**T-VER-P-TOOL-01-02**

**การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนของต้นไม้**

**สำหรับกิจกรรมโครงการป่าไม้**

**(Calculation for carbon stocks and changes in carbon stocks of trees in forest project activities)**

**ฉบับที่ 01**

**มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2566**

# 1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนในต้นไม้และไม้รุ่นซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานของโครงการ

# 2. นิยามที่เกี่ยวข้องและค่าอ้างอิง

รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 1

# 3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนของต้นไม้โดยจะรวมการคำนวณทั้งการกักเก็บเหนือพื้นดินและใต้ดิน มีลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย ดังนี้

1. ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ในกรณีฐาน
2. การคาดการณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้จากการดำเนินโครงการ
3. การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ในการดำเนินโครงการ

# 4. เงื่อนไขการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนเป็นศูนย์ในกรณีฐาน

## 4.1 การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในกรณีฐานสามารถนับเป็นศูนย์ได้ หากตรงตามเงื่อนไขทั้งสามข้อต่อไปนี้

1. ต้นไม้เดิมในพื้นที่ก่อนเริ่มโครงการไม่ถูกตัดฟันออกไปจากพื้นที่ตลอดระยะเวลาโครงการ และ
2. ต้นไม้เดิมในพื้นที่ก่อนเริ่มโครงการไม่ถูกเบียดบังจนตายจากต้นไม้ที่ปลูกในโครงการ หรือถูกทำลายจากขั้นตอนการดำเนินโครงการตลอดระยะเวลาโครงการ และ
3. ต้นไม้เดิมในพื้นที่ไม่ถูกสำรวจและนับรวมไปในการคิดเครดิตของโครงการ

## 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้กรณีฐานสามารถประเมินเป็นศูนย์ เมื่อเจ้าของโครงการสามารถแสดงเอกสารหลักฐาน หรือ การวิเคราะห์ชุมชนแบบมีส่วนร่วม(Participatory Rural Appraisal: PRA) ตามตัวชี้วัดอย่างน้อยข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

1. การสังเกตการณ์การลดลงของความลึกของดินชั้นบน เช่น การโผล่ของรากจากดิน การปรากฏของฐานสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การปรากฏของดินชั้นล่าง เป็นต้น
2. การปรากฏของร่องรอยการชะล้างพังทลายของดินหรือการเกิดดินถล่ม
3. การพบชนิดพืชที่เป็นตัวชี้วัดของพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์
4. ที่ดินที่ประกอบด้วยเนินทรายหรือที่ดินว่างเปล่า
5. ที่ดินที่ประกอบด้วยดินปนเปื้อน หรือดินที่มีความเป็นด่างสูงหรือดินเค็ม
6. ที่ดินที่ถูกจัดการเป็นวัฏจักร เช่น พื้นที่ทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งมวลชีวภาพในกรณีฐานจะมีค่าผันแปรสูงระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุด

# 5. การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง สามารถดำเนินการตามวิธีการใด  
วิธีการหนึ่ง ดังนี้

* การประเมินค่าจากการตรวจวัดในแปลงตัวอย่างแบบเป็นชั้นภูมิ (stratified random sampling)
* การประเมินค่าจากการตรวจวัดด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างสองครั้ง (double sampling)
* การประเมินจากสัดส่วนการปกคลุมของเรือนยอด
* การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากแบบจำลองการเติบโตและพัฒนาการของหมู่ไม้
* อื่น ๆ ตามที่ อบก. พิจารณาเห็นชอบ

## 5.1 การประเมินค่าจากการตรวจวัดในแปลงตัวอย่างแบบเป็นชั้นภูมิ (stratified random sampling)

วิธีการนี้เป็นวิธีการพื้นฐานในการประเมินปริมาณคาร์บอน โดยการวางแปลงตัวอย่างในหนึ่งชั้นภูมิหรือมากกว่าหนึ่งชั้นภูมิ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพของต้นไม้ใช้สมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมกับชนิดพันธุ์หรือพืชพรรณในพื้นที่ ซึ่งมวลชีวภาพของต้นไม้ ประกอบด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass: ABG) และมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass: BLG) โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

วางแปลงตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิและดำเนินการวัดข้อมูลต้นไม้ การวางแปลงเพื่อสำรวจจะต้องคำนึงถึงความสม่ำเสมอของหมู่ไม้ในแต่ละชั้นภูมิ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่ และความแปรปรวนในแต่ละชั้นภูมิ การคำนวนจำนวนแปลงที่เหมาะสมอ้างอิงตามการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างที่ 1 ในแปลงปลูกป่าจำนวน 8 แปลง พบว่า 3 แปลงจะมีการทำไม้ออกในอีก 2 ปี ข้างหน้า ดังนั้น มวลชีวภาพของต้นไม้เฉลี่ยต่อไร่ในพื้นที่เหล่านี้จึงต่ำและค่อนข้างเท่ากัน โดย 3 แปลงที่จะมีการทำไม้ออกจะถูกจัดไว้ในชั้นภูมิเดียวกัน และ 5 แปลงที่เหลือ 2 แปลงมีการเจริญเติบโตของต้นไม้ต่ำเมื่อเทียบกับอีก 3 แปลง เพราะฉะนั้น 5 แปลงที่เหลือจะถูกจัดไว้อีก 2 ชั้นภูมิ รวมเป็น 3 ชั้นภูมิ

