

Bomen in de sandwich

In de periode 2005-2007 zijn er op drie locaties in Den Haag en Amsterdam bomen geplant in de zogenaamde sandwichconstructie. Het doel dat hiermee beoogd werd, was een groeiplaats met een eenvoudige constructie en inrichting, waarbij de bomen zich minstens tot flinke, halfwas exemplaren zouden kunnen ontwikkelen. Zo'n 5 jaar na aanplant, in oktober 2010, is onderzocht hoe het ervoor staat met de bomen, de grond, de wortels en het straatwerk.

TEKST EN FOTOGRAFIE: EVERT ROS, NEW YORK BOOMADVIES

Betrokkenen en meedenkende partijen bij het groeiplaatsonderzoek, in alfabetische volgorde:

P. Boeters, dienst Stadsbeheer, gemeente Den Haag
 L. Elings, Stadsdeel Oost, gemeente Amsterdam
 H. Kaljee, Bomenconsulent, gemeente Amsterdam
 J. Koolen, Wageningen University (WUR)
 L. Koudstaal, dienst Stadsbeheer, gemeente Den Haag
 R. Leeman, Stadsdeel Oost, gemeente Amsterdam
 L. Spanjaard, Ingenieursbureau Den Haag
 G.J. van Prooijen, Prohold, Arnhem
 E. Ros, New York Boomadvies
 C.G. de Vrieze, Ingenieursbureau Den Haag
 A.H. Vrij, Groenverzorging b.v., Rijswijk

Voorgeschiedenis

Voor bomen in de verharding is in de jaren zeventig een grondmengsel ontwikkeld dat een redelijke boomgroei combineerde met een minimale nazakking van de straat: bomenzand. In de jaren tachtig en negentig is dit grondmengsel in onze steden toegepast bij vele duizenden straatbomen, en meestal was de boomontwikkeling naar tevredenheid.

Echter, daar waar de belasting van het wegdek hoog was, door auto's of door ander intensief verkeer, liep soms de bodemverdichting op tot te hoge waarden. De wortelgroei kwam daardoor moeizaam op gang, met een teleurstellende boomontwikkeling tot gevolg. Naast een tegenvallende boomgroei kende een groeiplaats met bomenzand soms ook het euvel van 'wortelopdruk'.

Boombunkers

Vanaf het jaar 1998 werden de eerste groeiplaatsen ingericht met voorzieningen tegen een te hoge bodemverdichting. Aanvankelijk met ondergrondse, kunststof kratten in vele soorten en maten. Later werden er ook groeiplaatsen ingericht met dragende betonconstructies waarover het autoverkeer of de tram zich voortbewoog en waaronder de teelaarde niet werd verdicht en prima doorwortelbaar bleef.

Deze constructies werden ook wel boombunkers genoemd. De boomontwikkeling is goed, maar de hoge kosten en het ingrijpende effect op de ondergrondse infrastructuur, maken dat ze niet breed toepasbaar zijn.

Sandwichconstructie

Sinds 2005 wordt de sandwichconstructie toegepast: niet zo duur en ingrijpend als de boombunkers (en ook niet zo goed), maar wel weer beter dan enkel en alleen bomenzand.

In het oorspronkelijke ontwerp van de sandwichconstructie waren twee horizontale, drukverdelende platen getekend, waartussen en waaronder grond was ingevuld; vandaar de term 'sandwich'. Het definitieve ontwerp bestaat uit een strook bomenzand, afgedekt met één drukverdelende laag van permavoidkratten; in de 15 cm dikke kratten wordt nog eens een extra humusrijk substraat toegepast. Het geheel is afgedekt met wortelwerend doek.



In de luchtlaag boven in het permavoidelement bevinden zich dunne, rondjes draaiende wortels.



Het uitlichten van één element is bijna niet te doen. Er is daarom een deel van een permavoidelement uit gebroken.

Het onderzoek

In het najaar van 2010 zijn de bomen beoordeeld en is de bodem op de drie locaties in Amsterdam en in Den Haag onderzocht. De bodemomstandigheden en de wortelontwikkeling zijn nagegaan door het graven van proefsleuven; de drukverdelende plaat is daarbij deels gesloopt (en weer hersteld).

De bomen

In de Prinsegracht zijn in 2006 lindes geplant, in de Laan van NOI in 2008 robinia's en in de Vaillantlaan staan sinds 2007 iepen (*Ulmus 'New Horizon'*). De bomen zijn geplant als kwekerijboom, maat 18-20. De groei van de bomen op elk van de drie locaties is in 2010 beoordeeld als goed; ze verkeren in een goede conditie.

