**T-VER-S-TOOL-01-01**

**การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้**

**(Calculation for Carbon Sequestration in tree)**

**ฉบับที่ 2**

**วันที่บังคับใช้ 26 มีนาคม 2568**

**1. บทนำ**

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้ดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมโครงการ อีกทั้งเครื่องมือฉบับนี้สามารถนำไปใช้กับโครงการที่ต้องการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับด้านป่าไม้ และ/หรือโครงการที่ต้องการประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากต้นไม้ที่ปลูกหรือขึ้นตามธรรมชาติภายในพื้นที่โครงการ

**2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง**

**เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (Diameter at Breath Height; DBH)**

เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้วัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

**ต้นไม้ (Tree)**

ต้นไม้ หรือ ไม้ยืนต้นที่มีเนื้อไม้ และอายุยืนยาวหลายปี มีความสูงเกิน 1.30 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.50 เซนติเมตรขึ้นไป

**ไม้หนุ่ม (Sapling)**

ต้นไม้ที่เป็นไปตามคำจำกัดความของต้นไม้ ซึ่งมีความสูงเกิน 1.30 เมตร แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.50 เซนติเมตร

**มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน** (Aboveground Biomass)

น้ำหนักแห้งของทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล รวมทั้งไม้หนุ่ม (sapling) และไผ่

**มวลชีวภาพใต้ดิน** (Belowground Biomass)

น้ำหนักแห้งของส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน

**สมการแอลโลเมตรี**

สมการแอลโลเมตรี คือ สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลาง และ/หรือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ ซึ่งใช้คำนวณน้ำหนักแห้งของต้นไม้

**ไม้ขุดล้อม**

ต้นไม้ (Tree) ที่ปลูกขึ้น แล้วขุดล้อมต้นไม้เพื่อเคลื่อนย้ายไปปลูกในสถานที่อื่น

**3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้**

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยจะรวมการคำนวณทั้งการกักเก็บเหนือพื้นดินและใต้ดิน ซึ่งอาจนำไปใช้ในการคำนวณในพื้นที่ที่มีการสำรวจทั้งพื้นที่ (100%) หรือ การสุ่มวางแปลงตัวอย่างก็ได้ รายละเอียดแนวทางการวางแปลงสำรวจและเก็บข้อมูล ดังภาคผนวกที่ 1