ตัวอย่างที่ 2 แปลงสวนป่าที่ปล่อยให้มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติ และต้นไม้มีการเติบโตไม่สม่ำเสมอทั้งพื้นที่ จึงมีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการประเมินการปกคลุมเรือนยอด (ซึ่งคาดว่าจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับมวลชีวภาพของต้นไม้) มีรูปแบบที่มองเห็นความแตกต่างของการปกคลุมเรือนยอดได้ชัดเจน จึงใช้เป็นข้อมูลในการแบ่งชั้นภูมิของหมู่ไม้ในพื้นที่

### **5.1.1 การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass: ABG)**

ขั้นตอนที่ 1 วางแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ และจดบันทึกชนิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการ ขึ้นอยู่กับสมการแอลโลเมตรี (allometric equations) ที่เลือกใช้

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยเลือกสมการแอลโลเมตรี (allometric equations) ที่เหมาะสมกับชนิดพันธุ์หรือพืชพรรณในพื้นที่ จากสมการที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แนะนำ หรือ สมการอื่นที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาสมการแอลโลเมตรีสำหรับพื้นที่โครงการ

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง pชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ชนิด j ที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี ในพื้นที่แปลงตัวอย่าง(ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...m |
|  | = แปลงตัวอย่าง 1, 2, 3,...n |
|  | = ชนิดไม้ 1, 2, 3,...Z |

### **5.1.2 การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass: BLG)**

คำนวณปริมาณมวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของราก หรือสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้แต่ละชนิด โดยสามารถใช้ค่าสัดส่วนที่ อบก. แนะนำ หรือค่าอื่นๆ ที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาค่าสัดส่วนรากต่อต้นสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง

การคำนวณมวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ในแต่ละชั้นภูมิ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ค่ามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ชนิด j (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ชนิด j ที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี ในพื้นที่แปลงตัวอย่าง(ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | =สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ |
|  | = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...m |
|  | = แปลงตัวอย่าง 1, 2, 3,...n |
|  | = ชนิดไม้ 1, 2, 3,...Z |

### **5.1.3 การคำนวณค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิ**

เมื่อทำการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และมวลชีวภาพใต้ดินแล้ว สามารถหาค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในแปลงตัวอย่างได้จากสมการ

เมื่อ

|  |  |
| --- | --- |
|  | = ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในแปลงตัวอย่างp ชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิ i  (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = ค่ามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = พื้นที่แปลงตัวอย่าง p (ไร่) |
|  | = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...m |
|  | = แปลงตัวอย่าง 1, 2, 3,...n |

### **5.1.4** **การประเมินค่าปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ และค่าความไม่แน่นอน**

เมื่อ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | = | ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) |
|  | = | สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = | ปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ของพื้นที่โครงการ (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = | พื้นที่โครงการ (ไร่) |
|  | = | ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ของพื้นที่โครงการ (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = | อัตราส่วนพื้นที่ในชั้นภูมิi (Ai)ต่อผลรวมของพื้นที่โครงการ (เช่น Wi = Ai⁄A ) (ไม่มีหน่วย) |
|  | = | ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในชั้นภูมิi(ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = | ค่าความไม่แน่นอนของ CTREE |
|  | = | ค่า t value ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 และ degree of freedom เท่ากับ n-M เมื่อ n คือ จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดในชั้นภูมิ และ M คือ จำนวนชั้นภูมิทั้งหมดที่มีการประเมินชีวมวลของต้นไม้ |
|  | = | ความแปรปรวนของมวลชีวภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างทั้งหมดในชั้นภูมิ i(ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)2 |
|  | = | จำนวนแปลงตัวอย่างในชั้นภูมิที่ i |
| 44/12 | = | มวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน เพื่อแปลงหน่วยจากตันคาร์บอนเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ |

ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในชั้นภูมิ และความแปรปรวน แสดงดังสมการ ดังนี้

เมื่อ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | = | ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในชั้นภูมิi (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = | ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิi(ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = | ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่ในในชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)2 |
|  | = | จำนวนแปลงตัวอย่างในชั้นภูมิที่ i |

หากค่าความไม่แน่นอน(uc) มีค่ามากกว่าร้อยละ10 จะต้องนำค่าที่ได้ไปหักลดกับปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ของพื้นที่โครงการ () ตามอัตราส่วนในภาคผนวกที่ 2

