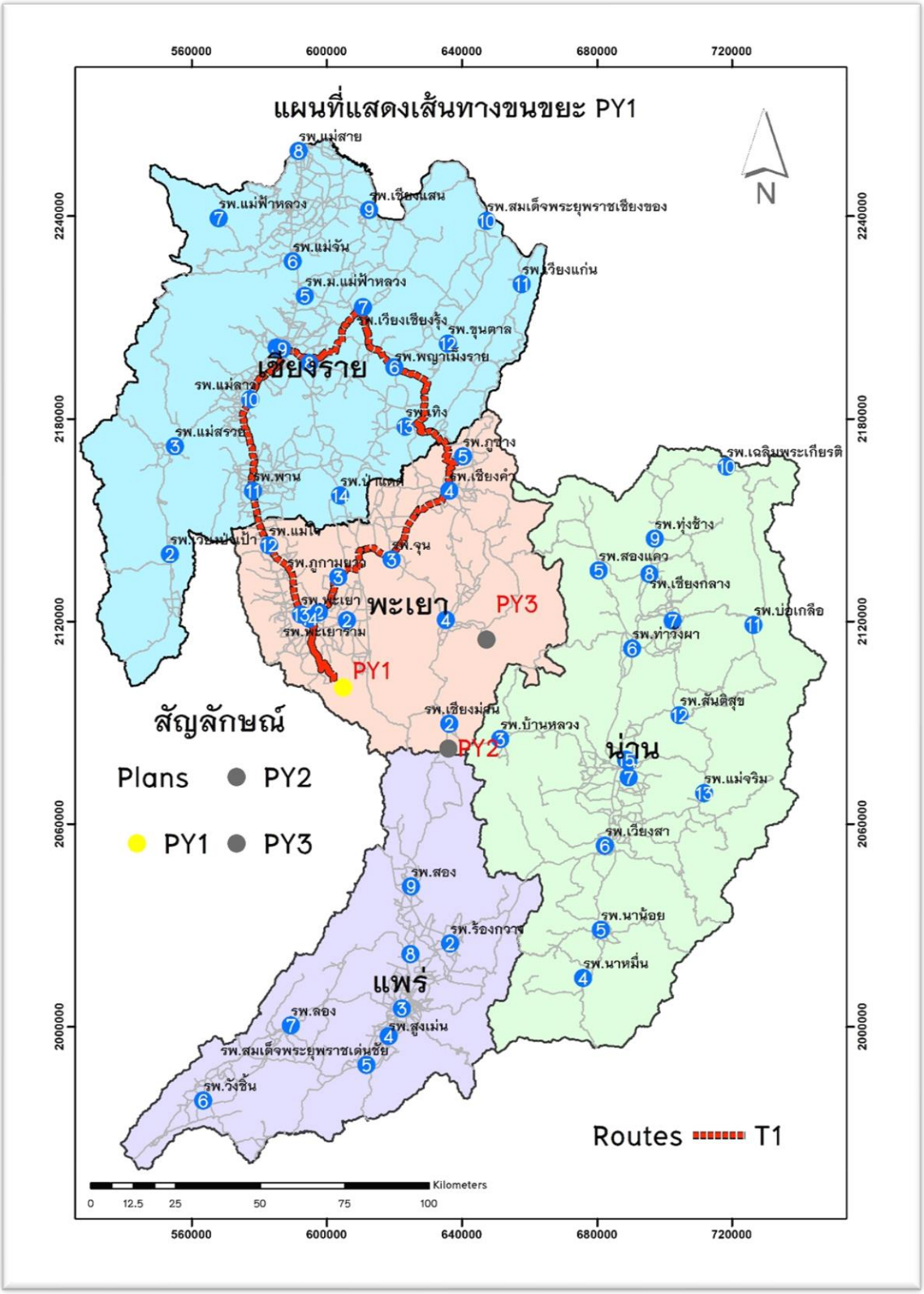

ภาพ 45 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ CR3



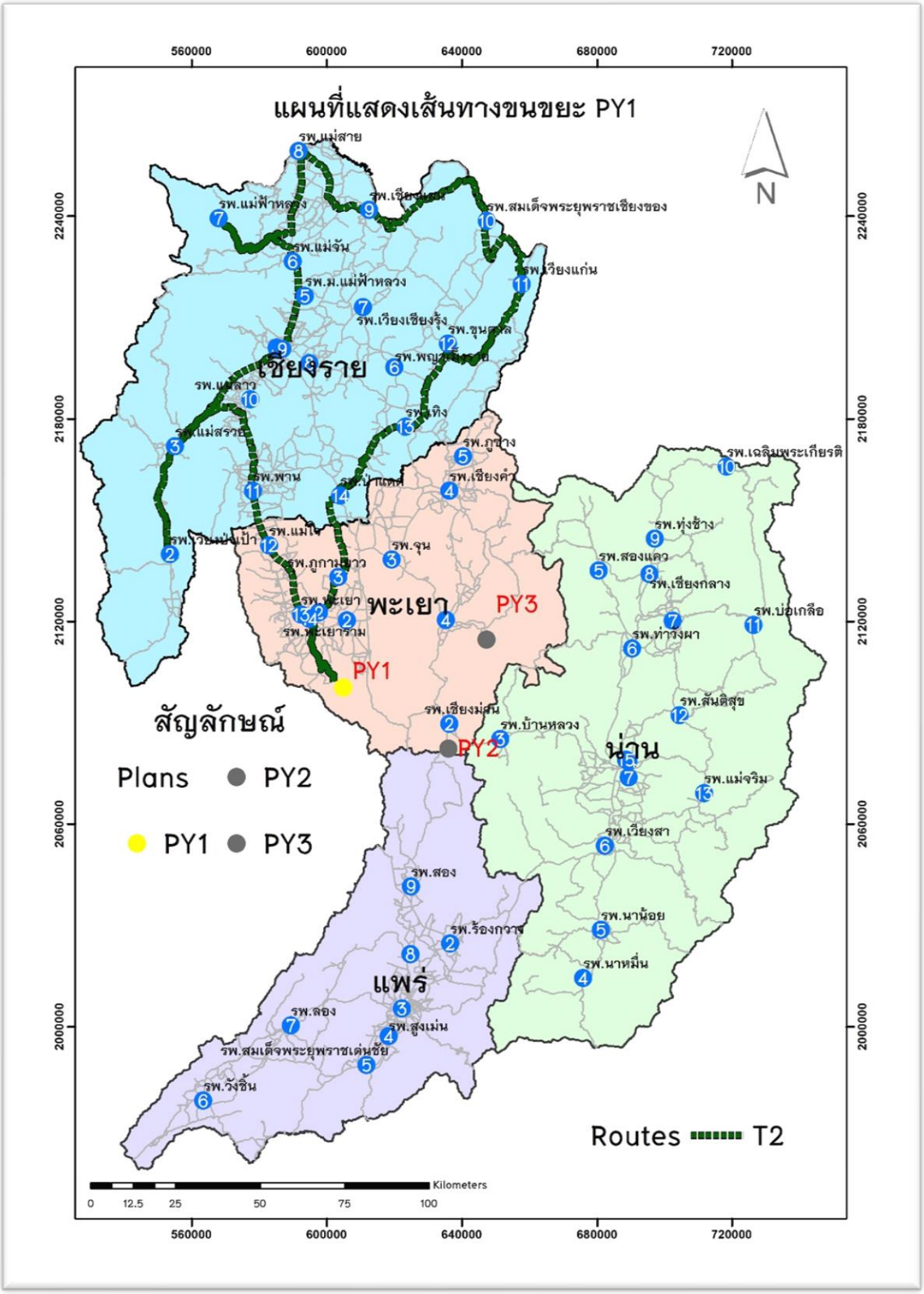

**ภาพ 46 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ CR3**



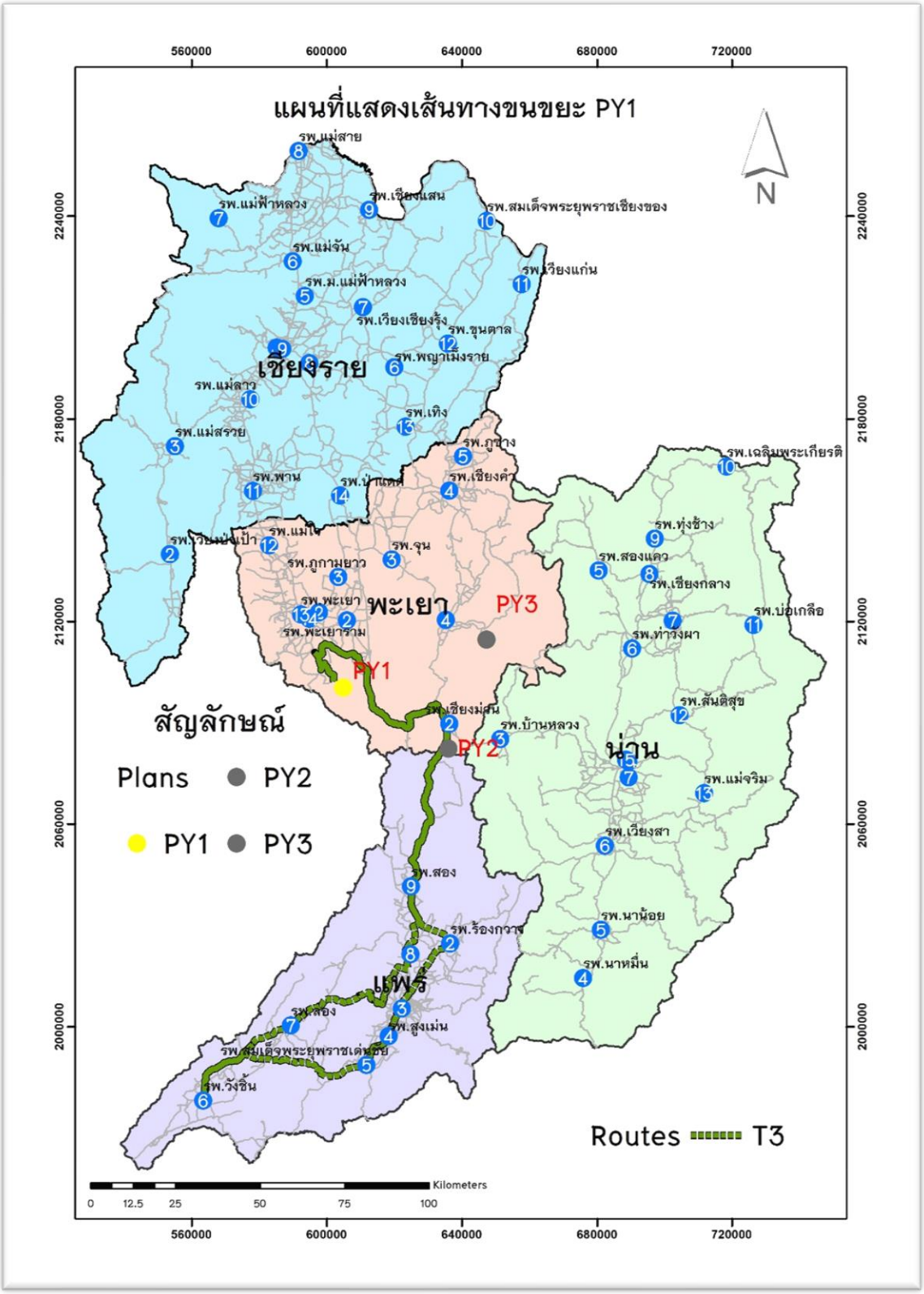

**ภาพ 47 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ CR3**



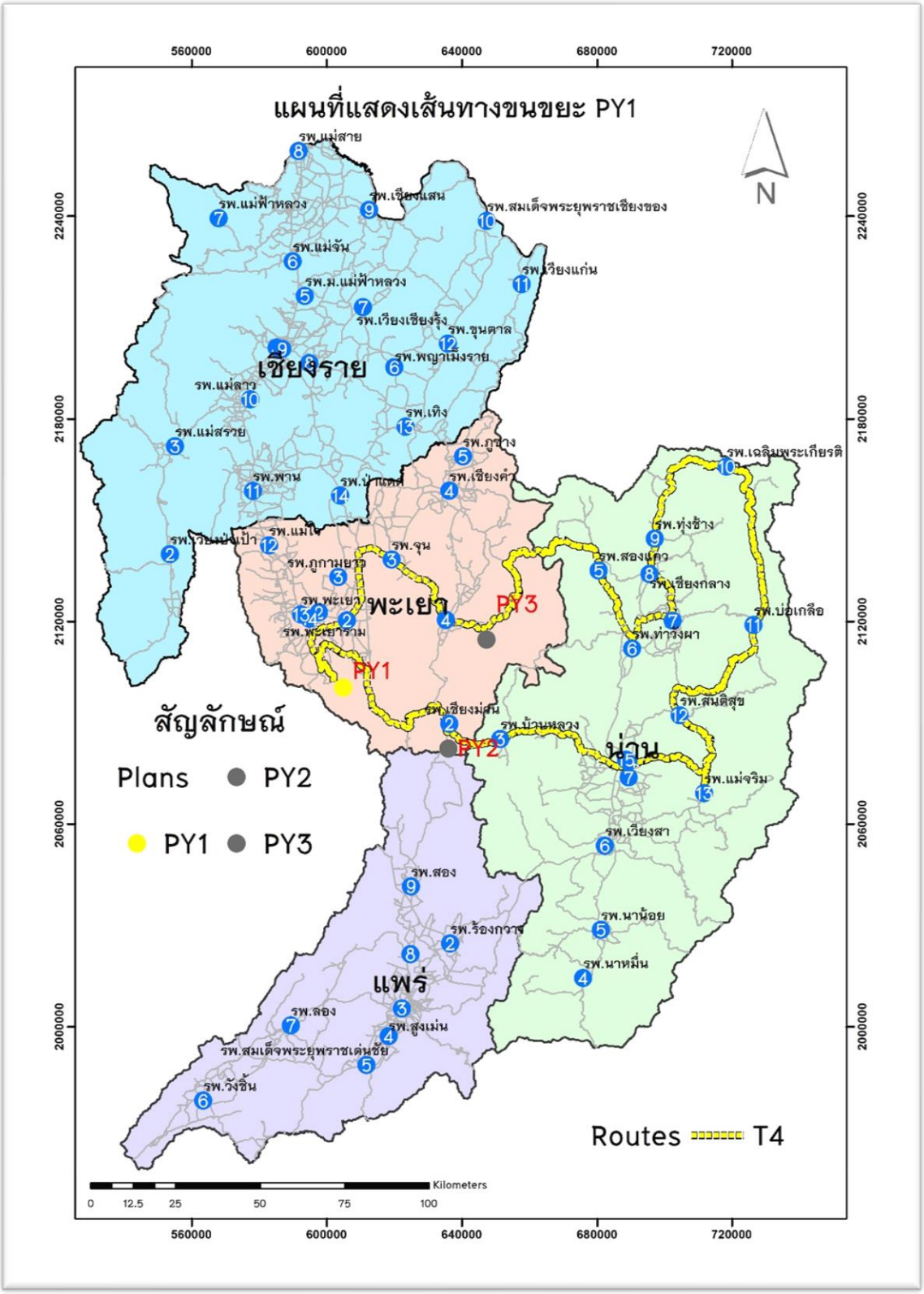

**ภาพ 48 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PY1**



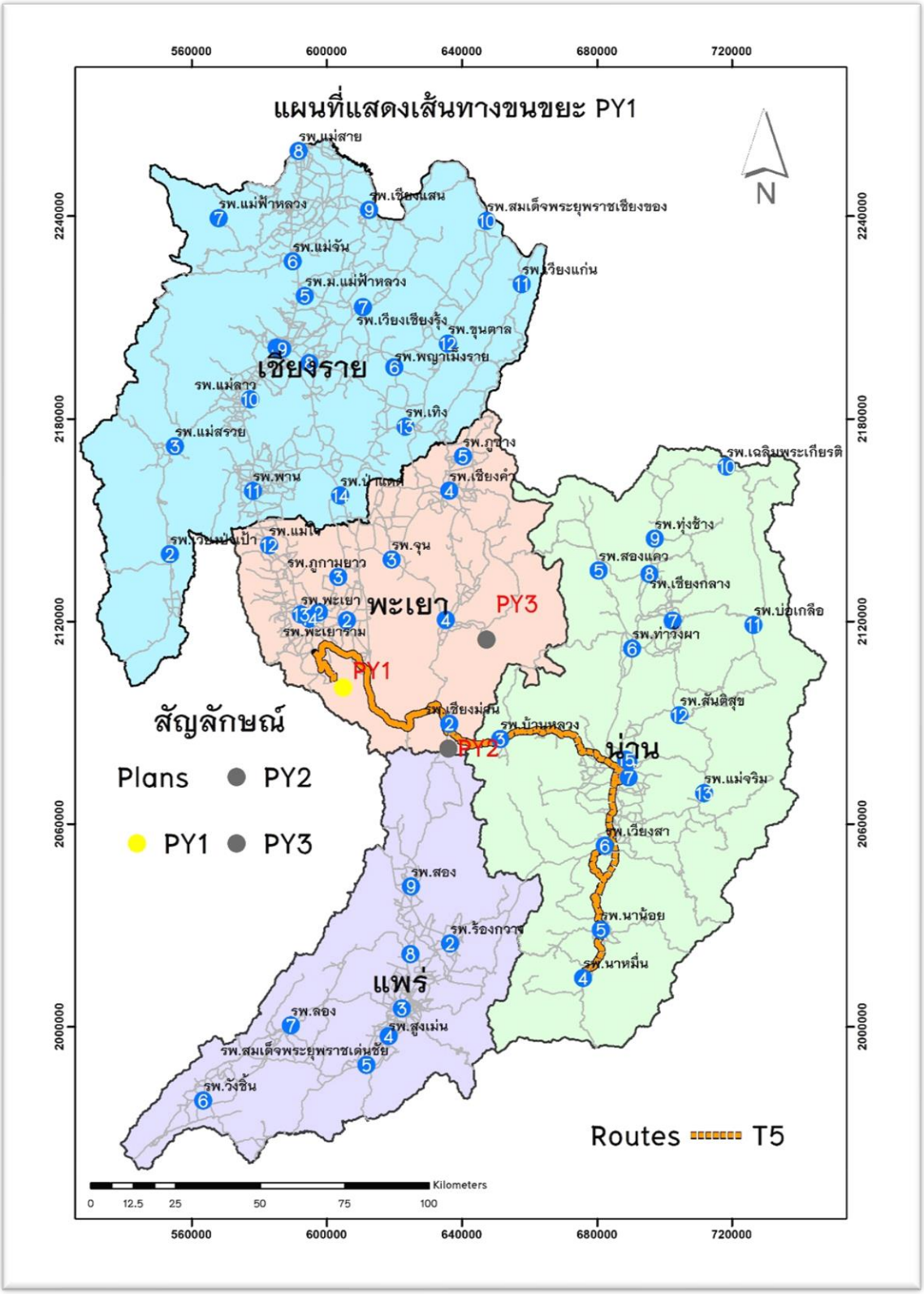

**ภาพ 49 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PY1**



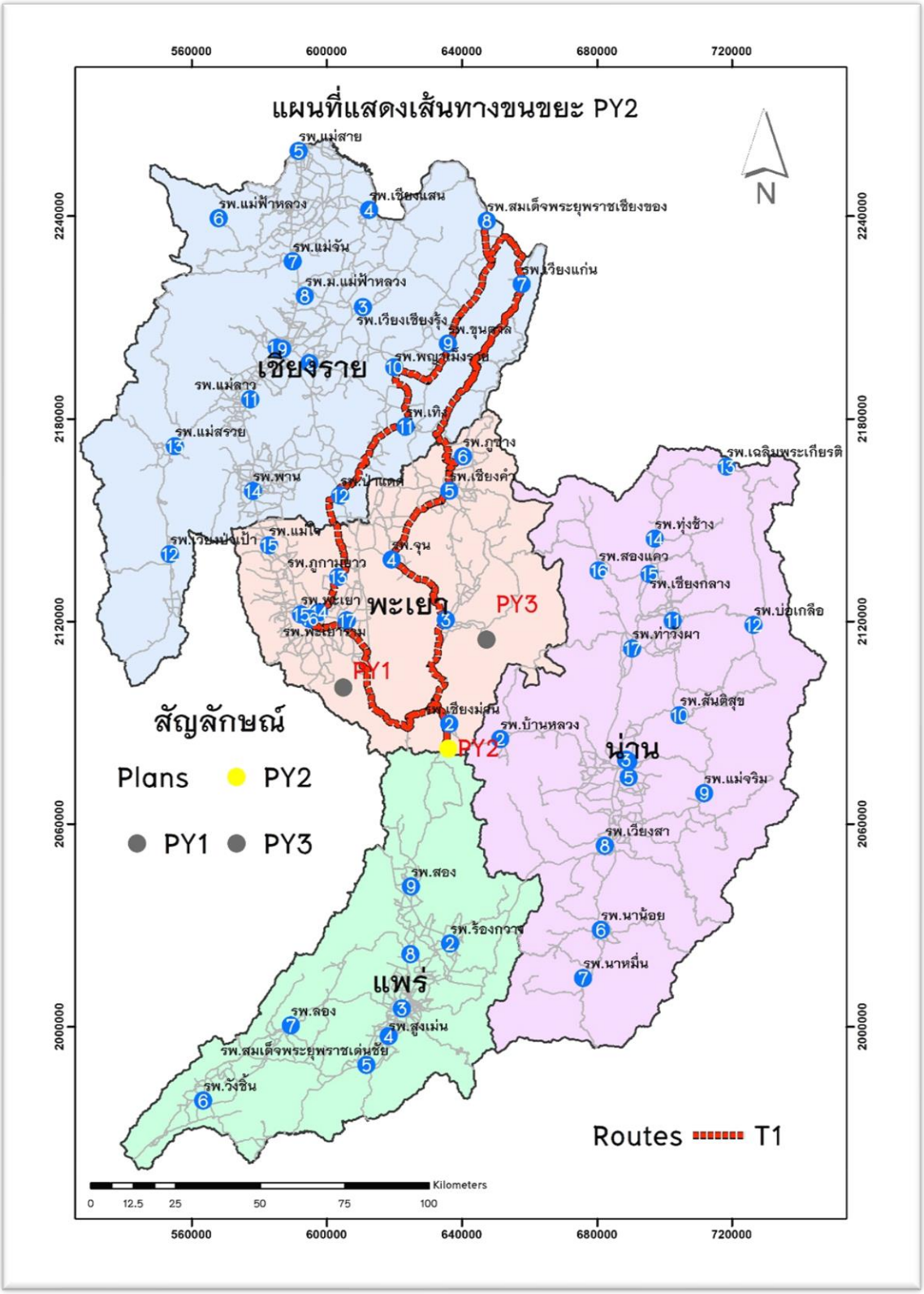

**ภาพ 50 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PY1**



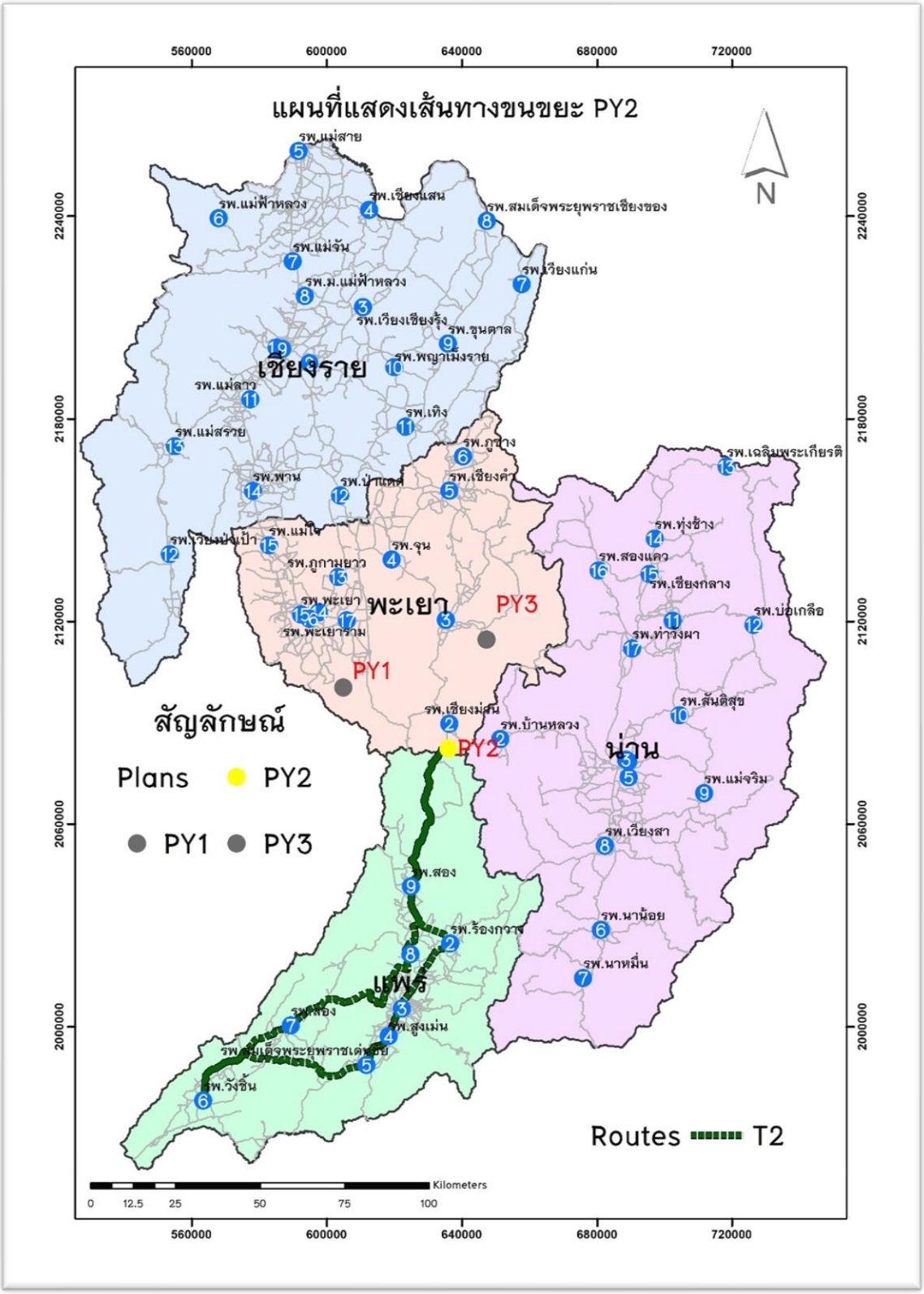

**ภาพ 51 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PY1**



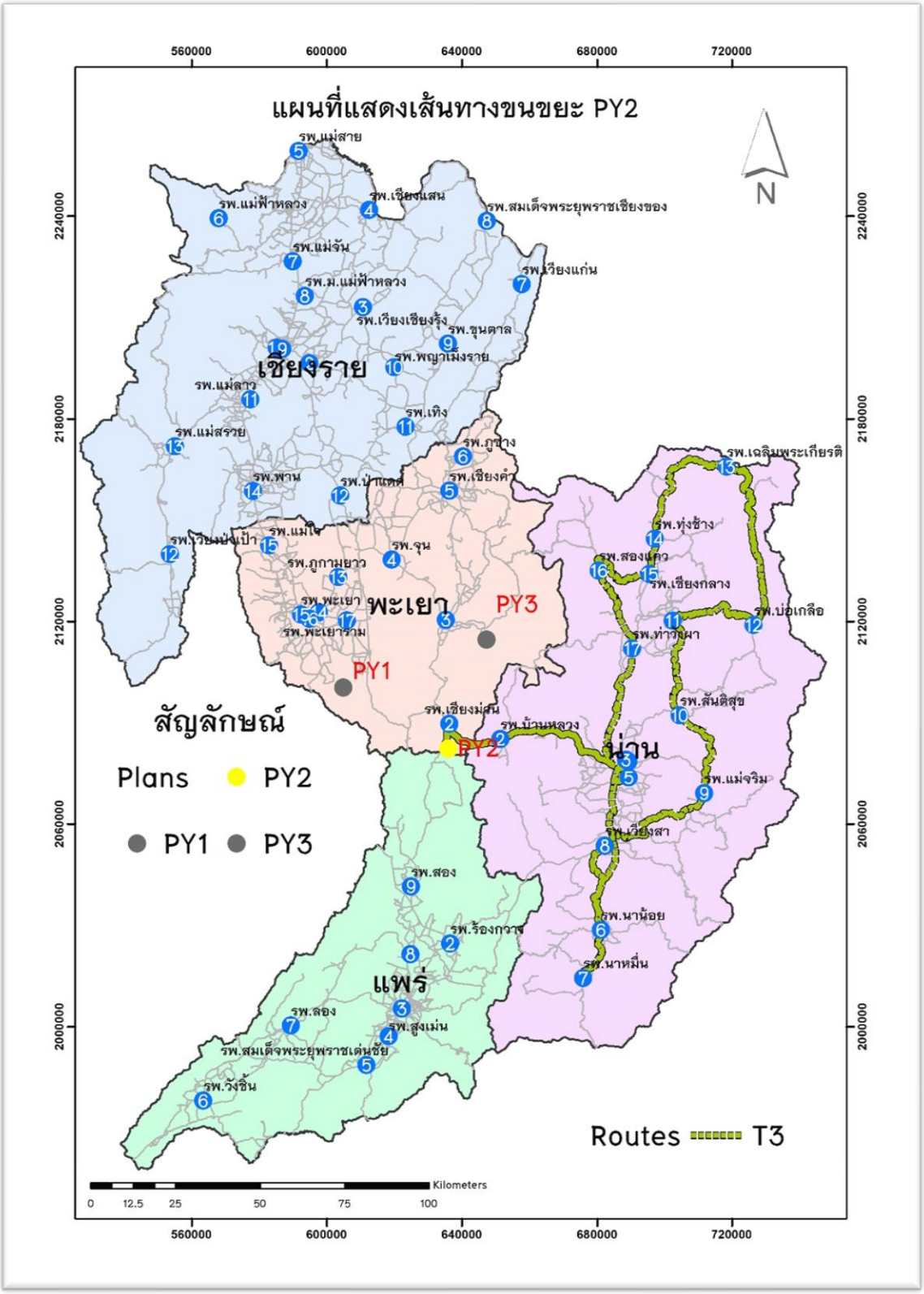

**ภาพ 52 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PY1**



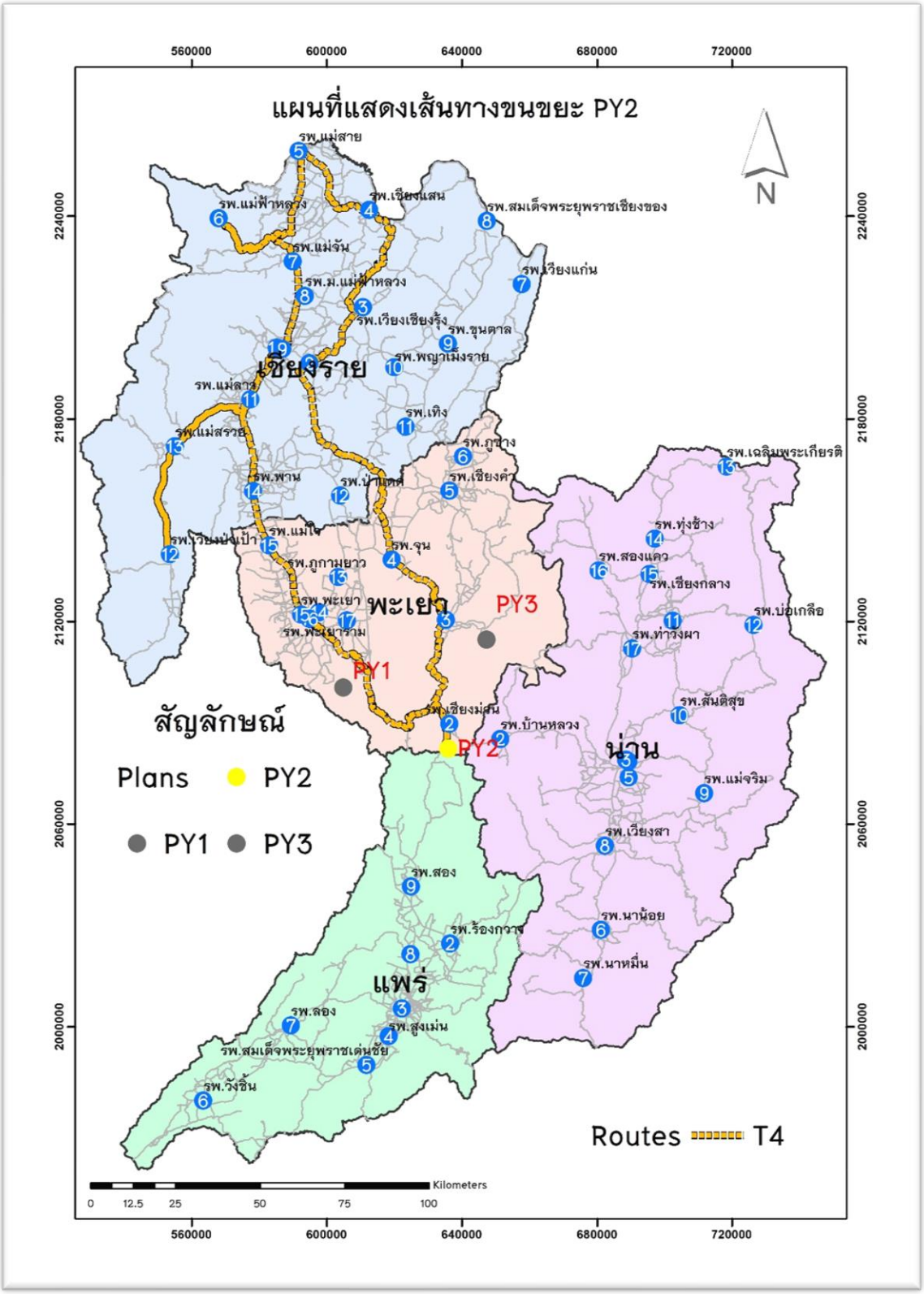

