



KWANTITATIEVE BEPALING VAN HOUTIGE BIOMASSA OP HET TERREIN

**Aanbevelingen en hulpmiddelen om
houtige biomassa beter in te schatten**

Bert Geeraerts

Colofon

Dit rapport is een gezamenlijke uitgave van het Agentschap voor Natuur en Bos en van inverde

Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel

www.natuurenbos.be – www.inverde.be

Contact: info@inverde.be

Dit rapport is opgemaakt in het kader van het KOBÉ-project. KOBÉ staat voor KennisOndersteuning bij Beheer en Economie van natuur-, groen- en bosdomeinen. KOBÉ is een samenwerkingsproject tussen het Agentschap voor Natuur en Bos en inverde. Dit rapport is een werkdocument, en weerspiegelt niet noodzakelijk de standpunten of de werking van het Agentschap voor Natuur en Bos en inverde.

Auteur: Bert Geeraerts

Werkten mee aan dit rapport: Willy Verbeke (inverde), Ruben Gybels (ANB), Michel Broeckmans (ANB), Jan Wellekens (ANB), Johan Van Hertem (ANB), Marcel Van Waerebeke (ANB), Bert Geeraerts (inverde), Alexandra Mannaert (inverde)

Groepswerk KUL: Bruno Verbist, Bart Muys, Annamaria Clijsters, Maxime Deberdt, Lies Elsen, Mathias Leman, Kobe Tielens, Kaat Vandecasteele, Jef Vangeenberghe

Uitgave: januari 2014

Dit rapport is ook beschikbaar op de website van het inverde-expertisecentrum (www.inverde.be) en op het ANB-intranet (<http://teamIne.vlaanderen.be/anb/intranet/Paginas/default.aspx>)

Overname van tekst uit dit rapport kan mits correcte bronvermelding.

Citeren als: Bert Geeraerts (2014). KOBÉ-project B12: Kwantitatieve bepaling van houtige biomassa op het terrein. Aanbevelingen en hulpmiddelen om houtige biomassa beter in te schatten.

INHOUD

Inleiding.	9
-----------------	---

Deel1: Houtige biomassa inschatten

1	Waarom vooraf inschatten?	10
1.1	Weten wat je koopt	10
1.1.1	Voor de koper van de houtige biomassa	10
1.1.2	Voor de aannemers van beheerwerken	10
1.2	Weten wat je verkoopt.....	10
1.2.1	Het uitwerken van een langetermijnvisie.....	11
1.2.2	Prijsbepaling bij opdrachten	11
1.3	Het aantonen van fraude of diefstal.....	11
2	Naar een betere inschatting.....	12
2.1	Het bepalen en kwantificeren van de proefvlakken	12
2.1.1	Hoe worden de proefvlakken nu gekozen?.....	12
2.1.2	Hoe zouden we dit kunnen verbeteren?	13
2.1.3	Een alternatief voor de proefvlakken en het meten van alle bomen	14
2.2	Het bepalen van de diameter.....	15
2.3	Het bepalen van de boomhoogte.....	15
2.4	Het bepalen van de oppervlakte.....	16
2.4.1	Hoe wordt de oppervlakte nu ingeschat?.....	16
2.4.1	Hoe zouden we dit kunnen verbeteren?	16
2.5	Het type houtige biomassa	17
2.6	Achteraf het volume inschatten.....	17
3	Houtige biomassatypes	18
3.1	Bosrandbeheer en zeer takkige bomen	18
3.1.1	Kenmerken van dit type houtige biomassa	18
3.1.2	Waar op letten bij het meten?	19
3.2	Eerste dunningen en zuiveringen in bossen	19
3.2.1	Kenmerken van dit type houtige biomassa	19
3.2.2	Waar op letten bij het meten?	20
3.3	Heideherstel bij verboste heideterreinen	20
3.3.1	Kenmerken van dit type houtige biomassa	20
3.3.2	Waar op letten bij het meten?	20
3.4	Traditioneel hakhout met vrij korte omloop	21

3.4.1	Kenmerken van dit type houtige biomassa	21
3.4.2	Waar op letten bij het meten?	21
3.5	Kwalitatief laag hout door rot of verkleuring	22
3.5.1	Kenmerken van dit type houtige biomassa	22
3.5.2	Waar op letten bij het meten?	22
3.6	Kroonhout en takhout.....	23
3.6.1	Kenmerken van dit type houtige biomassa	23
3.6.2	Waarop letten bij het meten?	23

Deel 2: Tools

1	Oppervlakte- en volumebepaling	
1.1	Voor de oppervlaktebepaling	24
1.1.1	GPS (Global Positioning System).....	24
1.1.2	Google Earth	25
1.1.3	GIS (Geografisch InformatieSysteem)	25
1.2	Voor het inschatten van hoeveelheden.....	25
1.2.1	IVANHO	25
1.2.2	Gegevens uit de boordcomputer van de harvester.....	26
2	Geavanceerde systemen voor volumeberekening van houtige vegetaties.....	27
2.2	LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging)	27
2.3	EMERGE.....	27
	(Élaboration de Modèles pour une Estimation Robuste et Générique du bois Énergie).....	27
3	Gegevens uit de literatuur	28
3.1	Biomassa expansie factoren	28
3.2	Aanwas- en productietabellen	29
3.3	Stapelfactoren	29
3.4	Verchipfactoren	32
4	Rekenbladen	33
4.1	Soorten rekenbladen	33
4.2	Waarvoor kan je de rekenbladen gebruiken?	33
4.2.1	Rekenbladen voor houtige biomassa op stam	33
4.2.2	Rekenbladen voor onverchipte en verchipte hopen houtige biomassa	35
4.2.3	Rekenbladen om het kroonvolume in te schatten	36
	Nederlandse samenvatting	33

	Literatuurlijst	34
--	------------------------------	----

	Bijlagen	38
--	-----------------------	----

INLEIDING

Uit recente KOBÉ-experimenten (KennisOndersteuning bij Beheer en Economie van natuur-, groen- en bosdomeinen) is gebleken dat in een aantal situaties, mits gunstige terreinomstandigheden, de exploitatie van houtige biomassa economisch rendabel is. Bij het inschatten van houtige biomassa werd echter geregeld vastgesteld dat met de conventionele methodes om het volume in te schatten er soms grote fouten gemaakt worden. Nochtans is een juiste inschatting van het volume bij de planning van beheerwerken en bij de vermarkting belangrijk. De kopers willen namelijk weten wat ze kopen, het Agentschap voor Natuur en Bos wil weten wat ze te koop aanbiedt.

Dit project wil hulpmiddelen aanbieden en inzichten delen om op basis van parameters waargenomen op het terrein de hoeveelheid houtige biomassa accurater in te schatten (in volume en/of gewicht).

Een alternatief is dat de hoeveelheid houtige biomassa na de beheerwerkzaamheden wordt bepaald bv. op de weegbrug aan de energiecentrale. Dit is uiteraard een correcte manier om het volume in te schatten, maar vaak willen we de situatie vooraf ook kennen om bv. fraude te vermijden of om een idee te krijgen van het volume houtige biomassa dat vrijkomt na een beheerwerk.

In de eerste plaats werd een synthese gemaakt van de beschikbare informatie die over dit thema gekend was. Door middel van een literatuurstudie werd deze informatie door studenten van de faculteit bio-ingenieurswetenschappen in het kader van het opleidingsonderdeel: Biologische productiesystemen, uitgeschreven in een paper, 'Kwantitatieve bepaling van houtmassa op het terrein'. De informatie uit die studie werd deels verwerkt in dit eindrapport.

Omdat niet alle vragen met de literatuurstudie beantwoord konden worden, werden nog een aantal terreinexperimenten uitgewerkt. Onder andere de kalibratie van de stapelfactoren voor hopen onverchipte stammen en takken diende nog verder onderzocht te worden. Hiervoor werden experimenten uitgevoerd in het 'Schulensmeer' in Lummen en gegevens verzameld uit beheerwerken in Limburg en Antwerpen.

DEEL 1. HOUTIGE BIOMASSA INSCHATTEN

1 Waarom vooraf inschatten?

1.1 Weten wat je koopt

Als je iets koopt dan wil je ook weten wat en hoeveel je koopt. In dit hoofdstuk geven we een aantal redenen waarom het interessant is om de hoeveelheden houtige biomassa in te kunnen schatten voor de koper maar ook voor onszelf.

1.1.1 Voor de koper van de houtige biomassa

Vooraleer een potentiële koper van hout, andere bosproducten en in dit geval houtige biomassa een bod wil doen zou hij graag weten wat en hoeveel hij koopt. Als de hoeveelheid gekend is, kan er namelijk gemakkelijker ingeschat worden of de oogst voor hem rendabel is. Dit is nog meer het geval bij de oogst van houtige biomassa (energiehout) dan bij werk- en industriehout. De marges zijn daar zeer klein en de koper wil het risico niet lopen dat hij moet oogsten met verlies.

1.1.2 Voor de aannemers van beheerwerken

Door de moeilijke inschatting van houtige biomassa zal de inschrijver vaak een aannemingsprijs opgeven waar de mogelijke opbrengsten uit houtige biomassa nog niet of niet optimaal werden verrekend. Dit hoeft niet meteen een probleem te zijn, nogal wat aannemers willen hun prijs zo scherp mogelijk stellen en proberen hier op in te spelen door toch een inschatting te maken van de mogelijke opbrengsten uit houtige biomassa of ze zullen aanbieden om dit desnoods achteraf te verrekenen.

1.2 Weten wat je verkoopt

Momenteel blijkt dat de hoeveelheden houtige biomassa vaak onder- of overschat worden. Met een juistere inschatting van het volume houtige biomassa zouden we beter kunnen inschatten hoeveel we te koop aanbieden en kunnen we een correctere prijs bedingen. Bovendien kan het helpen om fraude te ontdekken en/of uit te sluiten.

1.2.1 Het uitwerken van een langetermijnvisie

Indien we het oogstbare potentieel beter zouden kunnen inschatten dan kan dit een grote hulp zijn bij de verkoop van hout of bij het plannen van bepaalde beheerwerken. Het kan helpen bij het uitwerken van een visie op langere termijn zodat mogelijke inkomsten of verliezen door de oogst en verwerking van houtige biomassa beter in kaart gebracht kunnen worden.

1.2.2 Prijsbepaling bij opdrachten

Zoals hierboven reeds werd aangehaald kan een inventarisatie van het oogstbare potentieel en het in kaart brengen van de geografische spreiding ervoor zorgen dat we bepaalde werken waarbij houtige biomassa vrijkomt kunnen samenvoegen tot één grote opdracht. Hierdoor kunnen bepaalde kosten zoals het transport van machines, bereikbaarheid, ... beperkt worden en kan er een lagere aannemingsprijs bedongen worden. Bovendien zorgt het samenvoegen van kleine volumes tot een groter volume voor een efficiënter gebruik van brandstof, zodat ook de CO₂-balans positiever wordt.

Een juistere inventarisatie van het oogstbare potentieel aan houtige biomassa kan ons helpen om een strategie te ontwikkelen die waarschijnlijk niet noodzakelijk de opbrengsten uit houtige biomassa zal doen stijgen maar wel de kosten voor het beheer kan verkleinen.