## 5.2 การประเมินค่าจากการตรวจวัดด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างสองครั้ง (double sampling)

วิธีการนี้ เป็นการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรทุติยภูมิที่สามารถวัดได้ง่ายกับมวลชีวภาพของตัวแปร เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยตัวแปรทุติยภูมิจะถูกวัดในแปลงตัวอย่างทั้งหมดในชั้นภูมิ เช่น การวัดพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้โดยการสำรวจระยะไกล เป็นต้น และมวลชีวภาพของต้นไม้จะถูกวัดในแปลงย่อยของแปลงตัวอย่างเดียวกันค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของมวลชีวภาพจะประมาณจากค่ามวลชีวภาพที่วัดได้ในแปลงย่อย และสร้างกราฟสมการการถดถอย(regression) เพื่อใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพจากตัวแปรทุติภูมิ

***วิธีการนี้จะสามารถใช้ได้เมื่อปรากฏความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างมวลชีวภาพและตัวแปรทุติยภูมิ***

หมายเหตุวิธีการนี้จะใช้เมื่อหมู่ไม้มีการเติบโตและกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ (heterogenous) และไม่แสดงรูปแบบการแบ่งชั้นภูมิที่ชัดเจน วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร  
ทุติยภูมิกับค่ามวลชีวภาพในแปลงตัวอย่างมีค่าสูง

ตัวอย่างที่ 1 หมู่ไม้มีการเติบโตไม่สม่ำเสมอ (heterogenous) มากและไม่สามารถแสดงการจำแนกชั้นภูมิที่ชัดเจนได้ เจ้าของโครงการประเมินพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้จากแปลงตัวอย่าง 300 แปลงโดยใช้โดรนหรือเทคโนโลยีอื่น ๆ และดำเนินการประเมินมวลชีวภาพด้วยการวางแปลงตัวอย่างย่อยจำนวน 50 แปลง การออกแบบการสุ่มตัวอย่างสองครั้งนี้ลดความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยโดยประมาณลงครึ่งหนึ่งเพื่อให้ได้ความแม่นยำแบบเดียวกับการวางแปลงสำรวจในแปลงตัวอย่างทั้งหมดซึ่งจะมีต้นทุนที่สูงกว่า

ตัวอย่างที่2 ในพื้นที่โครงการขนาดใหญ่หมู่ไม้มีการเติบโตไม่สม่ำเสมอ (heterogenous) และไม่แสดงการจำแนกชั้นภูมิที่ชัดเจนอย่างไรก็ตาม ข้อมูลดาวเทียมที่ครอบคลุมพื้นที่สามารถหาได้และมีต้นทุนต่ำดัชนี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ที่สร้างขึ้นจากข้อมูลดาวเทียมนี้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับมวลชีวภาพของต้นไม้การออกแบบการสุ่มตัวอย่างสองครั้งถูกนำมาใช้กับ NDVI ในแปลงตัวอย่าง2,000แปลงและการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ทั้งหมดดำเนินการในแปลงตัวอย่าง 150 แปลงที่เลือกจากแปลงตัวอย่าง2,000 แปลงโดยใช้การสุ่มเลือกอย่างเป็นระบบการสุ่มตัวอย่างสองครั้งนี้ลดความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยโดยประมาณลงหนึ่งในสามเพื่อให้ได้ความแม่นยำแบบเดียวกันโดยการวางแปลงตัวอย่างเพื่อวัดอย่างเดียว จะต้องมีการวัดแปลงตัวอย่างถึง 300 แปลง ซึ่งจะมีต้นทุนที่สูงกว่า

ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในชั้นภูมิ และความแปรปรวน แสดงดังสมการ ดังนี้

เมื่อ

= ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในชั้นภูมิi

(ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

= ค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิi

(ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

= จำนวนแปลงตัวอย่างในชั้นภูมิที่ i

= ความชันของกราฟการถดถอย (slop of regression) ระหว่างมวลชีวภาพ

ของต้นไม้ต่อไร่ในแปลงตัวอย่างกับตัวแปรทุติยภูมิ

= ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทุติยภูมิจากแปลงตัวอย่างทั้งหมด

= ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทุติยภูมิจากแปลงตัวอย่างย่อยที่เก็บข้อมูลมวลชีวภาพ

ของต้นไม้

= ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่ในใน

ชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)2

= อัตราส่วนระหว่างจำนวนแปลงตัวอย่างย่อยที่เก็บข้อมูลต่อจำนวนแปลง ตัวอย่างทั้งหมด (<1)

= สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุติยภูมิและค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของ

ต้นไม้ต่อไร่ในแปลงตัวอย่าง ประมาณจากแปลงตัวอย่างย่อยทั้งหมด

ความชันของกราฟการถดถอย และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวกที่ 3

