



Sociale mensen onder een eenzame boom.

Stadsbomen

HOE DE STAD BOMEN HET VUUR NA AAN DE SCHENEN LEGT

TEKST: VITO LEYSSENS, REDACTIE BOMEN

FOTO'S: PETER VANDYCK

Een boom in de stad ... Eigenlijk is dat een beetje zoals een vis op het droge. In een bos zijn bomen omgeven door andere planten. Van kleine kruiden tot waanzinnige woudreuzen. Het is er fris en koel, met hun wortels kunnen ze onbelemmerd wroeten in de bodem en hun takken kunnen ze ongehinderd naar het licht toe laten groeien. Het water kan onverstoord de bodem infiltreren en de bodemorganismen zetten hun blaadjes terug om in voedingsstoffen. Het bos zorgt voor hen en zij zorgen voor het bos.



De droge en hete stadslucht zorgt voor een sterke verdampingsvraag

het water lijkt de bodem niet in te kunnen. Opeens krijg je allemaal giftige stoffen binnen en worden je takken afgezaagd. 'Ik wil geen bladeren in mijn voortuin', hoorde je iemand roepen. Je bladeren worden weggehaald, zonder pardon, daar gaat je voeding. Toch zijn er enkelen die me op regelmatige basis water komen geven. Heel af en toe komt er iemand me knuffelen, ook al wordt dit wezen daardoor uitgelachen door de andere wezens. Ze zorgen niet altijd voor mij, maar ik blijf wel voor hen zorgen. Wat moet ik anders? Zuurstof maken doe ik toch. Laat ze maar lekker in mijn schaduw zitten, daar heb ik toch geen last van. Weten deze wezens eigenlijk wel hoe moeilijk het kan zijn om hier te overleven? Hebben zij geen last van deze hitte? Het lijkt van niet, ze zijn met veel. En ik sta hier maar alleen ...

Bomen hebben dus heel wat te verduren in een stad, maar ook buiten de stad kan de omgeving in de Lage Landen al redelijk verstedelijkt zijn, met alle gevolgen van dien. Bomen vormen de verbinding tussen aarde en lucht. Het medium van deze verbinding is water. In dit artikel geven we een overzicht van de impact van de stedelijke omgeving op bomen. Eerst bespreken we het water, dan de aarde en we sluiten af met de lucht. Je zal al snel merken dat deze drie elementen onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden. Op het punt waar al deze elementen samenkomen, wel, daar staan bomen.

Water

Het water in een boom is afkomstig van de bodem, waar het wordt opgenomen door de wortels. Het water wordt doorheen de stam naar de bladeren getransporteerd waar het verdamppt om de kruin te verkoelen (als je de hele dag in de zon staat wordt dat knap warm!). De aanvoer

Maar dan plots, een plantbak belemmert je wortelgroei en

van water wordt dus beperkt door de bodem en de afvoer wordt aangedreven door verdamping in de bladeren. Hoe deze twee stromen met elkaar in verhouding staan, hangt af van de soort, leeftijd, vitaliteit en anatomie van de boom in kwestie. Elke boomsoort heeft zijn eigen tactieken om om te gaan met water. Hoe een bepaalde boomsoort omgaat met water bepaalt in grote mate de toepasbaarheid in een stedelijke omgeving.

Om te beginnen zijn er de morfologische kenmerken van de wortels en de bladeren. Maar de wortels krijgen heel wat meer te verduren dan enkel een tekort aan water (daarover straks meer); de karakteristieken van de wortels zijn dus zeer bepalend voor de toepasbaarheid in de stad. Bij de bladeren is het vooral belangrijk dat deze niet te veel water verdampen. Dat betekent: beter kleine dan grote bladeren. Een dikke waslaag en een ruwe beharing kunnen ook helpen! Alles om zo weinig mogelijk water te verliezen. Het lijkt dus dat naaldbomen een streepje voor hebben op loofbomen als het om bladmorfologie gaat! Maar zelfs bomen met dikke, kleine, stugge bladeren kunnen lijden aan waterstress.