1.3 Het aantonen van fraude of diefstal

Hoewel we met dit project onze focus niet op de preventie van fraude en diefstal willen leggen, kan het (beter) inschatten van de houtige biomassa hieraan toch een belangrijke bijdrage leveren. Integendeel van wat men zou vermoeden is het zeker niet altijd de exploitant of koper die de diefstal pleegt. De diefstal vindt meestal plaats op de stapelplaats, omdat daar snel en zonder al te veel moeite grote partijen hout of houtige biomassa weggenomen kunnen worden zonder dat dit meteen opvalt.

In dit eindrapport zijn een aantal tools opgenomen die een controle zouden kunnen ondersteunen.

2 Naar een betere inschatting

Volumes van houtige biomassa (energiehout) op het terrein zijn vaak moeilijk in te schatten. Over- of onderschatting van het volume is dan ook meer regel dan uitzondering. Dit is enigszins te verklaren doordat de huidige meettechnieken wel geschikt zijn voor homogene bestanden, maar minder tot niet voor het kwantificeren van houtige biomassa. De meeste bestanden met houtige biomassa zijn namelijk zeer heterogeen.

De onder- of overschatting wordt nog versterkt doordat de kennis over het inschatten van volumes houtige biomassa minder groot is dan deze voor het kwantificeren van werk- en industriehout. Bovendien worden deze laatste gemeten wanneer er een zekere stabiliteit in het bestand heerst (na ongeveer 20 jaar) wat de volumebepaling representatiever maakt.

Een juistere inschatting van het volume begint bij het kiezen van de proefvlakken, het juist meten van de oppervlakte, het bepalen van de diameter en de boomhoogte... . Dit hoofdstuk behandelt de randvoorwaarden die een inschatting beïnvloeden en doet voorstellen zodat we ze in de praktijk beter onder controle krijgen.

2.1 Het bepalen en kwantificeren van de proefvlakken

Bij het opmeten van volumes houtige biomassa op het terrein wordt er meestal gebruik gemaakt van gestandaardiseerde bestandopnames met proefvlakken. Toch zou een volumebepaling volgens de klassieke methode de juistheid van de volumebepaling verbeteren. Bij deze methode worden namelijk alle bomen gemeten. In de praktijk is het echter vaak onbegonnen werk om elke individuele boom of struik te meten. De kosten van de arbeidstijd zouden niet opwegen tegen de baten. Het is dan ook eerder uitzonderlijk dat individuele bomen worden opgemeten, al kan men dit overwegen als het gaat om een beperkt aantal.

2.1.1 Hoe worden de proefvlakken nu gekozen?

Bijna alle proefvlakken worden gekozen op basis van de ervaring van de persoon die de bestandsopname uitvoert, waarbij we er van uit gaan dat de gekozen proefvlakken representatief zijn voor het ganse bestand.

Het bepalen van het volume houtige biomassa op het terrein begint met uit het uitzetten van enkele proefvlakken en het opmeten van het volume dat er in deze proefvlakken aanwezig is, vervolgens extrapoleren we deze hoeveelheden naar het ganse bestandsoppervlak. Het is in de praktijk echter zeer moeilijk om in te schatten in hoeverre de gekozen proefvlakken voor deze, vaak beperkte volumes, een representatief beeld opleveren.

Ook de hoeveelheid en de grootte van de proefvlakken heeft een invloed. Hoe minder en kleiner de proefvlakken, hoe groter de onder- of overschatting. Om de efficiëntie van de opnames te

vergroten wordt er slechts een beperkt aantal proefvlakken geselecteerd en opgemeten wat uiteraard de foutenmarge vergroot.

Er zijn natuurlijk uitzonderingen, waarbij enkele goed gekozen proefvlakken al een vrij accurate meting van het volume kunnen opleveren bv.: als het gaat om een homogene naaldhoutbestand.

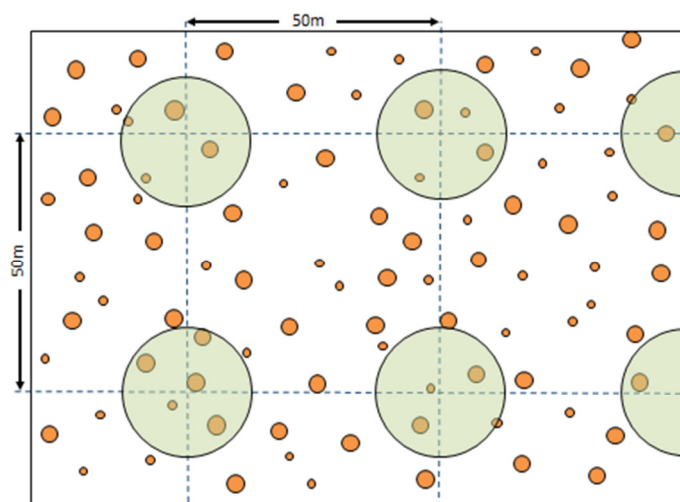
2.1.2 Hoe zouden we dit kunnen verbeteren?

Zoals we hierboven al aangehaald hebben zijn er bij het gebruik van proefvlakken tamelijk wat variabelen die een ongunstig effect hebben op het meetresultaat. Hoe kunnen we vermijden dat ze de volumebepaling nadelig beïnvloeden?

2.1.2.1 De verdeling en het aantal proefvlakken.

Niet zelden is het bepalen van de proefvlakken een subjectief gegeven. Bij de keuze worden vaak proefvlakken genomen die zo optimaal mogelijk bezet zijn met begroeiingen, met de heterogeniteit van het terrein wordt echter minder rekening gehouden. Men moet kritisch durven zijn en inschatten in hoeverre de gekozen proefvlakken representatief zijn voor het ganse bestand.

In Duitsland heeft het Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Freiburg i BR. (© 2005) daarom een softwarepakket (STIPSI = Stichprobensimulator) ontwikkeld dat zelf de proefvlakken uitkiest. Door de proefvlakken gelijkmatig over het terrein te verdelen (zie tekening onder) bekommen we een betere spreiding en een betrouwbaarder resultaat. Bij deze manier van proefvlakbepaling is het aantal proefvlakken dat nodig is afhankelijk van de grootte van het bestand. Hoe groter de oppervlakte hoe meer proefvlakken.



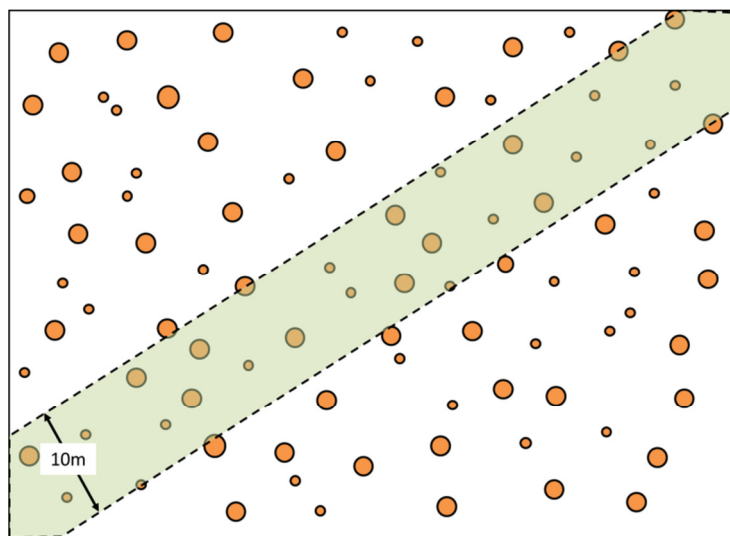
Tekening 1: Een gelijkmatige verdeling van de proefvlakken over het terrein zorgt voor een juistere inschatting van het volume

2.1.2.2 De grootte van de proefvlakken en het aantal gemeten bomen

De grootte van een proefvlak en het aantal gemeten bomen zijn afhankelijk van de heterogeniteit. Hoe groter die is, hoe groter het proefvlak moet zijn. Homogene bestanden kunnen al nauwkeurig zijn bij proefvlakken van 10 are, voor heterogene bestanden moeten de proefvlakken minstens 15 are groot zijn. Elk proefvlak moet in ieder geval minstens 20 tot 30 bomen bevatten om representatieve volumes op te kunnen leveren.

2.1.3 Een alternatief voor de proefvlakken en het meten van alle bomen

Bij het gebruik van proefvlakken voor de volumebepaling zijn er veel beperkingen. Wanneer is een proefvlak representatief voor het ganse terrein, hoeveel proefvakken moeten er gemeten worden om betrouwbare gegevens te bekomen Daarom is er naast de volumebepaling volgens de klassieke methode (meting van alle bomen) nog een alternatief, de dwarsstrookmeting. Bij deze manier van volumebepalingen wordt een strook van 10 meter breed dwars door het bestand getrokken. Alle bomen binnen deze strook worden gemeten en geïnventariseerd.



Tekening 2: de dwarsstrookmeting voor volumebepaling

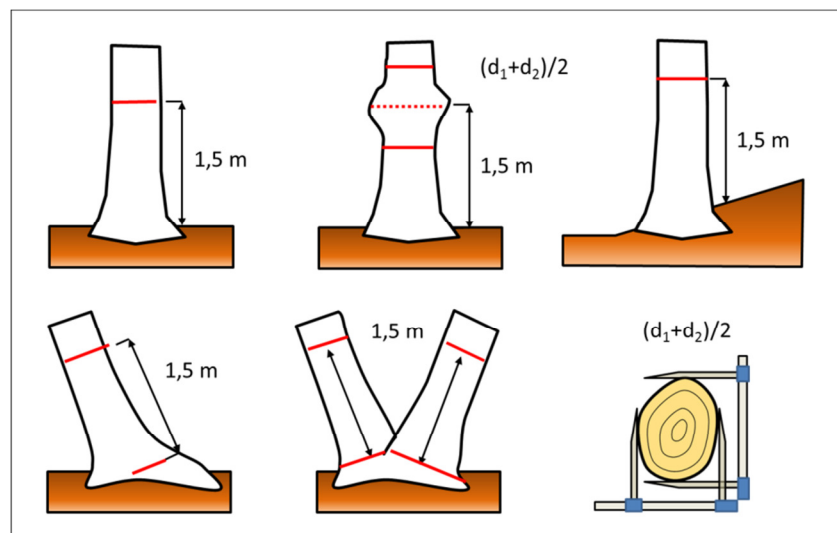
Door dwars door het bestand te trekken bekomt men een vrij goed beeld van de verschillende dichtheden in het bestand. Het is uiteraard niet zo nauwkeurig als de klassieke meting, maar wel eenvoudiger uit te voeren.

2.2 Het bepalen van de diameter

De diameter van een boom kan je met een elektronische meetklem bepalen. Het voordeel van een elektronische meetklem is dat ze in staat is om de metingen in een geheugen op te slaan, zodat deze niet langer genoteerd moeten worden door de bestandsopnemer. Hierdoor kan er sneller gewerkt worden. Alle gegevens kunnen achteraf mits de nodige software, snel verwerkt worden op een laptop. Bovendien kunnen vergissingen bij het overschrijven van gegevens beperkt worden.