**ภาพ 53 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PY2**



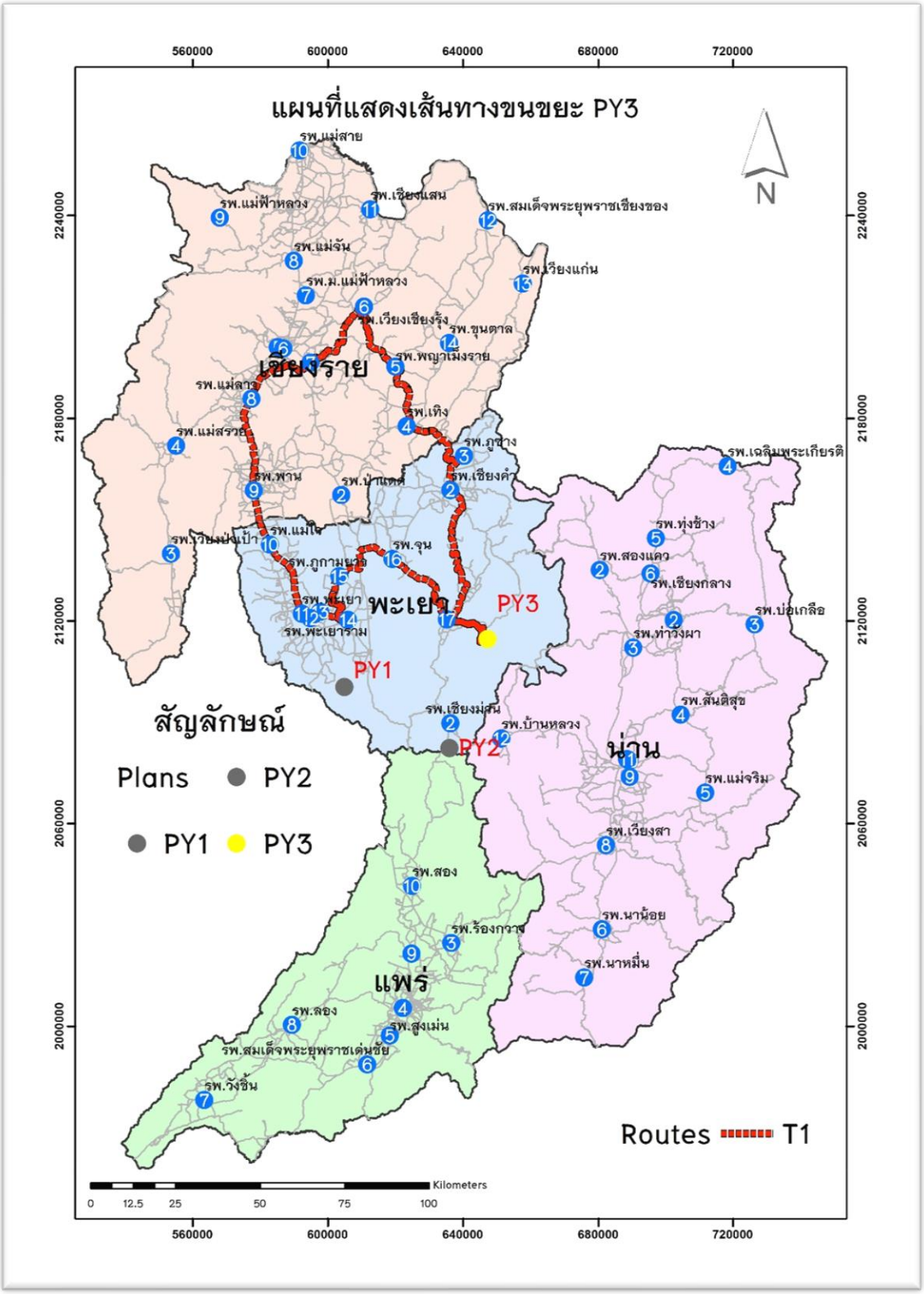

**ภาพ 54 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PY2**



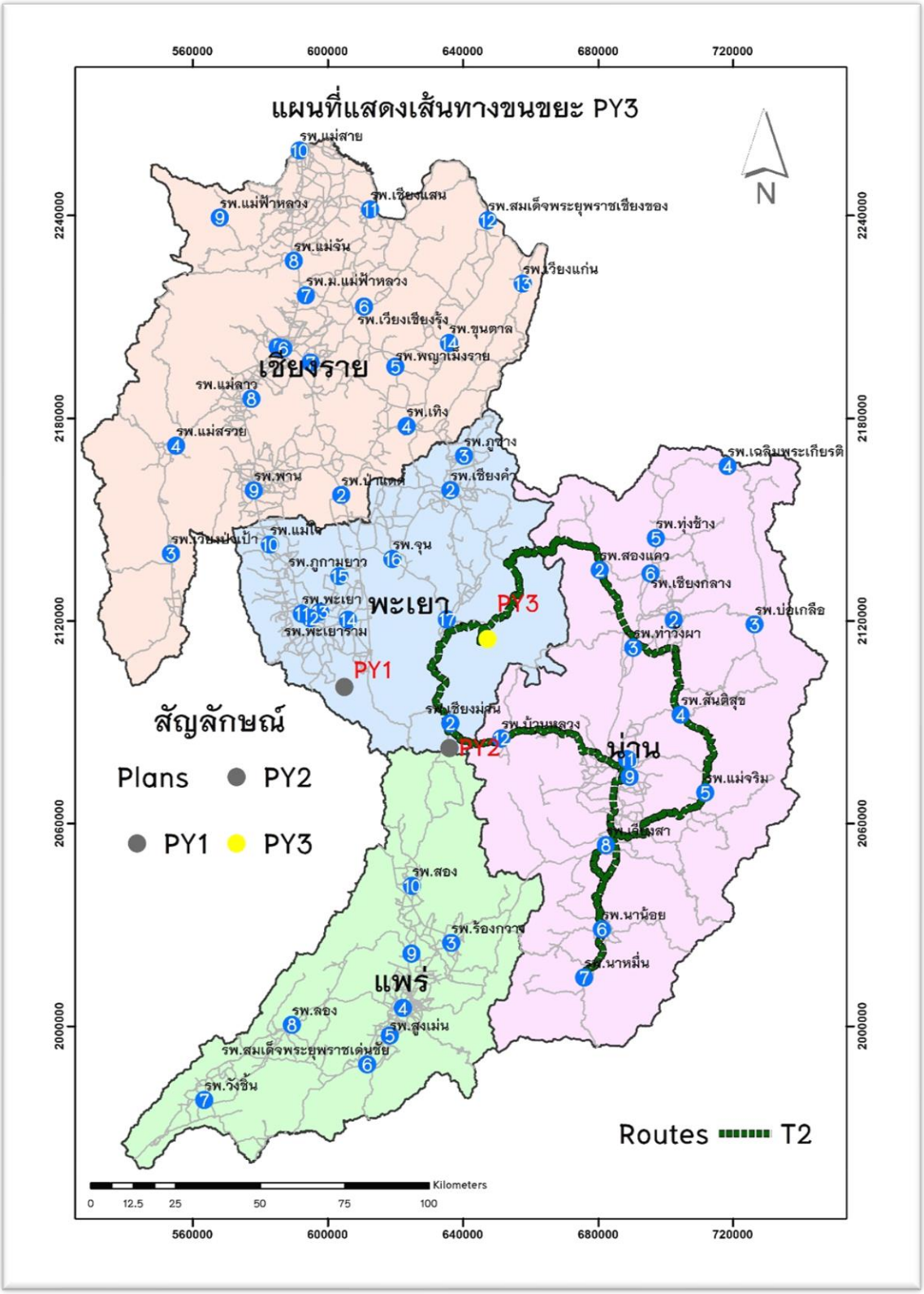

ภาพ 55 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PY2



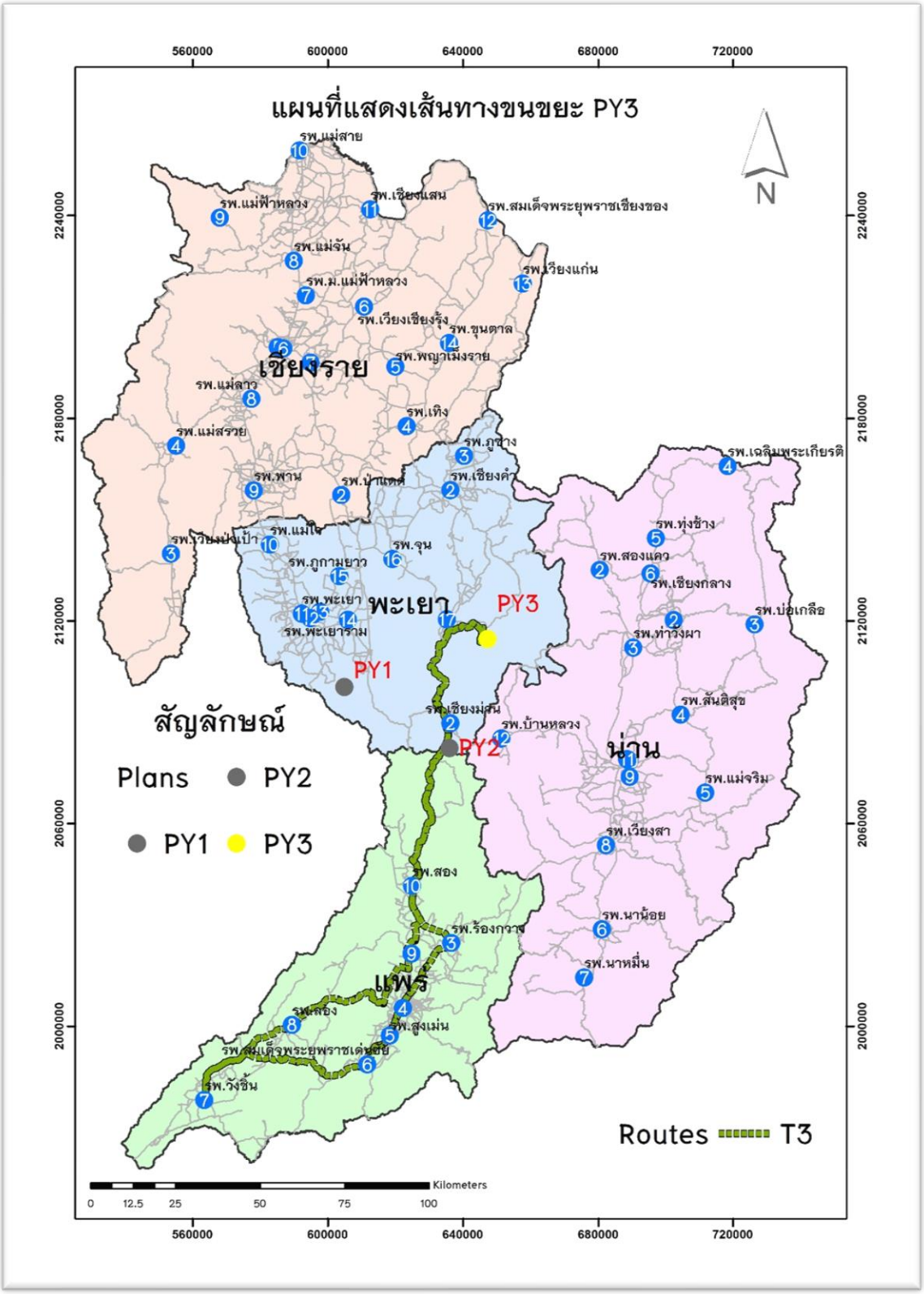

**ภาพ 56 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PY2**



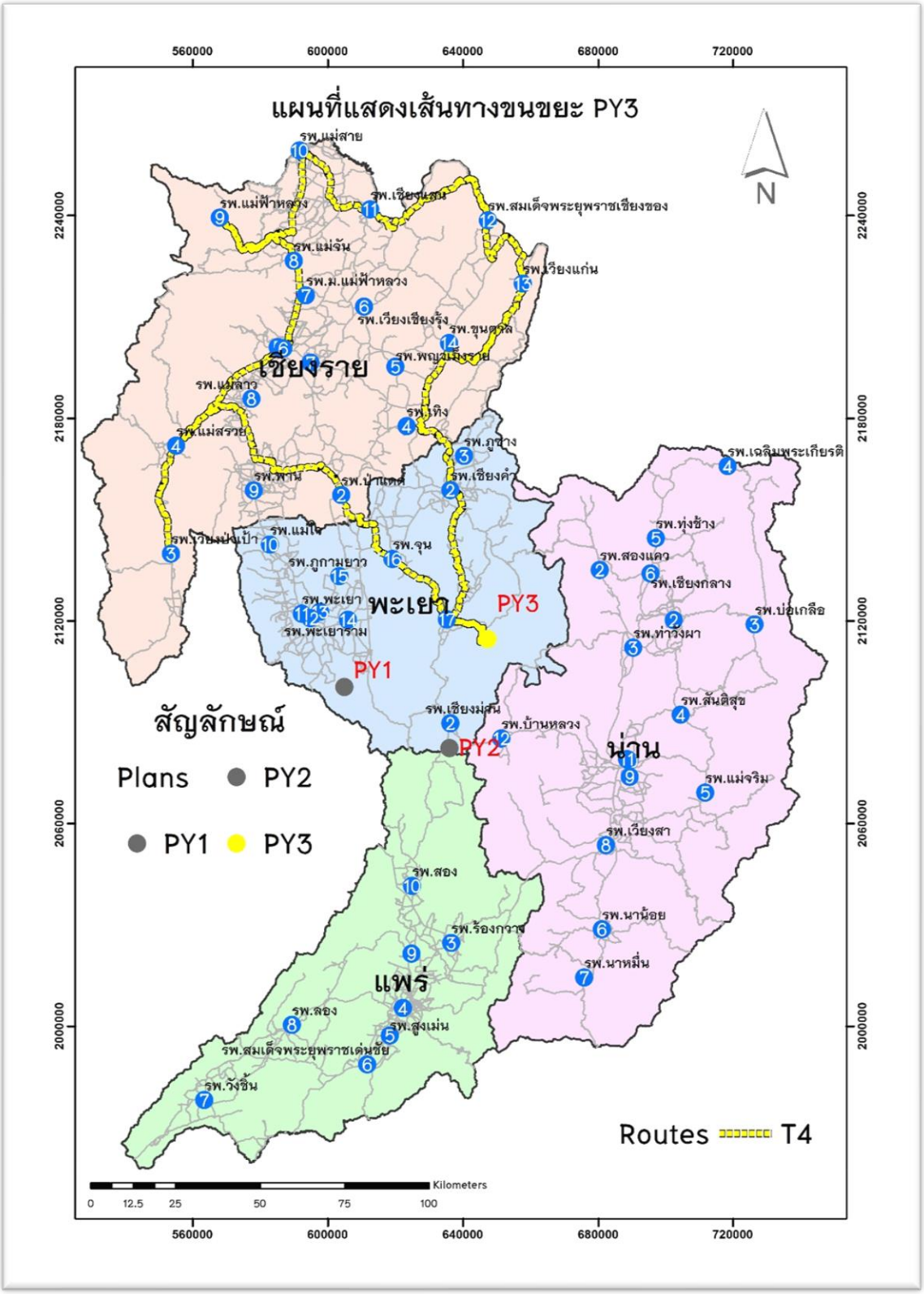

**ภาพ 57 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PY3**



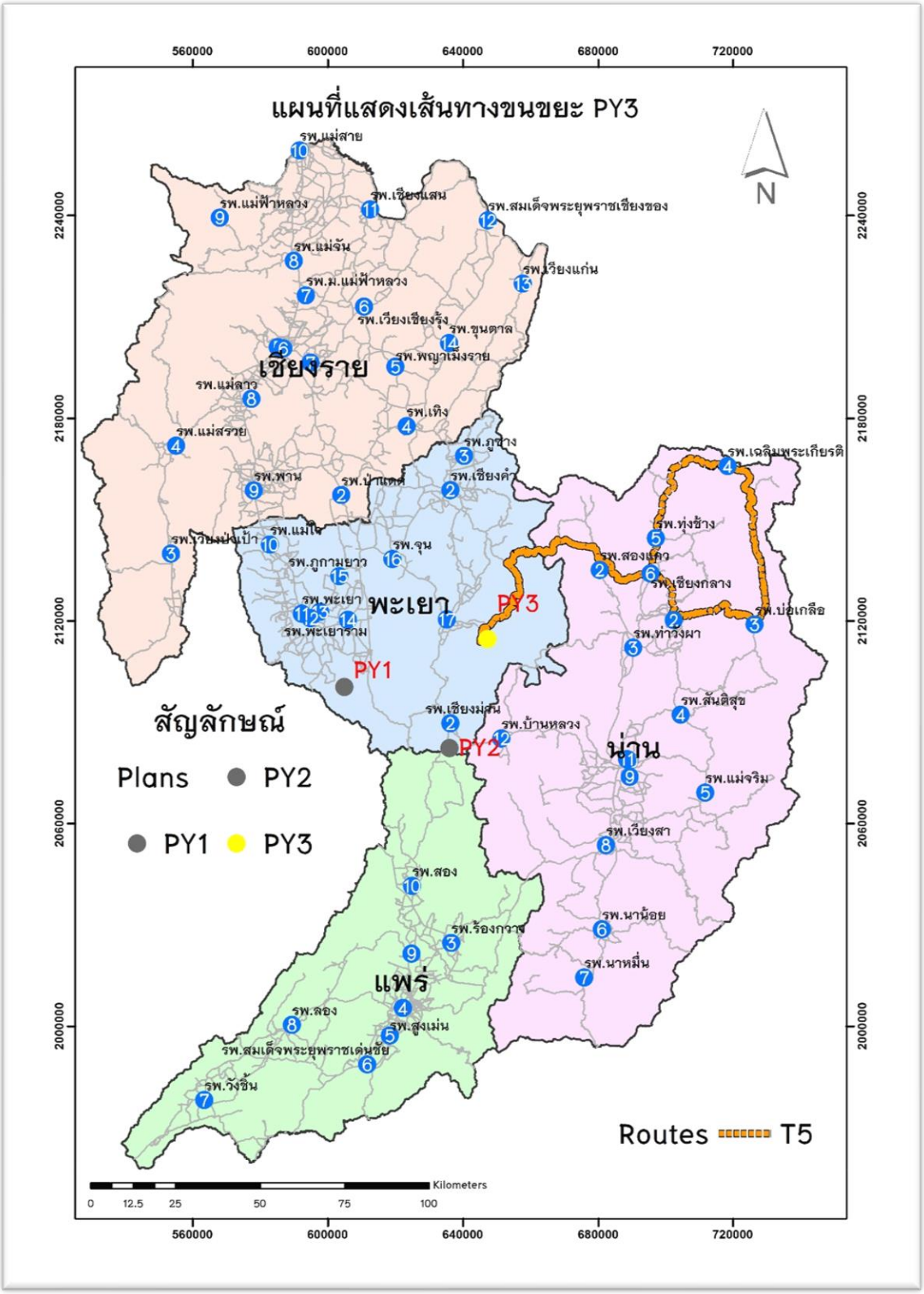

ภาพ 58 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PY3



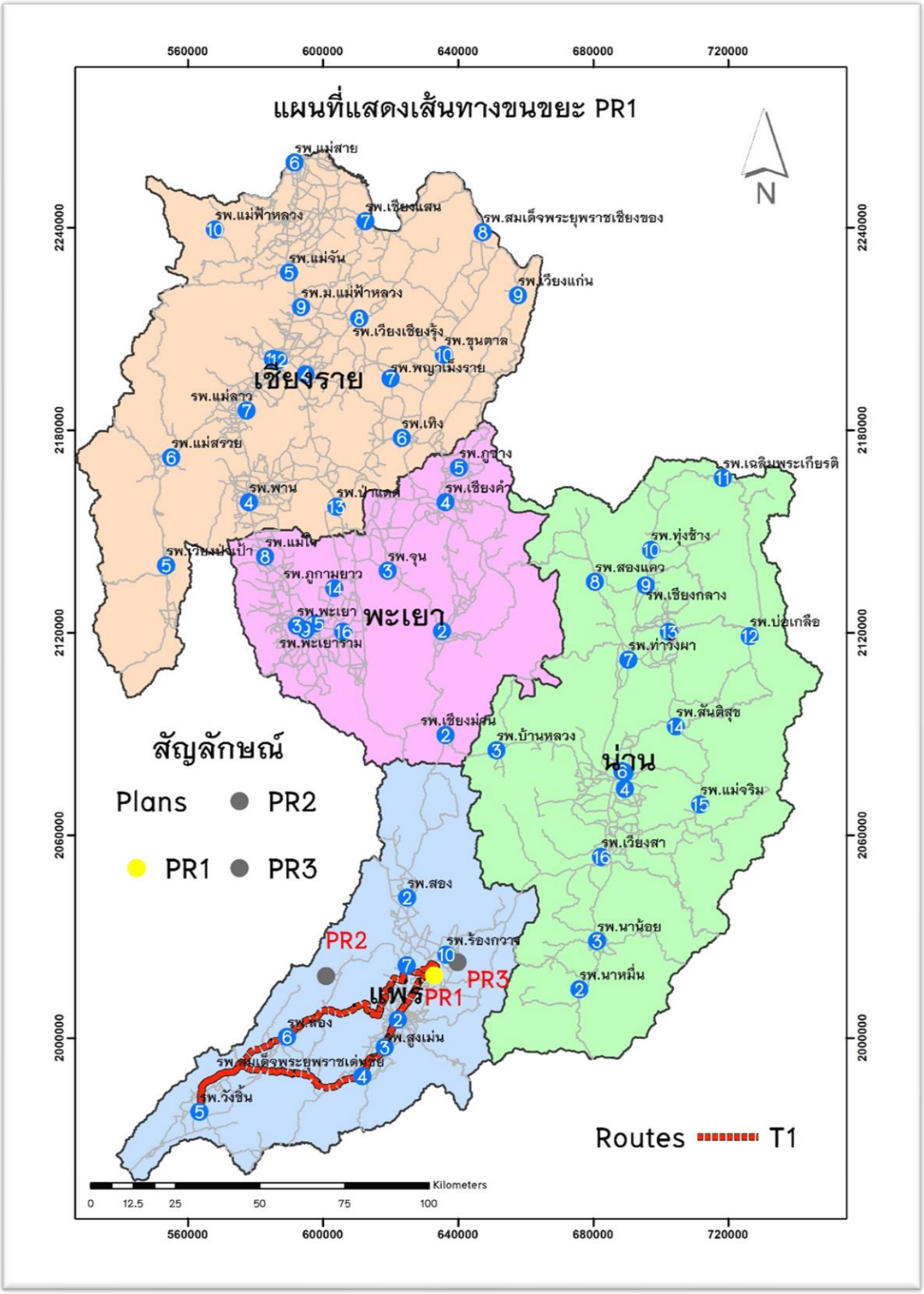

ภาพ 59 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PY3



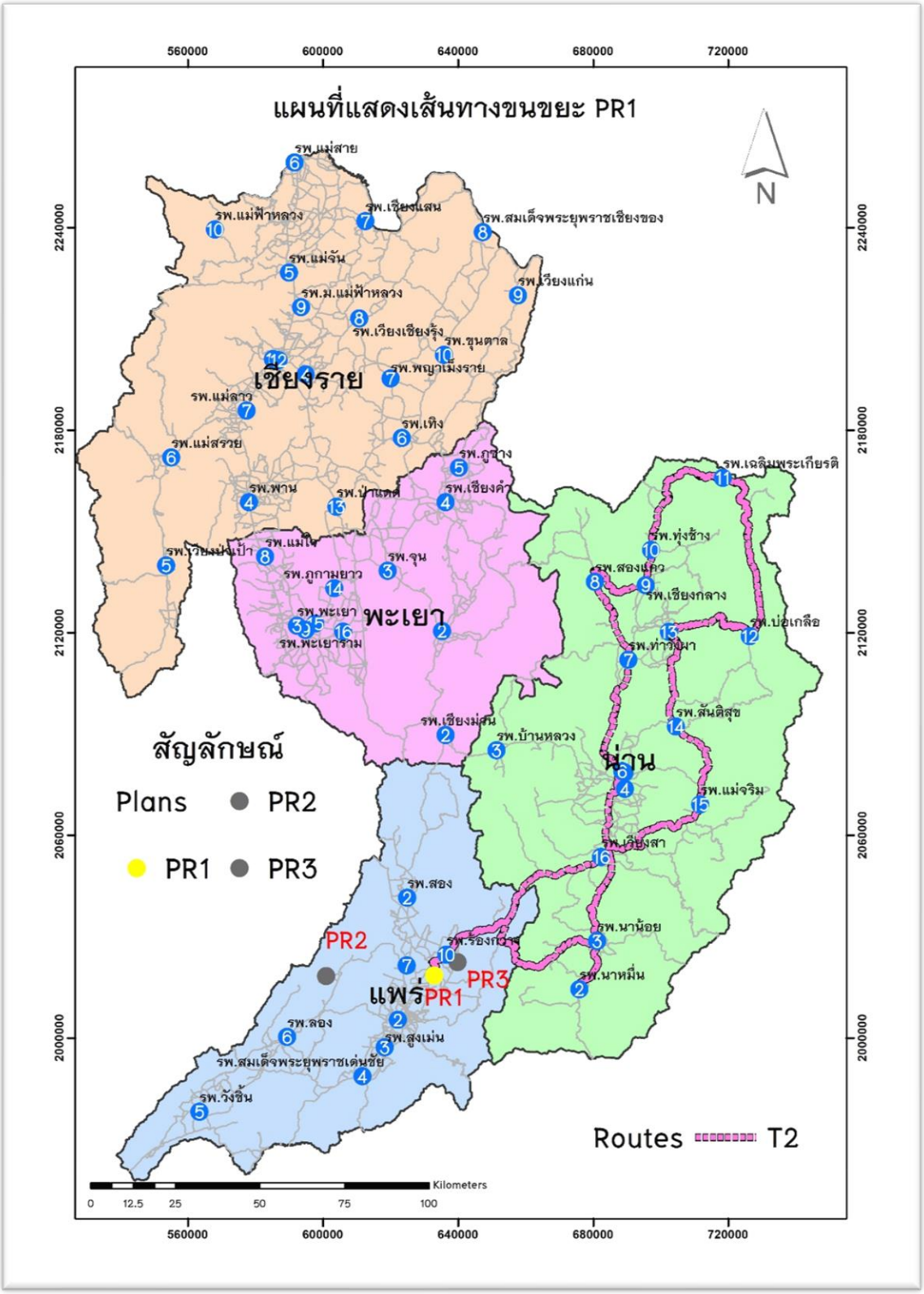

ภาพ 60 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PY3



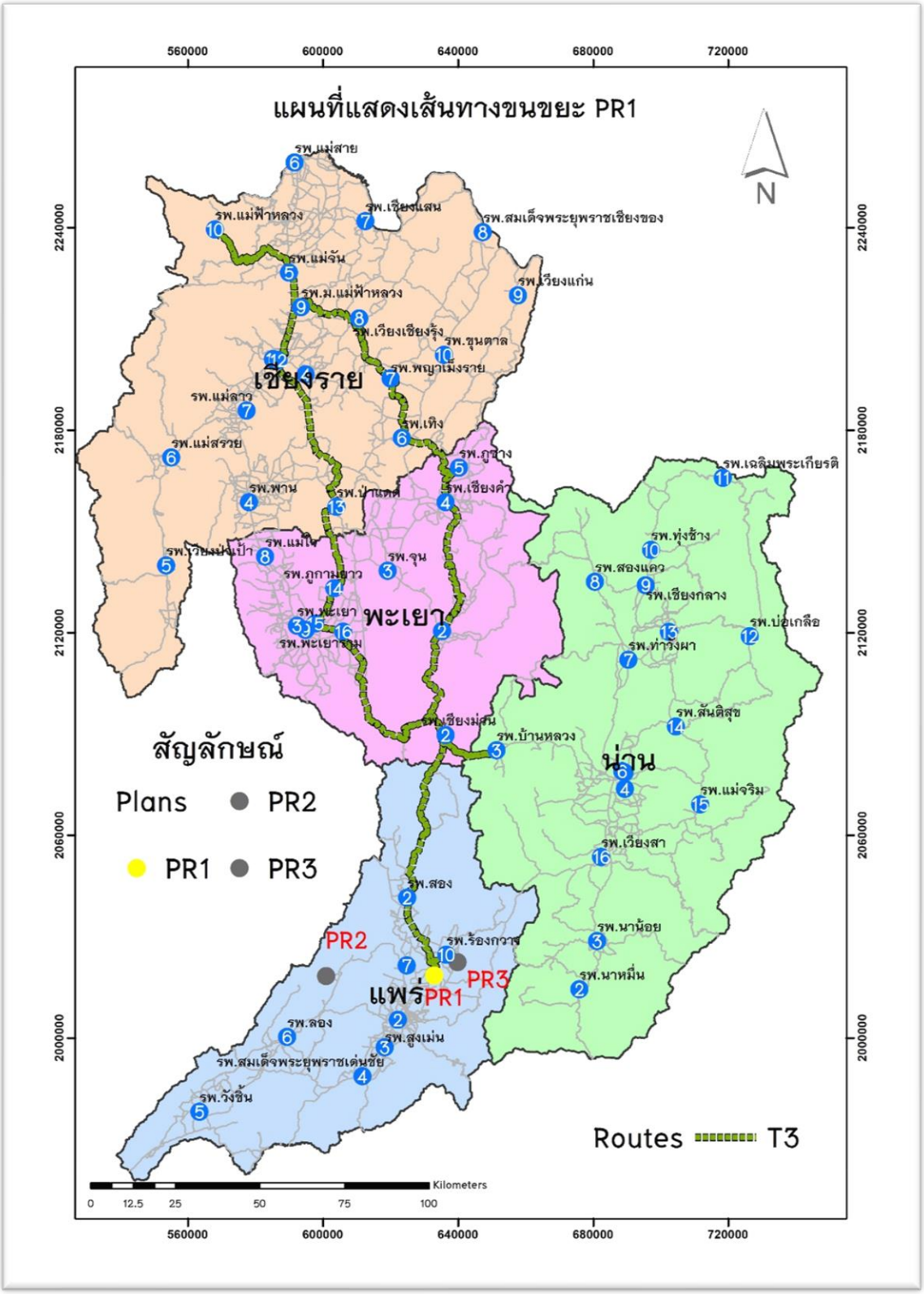

ภาพ 61 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PY3



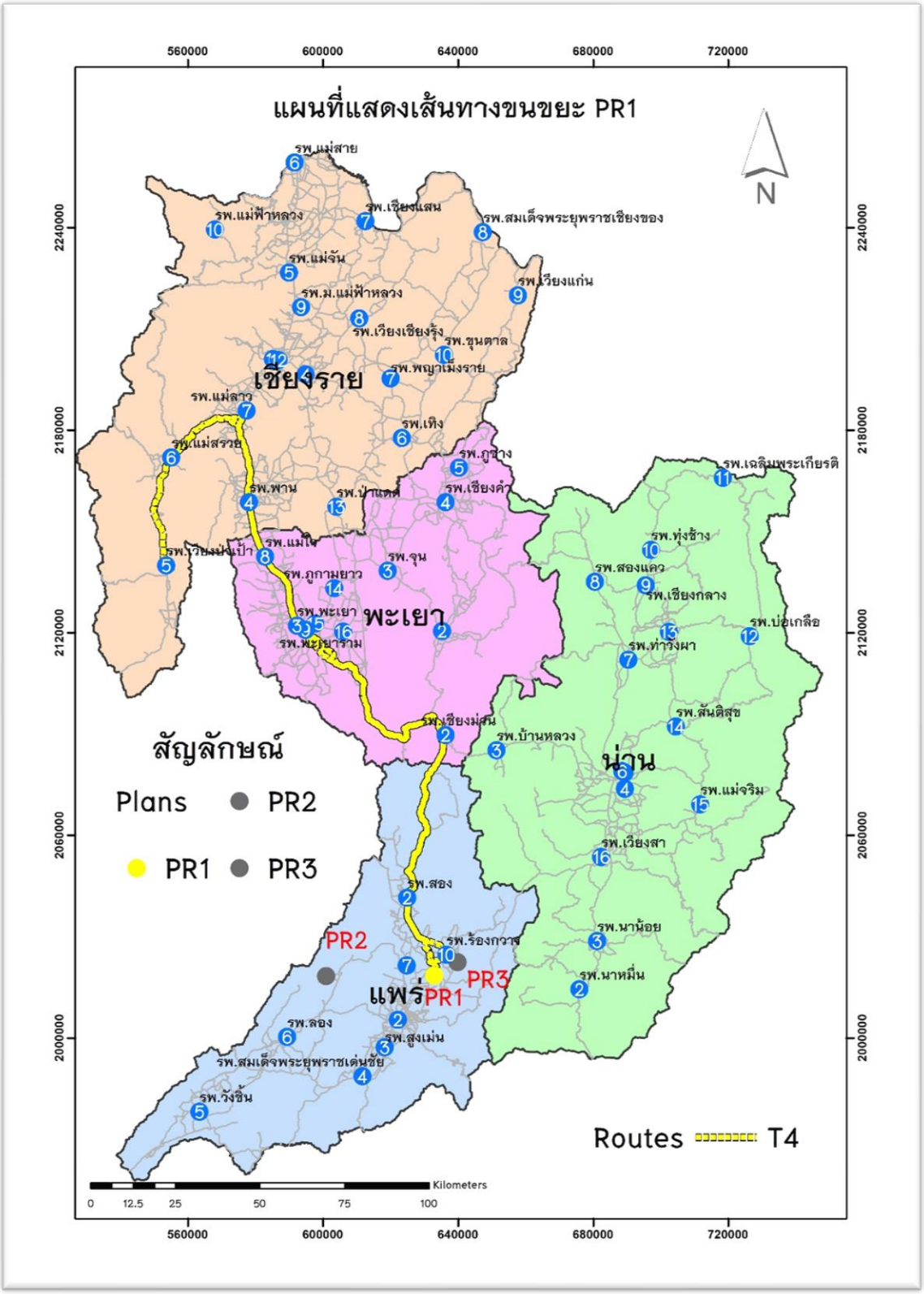

