



Zomereik op landgoed Hilverbeek bij 's- Graveland (NH), ± 300 jaar oud.

GEZONDHEID VAN PLANTEN EN BOMEN

Auteur: [REDACTED], december 2023.

Voorwoord:

De gezondheid van planten en bomen is in deze tijd niet vanzelfsprekend. In een eerder document van mij over natuurbeleid en stikstofbeleid, van april 2023, heb ik vooral het probleem van bodemverzuring besproken. (Dit document is geplaatst als ingekomen stuk op de agenda van 21 juni 2023 van de commissie RGW van Provinciale Staten van Utrecht).

Ik vond het echter gewenst om nog een wat bredere context te schetsen m.b.t. de gezondheid van planten en bomen, en vandaar dit document. Ik heb daarin gepoogd om de belangrijkste plantkundige kennis daarover samen te vatten, voornamelijk op basis van drie geraadpleegde boeken. Mijn verhaal is alleen een schets; van volledigheid is geen sprake. De drie geraadpleegde boeken staan onderaan dit document genoemd (blz. 14); ik haal ze verkort aan als volgt: Copijn, Den Ouden en Mengel.

INHOUDSOPGAVE

I. WAT IS ER NODIG VOOR GEZONDE PLANTEN EN BOMEN?	2
II. BEDREIGINGEN VOOR PLANTEN EN BOMEN. -----	3
1. Droogte / te lage grondwaterstand.	
2. Te hoge grondwaterstand.	
3. Gebrek aan de juiste voedingsstoffen.	
4. Mechanische beschadigingen.	
5. Aantasting door insecten.	
6. Aantasting door schimmels en bacteriën.	
III. KLIMAATVERANDERING. -----	8
IV. VOEDINGSSTOFFEN (IN MEER DETAIL). -----	9
V. BODEMVERZURING. -----	12
VI. CONCLUSIE. -----	13
VII. LITERATUUR (BRONNEN). -----	14

I. WAT IS ER NODIG VOOR GEZONDE PLANTEN EN BOMEN?

Planten en bomen hebben het volgende nodig: Een goede standplaats, passend bij de plantensoort. Het gaat daarbij om de juiste voedingsstoffen in de bodem, de juiste hoeveelheid water, licht en ongeveer de juiste temperaturen.

(Bomen zijn planten met als bijzonder kenmerk dat ze hout bevatten, een mengsel van cellulose en lignine, waardoor ze sterk en hoog kunnen worden).

Als het niet goed gaat met planten of bomen, dan is er heel vaak iets mis met de hoeveelheden water, voedingsstoffen, lucht, licht of temperatuur:

- Gebrek aan water (te weinig regen en een te lage grondwaterstand).
- Teveel water in de bodem, waardoor wortels verstikken.
- Bodemverdichting, waardoor wortels eveneens verstikken.
- Gebrek aan juiste voedingsstoffen in de bodem en/of onjuiste zuurgraad.
- Overmaat aan bepaalde stoffen, zoals zout (NaCl), nitraat, giftige stoffen.
- Gebrek aan licht, of een schadelijke temperatuur: te warm, te koud.

Andere oorzaken zijn nog:

- Mechanische schade: door grondwerkzaamheden nabij bomen, door aanrijdingen, door storm, of door verkeerd snoeien.
- Natuurbranden (bos, heide e.d.)
- Ziekten en plagen (schimmels, bacteriën, insecten).

In het volgende hoofdstuk werk ik dit verder uit.

II. BEDREIGINGEN VOOR PLANTEN EN BOMEN

De gezondheid van planten en bomen kan op veel manieren in gevaar komen. Ik noem de volgende 6 categorieën van gevaren:

1. Droogte / te lage grondwaterstand.
2. Te hoge grondwaterstand.
3. Gebrek aan de juiste voedingsstoffen.
4. Mechanische beschadigingen.
5. Aantasting door insecten.
6. Aantasting door schimmels en bacteriën.

1. Droogte / te lage grondwaterstand.

Op nattere plaatsen komen wortels van bomen meestal tot aan het grondwater. Zolang het grondwaterpeil niet teveel daalt, kunnen bomen op die plaatsen daardoor een periode van droogte goed aan. Jonge aanplant, en ook land- en tuinbouwgewassen komen meestal niet bij het grondwater. Gelukkig is er ook water in de bovenste lagen van de bodem, tussen de bodemdeeltjes; dit heet hangwater. Een korte periode van droogte is daarom geen probleem; de planten en jonge bomen benutten dan dit hangwater. Een langere periode van droogte is wèl een probleem; er moet dan extra water worden gegeven.