Een ander mogelijk voordeel, omdat er sneller gewerkt kan worden, is dat men sneller geneigd zal zijn om meer diameterbepalingen uit te voeren, wat de nauwkeurigheid van de volumebepaling ten goede komt.

Omdat de stam bij sommige typen houtige biomassa grillig en asymmetrisch van vorm is, zijn er een aantal dingen waar op gelet moet worden om nauwkeurig te kunnen meten.

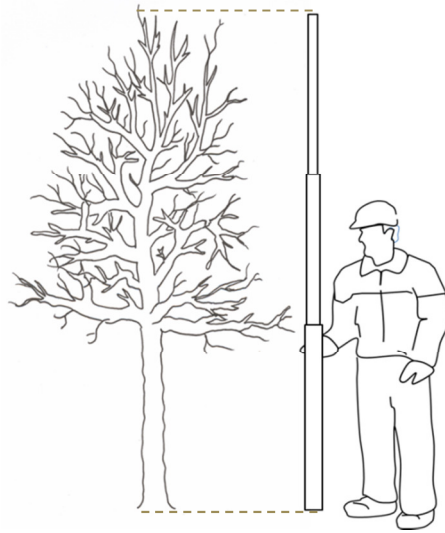


Tekening 3: Bij het bepalen van de diameter moet er rekening gehouden worden met scheefstand, grillige vormen, ... om juist te kunnen meten.

2.3 Het bepalen van de boomhoogte

De hoogtes van bomen en struiken in een bestand kunnen onderling sterk variëren het is dan ook onslachtig om voor elke diameterklasse en soort een hoogtemeting uit te voeren.

Hoogtemeters zoals Suunto en Blume-Leiss zijn hier niet efficiënt omdat er altijd een baak voor de ijking opgesteld moet worden voor je de hoogte kan inschatten en de boompjes slechts een beperkte hoogte hebben. Dat maakt het zeer arbeidsintensief als je meerdere metingen moet uitvoeren. Er bestaat hiervoor echter een alternatief, de telescopische meetstok. Om een hoogtemeting te kunnen uitvoeren met dit meetinstrument moet je met twee personen zijn een die de stok bedient en een die van op een afstand controleert of de hoogte juist gemeten wordt. Een telescopische meetstok kan hoogtes meten tot 8 meter. Hij kan uitgerust worden met een geheugenmodule zodat alle opgemeten data verzameld en achteraf verwerkt kunnen worden.



Tekening 4: Meten van de boomhoogte met een telescopische meetstok

2.4 Het bepalen van de oppervlakte

Naast het juist inschatten van het volume is het juist kunnen inschatten van de oppervlakte belangrijk. Bij de extrapolatie van het volume per proefvlak naar het volume van het ganse terrein kunnen ook fouten ontstaan indien de oppervlaktemetingen niet accuraat worden uitgevoerd.

2.4.1 Hoe wordt de oppervlakte nu ingeschat?

Voor het inschatten van de oppervlakte van het bestand wordt meestal gebruik gemaakt van GIS-gegevens of Google Earth. De hieruit berekende gegevens zijn vrij nauwkeurig. Ook met behulp van een GPS met een oppervlakteberekening functie kunnen deze gegevens verzameld worden. Een GPS is in de nauwkeurigheid beperkt tot 3 à 5 meter, de precisie is afhankelijk van de kwaliteit van de GPS en het aantal satellieten waarmee je op het moment van de berekening ontvangst hebt.

2.4.1 Hoe zouden we dit kunnen verbeteren?

De hierboven beschreven hulpmiddelen zijn precies genoeg om een juiste berekening van de hoeveelheid houtige biomassa mogelijk te maken. We geven in een de volgende hoofdstukken wel voorbeelden van technieken waarmee je de oppervlakte nauwkeurig kan meten (zie p. 22).

2.5 Het type houtige biomassa

Niet elk houtig biomassatype is op dezelfde manier in te schatten. Sommige zijn zelf zeer moeilijk in te schatten omdat bijvoorbeeld het volume dat ze hebben veel te klein is, zoals de houtige biomassa die vrijkomt bij het verwijderen van vliegdennen en berkjes op een heideterrein, of de vegetatie heeft een zeer grillige groeivorm, zoals bij randbomen. In het hoofdstuk "Houtige biomassatypen" (p. 16) wordt hier verder op ingegaan.

2.6 Achteraf het volume inschatten

Om het volume te bepalen kan je de biomassa ook gaan wegen op een weegbrug. Je moet dan wel het vochtgehalte kunnen bepalen met een vochtmeter en het soortelijk gewicht van de houtsoort kennen. Een betrouwbare rekenblad waar het soortelijk gewicht per vochtgehalte en boomsoort mee berekend kan worden is het rekenblad voor het bereken van parameters en prijzen van energiehout (Klima aktiv), gemaakt door het Oostenrijks energieagentschap. Uiteraard weet je dan pas na de oogst wat het totale volume of tonnage zal zijn. Voordeel van deze manier van volumebepaling is dat ze preciezer is.

Als het volume houtige biomassa vooraf niet ingeschat kan worden is het toch belangrijk om een eenheidsprijs per ton of m³ op te vragen bij de koper. Deze prijs kan al dan niet afhankelijk zijn van het vochtgehalte (houtsnippen), van een minimale aangeleverde hoeveelheid, transport- of laadkosten,... . Vergeet dit niet na te vragen en laat dit schriftelijk bevestigen.

3 Houtige biomassatypes

In dit deel gaan we dieper in op specifieke types houtige biomassa in Vlaanderen die in aanmerking komen voor verwerking tot energiehout. We proberen hierbij de kenmerken van het type houtige biomassa en de eventuele moeilijkheden en randvoorwaarden voor de volumebepaling van het desbetreffende biomassatype te verduidelijken.

3.1 Bosrandbeheer en zeer takkige bomen

De bosrand is de overgang tussen open terrein en het eigenlijke bos. Ze bestaat uit een zoom (ruigte), een mantel met struikachtige begroeiingen en randbomen. De randbomen zijn vaak zeer takkig en de takken staan vrij laag op de boomstam. De randbomen groeien vaak schuin naar buiten toe.



Foto 1: randbomen

3.1.1 Kenmerken van dit type houtige biomassa

De mantel bestaat uit diverse struiksoorten die elk een eigen groeivorm en –snelheid hebben. De bomen vertonen door de concurrentie om zonlicht een afwijkende groeivorm. Het hout wordt gekenmerkt door een takkige, asymmetrische en soms zelfs gedrongen groei. De stam is meestal gebogen en grillig van vorm en daardoor niet geschikt voor kwaliteitsvolle toepassingen. De grote verschillen in groeivormen onder de struiken en bomen van een bosrand maakt het inschatten van volumes niet eenvoudig.

3.1.2 Waar op letten bij het meten?

Bosranden hebben een geleidelijke overgang tussen zoom, mantel en bos zodat het vaak moeilijk te zien waar ze beginnen of ophouden. Bij homogene mantels kan je proefvlakken gebruiken. Bij randbomen zal de takkigheid het aandeel takhout en dus ook de biomassa expansiefactor, groter maken dan deze van bomen in een bosverband. Randbomen groeien meestal scheef en hebben vaker een ovale stamvorm, je zal hiermee moeten rekening houden bij het meten van de boomhoogte en de stamdiameter.

3.2 Eerste dunningen en zuiveringen in bossen

Hieronder verstaan we het hout dat vrijkomt bij een eerste dunning in jonge bosbestanden of bij het verwijderen van ongewenste jonge bomen in bosverband (zuivering). Hierbij hoort ook het hout dat vrijkomt bij het aanleggen van uitrij- en uitsleppistes om de exploitatie te vergemakkelijken.

3.2.1 Kenmerken van dit type houtige biomassa

Meestal zijn het dunne tot zeer dunne boompjes met een diameter op borsthoogte van maximaal 20 cm. In vele gevallen wordt er naast het energiehout ook industriehout uit geoogst. Hierdoor wordt het volume energiehout wel beperkt, maar de kost voor het oogsten kan er wel mee verlaagd worden.



Foto 2: aangeduide uitrijpiste voor een eerste dunning

De verhouding tussen spilhout (industriehout) en tak- en tophout kan berekend worden met het rekenblad: 'volumebepaling van kroonhout' (zie p. 34).

3.2.2 Waar op letten bij het meten?

Bij homogene bestanden is een eenvoudige volumebepaling met een minimum aan proefvlakken mogelijk. In de uitsleep- of ruimingspistes kan je het aantal bomen berekenen die ten behoeve van de piste verwijderd zullen worden. Het volume tophout is afhankelijk van de aftopdiameter. Het stamhoutvolume van de boom vermenigvuldigd met de biomassa expansiefactor geeft het totale volume stam- en takhout. Wil je enkel het takhoutvolume kennen, trek dan het stamvolume van het totale volume af.

3.3 Heideherstel bij verboste heideterreinen

Hout dat vrijkomt bij het verwijderen van houtige opslag in bestaande heideterreinen. Het gaat hier in hoofdzaak om sterk vertakte vliegdennen, kleine berken en struiken. Sporadisch kunnen hiertoe ook kleine groepen of solitaire exemplaren van andere soorten behoren.

3.3.1 Kenmerken van dit type houtige biomassa

De soorten die we hier vaak terug vinden zijn Eik, Berk en Grove den omdat deze gemakkelijk uitzaaien op de arme zandgrond. Indien de opslag periodiek verwijderd wordt, zal je na verloop van tijd kunnen vaststellen dat het aantal bomen en struiken dat nog tot ontwikkeling zal komen minder is en trager zal groeien. Dit komt omdat de zaadbank kleiner wordt en de bodem minder voedingsstoffen bevat.

3.3.2 Waar op letten bij het meten?

Gezien het zeer geringe volume dat vrijkomt bij dit type houtige biomassa is het onwaarschijnlijk dat zo'n volumebepaling vaak zal gebeuren. Het inschatten van het volume houtige biomassa is zeer arbeidsintensief en onrendabel. Enkel voor wetenschappelijke doeleinden om bv. de verschralingssnelheid van heideterreinen vast te stellen, kan dit interessant zijn. De meest efficiënte methode is om alle bomen en struiken af te zetten en te wegen, het vochtgehalte te bepalen met een vochtmeter en het soortelijk gewicht te kennen.

3.4 Traditioneel hakhout met vrij korte omloop

Hieronder valt het hout dat vrijkomt bij het periodiek afzetten van historische hakhoutstoven, met een omlooptijd van 6 tot 30 jaar.



Foto 3: hakhout met Essen

3.4.1 Kenmerken van dit type houtige biomassa

Op de stoof groeien meerdere stammen die meestal beperkte diameters hebben.

3.4.2 Waar op letten bij het meten?

De stammen staan over het algemeen schuin ingepland op de stoof, zodat ook hieraan extra aandacht besteedt moet worden bij het meten van de boomhoogte en de stamdiameter. Bovendien moet bij de inschatting van de boomhoogte voldoende rekening gehouden worden met het feit dat je een tiental cm boven de stoof moet meten. Dit is een buffer voor wanneer je de stoof nog moet afwerken en om inscheuren te vermijden wanneer er met machines geogst wordt, al is de inzet van machines hier af te raden omwille van het verhoogde risico op inscheuren en beschadigingen van de stoof.