**ภาพ 62 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PR1**



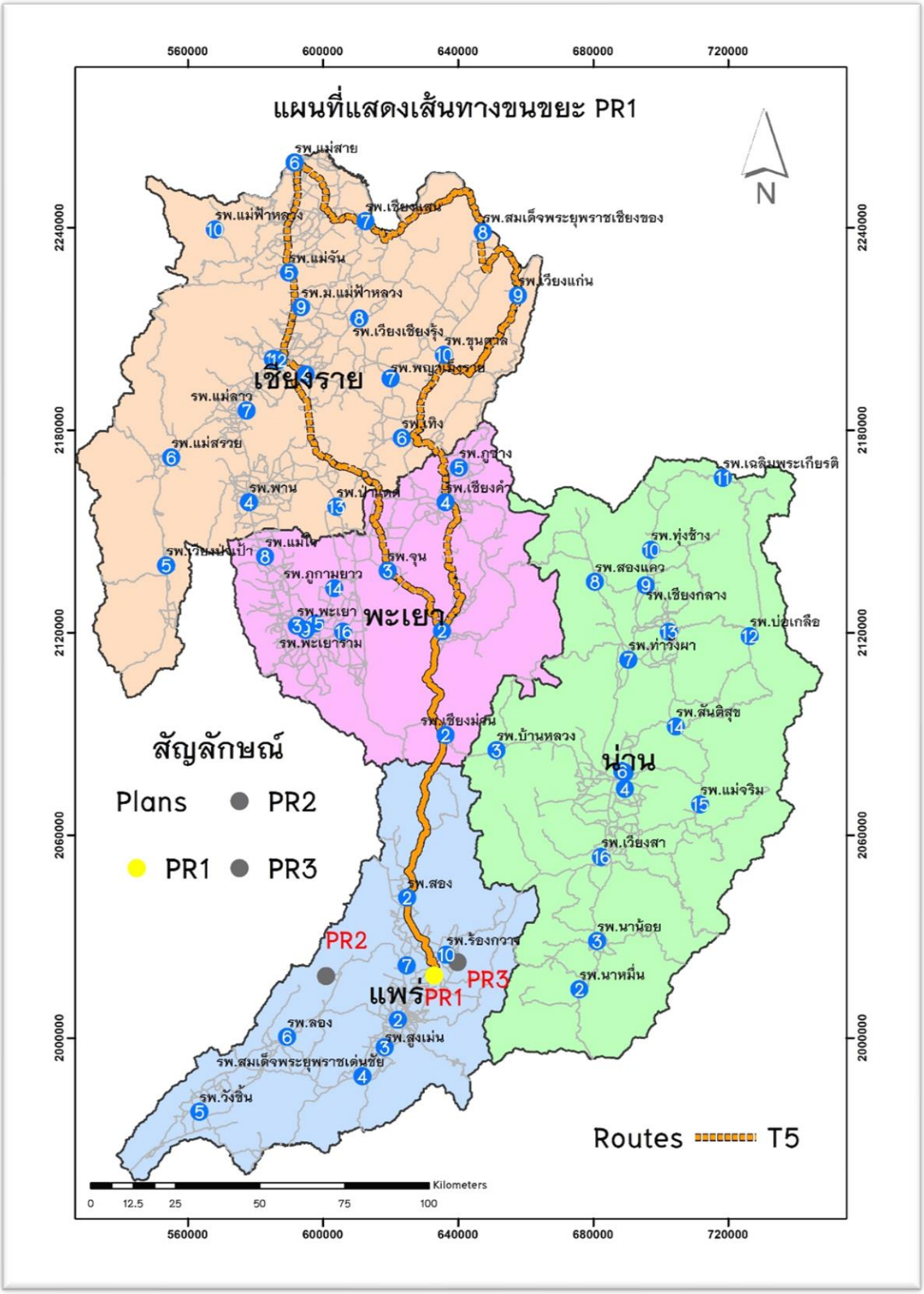

**ภาพ 63 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PR1**



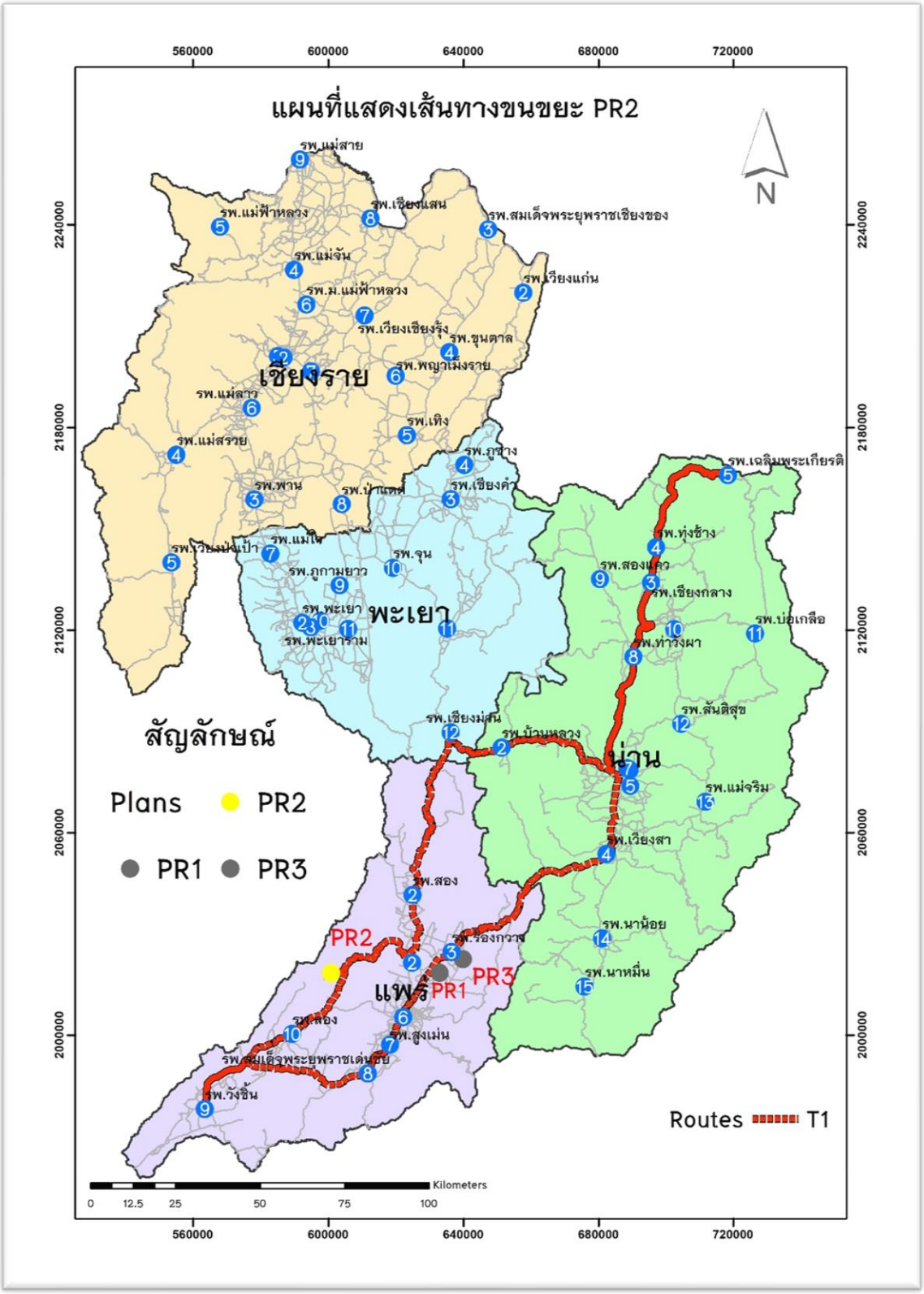

**ภาพ 64 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PR1**



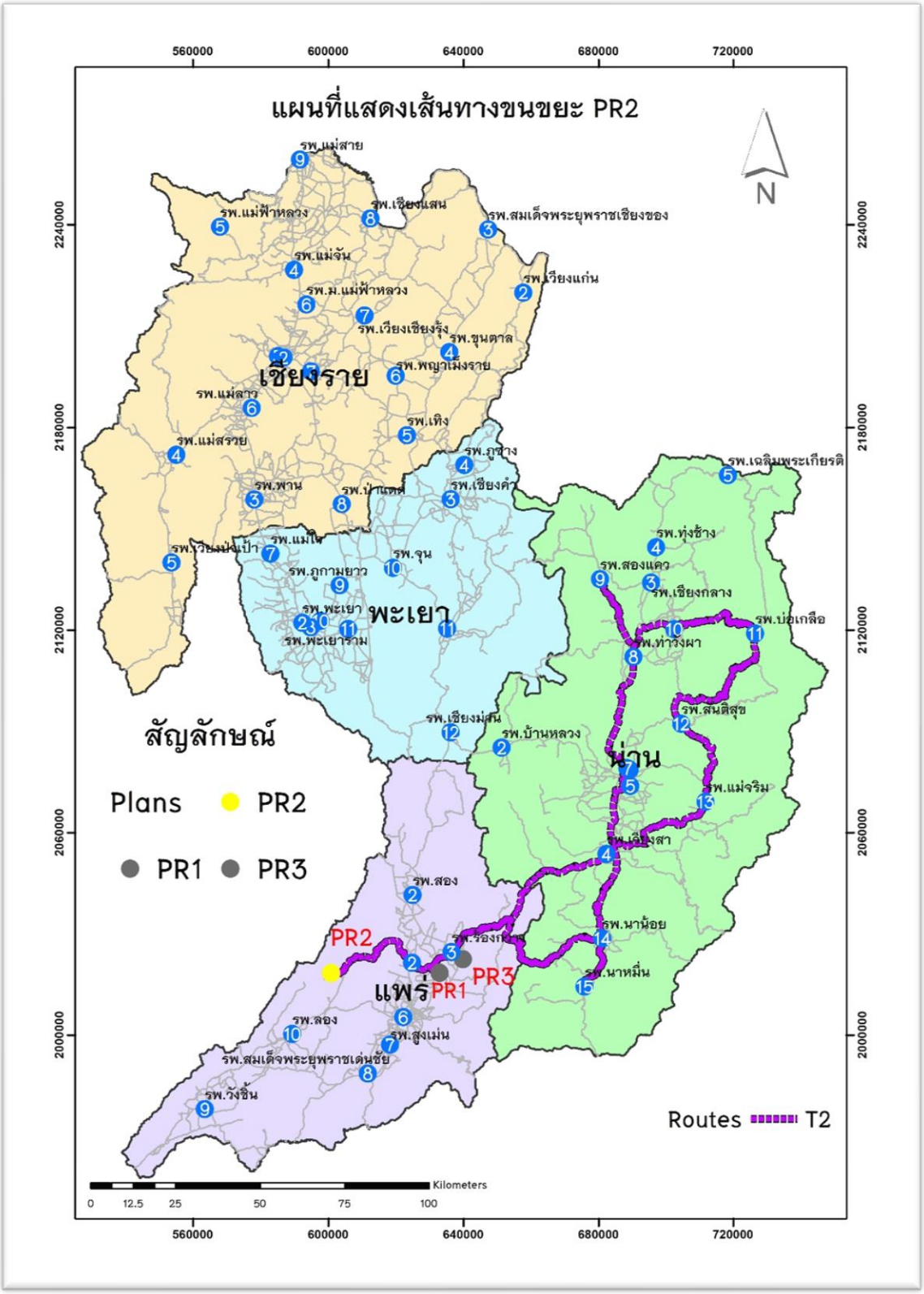

**ภาพ 65 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR1**



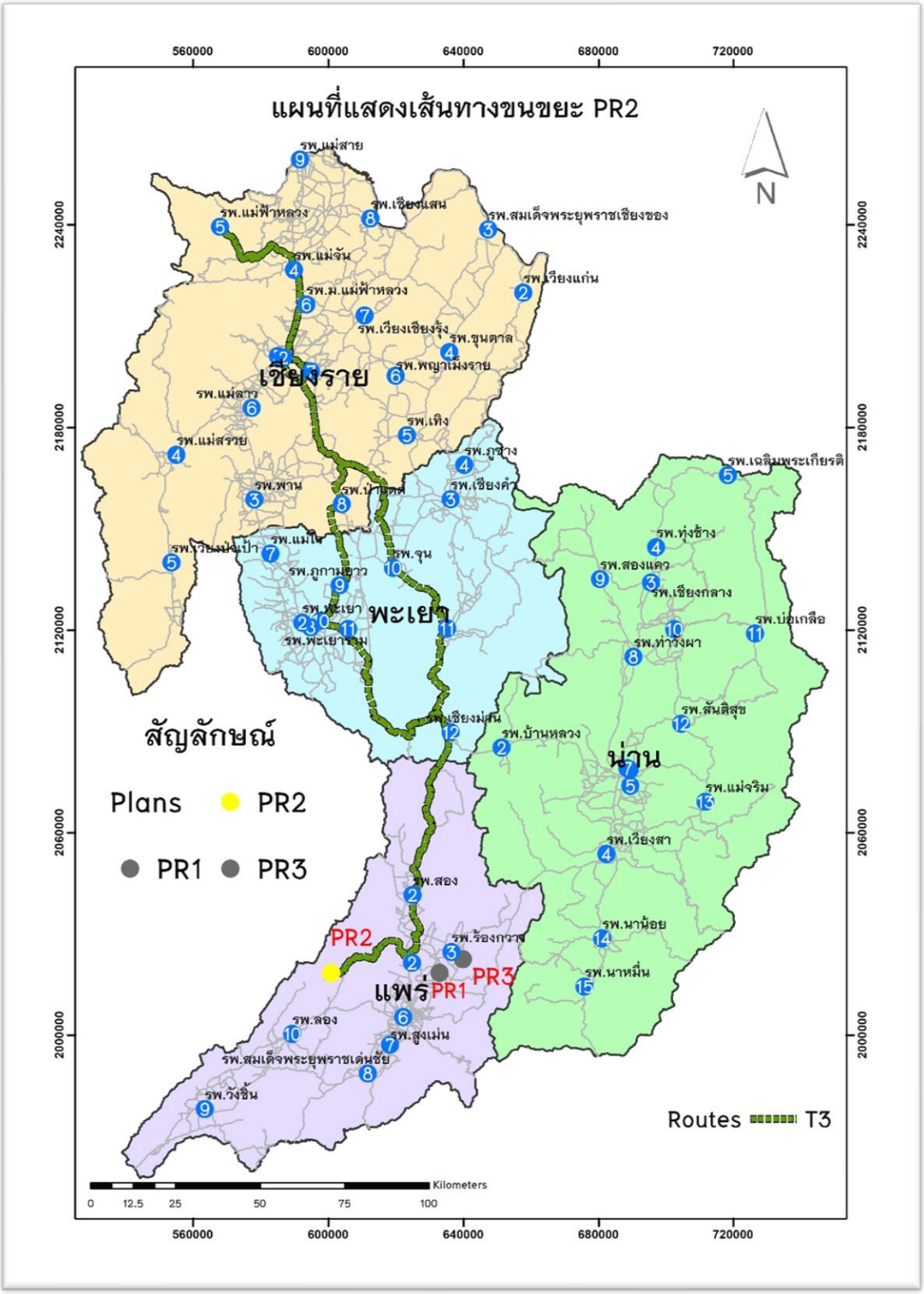

**ภาพ 66 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PR1**



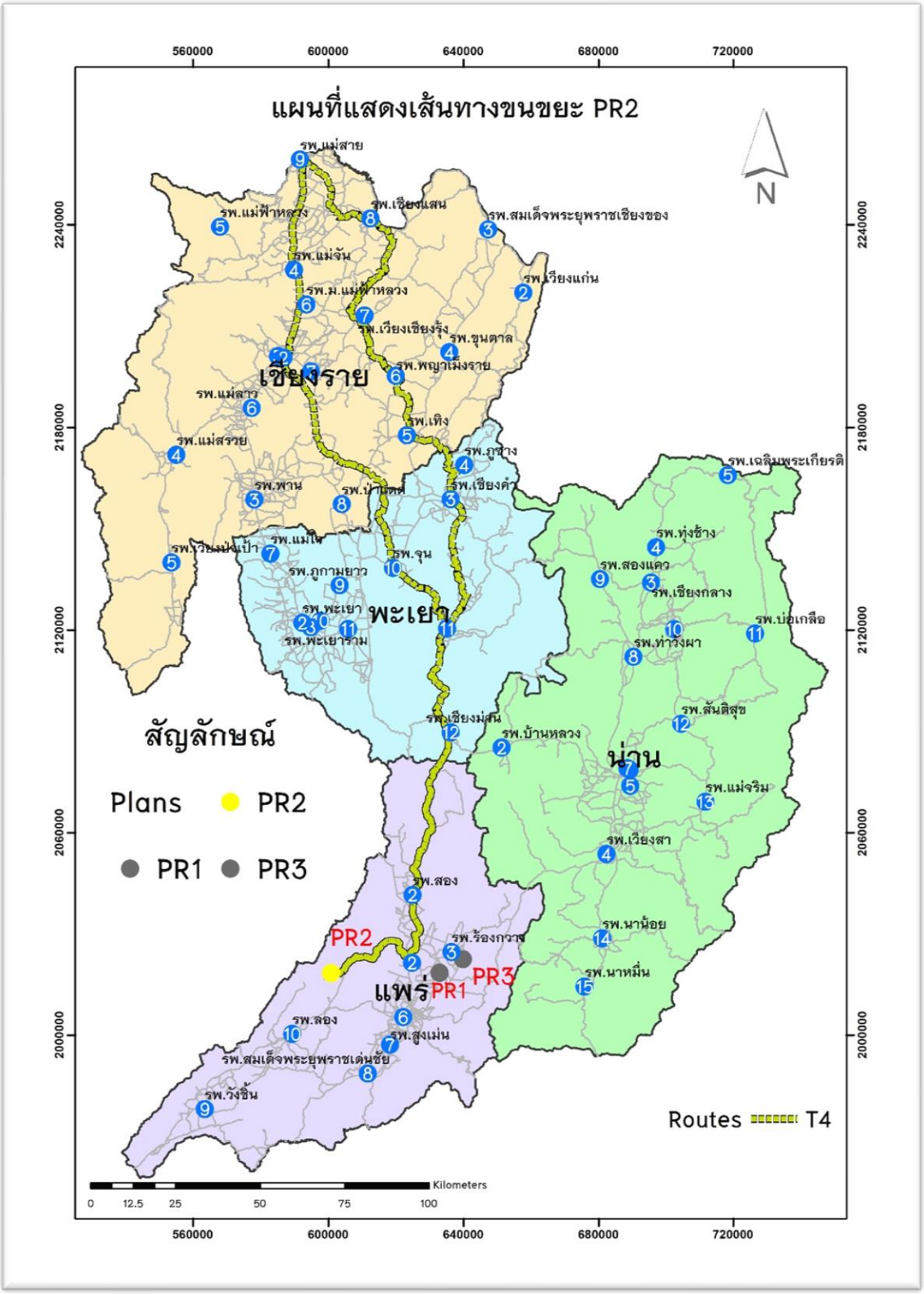

**ภาพ 67 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PR2**



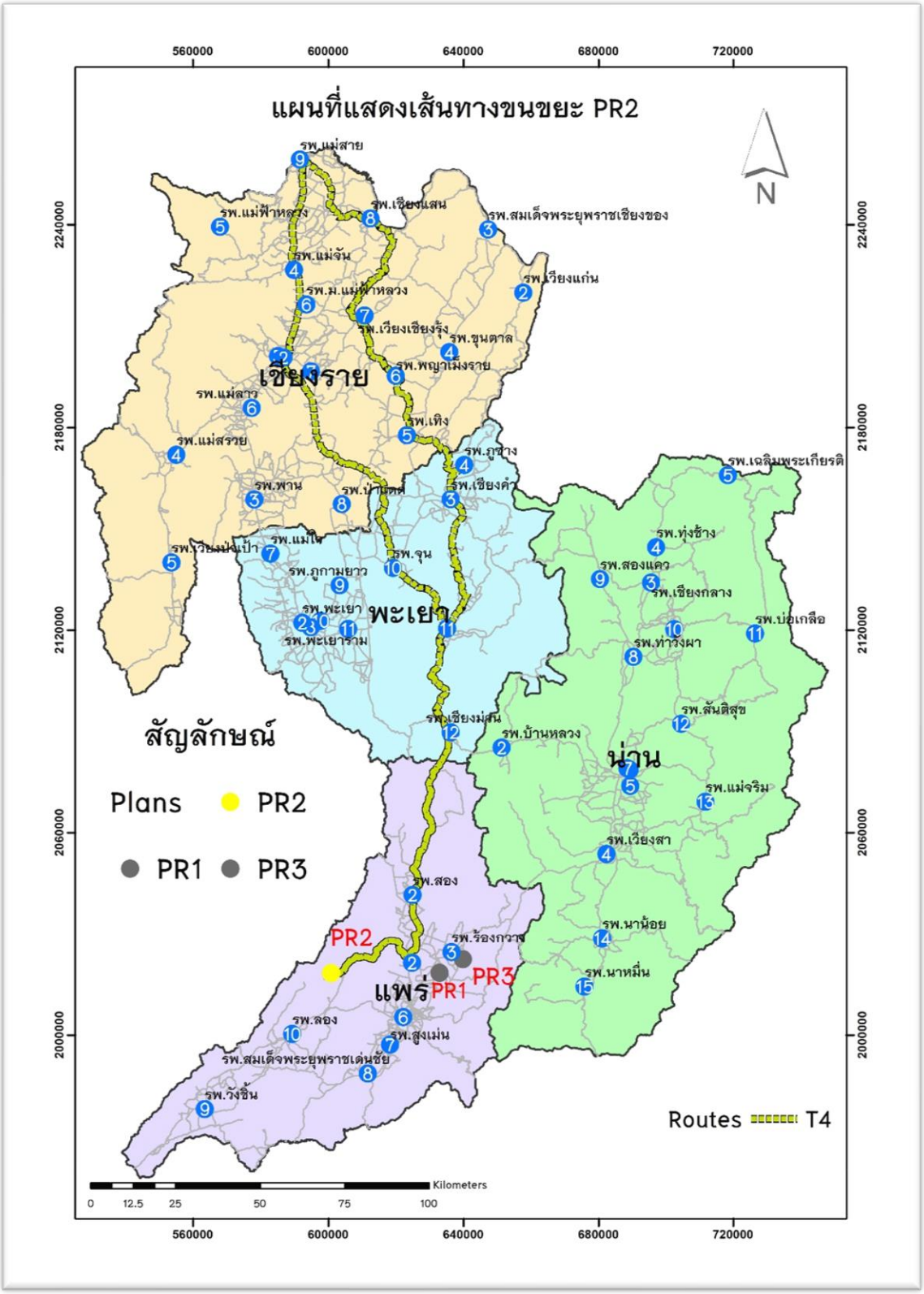

**ภาพ 68 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PR2**



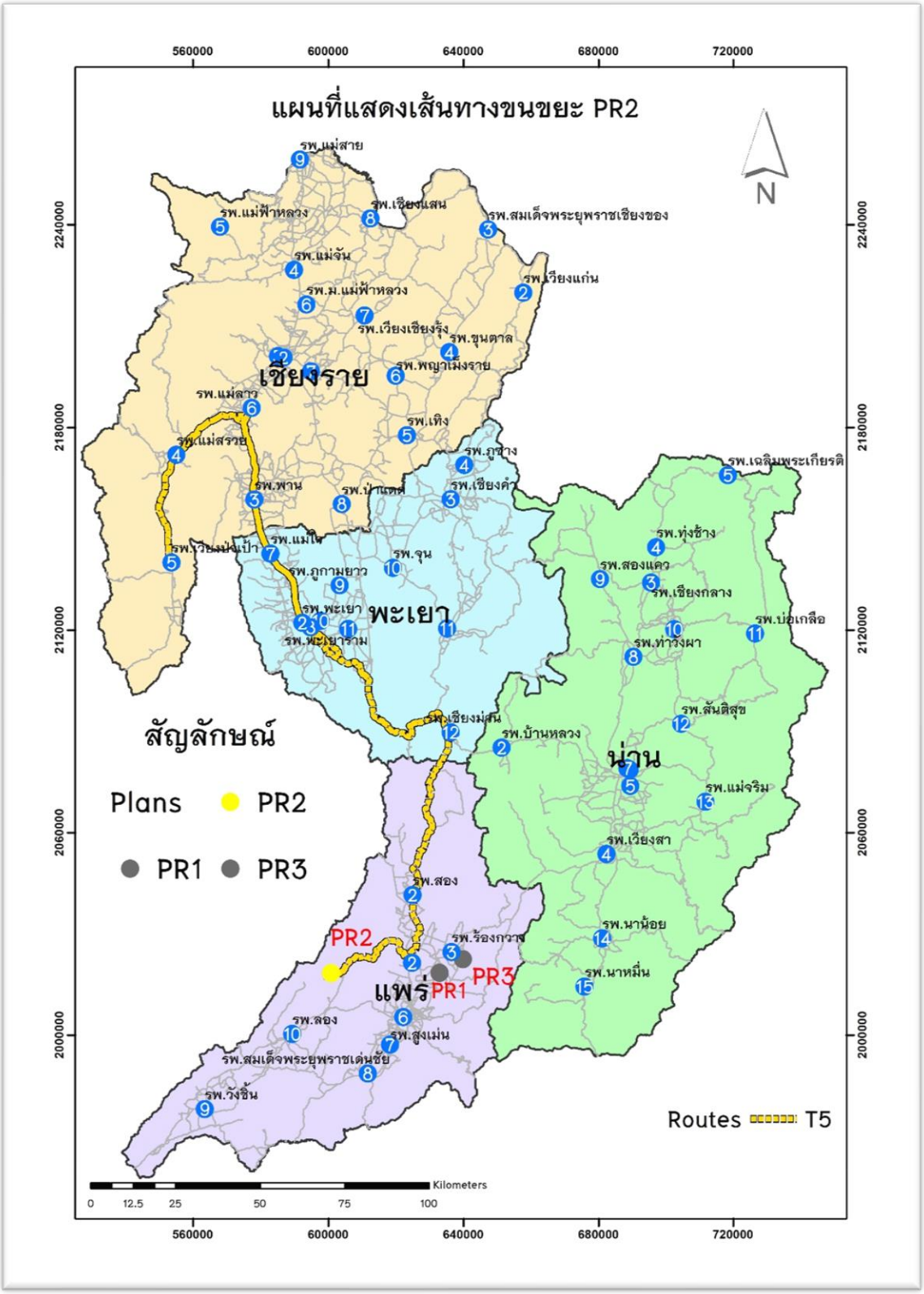

ภาพ 69 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PR2



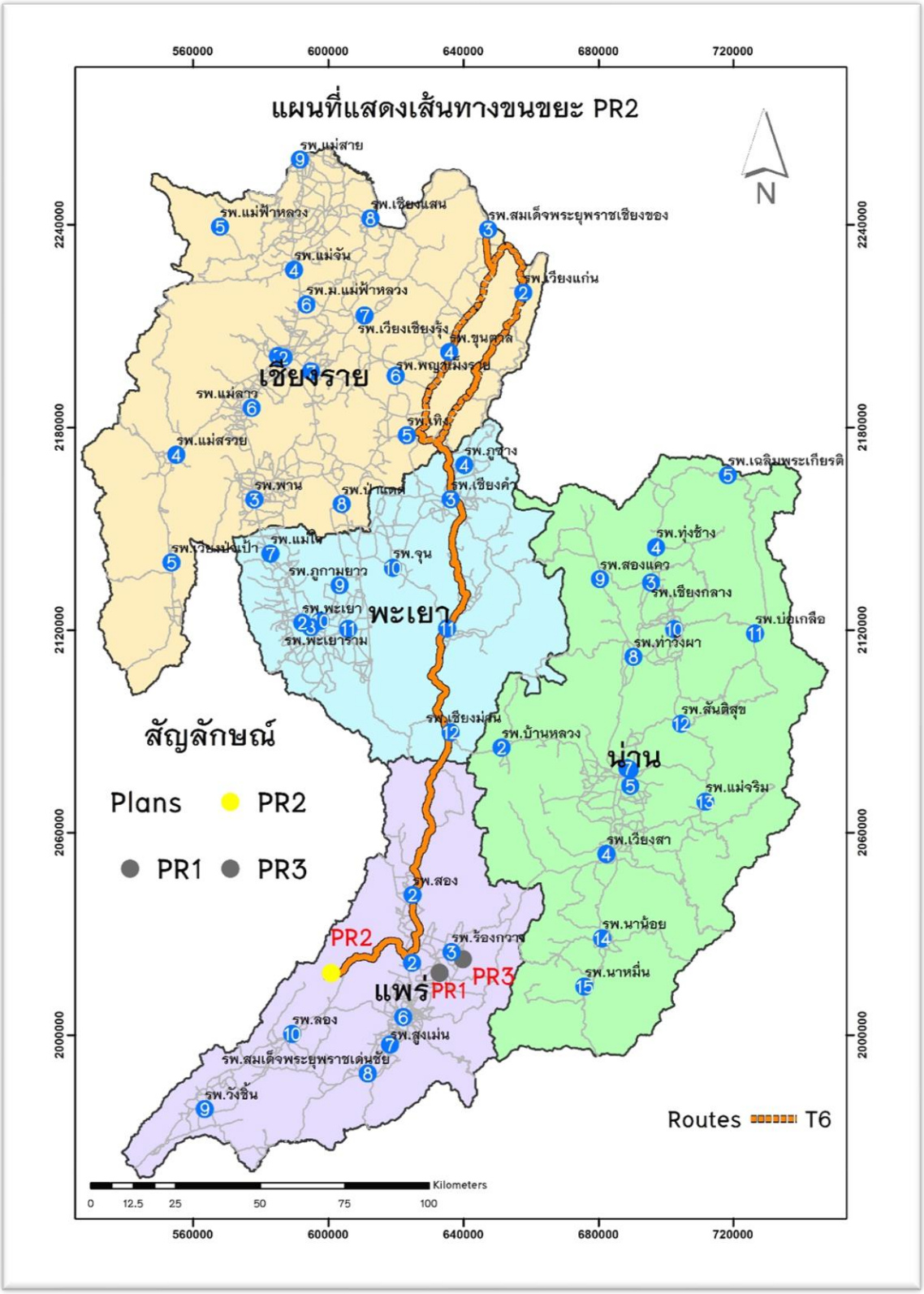

ภาพ 70 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR2



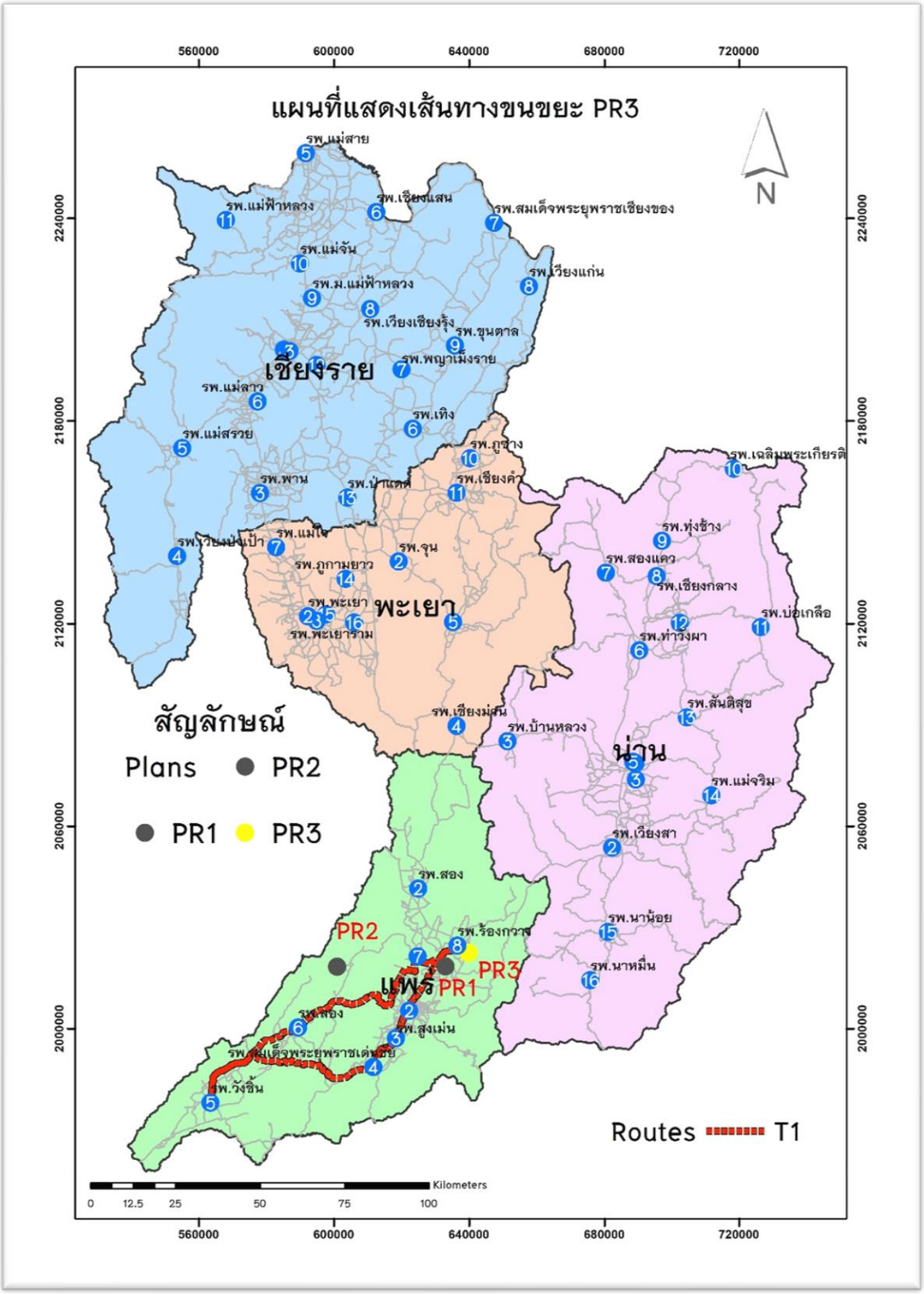