**4. การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน**

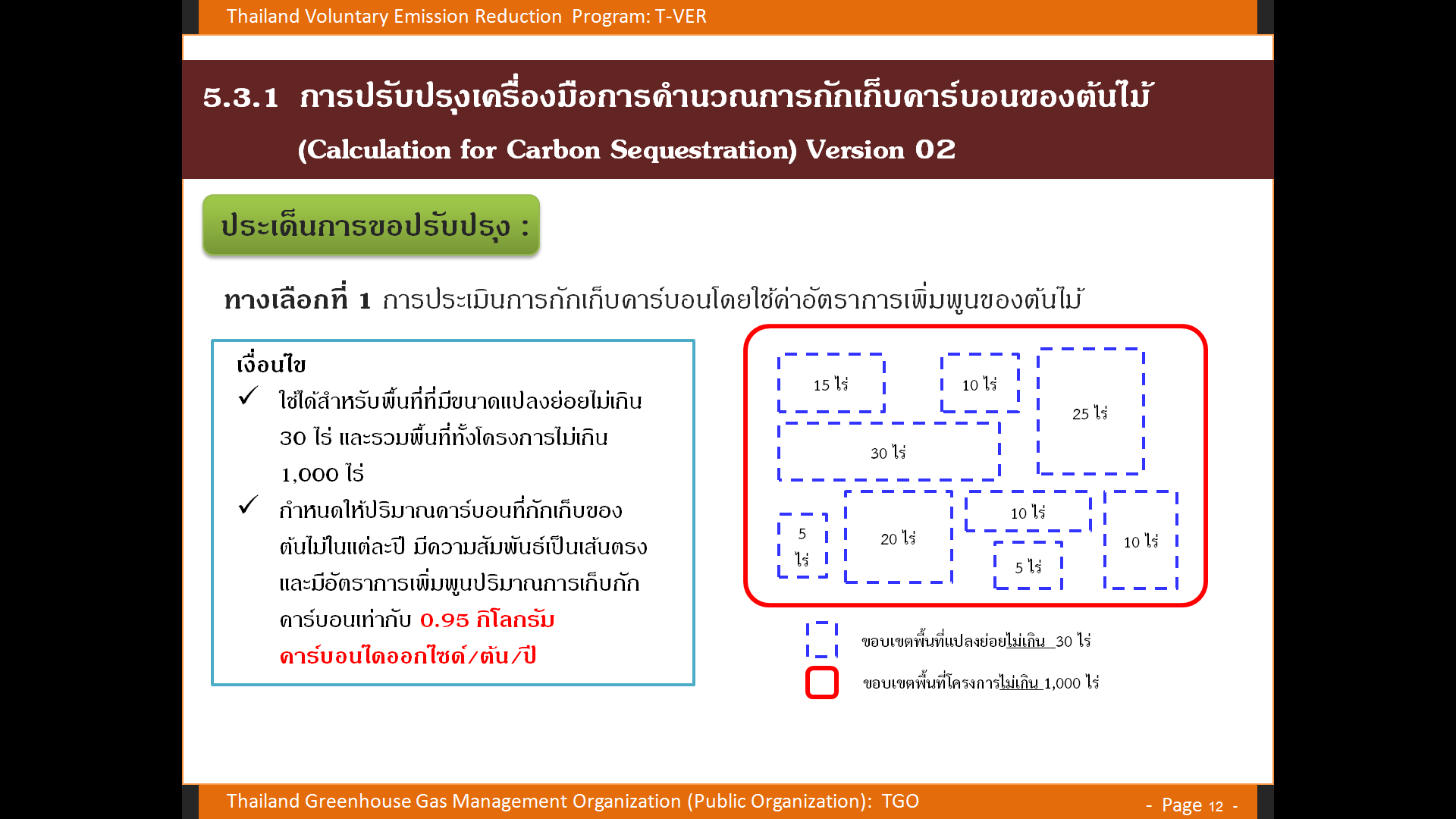
การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน สามารถประเมินได้ 4 ทางเลือก ดังนี้

**ทางเลือกที่ 1: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการนับจำนวนต้นไม้**

สามารถคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของโครงการ โดยกำหนดให้ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บของต้นไม้ในแต่ละปี มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และมีอัตราการเพิ่มพูนปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเท่ากับ 9.5 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ต้น/ปี

ผู้พัฒนาโครงการต้องดำเนินการตามเงื่อนไข ดังนี้

1. ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีการดำเนินการปลูกต้นไม้ไปแล้วเท่านั้น โดยขนาดแปลงย่อยไม่เกิน 30 ไร่ (แปลงย่อย หมายถึง พื้นที่ที่มีเนื้อที่ติดกันและครอบครองโดยผู้ถือครองเดียวกัน) และรวมพื้นที่ทั้งโครงการไม่เกิน 1,000 ไร่



ขอบเขตพื้นที่โครงการ**ไม่เกิน** 1,000 ไร่

ขอบเขตพื้นที่แปลงย่อย**ไม่เกิน**30 ไร่

1. จำนวนต้นไม้ในพื้นที่โครงการที่ถูกประเมิน หมายถึง ต้นไม้ (Tree) และไม้หนุ่ม (Sapling) ไม่รวมกล้าไม้ ต้นจาก และไผ่ชนิดต่าง ๆ กรณีที่ต้นไม้มีหลายนางจะถูกนับเป็นหนึ่งต้นเท่านั้น
2. ต้องมีการะบุวิธีการติดตามผลที่สามารถระบุอัตลักษณ์ของต้นไม้ได้อย่างชัดเจน และถาวรครอบคลุมช่วงระยะเวลาการคิดคาร์บอนเครดิต
3. กรณีที่ต้นไม้ หรือไม้หนุ่มในพื้นที่โครงการตาย จะไม่มีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ หรือไม้หนุ่มนั้นๆ ในช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองคาร์บอนเครดิต เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์ (Conservativeness)
4. กรณีที่มีการปลูกต้นไม้เสริมในพื้นที่โครงการ หลังจากที่โครงการได้รับการขึ้นทะเบียนไปแล้ว ให้เริ่มนับปีที่ดำเนินการติดตามผลสำหรับต้นไม้ที่ปลูกเสริม คือวันถัดไปที่ได้รับหนังสือแจ้งตอบรับการเปลี่ยนแปลงจาก อบก. ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ อบก. กำหนด

โดยประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่ได้จากสมการ

เมื่อ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ   
 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= จำนวนต้นไม้ในพื้นที่โครงการทั้งหมด (ต้น)

= ปีที่ดำเนินการติดตามผล (ปี)

ตัวอย่าง การประเมินสำหรับการขอรับรองคาร์บอนเครดิต

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองคาร์บอนเครดิตตั้งแต่ 1 ม.ค. 68 – 30 มิ.ย. 71

ดังนั้นปีที่ดำเนินการติดตามผล เท่ากับ 3.49 ปี (3 ปี 182 วัน)

= อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (kgCO2/ต้น/ปี)

ในการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ (PDD) สำหรับทางเลือกที่ 1: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการนับจำนวนต้นไม้ กำหนดให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในปีฐานเท่ากับศูนย์

**ทางเลือกที่ 2: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดขนาดต้นไม้หรือไม้หนุ่ม**

เป็นการประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพของต้นไม้โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ซึ่งมวลชีวภาพของต้นไม้ ประกอบด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG) และมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG) โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแปลงตัวอย่างสำรวจให้เป็นไปตามที่ อบก. กำหนด บันทึกชนิด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการตามเงื่อนไขสมการประเมินมวลชีวภาพที่เลือกใช้กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยเลือกสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation) ที่เหมาะสมกับชนิดของพรรณไม้หรือพื้นที่โครงการ เป็นไปตามเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

1. สมการแอลโลเมตรีใช้สำหรับการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของประเทศ หรือ ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประทศ
2. สมการแอลโลเมตรีที่มีใช้ในเชิงพาณิชย์ของภาคป่าไม้เป็นเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
3. สมการอื่นที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ
4. สมการที่ อบก. แนะนำ (รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 2)

กรณีที่มีการใช้สมการแอลโลเมตรีอื่น ๆ ที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขข้างต้น หรือสมการประเมินมวลชีวภาพต้องเสนอให้ อบก. พิจารณาและเห็นชอบ

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG)

*ทางเลือกที่ 1* ใช้สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้แต่ละชนิด โดยสามารถใช้ค่าสัดส่วนที่ อบก. แนะนำ หรือค่าอื่นๆ ที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาค่าสัดส่วนต้นต่อรากสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเองและต้องเสนอให้ อบก. พิจารณาและเห็นชอบ

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ค่ามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ชนิด j (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ชนิด j (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ |
|  | = ชนิดไม้ 1, 2, 3,... z |

*ทางเลือกที่ 2* สามารถคำนวณจากสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation) โดยเงื่อนไขการเลือกใช้สมการเป็นไปตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 2

กรณีการนำไม้ล้อมมาปลูกในพื้นที่โครงการ จะไม่พิจารณาค่ามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ เพื่อเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแต่ละชั้นภูมิ

ทำการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ การคำนวณค่าเฉลี่ยของการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแต่ละชั้นภูมิ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ชนิด j (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ชนิด j (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ชนิด j (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิ i (ตันคาร์บอน) |
|  | = สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่าเฉลี่ยของการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแต่ละชั้นภูมิ i (ตันคาร์บอนต่อไร่) |
|  | = พื้นที่รวมของแปลงตัวอย่าง p (ไร่) |
|  | = แปลงตัวอย่าง 1, 2, 3,...n |
|  | = ชนิดไม้ 1, 2, 3,... z |

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่โครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอน) |
|  | = ค่าเฉลี่ยของการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแต่ละชั้นภูมิ i (ตันคาร์บอนต่อไร่) |
|  | = พื้นที่ของชั้นภูมิ i (ไร่) |
|  | = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...m |

**ทางเลือกที่ 3** : **การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้โดยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI)**