Door klimaatverandering is extra aandacht voor het probleem van (zomer-) droogte nodig. Ook i.v.m. verhoogd brandgevaar. Zie hierna, hoofdstuk III.

Peilverlaging door een waterschap is gevaarlijk; dit kan duizenden bomen het leven kosten. Ook bronbemaling bij bouwwerkzaamheden is gevaarlijk; er moeten dan maatregelen worden genomen om bomen te vrijwaren van daling van het grondwaterpeil (Copijn blz. 81).

2. Te *hoge* grondwaterstand.

In gevallen waar het grondwater permanent hoog staat, groeien er alleen ondiep wortelende gewassen, omdat de wortels van de meeste planten onder de waterspiegel niet groeien; onder de waterspiegel hebben ze namelijk gebrek aan zuurstof. (Uitzonderingen: waterplanten, wellicht ook zwarte elzen).

Een ander geval is de situatie waarbij de grondwaterstand *plotseling* hoger wordt. Kortdurend hoog water, zoals bij overstromende uiterwaarden, is daarbij nog geen probleem (Copijn blz. 81). Langdurig hoog water, meer dan

enkele weken, is wel een probleem. De wortels hebben dan niet alleen zuurstofgebrek, maar gaan ook rotten. Bij rotting komen schadelijke stoffen vrij zoals waterstofsulfide (H_2S); de wortels sterven daardoor af (Mengel blz. 215). Planten en bomen gaan daardoor dood.

Waterschappen moeten dus ook erg voorzichtig zijn met *peilverhoging*. En drinkwaterbedrijven moeten opletten dat ze niet plotseling een waterwininput sluiten, want ook dan kan de grondwaterstand sterk stijgen.

3. Gebrek aan de juiste voedingsstoffen.

Wat zijn de juiste voedingsstoffen? Vereist zijn, naast water en lucht, diverse minerale stoffen. Die stoffen zijn nodig in ongeveer de juiste hoeveelheden. Te weinig is niet goed; dat leidt tot gebreksziekten. Te veel, wat overigens minder vaak voorkomt, leidt tot vergiftiging.

Scheikundig gezien zijn er 16 elementaire stoffen nodig. Het gaat om koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O), stikstof (N), fosfor (P), zwavel (S). Daarnaast zijn nodig de alkalische metalen kalium (K), magnesium (Mg) en calcium (Ca). Tenslotte zijn er stoffen die in heel kleine hoeveelheden nodig zijn, de zogenoemde spore- elementen: borium (B), chloor (Cl), ijzer (Fe), koper (Cu), mangaan (Mn), molybdeen (Mo) en zink (Zn).

Om het verhaal niet al te technisch te maken, ga ik hier niet op al die afzonderlijke stoffen in. Voor meer details verwijs ik naar hoofdstuk IV (blz. 9).

Gebrek aan voedingsstoffen komt voor op voedselarme bodems, dat zijn vooral zand- en veengronden. Overigens zijn er specifieke planten die met zeer weinig voedingsstoffen kunnen leven; daardoor bestaat er op die voedselarme bodems een bijzondere flora met die speciale plantensoorten.

Gebrek aan voedingsstoffen kan echter ook op een andere manier ontstaan, namelijk door bodemverzuring. Bij bodemverzuring lossen bodemmineralen op in het doorsijpelende regenwater en verdwijnen (spoelen uit) naar het grondwater. In hoofdstuk V (blz. 12) ga ik nader in op bodemverzuring.

4. Mechanische beschadigingen.

Bomen hebben soms veel te lijden van allerlei beschadigingen: door storm, door grondwerkzaamheden, bouwwerkzaamheden, aanrijdingen, door te veel druk op de bodem onder de bomen, door verkeerd snoeien.

In stedelijke gebieden zijn de gevaren van beschadigingen het grootst: Stadsparken worden soms te intensief gebruikt, wat leidt tot te veel druk op de bodem onder de bomen. Daardoor ontstaat bodemverdichting, zie hierna. Ook wordt in stadsparken vaak het gevallen blad weggehaald, omdat men dat blad ontsierend vindt. Uit dit gevallen blad komen echter in de loop van de tijd veel voedingsstoffen vrij (bladhumus); het is dus van belang dat dit blijft liggen. Bomen in stadsparken hebben dus veel te lijden. (Copijn blz. 84 v.)