Oorzaken waterstress

Klein aanbod

In een bos heb je geen voetpaden en geen riolen. Al het water dat op de bodem valt, infiltreert. Tot de bodem gevuld is althans, daarna stroomt het af naar het oppervlaktewater. Bij elke regenbui wordt de waterreserve van de bodem aangevuld. In verstedelijkt gebied is dat net even anders. Het grootste deel loopt gewoonweg de goot in en stroomt naar het riool, zonder ooit in contact te komen met de bodem.

Een klein deel van de neerslag komt in contact met de bodem. Maar omdat er in het algemeen relatief kleine bodemvolumes worden gereserveerd voor stadsbomen, infiltreert er maar een klein deel van het water, de rest stroomt zomaar weg. Daarnaast draagt de sterke algemene compactatie van stadsbodems ook bij aan een ondermaatse aanvulling van het grondwater. De bodem is moeilijk te vullen maar is dan ook nog eens snel vol. Dit alles resulteert in een klein aanbod van water aan de boomwortels.

Grote vraag

Een boslucht voelt fris en vochtig aan. De bomen zorgen voor schaduw en waterverdamping. Dit doet de luchttemperatuur dalen en creëert een microklimaat. De kruinen van de bomen zorgen ervoor dat dit microklimaat ook sterk behouden wordt. Als je tijdens een hittegolf door een bos wandelt, voel je dit meteen.

In een verstedelijkt gebied is dat weer net even anders. Bomen staan doorgaans alleen of in een rij, hierdoor kan je maar moeilijk het frisse microklimaat vasthouden. Daarnaast is er ook nog het stedelijk hitte-eilandeffect. Beton, steen en andere grijze infrastructuur warmt sterk op en straalt deze warmte ook weer uit. Dit resulteert in een droge en hete stadslucht. Dit zorgt voor een dampdruktekort, er kan nog veel meer water opgenomen worden in de lucht via verdamping. Een kleine stijging in temperatuur zorgt voor een exponentiële toename van dit dampdruktekort. Deze droge en hete stadslucht zorgt dus voor een sterke verdampingsvraag. Als je deze grote vraag aan water naast het kleine aanbod aan water legt, zie je dat bomen al snel voor een dilemma komen te staan: sluit ik mijn blaadjes af en stop ik het fotosyntheseproces of houd ik mijn huidmondjes halsstarrig open?

Gevolgen waterstress

Een onmiddellijke reactie van bomen op waterstress is het sluiten van de huidmondjes, waardoor de transpiratie wordt verminderd, maar ook de gasuitwisseling die nodig is voor het fotosyntheseproces wordt dan beperkt. Aanhoudende waterstress zal morfologische veranderingen van de bladeren veroorzaken; een dikkere waslaag, meer

maar kleinere huidmondjes en bladverlies. Langdurige waterstress kan leiden tot sterfte door cavitatie en koolstofverhongering. Beide verminderen de algehele vitaliteit, waardoor bomen vatbaarder worden voor plagen en ziekten. De verwachte effecten van de klimaatverandering, meer en langere droogteperiodes gecombineerd met meer hittegolven, zullen versterkt worden door de stedelijke omgeving.

Wanneer de hoeveelheid water die de bodem kan aanbieden kleiner is dan de hoeveelheid water die de lucht wil opnemen, ontstaat er spanning binnen in het watertransportsysteem van de boom. Het waterpotentiaal veroorzaakt door verdamping in de bladeren is de drijvende kracht achter het opwaarts watertransport in bomen. Maar als deze drijvende kracht te hoog is ten opzichte van het waterpotentiaal in de bodem, ontstaan er luchtbellens in het xyleem. Deze luchtbellens noemt men cavitaties en ze blokkeren het watertransport. De boom reageert hierop door dit deel van het xyleem af te sluiten. Er zijn genoeg houtvaten om het watertransport vlot te laten verlopen. Maar wanneer dit regelmatig gebeurt, zal dit een negatieve impact hebben op de gezondheid van de boom. Het risico op cavitatie is vooral gelinkt met de intensiteit van een droogte.