การประเมินค่าปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ และค่าความไม่แน่นอน ใช้สมการคำนวณเช่นเดียวกับการประเมินค่าจากการตรวจวัดในแปลงตัวอย่างแบบเป็นชั้นภูมิ (stratified random sampling) (หัวข้อ5.1.4 การประเมินค่าปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ และค่าความไม่แน่นอน)

หากค่าความไม่แน่นอน (uc) มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 จะต้องนำค่าที่ได้ไปหักลดกับปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ของพื้นที่โครงการ () ตามอัตราส่วนในภาคผนวกที่ 2

## 5.3 การประเมินจากสัดส่วนการปกคลุมของเรือนยอด

วิธีการนี้จะใช้***เฉพาะกรณีฐาน***ที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ของนิยามป่าไม้ ซึ่งประเทศไทยนิยามว่า “ป่าไม้” ต้องมีการปกคลุมของเรือนยอดตั้งแต่ร้อยละ30 ดังนั้น การดำเนินโครงการปลูกป่าสามารถใช้การประเมินจากสัดส่วนของการปกคลุมของเรือนยอดได้เมื่อกรณีฐานมีการ  
ปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นในพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ6 (หมายถึง การปกคลุมของเรือนยอดต่ำกว่าร้อยละ20 ของร้อยละ30 = 0.2x0.3 = 0.06)

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้จะประเมินจากสัดส่วนการปกคลุมของเรือนยอดก่อนเริ่มดำเนินโครงการ โดยพื้นที่โครงการต้องมีการแบ่งชั้นตามการปกคลุมของเรือนยอด

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นในกรณีฐานแสดงดังสมการ ดังนี้

เมื่อ

= ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ในกรณีฐาน

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพต้นไม้ในกรณีฐานในชั้นภูมิ i

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้(ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง) = ค่าคงที่เฉลี่ยของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้ประเภท

เดียวกัน (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

= สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ (root-shoot ratio) ใน  
กรณีฐาน (ไม่มีหน่วย)

= การปกคลุมของเรือนยอด (crown cover) ของไม้ยืนต้นในกรณี

ฐานในชั้นภูมิ i ณ ช่วงเริ่มต้นโครงการแสดงเป็นเศษส่วน (เช่นการ

ปกคลุมของเรือนยอดร้อยละ 10 หมายถึง = 0.10) (ไม่มีหน่วย)

= พื้นที่กรณีฐานในชั้นภูมิ i จำแนกตามการปกคลุมของเรือนยอด

ของต้นไม้เมื่อเริ่มกิจกรรมโครงการ (ไร่)

## 5.4 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากแบบจำลองการเติบโตและพัฒนาการของหมู่ไม้

วิธีนี้ใช้สำหรับการคาดการณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจาก ***การดำเนินโครงการ***โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีอยู่ร่วมกับแบบจำลองการเติบโตของต้นไม้เพื่อคาดการณ์การเติบโตของต้นไม้หรือหมู่ไม้ และคาดการณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากสมการข้างต้น โดยผู้พัฒนาโครงการต้องเลือกแบบจำลองการเติบโตของต้นไม้และการพัฒนาของหมู่ไม้ที่ดีที่สุดที่มีอยู่นำไปใช้กับพื้นที่โครงการและชนิดของต้นไม้

พารามิเตอร์ของหมู่ไม้ เช่น ปริมาณไม้ (จำนวนต้นต่อไร่หรือพื้นที่หน้าตัดต่อไร่) โครงสร้างอายุ และองค์ประกอบของชนิด ณ ช่วงเวลาต่างๆจำลองจากแผนและการจัดการหมู่ไม้ (ความหนาแน่น อัตราการรอดตาย การลิดกิ่งและการตัดขยายระยะ เป็นต้น)

การเติบโตของต้นไม้ เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความสูง ถูกจำลองโดยข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ในอดีต เช่น กราฟเส้นผ่านศูนย์กลางกับอายุ ตารางผลผลิต กราฟผลผลิต เป็นต้น ในขณะเดียวกันก็พิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องของพื้นที่ด้วย เช่น ลักษณะดิน ภูมิประเทศ ความลาดชัน ปริมาณน้ำฝน และพารามิเตอร์ของ  
หมู่ไม้

## 5.5 อื่นๆ ตามที่ อบก. พิจารณาเห็นชอบ

ผู้พัฒนาโครงการสามารถเสนอวิธีการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้วิธีการอื่นได้ โดยเสนอให้ อบก. พิจารณาและให้ความเห็นชอบ และต้องแสดงวิธีการคำนวณ รวมถึงการประเมินความไม่แน่นอน วิธีการติดตามผล และการทวนสอบด้วย

# 6. การประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของต้นไม้

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้จะประมาณจากความแตกต่างของปริมาณคาร์บอน2 ช่วงเวลา ซึ่งกำหนดให้การตรวจวัดทั้งสองครั้งมีความเป็นอิสระ และสามารถใช้วิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ที่แตกต่างกันได้ ซึ่งการประเมินการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นแนวทางแก่โครงการที่มีการขอรับรองปริมาณคาร์บอนหลายครั้งในช่วงระยะเวลาโครงการดำเนินการตามวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ดังนี้