**ภาพ 71 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR2**



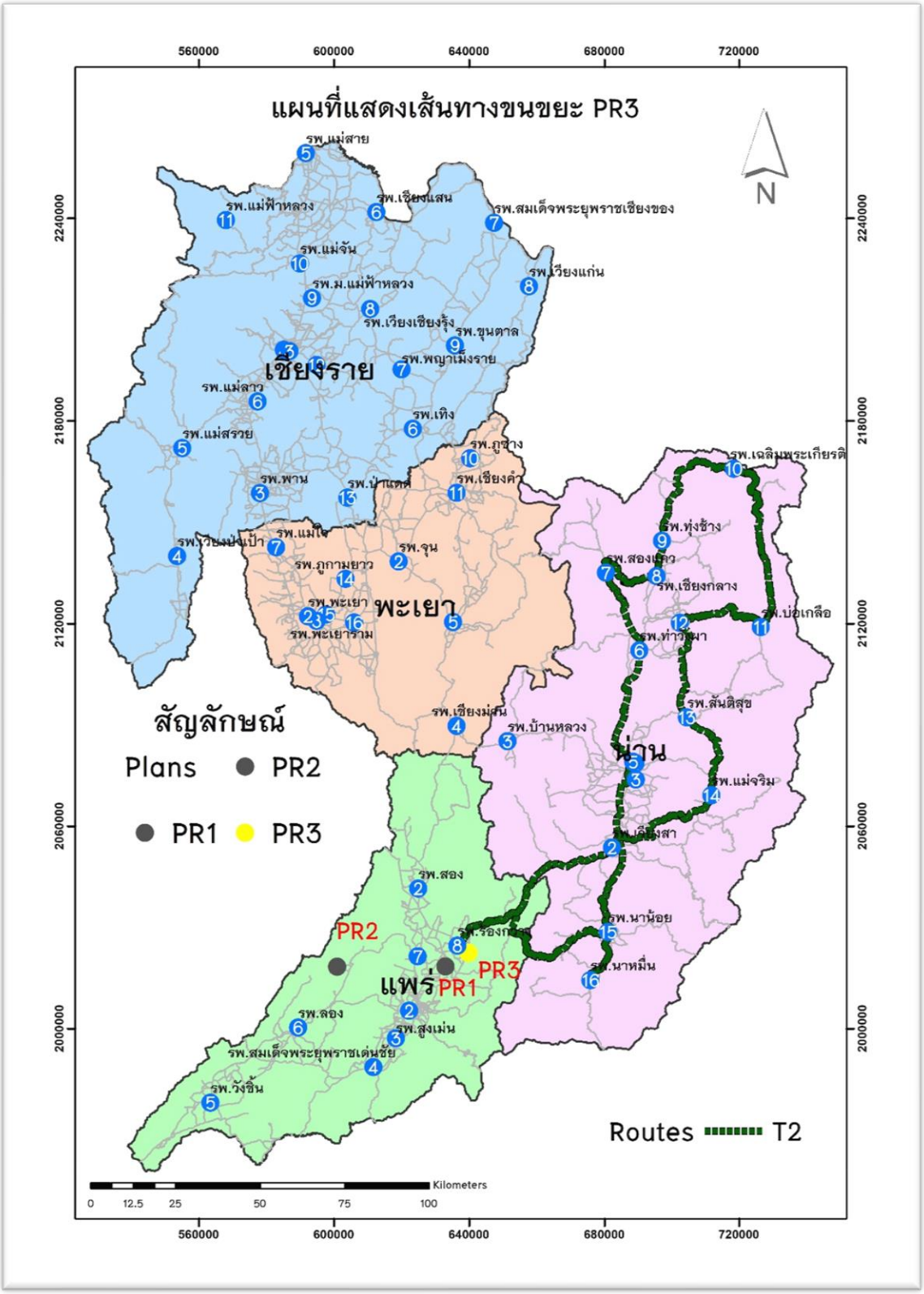

ภาพ 72 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PR2



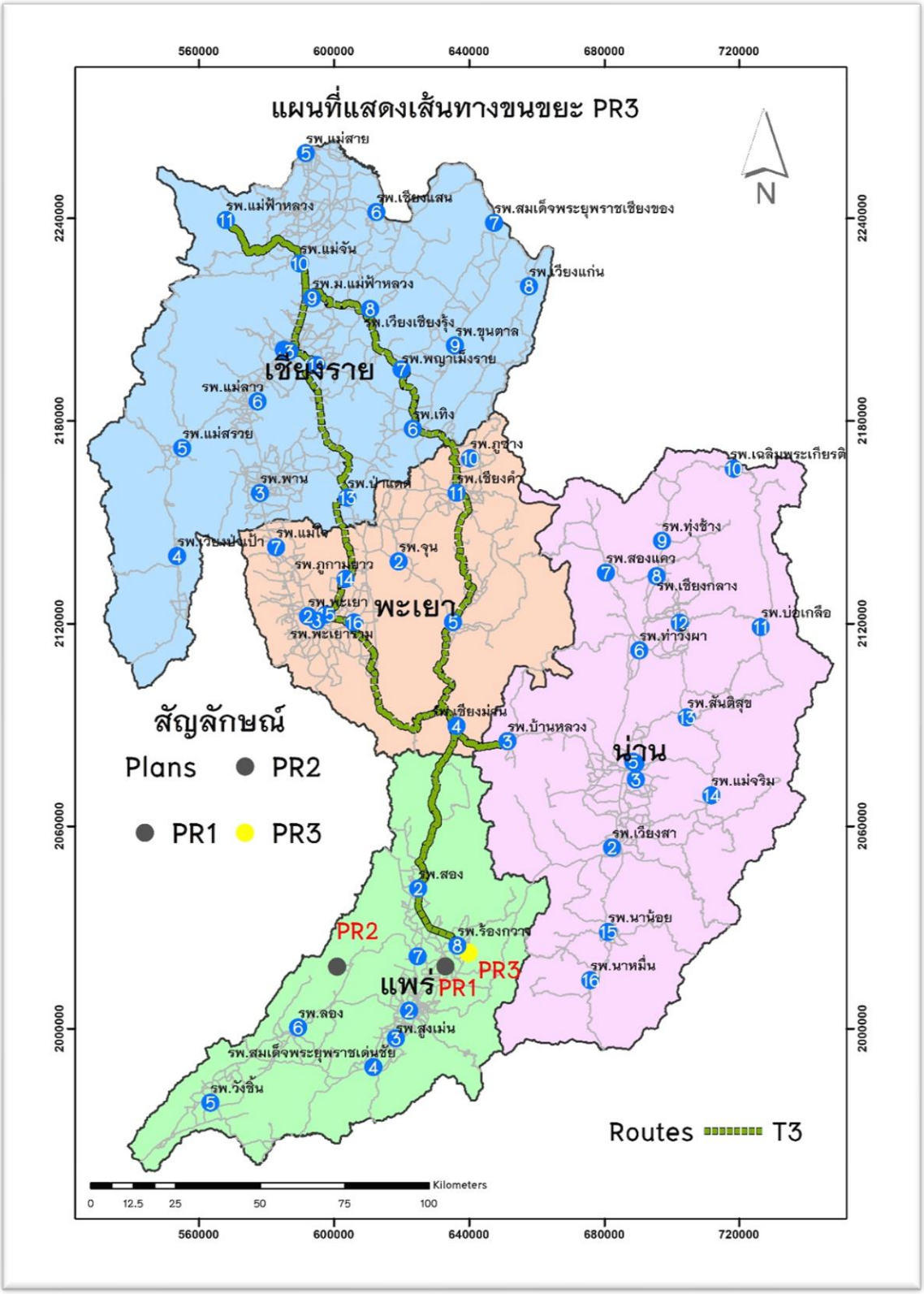

ภาพ 73 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 6 ของ PR2



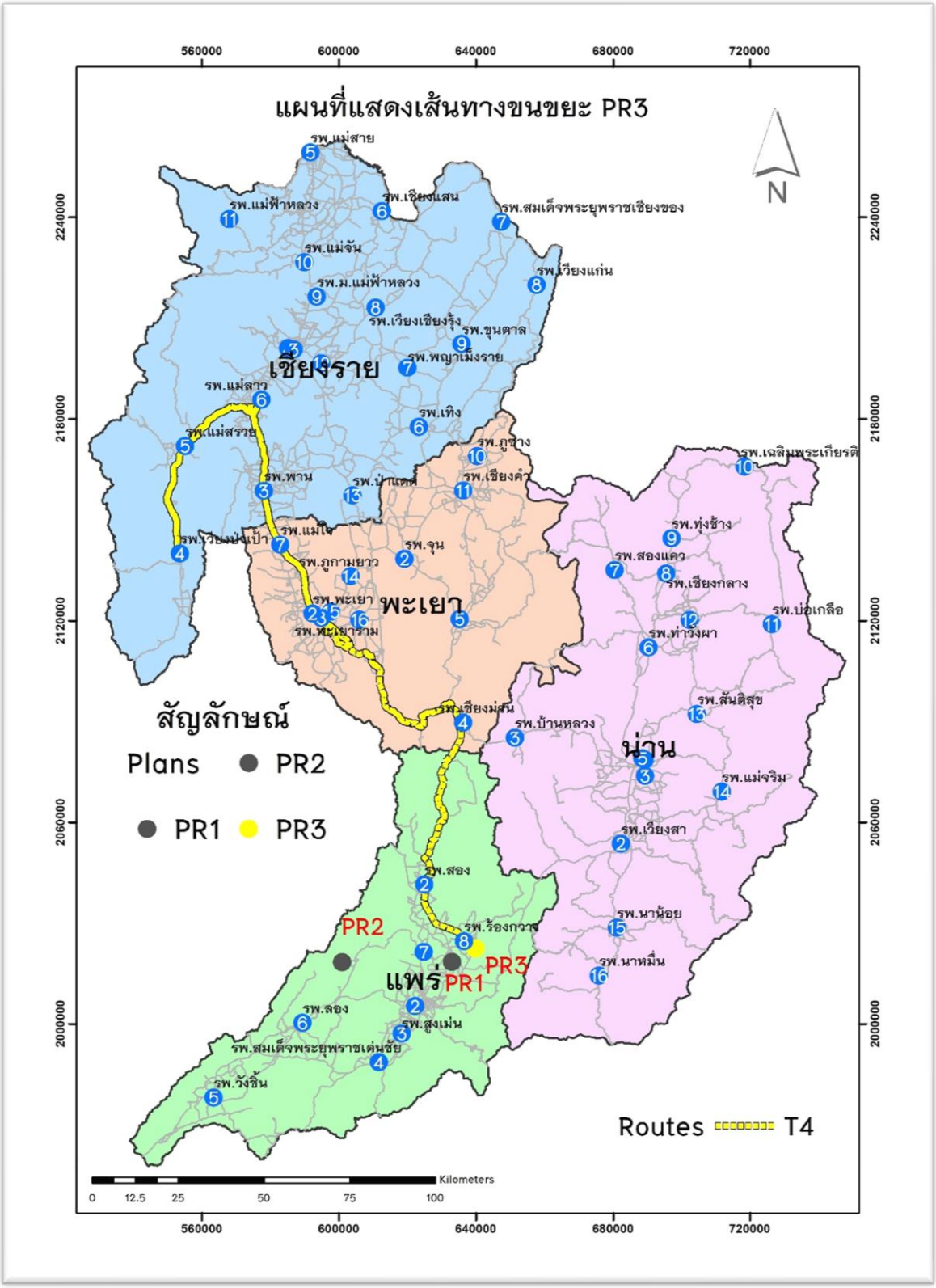

**ภาพ 74 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ PR3**



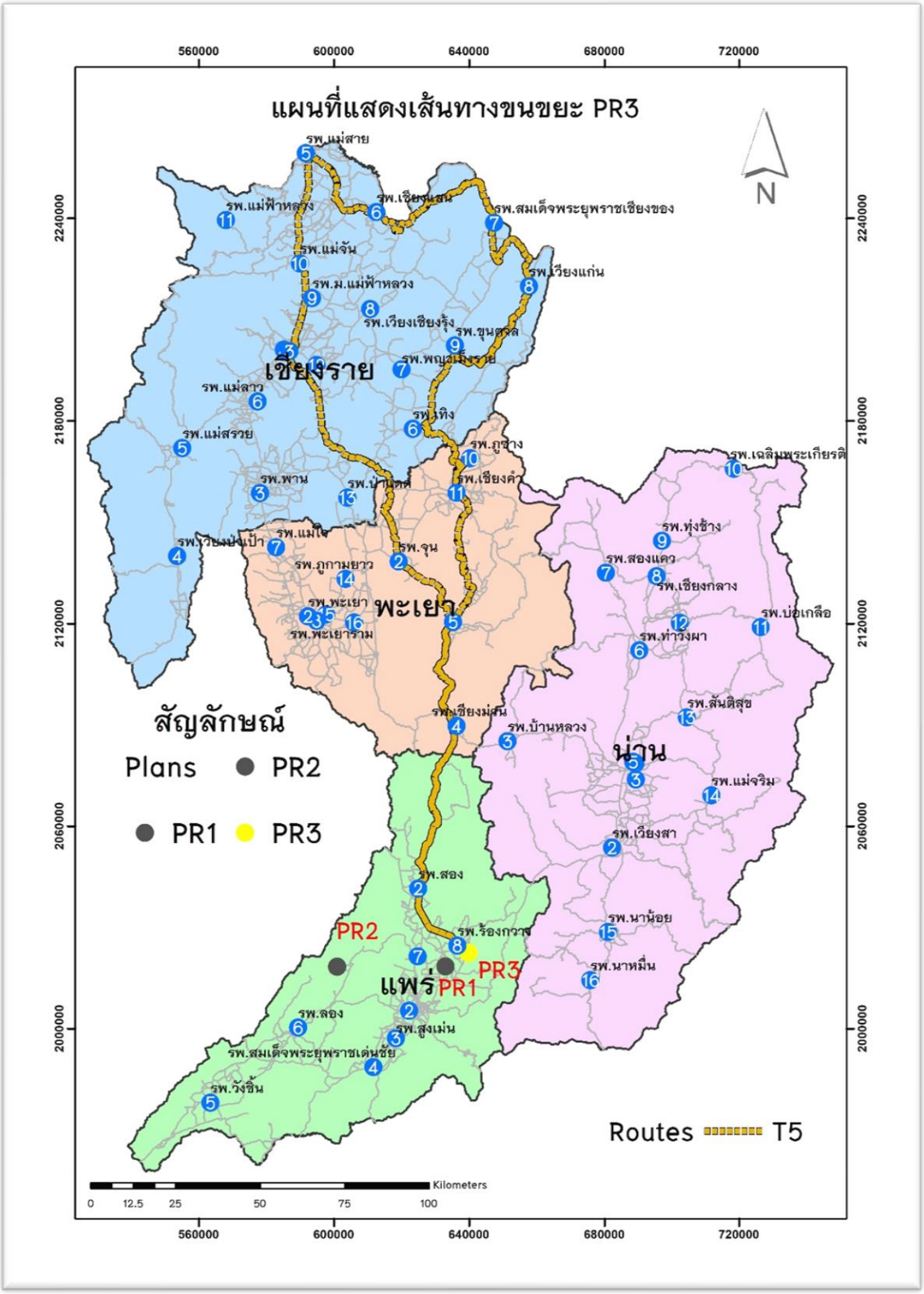

ภาพ 75 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ PR3



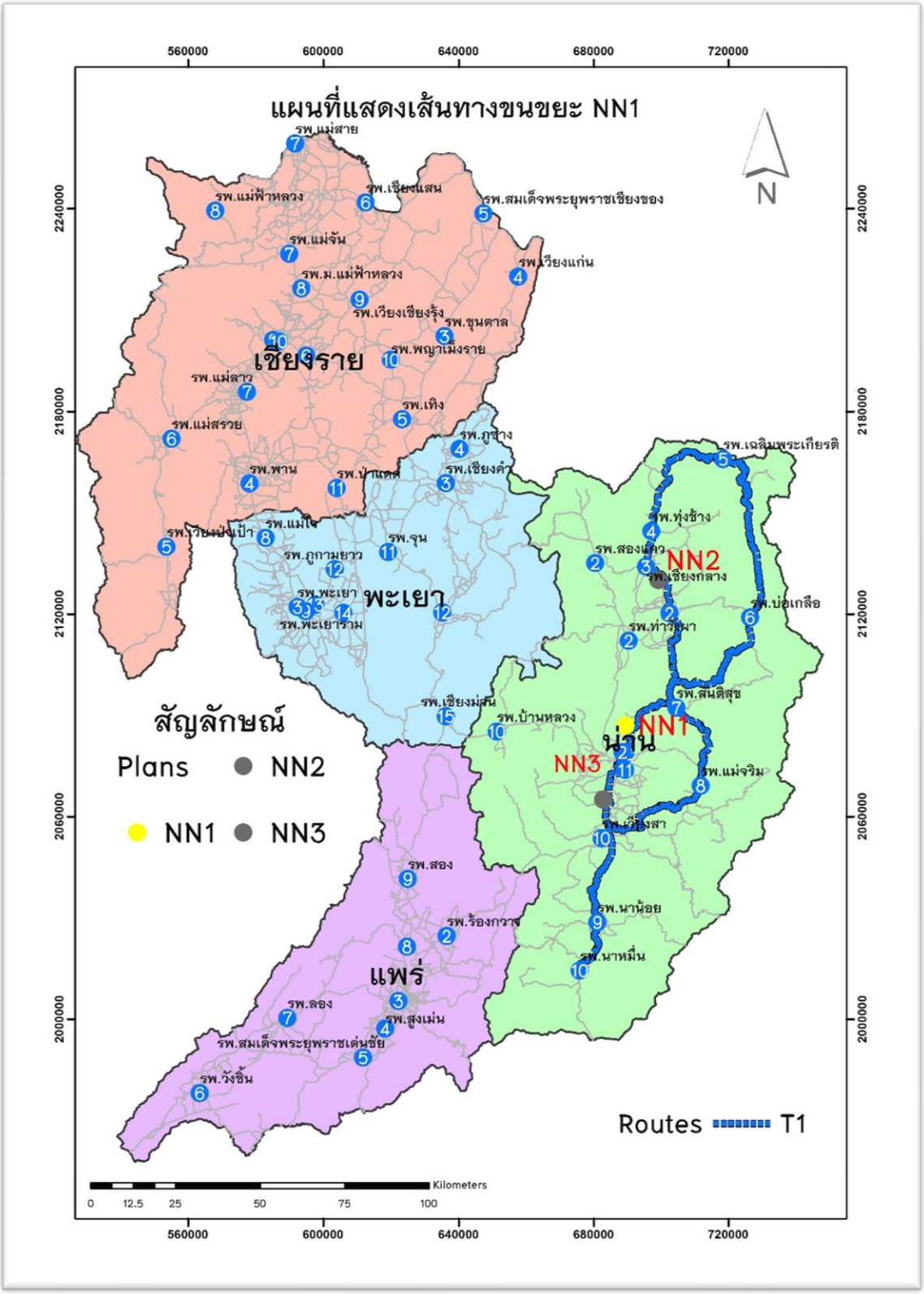

ภาพ 76 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ PR3



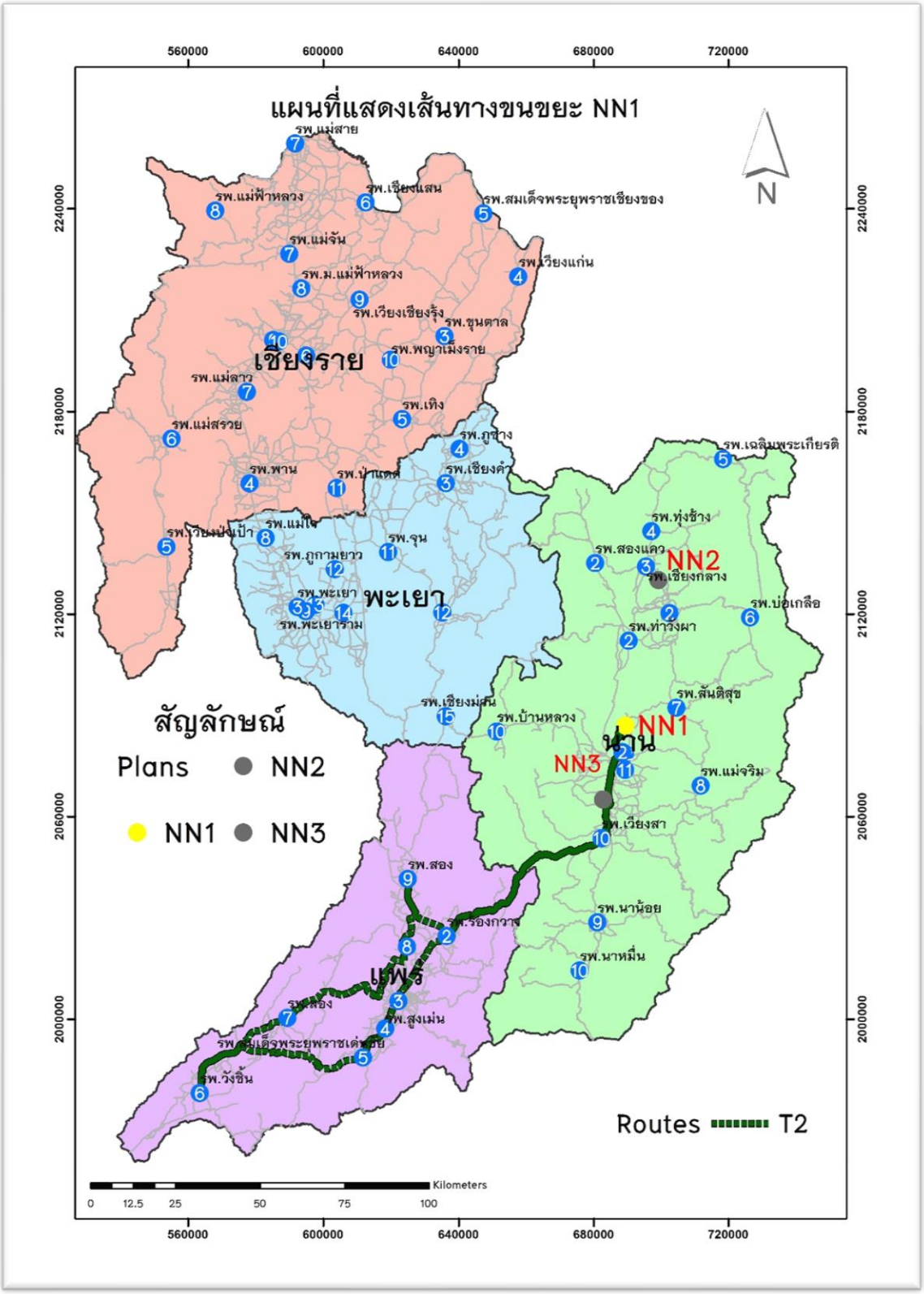

**ภาพ 77 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ PR3**



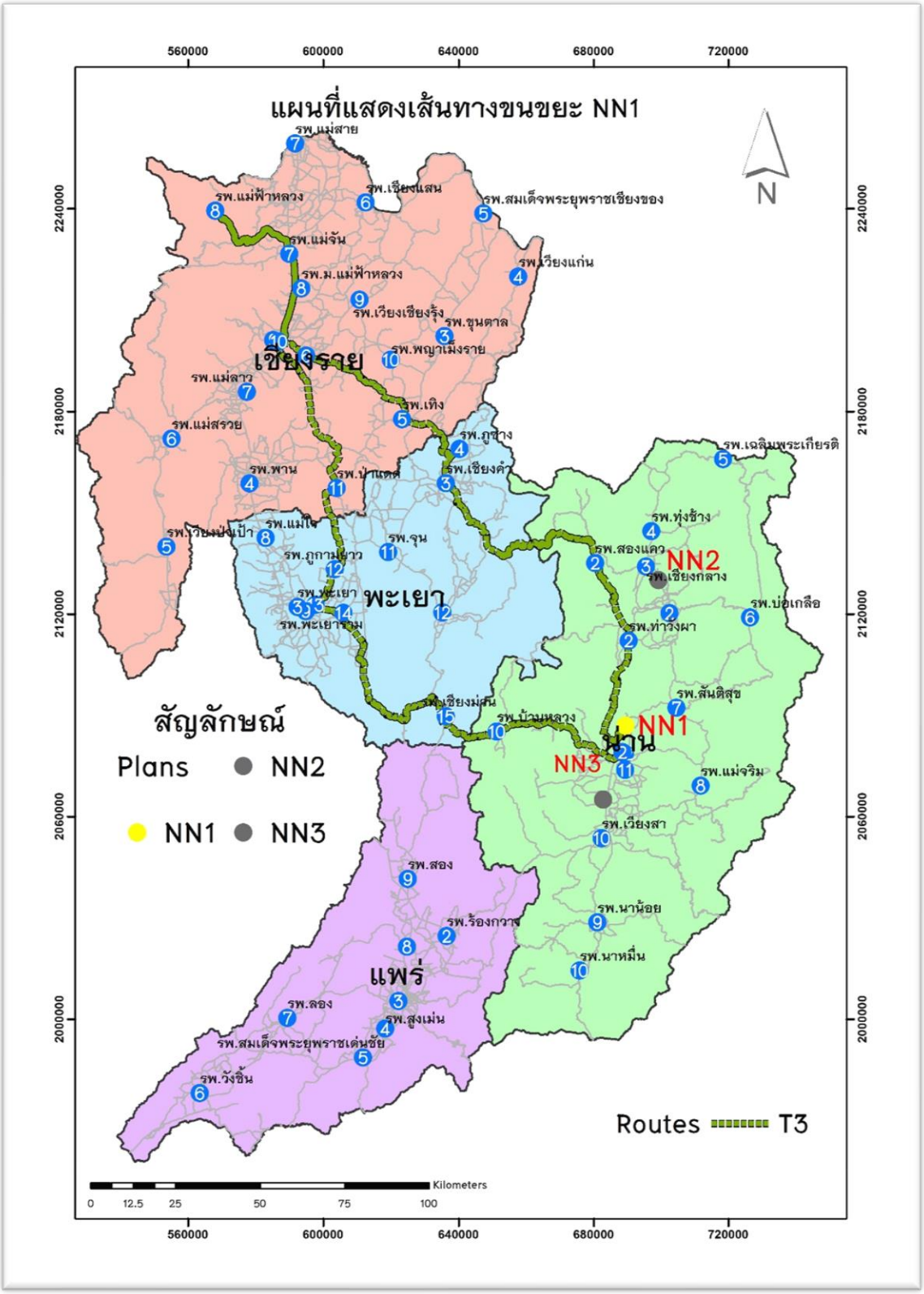

ภาพ 78 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ PR3



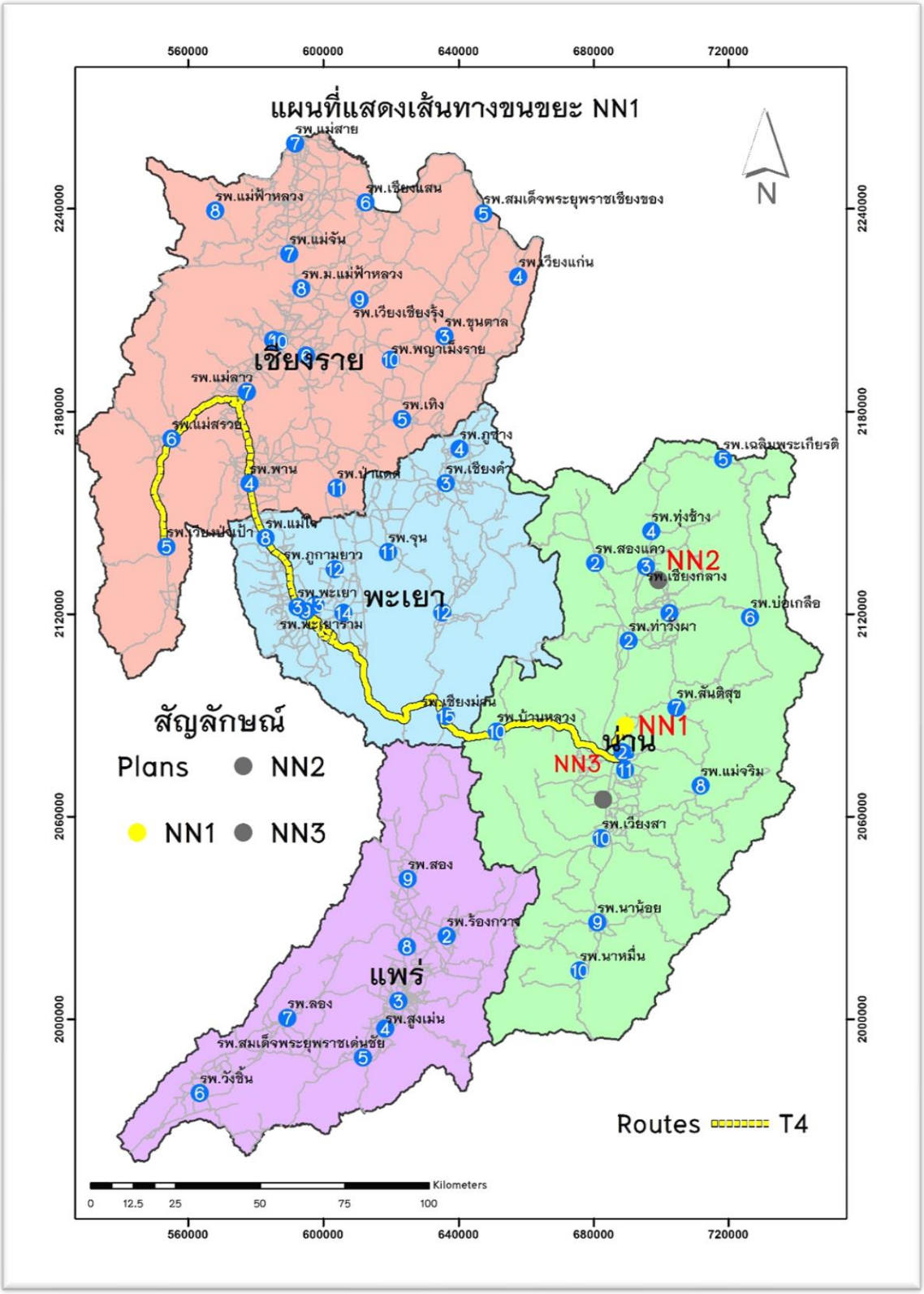

**ภาพ 79 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ NN1**



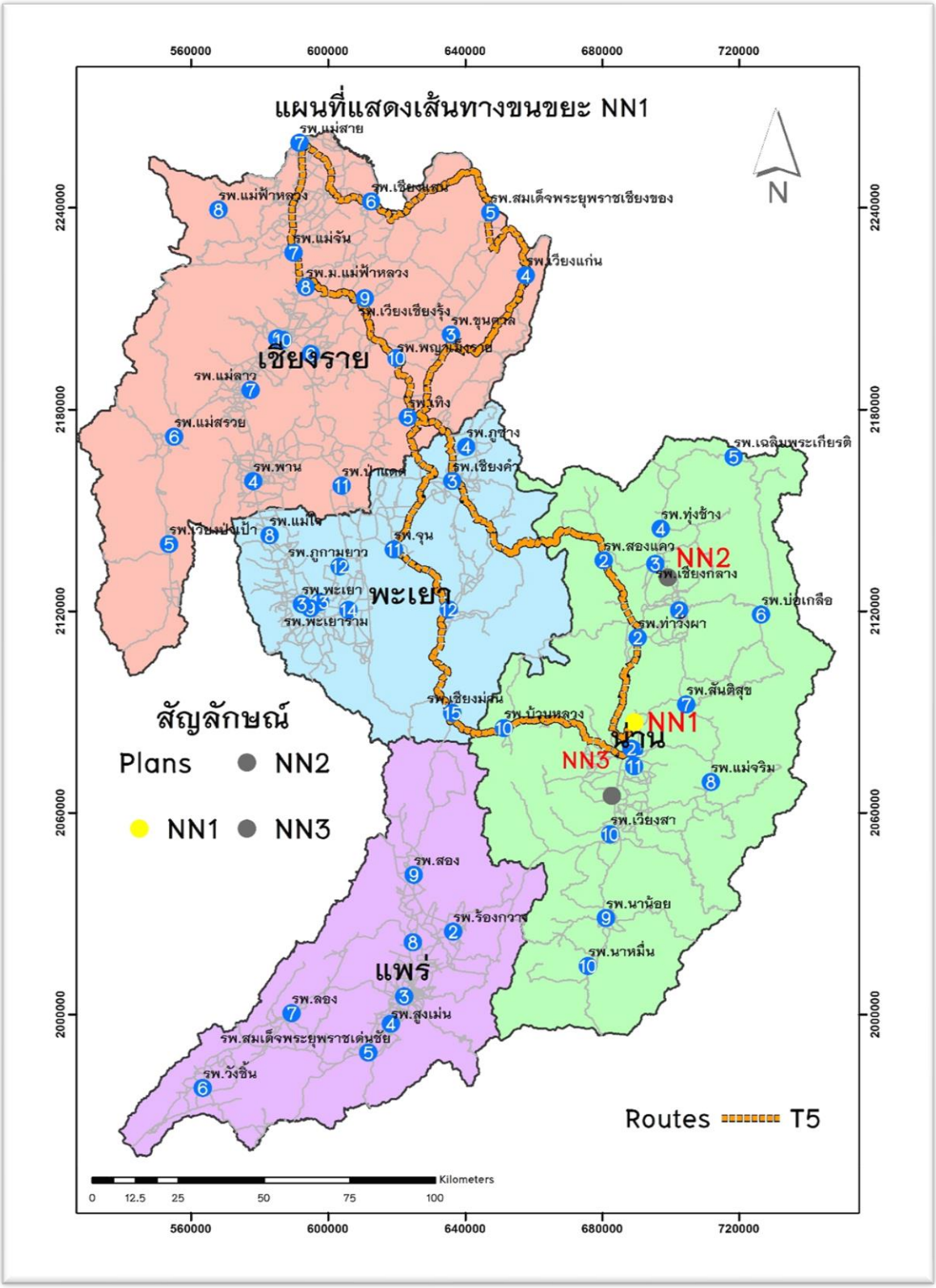