เป็นรูปแบบการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ที่เป็นการนำเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลมาพัฒนาเป็นอัลกอลิทึมเพื่อให้ได้ปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบของโปรแกรม หรือ application ที่สามารถนำไปประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยโปรแกรม หรือ application ดังกล่าวจะต้องได้รับการเห็นชอบจาก อบก. ตาม แนวทางการพิจารณารับรองวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้โดยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ที่ อบก. กำหนดขึ้น

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอน) |
|  | = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการประเมินโดยใช้แบบจำลอง (ตันคาร์บอน) |

**ทางเลือกที่ 4 : อื่นๆ ตามที่ อบก. พิจารณาเห็นชอบ**

**5. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง**

**5.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | MAI |
| ค่า | 9.5 |
| หน่วย | กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อต้นต่อปี |
| ความหมาย | อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการเก็บกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | การศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก และขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้, 2553 |
| หมายเหตุ | **สำหรับทางเลือกที่ 1**: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการนับจำนวนต้นไม้  ดัดแปลงจากค่าพรรณไม้พื้นเมืองโตช้า เพื่อเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์ |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | R |
| หน่วย | ตันน้ำหนักแห้งของรากต่อตันน้ำหนักแห้งของต้น |
| ความหมาย | สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 ตามที่ อบก. กำหนด   |  |  | | --- | --- | | ชนิด/กลุ่มพรรณไม้ | สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ (ร้อยละ) | | พรรณไม้ทั่วไป | 27 | | โกงกาง | 48 | | ปาล์ม | 41 | | ไผ่ | 27 | | เถาวัลย์ | 27 |   ทางเลือกที่ 2 ตารางที่ 4.4 2019 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4  ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | CF |
| หน่วย | ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง |
| ความหมาย | สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 ตามที่ อบก. กำหนด   |  |  | | --- | --- | | ชนิด/กลุ่มพรรณไม้ | สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้  (ร้อยละ) | | พรรณไม้ทั่วไป | 47.00 | | โกงกาง | 47.15 | | ปาล์ม | 41.30 | | ไผ่ | 47.00 | | เถาวัลย์ | 47.00 |   ทางเลือกที่ 2 ตารางที่ 4.3 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 (Default 0.47)  ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

