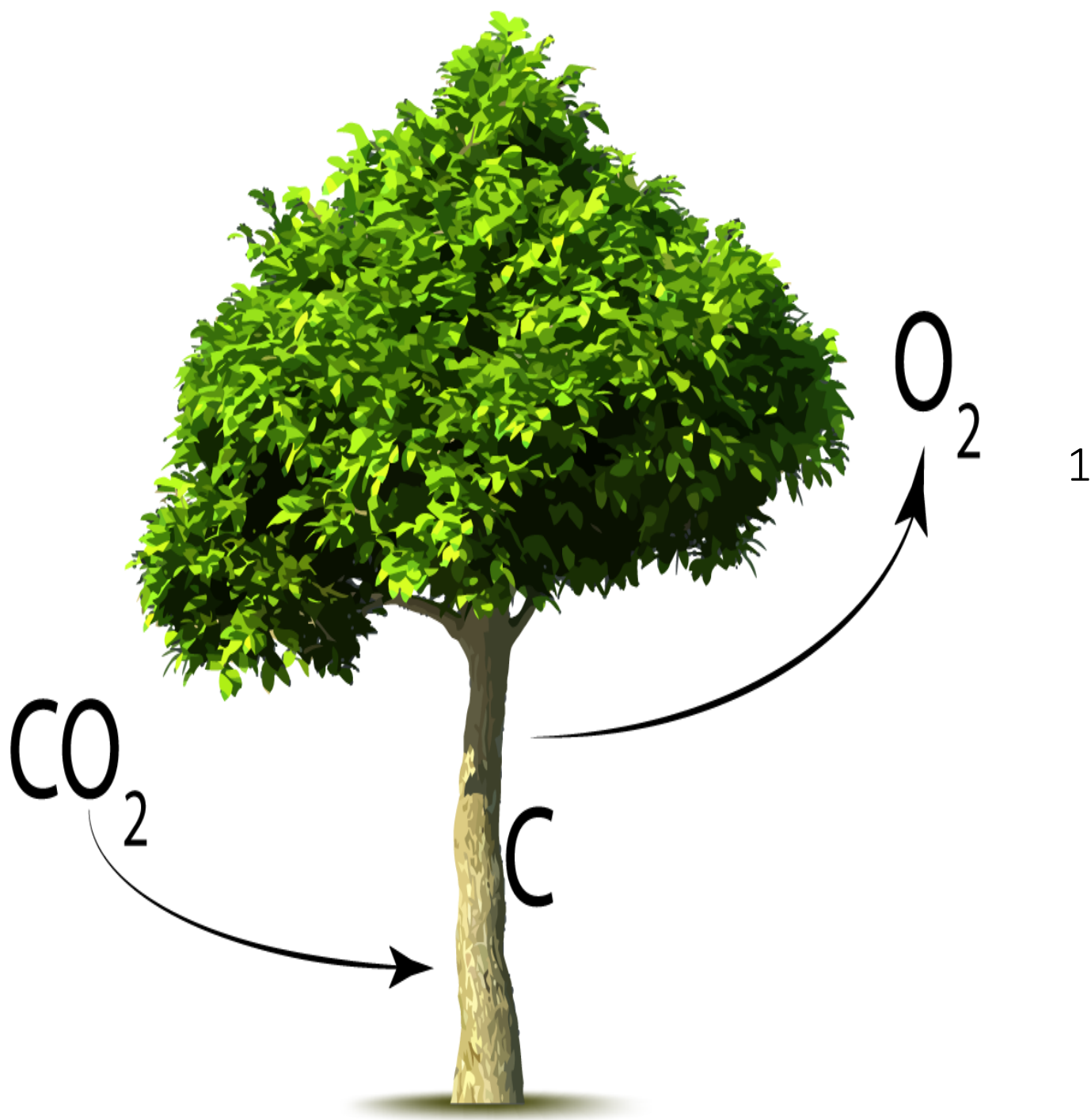


Rapport: Boom vervanging 1 op 1?



Inhoud:	
De boom en functies	
Anatomie van de boom	
Wat is het belang van leeftijd in de natuur?	
De boom in groter perspectief	
Waarom 1 op 1 plaatsing niet voldoet	
Hoe moeten we wel vervangen (formule)	
Onderbouwing van de formule	
Advies	
Referenties	

Dit rapport is samengesteld met medewerking / informatie / ondersteuning van de volgende mensen / organisaties:

Joris Voeten, van Roofscapes, joris@roofscapes.nl, www.urbanroofscapes.com

Hanna Hirsch, Bomenstichting

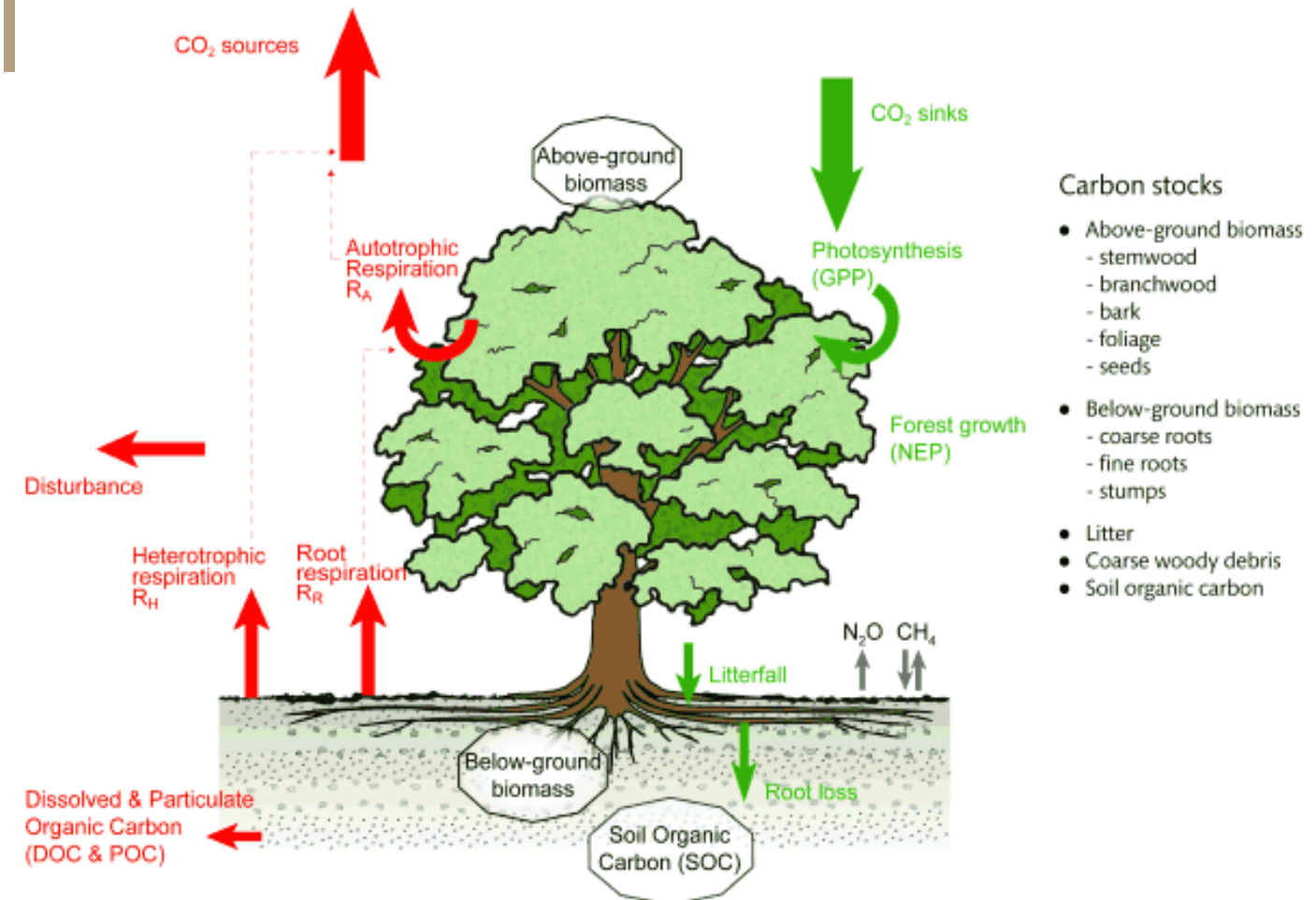
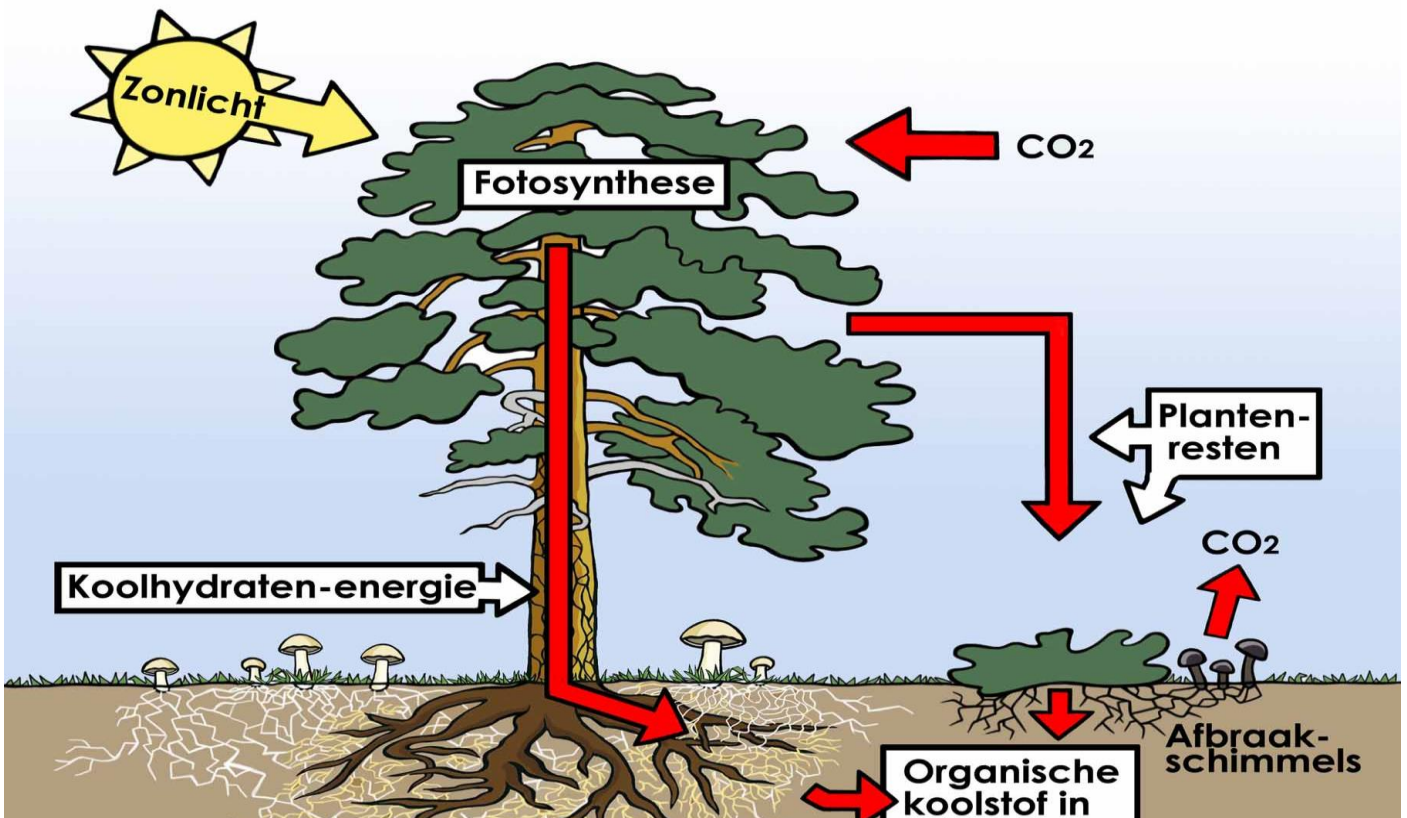
Johan Tuenter, Adviseur Ondernemershelpdesk, Houten

C.M. Visser, Voorzitter Adviesraad Monumentale Bomen Den Haag

Dr T R Nisbet, Head of Physical Environment, Forest Research

Alice Holt Lodge, Farnham, Surrey, GU10 4LH, Tel: +44 (0) 300 067 5697

De boom en functies



De boom heeft de volgende functies;

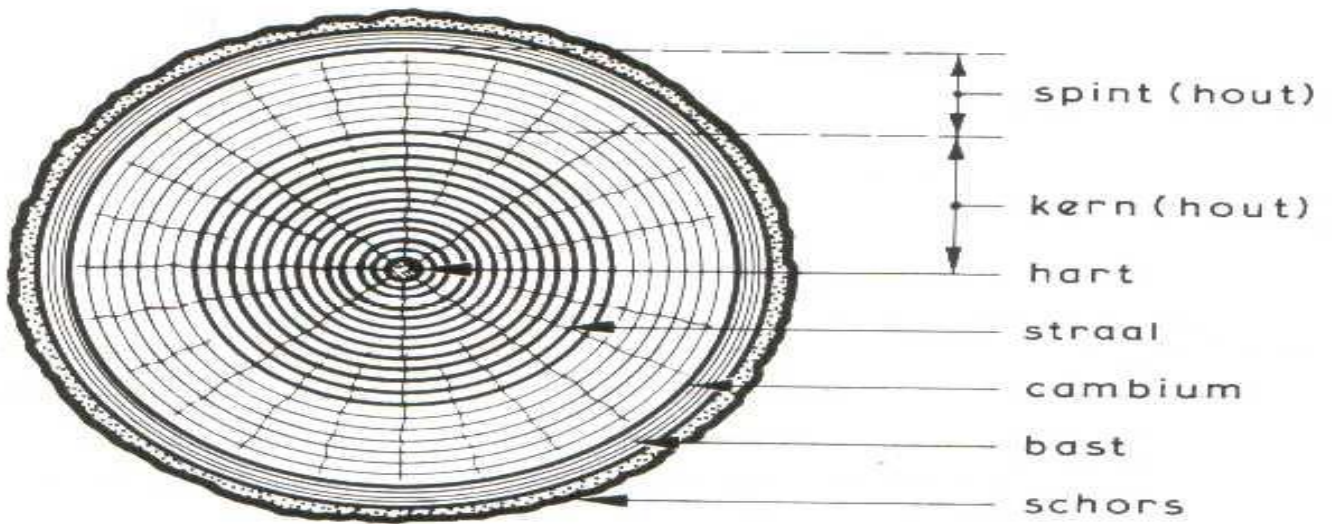
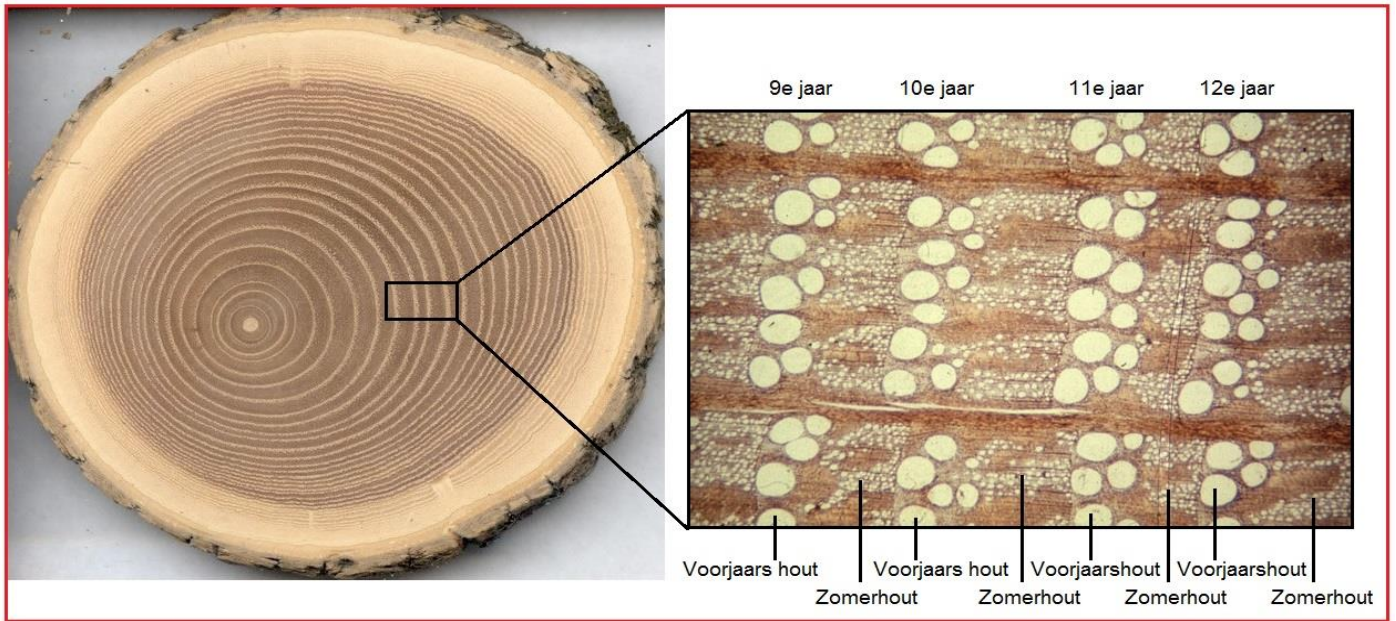
- De boom zorgt voor de productie van zuurstof
- Afvangen van CO₂ uit de lucht
- Gedeeltelijk afvangen van N₂
- Opvang en filtratie van fijnstof
- Het reguleren van temperatuur in de eigen omgeving (beschaduwing)
- Grondvocht regulatie
- Grond bemesting
- Afbraak stimulatie van organisch grondafval
- Fotosynthese (uit eigen belang)