Bomen hebben water nodig om hun fysiologische processen aan de gang te houden. Eén van deze processen is fotosynthese. Wanneer de plant niet aan fotosynthese kan doen vanwege uitdroging of oververhitting worden er geen energierijke stoffen aangemaakt. In dat geval spreekt de boom zijn reserves aan. Waarom zou de boom anders reserves aanleggen? Deze reserves zijn uiteraard >

Een onverharde trambedding fungeert als infiltratiezone



Bomen vormen de verbinding tussen aarde en lucht



niet oneindig. Als het fotosyntheseproces zo lang of vaak onderbroken wordt dat de boom door alle reserves heen brandt, spreken we van koolstofverhongering. Een korte periode van lichte droogte kan makkelijk overbrugd worden dankzij de reserves. Maar wanneer de droogte lang blijft aanhouden, ook al is deze minder intens, wordt het risico op verhongering verhoogd.

Er zijn dus twee grote trajecten die bij watertekort tot de dood van een boom kunnen leiden. Uiteraard proberen bomen het einde van dit traject zo lang mogelijk uit te stellen. Een dilemma dringt zich op: de fotosynthese op gang houden met een verhoogd risico op cavitatie, of luchtbelletjes vermijden met een verhoogd risico op verhongering. Bomen die de fotosynthese op gang houden ten koste van cavitatie noemen we anisohydrische soorten. Ringporositeit en dieptewortels zijn kenmerkend voor de loofbomen uit deze groep. Deze soorten hebben een versterkt xyleemtransport om de sterke spanning in het houtvatstelsel het hoofd te kunnen bieden. Van nature komen deze soorten meer voor in habitats waar een droogte regelmatig voorkomt. Vanwege hun tactiek zijn ze vooral gevoelig voor intense droogte en minder voor lange droogte.

Een andere tactiek bij droogte is het sluiten van huidmondjes om de spanning op het xyleem laag te houden. Soorten die deze tactiek toepassen, benoemen we als isohydrische soorten. Loofbomen uit deze categorie zijn in het algemeen diffuus-poreus en hebben meestal oppervlaktewortels. De keerzijde van het vermijden van cavitaties is dat het fotosyntheseproces op een lager pitje komt te staan of volledig stopgezet wordt. Vanwege het afsluiten van de huidmond-

jes kunnen deze soorten intense droogte overleven. Maar wanneer de droogte lang aanhoudt, zullen deze soorten verhongeren. De route naar verhongering is er één van dalende vitaliteit, wat deze bomen gevoeliger maakt voor plagen en infecties.

Twee klassen van bomen: de ene kan beter tegen intense droogte en de andere kan beter tegen lange droogte. Een plantplaats met een doorlaatbare grond maar omgeven door beton zorgt vooral voor intense droogte; hier plaatsen we een isohydrische soort. Een plantplaats met een klein doorwortelbaar volume of een kleine toevoer van water, dat geeft vooral langdurige droogte; hier plaatsen we een anisohydrische soort. Lekker makkelijk, toch? Natuurlijk is de realiteit iets genuanceerder. Net zoals mensen zijn bomen nooit echt volledig aan één klasse toe te wijzen. Het is een spectrum waarop ze meer naar de ene of andere kant neigen. Daarenboven, de processen van cavitatie en verhongering zijn onderling gelinkt. Het is dus niet het één of het ander. Het is een evenwicht tussen beide en hoe een bepaalde soort daarop reageert.

Toch kan bovenstaande vereenvoudiging een doorslaggevende factor zijn in boomsoortkeuze. Wanneer een standplaats veel lange droogteperiodes kan induceren, bieden diepwortelende loofbomen meer zekerheid. Zal de boom op deze standplaats vooral intense droogtes te verduren krijgen? Dan kunnen loofbomen met oppervlaktewortels een grotere kans op succes bieden. Als u de inleiding herleest, dan begrijpt u dat er idealiter bomen uit beide klassen aangeplant worden. In dat geval kunnen de bomen voor elkaar zorgen. Inzetten op biodiversiteit is een manier om stabiliteit te creëren in een onzekere toekomst.



Aarde

Uit bovenstaande blijkt de dynamiek van water in en rond de boom een cruciale factor te zijn in een stedelijke omgeving. De menselijke structuren verstoren de natuurlijke watercyclus sterk, dit heeft een fundamentele impact op de levenskwaliteit van stadsbomen. In een natuurlijk systeem valt neerslag op de bodem, dankzij de bodemstructuur kan deze neerslag infiltreren en de wortels van water voorzien. Het overschot aan water wordt opgeslagen in het grondwater. De bodemstructuur hangt sterk samen met het bodemleven. Vanwege deze structuur is het voor de wortels van planten mogelijk te groeien en te functioneren in de bodem.