In straten is de situatie soms nog slechter: Om te beginnen hebben bomen daar vaak te weinig ruimte voor wortels. Verder laat de verharding vaak geen water en lucht door. En om de zoveel jaar wordt de straat opengegraven voor allerlei soorten kabels en leidingen: voor elektriciteit, internet, gas, rioleringen, drinkwater, stadsverwarming. Daardoor worden er vaak wortels beschadigd.

4A. Bodemverdichting: Te grote mechanische druk op de bodem leidt tot bodemverdichting. Dat betekent dat de poriën met daarin lucht en water dichtgedrukt worden. Daardoor ontstaat er gebrek aan lucht en water in de bodem. Dit richt bomen uiteindelijk te gronde. Het probleem speelt, zoals gezegd, in intensief gebruikte stadsparken, maar ook bijvoorbeeld op plaatsen waar auto's worden geparkeerd tussen de bomen. Ook is het heel slecht om met grote, zware graafmachines nabij bomen te werken. (Copijn blz. 89-91). Zelfs koeien die massaal onder een bepaalde boom schaduw zoeken, kunnen, door daar rond te lopen, de grond onder die boom teveel verdichten. Zie: <https://www.rtvutrecht.nl/nieuws/2173856/250-jaar-oude-eik-geveld-door-storm-hij-voelde-als-een-vriend> .

4B. Tak- en stamwonden: Deze kunnen op verschillende manieren ontstaan: door takbreuk (bijv. bij storm), door aanrijdingen (auto's), door snoeien. Maar ook door gebreksziekten (droogte, mineralentekorten). Doordat er altijd wel schimmels en bacteriën circuleren, zal het gebied nabij een verwonding soms neiging hebben tot inrotten. Bomen die verder gezond zijn kunnen echter die schade, mits niet al te groot van omvang, beperken: Achter de wond maakt een boom in het hout namelijk een soort 'verdedigingsmuur'. In die muur, ook wel *afgrendelingszone* genoemd, maakt de boom de houtcellen zoveel mogelijk ondoordringbaar voor aantastingen van buitenaf. Ook maakt de boom stoffen aan die schimmels en bacteriën afweren. Bij loofbomen zijn die afweerstoffen fenolen, bij naaldbomen hars / terpenen. (Den Ouden blz. 390, Copijn blz. 76).

Nog iets meer over snoeien:

1. De optimale tijd voor snoeien van loofbomen is in de zomer, vanaf tweede helft juni t/m eind augustus (Copijn blz. 96, Den Ouden blz. 393). Alleen iep, linde en esdoorn iets eerder, namelijk zodra ze volledig in blad staan.
2. Niet meer dan 20% van de takken in één keer snoeien (Den Ouden blz. 393).
3. Takken niet meteen naast de stam afzagen, maar op enige afstand, ± 10 à 15 cm (Copijn blz. 97, Den Ouden blz. 391). Die afstand heeft te maken met de plaats van de afgrendelingszone (in de vorige alinea genoemd); die komt dan namelijk niet *in* maar *buiten* de stam te liggen, wat veel gunstiger is.
4. Geen wortels beschadigen bij graafwerkzaamheden. De gulden regel is: Niet graven onder bomen (= binnen de kroonprojectie van bomen).

5. Aantasting door insecten.

Op veel bomen leven bepaalde soorten insecten. Bij sommige soorten loofbomen betreft het veel soorten insecten, vaak wel 50 tot 200 soorten. Bij eiken en wilgen zijn het er bijzonder veel, zo'n 400 soorten (Den Ouden blz. 438). Meestal doen die insecten de bomen weinig kwaad, mede omdat de soorten elkaar in evenwicht houden.

Soms kunnen insecten echter tot een plaag worden. In zo'n geval is er ergens een biologisch evenwicht verstoord (te weinig natuurlijke vijanden zoals andere insecten, of vogels). Daarom is ook een grote biodiversiteit van belang; het gevaar van plagen wordt daardoor kleiner. Speciale weersomstandigheden, bijvoorbeeld vroeg invallende vorst, kunnen ook het evenwicht verstoren.