ภาพ 80 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ NN1



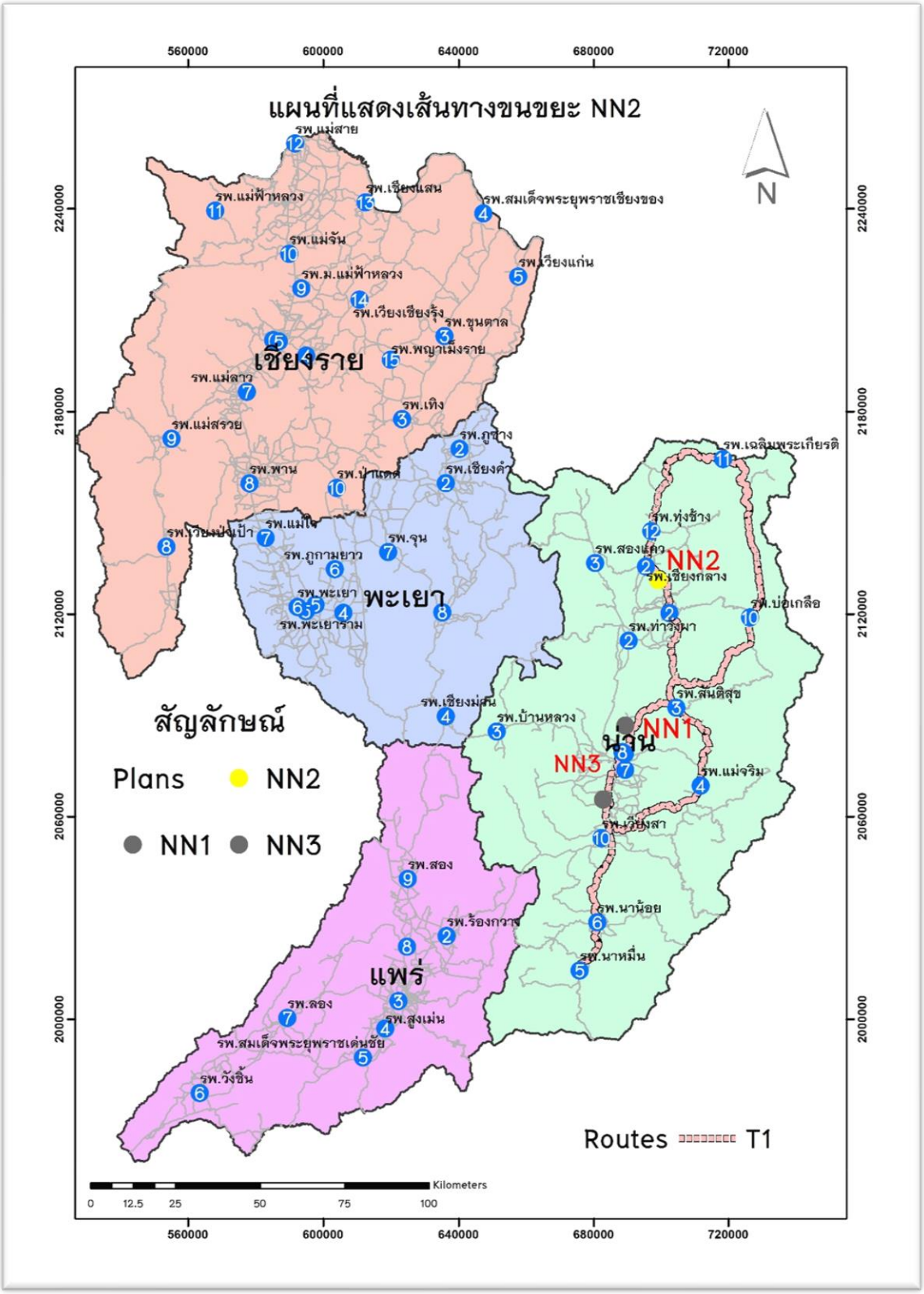

ภาพ 81 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ NN1



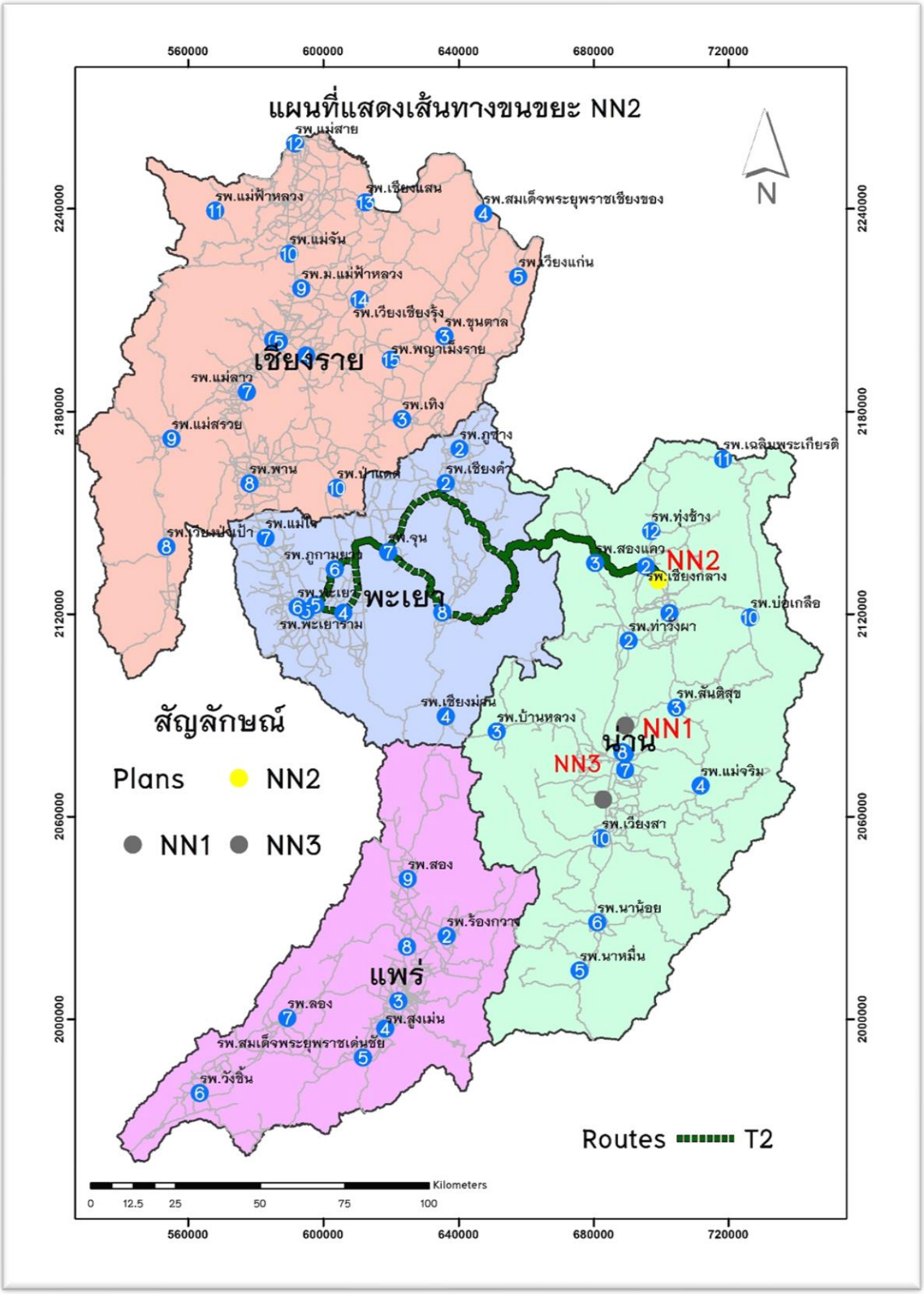

**ภาพ 82 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN1**



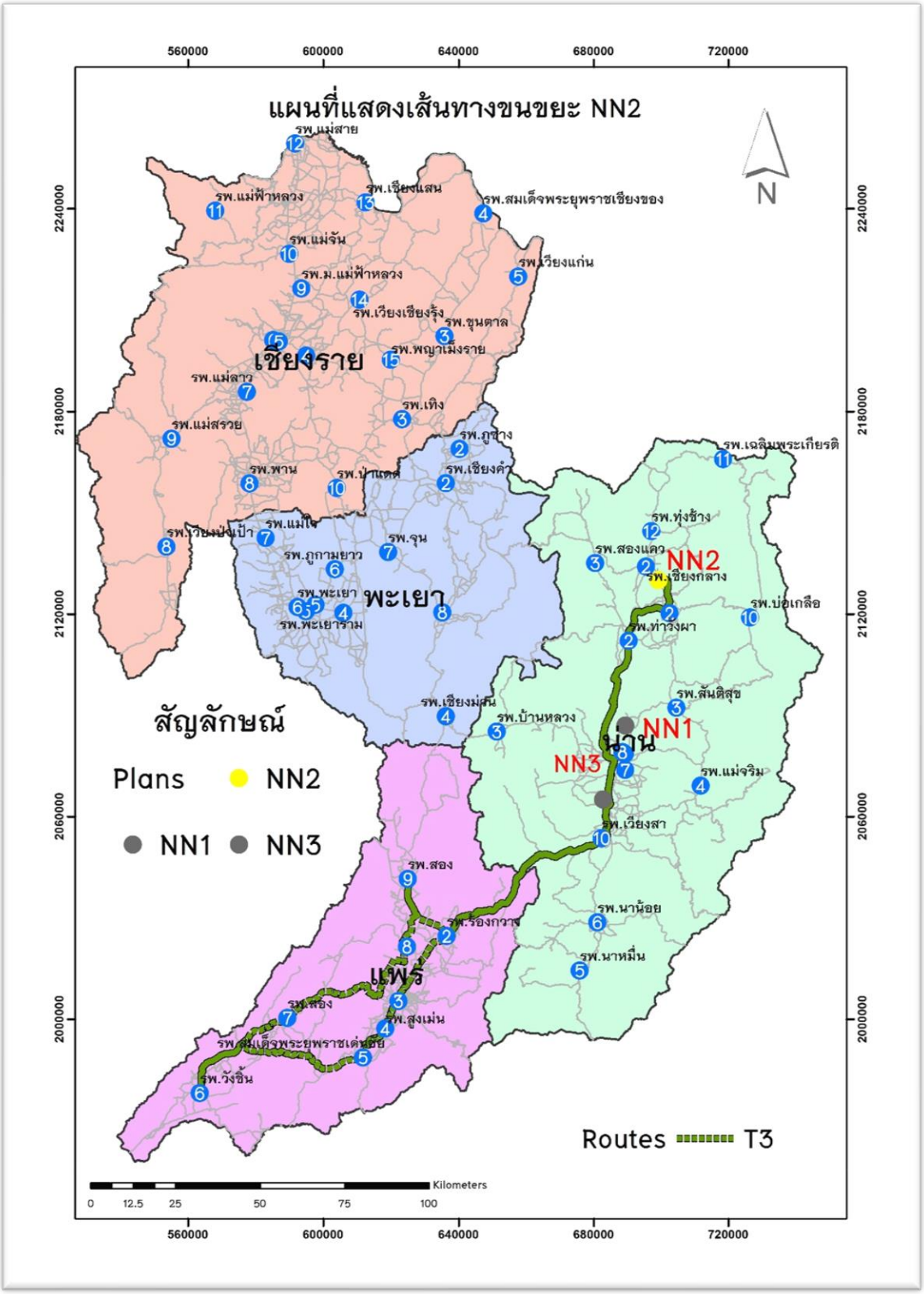

ภาพ 83 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ NN1



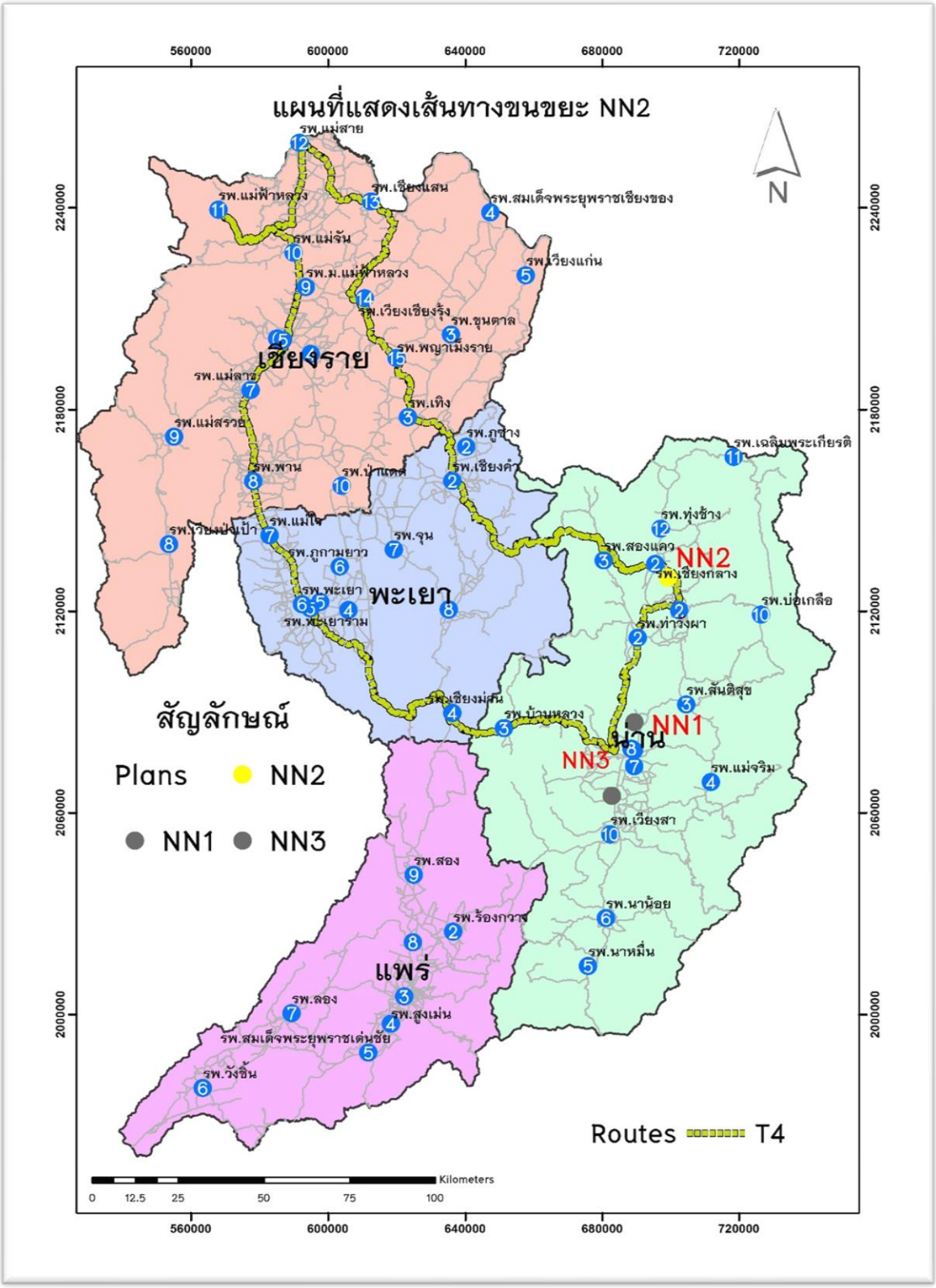

**ภาพ 84 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ NN2**



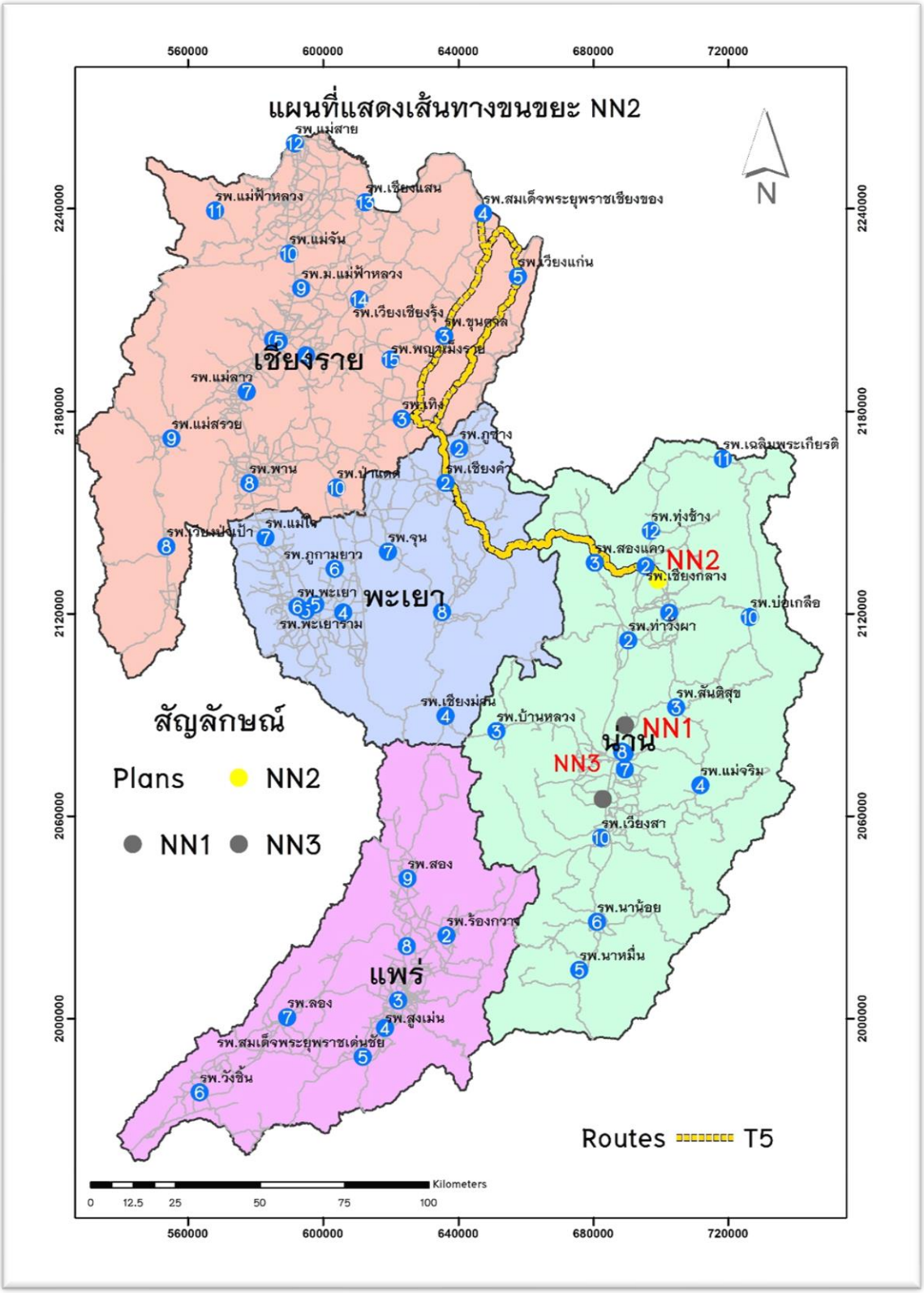

ภาพ 85 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ NN2



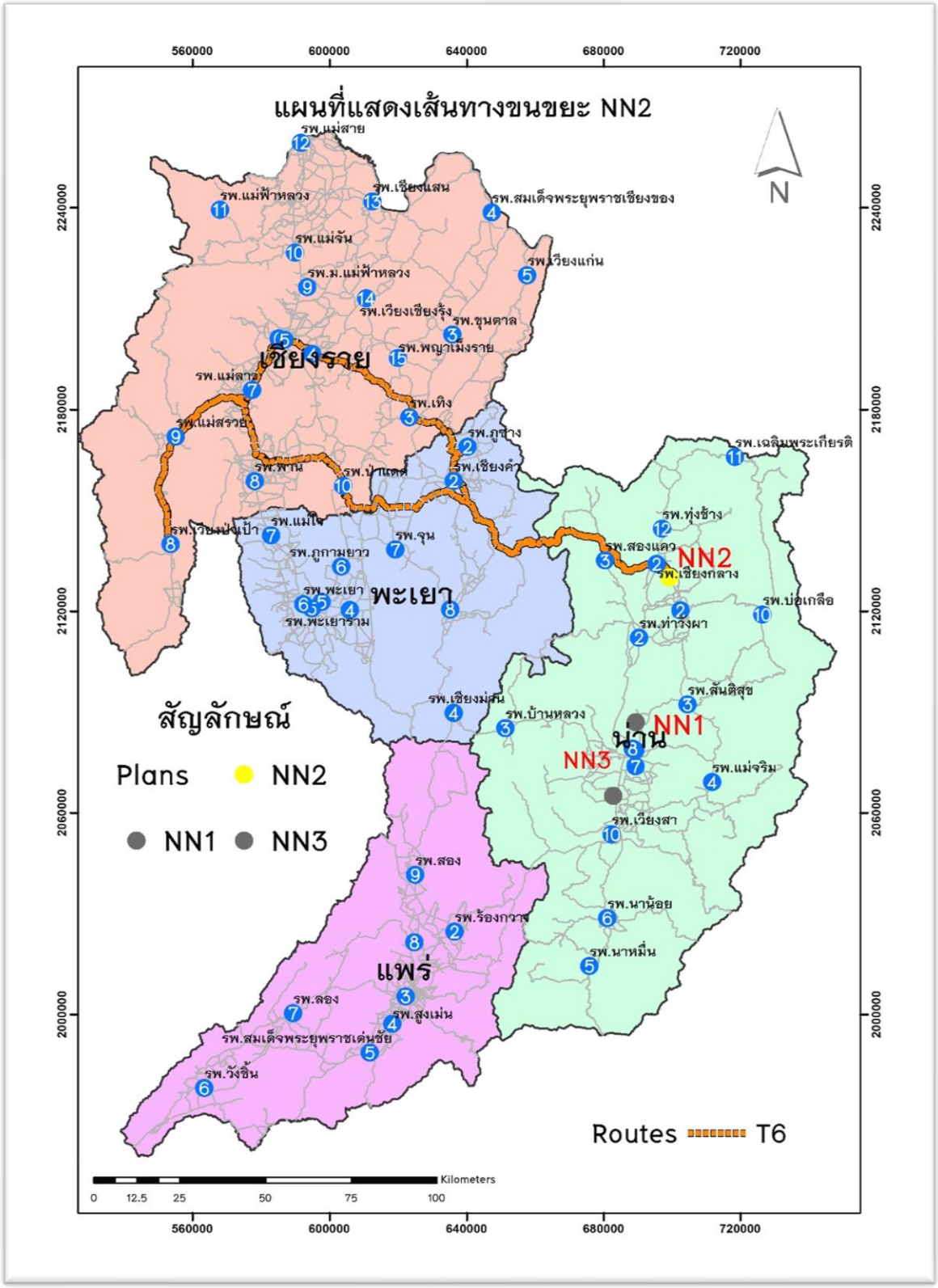

ภาพ 86 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ NN2



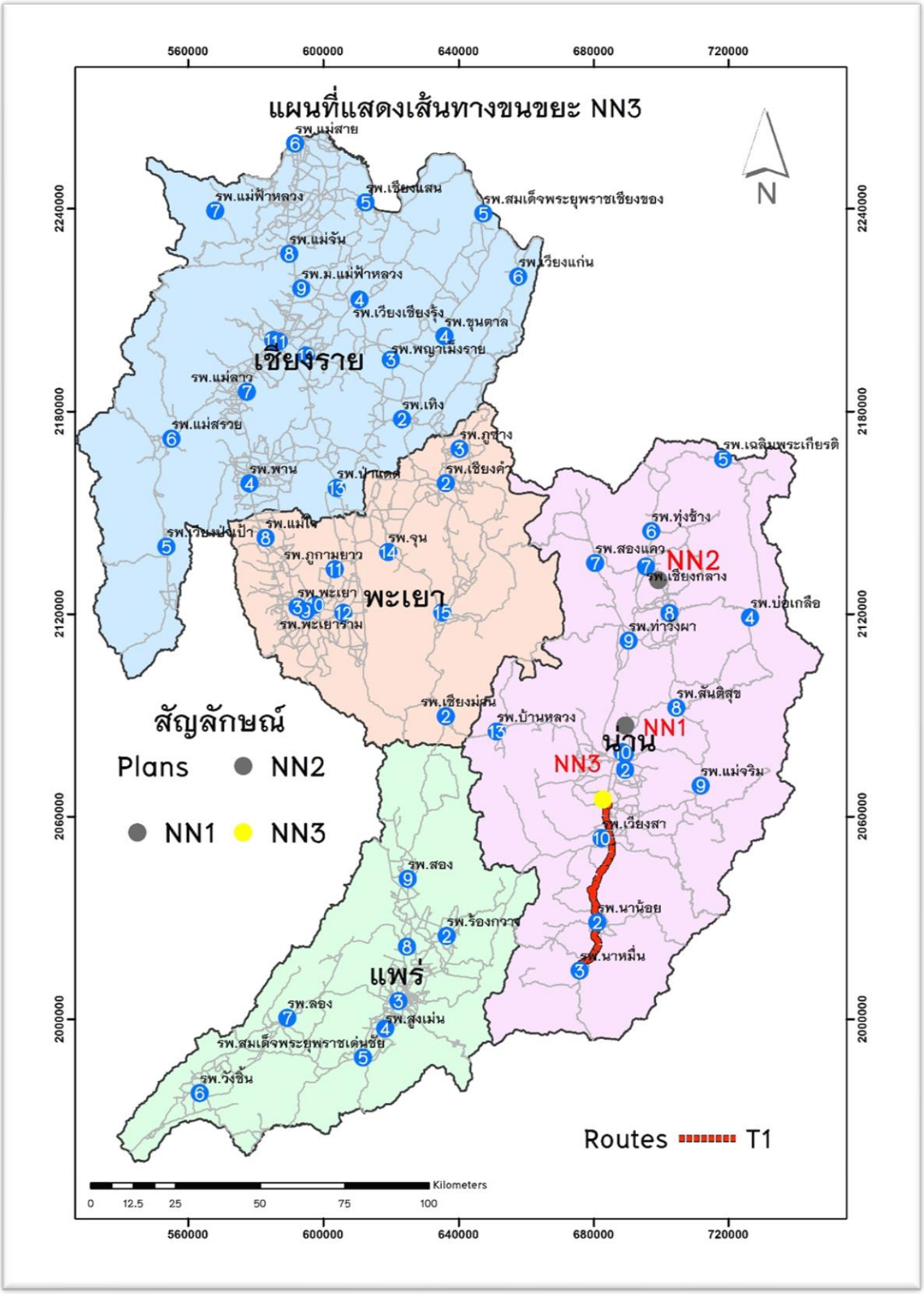

**ภาพ 87 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN2**



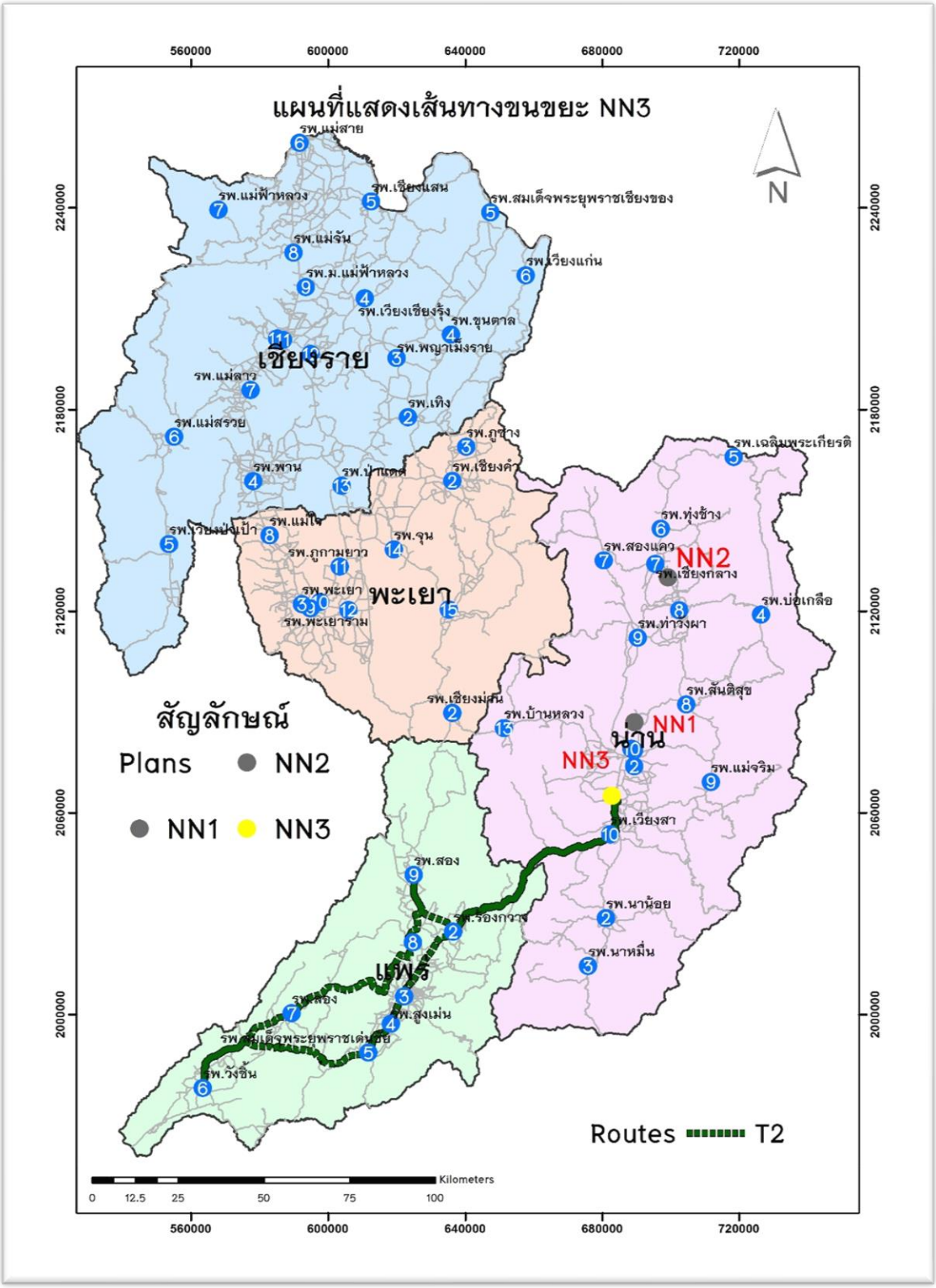

**ภาพ 88 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ NN2**



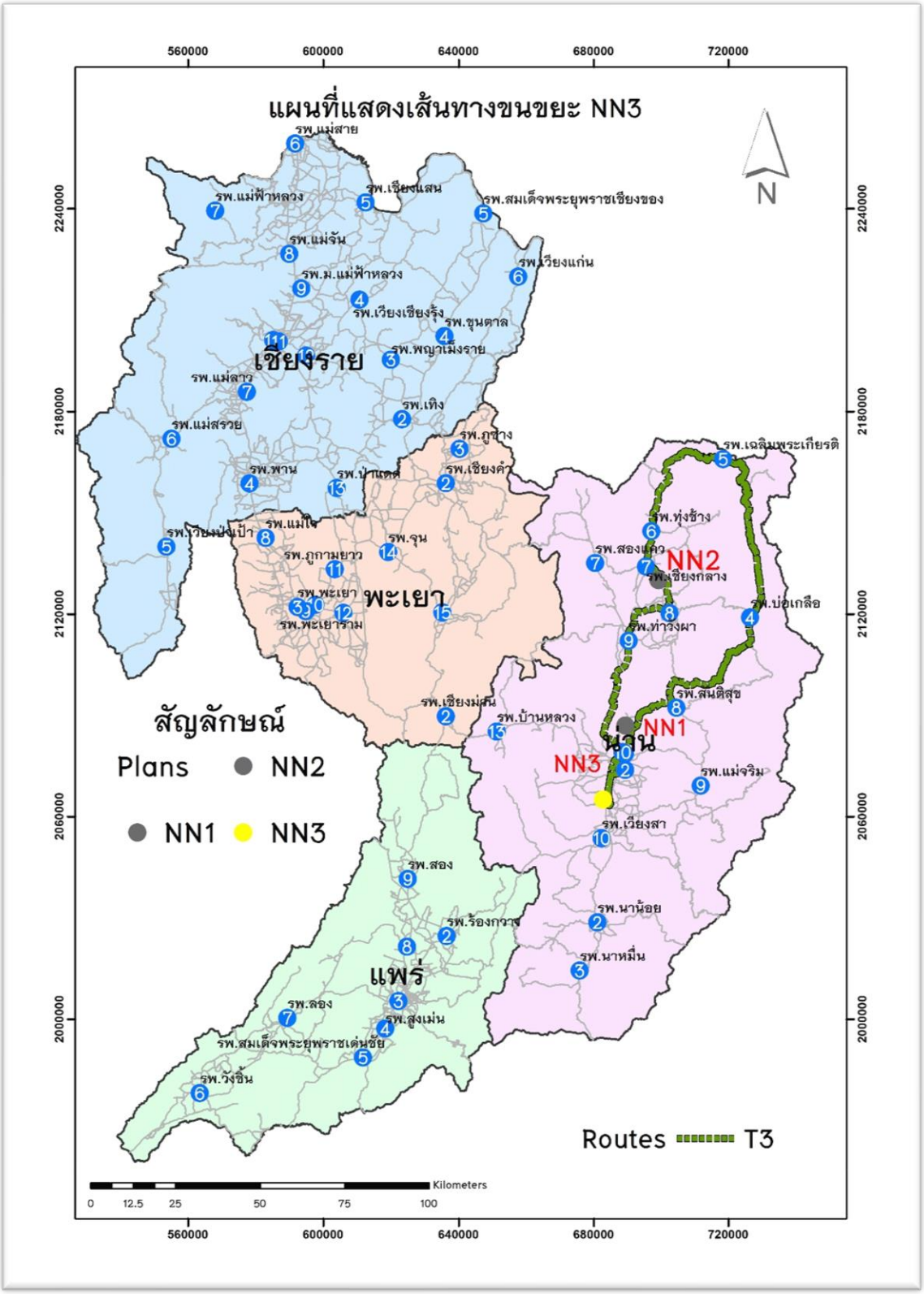