**5.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | T |
| หน่วย | ต้น |
| ความหมาย | จำนวนต้นไม้ในพื้นที่โครงการทั้งหมด ที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร  หมายถึง ต้นไม้ (Tree) และไม้หนุ่ม (Sapling) ไม่รวมกล้าไม้ ต้นจาก และพรรณไม้กลุ่มไผ่  กรณีที่ต้นไม้มีหลายนาง จะถูกนับเป็นหนึ่งต้นเท่านั้น |
| แหล่งของข้อมูล | รายงานการสำรวจในพื้นที่ |
| วิธีการติดตามผล | บันทึกโดยเกษตรกรหรือผู้พัฒนาโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม |
| ความถี่ในการติดตามผล | ตลอดช่วงที่ติดตามผล |
| หมายเหตุ | **สำหรับทางเลือกที่ 1**: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการนับจำนวนต้นไม้   * ต้องมีการะบุวิธีการติดตามผลที่สามารถระบุอัตลักษณ์ของต้นไม้ได้อย่างชัดเจน และถาวร ครอบคลุมช่วงระยะเวลาการคิดคาร์บอนเครดิต เช่น การติดแถบหมายเลขกำกับไว้ทุกต้นในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน ชื่อพรรณไม้ พิกัด แผนที่ ความโต เป็นต้น หากแถบหมายเลขกำกับเกิดการชำรุดเสียหาย หรือสูญหาย ผู้พัฒนาโครงการมีหน้าที่ในการดูแลบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่สามารถตรวจสอบได้ * กรณีที่ไม่สามารถยืนยันอัตลักษณ์ของต้นไม้ได้ ให้พิจารณาค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้นั้นเท่ากับศูนย์ เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์ |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | A |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่โครงการทั้งหมด |
| แหล่งของข้อมูล | รายงานการสำรวจพื้นที่ที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ |
| วิธีการติดตามผล | - สำรวจในพื้นที่  - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตามผล | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่ของชั้นภูมิ i |
| แหล่งของข้อมูล | รายงานการสำรวจพื้นที่ที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ |
| วิธีการติดตามผล | - สำรวจในพื้นที่  - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตามผล | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | รายละเอียดเพิ่มเติมภาคผนวกที่ 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่แปลงตัวอย่าง p ที่ทำการสำรวจข้อมูลตัวอย่างเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน |
| แหล่งของข้อมูล | รายงานการสำรวจพื้นที่ที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ |
| วิธีการติดตามผล | - สำรวจในพื้นที่  - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตามผล | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | รายละเอียดเพิ่มเติมภาคผนวกที่ 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | D |
| หน่วย | เซนติเมตร |
| ความหมาย | เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร หรือ  ตามเงื่อนไขสมการประเมินมวลชีวภาพที่เลือกใช้กำหนดไว้ |
| แหล่งของข้อมูล | บันทึกโดยผู้พัฒนาโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม |
| วิธีการติดตามผล | ตรวจวัดในพื้นที่ จากการวางแปลงตัวอย่าง |
| ความถี่ในการติดตามผล | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | **สำหรับทางเลือกที่ 2**: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดขนาดต้นไม้ |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | H |
| หน่วย | เมตร |
| ความหมาย | ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | บันทึกโดยผู้พัฒนาโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม |
| วิธีการติดตามผล | ตรวจวัดในพื้นที่ จากการวางแปลงตัวอย่าง |
| ความถี่ในการติดตามผล | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | **สำหรับทางเลือกที่ 2**: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดขนาดต้นไม้ |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| หน่วย | ตันคาร์บอน |
| ความหมาย | ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการประเมินโดยใช้แบบจำลอง |
| แหล่งของข้อมูล | เงื่อนไขตามที่แบบจำลองกำหนดไว้ |
| วิธีการติดตามผล | เงื่อนไขตามที่แบบจำลองกำหนดไว้ |
| ความถี่ในการติดตามผล | เงื่อนไขตามที่แบบจำลองกำหนดไว้ |
| หมายเหตุ | **สำหรับทางเลือกที่ 3**: ข้อมูลสำหรับการติดตามผลการดำเนินโครงการจะต้องระบุไว้ในเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document: PDD) |

**เอกสารอ้างอิง**

1. Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities (AR-TOOL14 Version 04.2)
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
3. 2019 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
4. A/R Methodology Tool “Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities”
5. คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้ครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้, อบก.
6. คู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร, อบก.

**ภาคผนวกที่ 1**

**การวางแปลงสำรวจและเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประเภทป่าไม้**

**ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดชั้นภูมิ (Stratification)**

หากพื้นที่ดำเนินโครงการมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ (heterogeneous) จำเป็นต้องมีการจำแนกชั้นภูมิ (stratification) เพื่อให้การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความถูกต้องยิ่งขึ้น ในการกำหนด  
ชั้นภูมิควรจำแนกตามสภาพที่ปรากฏ โดยในชั้นภูมิเดียวกันควรมีลักษณะความคล้ายคลึงกันมากที่สุด แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้นภูมิมากที่สุด ลักษณะที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิจะต้องมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของแต่ละชั้นภูมิที่ทำการจำแนก เช่น ประเภทป่า ชนิดพืชพรรณ ระดับความสูงจากน้ำทะเล ระดับความลาดชัน ความอุดมสมบูรณ์ ชั้นอายุของพืชพรรณ ปีที่ปลูก แปลงที่ปลูก เป็นต้น

กรณีที่เป็นสวนป่าเชิงเดี่ยวที่มีการจัดการอย่างประณีต หรือพื้นที่ที่มีลักษณะสม่ำเสมอ (heterogeneous) รวมถึงมีลักษณะทางกายภาพที่มีความคล้ายคลึงกันจนไม่สามารถแบ่งชั้นภูมิได้ อาจไม่ต้องทำการแบ่งชั้นภูมิ

**ขั้นตอนที่ 2 ขนาดแปลงตัวอย่าง**

แปลงตัวอย่างอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือวงกลม ให้พิจารณาวางแปลงตัวอย่างในรูปแบบและขนาดอื่น ๆ ตามความเหมาะสมของพื้นที่ และถูกต้องตามหลักวิชาการ ขนาดแปลงตัวอย่างที่ อบก. แนะนำ คือ แปลงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 x 40 เมตร (ขนาด 1 ไร่)

**ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดจำนวนแปลงตัวอย่าง**

จำนวนแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจขึ้นอยู่กับความแม่นยำและความถูกต้องที่ต้องการ การตัดสินใจใช้จำนวนตัวอย่างมากน้อยเพียงใดจึงขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำการศึกษาต้องตัดสินใจเลือกวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่นั้น ๆ ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดจำนวนแปลงตัวอย่างในการสำรวจ ให้ 3 แนวทาง ดังนี้

**ทางเลือกที่ 1** พื้นที่ของแปลงตัวอย่างรวมต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่ดำเนินโครงการทั้งหมด โดยการวางแปลงตัวอย่างต้องกระจายในแต่ละชั้นภูมิอย่างเหมาะสม และในแต่ละชั้นภูมิจะต้องมีจำนวนของแปลงตัวอย่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่ชั้นภูมินั้น ๆ ซึ่งการแบ่งชั้นภูมิต้องเป็นการนำปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับการแบ่งชั้นภูมิ โดยในชั้นภูมิเดียวกันควรให้มีลักษณะความคล้ายคลึงกันมากที่สุด ตามรายละเอียดในขั้นตอนที่ 1

**ทางเลือกที่ 2** การวางแปลงตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) มีขั้นตอนดังนี้

1) ภายหลังจากทำการแบ่งชั้นภูมิเรียบร้อยแล้ว โดยให้วางแปลงตัวอย่างกระจายในแต่ละกลุ่มชั้นภูมิสุดท้ายควรกระจายตามสัดส่วน (Proportional allocation) กล่าวคือ ชั้นภูมิใดมีพื้นที่เยอะควรมีจำนวนแปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนที่มากกว่า และกำหนดให้วางแปลงตัวอย่างในกลุ่มชั้นภูมิสุดท้าย จำนวนไม่น้อยกว่า 3 แปลง โดยขนาดแปลงตัวอย่างแต่ละแปลงไม่น้อยกว่า 1 ไร่ ดังรูปที่ 1 กรณีที่พื้นที่โครงการไม่สามารถวางแปลงตัวอย่างขนาด 1 ไร่ สามารถแบ่งเป็นแปลงตัวอย่างย่อยได้ เช่น 20 x 40 เมตร จำนวน 2 แปลง โดยตำแหน่งแปลงตัวอย่างย่อยควรอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันเพื่อลดความคลาดเคลื่อน

2) นำค่ามวลชีวภาพในแต่ละกลุ่มชั้นภูมิสุดท้าย มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation: CV) โดยค่า CV ที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ให้ถือว่าจำนวนแปลงตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนที่เหมาะสม

3) กรณีค่า CV ของกลุ่มชั้นภูมิสุดท้ายใด ๆ เกินร้อยละ 25 จำเป็นต้องทำการวางแปลงตัวอย่างเพิ่มเติมในชั้นภูมินั้น หรือจำแนกชั้นภูมิเพิ่มเติม เพื่อให้ค่า CV อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