Plaaginsecten bij loofbomen zijn o.a. de rupsen van de kleine wintervlinder, de groene eikenbladroller (ook rupsen) en de beruchte eikenprocessierupsen (Den Ouden blz. 439 v). Deze soorten kunnen soms al het blad van een boom opeten. Later in het jaar lopen die bomen dan wel opnieuw uit, omdat bomen altijd ook 'slapende' (reserve) bladknoppen hebben. Maar het is natuurlijk niet goed voor een boom; het moet niet elk jaar gebeuren!

Ook bij de eikenprocessierups is de biodiversiteit van belang: Waar er nabij eiken een gevarieerde begroeiing is, zullen daar ook natuurlijke vijanden van die rups leven, zodat de kans dat de rups een plaag wordt, kleiner wordt. Zo'n omgeving is bijvoorbeeld aantrekkelijk voor koolmezen, en koolmezen lusten, ondanks de brandharen, graag deze rupsen. Idem de koekoek.

Zie: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Eikenprocessierups>

Gezonde bomen kunnen soms afweerstoffen maken tegen insecten; de insecten 'lusten' dan de bladeren niet meer. Maar verzwakte bomen kunnen dat minder goed en lopen extra gevaar voor plagen. Een berucht voorbeeld bij naaldbomen is de aantasting door de letterzetter; dat is een kever die in de schors en bast van fijnsparren kruipt. Sparren en andere naaldbomen maken onder normale omstandigheden hars aan om zich te verweren tegen indringers zoals deze letterzetter. Maar bij aanhoudende droogte kan een boom geen hars aanmaken, en zo gaat de boom bij droogte ten onder aan insectenvraat. In Duitsland is dit op grote schaal gebeurd. (Daarbij moet worden aangetekend dat de fijnspar eigenlijk niet in het Duitse klimaat thuis hoort; de boom komt uit Scandinavië, met gemiddeld minder hoge temperaturen en minder droogte).

6. Aantasting door schimmels en bacteriën.

De humuslaag op de bodem bevat plantenresten, schimmels, bacteriën, en verder nog allerlei insecten en regenwormen. Deze zorgen tezamen voor het verteringsproces van de plantenresten, waardoor de mineralen uit de planten vrij komen en de bodemvoorraad aan mineralen in stand wordt gehouden.

Schimmels: Om te beginnen, er bestaan duizenden typen schimmels in de grond. Het enige dat wij ervan zien is het bovengrondse deel ervan, de paddenstoel. De meeste schimmels zijn buitengewoon nuttig; ze zijn onmisbaar bij het afbreken van dood organisch materiaal zoals bladeren en dood hout. Andere schimmels werken samen met bomen: Schimmels leveren mineralen aan de wortels van de bomen, en de bomen leveren suikers (glucose) daarvoor terug; deze samenwerking heet mycorrhiza. Ook *gisten*, van belang voor het rijzen van brood en voor de bereiding van bier en wijn, zijn schimmels.

Problemen door schimmels ontstaan alleen door *enkele soorten* schimmels; het gaat daarbij om zogenoemde *parasitaire schimmels*. Deze schimmels leven, anders dan de overige schimmels, op verzwakte maar levende bomen; ze zijn daar zichtbaar op de stam of aan de stamvoet. Het gaat daarbij dus wel om verzwakte bomen. Enkele voorbeelden van deze parasitaire schimmels zijn: honingzwam, reuzenzwam, echte tonderzwam, platte tonderzwam. Sommige van deze zwammen zijn gevaarlijk doordat ze leiden tot wortelrot, waardoor een boom plotseling kan omvallen. Daarbij is de reuzenzwam berucht: Een boom waarbij die zwam aan de stamvoet wordt gesignaleerd, moet dan ook meteen preventief worden gekapt. Andere zwammen zijn soms minder agressief: die tasten alleen zieke gedeelten van een boom aan en laten gezonde delen met rust. Het is dus van belang om de gezondheid van bomen zo goed mogelijk te houden; de genoemde parasitaire schimmels krijgen dan geen kans.

Er zijn ook nog enkele schimmels die specifiek bepaalde soorten bomen aantasten. Bijvoorbeeld een soort die specifiek essen treft (essentaksterfte).

Bacteriën: Er leven in de bodem eveneens enorme aantallen bacteriën, ook hier duizenden soorten (Copijn blz. 80). Ook bacteriën zijn zeer belangrijk voor een gezonde bodem; alle planten en bomen hebben er baat bij.