Door de functie en aard van de boom heeft deze een belangrijke rol in ons biologisch evenwicht. Deze rol verschilt per boom en omgeving. Elke boom kent een eigen effectiviteit in de voornoemde functies en activiteiten. Soms lijken het wel mensen, iedere boom een eigen karakter.

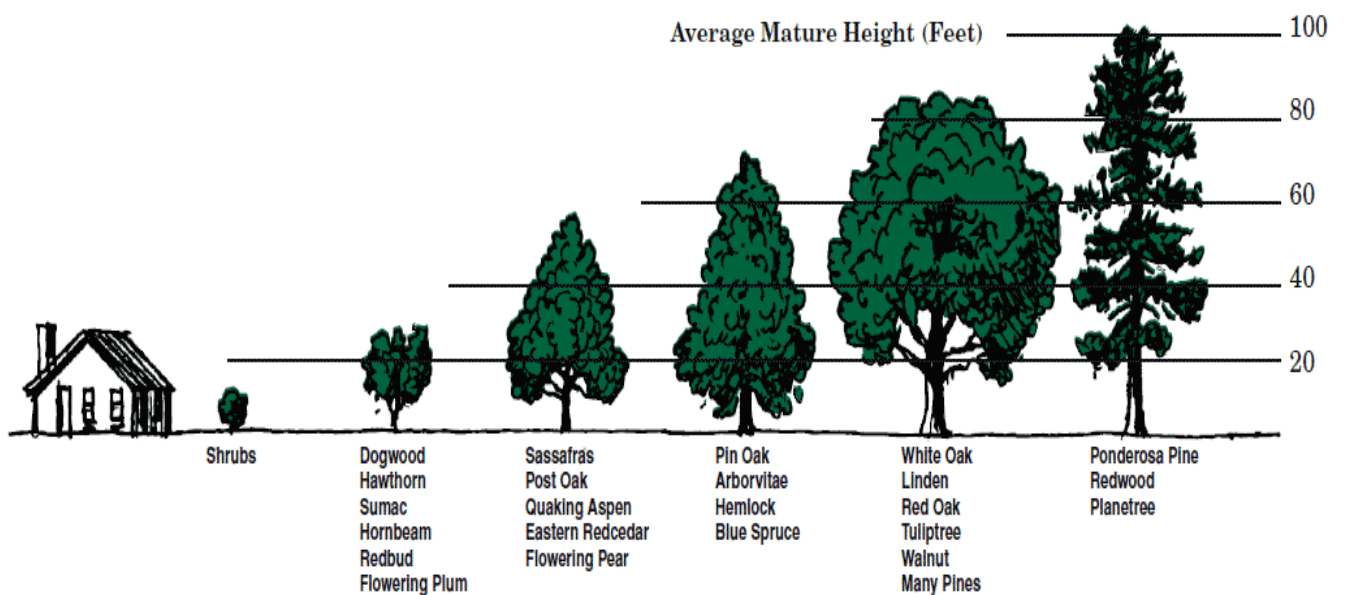
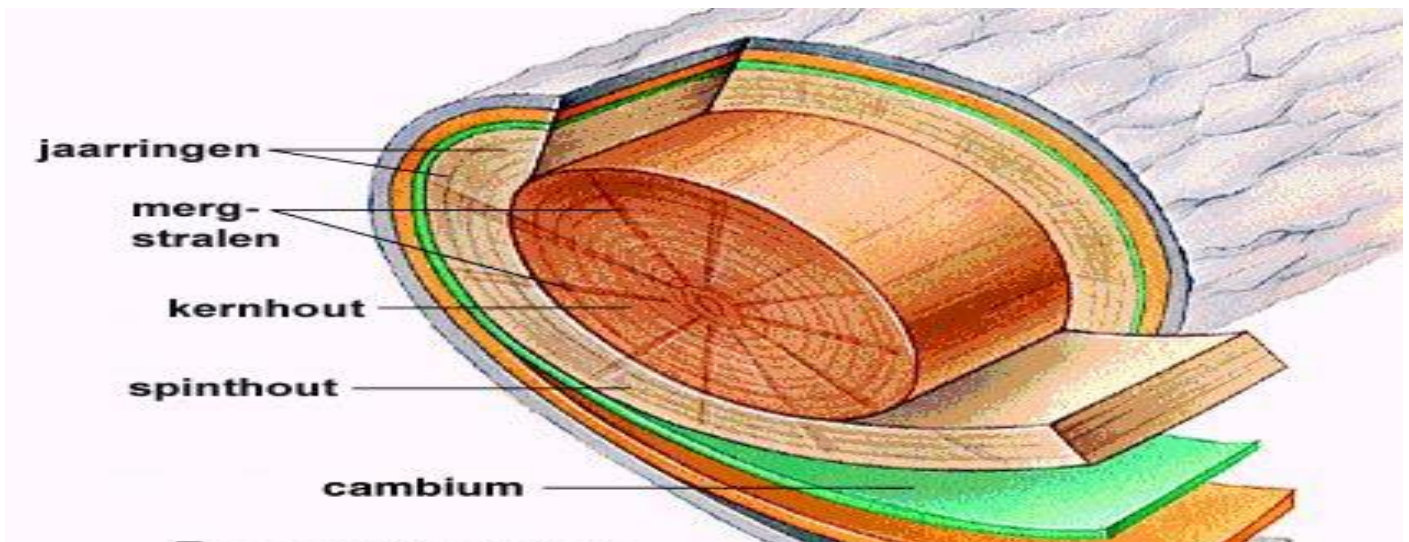
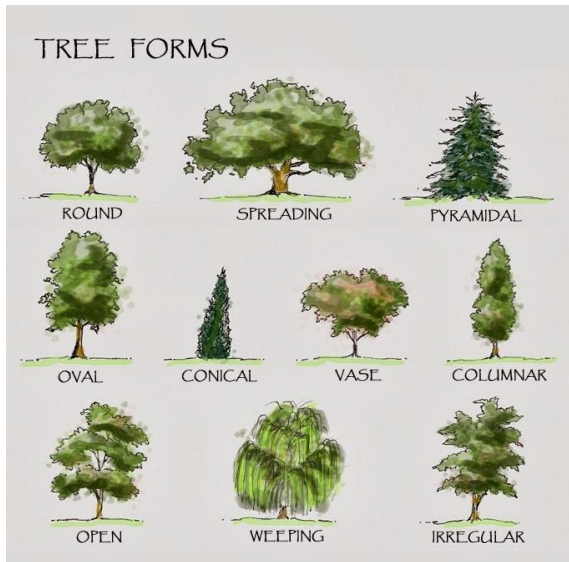
De anatomie van de boom