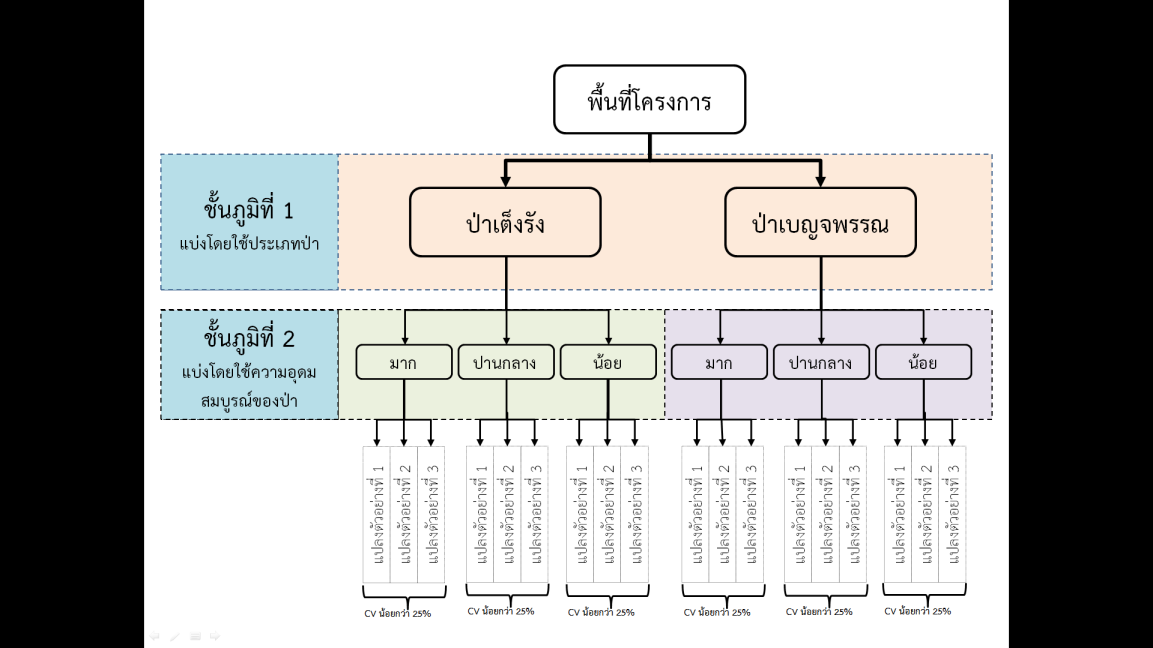
**การคำนวณค่า CV**

เมื่อ

***CV*** = ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation)

***SD***= ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

= ค่าเฉลี่ย



**รูปที่ 1** ตัวอย่างการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

**ทางเลือกที่ 3** การหาจำนวนแปลงตัวอย่างตาม A/R Methodology Tool “Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities”

เมื่อ

= จำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม

= ค่า Student’s t-value

ในที่นี้กำหนดให้มีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 90

= สัดส่วนของพื้นที่ในชั้นภูมิที่ ต่อพื้นที่ทั้งหมด

= ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นภูมิที่

= ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ได้แก่ ครึ่งหนึ่งของช่วงความเชื่อมั่น

(confidence interval) ในการประมาณปริมาณมวลชีวภาพในขอบเขตโครงการ

ในที่นี้กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ ร้อยละ 10

**ขั้นตอนที่ 4 การเก็บข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง**

เมื่อวางแปลงตัวอย่างแล้วเสร็จ ให้ทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ ได้แก่ ชนิด ขนาดความโต และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Tree) เพื่อนำไปประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ตามสมการแอลโลเมตรีที่เลือกใช้ต่อไป

**ภาคผนวกที่ 2**

**สมการแอลโลเมตรี**

**ตารางที่ 1** สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มชนิดของไม้

| **กลุ่มชนิดไม้** | **สมการ** | **อ้างอิง** |
| --- | --- | --- |
| กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป | WS = 0.0396 (D2H)0.933 WB = 0.00349 (D2H)1.030 WL =  WT = WS + WB + WL | Ogawa et al. (1965) |
| กลุ่มพรรณไม้ป่าชายเลน | WS = 0.05466 (D2H)0.945 WB = 0.01579 (D2H)0.9124 WL = 0.0678 (D2H)0.5806  WT = WS + WB + WL | Komiyama et al. (1987) |
| กลุ่มปาล์ม | WT = 6.666 + 12.826 (H) 0.5(ln H) | Peason et al. (2005) |
| กลุ่มไผ่ | ไผ่บงป่า WT = 0.1466(D)0.7187 ไผ่บงดำ WT = 0.49522 (D2)0.8726 ไผ่ข้าวหลาม WT = 0.17446 (D2)1.0437 ไผ่ไร่และไผ่ผาก WT = 0.2425(D2)1.0751 | อิทธิพงศ์ (2557) Kutintara (1995) Kutintara (1995) Kutintara (1995) |
| กลุ่มเถาวัลย์ | WT = 0.8622 (D)2.0210 | ชิงชัยและคณะ (2554) |
| เงาะ | |  |  | | --- | --- | | WS | = 0.0083(D0)3.1573 | | WB | = 0.00002(D0)4.4921 | | WL | = 0.0033(D0)2.6908 | | WT | = 0.0065(D0)3.3102 | | ลดาวัลย์ พวงจิตร และออ พรานไชย. (2561). |
| ทุเรียน | |  |  | | --- | --- | | WS | = 0.0051(D0)2.9820 | | WB | = 0.0046(D0)2.4675 | | WL | = 0.0101(D0)1.9889 | | WT | = 0.0078(D0)2.9605 | | ลดาวัลย์ พวงจิตร และออ พรานไชย. (2561). |
| มังคุด | |  |  | | --- | --- | | WS | = 0.0492(D)2.6368 | | WB | = 0.1635(D)1.9872 | | WL | = 0.0795(D)2.0795 | | WT | = 0.2164(D)2.3548 | | ลดาวัลย์ พวงจิตร และออ พรานไชย. (2561). |
| ลองกอง | |  |  | | --- | --- | | WS | = 0.0090(D0)2.9849 | | WB | = 0.0031(D0)2.9358 | | WL | = 0.0084(D0)2.2572 | | WT | = 0.0234(D0)2.7680 | | ลดาวัลย์ พวงจิตร และออ พรานไชย. (2561). |