Op de bodem

Mensen willen zich graag vlot met de fiets, bus, tram of auto door de stad begeven. Hiervoor is een verharde ondergrond noodzakelijk. Deze verharde ondergrond laat geen water door en verbreekt de verbinding tussen aarde en lucht. In een stedelijk systeem valt neerslag op de grond, die zo snel mogelijk wordt afgevoerd. Deze wordt naar een riool geleid en via daar aan het grijswaternet toegevoegd. Op geen enkel moment krijgt de neerslag de kans om de bodem te infiltreren. Als gevolg is er minder water ter beschikking voor de bomen (en andere planten) en wordt het grondwater amper aangevuld. Ondoorlaatbare verharding voorkomt de broodnodige waterinfiltratie. Dit veroorzaakt aanbodgestuurde waterstress.

Daarnaast heeft de afscherming van aarde en lucht nog andere nadelen. Zo wordt ook de gasuitwisseling tussen bodem en lucht geblokkeerd. Verschillende bodemorganismen gebruiken zuurstof om energierijke stoffen om te zetten in energie en koolstofdioxide, net zoals wij. In een natuurlijk systeem kan in de bovenste laag een uitwisseling met de lucht plaatsvinden, aan het bodemoppervlak wordt koolstofdioxide uitgewisseld voor zuurstof. Dit is noodzakelijk voor het onderhouden van een levende bodem die de vitaliteit van bomen ondersteunt.

Ondoorlaatbare verharding verstoort de watercyclus, de gasuitwisseling, maar heeft ook een stralingseffect. Het stedelijk hitte-eilandeffect is ook van toepassing op voetpaden. Wanneer de zon overdag op een voetpad schijnt, warmt dit voetpad sterk op. Wanneer het 's avonds afkoelt, zal het voetpad deze warmte weer uitstralen op de onderkant van het bladerdek van een stadsboom. Na een hete dag moeten onze bebladerde vrienden dus ook een hete nacht doorstaan, daar is de nodige metabolische stress aan gebonden. Maar deze straling van onderuit kan ook overdag plaatsvinden. In dat geval werkt de straling rechtstreeks in op de huidmondjes, dit veroorzaakt vraaggestuurde waterstress. Dit effect wordt drastischer wanneer de luchtvochtigheid laag is.

Een verharde ondergrond veroorzaakt dus zowel aanbod- als vraaggestuurde waterstress. Het verlaagt de fotosynthetische activiteit van bomen. Het ontharden van een boomspiegel kan de druk op onze geliefde stadsbomen reeds sterk verminderen.



In de bodem

Een bosbodem is sterk ontwikkeld. Bladeren vallen op de grond en worden verteerd. Het bodemleven trekt ze mee de bodem in en zet ze om in humus. Deze humus vormt de voedingsbodem voor planten. Afhankelijk van de lokale context zijn onder deze organische laag nog andere lagen te vinden. Doorgaans komen we nog een uitlogings- en inspoel-laag tegen. Onder deze lagen ligt het moedermateriaal. Elke bodem bestond ooit uitsluitend uit moedermateriaal, gesteente. Verwerking door weerselementen zorgde ervoor dat pioniersplanten het gesteente konden koloniseren. Deze vegetatie vormde de eerste organische laag en liet toe dat andere plantensoorten zich hier konden vestigen. Het proces van bodemvorming en successie wordt hier nu in minder dan 10 zinnen samengevat. Maar in werkelijkheid kan het tot 1000 jaar duren voor er zich 10 cm vruchtbare bodem heeft ontwikkeld. Dat betekent dat een sterk ontwikkelde bodem van 1,50 meter diep al snel 15.000 jaar aan het ontwikkelen is.

En dan komt de mens met zijn zware machinerie om de bodem uit te graven, ondersteboven te halen en weer aan te drukken. Duizenden jaren intensief teamwerk gaan op een namiddag verloren. Terug aan de bak, denken we dan. Maar dat gaat niet, er is geen input aan organisch materiaal of water. Daarbij is de bodem volkomen samengedrukt waardoor er helemaal geen plaats is voor een gezond bodemecosysteem. We weten allemaal dat de bodem bepalend is voor welke boomsoort toegepast kan worden. De vitaliteit van bomen wordt sterk bepaald door de bodem waar ze in wortelen.