3.5 Kwalitatief laag hout door rot of verkleuring

Dit is hout dat door natuurlijke invloeden zoals aantasting door insecten, schimmels, storm... of kunstmatige ingrepen zoals foute snoeiwijze, bodemverdichting... zodanig aangetast is of verkleurd dat het niet meer geschikt is voor kwaliteitsvolle toepassingen. Hiertoe kan ook hout behoren dat te lang onder ongunstige omstandigheden buiten opgestapeld heeft gelegen.



Foto 4: gestapeld laagwaardig energiehout

3.5.1 Kenmerken van dit type houtige biomassa

Dit is meestal hout dat op een stapelplaats is blijven liggen, al dan niet met de bedoeling om het te laten drogen. Tijdens die periode heeft het zich kunnen 'zetten' of heeft de aftakeling door het verrottingsproces het ruimtelijk volume verkleind. Dat betekent ook dat de stapelfactoren van zulke hopen hierdoor lager liggen dan bij vers gestapeld hout.

Indien het hout onder optimale omstandigheden heeft kunnen drogen dan ligt de energetische waarde hoger dan bij vers geoogst en verwerkt energiehout.

3.5.2 Waar op letten bij het meten?

Het ruimtelijk volume hout is kleiner geworden. Dit wil niet noodzakelijk zeggen dat er minder volvolume hout aanwezig is, althans voor zover het verrottingsproces nog niet te fel is doorgebroken. In ieder geval is het af te raden om hout dat verrot is nog te verwerken tot energiehout. Het hout zal een beduidend lagere energiewaarde opleveren en mogelijk ook niet meer te verchippen zijn.

3.6 Kroonhout en takhout

Onder kroonhout verstaan we het tak- en tophout dat vrijkomt bij het uitvoeren van een dunning of kapping en dat indien het verzameld wordt, verwerkt kan worden tot houtige biomassa. Het hoofddoel van deze dunning of kapping is in dit geval de productie van kwaliteitshout.



Foto 5: stapelplaats met tak- en tophout

3.6.1 Kenmerken van dit type houtige biomassa

Het volume kroonhout wordt bepaald door de hoeveelheid top- en takhout. Het topvolume wordt bepaald door de aftopdiameter, het takvolume door de biomassa expansiefactor.

3.6.2 Waarop letten bij het meten?

Op bestandsniveau: het rekenblad 'volumebepaling van kroonhout' houdt rekening met de verhouding spilhout en takhout. Indien je alle parameters invult (stamlengte werkhout, aftopdiameter industriehout, ...) zal je merken dat het rekenblad het oogstbare volume energiehout uit tak- en tophout zal weergeven voor het ganse bestand.

Op individueel niveau: het rekenblad kan ook de verhoudingen van het volume in een boom weergeven.

DEEL 2: TOOLS

1 Oppervlakte- en volumebepaling

Om een juiste inschatting te kunnen maken moeten we 2 dingen kennen:

1. De oppervlakte van de met houtige biomassa ingenomen ruimte
2. De hoeveelheid houtige biomassa per oppervlakte-eenheid

1.1 Voor de oppervlaktebepaling

In het volgende hoofdstuk maken we een opsomming van methoden die we kunnen gebruiken om een oppervlakte in te schatten.

1.1.1 GPS (Global Positioning System)

Er zijn GPS-toestellen die een functie hebben die de oppervlakte van een terrein kan berekenen. Deze manier van oppervlaktebepaling kan direct op het terrein gebruikt worden. Oppervlakten die onregelmatig van vorm zijn kunnen goed gemeten worden. De bedoeling is dat de omtrek van het terrein met de hand GPS helemaal rondom afgelopen wordt. Met een druk op de knop berekent de GPS dan de oppervlakte.



Foto 6: hand GPS

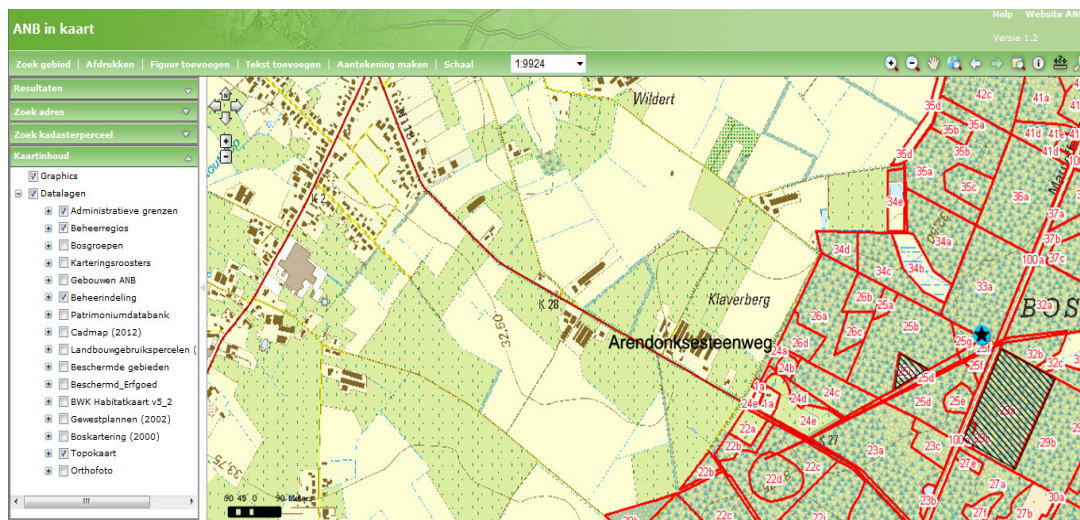
Nadeel is dat je wel ter plaatse moet gaan om de oppervlakte te kunnen inschatten. Een voordeel van deze methode is dat de gebruiker een idee krijgt van de heterogeniteit en vorm van het perceel. Voor grote oppervlakten, groter dan enkele aren, is het interessanter om een ander methode van oppervlaktebepaling te gebruiken.

1.1.2 Google Earth

Het gebruik van Google Earth geeft een snellere methode. Een groot voordeel is dat deze techniek voor iedereen beschikbaar is en vooral zeer goedkoop is. Het is echter niet mogelijk de heterogeniteit van het bos nauwkeurig waar te nemen.

1.1.3 GIS (Geografisch InformatieSysteem)

Een andere methode is het raadplegen van GIS-kaarten. Deze methode geeft een goede weergave van de percelen, maar het probleem van deze kaarten is de koppeling met de veldrealiteit. Bovendien zijn ze niet voor iedereen toegankelijk.



Afbeelding 1: Agentschap voor Geografische informatie Vlaanderen, ANB in kaart

1.2 Voor het inschatten van hoeveelheden

In de loop der jaren werden er heel wat gegevens verzameld over volumes en tonnages, hoewel het niet meteen de hoofddoelstelling was om er houtige biomassa mee te gaan inschatten. Toch kan deze informatie een goede referentie zijn om een vergelijking met andere terreinen mogelijk te maken.

1.2.1 IVANHO

Vanuit de databank INVANHO (Informatisering VAN de Houtverkoop, enkel toegankelijk voor het Agentschap voor Natuur en Bos), kunnen we per houtsoort volumes afleiden en linken aan vergelijkbare terreinen met dezelfde rijkdom (via bodemkaarten), bestandsontwikkeling (jaren) en gevoerd beheer. Uiteraard is dit eerder richtinggevend en moeten we dit juist interpreteren. We kunnen in deze databank, op dit ogenblik, echter nog geen opdeling maken tussen werk-, industrie- en energiehout. Dit zou echter zeer interessant zijn voor de inschatting van het volume energiehout in de eerste plaats, maar ook de verhouding werk- en industriehout. Bovendien zou het ons kunnen helpen om een beter inzicht te krijgen in die verhoudingen over

de jaren heen. Hieruit kunnen we dan tendensen afleiden die aanvullende informatie kunnen opleveren voor het beleid in de toekomst.

1.2.2 Gegevens uit de boordcomputer van de harvester

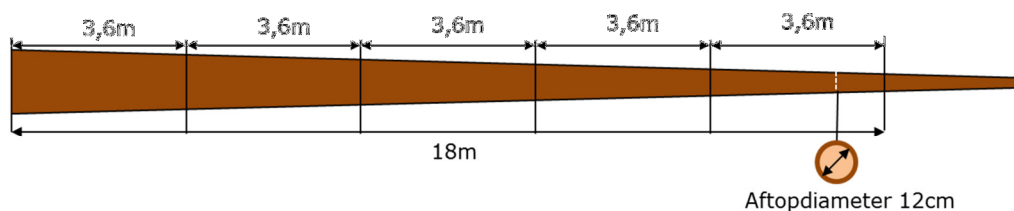
Harvesters zijn houtoogstmachines die vooral ingezet worden in homogene naaldboombestanden. Soms ook in loofhout, al is dat eerder uitzonderlijk. In de boordcomputer van een harvester kunnen een aantal criteria zoals de stamlengte en aftopdiameter



Foto 7 (links): Harvester, foto 8 (midden): velkop, meetwiel in het midden, foto 9 (rechts): boordcomputer met velgegevens

vastgelegd worden en gegevens zoals het volume, de oogstduur, het verbruik, ... verzameld worden. De lengte wordt gemeten door de meetwielen, de diameter door de stand van de loopwielen. De boordcomputer kiest de aftopdiameter die het dichtste bij de ingegeven sortimentlengte ligt.

Instellingen boordcomputer harvester:
sortimentlengte 3,6m
aftopdiameter 12cm
Aftoplengte 18m



Afbeelding 2: Harvester, instellingen boordcomputer en hoe er wordt afgetopt

Bij het oogsten met de harvester zal de boordcomputer enkel het geogoste volume van het spilhout berekenen. Het tak- en tophoutvolume wordt niet opgemeten.

2 Geavanceerde systemen voor volumeberekening van houtige biomassa

Om de efficiëntie van bestandsopnames te verhogen werden er in de loop der jaren systemen ontwikkeld die door middel van een krachtige laser en reflectiedetectoren een beeld vormen van het aandeel houtige biomassa dat zich in het terrein bevindt.

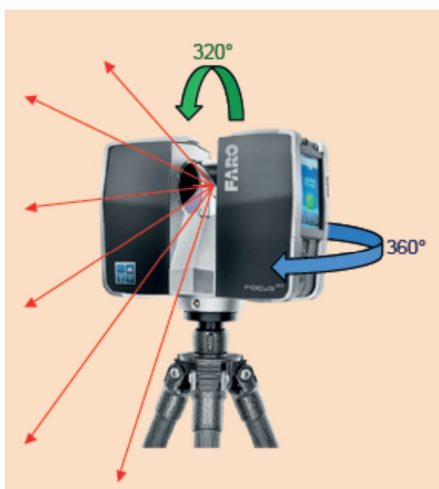
2.1 LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging)

De Lidar-methode is een techniek waarbij laserlicht wordt uitgestraald van op de grond of vanuit de lucht. Het bos reflecteert de straling die dan wordt opgevangen door een detector. De tijd tussen het uitstralen en opvangen van de straling indiceert de hoogte van de vegetatie. Deze methode creëert een beeld van de 3D-structuur en de vegetatiegrenzen. Ook hier kunnen er problemen opduiken als de percelen zeer heterogeen zijn. Naar deze recent ontwikkelde techniek moet nog veel verder onderzoek worden verricht. Een bijkomend nadeel is de hoge kostprijs van het toestel, namelijk 15.000 à 60.000 euro.