Enkele soorten bacteriën zijn gevaarlijk voor planten en bomen. Bijvoorbeeld de bacterie *Pseudomonas syringae* die de kastanjabloedingsziekte veroorzaakt. De bacterie *Xylella fastidiosa* kan vele soorten planten aantasten, o.a. wijnstokken en olijfbomen; in Nederland komt de bacterie gelukkig nog niet voor; de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) is wel alert erop. Ook de ziekte “bacterievuur” of “perenvuur” wordt door een bacterie veroorzaakt. (Perenvuur treft overigens ook appels en meidoorns).

III. KLIMAATVERANDERING

De klimaatverandering stelt de maatschappij en de natuur voor grote uitdagingen, ook in de provincie Utrecht. In hoofdzaak gaat het om vergrote kansen op droogte, hitte, en het andere uiterste, te weten extreme neerslag.

Er is sinds het jaar 2000 onmiskenbaar sprake van steeds meer hete, en vaak ook droge, zomers. De top 6 van heetste zomers sinds 1901 betreft inmiddels allemaal zomers van ná het jaar 2000, namelijk de jaren 2018 (plaats 1), 2022, 2003, 2006, 2023, 2019 (plaats 6). (Zie: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/seizoensextremen/zomer> , metingen in De Bilt).

Door die hitte staat de leefbaarheid onder druk voor mensen, dieren en groen. Vooral als de hitte lang aanhoudt en het wekenlang nauwelijks regent (o.a. in 2018, 2022, 2023), wordt de situatie erg problematisch voor de natuur: planten, bomen, dieren. Ook is er dan extra brandgevaar in de natuur.

Bij droogte is er voor jonge aanplant van planten en bomen extra zorg nodig; ze hebben bij droogte extra water nodig. Maar ook volwassen bomen krijgen soms problemen. Bijvoorbeeld fruitbomen zoals kersen (en sierkersen) zijn gevoelig voor droogte; de bladeren gaan dan slap hangen. Ook beuken lijken gevoelig te zijn voor droogte, mede doordat die vrij oppervlakkig wortelen. Problemen voor de bomen ontstaan er als de bovenste grondlagen uitdrogen en bovendien het grondwater, als gevolg van de droogte, teveel daalt.

Het is daarom van groot belang om over voorzieningen te beschikken waardoor er voldoende water voor de natuur beschikbaar blijft, ook in tijden van aanhoudende droogte. Men zou hierbij kunnen denken aan infiltratie van (voldoende zuiver) water op plaatsen waar het grondwater te veel daalt. Ook zou men kunnen denken aan de aanleg van kunstmatige meertjes in natuurgebieden. Die meertjes zijn ook goed voor dieren in tijden van droogte. Bovendien heb je dan in het geval van een natuurbrand water beschikbaar.

Ondergrondse buffers van water, zoals die in natte perioden worden gevormd onder bijvoorbeeld de Utrechtse Heuvelrug, moeten zoveel mogelijk in stand blijven. Dit vereist waarschijnlijk afstemming met drinkwaterbedrijven.

Op kleine schaal zou men ook water kunnen sproeien onder bomen die zichtbaar te lijden hebben van de droogte. Bij dat laatste valt te denken aan parken en plantsoenen; voor gehele bospercelen is dat natuurlijk niet haalbaar.

(Sommige groenmedewerkers zijn sceptisch over water geven aan bomen, maar ik weet uit eigen ervaring dat het goed werkt bij sierkersen: Ik gaf in de droge zomer van 2018 water aan twee sierkersen van 8 à 10 meter hoog in een grasveld. Ik gaf zo'n 60 liter water, per dag, per boom, gedurende enkele dagen. Die bomen, waarvan eerst de bladeren slap hingen, knapten daardoor zienderogen op. Ik was verrast dat zo weinig water al zo'n groot effect had. Overigens geven fruittelers in het Krommerijng gebied bij droogte ook extra water aan hun fruitbomen, dus zo gek is het allemaal niet).

Extra zorg is ook gewenst voor monumentale bomen in parken. Dat betekent o.a. extra water geven in tijden van droogte, indien er tekenen zijn dat het grondwater niet toereikend is. (Het grondwater daalt bij langdurige droogte).

IV. VOEDINGSSTOFFEN (IN MEER DETAIL)

[Dit hoofdstuk is wat technisch van aard. Desgewenst overslaan.]