* การประเมินการเปลี่ยนแปลงจากการวัดซ้ำในแปลงตัวอย่าง
* ความแตกต่างของการประเมินการกักเก็บคาร์บอน
* การประเมินจากสัดส่วนของการปกคลุมของเรือนยอด
* การแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น “ไม่ลดลงจากเดิม”
* อื่น ๆ ตามที่ อบก. พิจารณาเห็นชอบ

**6.1** การประเมินการเปลี่ยนแปลงจากการวัดซ้ำในแปลงตัวอย่าง

วิธีนี้ใช้ได้เฉพาะกับการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้เพื่อติดตามกิจกรรมโครงการโดยการวัดซ้ำในแปลงตัวอย่างระหว่างช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันและการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพนั้นได้มาจากมวลชีวภาพต่อพื้นที่ของแปลงตัวอย่างในครั้งที่สองลบด้วยมวลชีวภาพต่อพื้นที่ของแปลงตัวอย่างในครั้งแรก

วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพเมื่อพื้นที่โครงการมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องสัมพันธ์กัน เช่น ไม่มีการตัดฟันไม้ออกจากพื้นที่ หรือไม่มีการปลูกต้นไม้เพิ่มในพื้นที่ภายหลังขึ้นทะเบียนโครงการ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนและการประเมินความไม่แน่นอนดำเนินการดังนี้

เมื่อ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | = | การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ระหว่างสองเวลา t1 และ t2 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) |
|  | = | สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = | การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ของพื้นที่โครงการ (ตันน้ำหนักแห้ง) |
|  | = | พื้นที่โครงการ (ไร่) |
|  | = | การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในต้นไม้ต่อไร่ของพื้นที่ โครงการ (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = | อัตราส่วนพื้นที่ในชั้นภูมิi (Ai)ต่อผลรวมของพื้นที่โครงการทั้งหมด (เช่น Ai⁄A ); ไม่มีหน่วย |
|  | = | การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่ ในชั้นภูมิที่ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = | ค่าความไม่แน่นอนใน |
|  | = | ค่า t value ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 และ degree of freedom เท่ากับn-M เมื่อ n คือ จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดในชั้นภูมิ และ M คือ จำนวนชั้นภูมิทั้งหมดที่มีการประเมินชีวมวลของต้นไม้ |
|  | = | ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่ภายในชั้นภูมิ (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)2 |
|  | = | จำนวนแปลงตัวอย่างในชั้นภูมิที่ i เมื่อมีการวัดมวลชีวภาพของต้นไม้อีกครั้ง |

การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่และความแปรปรวนที่เกี่ยวข้องประมาณการดังนี้

=

เมื่อ

= การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่

ในชั้นภูมิที่ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

I = การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อไร่ ในแปลงตัวอย่าง p ชั้นภูมิที่ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

= ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของมวลชีวภาพของ

ต้นไม้ต่อไร่ภายในชั้นภูมิi (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)2

= จำนวนแปลงตัวอย่างในชั้นภูมิที่ i เมื่อมีการวัดมวลชีวภาพของ

ต้นไม้อีกครั้ง

หาก ที่ประเมินจากสมการที่ มีค่ามากกว่า 10% จะต้องนำค่าที่ได้ไปหักลดกับปริมาณการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในต้นไม้ตามอัตราส่วนในภาคผนวกที่ 2

**6.2** ความแตกต่างของการประเมินการกักเก็บคาร์บอน

วิธีการนี้ เป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ตามความแตกต่างระหว่างผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนจำนวนสองครั้ง ซึ่งวิธีการนี้ใช้ได้กับกรณีที่ค่ามวลชีวภาพจากการประเมินทั้งสองครั้งไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่น มีการเก็บเกี่ยวหรือรบกวนในชั้นภูมิหลังจากการประเมินครั้งแรก ทำให้เกิดการกระจายของมวลชีวภาพในชั้นภูมิใหม่

การประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้และค่าความไม่แน่นอน แสดงดังสมการ ดังนี้

เมื่อ

= การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ระหว่างสองเวลา t1

และ t2 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= ปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ณ เวลา t1

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า)

หมายเหตุ

1. การทวนสอบครั้งแรก กำหนดให้เท่ากับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ก่อนเริ่มโครงการ

อย่างไรก็ตาม อาจกำหนดค่าเท่ากับ 0 ถ้าเข้าข่ายตามเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนเป็นศูนย์ในกรณีฐาน

1. *แม้ว่า ถูกทำให้เป็นค่าอนุรักษ์นิยม* (conservative) *จากการทวนสอบครั้งก่อนหน้า* แต่การประเมินในครั้งนี้ให้ใช้ค่า ที่ตรวจวัดได้ (ไม่ถูกหักลด)

= ปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ณ เวลา t2

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= ค่าความไม่แน่นอนของ

= ค่าความไม่แน่นอนของ และ ตามลำดับ

หากความไม่แน่นอนที่ประเมินมีค่ามากกว่า 10% จะต้องนำค่าที่ได้ไปหักลดกับปริมาณการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในต้นไม้ ตามอัตราส่วนในภาคผนวกที่ 2

**6.3**การประเมินจากสัดส่วนการปกคลุมเรือนยอดของไม้ยืนต้น

วิธีการนี้จะใช้เฉพาะ***การประเมินการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนในกรณีฐาน***ที่มีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ซึ่งประเทศไทยนิยามว่า “ป่าไม้” ต้องมีการปกคลุมของเรือนยอดตั้งแต่ร้อยละ 30 ดังนั้น การดำเนินโครงการปลูกป่าสามารถใช้การประเมินจากสัดส่วนของการปกคลุมของเรือนยอดได้เมื่อกรณีฐานมีการปกคลุมของเรือนยอดของไม้ยืนต้นในพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ6 (หมายถึง การปกคลุมของเรือนยอดต่ำกว่าร้อยละ20 ของร้อยละ30 = 0.2x0.3 = 0.06)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของไม้ยืนต้นในกรณีฐานดำเนินการดังนี้

เมื่อ

= การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปีของปริมาณคาร์บอนของต้นไม้

กรณีฐาน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

= การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปีของปริมาณคาร์บอนของต้นไม้

กรณีฐานในชั้นภูมิ i(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

= สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้(ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง)

= ค่าคงที่ของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

ของพื้นที่ป่าไม้ประเภทเดียวกัน (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อปี)

หมายเหตุ มวลชีวภาพของต้นไม้อาจถึงสภาวะคงที่ซึ่งเกิดจากช่วงการเจริญเติบโตที่คงที่ของหมู่ไม้จะมีค่าเป็นศูนย์หรือไม่มีนัยสำคัญซึ่งเป็นลักษณะทางชีววิทยาการเติบโตของต้นไม้ ประเมินจากค่าคงที่ของอัตราความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพ

ดังนั้น กำหนดให้เท่ากับ0 เมื่อมวลชีวภาพของต้นไม้ในกรณีฐานถึงสภาวะคงที่โดยระยะเวลาที่มวลชีวภาพคงที่คือ 20 ปี หลังจากเริ่มโครงการปลูกป่า เว้นแต่จะมีการให้ข้อมูลที่โปร่งใสและตรวจสอบได้เพื่อพิสูจน์ปีที่แตกต่างกัน

= สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ (Root-shoot ratio)

ของต้นไม้ในกรณีฐาน (ไม่มีหน่วย)

= การปกคลุมของเรือนยอด (crown cover) ของไม้ยืนต้นใน

กรณีฐานในชั้นภูมิ i ในช่วงเริ่มต้นโครงการแสดงเป็นเศษส่วน

(เช่นการปกคลุมของเรือนยอดร้อยละ 10 หมายถึง = 0.10 (ไม่มีหน่วย)

= พื้นที่กรณีฐานในชั้นภูมิ i (ไร่) จำแนกตามการปกคลุมของ

เรือนยอดของต้นไม้เมื่อเริ่มกิจกรรมโครงการ

**6.4**การแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น “ไม่ลดลงจากเดิม”

วิธีการนี้จะใช้เฉพาะการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในต้นไม้จาก***การดำเนินโครงการ*** โดยเจ้าของโครงการจะต้องแสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนในไม้ยืนต้นในชั้นภูมิใดชั้นภูมิหนึ่งหรือทั้งหมดไม่ลดลงจากการตรวจสอบครั้งก่อนหน้าโดยหาความสัมพันธ์จากมวลชีวภาพของต้นไม้ และพิสูจน์ว่า

1. ไม่มีการตัดฟันไม้ออกจากพื้นที่ภายหลังจากการทวนสอบครั้งก่อนหน้า
2. หมู่ไม้ไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น โรคและแมลง ไฟป่า เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดการลดลงของปริมาณคาร์บอนในหมู่ไม้
3. ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลหรือการสำรวจเพื่อแสดงการปกคลุมของเรือนยอดหรือการคงอยู่ของหมู่ไม้ภายหลังจากการทวนสอบครั้งก่อนหน้า

ในกรณีที่แสดงให้เห็นว่าเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งสามข้างต้นในแต่ละชั้นภูมิของหมู่ไม้ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนของต้นไม้ในชั้นภูมินั้นอาจยึดหลักความอนุรักษ์โดยประเมินเป็นศูนย์