2.2 EMERGE

(Élaboration de Modèles pour une Estimation Robuste et Générique du bois Énergie)

Kortweg te vertalen tot: het uitwerken van een model voor een degelijke en gestandaardiseerde inschatting van houtige biomassa. Om de bestandopnames voor energiehout eenvoudiger te maken, werkte het Office National des Forêts (het Franse Agentschap voor Bos) een inschattingsmodel uit. Ze gebruiken hiervoor het LIDAR-systeem (zie boven) om een 3D beeld te krijgen van de aanwezige houtige biomassa. Om de metingen te ijken en accurater te maken zijn jarenlang bomen tot het laatste takje gemeten en gewogen. De resultaten van dit onderzoek zijn terug te vinden in 'RenDez-Vous techniques, n° 39-40 - hiver-printemps 2013'



Afbeelding 3(links): LIDAR meettoestel, foto 10 (rechts): wegen van takken

3 Gegevens uit de literatuur

3.1 Biomassa expansie factoren

Biomassa expansiefactoren (BEF) geven de verhouding weer tussen het spilhout en het takhout. Door het volume spilhout te vermenigvuldigen met de BEF bekomt men het totale volume biomassa (spil- en takhout samen). De biomassa expansiefactoren zijn afhankelijk van de boomsoort en de geografisch ligging (De Vries et al. 1990). Dit maakt dat de BEF's kunnen verschillen van land tot land maar ook naargelang de geografische spreiding in het land.

Biomassa expansiefactoren			
<i>Growing stock-based assessment of the carbon stock in the Belgian forest biomass" , Inge Vande Walle, Nancy Van Camp, Dominique Perrin, Raoul Lemeur, Kris Verheyen, © INRA, EDP Sciences, 2005</i>			
	Minimaal	Gemiddeld	Maximaal
Den	1,14	1,32	1,40
Douglas	1,18	1,28	2,24
Lork	1,14	1,30	1,36
Fijnspar	1,14	1,29	1,71
Andere naaldbomen	1,14	1,33	1,71
Beuk	1,16	1,34	2,04
Eik	1,24	1,32	1,39
Populier	-	-	-
Andere loofbomen	1,24	1,32	1,40

Tabel 1: biomassa expansiefactoren

Biomassa expansiefactoren zijn betrouwbaar wanneer het gaat om relatief homogene bestanden met een relatief constante bedrijfsvoering, regelmatig dunnen is dus noodzakelijk. In de meeste gevallen begint een bos stabiliteit te vertonen vanaf een 20-tal jaar, vandaar dat de biomassa expansiefactoren pas rond die leeftijd een betrouwbare weergave zijn van de stam- en takverhouding.

De biomassa factor is bij solitaire en randbomen groter dan bij bomen in bosverband of onder scherm.

3.2 Aanwas- en productietabellen

Deze tabellen worden gebruikt voor homogene bestanden en zijn meestal ongeschikt voor volumebepalingen bij houtige biomassa.

3.3 Stapelfactoren

Stapelfactoren kunnen helpen bij het bepalen van het volume van stapels takken en stammen. Ze geven de verhouding tussen het volvolume en gestapelde volume van hopen gestapeld hout weer. Bij het stapelen van houtige biomassa, zoals tak- en tophout uit kronen zijn er een aantal factoren die er voor zorgen dat de hieronder vermelde stapelfactoren geen perfecte weergave van het werkelijk volume zijn en een zekere foutenmarge mogelijk is. Ze zijn dan ook eerder richtinggevend.

3.3.1 Stapelfactoren voor gestapelde stammen

Stapelfactoren voor gestapelde stammen	
<i>Bary-Lenger et al. 1979. La Forêt. Rondeux J. 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Les Presses Agronomiques de Gembloux</i>	
1 stère gestapeld = x m³ massief hout	
Beuk (rechte stammen)	0,77
Eik (rechte stammen)	0,68
Beuk (kromme stammen)	0,66
Eik (kromme stammen)	0,61
Beuk (kroonhout)	0,58
Eik (kroonhout)	0,45

Tabel 2: stapelfactoren voor gestapelde stammen

3.3.2 Stapelfactoren voor gestapeld tak- en tophout

De verhouding tak- en tophout en de groeivorm van deze takken hebben een invloed op de stapelfactor. Hoe langer en grilliger de takken, hoe kleiner de stapelfactor.

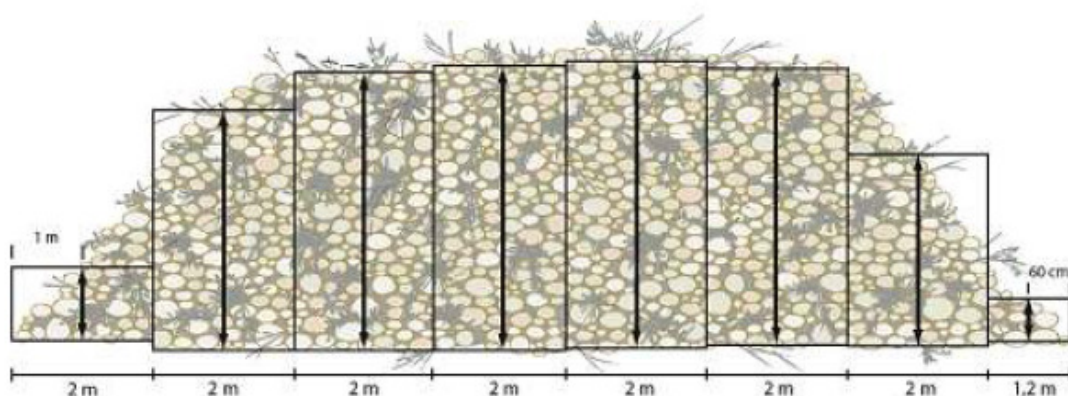
Ook de hoogte en manier waarop er gestapeld wordt heeft een invloed op de stapelfactor. Leg je zware stammen meer naar boven en dunne grillige takken onderaan dan zakt de hoop gedeeltelijk in mekaar en is de stapelfactor groter. Doe je het omgekeerde dan zal dit de hoop meer laten uitzetten en verlaag je de stapelfactor.

Om alles goed te kunnen meten is het noodzakelijk dat de exploitant bij het uitrijden en stapelen van de houtige biomassa op de stapelplaats, voor een zo gelijkmatig mogelijke stapeling zorgt zodat de hoogte overal gelijk is en niet teveel afwijkt.

a. Hoe de lengte, hoogte en breedte van een stapel takken meten?

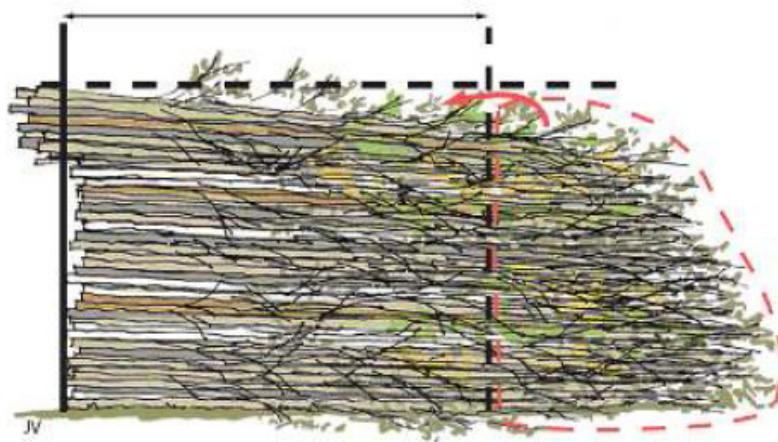
De lengte van de hoop wordt aan de voorkant gemeten, dat is de zijde waar normaal ook de exploitatieweg gelegen is. De metingen moeten minstens tot op 1 m nauwkeurig zijn om een betrouwbaar resultaat te bekomen. Voor het meten van de hoogte, wordt de lengte van de hoop verdeelt in blokken van 2-3 meter (zie figuur 1). Het laatste blok wordt tot een meter nauwkeurig gemeten. De hoogtes worden gemeten vanuit de voorkant van de hoop, vanuit het midden van elke blok, met een nauwkeurigheid van 2 meter.

Indien de hoogte aan de achterkant van de hoop opvallend uitsteek of oneffen is, dan wordt dit gecompenseerd bij de opmeten van de hoogte in de laatste blok.



Afbeelding 4: indeling in blokken voor de hoogtemetingen. In dit geval is de hoop verdeelt in 2m blokken en is de totale lengte van de hoop 15,2 m.

De breedte van de hoop komt overeen met de toplengte van de geogste en verzamelde tak- en tophout (kroonhout). De breedte wordt van de voorkant van de hoop tot de achterkant van de hoop gemeten maar slecht tot waar de takken een minimale diameter van 2 à 3 cm hebben. Deze takken kleiner als 2 à 3 cm compenseren de hoogte aan de achterkant (laagste zijde). Een overschatting door dit bij de laagste zijde te rekenen is uitgesloten. Het gaat hier slechts om maximaal 2% van het totale volume van de hoop.



Afbeelding 5: het startpunt van de breedtemeting begint aan de vlakke voorkant van de hoop.

Het punt tot waar gemeten wordt is tot waar de takken een diameter hebben van 2 tot 3 cm. De rest dient als compensatie voor de lagere achterkant. Van elk blok wordt de lengte, hoogte en breedte met mekaar vermenigvuldigd. Het totaal volume van de hoop is de som van alle volumes van de blokken.

b. Hoeveel m³ hout heb ik nu in mijn stapel takken en stammen zitten?

In onderstaande tabel wordt de procentuele verhouding tussen een gestapeld volume en het werkelijk volume weergegeven voor *Pinus sylvestris*. Je zal merken dat hoe hoger een hoop is gestapeld, hoe hoger de procentuele verhouding ook zal zijn. Dit komt omdat er bij een hoger gestapelde hoop meer compressie is. Om de tabel te gebruiken moet je de gemiddelde stamdiameter kennen en de hoogte van de stapel, die meet je aan de voorkant van de hoop. Nadat je het volume bepaald kan je dit verrekenen met de procentuele verhouding die overeenkomt met de gemiddelde stamdiameter en hoogte van de stapel. Op die manier bekom je het volvolume van een stapel tak- en tophout.

Stapelfactoren voor gestapeld tak- en tophout				
<i>Cijfers komen uit: Woodfuel measuring-guide book to finnish practical applications, Edited by Martti Kuusinen Original Guide Book in Finnish by Jari Lindblad, Olli Äijälä and Arto Koistinen, Martti Kuusinen, Helsinki, Finland, October 2010</i>				
Procentuele verhouding volvolume en gestapeld volume bij Grove den				
	Hoogte van de stapel			
Aftopdiameter	2	3	4	5
5	24%	26%	28%	30%
7	25%	27%	29%	31%
9	27%	29%	31%	33%
11	29%	31%	33%	35%
13	30%	32%	34%	36%
15	32%	34%	36%	38%

Tabel: volvolume percentage voor een stapel tak- en tophout, gebaseerd op *Pinus sylvestris* (Grove den). Opgelet! Indien het gaat om verzaagd tak- en tophout moet je tot 10 procent bijrekenen.

c. Het rekenblad: stapels tak- en tophout

Om deze metingen te vergemakkelijken is er een rekenblad ontwikkeld dat de hierboven beschreven metingen tot een minimum herleid. Het volstaat om de juiste afmetingen uit de keuzelijsten te kiezen. Een figuur van de stapel geeft aan waar je wat moet meten en in het rekenblad invoeren. Mits het aanpassen van enkele parameters geeft het rekenblad het volvolume (m³) hout, het aantal ton dat de hoop weegt en het verchipte volume.