ภาพ 89 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 6 ของ NN2



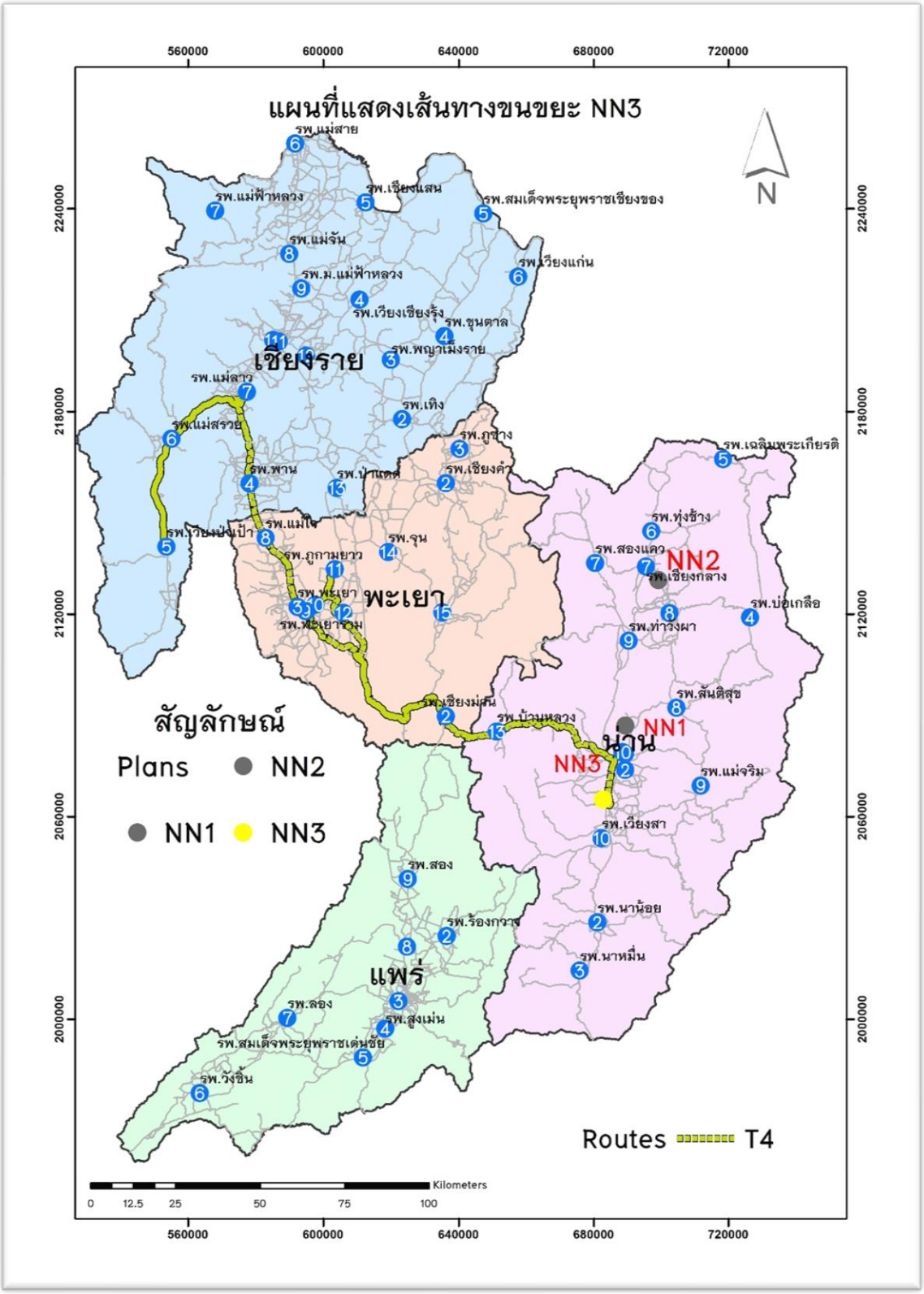

ภาพ 90 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 1 ของ NN3



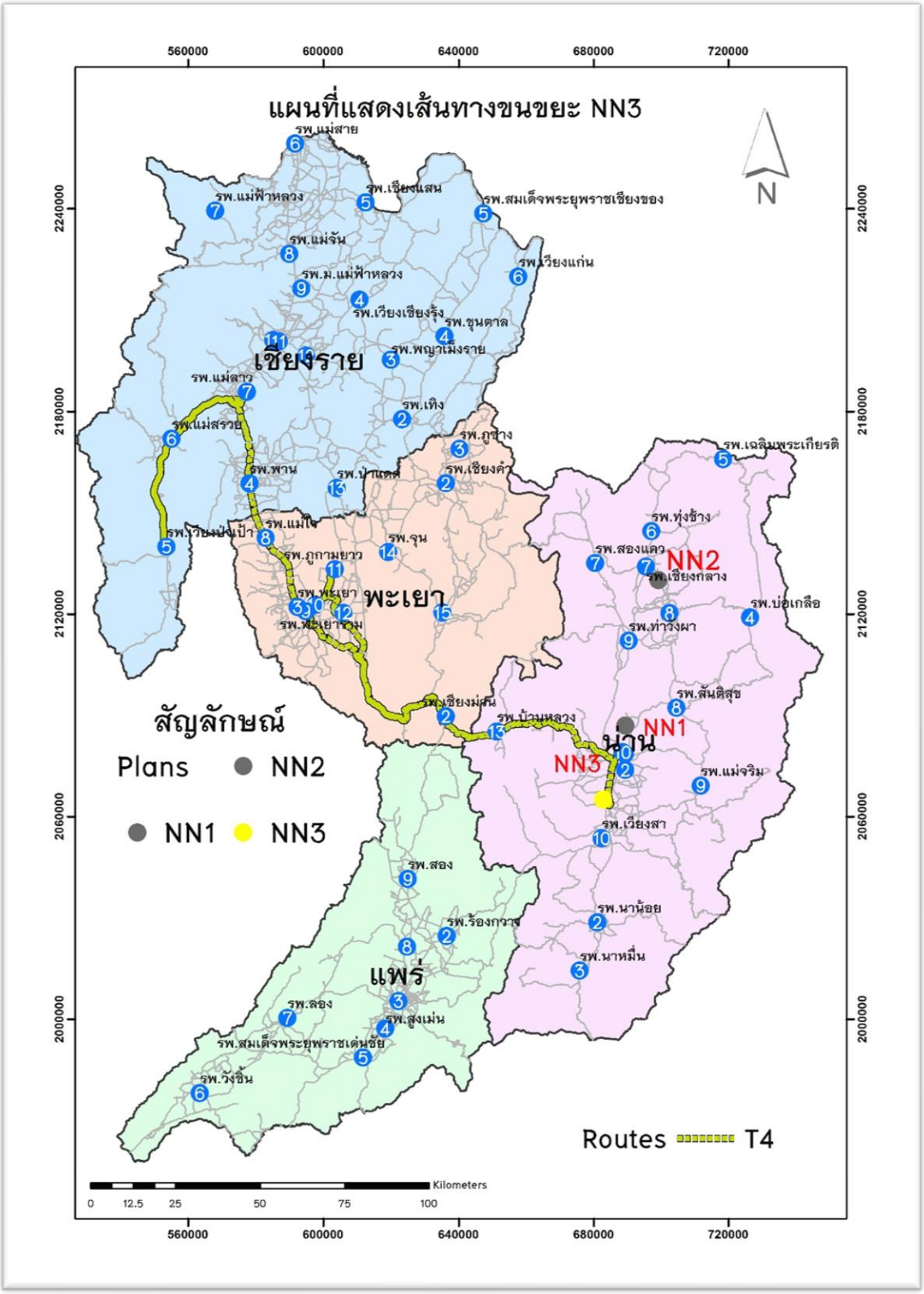

ภาพ 91 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 2 ของ NN3



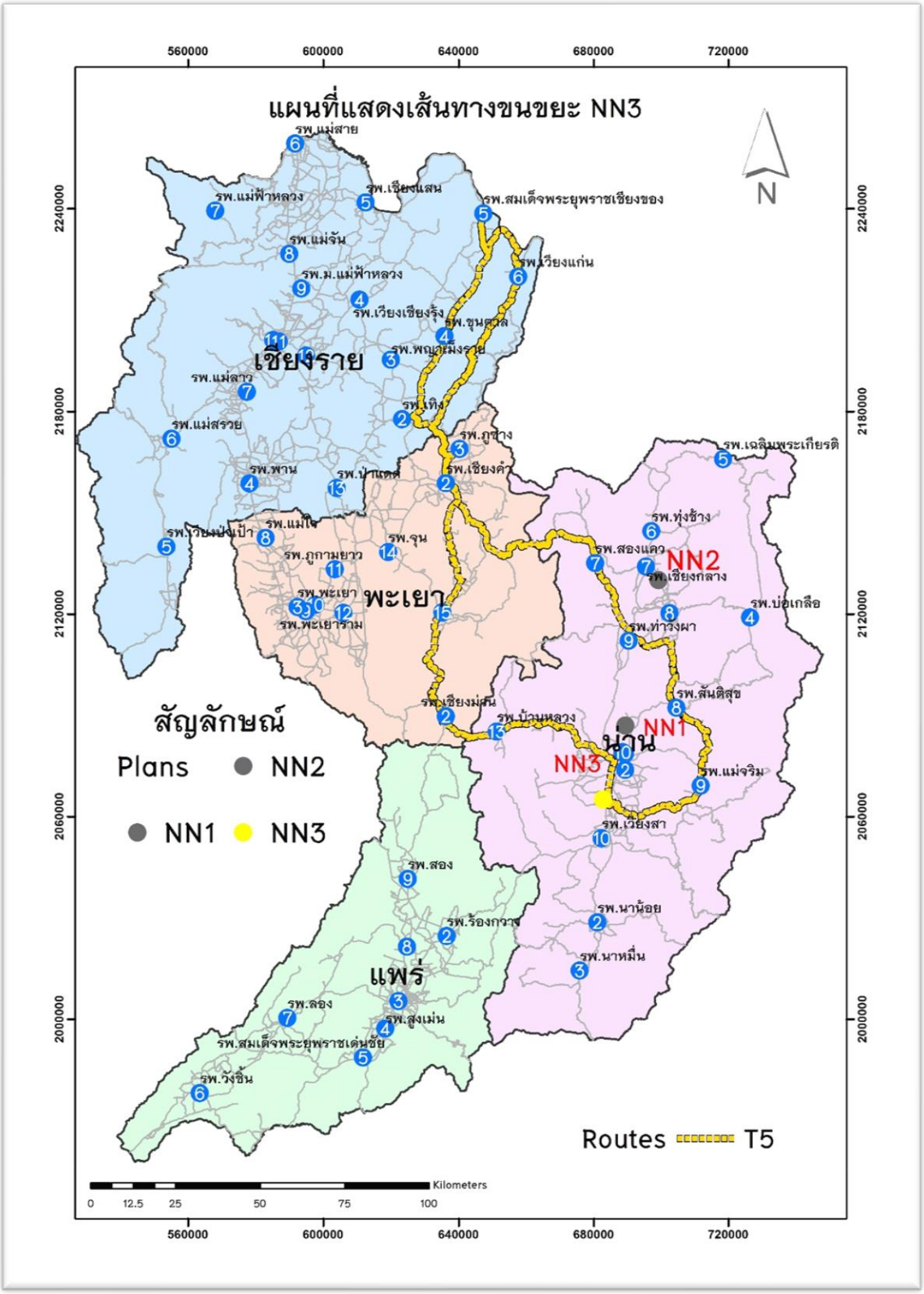

ภาพ 92 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 3 ของ NN3



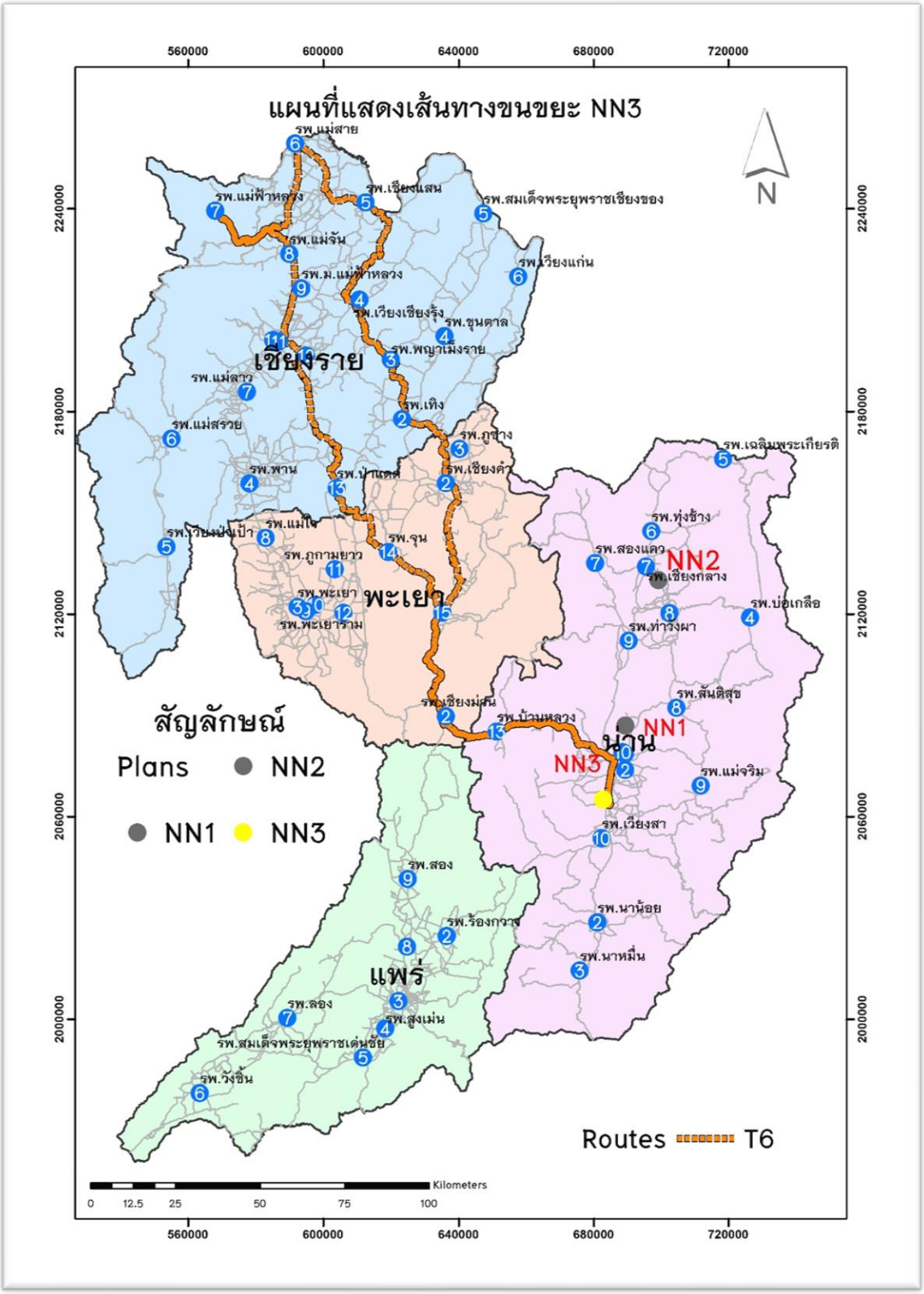

ภาพ 93 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN3




ภาพ 94 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 4 ของ NN3




ภาพ 95 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 5 ของ NN3




ภาพ 96 แผนที่แสดงเส้นทางขนขยะ Route 6 ของ NN3

# คู่มือ

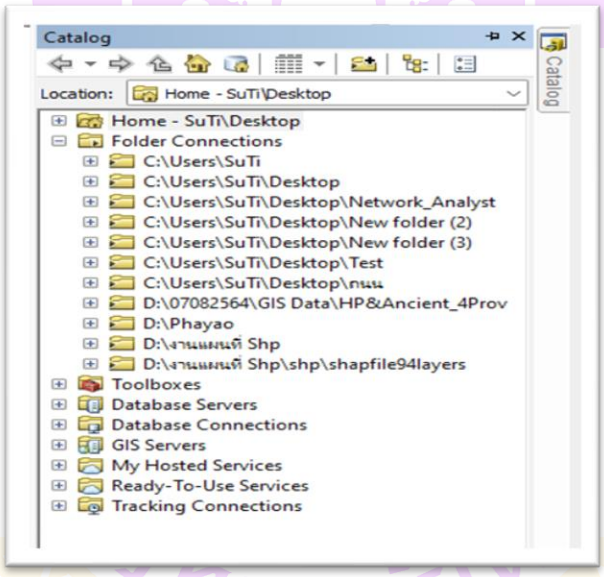
## ขั้นตอนการใช้งานฟังก์ชั่นการกำหนดเส้นทางเดินรถ (VRP)

1.เปิด Arc

Map 10.3 >

**การสร้างชุดข้อมูล**

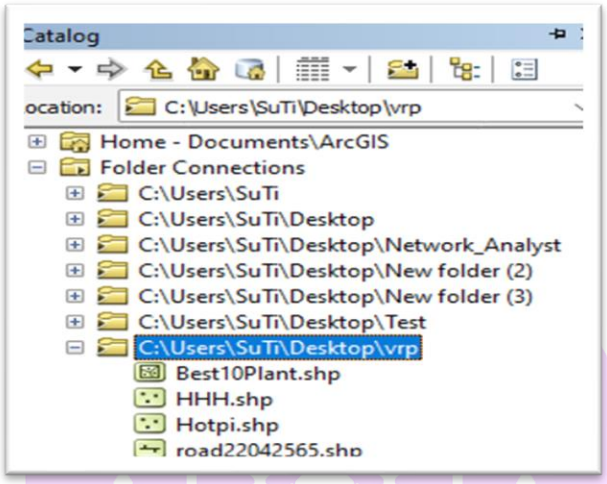
2. คลิก ArcCatalo