Bodemopbouw en bewortelingspatroon

De bodemopbouw op de drie locaties is gemiddeld als volgt:

diepte (cm-mv)	grondsoort	beworteling
0-7	klinkers	In het straatzand zien we enkele fijne worteltjes; af en toe een wortel van 0,5 cm ø.
7-15	humusarm, matig fijn, bruin, verdicht zand (straat-zand)	In de luchtlaag in de permavoidkrat zien we een intensieve, fijne, meestal krullende beworteling (!); in de grond is een zeer fijne beworteling aanwezig.
15-30	permavoidkrat met verrijkt bomenzand; wortelwerend doek boven en onder de krat	Boven in het bomenzand bevinden zich veel fijne wortels plus diverse van 0,5-1 cm ø en soms van 3 cm ø
30-105	humusarm, matig fijn, zwart zand (bomenzand); soms: nat vanaf 90 cm-mv	Naar de diepte toe neemt de intensiteit af ('normaal beeld').
105-e.v.	humusarm, matig fijn, grijs zand	Dieper dan 90 cm-mv is het bomenzand soms nat; geen lucht/geen wortels aanwezig.
110-140	grondwater gemiddeld op de drie locaties (oktober/november 2010)	

cm-mv = centimeter minus maaiveld; maaiveld = bovenzijde van de verharding



Prinsegracht, Den Haag, december 2005. Het bomenzand is ingevuld en wordt afgedekt met de permavoid; de elementen van 35,4 X 70,8 cm zijn 'prefab' aangeleverd in stroken van 5 m lengte. In de permavoidelementen wordt een extra humusrijk substraat ingeveegd; laagdikte 14-15 cm.



De groei van de lindes in september 2010, na hun vijfde groeiseizoen op de Prinsegracht in Den Haag. Links: in een open grasstrook; rechts: in de parkeerstrook.

Bodemfysische omstandigheden

parameter	beschrijving
De bodemverdichting [I _w = indringingsweerstand (MegaPascal, MPa)]	In de permavoidkrat is de I _w ca. 0,5 MPa. In het onderliggende bomenzand varieert de I _w tussen 2,0 en 2,8 MPa.
Het zuurstofgehalte (O ₂) in de bodemlucht	In het straatzand: 20% O ₂ . In het permavoidkrat: 19 à 20% O ₂ . Van bovenin naar onderin het bomenzand: 19 > 12% O ₂ . Dieper dan 90 cm-mv: het bomenzand is soms nat en bevat geen lucht.
Vochtigheid van de substraten	Het straatzand is vochtig (recent regelmatig regen). Het substraat in het permavoidkrat is vochtig. Het bomenzand is redelijk droog tot 70 cm-mv. Vanaf 90 cm-mv is het bomenzand soms nat.
Het grondwaterniveau De grondwaterfluctuaties	Het grondwater staat op 110-140 cm-mv.; uit de bodemkenmerken kun je afleiden dat de grondwaterfluctuaties minimaal ca. 20 cm bedragen. Het bomenzand is ingevuld tot 105 cm-mv; het grondwater stijgt op sommige plaatsen dus periodiek tot aan de onderzijde van het bomenzand.
De reductiezone (oktober/november 2010)	Vanaf 100 cm-mv is sprake van lichte reductieverschijnselen in het bomenzand. <i>Blijkbaar is in de aanleg-/ontwerpsituatie uitgegaan van een iets dieper grondwaterniveau met geringere fluctuaties.</i>

Conclusies

Conditie van de bomen

De conditie van de bomen (lindes, iepen en robinia's) is goed. De groei is 'ronduit goed' te noemen. In de Prinsegracht vertonen sommige lindes (bij tram- en bushaltes) de kenmerkende verschijnselen van zoutovermaat.

Bodemomstandigheden en beworteling

In de permavoidkratten zijn rijke substraten toegepast, met een organische-stofgehalte van 12 tot 14%. Tijdens de aanleg zijn de kratten vol geveegd; nu is er een luchtlaag van enkele centimeters bovenin de kratten, omdat de grond iets inzakt. De grond is los en zeer intensief doorworteld.

Opvallend is de beworteling in de luchtlaag, bovenin de kratten; dit zijn dunne, lichtgekleurde, rondjes draaiende wortels.