3.3.3 Verchিপfactoren

Verchিপfactoren geven de verhouding weer tussen het massief volume en het verchipt volume houtige biomassa. Chips kunnen tot 60 % lucht bevatten per m³ t.o.v. het droge stof gewicht. De kalibratie van houtsnippers is genormeerd, de bekendste normering is de Oostenrijkse Ö-norm.

ÖNORM M 7133				
Klasse	< 4% v.d. deeltjes	< 20 % v.d. deeltjes	60 -100 v.d. deeltjes	1m ³ massief hout = x stère verchipt
G20	-	-	-	2,25
G30	< 1mm	1-6 mm	6-32 mm	2,5
G40	-	-	-	2,7
G50	< 1mm	1-63 mm	63-100 mm	3,03

Tabel 4: verchিপfactoren volgens Oostenrijkse Ö-norm



Foto 11: een hoop houtsnippen op de opslagplaats

4 Rekenbladen

Er werden voor dit project een aantal rekenbladen ontwikkeld waarmee we het inschatten van volumes van houtige biomassa in het terrein willen vereenvoudigen. Sommige rekenbladen bieden bovendien ook ondersteuning bij het berekenen van volumes houtige biomassa in verwerkte vormen.

4.1 Soorten rekenbladen?

Volgende rekenbladen werden voor dit project ontwikkeld:

- houtige biomassa op stam
- onverchipte houtige biomassa, voor hopen takken en stammen
- verchipte houtige biomassa, voor hopen houtsnippers
- kroonhout (inclusief het werk- en industriehout)

Deze rekenbladen zullen verder uitgewerkt worden voor het overkoepelende KOBE-project B7, leidraad voor houtige biomassa in het beheer van ANB-terreinen. Er zullen dan parameters toegevoegd worden die de opbrengsten, productiekosten en de rendabiliteit in kaart brengen. Deze rekenbladen kunnen dan gebruikt worden als afwegingskader door de beheerders van natuur- en bosgebieden om te bepalen of het waardevol is om houtige biomassa te oogsten of niet en wat dan de mogelijke inkomsten of uitgaven zijn.

4.2 Waarvoor kan je de rekenbladen gebruiken?

De rekenbladen zijn richtinggevend en hebben een ondersteunende rol. Na het kiezen van de juiste parameters en invoeren van de nodige gegevens, zal het rekenblad de volumes berekenen. In het volgende deel wordt de werking en toepassingen van de verschillende rekenbladen uitgelegd.

4.2.1 Rekenbladen voor houtige biomassa op stam

Met deze rekenbladen hebben we getracht om de volumebepaling van houtige biomassa op stam in het terrein te vereenvoudigen. Hiervoor werden er twee rekenbladen uitgewerkt, een voor de proefvlakken methode en een voor de dwarsstrookgewijze methode. We hebben hierbij getracht om een eenvoudig, maar toch betrouwbaar rekenblad uit te werken.

Va hure opslag, proefvlak met beide lasten

1. Algemene parameters ingeven:

Oppervlakte bestand	Oppervlakte proefvlak	Straal cirkel	Aantal proefvlakken	Volume proefvlakken	Oppervlakte proefvlakken	Aantal gemeten bomen	Totaal volume
100 are	1 are	5,64 m	1	0,00 m ³	1 are	-10 stuks	0,00 m ³

2. Opzet van de bomen op de proefvlakken:

Proefvlak 1				Proefvlak 2				Proefvlak 3				Proefvlak 4					
Diameterklasse	Gemiddelde hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	Ø op 0,5h	Volume	Diameterklasse	Gemiddelde hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	Ø op 0,5h	Volume	Diameterklasse	Gemiddelde hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	Ø op 0,5h	Volume
0,05 - 0,10			-0,050	0,000	0,000	0,05 - 0,10			-0,050	0,000	0,000	0,05 - 0,10			-0,050	0,000	0,000
0,10 - 0,15			-0,063	0,000	0,000	0,10 - 0,15			-0,063	0,000	0,000	0,10 - 0,15			-0,063	0,000	0,000
0,15 - 0,20			-0,117	0,000	0,000	0,15 - 0,20			-0,117	0,000	0,000	0,15 - 0,20			-0,117	0,000	0,000
0,20 - 0,25			-0,150	0,000	0,000	0,20 - 0,25			-0,150	0,000	0,000	0,20 - 0,25			-0,150	0,000	0,000
0,25 - 0,30			-0,183	0,000	0,000	0,25 - 0,30			-0,183	0,000	0,000	0,25 - 0,30			-0,183	0,000	0,000
0,30 - 0,35			-0,217	0,000	0,000	0,30 - 0,35			-0,217	0,000	0,000	0,30 - 0,35			-0,217	0,000	0,000
0,35 - 0,40			-0,250	0,000	0,000	0,35 - 0,40			-0,250	0,000	0,000	0,35 - 0,40			-0,250	0,000	0,000
0,40 - 0,45			-0,283	0,000	0,000	0,40 - 0,45			-0,283	0,000	0,000	0,40 - 0,45			-0,283	0,000	0,000
0,45 - 0,50			-0,317	0,000	0,000	0,45 - 0,50			-0,317	0,000	0,000	0,45 - 0,50			-0,317	0,000	0,000
0,50 - 0,55			-0,350	0,000	0,000	0,50 - 0,55			-0,350	0,000	0,000	0,50 - 0,55			-0,350	0,000	0,000
0,55 - 0,60			-0,383	0,000	0,000	0,55 - 0,60			-0,383	0,000	0,000	0,55 - 0,60			-0,383	0,000	0,000
0,60 - 0,65			-0,417	0,000	0,000	0,60 - 0,65			-0,417	0,000	0,000	0,60 - 0,65			-0,417	0,000	0,000
0,65 - 0,70			-0,450	0,000	0,000	0,65 - 0,70			-0,450	0,000	0,000	0,65 - 0,70			-0,450	0,000	0,000
0,70 - 0,75			-0,483	0,000	0,000	0,70 - 0,75			-0,483	0,000	0,000	0,70 - 0,75			-0,483	0,000	0,000
0,75 - 0,80			-0,517	0,000	0,000	0,75 - 0,80			-0,517	0,000	0,000	0,75 - 0,80			-0,517	0,000	0,000
0,80 - 0,85			-0,550	0,000	0,000	0,80 - 0,85			-0,550	0,000	0,000	0,80 - 0,85			-0,550	0,000	0,000
0,85 - 0,90			-0,583	0,000	0,000	0,85 - 0,90			-0,583	0,000	0,000	0,85 - 0,90			-0,583	0,000	0,000
0,90 - 0,95			-0,617	0,000	0,000	0,90 - 0,95			-0,617	0,000	0,000	0,90 - 0,95			-0,617	0,000	0,000
0,95 - 1,00			-0,650	0,000	0,000	0,95 - 1,00			-0,650	0,000	0,000	0,95 - 1,00			-0,650	0,000	0,000
1,00 - 1,05			-0,683	0,000	0,000	1,00 - 1,05			-0,683	0,000	0,000	1,00 - 1,05			-0,683	0,000	0,000
1,05 - 1,10			-0,717	0,000	0,000	1,05 - 1,10			-0,717	0,000	0,000	1,05 - 1,10			-0,717	0,000	0,000
1,10 - 1,15			-0,750	0,000	0,000	1,10 - 1,15			-0,750	0,000	0,000	1,10 - 1,15			-0,750	0,000	0,000
1,15 - 1,20			-0,783	0,000	0,000	1,15 - 1,20			-0,783	0,000	0,000	1,15 - 1,20			-0,783	0,000	0,000
1,20 - 1,25			-0,817	0,000	0,000	1,20 - 1,25			-0,817	0,000	0,000	1,20 - 1,25			-0,817	0,000	0,000

Waarden/proefvlak:

Stamtel proefvlak:	0 bomen	Stamtel proefvlak:	0 bomen	Stamtel proefvlak:	0 bomen	Stamtel proefvlak:	0 bomen
Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m	Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m	Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m	Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m
Grondvlak proefvlak:	0 m ²	Grondvlak proefvlak:	0 m ²	Grondvlak proefvlak:	0 m ²	Grondvlak proefvlak:	0 m ²
Volume proefvlak:	0,000 m ³	Volume proefvlak:	0,000 m ³	Volume proefvlak:	0,000 m ³	Volume proefvlak:	0,000 m ³

Proefvlak 5				Proefvlak 6				Proefvlak 7				Proefvlak 8					
Diameterklasse	Gemiddelde hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	Ø op 0,5h	Volume	Diameterklasse	Gemiddelde hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	Ø op 0,5h	Volume	Diameterklasse	Gemiddelde hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	Ø op 0,5h	Volume
0,05 - 0,10			-0,050	0,000	0,000	0,05 - 0,10			0,000	0,000	0,000	0,05 - 0,10			0,000	0,000	0,000
0,10 - 0,15			-0,063	0,000	0,000	0,10 - 0,15			0,000	0,000	0,000	0,10 - 0,15			0,000	0,000	0,000
0,15 - 0,20			-0,117	0,000	0,000	0,15 - 0,20			0,000	0,000	0,000	0,15 - 0,20			0,000	0,000	0,000
0,20 - 0,25			-0,150	0,000	0,000	0,20 - 0,25			0,000	0,000	0,000	0,20 - 0,25			0,000	0,000	0,000
0,25 - 0,30			-0,183	0,000	0,000	0,25 - 0,30			0,000	0,000	0,000	0,25 - 0,30			0,000	0,000	0,000
0,30 - 0,35			-0,217	0,000	0,000	0,30 - 0,35			0,000	0,000	0,000	0,30 - 0,35			0,000	0,000	0,000
0,35 - 0,40			-0,250	0,000	0,000	0,35 - 0,40			0,000	0,000	0,000	0,35 - 0,40			0,000	0,000	0,000
0,40 - 0,45			-0,283	0,000	0,000	0,40 - 0,45			0,000	0,000	0,000	0,40 - 0,45			0,000	0,000	0,000
0,45 - 0,50			-0,317	0,000	0,000	0,45 - 0,50			0,000	0,000	0,000	0,45 - 0,50			0,000	0,000	0,000
0,50 - 0,55			-0,350	0,000	0,000	0,50 - 0,55			0,000	0,000	0,000	0,50 - 0,55			0,000	0,000	0,000
0,55 - 0,60			-0,383	0,000	0,000	0,55 - 0,60			0,000	0,000	0,000	0,55 - 0,60			0,000	0,000	0,000
0,60 - 0,65			-0,417	0,000	0,000	0,60 - 0,65			0,000	0,000	0,000	0,60 - 0,65			0,000	0,000	0,000
0,65 - 0,70			-0,450	0,000	0,000	0,65 - 0,70			0,000	0,000	0,000	0,65 - 0,70			0,000	0,000	0,000
0,70 - 0,75			-0,483	0,000	0,000	0,70 - 0,75			0,000	0,000	0,000	0,70 - 0,75			0,000	0,000	0,000
0,75 - 0,80			-0,517	0,000	0,000	0,75 - 0,80			0,000	0,000	0,000	0,75 - 0,80			0,000	0,000	0,000
0,80 - 0,85			-0,550	0,000	0,000	0,80 - 0,85			0,000	0,000	0,000	0,80 - 0,85			0,000	0,000	0,000
0,85 - 0,90			-0,583	0,000	0,000	0,85 - 0,90			0,000	0,000	0,000	0,85 - 0,90			0,000	0,000	0,000
0,90 - 0,95			-0,617	0,000	0,000	0,90 - 0,95			0,000	0,000	0,000	0,90 - 0,95			0,000	0,000	0,000
0,95 - 1,00			-0,650	0,000	0,000	0,95 - 1,00			0,000	0,000	0,000	0,95 - 1,00			0,000	0,000	0,000
1,00 - 1,05			-0,683	0,000	0,000	1,00 - 1,05			0,000	0,000	0,000	1,00 - 1,05			0,000	0,000	0,000
1,05 - 1,10			-0,717	0,000	0,000	1,05 - 1,10			0,000	0,000	0,000	1,05 - 1,10			0,000	0,000	0,000
1,10 - 1,15			-0,750	0,000	0,000	1,10 - 1,15			0,000	0,000	0,000	1,10 - 1,15			0,000	0,000	0,000
1,15 - 1,20			-0,783	0,000	0,000	1,15 - 1,20			0,000	0,000	0,000	1,15 - 1,20			0,000	0,000	0,000
1,20 - 1,25			-0,817	0,000	0,000	1,20 - 1,25			0,000	0,000	0,000	1,20 - 1,25			0,000	0,000	0,000