Alle voedingsstoffen bestaan, beschouwd op het allerkleinste niveau (nanometers), uit moleculen. Moleculen zijn de kleinste eenheden van chemische stoffen. Moleculen bestaan weer uit combinaties van atomen. Atomen zijn de elementaire stoffen uit de scheikunde. Bijvoorbeeld een molecuul water bestaat uit twee soorten atomen: waterstof en zuurstof. Twee atomen waterstof en één atoom zuurstof vormen samen een molecuul water.

Je kunt atomen vergelijken met legosteentjes (het bekende speelgoed uit Denemarken). Die legosteentjes worden aan elkaar geschakeld tot moleculen (kleine of grote bouwwerkjes van legosteentjes). Omdat er vele tientallen typen legosteentjes (scheikundige elementen) bestaan, zijn er enorme aantallen combinaties mogelijk. Elke combinatie van legosteentjes correspondeert met een bepaalde chemische stof.

Voor planten zijn er **16 elementaire stoffen** (scheikundige elementen) nodig. Dus, zeg maar, 16 verschillende soorten of kleuren van legosteentjes. Het gaat om koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O), stikstof (N), fosfor (P), zwavel (S). Daarnaast zijn nodig de alkalische metalen kalium (K), magnesium (Mg) en calcium (Ca). Tenslotte zijn er stoffen die in heel kleine hoeveelheden nodig zijn: borium (B), chloor (Cl), ijzer (Fe), koper (Cu), mangaan (Mn), molybdeen (Mo) en zink (Zn). (Mengel blz. 301-398). Hierna meer details:

De vier scheikundige elementen **koolstof** (C), **waterstof** (H), **zuurstof** (O) en **stikstof** (N) zijn verreweg de meest voorkomende elementen in planten.

Er zijn in planten talloze verschillende stoffen (= soorten van moleculen) die alleen of hoofdzakelijk uit deze vier elementen bestaan. De manier waarop deze elementen ('legosteentjes') zijn gerangschikt maakt daarbij enorm veel uit voor de chemische eigenschappen van de moleculen.

Vergelijk het met letters waaruit woorden worden gevormd. Woorden met dezelfde letters kunnen toch heel verschillend zijn. Neem de volgende voorbeelden: Drie – dier, staan – naast, vier – rivier, tien – niet (enzovoorts).

Enkele zeer belangrijke stoffen in planten zijn:

Glucose. Alle stoffen in planten (m.u.v. water) worden door de plant gemaakt vanuit glucose, via allerlei chemische omzettingsprocessen. Glucose heeft de scheikundige formule $C_6H_{12}O_6$. Dat betekent: Een molecuul glucose bestaat uit 6 atomen koolstof (C), 12 atomen waterstof (H) en 6 atomen zuurstof (O).

Verder is glucose de uiteindelijke energiebron van alle processen in de plant.

Cellulose. Deze stof geeft stevigheid aan planten en bomen.

Aminozuren. Dit zijn de bouwstenen van proteïnen / eiwitten. Aminozuren bevatten tenminste de elementen C, H, O en N. Daarnaast bevatten sommige aminozuren ook nog het element **zwavel** (S).

De eerder genoemde elementen **koolstof**, **waterstof** en **zuurstof** halen planten uit de lucht (m.n. het bestanddeel koolzuur, CO_2) en uit water (H_2O), m.b.v. een uiterst belangrijk proces waartoe alleen planten in staat zijn, de zogenoemde fotosynthese. Onder invloed van zonlicht (fotonen) vindt in de groene bladeren

de volgende chemische omzetting plaats: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
In woorden: Koolzuur (uit de lucht) plus water worden omgezet in glucose en zuurstof (O_2). De zuurstof wordt daarbij aan de lucht teruggeleverd.

Stikstof halen planten, opvallend genoeg, *niet* uit de lucht, hoewel daar zeer veel stikstof (N_2) in zit (Mengel blz. 301). Nee, planten halen het uit de bodem, waar sommige bodembacteriën stikstof kunnen omzetten in nitraat (NO_3^-). Sommige planten bevatten wortelknolletjes met dergelijke bacteriën; die bacteriën leveren het nitraat dan direct aan de plant (Mengel blz. 302-305). (Tegenwoordig komt er ook veel nitraat in de bodem door menselijke activiteiten: autoverkeer, industrie (NO_x), mest, kunstmest (NH_3). Daardoor is er tegenwoordig vaak sprake van een overmaat aan nitraat in de bodem).

Onmisbaar voor allerlei chemische omzettingen in de plant is verder nog **fosfor** (P). **Fosfor** maakt deel uit van enkele zeer belangrijke enzymen (ADP en ATP); met name omzettingen die veel energie kosten worden daardoor mogelijk.