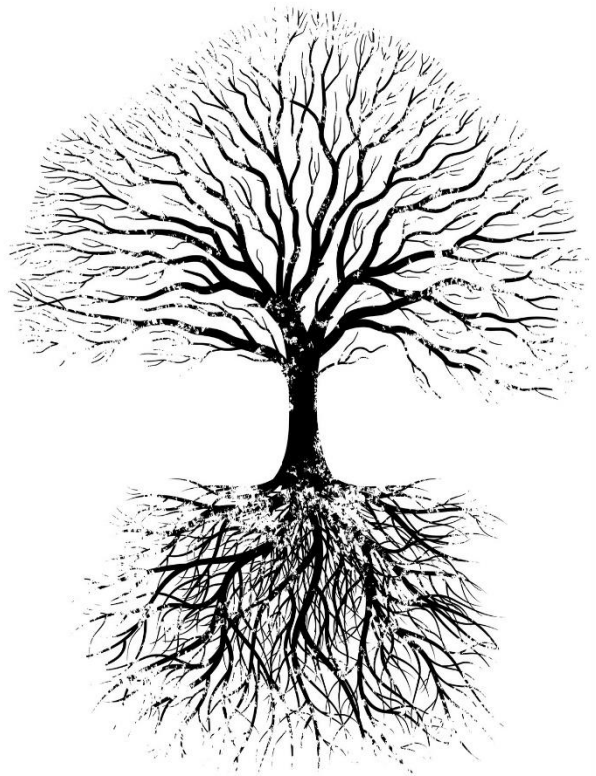
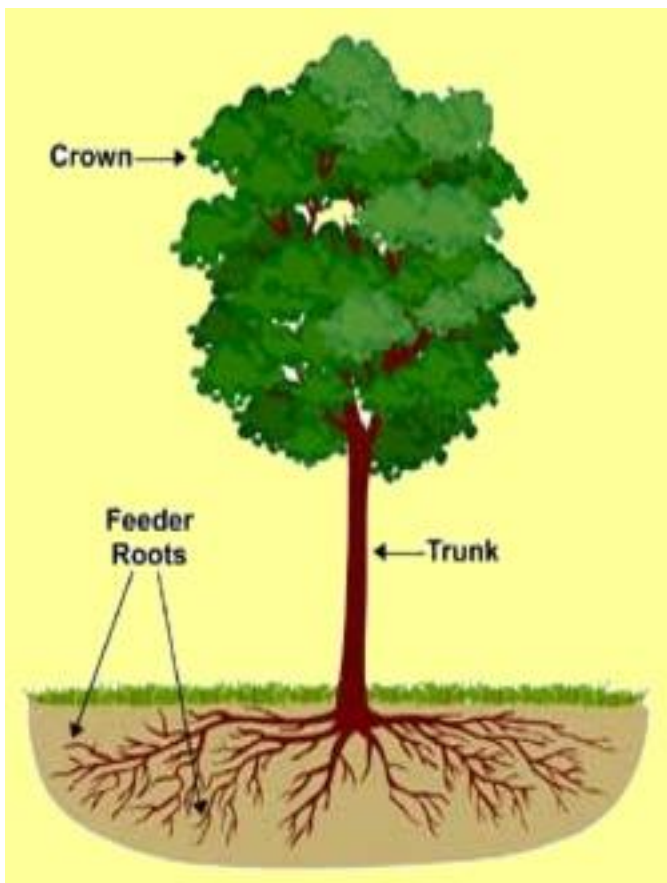
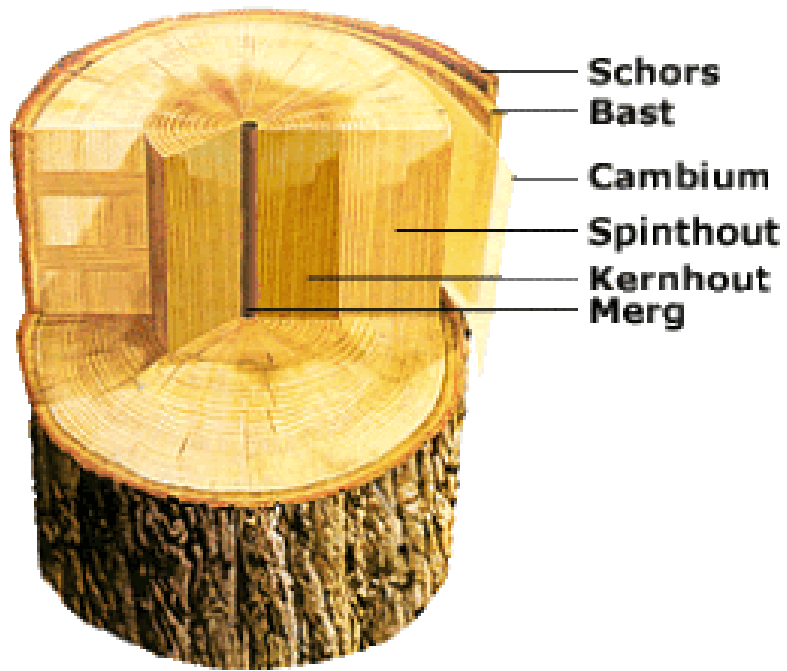
Om meer inzicht te krijgen zijn er een aantal anatomische feiten die de lezer moet begrijpen om inzicht te krijgen in de verschillen per boom en de functie samenhang tussen activiteit / effectiviteit en leeftijd. Om dit te begrijpen toon ik de stam doorsnedes, jaarringen, kroon, draagsoorten (stammen), kroonverschillen, lengte verschillen in relatie tot leeftijd en de wortel.





5







Wat is het belang van leeftijd in de natuur?

Leeftijd geeft als begrip een tijdsfase van groei en / of afbraak aan. Jonge elementen doorlopen een groei, bij een bepaalde leeftijd tredt stabiliteit op en op latere leeftijd is er sprake van afbraak. Voor dit onderzoek is leeftijd belangrijk want het vertegenwoordigt ook functionaliteit, capaciteit en volume.

De jonge boom ontbeert de volgende zaken:

- Volume (hier komen we op terug bij boomkroon berekeningen)
- Capaciteit, hierbij letten we vooral op opname van vocht / afstaan van ditzelfde vocht aan de omgeving
- Functionaliteit wordt direct in verband gebracht met de kwaliteiten van de boom tot productie van O₂ en afvangen van fijnstof / NO₂ / overige producten uit de lucht

Er zijn een aantal duidelijke redenen op te noemen waarom de jonge boom niet vergeleken kan worden met een oude naast deze al genoemd in voorgaande. De oudere boom vervult een aantal belangrijke directe omgevingsfuncties zoals ;

- De directe invloed op de grondwater huishouding. Bij de plaatsing van meerdere bomen is er een toenemende invloed op het grondwater. Dit kan stabiliserend maar ook beïnvloedend zijn.
- Bomen hebben een direct effect op de wind. De plaatsing van bomen verandert windrichting en doorstroming.

Aan al bovenstaande factoren zit direct het etiket leeftijd vast. Bomen hebben een bepaald volume dat per aanwas van leeftijd verandert. Meer volume zorgt voor een betere invulling van voorgaande functionaliteiten en capaciteit.