Waarden/proefvlak:

Stamtel proefvlak:	-10,4 bomen	Stamtel proefvlak:	0 bomen	Stamtel proefvlak:	0 bomen	Stamtel proefvlak:	0 bomen
Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m	Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m	Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m	Gemiddelde hoogte proefvlak:	#DEEL/Ø m
Grondvlak proefvlak:	0 m ²	Grondvlak proefvlak:	0 m ²	Grondvlak proefvlak:	0 m ²	Grondvlak proefvlak:	0 m ²
Volume proefvlak:	0,000 m ³	Volume proefvlak:	0,000 m ³	Volume proefvlak:	0,000 m ³	Volume proefvlak:	0,000 m ³

⚠ Opgelet! de hoogte(s) die je in de tabel ingeeft moeten hoger zijn dan 1,5m

Rekenblad 1: volumebepaling (spilhout) met proefvlakken voor hout op stam

Volumebepaling (spilhout) strooksgewijze methode

1. Algemene parameters ingeven:

Oppervlakte bestand are Breedte m Lengte m Oppervlakte proefvlak are

2. Opnamestrook diameters en hoogtes ingeven:

Diameterklasse	Diameter (borsthoogte)	Hoogte (m)	Aantal bomen	Verloop	∅ op 0,5h	Volumes
0,05 - 0,10	0,075			-0,050	0,000000	0,000
0,10 - 0,15	0,125			-0,083	0,000	0,000
0,15 - 0,20	0,175			-0,117	0,000	0,000
0,20 - 0,25	0,225			-0,150	0,000	0,000
0,25 - 0,30	0,275			-0,183	0,000	0,000
0,30 - 0,35	0,325			-0,217	0,000	0,000
0,35 - 0,40	0,375			-0,250	0,000	0,000
0,40 - 0,45	0,425			-0,283	0,000	0,000
0,45 - 0,50	0,475			-0,317	0,000	0,000
0,50 - 0,55	0,525			-0,350	0,000	0,000
0,55 - 0,60	0,575			-0,383	0,000	0,000
0,60 - 0,65	0,625			-0,417	0,000	0,000
0,65 - 0,70	0,675			-0,450	0,000	0,000
0,70 - 0,75	0,725			-0,483	0,000	0,000
0,75 - 0,80	0,775			-0,517	0,000	0,000
0,80 - 0,85	0,825			-0,550	0,000	0,000
0,85 - 0,90	0,875			-0,583	0,000	0,000
0,90 - 0,95	0,925			-0,617	0,000	0,000
0,95 - 1,00	0,975			-0,650	0,000	0,000
1,00 - 1,05	1,025			-0,683	0,000	0,000
1,05 - 1,10	1,075			-0,717	0,000	0,000
1,10 - 1,15	1,125			-0,750	0,000	0,000
1,15 - 1,20	1,175			-0,783	0,000	0,000
1,20 - 1,25	1,225			-0,817	0,000	0,000



Opgelet! de hoogte(s) die je in de tabel ingeeft moeten hoger zijn dan 1,5m

Rekenblad 2: volumebepaling, dwarsstrooksgewijze proefvlakopname voor hout op stam

Het volstaat om de parameters aan te passen en elke boom in het proefvlak in de juiste diameterklasse te plaatsen. Het rekenblad rekt vervolgens uit hoeveel m³ er voor het ganse bestand aanwezig is.

4.2.2 Rekenbladen voor onverchipte en verchipte hopen houtige biomassa

Deze rekenbladen zijn bedoeld om volumes van geogste of verwerkte vormen van houtige biomassa beter in te schatten. Soms zijn er beheerresten die buiten een verkoop of opdracht vallen, we willen dan wel weten om hoeveel materiaal het gaat om een prijs te bedingen of om een geschikt transportmiddel te kunnen kiezen.

In deze rekenbladen moet je de parameter aanpassen en de afmetingen invullen van het ruimtefiguur waar je het volume van wil berekenen: hopen houtsnippers, takken en stammen in kegel-, balk-, dakvorm, Voor het bepalen van de afmetingen kan je gebruik maken van lintmeter, meetwiel, een telescopische meetstok voor de hoogte,

Berekenen van het volume en het tonnage van een hoop geoogste houtige biomassa:

Hoogte (1)	6		Houtsoort	Wilg	Volumieke massa (kg/m ³)	849	Totaal tonnage	51,96	
Breedte (2)	4		Stère	Vochtgehalte	45%	Stapelfactor	0,15	Massief volume (m ³)	61,20
Lengte (3)	18		408,00	Vorm en aard	Zeer bossige takken	Verchipfactor	2,46	Verchipt volume (m ³)	150,55
Lengte (4)	16			Kalibratie chips (ÖNORM)	G-klasse niet gekend				

Rekenblad 3: volumebepaling onverchipte houtige biomassa (voor hopen takken en stammen)

Berekenen van het volume en het tonnage van een hoop of container houtsnippers:

1. Volume en tonnage van een hoop houtsnippers (zadelformig)

Breedte (1)	3	Hoogte (2)	1		Houtsoort	Berk	Volumieke massa (kg/m ³)	848	Totaal tonnage	1,38
Lengte basis (3)	2	Lengte nok (4)	4		m ³	Vochtgehalte	35%	Omrekeningsfactor	2,46	Massief volume (m ³)
					Kalibratie chips (ÖNORM)	G-klasse niet gekend				

2. Volume en tonnage van een hoop houtsnippers (kegelvormig)

Diameter (1)	15,4	Hoogte (2)	6		Houtsoort	Den	Volumieke massa (kg/m ³)	974	Totaal tonnage	120,95
					m ³	Vochtgehalte	50%	Omrekeningsfactor	3	Massief volume (m ³)
					Kalibratie chips (ÖNORM)	G50				

3. Volume en tonnage van een container of laadbak houtsnippers (balkvormig)

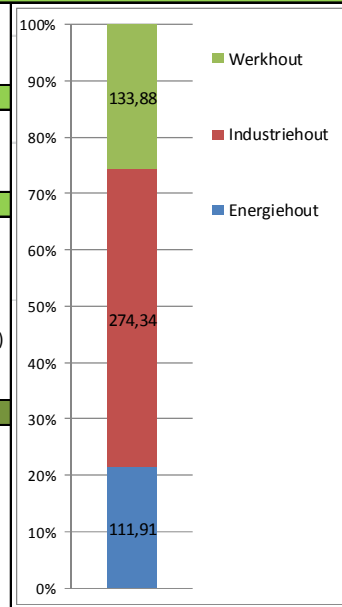
Breedte (1)	2	Hoogte (2)	1		Houtsoort	middelzware	Volumieke massa (kg/m ³)	735	Totaal tonnage	0,59
Lengte (3)	1				m ³	Vochtgehalte	25%	Omrekeningsfactor	2,5	Massief volume (m ³)
					Kalibratie chips (ÖNORM)	G30				

Rekenblad 4: volumebepaling verchipte houtige biomassa (voor hopen houtsnippers)

4.2.3 Rekenbladen om het kroonvolume in te schatten

Na de exploitatie van het werk- en industriehout, blijft een vrij groot aandeel kroonhout in het bestand achter. Kroonhout bestaat uit top- en takhout. Dit rekenblad stelt je in staat om het top- en takvolume (met de biomassa expansiefactor) te berekenen als je de aftopdiameter kent. Het volume top hout wordt bepaald door de aftopdiameter. Deze hangt af van de aftopdiameter die in de boordcomputer van de harvester werd ingegeven en van de diameters die de machines in de fabriek nog kunnen verwerken. Kleinere diameters dan 6cm zijn over het algemeen moeilijk te verwerken.

Berekenen van het volume en het tonnage:				
1. Parameters algemeen				
Boomsort	Vochtgehalte hout	Volumieke massa (kg/m ³)	Volume spilhout (m ³)	
Den	50%	974	409,00	
Gemiddelde hoogte	Gemiddelde Ø borsthoogte	Volume/boom (m ³)	Totaal tonnage	Volume BEF (m ³)
21	0,45	0,97	525,84	130,88
Kalibratie (ÖNORM)	Verchipfactor	Vochtgehalte chips	Volume spilhout + BEF (m ³)	
G-klasse niet gekend	2,46	> 50%	539,88	
2. Bereken van het volume werkhout (mediaanboom)				
Stamlengte werkhout (m)	Vel- en doorkortdiameter (m)	Werkhout/boom (m ³)		
2,60	0,4846	0,3168		
3. Bereken van het volume industiehout (mediaanboom)				
Stamlengte industiehout (m)	Doorkort- en aftopdiameter (m)	Industiehout/boom (m ³)		
15,80	0,4246 en 0,0600	0,6492		
4. Bereken van het volume energiehout (mediaanboom)				
Stamlengte energiehout (m)	Aftopdiameter (m)	Topvolume (m ³)	Takhoutvolume (m ³)	
2,60	0,0600	0,0018	0,3097	
Boomsort	Geografische ligging	Biomassa expansiefactor	Energiehout/boom (m ³)	
Loofboom	Midden België	1,32	0,3116	
		Oogstverliezen (%)	Werkelijk oogstbaar volume (m ³)	
		15	0,2648	
Verhouding: werkhout, industiehout en energiehout:				
Werkhout	% v.h. volume	Werkhout (m ³)	Werkhout (ton)	
Ja	24,80	133,88	130,40	
Industiehout	% v.h. volume	Industiehout (m ³)	Industiehout (ton)	
Ja	50,82	274,34	267,21	
Energiehout	% v.h. volume	Energiehout (m ³)	Energiehout (ton)	
Ja	24,39	111,91	109,00	



Rekenblad 5: volumebepaling kroonhout (inclusief het werk- en industiehout)

Een kanttekening bij de verwerking van het takhout tot brandhout: het is moeilijk om in te schatten of er voldoende grote diameters in takhout zitten die we nog tot brandhout kunnen verwerken. Het takhout bestaat voor een aanzienlijke deel uit hout dat niet tot brandhout, maar uiteraard wel tot houtsnippers verwerkt kan worden.