(Wat zijn enzymen? Chemische omzettingsprocessen verlopen vaak moeizaam. Bij zulke omzettingsprocessen moeten namelijk stukjes van moleculen worden losgeknipt en weer aan andere stukjes worden vastgekoppeld. En die stukjes zitten meestal heel stevig aan elkaar. Enzymen zijn te vergelijken met speciale stukjes gereedschap, die ervoor zorgen dat de stevig gekoppelde 'legosteentjes' toch van elkaar kunnen worden losgemaakt en weer aan andere typen of combinaties van legosteentjes worden vastgemaakt.).

Dan zijn nog onmisbaar: **kalium** (K), **magnesium** (Mg) en **calcium** (Ca). Deze stoffen zijn chemisch enigszins verwant. Ze komen in de natuur nooit in zuivere vorm voor, maar altijd gebonden, bijvoorbeeld in kalk (calciumcarbonaat).

Kalium is van groot belang voor de waterhuishouding van de plant: door kalium kan de plant goed water aantrekken en vasthouden (Mengel blz. 345). Planten met kaliumgebrek worden slap en droogtegevoelig.

Magnesium is onmisbaar voor het bladgroen (chlorofyl), dat is de plaats waar de fotosynthese (hierboven genoemd) plaats vindt. Chlorofyl is ook weer een enzym. Bladeren met gebrek aan magnesium zijn te bleek van kleur omdat het bladgroen, zoals de naam al zegt, zorgt voor de donkergroene kleur.

Calcium is van belang voor goed functionerende celwanden: Bij gebrek aan calcium gaan celwanden lekken. Bovendien is calcium van belang voor een goede bodemstructuur: Bodems zonder calcium hangen als los zand aan elkaar. (Mengel blz. 356). Zie voor kalium, magnesium en calcium ook: Wageningen University & Research, artikel <https://edepot.wur.nl/298270>).

Tot slot zijn nog 7 elementen onmisbaar die in zeer kleine hoeveelheden in de plant aanwezig zijn. Het zijn stoffen die ook weer deel uitmaken van enzymen. Het gaat om de volgende stoffen: **borium** (B), **chloor** (Cl), **ijzer** (Fe), **koper** (Cu), **mangaan** (Mn), **molybdeen** (Mo) en **zink** (Zn). (Wellicht moeten er nog twee elementen bij, te weten kobalt (Co) en silicium (Si)).

V. BODEMVERZURING

[Dit hoofdstuk is een bewerking van mijn eerdere document over natuurbeleid en stikstofbeleid van april 2023]

In de provincie Utrecht wordt veel natuur bedreigd door bodemverzuring.

Daardoor gaan bomen dood. Vooral eikenbomen hebben daar nu al onder te lijden. De oorzaak is teveel depositie van ammoniak (NH_3) uit de veeteelt, en stikstofoxiden (NO_x) uit verkeer en industrie. In het verleden was er ook nog depositie van zwaveldioxide (SO_2), eveneens uit verkeer en industrie.

(In de provincie Utrecht is de situatie vermoedelijk nog niet zo ernstig als in het oosten en zuiden van Nederland, maar de situatie is zorgelijk genoeg. Zowel verzuring als droogte is een probleem. Daarom is er *nu* aandacht voor nodig).

De zuurgraad van water en waterige oplossingen wordt uitgedrukt in een waarde van de zogenoemde pH. Hoe lager de pH, hoe zuurder. Zuiver water heeft een pH-waarde van 7. Zoutzuur van 1 mol/liter, extreem zuur, heeft een pH- waarde van 0. Een gezonde bodem heeft een pH van ongeveer 5 tot 7,5. (Een pH van boven de 7 betekent: alkalisch). In verzuurde bodems wordt echter soms een pH van 3 gemeten, dat is zo zuur als tafelazijn of zuurkool.

(Zie: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Bodemverzuring>)

In dergelijke bodems willen veel planten niet meer groeien.

Bij een sterk zure bodem (pH onder de 4,5) gaat ook het bodemmineraal aluminium in oplossing. En in die opgeloste vorm is aluminium giftig; planten en bomen hebben hierdoor veel te lijden. Eikenbomen zijn er erg gevoelig voor. Daar komt nog bij dat veel schimmels, bacteriën en insecten problemen krijgen bij een zo zure bodem. Bepaalde schimmels werken samen met boomwortels (mycorrhiza); ze zorgen voor de aanvoer van voedingsstoffen naar die wortels. Als deze schimmels vanwege een te zure bodem niet meer willen groeien, dan hebben de bomen dus nog een extra probleem.