หมายเหตุกรณีนี้เหมาะสมกับกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการต้องการยื่นเอกสารในขั้นตอนการทวนสอบและรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก ณ เวลาที่มวลชีวภาพของหมู่ไม้เพิ่มขึ้น แต่อาจไม่คุ้มค่าหากต้องมีการสำรวจ เช่น เมื่อต้องมีการทวนสอบและรับรองเครดิตเป็นระยะๆ เพื่อตรวจสอบความใช้ได้ของเครดิตที่ได้รับการรับรองแล้ว และคาดว่าจะมีเครดิตที่ได้รับการรับรองใหม่ไม่มากนัก

## 6.5 อื่น ๆ ตามที่ อบก. พิจารณาเห็นชอบ

ผู้พัฒนาโครงการสามารถเสนอวิธีการคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของต้นไม้วิธีการอื่นได้ โดยเสนอให้ อบก. พิจารณาและให้ความเห็นชอบ และต้องแสดงวิธีการคำนวณ รวมถึงการประเมินความไม่แน่นอน วิธีการติดตามผล และการทวนสอบด้วย

# 7. การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้รุ่น ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้รุ่น ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ใช้วิธีการประเมินจากแปลงตัวอย่างเหมือนกับการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ ได้แก่ การวางแปลงสำรวจแบบเป็นชั้นภูมิและการวัดซ้ำในแปลงตัวอย่างถาวร โดยใช้แปลงตัวอย่างเดียวกับการสำรวจต้นไม้ โดยไม่หักลดค่าความไม่แน่นอน ดังนี้

การประเมินปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้รุ่นสมการดังนี้

เมื่อ

= ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้รุ่น

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้(ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง) = ปริมาณมวลชีวภาพในไม้รุ่น (ตันน้ำหนักแห้ง)

= พื้นที่ในชั้นภูมิ (ไร่)

= ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในไม้รุ่นต่อไร่ (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

= อัตราส่วนพื้นที่ในชั้นภูมิ i (Ai) ต่อผลรวมของพื้นที่โครงการทั้งหมด

(เช่น Ai⁄A ) (ไม่มีหน่วย)

= ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในไม้รุ่นต่อไร่ในชั้นภูมิ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

# 8. การประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของไม้รุ่น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของไม้รุ่นจากการวางแปลงตัวอย่าง ดังนี้

เมื่อ

= การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในไม้รุ่น

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง)

= การเปลี่ยนแปลงปริมาณมวลชีวภาพในไม้รุ่น (ตันน้ำหนักแห้ง)

= พื้นที่โครงการ (ไร่)

= การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในไม้รุ่นต่อไร่

(ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

= อัตราส่วนพื้นที่ในชั้นภูมิi (Ai)ต่อผลรวมของพื้นที่โครงการทั้งหมด

(เช่น Ai⁄A )(ไม่มีหน่วย)

= การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้รุ่น

ต่อไร่ในชั้นภูมิที่ i (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

# 9. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

## 9.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | , |
| หน่วย | ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง |
| ความหมาย | สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use  ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร  ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | , |
| หน่วย | ตันน้ำหนักแห้งของรากต่อตันน้ำหนักแห้งของต้น |
| ความหมาย | สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4Agriculture, Forestry and Other Land Use  ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนา โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร  ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | 44/12 |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | มวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอนเพื่อแปลงหน่วยจากตันคาร์บอนเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ |
| แหล่งของข้อมูล | - |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| หน่วย | ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ |
| ความหมาย | ค่าคงที่เฉลี่ยของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้ประเภทเดียวกัน |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use  ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร  ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| หน่วย | ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อปี |
| ความหมาย | ค่าคงที่ของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้ประเภทเดียวกัน |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use  ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร  ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

## 9.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | A |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่โครงการทั้งหมด |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่  - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตาม | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Ai |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจข้อมูลตัวอย่างเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน |
| แหล่งของข้อมูล | - การกำหนดขนาดพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการ  - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตาม | ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| หน่วย | ไม่มีหน่วย |
| ความหมาย | การปกคลุมของเรือนยอด (crown cover) ของไม้ยืนต้นในชั้นภูมิ i ในกรณีฐาน |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่  - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตาม | ตรวจวัดเพียงครั้งเดียว ก่อนเริ่มต้นโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

# 10. 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. T-VER tool: T-VER-TOOL-FOR/AGR-01 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration) (ฉบับที่ 4)
3. 2006 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. คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ (2554)