NEDERLANDSE SAMENVATTING

In dit eindrapport hebben we getracht om de mogelijke oorzaken van over- en onderschattingen bij de volumebepaling van houtige biomassa op het terrein in kaart te brengen en hoe we deze in de toekomst beter onder controle kunnen krijgen.

De belangrijkste oorzaken van verkeerde inschattingen:

- Slechte keuze van de proefvlakken (spreiding over het terrein)
- Te weinig proefvlakken
- Te weinig individuele bomen die gemeten worden per proefvlak
- Te heterogene bestanden waardoor bestandsopnames zeer complex worden
- Biomassatypen met een grillige groeivorm, scheefstand, vertakkingen, ... en die daardoor moeilijk te meten zijn

Uiteraard speelt hier ook de factor efficiëntie mee. Vaak is er geen of onvoldoende tijd om een bestandsopname van heterogene bestanden met houtige biomassa uit te voeren of is het zeer arbeidsintensief om uiteindelijk een volume in te kunnen schatten. Bovendien moet je soms kritisch durven zijn en je afvragen of de kosten opwegen tegen de baten om van bepaalde biomassatypen het volume te weten (zie opslag van den en berkjes op een heideterrein).

Om efficiënter te kunnen meten zou de digitale meetklem in combinatie met de telescopische meetstok (al dan niet uitgerust met een camera om de hoogte beter in te kunnen schatten en een geheugen om de gegevens van de hoogtes op te slaan) een belangrijke bijdrage kunnen leveren. Hierdoor zouden we niet alleen sneller, maar ook juister, het volume van boompjes tot 8 meter kunnen bepalen. Voor bomen groter dan 8 meter zullen we nog steeds een klassieke hoogtemeting, met Suunto of Blume-Leiss moeten uitvoeren.

Het eindrapport bied ook een aantal rekenbladen aan. Deze moeten helpen bij het inschatten van hoeveelheden houtige biomassa. Ook het volume van verwerkte vormen zoals houtsnippers en stapels tak- en tophout kan je er mee berekenen. Deze rekenbladen zullen in de loop van 2014 verder uitgewerkt worden. Naast volumes en tonnages zullen ook parameters opgenomen worden waar de opbrengsten afgewogen kunnen worden ten opzichte van de productiekosten per ton of m³, op die manier zorgen ze voor een economisch afwegingskader om een betere inschatting te kunnen maken van de kosten en opbrengsten, voor bepaalde werken of verkopen waar houtige biomassa uit vrijkomt.

LITERATUURLIJST

Aide-Mémoire du Forestier : Histoire Naturelle (Zoologie, Botanique, Géologie, Lithologie). Pyttel, P.L., Fischer, U.F., Suchomel, C., Gärtner, S.M., & Bauhus, J. (2013).

Assessing the accuracy of crown biomass equations for the major commercial species of the interior northwest: study plan and preliminary results. Joint meeting of the forest inventory and analysis (FIA) symposium and the southern mensurationists, 247 - 254.

Allometric relationships on biomass and needle area of Douglas-fir. Forest ecology and management, 86 (1), 193 - 202. Bartelink, H.H. (1997).

Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L), Ann Sci For, 54 (1), 39 - 50. Bollandasas, O. M., Rekstad, I., Naesset, E., & Rosberg, I. (2009).

Bary-Lenger et al. 1979. La Forêt.

Bioenergy potentials form forestry in 2050. Climate Change, 81, 353 - 390. Tahvanainen, T., & Forss, E. (2008).

Bosecologie en bosbeheer (p. 375-387). Leuven: Acco. Maes, W., Olivié B., Bulteel H., Hermy M., & Muys B. (2002).

Brandhout Verdoodt: Per volume-eenheid. (s.a.). Gevonden op 06 december 2013 op het internet: <http://www.verdoodt.be/pervolume.htm>

De Vries, B., De Jong, A., Rovers, R., Spijker, J., Niemeijer, C., Frank, D., & et al. (2008). Energie à la carte: De potentie van biomassa uit het landschap voor energiewinning. Rapport, Wageningen UR, Wageningen.

Dillen, M. (2012). Kunnen mengingen van boomsoorten de productiviteit van Korte Omloophout verhogen? Onuitgegeven masterthesis, Universiteit Gent, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Departement Bos- en natuurbeheer.

Effect of cutting season, stump height and harvest damage on coppicing and biomass production of willow and birch. *Biomass and Bioenergy*, 6 (5), 349-357. Jansen, P., & Winterink, A. (2009).

Effecten van oogst van takhout op de voedingstoestand en bijgroei van bos, J.J. de Jong, Alterra rapport 2202, Wageningen, 2011

Goris, R. (s.a.). *Cuberen. Bosrevue*, 18.

Economie van energiegewassen. Rapport, Plant & Omgeving B.V., Wageningen. Van Miegroet, M. (1976).

Growing stock-based assessment of the carbon stock in the Belgian forest biomass", Inge Vande Walle, Nancy Van Camp, Dominique Perrin, Raoul Lemeur, Kris Verheyen, © INRA, EDP Sciences, 2005

Gybels, R., Wouters, R., Schuurmans, B., & Verbeke, W. (2012). Houtige biomassa voor energie in Limburg. Eindrapport van het MIP2-project "Limburgs groen voor een groene economie". Hytönen, J. (1994).

Impacts of changing the minimum diameter of roundwood on the accumulation of logging residue in first thinnings of Scots pine and Norway spruce. *Biomass and bioenergy*, 35 (7), 2674 - 2682. Satoo, T., & Madgewick, H.A. (1982).

Individual tree models for the crown biomass distribution of Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. *Forest ecology and management*, 255 (2-3), 455 - 467.

Kwantificeren van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen, G.W. Tolkamp, C.A. van den Berg, G.J.M.M. Nabuurs, A.F.M. Olsthoorn, Alterra rapport 1380, Wageningen, 2006

Literatuurstudie naar voorraden en verblijfstijden van elementen in boscystemen, W. de Vries, A. Hol, S. Tjalma, J. C. H. Voogd; Alterra rapport 1538, Wageningen, 2007

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Bos en Groen, Meten van bomen en bossen, Cursus bosbouwbekwaamheid, Frederik Vaes, Educatief Bosbouwcentrum Groenendaal, 2001

Ontwikkeling van integrale kwantitatieve indicatoren voor de ecologische aspecten van duurzaam bosbeheer. Katholieke Universiteit Leuven, Afdeling Bos, Natuur en Landschap, Leuven. Meiresonne, L. (2006).

Opstellen van tarieven voor Inlandse eik en Beuk in Vlaanderen ten behoeve van het berekenen van houtvolumes. Deel 1: Literatuur, methode, gegevensverzameling. Rapport, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. Van der Aa B., Van Roy, D., Verschelde, P., Quataert, P. (2011).

The effect of harvesting on stump mortality and re-sprouting in aged oak coppice forests. *Forest Ecology and Management*, 289, 18 – 27. Räsänen, T., & Nurmi, J. (2011).

RenDez-Vous techniques, n° 39-40 - hiver-printemps 2013

Richtlijnen voor het meten van inlands rondhout ten behoeve van de verkoop. *Het Bosschap*, 45 – 47. Segers, R. (2013).

Rondeux J. 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Les Presses Agronomiques de Gembloux Bartelink, H.H. (1996).

Quantitative Erfassung bzw. Abschätzung von Biomasse und Wachstparametern in Forsten, pdf, Interdisziplinäres Forschungspraktikum, S.S. 2006

Woodfuel measuring-guide book to finnish practical applications, Edited by Martti Kuusinen
Original Guide Book in Finnish by Jari Lindblad, Olli Äijälä and Arto Koistinen, Martti Kuusinen,
Helsinki, Finland, October 2010

BIJLAGEN

Growing stock-based assessment of the carbon stock in the Belgian forest biomass", Inge Vande Walle, Nancy Van Camp, Dominique Perrin, Raoul Lemeur, Kris Verheyen, © INRA, EDP Sciences, 2005 (biomassfactoren)

Table III. Minimum (min.), maximum (max.) and median (med.) values of biomass expansion factors (BEFs) s.l. of different tree species; DM = dry matter; TSW = total solid wood biomass (stems and branches with a diameter > 7 cm); AG = aboveground biomass, foliage included; BG = belowground biomass; "noble species" = maple, ash, elm and red oak; # gives the number of values found for a particular tree species and expansion factor category; see text for references.

Species	Wood density (t DM m ⁻³)			Carbon content (t C t ⁻¹ DM)			AG / TSW or BEF1 (t DM t ⁻¹ DM)			BG / AG or BEF2 (t DM t ⁻¹ DM)			AG + BG / TSW or BEF3 (t DM t ⁻¹ DM)							
	min.	max.	med.	#	min.	max.	med.	#	min.	max.	med.	#	min.	max.	med.	#				
Pine	0.39	0.60	0.48	13	0.40	0.55	0.50	9	1.14	1.40	1.32	5	0.16	0.16	0.16	1	1.43	2.00	1.50	7
Douglas fir	0.37	0.54	0.45	7	0.50	0.50	0.50	1	1.18	2.24	1.28	10	0.17	0.17	0.17	1	1.50	2.00	1.71	3
Larch	0.41	0.55	0.47	8	0.40	0.50	0.50	3	1.14	1.36	1.30	3					1.50	2.00	1.75	4
Spruce	0.34	0.45	0.38	15	0.40	0.51	0.50	5	1.14	1.71	1.29	9					1.50	2.00	1.75	2
Other coniferous	0.35	0.50	0.40	20	0.40	0.50	0.50	7	1.14	1.71	1.33	5	0.18	0.25	0.20	3	1.50	2.00	1.75	4
Beech	0.55	0.72	0.56	11	0.44	0.51	0.49	10	1.16	2.04	1.34	9	0.23	0.25	0.24	2	1.50	1.75	1.67	3
Oak	0.50	0.72	0.60	9	0.45	0.50	0.50	3	1.24	1.39	1.32	2					1.50	1.50	1.50	1
Mixed noble	0.52	0.69	0.59	9	0.50	0.50	0.50	1	1.29	1.29	1.29	1					1.50	1.50	1.50	3
Poplar	0.34	0.55	0.41	48	0.50	0.50	0.50	1									1.50	1.50	1.50	1
Other deciduous	0.38	0.77	0.55	34	0.45	0.50	0.50	6	1.24	1.40	1.32	2	0.20	0.22	0.21	2	1.50	1.50	1.50	1