De boom in groter perspectief

De boom en in nog hogere concentratie het bos, heeft een belangrijke maatschappelijke functie. Een aantal van deze functies zijn:

- De kleur groen werkt ontspannend en geeft een goed gevoel
- Bomen bieden een mogelijkheid tot biodiversiteit
- Bomen leveren recreatieve mogelijkheden op voor sport en spel (bijvoorbeeld klimboom)
- Bomen zijn een onderdeel van de menselijke cultuur. Zonder bomen veranderd gedrag.

Een directe persoonlijke vraag aan de lezer (hier is geen onderzoek naar gedaan voor zover bekend); Wat is uw "gevoel" bij het inrijden van een brede laan met grote massieve bomen en wat bij het inrijden van een laan met jonge aanplant met dunne stammen van ongeveer drie jaar?

Over het algemeen is het gevoel bij het eerst genoemde voorbeeld een van ontspanning, schoonheid, een zekere mate van bescherming en ontzag. Deze gevoelens ontbreken totaal bij de kleine jonge bomen. Natuurlijk is dit een subjectief persoons gebonden constatering welke per individu verschilt. Toch heeft het een directe invloed op ons dagelijks leven.

Waarom 1 op 1 plaatsing niet voldoet

In voorgaande is duidelijk geworden dat er onderscheid gemaakt moet worden bij de beoordeling van bomen met een aantal factoren:

- Economisch
- Sociaal
- Beheerstechnisch
- Biologisch
- Cultuur gebonden

Elke boom vertegenwoordigt een economische waarde. Deze waarde bestaat uit meerdere factoren:

- Onderhoud
- Biologisch
- Onbewust (sociaal economisch)

De factor onderhoud is erg belangrijk in steden. Hier worden de meeste kosten mee gemaakt. Vraag is of de gemaakte kosten minder of gelijk zijn de opbrengsten. Om dit vast te stellen moeten we de directe economische invloed in kaart brengen:

- Bomen hebben direct effect op de wind en beïnvloeden richting (tunnel), snelheid en omgevings invloed. Door deze invloed hoeven gebouwen in de winter minder te stoken en in de zomer minder te koelen. Wind heeft directe invloed op gebouwen. Bij het breken van directe winden zullen gebouwen minder aan slijtage onderhevig zijn.
- Grondwater is noodzakelijk voor het behoud van gebouwen. Beheersing van het grond water niveau is van groot belang om funderingsrot te voorkomen. Bomen beïnvloeden direct het grondwater peil. Een juiste inzet kan gebouwen beschermen.
- Beschaduwning van omgeving is vooral in de zomer periodes van belang voor mens en gebouw. Door het beheersen van de temperatuur worden extremen zoveel mogelijk voorkomen.

Daarentegen staan de noodzakelijke kosten van de beplanting:

- Het onderhouden van bomen word gradueel meer met het stijgen der jaren. De netto kosten per boom gaan omhoog.
- Bewatering in het warme seizoen
- Opruimen van afval zoals bladeren en bij stormen

Uit voorgaande blijkt dat de positieve (economische) effecten van bomen sterk zijn. Zo sterk zelfs dat het meerderheid van de mensen zich wil inzetten voor een goede natuurhuishouding binnen steden.

Uit hier na volgende berekenen is duidelijk af te leiden dat een volwassen boom een veel hogere algemene waarde factor heeft dan een jonge boom.

Uit wiskundig, boekhoudkundig en sociaal oogpunt is vervanging van een oude door een jonge boom niet correct, verantwoord of zelfs bij benadering juist.

Hoe moeten we wel vervangen (formules)

Het berekenen van de vervangingswaarde van een boom is afhankelijk van meerdere (voornoemde) factoren en redenen. Er zijn 2 wetenschappelijk onderbouwde methoden waarmee de daadwerkelijke vervangingswaarde kan worden berekend.

- Volume
- Bodemopname / luchtafgifte versus leeftijd
- Kroonomvang en functie

Bodemopname / luchtafgifte

10

Uit voorgaande is duidelijk geworden dat elke boom vocht uit de bodem opneemt, dit transporteert naar blad en tak en daar het vocht verdampt. Veel biologen nemen aan dat de uit de grond opgenomen vochtwaarde gelijk is aan de afgifte.

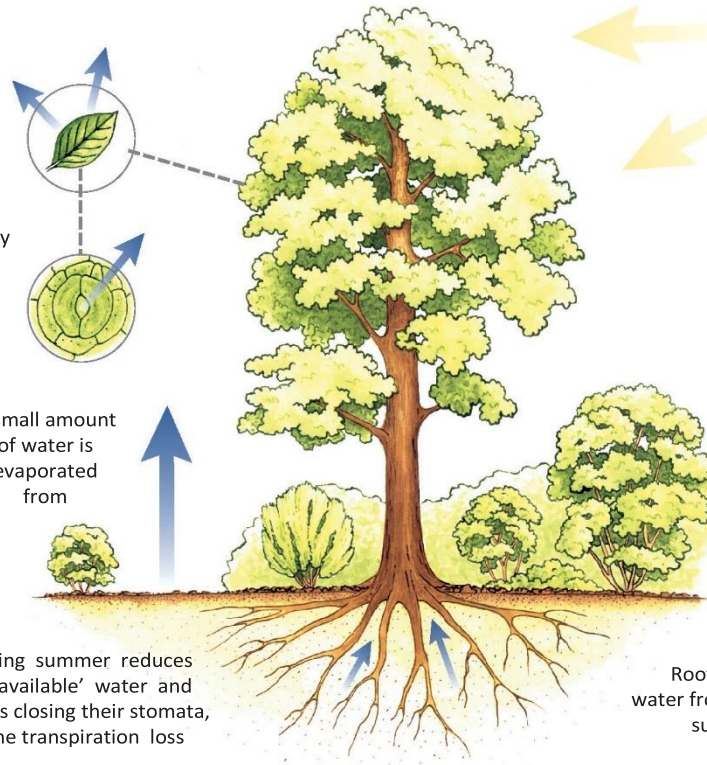
Figure 1 How trees use water

Following rainfall, water is intercepted by the forest

Tree species vary in their ability to control water loss via their stomata; water is lost through these open pores on the leaf surface during transpiration

A small amount of water is evaporated from

Soil drying during summer reduces the amount of 'available' water and can lead to trees closing their stomata, thus reducing the transpiration loss



Sunlight and wind provide the energy to drive the process of water evaporation

Water is also lost by evapo-transpiration from any understorey or ground vegetation, although at a lower rate due to the shaded and sheltered conditions

Root uptake of water from the soil supports the

Boomvolume meting:

Methode

Om het stamvolume van een boom te berekenen, dient men een bepaalde modellering voor de stam van de boom te gebruiken.

- Een heel eenvoudig model is aan te nemen dat de stam cilindrisch is. Wanneer we de straal van de cilinder r en de hoogte h noemen, bekomen we het volume V eenvoudig als de oppervlakte van het grondvlak (een cirkel met oppervlakte πr^2) \times de hoogte:

$$V = \pi r^2 \times h$$

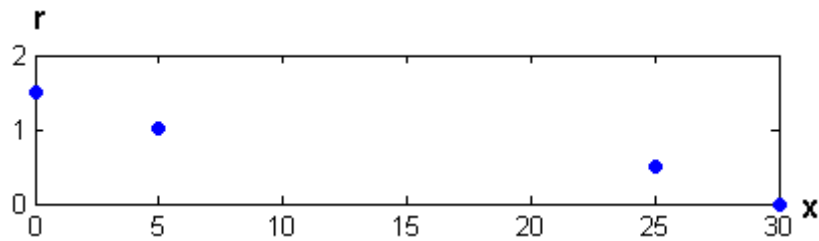
- Op deze manier wordt echter verondersteld dat de omtrek of de straal niet verandert met de hoogte, wat in werkelijkheid niet zo is. Daarom stappen we over op een nieuw model: we veronderstellen de boom nog steeds rond, maar laten toe dat de straal r afhankelijk is van de hoogte x .

Hoe verandert de straal $r(x)$ met de hoogte x ?