Stedelijke bodems hebben zowel een chemische als een fysieke invloed op het ondergrondse leven van bomen. Stedelijke bodems hebben een meer alkalische bodemzuurgraad en een lager gehalte aan organische stof dan bosbodems. Daarbovenop zijn ze verontreinigd met strooizout, pesticiden en zware metalen, deze laatste vaak afkomstig van lekkages in afvalwaterleidingen. Verharde voetpaden en ondergrondse stedelijke infrastructuur verminderen het bodemvolume dat beschikbaar is voor het wortelstelsel. Het is aangetoond dat een kleiner bodemoppervlak een negatieve invloed heeft op de grootte van het bladerdak. De beperkte bewortelingsruimte vormt, samen met de bodemtemperatuur en bodemverdichting, de grootste ondergrondse fysieke beperkingen voor stedelijke bomen. Het gebrek aan bodemleven zorgt er ook voor dat bomen zich eenzaam voelen in de stad. Het ondergronds ectomycorrhizaal netwerk kan bomen onderling verbinden. Op deze manier kunnen ze elkaar steunen. Een stedelijke context berooft hen van dit sociaal gedrag.

Lucht

De interactie tussen bomen en de stedelijke omgeving wordt gemedieerd door water. Hoe bomen omgaan met water en hoe de stedelijke bodem hier invloed op heeft, werd reeds besproken. Bomen vormen de verbinding tussen aarde en lucht. Ze nemen water uit de bodem op en verdampen deze in de lucht. Hoe de stedelijke lucht impact heeft op stadboomen vormt het laatste onderwerp van dit artikel.



Het feit dat bomen kunnen groeien in steden toont aan dat ze ware kampioenen zijn



Stedelijk hitte-eiland

We hebben reeds twee mogelijke bronnen van waterstress geïdentificeerd: een te klein aanbod en een te grote vraag. De verharde en gecompecteerde stadsbodem zorgt voor een klein aanbod. De stadslucht zorgt voor een grote vraag. Waar die grote verdampingsvraag van de stadslucht vandaan komt, bespreken we hieronder. Het IPCC (2014) stelt dat stedelijke gebieden de grootste impact van klimaatverandering zullen ondervinden. Eén van de redenen hiervoor is het stedelijk hitte-eilandeffect. Het verschil tussen stedelijke en landelijke zones zit hem in de bebouwde oppervlakte. Terwijl landelijke landschappen worden gekenmerkt door natuurlijke bodembedekking, bestaan stedelijke gebieden voornamelijk uit antropogene infrastructuur. Verschillend van natuurlijke structuren kunnen deze menselijk structuren veel warmte opnemen en terug uitstralen. Overdag warmt de zon de betonnen gebouwen op, wanneer het 's avonds afkoelt, wordt deze warmte door de gebouwen weer uitgestraald. Dit zorgt ervoor dat de stedelijke omgeving 's nachts minder afkoelt en het ook doorheen de dag warmer is dan in landelijke gebieden. Dit alles resulteert in een droge en warme stadslucht. Wanneer de zon op de kruin van een boom schijnt, koelt de boom af door water te verdampen. Dit zorgt ervoor dat lucht in de nabije omgeving van de boom afkoelt en vochtiger wordt. Het kwantitatieve verschil in temperatuur tussen stedelijke en landelijke gebieden bepaalt de omvang van het stedelijk hitte-eilandeffect.