**ภาคผนวก**

# ภาคผนวกที่ 1 นิยามที่เกี่ยวข้อง

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ความไม่แน่นอน (uncertainly) | ความไม่แน่นอนของค่ากลางของพารามิเตอร์ที่ประมาณไว้ซึ่งเท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานโดยประมาณของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 หารด้วยค่าเฉลี่ย แสดงเป็นร้อยละ เพื่อใช้ประเมินและควบคุมความไม่แน่นอนของการสุ่มตัวอย่าง  ตัวอย่าง   |  |  |  | | --- | --- | --- | | ค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ | = | 45.328 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ | | จำนวนแปลงตัวอย่าง (Sample size) | = | 34 | | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | = | 12.776ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ | | ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานโดยประมาณของค่ากลาง  (The estimated standard error of the mean: SEM) | = | 12.776/ | | = | 2.191 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ | | SEM ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 | = | 2.191 x t(0.1,33) | | = | 2.191 x 1.692 | | = | 3.707ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ | | ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้มีความไม่แน่นอน | =  = | (3.707/45.328) ×100  8.18 % | |
| ค่าอนุรักษ์นิยม (conservative value of a parameter) | ค่าซึ่งเมื่อใช้ในการคำนวณมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้เกิดการประเมินค่าไม่สูงเกินไป หรือ การประเมินพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต้องยึดหลักความอนุรักษ์ |
| ชนิด (species) | ชนิดของพันธุ์พืชที่ปลูกในพื้นที่โครงการ สามารถอ้างอิงกลุ่มชนิดที่ใกล้เคียงกัน ในการประเมินมวลชีวภาพ เช่น การเลือกใช้สมการ แอลโลเมตรี เป็นต้น |
| ต้นไม้ (tree) | ต้นไม้ หรือ ไม้ยืนต้น หรือไม้ที่มีเนื้อไม้ และอายุยืนยาวหลายปีมีความสูงเกิน 1.30 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.50 เซนติเมตรขึ้นไปยกเว้นไม้พุ่ม |
| มวลชีวภาพต่อพื้นที่  (plot biomass) | มวลชีวภาพของต้นไม้ต่อพื้นที่ 1 ไร่ |
| มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (aboveground biomass) | น้ำหนักแห้งของทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล |
| มวลชีวภาพใต้ดิน (belowground biomass) | น้ำหนักแห้งของส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน  กรณีป่าชายเลน หมายถึง มวลชีวภาพของรากทั้งใต้ดิน และบนดิน |
| ไม้รุ่น (sapling) | ต้นไม้ที่เป็นไปตามคำจำกัดความของต้นไม้ ซึ่งมีความสูงเกิน 1.30 เมตร แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.50 เซนติเมตร |
| สมการแอลโลเมตรี (allometric equations) | สมการแอลโลเมตรี คือ สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลาง และ/หรือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ ซึ่งใช้คำนวณน้ำหนักแห้งของต้นไม้ |
| เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (Diameter at Breath Height: DBH) | เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้วัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน หรือตามเงื่อนไขสมการประเมินมวลชีวภาพที่เลือกใช้กำหนดไว้ |

# ภาคผนวกที่ 2 การใช้ส่วนลดความไม่แน่นอน

ผลการคำนวณที่มีความไม่แน่นอนสูงสามารถนำไปใช้ได้ต่อเมื่อการประเมินดังกล่าวเป็นแบบอนุรักษ์นิยมภาคผนวกนี้แสดงขั้นตอนสำหรับการใช้ส่วนลดความไม่แน่นอนเพื่อทำให้ค่าการประเมินของพารามิเตอร์เป็นแบบอนุรักษ์นิยม (เช่น ปริมาณคาร์บอนในต้นไม้)

เมื่อค่าความไม่แน่นอนในค่าเฉลี่ยของการประเมินของพารามิเตอร์มากกว่าร้อยละ 10 ค่าเฉลี่ยจะถูกปรับเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากร้อยละของความไม่แน่นอน ดังนี้

ปัจจัยส่วนลดของความไม่แน่นอน (uncertainty discount factors)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ความไม่แน่นอน (Uncertainty: U)** | **ส่วนลด**  **(ร้อยละของความไม่แน่นอน)** | **การนำไปใช้** |
| U ≤ 10% | 0% | **ตัวอย่าง**  ค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพ=60 ± 9 ตันน้ำหนักแห้ง/ไร่  ค่าความไม่แน่นอน = 9/60 x 100  = 15%  ส่วนลด = 25% x 9  = 2.25 ตันน้ำหนักแห้ง/ไร่  การคำนวณส่วนลดโดยยึดหลักความอนุรักษ์ ดังนี้  กรณีฐาน = 60+2.25  = 62.25 ตันน้ำหนักแห้ง/ไร่  การดำเนินโครงการ = 60-2.25  = 57.75 ตันน้ำหนักแห้ง/ไร่ |
| 10<U≤15 | 25% |
| 15<U≤20 | 50% |
| 20<U≤30 | 75% |
| U>30 | 100% |

# ภาคผนวกที่ 3 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และความชันของกราฟการถดถอย

*เมื่อ = ความชันของกราฟการถดถอย*

*= ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง*

*= ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง*

*= ตัวแปรอิสระ(x)*

*= ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ (x)*

*= ตัวแปรตาม(y)*

*= ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (y)*

*n = จำนวนค่าข้อมูลในแต่ละชุดข้อมูล*

|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 01 | - | 1 มีนาคม 2566 | ปรับแก้ไขจาก TVER-TOOL-01-02 |