Bodems die veel kalk (calciumcarbonaat) bevatten verzuren aanvankelijk niet, omdat kalk de zuren neutraliseert. Maar de kalk lost daarbij wel op en spoelt uit de bodem weg, dus verdwijnt (samen met andere bodemmineralen zoals magnesium- en kaliumverbindingen).

Zodra de bodemvoorraad aan kalk (na vele jaren) is opgebruikt, krijgen planten en bomen dus echt veel last van de verzuring. En bovendien krijgen ze last van gebrek aan calcium, magnesium en kalium, want die nu verdwenen stoffen zijn belangrijke voedingsstoffen voor planten en bomen.

Gebrek aan calcium leidt verder nog tot de teloorgang van de kruimelstructuur van de bodem; de bodem wordt letterlijk los zand.

Door dit alles zien we de laatste jaren veel eiken die slecht in blad staan en die toenemend dode takken hebben. Of stukken schors laten los. Ouderdom kan daarvan niet de oorzaak zijn, want eiken kunnen onder gunstige omstandigheden met gemak 300 jaar oud worden, en soms zelfs wel meer dan 500 jaar. Daarbij moet nog bedacht worden dat eikenbomen slechts het topje van de ijsberg zijn; andere planten en bomen gaan er ook last van krijgen.

De aanpak van de bodemverzuring kan langs twee lijnen:

1. Minder stikstof uitstoten door landbouw (NH_3), verkeer en industrie (NO_x). Dit is evident, algemeen bekend en behoeft nu geen nadere toelichting.
2. De uitgespoelde mineralen terugbrengen in de bodem. Er zijn op dit punt hoopgevende ervaringen met toepassing van steenmeel. Dat is fijngemalen gesteente met een samenstelling van de gewenste mineralen; dit poeder wordt uitgestrooid onder de bomen. Zie: <https://docplayer.nl/145815760-Tegengaan-van-eikensterfte-door-herstel-van-nutrientenvoorraden-met-steenmeel.html> (Onderzoek o.l.v. Wim de Vries, hoogleraar universiteit van Wageningen). Zie ook: https://www.b-ware.eu/sites/default/files/publicaties/VNBL_nov2022-Steenmeel.pdf (Publicatie in “Vakblad natuur, bos, landschap”, nov 2022).

VI. CONCLUSIE

Al het voorgaande overziende is de rode draad van het verhaal de volgende: Planten en bomen met een goede basisconditie kunnen zich goed verweren tegen mechanische beschadigingen (mits niet al te gek), en vaak ook tegen schimmels en bacteriën. Verder kunnen ze zich vaak beter verweren tegen insectenvraat.

Voor een goede basisconditie zijn van belang: De juiste hoeveelheid water (en een niet te sterk schommelende grondwaterstand). Verder de juiste voedingsstoffen en niet teveel bodemverzuring (pH moet boven 4,5 blijven). Voorts het vermijden van bodemverdichting en van beschadigingen aan stam, takken en wortels. Tot slot de instandhouding van een goede biodiversiteit.

Door de klimaatverandering (vaak droge en hete zomers en soms zeer natte winters, zoals nu, in december 2023), wordt het moeilijker om die goede basisconditie in stand te houden. Daarom zal er, meer dan in het verleden, extra zorg nodig zijn om de natuur zoveel mogelijk in goede staat te houden. Die extra zorg geldt nog sterker voor planten en bomen in steden en dorpen, omdat de groeicondities daar vaak moeilijker zijn dan in het buitengebied.

VII. LITERATUUR (BRONNEN):

Copijn: Boek “Het Groene Goud, 50 jaar boomverzorging in Nederland”, auteur J. Copijn e.a. Uitgever: TasT, 2016. ISBN 978-94-91229-29-9.

Den Ouden: Boek “Bosecologie en bosbeheer”, auteur Jan den Ouden e.a. Uitgever: Acco, Leuven (B), 2010/2011. ISBN 978-90-334-7782-9.

Mengel: Boek “Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze”, auteur Prof. Dr. Konrad Mengel. Uitgever: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1972.

Afbeelding voorblad: Wikipedia, “Zomereik”.