**หมายเหตุ** WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)

WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)

WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)

WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (ซม.)

D0 = เส้นผ่านศูนย์กลางระดับชิดดิน (ซม.)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

**ตารางที่ 2** สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามชนิดป่าของประเทศไทย

| **ชนิดป่า** | **สมการ** | **อ้างอิง** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา | WS = 0.0509 (D2H)0.919  WB = 0.00893 (D2H)0.977  WL = 0.0140 (D2H)0.669  WT = WS + WB + WL | Tsutsumi et.al. (1983) | | |
| ป่าดิบชื้น | WS = 0.0396 (D2H)0.9326  WB = 0.006003 (D2H)1.027 WL =  WT = WS + WB + WL | Ogawa et.al. (1965) | | |
| ป่าเต็งรัง และ  ป่าเบญจพรรณ | WS = 0.0396 (D2H)0.933 WB = 0.00349 (D2H)1.030 WL =  WT = WS + WB + WL | Ogawa et.al. (1965) | | |
| ป่าสนเขา  (สนสองใบ) | WS = 0.2141 (D2H)0.9814  WB = 0.00002 (D2H)1.4561  WL = 0.00072 (D2H)1.0138  WT = WS + WB + WL | สุนันทา (2531) | | |
| ป่าสนเขา  (สนสามใบ) | WS = 0.02698 (D2H)0.946  WB = 0.00018 (D2H)1.455  WL = 0.00072 (D2H)1.094  WT = WS + WB + WL | | พงษ์ศักดิ์ (2524) |
| ไม้โกงกาง(*Rhizophora* spp.) | WS = 0.05466 (D2H)0.945  WB = 0.01579 (D2H)0.9124  WL = 0.0678 (D2H)0.5806  WT = WS + WB + WL | | Komiyama et al. (1987) |
| พรรณไม้ในป่า ชายเลนชนิดอื่น ๆ | WS = 0.0449 (D2H)0.9549  WB = 0.02412 (D2H)0.8649  WL = 0.09422 (D2H)0.5439  WT = WS + WB + WL | | Komiyama et al. (1987) |

**หมายเหตุ** WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)  
WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)  
WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)  
WT =มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)  
D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (ซม.)  
H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข T-VER-S-TOOL-01-01** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 02 | 01 | 26 มีนาคม 2568 | * คำนิยาม * การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ทางเลือกที่ 1: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการนับจำนวนต้นไม้ * การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ทางเลือกที่ 2: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดขนาดต้นไม้หรือไม้หนุ่ม * พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล * พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล * ภาคผนวกที่ 1 การวางแปลงสำรวจและเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประเภทป่าไม้ * ภาคผนวกที่ 2 สมการแอลโลเมตรี |
| 01 | - | 1 มีนาคม 2566 | ปรับแก้ไขจาก T-VER-TOOL-FOR/AGR-01 Version 04 |