Daarvoor dienen we $r(x)$ te definiëren. Het functieverloop van $r(x)$ moet het werkelijke verloop zo goed mogelijk benaderen. Om dit te kunnen doen, dient de straal op een aantal hoogtes gekend te zijn (de omtrek is ook goed, gezien de straal gelijk is aan de omtrek gedeeld door 2π). Noem de hoogtes waar deze gekend is x_0, x_1, \dots, x_n en de bijhorende stralen r_0, r_1, \dots, r_n . Dan moet gelden:

$$r(x_i) = r_i \text{ voor alle } i = 0..n$$

Op onderstaande figuur is een voorbeeld gegeven voor de punten (0,1.5), (5,1), (25,1.5) en (30,0), wat aangeeft dat op 0 m hoogte de straal 1.5 m bedraagt, op 5 m 1 m bedraagt enzoverder. De functie $r(x)$ is dan de lijn die deze punten op één of andere manier met elkaar verbindt en de straal bepaalt op andere hoogtes.



Er zijn verschillende functies $r(x)$ die hieraan voldoen waarvan de eenvoudigste verder wordt besproken. De meetgegevens zijn dus de omtrekken (of stralen) op verschillende hoogtes, het wiskundig model is de keuze van $r(x)$ en het feit dat men de boom rond en recht veronderstelt.

Wat is het volume nu?

Eens $r(x)$ gedefinieerd is, hoe bepaal je nu het volume van een "cilinder" met een dergelijk straalverloop? Beschouw een dun schijfje van deze cilinder op hoogte x met straal $r(x)$. Noem de dikte van het schijfje Δx . Het volume van het schijfje, dat we aanzien als een cilinder, is $\pi r(x)^2 \times \Delta x$.

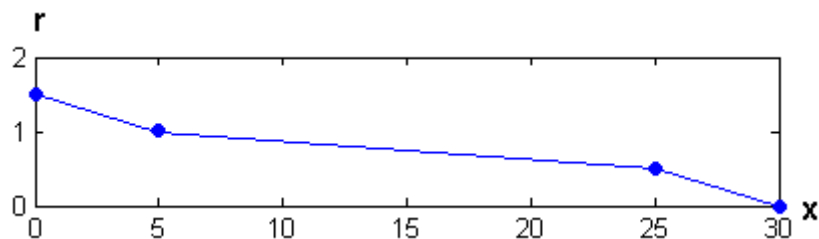
Het volume van de stam is de sommatie van alle dunne schijfjes in de stam beginnend bij x_0 tot bij x_n , waarbij de dikte Δx in de limiet naar 0 gaat (infinitesimaal dunne schijfjes). In de wiskunde wordt zo'n sommatie van oneindig kleine deeltjes een integraal genoemd. We bekommen als volume V :

$$V = \int_{x_0}^{x_n} \pi r(x)^2 dx$$

Willen we het volume van de hele stam hebben, moet x_0 overeenkomen met hoogte 0 (bij de bodem) en x_n met de hoogte van de stam.

Welke functie $r(x)$?

De eenvoudigste functie is een stuksgewijs lineaire functie, bepaald door de punten (x_i, r_i) . Op onderstaande figuur is $r(x)$ getoond in geval van het voorbeeld van hierboven.



Wanneer men de vorm van de boom zo goed mogelijk wil beschrijven, dient men dus voldoende omtrek- of straalmetingen uit te voeren in zones waar de mate waarin de straal van de boom toe- of afneemt sterk verandert met hoogte. In zones waar de straal op een constante manier verandert zijn extra metingen niet nodig, daar ze niets toevoegen of veranderen aan de vorm van $r(x)$.

Om het volume te bepalen, moeten we de bovenvermelde integraal oplossen met deze $r(x)$. Aangezien

$$\int_a^c f(x) dx = \int_a^b f(x) dx + \int_b^c f(x) dx$$

kunnen we de integraal van elk lineair stukje apart oplossen en alles dan samentellen. In elk lineair stukje is $r(x)$ erg eenvoudig: gewoon een lineaire functie, zodat de integraal gemakkelijk kan opgelost worden met wiskunde uit de middelbare school.

Tussen de punten x_1 en x_2 heeft $r(x)$ dan de vorm:

$$r(x) = \frac{r_2 - r_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + r_1$$

zodat het volume tussen (x_1, r_1) en (x_2, r_2) gegeven wordt door:

$$\int_{x_0}^{x_1} \pi r(x)^2 dx = \frac{1}{3} \pi (x_1 - x_0) (r_0^2 + r_0 r_1 + r_1^2)$$

Dit is compleet analoog voor het volume tussen de hoogtes x_2 en x_3, \dots, x_{n-1} en x_n .

Je berekent dus het volume tussen twee opeenvolgende hoogtemetingen met bovenstaande formule en telt dan alles samen.

Je kan ook complexere functies $r(x)$ nemen, zoals kwadratische functies. Dit heeft enkel zijn nut wanneer je bijvoorbeeld erg weinig omtrekmetingen hebt en de rechte lijn tussen twee opeenvolgende metingen een te grove benadering zou zijn. Wanneer je echter voldoende hoogtemetingen neemt in zones waar de mate waarin de omtrek toe- of afneemt sterk verandert, is de volumebepaling met deze methode nagenoeg even nauwkeurig.

Praktische toepassing:

Na berekening van het boomvolume van een te vervangen boom doen we dit ook voor de boom(soort) op een bepaalde leeftijd van de boom (of bomen) die als vervanging gaan dienen.

Volume van de boom relateert direct naar leeftijd, dewelke soortafhankelijk is. De formule voor vervanging is nu heel eenvoudig:

DHB = Diameter at breast height.

$$\frac{\text{Berekend boom volume te vervangen boom}}{\text{Berekend boom volume nieuwe boom}} = \text{Aantal benodigde bomen}$$

13

Het boomvolume is een gemakkelijke manier om snel bij benadering het aantal vervang eenheden te berekenen wanneer er uitsluitend van de DHB meting wordt uitgegaan en de simpele cirkel berekening op los laat. De formule houdt geen rekening met de daadwerkelijke capaciteit van de boom met betrekking tot bodem en omgeving. Mijn advies is om de simpele vorm uitsluiten te gebruiken bij snel plaatsingen en onder geen voorwaarde bij monumentale bomen.

Bodemopname / luchtafgifte versus leeftijd

Om de bodem opname te berekenen zijn er diverse formules. Het belang van de berekening is het aantal factoren van invloed te omschrijven al naar gelang van belang en sterkte. Doordat het internationaal onderzoek betreft wordt alles weergegeven in het Engels.

The Penman-Monteith form of the combination equation is:

$$\lambda E_T = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right)}$$

$$yE = \frac{(\nabla + \gamma)}{[\nabla(B^M - C)] + (\lambda y E^a)}$$

verkort weergegeven:

where

R_n is the net radiation,

Copyright Arnaud van der Veere, onderzoek in opdracht van HSP (Haagse Stads Partij) en Partij voor de dieren. Aflevering augustus 2017.

G is the soil heat flux,
($e_s - e_a$) represents the vapour pressure deficit of the air,
 ρ_a is the mean air density at constant pressure,
 c_p is the specific heat of the air,
 Δ represents the slope of the saturation vapour pressure temperature relationship,
 γ is the psychrometric constant, and
 r_s and **r_a** are the (bulk) surface and aerodynamic resistances.

Om het geheel meer inzichtelijk te maken tellen we ook een aantal omgevings factoren mee. Een der belangrijkste is de lucht (weer) stand:

Aerodynamic resistance (r_a)

The transfer of heat and water vapour from the evaporating surface into the air above the canopy is determined by the aerodynamic resistance:

$$r_a = \frac{\ln\left[\frac{z_m - d}{z_{om}}\right] \ln\left[\frac{z_h - d}{z_{oh}}\right]}{k^2 u_z}$$

where

r_a aerodynamic resistance [$s\ m^{-1}$],
 z_m height of wind measurements [m],
 z_h height of humidity measurements [m],
 d zero plane displacement height [m],
 z_{om} roughness length governing momentum transfer [m],
 z_{oh} roughness length governing transfer of heat and vapour [m],
 k von Karman's constant, 0.41 [-],
 u_z wind speed at height z [$m\ s^{-1}$].