De verdampingsvraag is gekoppeld aan het dampdruktekort van de atmosfeer. Hoe groter de verdampingsvraag, hoe meer water zal worden onttrokken aan de bladeren van de bomen. Wanneer deze atmosferische vraag de watervoorziening overtreft, wat ook mogelijk is bij voldoende bodemvocht, ontstaat er waterstress. Lage absolute luchtvochtigheid, hoge temperaturen en hoge windsnelheden in steden zijn de belangrijkste factoren die de hoge atmosferische vraag verklaren. Het stedelijk hitte-eilandeffect zorgt voor een warme en droge atmosfeer en kan zo vraaggestuurde waterstress veroorzaken. Er bestaat een exponentiële relatie tussen de luchttemperatuur en de hoeveelheid water die in de lucht kan worden opgenomen. Een kleine temperatuurstijging als gevolg van het stedelijk hitte-eilandeffect kan een drastische toename van de verdampingsvraag veroorzaken, wat vraaggestuurde waterstress in de hand werkt. De impact van het stedelijk hitte-eiland op vochtstress en de gezondheid van bomen valt niet te onderschatten. De inherent droge en hete stadslucht kan dus zorgen voor waterstress bij bomen. Toch kan bovenstaande vereenvoudiging een doorslaggevende factor zijn in boomsoortkeuze. Wanneer een standplaats veel lange droogteperiodes kan induceren, bieden diepwortelende loofbomen meer zekerheid. Zal de boom op deze standplaats vooral intense droogtes te verduren krijgen? Dan kunnen loofbomen met oppervlaktewortels een grotere kans op succes bieden. Als u de inleiding herleest, dan begrijpt u dat er idealiter bomen uit beide klassen aangeplant worden. In dat geval kunnen de bomen voor elkaar zorgen. Inzetten op biodiversiteit is een manier om stabiliteit te creëren in een onzekere toekomst.

Luchtkwaliteit

Bomen reageren gelijkaardig op luchtverontreiniging als op kortstondige waterstress: een dikkere waslaag en kleinere huidmondjes. Het is via deze huidmondjes dat de boom in contact staat met de lucht. Hoe meer kleine huidmondjes, hoe meer controle men heeft op hoe veel lucht er via deze huidmondjes naar binnen komt. Via deze aanpassingen probeert de boom de verontreiniging buiten te houden. Deze luchtvervuiling kan er namelijk voor zorgen dat het metabolisme van de boom verstoord wordt.

Steden hebben een verhoogde ozonconcentratie in vergelijking met landelijke gebieden. Deze reactieve stof kan een grote impact hebben op de groei van bepaalde soorten. De groei van deze bomen wordt verstoord en er wordt minder koolstof vastgelegd. Tijdens een hittegolf stijgt de ozonconcentratie. Door de klimaatverandering zullen hittegolven steeds vaker voorkomen. Het stedelijk hitte-eiland versterkt de impact van deze hittegolven en zorgt dus voor een extra verhoging van de ozonconcentratie. Stadsbomen zullen dus aan verhoogde ozonconcentraties blootgesteld worden, in vergelijking met hun landelijke broeders en zusters.



Gevangen in de stad

Conclusie

De waterdynamiek in een boom is bepalend voor diens gezondheid. Via dit water vormen bomen de verbinding tussen aarde en lucht. In een natuurlijke omgeving valt neerslag op de bodem, waar het infiltreert. De bomen nemen het bodemvocht op via de wortels en transporteren deze via de stam naar het bladerdek. Ter afkoeling verdampt de boom water via de bladeren in de atmosfeer. In een stedelijke omgeving wordt de watercyclus van bomen sterk verstoord. Het is aan de mens om boomsoorten toe te passen die deze uitdagingen te baas kunnen.

In een stedelijke omgeving valt de neerslag op de ondoordringbare ondergrond. Meer dan de helft vloeit af. Een deel kan infiltreren, maar door de compactatie gebeurt dit zeer traag. De wortels van de bomen nemen het water op, al is er maar een klein volume beschikbaar voor hun wortels. De stadsbodem die beschikbaar is, is maar van geringe kwaliteit. Via de stam wordt het water naar het bladerdak getransporteerd. De stadslucht is zeer warm en droog. De bladeren verdampen dus enorm veel water, meer dan kan worden aangevoerd. De warme en droge lucht is dan ook nog eens vervuild. Wanneer een boom wordt aangeplant in de stad, moet diens standplaats de nodige aandacht krijgen om waterinfiltratie toe te staan.

Het feit dat bomen kunnen groeien in steden toont aan dat ze ware kampioenen zijn. We moeten ons bewust zijn van de uitdagingen die we onze kampioenen voorleggen. We moeten de juiste kampioen inzetten bij de juiste wedstrijd. Enkel op die manier kunnen we de leefbaarheid van onze steden verzekeren voor toekomstige generaties, zowel voor bomen als mensen.