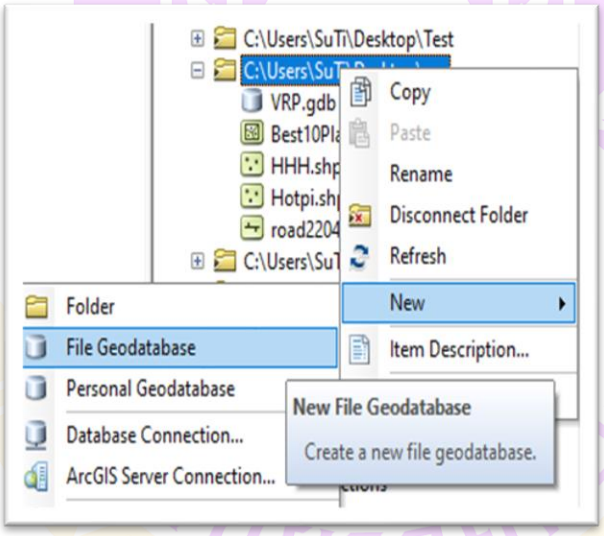

3.คลิกปุ่ม โฟลเดอร์ กล่องโต้ตอบเชื่อมต่อกับโฟลเดอร์จะ เปิดขึ้น

4.คลิกโฟลเดอร์ที่มีข้อมูล Network Analyst VRP > เลือกไฟล์

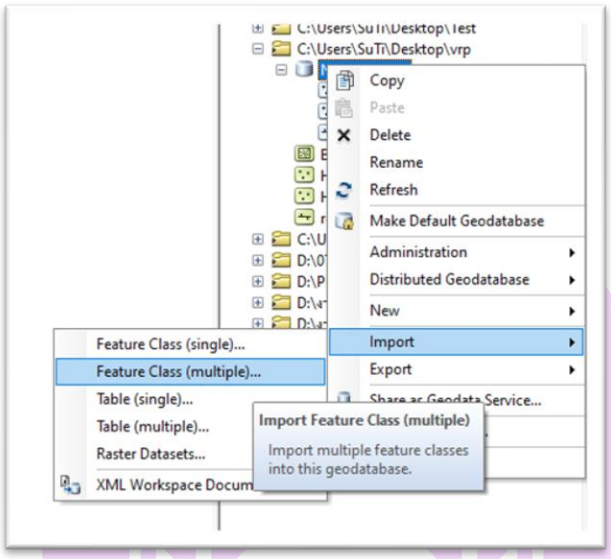
.



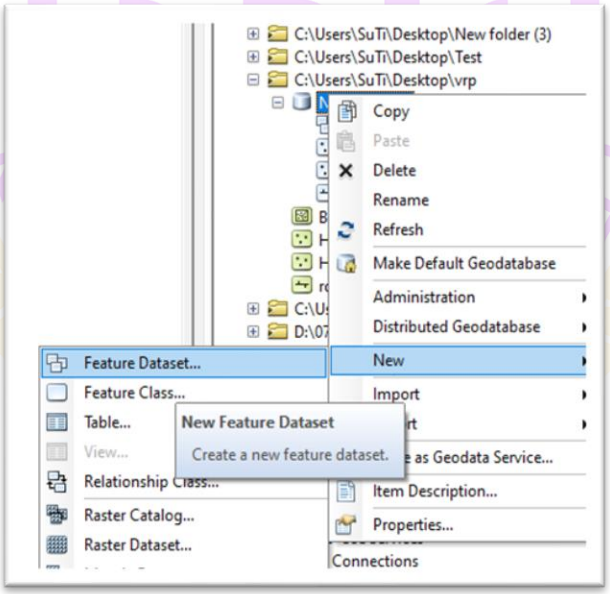

5.ทำการคลิกขวา เพื่อสร้างไฟล์ New > File Geodatabase



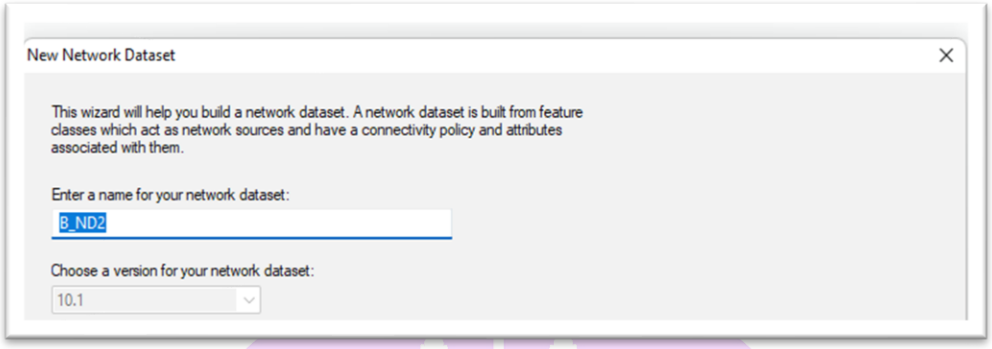
6.คลิกขวาที่ชุดข้อมูลแล้ว Import >Feature Class (multiple) เพื่อสร้างชุดข้อมูล เครือข่าย




7.คลิกขวาที่ชุดข้อมูล New > Feature Dataset เพื่อสร้าง Network Dataset

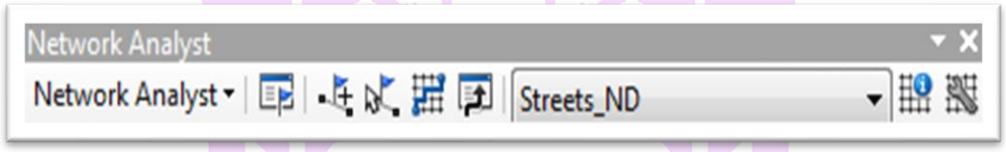


8.ทำการสร้าง New Network Dataset พิมพ์ Streets สำหรับตั้งชื่อชุดข้อมูลเครือข่าย

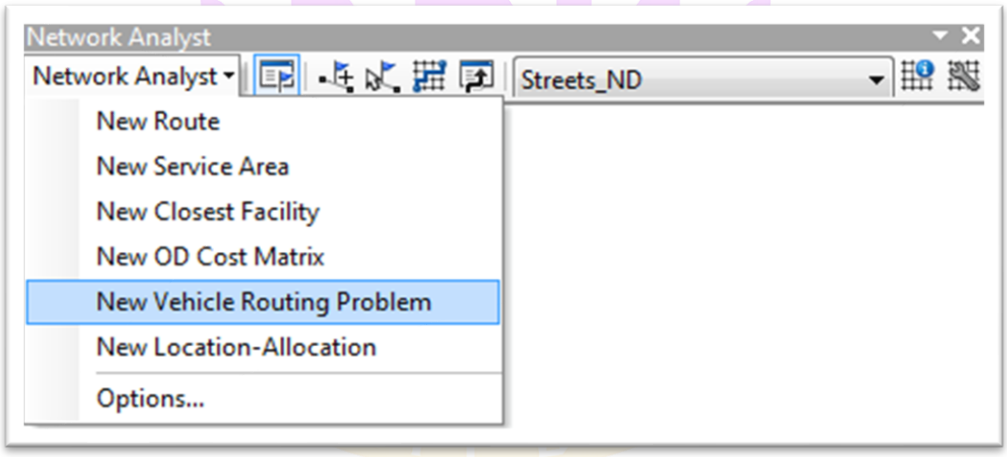



9.เปิดไฟล์

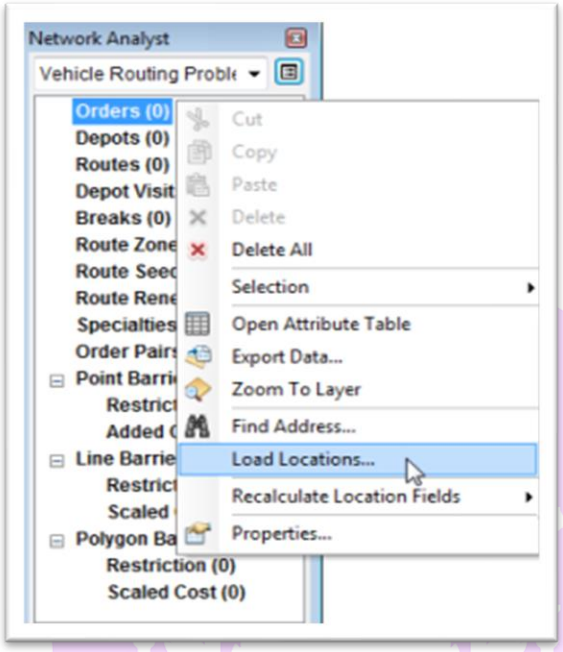
10.คลิกแถบ เครื่องมือ Network Analyst




11.การสร้างชั้นวิเคราะห์ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะ



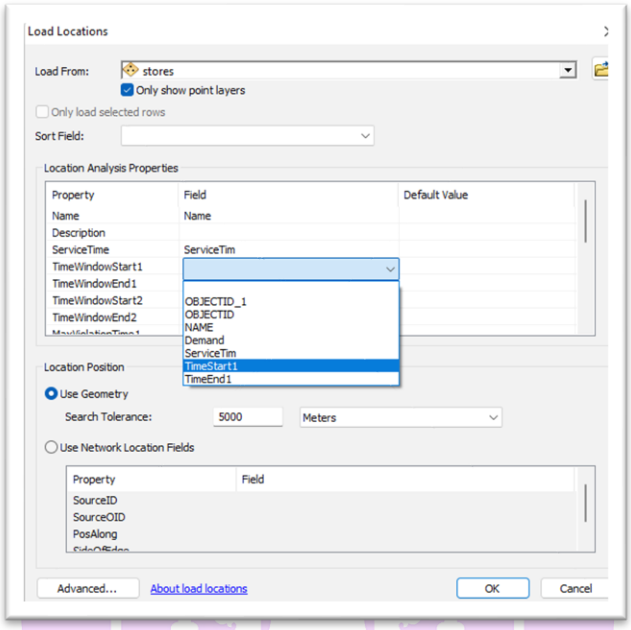
12.หน้าต่าง Network Analystให้คลิกขวาที่ Orders (0) แล้ว เลือกLoad Locations