Uit bovenstaande kunnen we de volgende conclusie trekken. :

$$\frac{(\text{OW}) \text{ Opgenomen water (grond)} \times \text{Afgewen water (verdamping) AW}}{\text{Leeftijd van de boom (Lft)}} = \text{Capaciteit (C)}$$

$$\frac{\text{OW} \times \text{AW}}{\text{Lft}} = \text{C}$$

Waarbij

OW het total aan opname capaciteit is van de boom uit de bodem volgens gegeven formules.

AW is de weer afgegeven hoeveelheid vocht aan de omliggende ruimte met de beïnvloedings factoren meegenomen

Lft is de leeftijd van betreffende boom

C is de total capaciteit van de boom in relatie tot omgeving en leeftijd

Elke boom levert hierbij een specifiek getal dat uniek is voor boom en soort.

Bij herplanting zijn de gegevens omgeving en vocht onafhankelijk doordat de herplanting op dezelfde plaats(en) plaatsvinden.

Van elke boom komt er een uitkomst waarbij de eerste waarde tussen 0,5 – 2 ligt.

Copyright Arnaud van der Veere, onderzoek in opdracht van HSP (Haagse Stads Partij) en Partij voor de dieren.

Aflevering augustus 2017.

Volgens de berekeningen is zo goed als altijd de opgenome waarde aan vocht = afgestane waarde vocht.
Dit wetende komen we tot de formule:

$$\frac{C1}{C2} = \text{vervangings aantal VA}$$

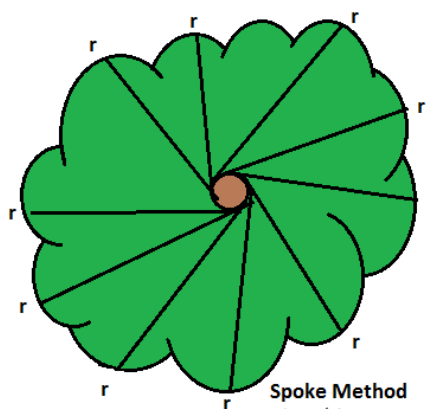
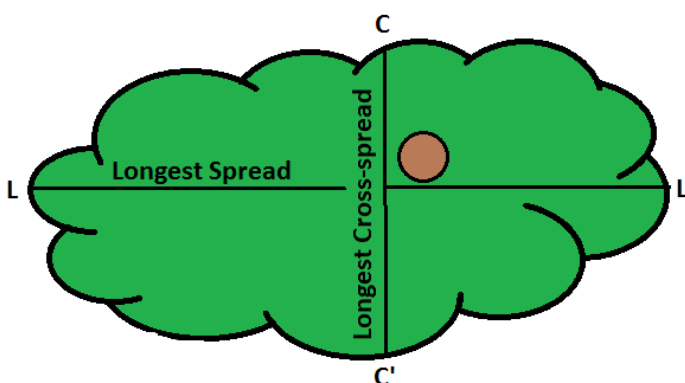
Waarbij C1 de uitkomst is van de oudste boom

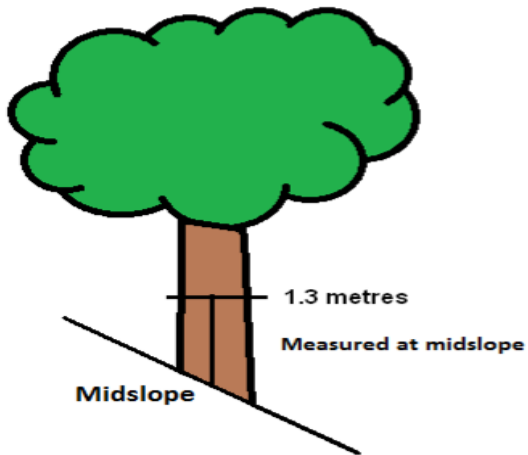
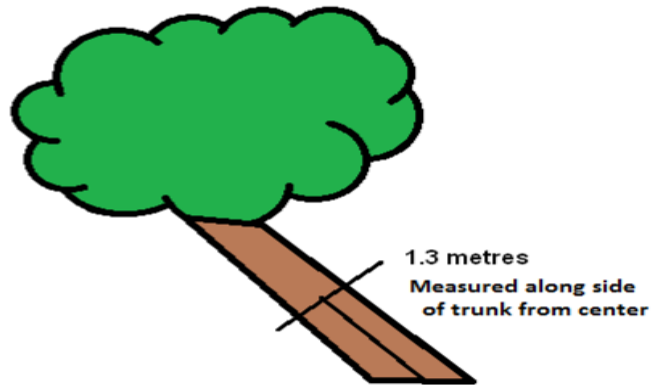
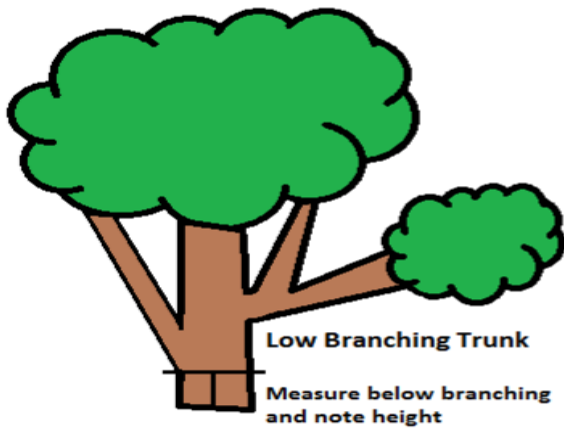
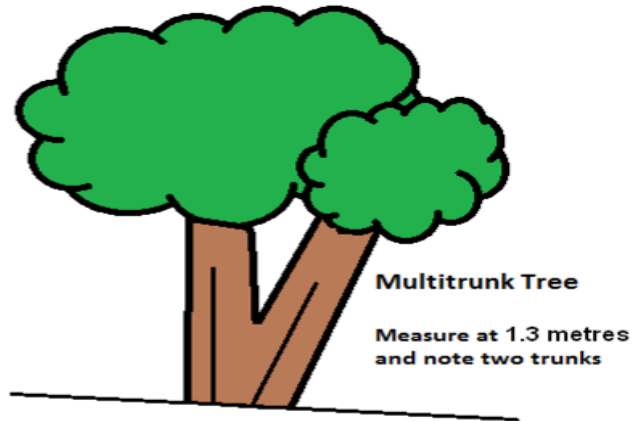
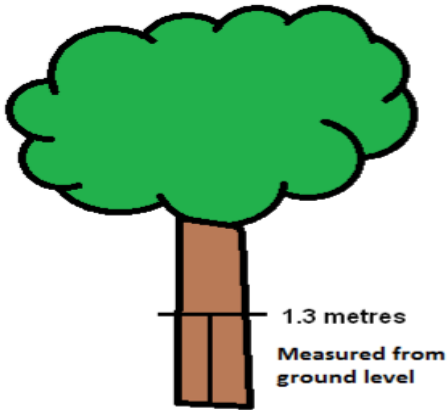
C2 de uitkomst van de vergelijking van de jongste boom

VA is het aantal bomen nodig om de totale capaciteit van de oude boom te vervangen.