13.เลือกStoresจากรายการดรอปดาวน์ Load Locations ส่วนคุณสมบัติการวิเคราะห์ ตำแหน่งใน ไดอะล็อกบ็อกซ์ ตำแหน่งโหลดจะให้คุณระบุแอตทริบิวต์ของคลาสคุณลักษณะ Stores ที่มีค่าที่ส่วนขยาย ArcGIS Network Analystจะใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางรถนี้

14.ใน ส่วน คุณสมบัติการวิเคราะห์ตำแหน่งตรวจสอบให้แน่ใจว่า คุณสมบัติ Nameถูกจับคู่โดยอัตโนมัติกับฟิลด์ NAME และคุณสมบัติ ServiceTime ถูกจับคู่กับฟิลด์ ServiceTime

15.ตั้งค่าฟิลด์ TimeWindowStart1 เป็นTimeStart1



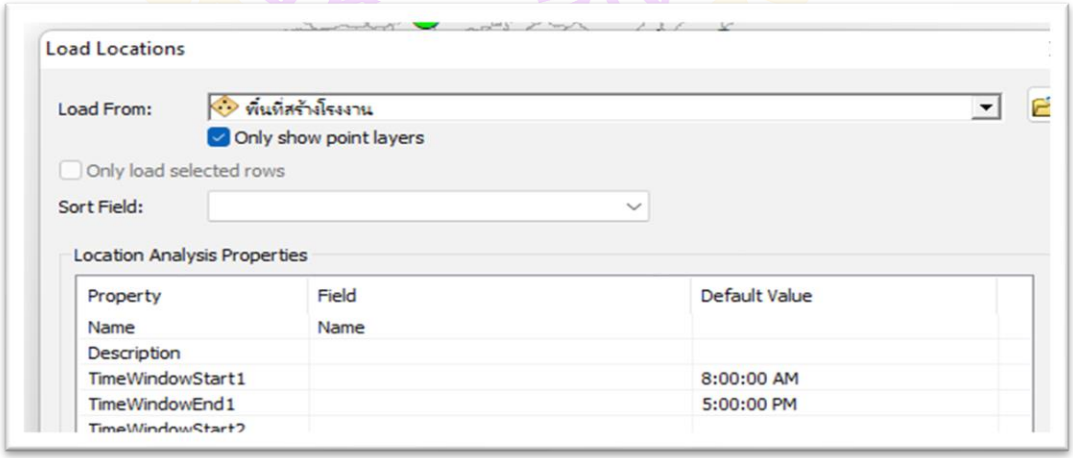

16.ตั้งค่าฟิลด์TimeWindowEnd1 เป็นTimeEnd1

17.ตั้งค่า ฟิลด์ของ DeliveryQuantities เป็น Demand

**การเพิ่ม คลังสินค้า**

18.พิมพ์ 8.00 น.ค่าเริ่มต้นสำหรับคุณสมบัติ TimeWindowStart1

19.พิมพ์ 17.00 น.ค่าเริ่มต้นสำหรับคุณสมบัติ TimeWindowEnd1

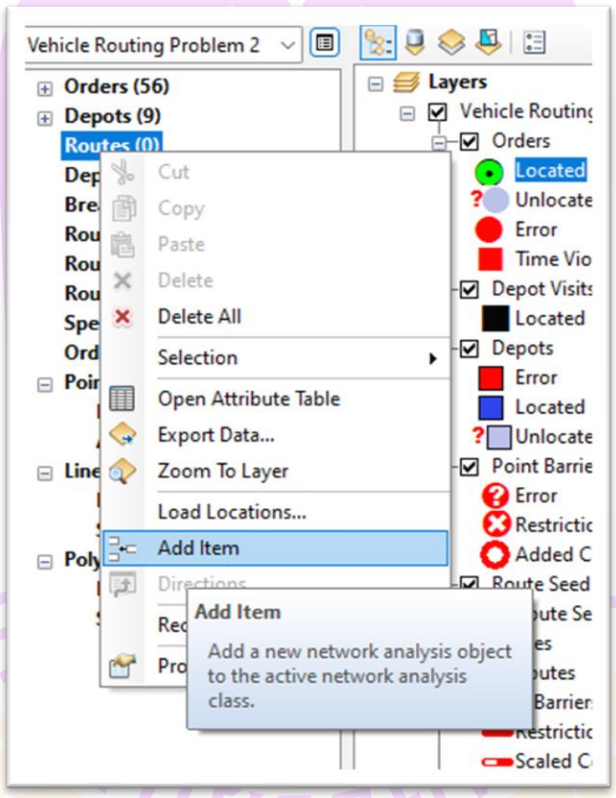



20.คลิก **ตกลง**

** จะแสดง พื้นที่สร้างโรงงงานกำจัดขยะติดเชื้อ แสดงอยู่ใน หน้าต่าง **Network Analyst**ใต้ **Depots**และแสดงเป็นคลังข้อมูลบนแผนที่

**การเพิ่มเส้นทาง**

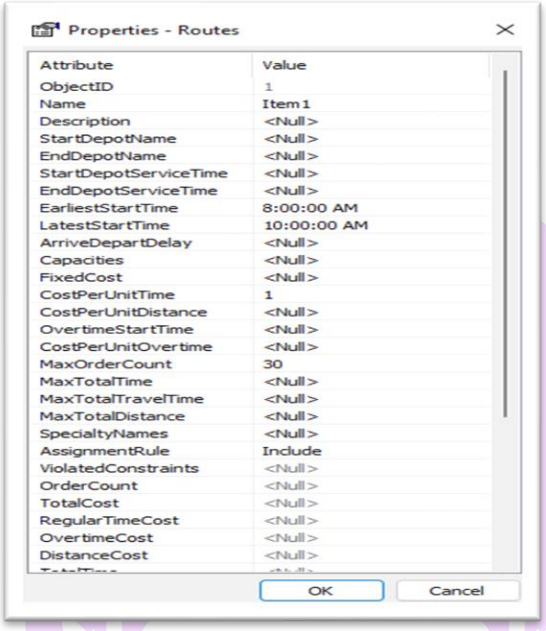
21.หน้าต่าง Network Analystให้คลิกขวาที่Routes (0)แล้ว เลือกAdd Itemเส้นทางใหม่รายการที่ 1 ถูกเพิ่มภายใต้คลาส Routes ในหน้าต่าง Network Analystและ หน้าต่าง Propertiesสำหรับเส้นทางจะเปิดขึ้น



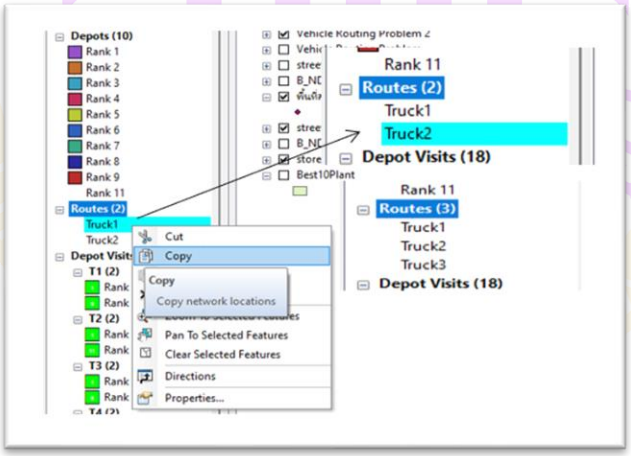
22. หน้าต่าง คุณสมบัติระบุแอตทริบิวต์สำหรับกำหนดเส้นทางตามที่แสดงในตาราง

| คุณลักษณะ | ค่า | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| ชื่อ | Truck_1 | ชื่อรถ. |
| StartDepotName | Rank 1 | รถบรรทุกเริ่มต้นที่ศูนย์กระจายสินค้า |
| EndDepotName | Rank 1 | รถบรรทุกจะกลับไปที่ศูนย์กระจายสินค้าเมื่อสิ้นสุดเส้นทาง |
| StartDepotServiceTime | 60 | เวลา (ในกรณีนี้คือ นาที) ที่ต้องใช้ในการบรรทุกสินค้าให้เต็มรถบรรทุก |
| เวลาเริ่มแรกสุด | 8.00 น. | รถบรรทุกสามารถเริ่มดำเนินการได้ทันทีที่ศูนย์กระจายสินค้าเปิดเวลา 8.00 น. |
| เวลาเริ่มต้นล่าสุด | 8.00 น. | รถบรรทุกต้องเริ่มดำเนินการโดยเร็วที่สุด |
| ความจุ | 5000 | รถบรรทุกสามารถบรรทุกสินค้าได้สูงสุด 5000 กิโลกรัม |
| MaxOrderCount | 10 | จำนวนร้านค้าสูงสุดที่รถบรรทุกสามารถให้บริการได้ |

23.คลิก**ตกลง** เส้นทางใหม่ **Truck_1** ถูกเพิ่มไปยังคลาสเส้นทางในหน้าต่าง **Network Analyst** 24.สามารถสร้าง copy บรรทุกคันแรกที่คุณเข้าไปและเปลี่ยนชื่อได้



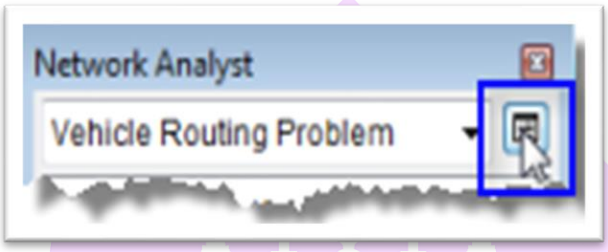

24.สามารถสร้าง copy บรรทุกคันแรกที่คุณเข้าไปและเปลี่ยนชื่อได้



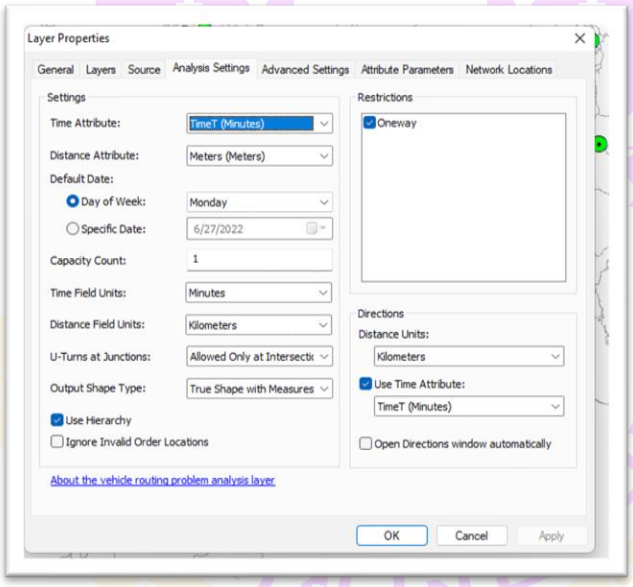

25.ทำซ้ำขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อสร้างวัตถุเส้นทางที่สาม

**การตั้งค่าคุณสมบัติสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาการกำหนดเส้นทางรถยนต์**

26.คลิกปุ่มAnalysis Layer Propertiesบนหน้าต่าง Network Analyst




27.คลิกแท็บ การตั้งค่าการวิเคราะห์




28.แอตทริบิวต์เวลาถูกตั้งค่าเป็น TravelTime (นาที )

29.คลิกรายการ แบบเลื่อนลง แอตทริบิวต์ Distanceแล้ว เลือก เมตร ใช้เพื่อกำหนดระยะทางการ เดินทางระหว่างคำสั่งซื้อและคลังเก็บสำหรับวัตถุประสงค์ที่จำกัดและการสร้างเส้นทาง อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ของตัวแก้ปัญหา VRP คือการลดต้นทุนด้านเวลา

30.ตั้งค่าวันที่เริ่มต้นเป็น วัน ในสัปดาห์ เลือกวันจันทร์ในรายการแบบเลื่อนลง วันของสัปดาห์

## ตาราง 27 ปริมาณขยะติดเชื้อรายสัปดาห์

| No. | โรงพยาบาล | จังหวัด | อำเภอ | ปริมาณขยะ (ก.ก.) | พิกัด E | พิกัด N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | รพ.เชียงแสน | เชียงราย | เชียงแสน | 111.92 | 2241885 | 612514 |
| 2 | รพ.สมเด็จพระยุพราชเชียงของ | เชียงราย | เชียงของ | 413.70 | 2238649 | 647320 |
| 3 | รพ.เทิง | เชียงราย | เทิง | 312.67 | 2177667 | 623289 |
| 4 | รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์ | เชียงราย | เมืองเชียงราย | 515.49 | 2200718 | 586794 |
| 5 | รพ.ค่ายเม็งรายมหาราช | เชียงราย | เมืองเชียงราย | 195.60 | 2201067 | 585134 |
| 6 | รพ.ม.แม่ฟ้าหลวง | เชียงราย | เมืองเชียงราย | 0.00* | 2216403 | 593489 |
| 7 | รพ.เวียงเชียงรุ้ง | เชียงราย | เวียงเชียงรุ้ง | 65.34 | 2213114 | 610710 |
| 8 | รพ.เวียงแก่น | เชียงราย | เวียงแก่น | 65.47 | 2219903 | 657680 |
| 9 | รพ.สมเด็จพระญาณสังวร | เชียงราย | เวียงชัย | 454.21 | 2196533 | 594855 |
| 10 | รพ.เวียงป่าเป้า | เชียงราย | เวียงป่าเป้า | 365.61 | 2139963 | 553584 |
| 11 | รพ.แม่จัน | เชียงราย | แม่จัน | 945.82 | 2226628 | 589880 |
| 12 | รพ.แม่ฟ้าหลวง | เชียงราย | แม่ฟ้าหลวง | 312.62 | 2239443 | 567993 |
| 13 | รพ.แม่ลาว | เชียงราย | แม่ลาว | 128.10 | 2185771 | 577347 |
| 14 | รพ.แม่สรวย | เชียงราย | แม่สรวย | 393.96 | 2171924 | 555067 |
| 15 | รพ.แม่สาย | เชียงราย | แม่สาย | 733.75 | 2259301 | 591620 |
| 16 | รพ.ขุนตาล | เชียงราย | ขุนตาล | 153.24 | 2202314 | 635807 |
| 17 | รพ.ป่าแดด | เชียงราย | ป่าแดด | 85.17 | 2157300 | 603960 |
| 18 | รพ.เม็งราย | เชียงราย | พญาเม็งราย | 192.34 | 2195298 | 619979 |
| 19 | รพ.พาน | เชียงราย | พาน | 459.24 | 2158632 | 578124 |
| 20 | รพ.สมเด็จพระยุพราชเด่นชัย | แพร่ | เด่นชัย | 179.63 | 1988631 | 611687 |
| 21 | รพ.แพร่ | แพร่ | เมืองแพร่ | 3,299.35 | 2005345 | 622169 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | รพ.ร้องกวาง | แพร่ | ร้องกวาง | 351.89 | 2024638 | 636475 |
| 23 | รพ.ลอง | แพร่ | ลอง | 91.36 | 2000334 | 589336 |
| 24 | รพ.วังชิ้น | แพร่ | วังชิ้น | 295.22 | 1978060 | 563429 |
| 25 | รพ.สอง | แพร่ | สอง | 193.78 | 2041536 | 624924 |
| 26 | รพ.สูงเม่น | แพร่ | สูงเม่น | 429.55 | 1997170 | 618281 |
| 27 | รพ.หนองม่วงไข่ | แพร่ | หนองม่วงไข่ | 115.26 | 2021442 | 624754 |
| 28 | รพ.เฉลิมพระเกียรติ | น่าน | เฉลิมพระเกียรติ | 26.08 | 2165847 | 718429 |
| 29 | รพ.เชียงกลาง | น่าน | เชียงกลาง | 126.97 | 2134054 | 695518 |
| 30 | รพ.น่าน | น่าน | เมืองน่าน | 2,336.79 | 2079040 | 688514 |
| 31 | รพ.เวียงสา | น่าน | เวียงสา | 18.91 | 2053633 | 682286 |
| 32 | รพ.แม่จริม | น่าน | แม่จริม | 9.73 | 2069138 | 711747 |
| 33 | รพ.ท่าวังผา | น่าน | ท่าวังผา | 180.05 | 2112039 | 690354 |
| 34 | รพ.ทุ่งช้าง | น่าน | ทุ่งช้าง | 79.09 | 2144530 | 697092 |
| 35 | รพ.นาน้อย | น่าน | นาน้อย | 91.67 | 2028665 | 681063 |
| 36 | รพ.นาหมื่น | น่าน | นาหมื่น | 35.30 | 2014384 | 675830 |
| 37 | รพ.บ่อเกลือ | น่าน | บ่อเกลือ | 17.89 | 2118970 | 726472 |
| 38 | รพ.บ้านหลวง | น่าน | บ้านหลวง | 18.88 | 2085184 | 651291 |
| 39 | รพ.สมเด็จพระยุพราชปัว | น่าน | ปัว | 275.20 | 2120247 | 702439 |
| 40 | รพ.ค่ายสุริยะพงษ์ | น่าน | ภูเพียง | 41.16 | 2078628 | 689224 |
| 41 | รพ.ภูเพียง | น่าน | ภูเพียง | 40.13 | 2073799 | 689338 |
| 42 | รพ.สองแคว | น่าน | สองแคว | 17.21 | 2135059 | 680410 |
| 43 | รพ.สันติสุข | น่าน | สันติสุข | 32.60 | 2092258 | 704506 |
| 44 | รพ.เชียงคำ | พะเยา | เชียงคำ | 371.93 | 2158697 | 636248 |
| 45 | รพ.เชียงม่วน | พะเยา | เชียงม่วน | 36.44 | 2089714 | 636240 |
| 46 | รพ.พะเยา | พะเยา | เมืองพะเยา | 857.55 | 2122113 | 592323 |
| 47 | รพ.พะเยาราม | พะเยา | เมืองพะเยา | 70.34 | 2120820 | 594807 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 48 | รพ.ค่ายขุนเจือง | พะเยา | เมืองพะเยา | 0.00* | 2122701 | 597703 |
| 49 | รพ.แม่ใจ | พะเยา | แม่ใจ | 137.23 | 2142582 | 582881 |
| 50 | รพ.จุน | พะเยา | จุน | 188.15 | 2138366 | 619141 |
| 51 | รพ.ดอกคำใต้ | พะเยา | ดอกคำใต้ | 314.80 | 2120341 | 605938 |
| 52 | รพ.ปง | พะเยา | ปง | 197.37 | 2120462 | 635206 |
| 53 | รพ.ภูกามยาว | พะเยา | ภูกามยาว | 44.15 | 2133223 | 603360 |
| 54 | รพ.ภูซาง | พะเยา | ภูซาง | 44.15 | 2168909 | 640260 |

หมายเหตุ * คือ โรงพยาบาลกำจัดขยะเอง

การคำนวณค่าน้ำหนัก (ผศ.ดร.อนุสรณ์ บุญปก ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม)

**ตาราง 28 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 1**

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 1.00 | 4.00 | 5.00 | 1/2 | 5.00 | 6.00 | 7.00 |
| X2 | 0.25 | 1.00 | 0.50 | 1/3 | 0.20 | 0.17 | 0.14 |
| X3 | 0.20 | 2.00 | 1.00 | 0.20 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| X4 | 2.00 | 5.00 | 5.00 | 1.00 | 0.33 | 0.33 | 0.20 |
| X5 | 0.20 | 5.00 | 0.33 | 3.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 |
| X6 | 0.17 | 6.00 | 0.20 | 3.00 | 0.33 | 1.00 | 5.00 |
| X7 | 0.14 | 7.00 | 0.14 | 5.00 | 0.33 | 0.20 | 1.00 |
| | 3.96 | 30.00 | 12.18 | 13.03 | 10.20 | 15.70 | 23.34 |

**ตาราง 29 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 2**

| | | | | | | | | ค่าน้ำหนัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 0.25 | 0.13 | 0.41 | 0.04 | 0.49 | 0.38 | 0.30 | 0.29 |
| X2 | 0.06 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.03 |
| X3 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.02 | 0.29 | 0.32 | 0.30 | 0.16 |
| X4 | 0.51 | 0.17 | 0.41 | 0.08 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.17 |
| X5 | 0.05 | 0.17 | 0.03 | 0.23 | 0.10 | 0.19 | 0.13 | 0.13 |
| X6 | 0.04 | 0.20 | 0.02 | 0.23 | 0.03 | 0.06 | 0.21 | 0.11 |
| X7 | 0.04 | 0.23 | 0.01 | 0.38 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.11 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

**ตาราง 30 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector**

| | | | | | | | | Step 1 | Step 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 0.29 | 0.11 | 0.81 | 0.09 | 0.64 | 0.69 | 0.75 | 3.37 | 11.748 |
| X2 | 0.07 | 0.03 | 0.08 | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.30 | 10.485 |
| X3 | 0.06 | 0.06 | 0.16 | 0.03 | 0.38 | 0.57 | 0.75 | 2.02 | 12.524 |
| X4 | 0.57 | 0.14 | 0.81 | 0.17 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 1.80 | 10.300 |
| X5 | 0.06 | 0.14 | 0.05 | 0.52 | 0.13 | 0.34 | 0.32 | 1.57 | 12.314 |
| X6 | 0.05 | 0.17 | 0.03 | 0.52 | 0.04 | 0.11 | 0.54 | 1.47 | 12.866 |
| X7 | 0.04 | 0.20 | 0.02 | 0.87 | 0.04 | 0.02 | 0.11 | 1.31 | 12.167 |
| | | | | | | | | lambda | 11.772 |
| | | | | | | | | C.I. | 0.795 |
| | | | | | | | | R.I. | 1.32 |
| | | | | | | | | CR | 0.603 |

การคำนวณค่าน้ำหนัก (ผศ.ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม)

**ตาราง 31 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 1**

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 1.00 | 5.00 | 0.33 | 1.00 | 0.33 | 5.00 | 4.00 |
| X2 | 0.20 | 1.00 | 0.14 | 0.20 | 0.20 | 0.33 | 3.00 |
| X3 | 3.00 | 7.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 5.00 | 9.00 |
| X4 | 1.00 | 0.33 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 7.00 |
| X5 | 3.00 | 5.00 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 |
| X6 | 0.20 | 3.00 | 0.20 | 0.33 | 0.33 | 1.00 | 5.00 |
| X7 | 0.25 | 0.33 | 0.11 | 0.14 | 0.33 | 0.20 | 1.00 |
| | 8.65 | 21.67 | 2.45 | 6.68 | 6.20 | 17.53 | |

**ตาราง 32 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 2**

| | | | | | | | | ค่าน้ำหนัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 0.12 | 0.23 | 0.14 | 0.15 | 0.05 | 0.29 | 0.13 | 0.16 |
| X2 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.09 | 0.04 |
| X3 | 0.35 | 0.32 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.29 | 0.28 | 0.37 |
| X4 | 0.12 | 0.02 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.22 | 0.14 |
| X5 | 0.35 | 0.23 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.09 | 0.18 |
| X6 | 0.02 | 0.14 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.16 | 0.08 |
| X7 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.03 | 0.03 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

**ตาราง 33 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector**

| | | | | | | | | Step 1 | Step 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 0.16 | 0.22 | 0.12 | 0.14 | 0.06 | 0.40 | 0.12 | 1.21 | 7.751 |
| X2 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.31 | 7.108 |
| X3 | 0.47 | 0.30 | 0.37 | 0.41 | 0.55 | 0.40 | 0.27 | 2.77 | 7.535 |
| X4 | 0.16 | 0.01 | 0.12 | 0.14 | 0.18 | 0.24 | 0.21 | 1.06 | 7.692 |
| X5 | 0.47 | 0.22 | 0.12 | 0.14 | 0.18 | 0.24 | 0.09 | 1.46 | 7.925 |
| X6 | 0.03 | 0.13 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.15 | 0.57 | 7.126 |
| X7 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.03 | 0.22 | 7.467 |
| | | | | | | | | lambda | 7.515 |
| | | | | | | | | C.I. | 0.085 |
| | | | | | | | | R.I. | 1.32 |
| | | | | | | | | CR | 0.065 |

การคำนวณค่าน้ำหนัก (ผศ.ดร.บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม)

**ตาราง 34 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 1**

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 1.00 | 5.00 | 0.33 | 2.00 | 0.33 | 5.00 | 3.00 |
| X2 | 0.20 | 1.00 | 0.14 | 0.20 | 0.20 | 0.33 | 3.00 |
| X3 | 3.00 | 7.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 5.00 | 8.00 |
| X4 | 0.50 | 0.33 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 6.00 |
| X5 | 3.00 | 5.00 | 0.33 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 4.00 |
| X6 | 0.20 | 3.00 | 0.20 | 0.33 | 0.33 | 1.00 | 6.00 |
| X7 | 0.33 | 0.33 | 0.13 | 0.17 | 0.25 | 0.17 | 1.00 |
| | 8.23 | 21.67 | 2.47 | 7.70 | 6.12 | 17.50 | 31.00 |

**ตาราง 35 การคำนวณ ขั้นตอนที่ 2**

| | | | | | | | | ค่าน้ำหนัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 0.12 | 0.23 | 0.14 | 0.26 | 0.05 | 0.29 | 0.10 | 0.17 |
| X2 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.10 | 0.04 |
| X3 | 0.36 | 0.32 | 0.41 | 0.39 | 0.49 | 0.29 | 0.26 | 0.36 |
| X4 | 0.06 | 0.02 | 0.14 | 0.13 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.12 |
| X5 | 0.36 | 0.23 | 0.14 | 0.13 | 0.16 | 0.17 | 0.13 | 0.19 |
| X6 | 0.02 | 0.14 | 0.08 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.19 | 0.08 |
| X7 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 0.03 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

**ตาราง 36 การหาค่า Consistency Vector โดยหารค่า Weight Sum Vector**

| | | | | | | | | Step 1 | Step 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X1 | 0.17 | 0.22 | 0.12 | 0.25 | 0.06 | 0.42 | 0.09 | 1.33 | 7.864 |
| X2 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.31 | 7.158 |
| X3 | 0.51 | 0.30 | 0.36 | 0.37 | 0.57 | 0.42 | 0.24 | 2.77 | 7.715 |
| X4 | 0.08 | 0.01 | 0.12 | 0.12 | 0.19 | 0.25 | 0.18 | 0.97 | 7.782 |
| X5 | 0.51 | 0.22 | 0.12 | 0.12 | 0.19 | 0.25 | 0.12 | 1.53 | 8.095 |
| X6 | 0.03 | 0.13 | 0.07 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.18 | 0.61 | 7.153 |
| X7 | 0.06 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 7.568 |
| | | | | | | | | lambda | 7.619 |
| | | | | | | | | C.I. | 0.103 |
| | | | | | | | | R.I. | 1.32 |
| | | | | | | | | CR | 0.078 |