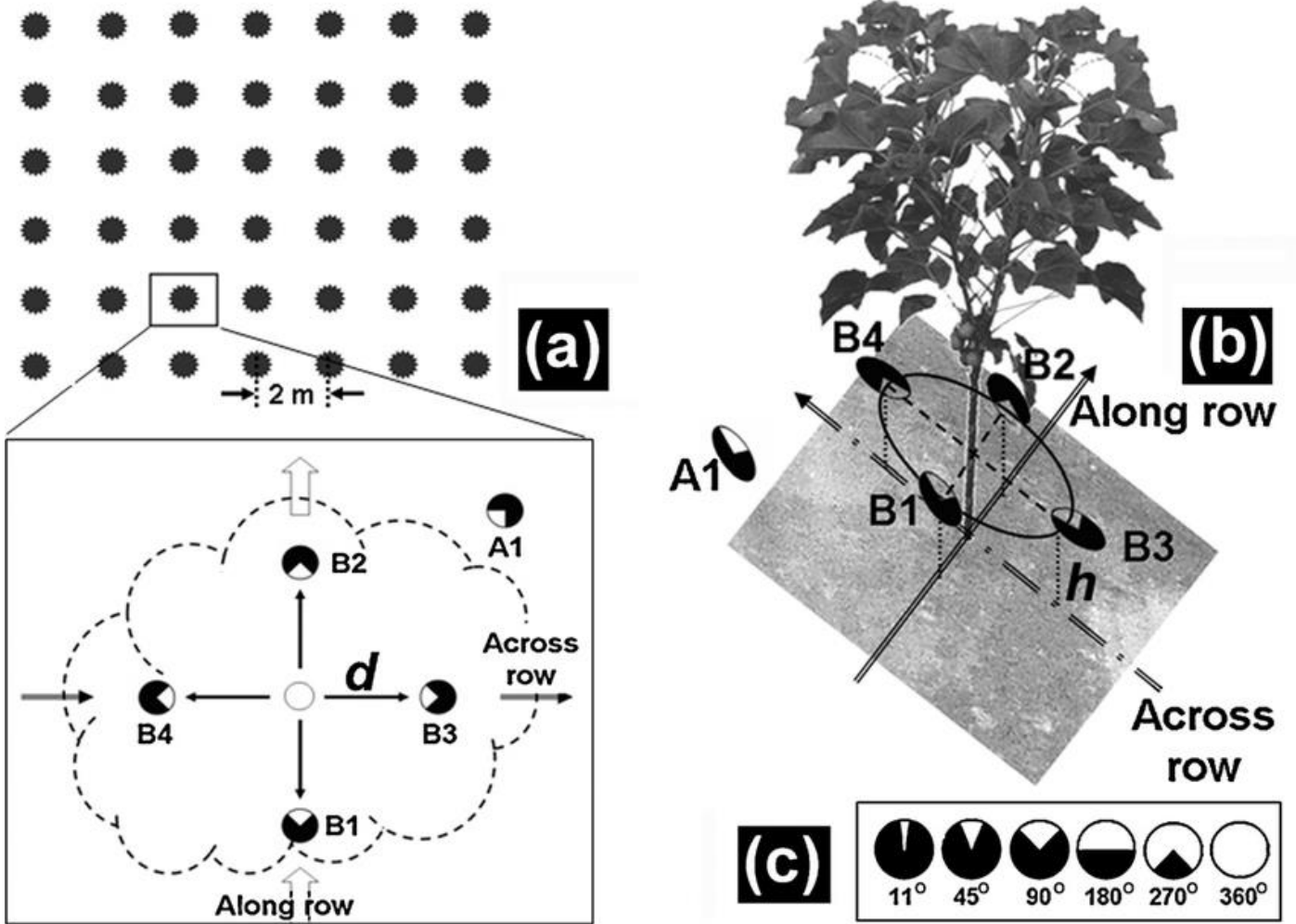
Berekening via kroon diameter

De boomkroon is een (hoewel door groei variërend) vast gegeven van een boom. Het is bekend welke kroon formatie bij welke leeftijd van welke boomsoort hoort.

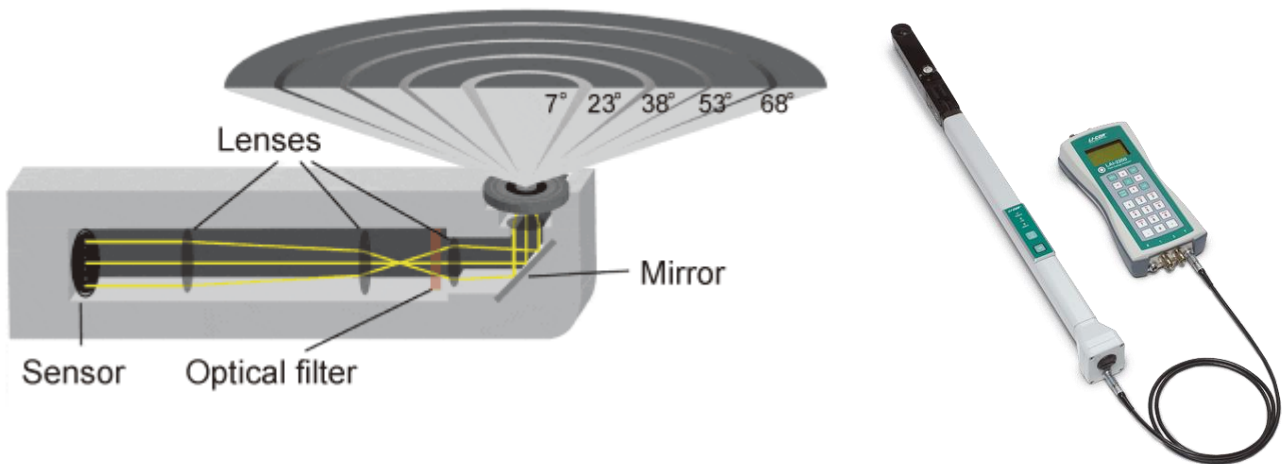




Om de kroondichtheid van de boom te meten gebruiken we Plant Canopy Analyser. Dit apparaat werkt als volgt:



De meting geschied door de meting van licht absorptie door de kroon van de boom.



Door het meten van de kroon dichtheid kunnen we een vergelijking maken per boom(soort) en deze tabelleren. Jonge bomen hebben een grote lichtdoorlaatbaarheid doordat de kroon nog niet volwassen is. Het is aan te bevelen om de meting pas na drie jaar te doen daar een boom dan zich pas in de grond heeft vastgezet en er daadwerkelijk sprake is van groei.

De bereken formule voor vervangwaarde van een boom via de kroon methode is:

Copyright Arnaud van der Veere, onderzoek in opdracht van HSP (Haagse Stads Partij) en Partij voor de dieren. Aflevering augustus 2017.

$$\frac{\text{Kroondichtheid oude boom}}{\text{Kroondichtheid jonge boom}} = \text{aantal vervang bomen}$$

Advies

Uit alle voorgaande drie berekeningen komt duidelijk naar voren dat er geen sprake is van een 1 op 1 vervangingswaarde van bomen. Dit alles gebaseerd op berekeningen en feiten.

Bij voorgaande is geen rekening gehouden met emotionele, strategische, ecologische of andere factoren. Uitgangspunt van dit rapport is een feitelijk beeld te geven van vervangingswaarde op basis van berekenbare gegevens.

Conclusie: vervanging van 1 op 1 bij bomen is niet mogelijk wanneer het bomen betreft van ongelijke leeftijd en capaciteit. Ik adviseer om daarvoor een der voorgaande methoden te gebruiken te berekening van een reel aantal bomen ter vervanging van het bestaand product.

Referenties:

MODELING POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION OF TWO FORESTED WATERSHEDS IN THE SOUTHERN APPALACHIANS, L. Y. Rao, G. Sun, C. R. Ford, J. M. Vose

Allen, R.G., L.S.Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. "Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements." Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Howell, T. A. and Evett, S. R. 2006. The Penman-Monteith Method. Available online: <http://www.cprl.ars.usda.gov/wmru/pdfs/PM%20COLO%20Bar%202004%20corrected%209apr04.pdf>. Accessed December 1st, 2009.

Monteith, J. L. 1965. "Evaporation and Environment." In: The state and movement of water in living organism. 19th Symp. Soc. Exptl. Biol. P. 205-234

H. Hasenauer. 1997. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. Forest Ecology and Management 96 197-206

G.E.Hemery, P.S. Savill & S.N. Pryor Applications of the crown diameter–stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. Forest Ecology and Management 215 (2005) 285–294

<https://www.monumentaltrees.com/nl/>

J-L Widlowski, M. Verstraete, B. Pinty & N. Gobron. 2003. Allometric Relations of Selected European Tree Species. EC Joint Research Centre. Link