De omstandigheden in het bomenzand (O₂, I_w en H₂O) zijn goed tot een diepte van 100 cm-mv. Soms is het bomenzand dieper dan 100 cm-mv nat en bevat het geen lucht; hier groeien daarom geen wortels. Het bomenzand is op enkele plaatsen iets te diep ingevuld; blijkbaar is in de aanlegsituatie uitgegaan van een iets dieper grondwaterniveau met minder fluctuaties, waardoor in de werkschrijving een invuldiepte voor het bomenzand is voorgeschreven van 105 cm-mv.

Bodemverdichting

Enigszins opvallend is de bodemverdichting op de drie locaties. Na 4 à 5 jaren van belasting van de strook door parkerende auto's is het opmerkelijk dat de verdichting van het bomenzand niet verder is opgelopen dan tot

2-2,8 MPa. Dit heeft een positief effect op alle bodemeigenschappen die voor wortelgroei van belang zijn; denk daarbij aan het vochtregime in de bodem, de luchthuishouding en de mechanische weerstand die wortels bij groei ondervinden.

In de praktijk hebben we in het verleden op veel locaties gezien dat een strook bomenzand onder parkeerstroken, zonder extra voorzieningen, verdicht raakt tot 3 à 3,5 MPa en hoger; het drukverdelende effect van de permavoidelementen en van de wortelwerende doeken zou een essentiële, positieve rol kunnen spelen bij de geringere verdichtingstoename in de loop van de tijd.

Beworteling

Bij alle onderzochte bomen zien we enkele fijne wortels bovenin het straatzand. Het wortelwerende doek is niet goed aangesloten op het bomenrondje, zodat er wortels ontsnappen in het straatzand; dit is een belangrijk aandachtspunt in de aanlegfase. Zie ook *Wortelopdruk* hierna. In de luchtlaag bovenin het krat hebben zich fijne, rondjes draaiende wortels ontwikkeld.

In de grond in het krat heeft zich een intensieve, zeer fijne beworteling ontwikkeld. Dit zijn wortels die vanuit het bomenzand opwaarts, door het wortelwerende doek, groeien en wortels die zijdelings het permavoidelement binnengroeien.

Bovenin het bomenzand zijn fijne en grovere wortels (tot 3 cm ø en tot 4 m uit de boom) aanwezig. De onderzochte bomen hebben reeds 7 à 10 m³ bodem doorworteld.

Ligging van het straatwerk

Het straatwerk van de parkeerstrook in de Prinsegracht en in de Laan van NOI is 0,5 à 2 cm, gelijkmatig, gezakt



^ Het rijke substraat in de krat is zeer intensief doorworteld.

- < Onder de permavoi-elementen lopen iepenwortels van 2-4 cm dikte tot 4 m uit de boom. Het gewapende doek dat over de elementen ligt, dient 'absoluut worteldicht' te worden aangebracht. Links loopt een ontsnapte wortel verder in het straatzand!

ten opzichte van de asfaltrijbaan. Het straatwerk in de Vaillantlaan ligt er (visueel beoordeeld door een bomen-deskundige) nog goed bij. Aan het straatwerk zijn geen metingen gedaan.

Wortelopdruk

Er is geen opdruk van klinkers door wortelopdruk waarneembaar. Gezien het bewortelingspatroon is dit de komende 5-10 jaar ook niet in ernstige mate te verwachten. Er zijn echter in alle gevallen wortels waargenomen in het straatzand pal onder de klinkers en bóven het wortelwerende doek. Op de langere termijn is wortelopdruk daarom niet uitgesloten. Een kritische kanttekening dient dan ook te worden geplaatst bij het aanbrengen van het bovenste wortelwerende doek; dit moet zeer zorgvuldig tot tegen de binnenzijde van het bomenrondje of de banden van het boomvak worden aangebracht.

Bij een 100%-vrijwaring van de verharding van wortelopdruk is het bovendien nodig om de gehele doorwortelbare ruimte af te scherm met wortelwerende folie; in een situatie zoals in de drie onderzochte locaties, met bomen in de parkeerstrook tussen rijbaan en voetpad, zijn dan ook verticale wortelwerende schermen langs het voetpad en langs de rijbaan en bij doorsteken van kabels en leidingen vereist.

Wortelopdruk in de toekomst

Afgezien van de eventuele opdruk door 'ontsnapte' wortels, doet zich de vraag voor of de sandwichconstructie, waarbij het wortelwerende doek correct wordt aangebracht, wortelopdruk kan voorkomen.

In het straatzand bevinden zich dan geen wortels (behalve misschien fijne wortels die door het wortelwerende doek

omhoog groeien, maar deze worden niet dikker dan enkele millimeters).

In de permavoidkragen bevinden zich veel wortels, maar door de luchtlaag zullen ze voorlopig geen druk op verhardingselementen uitoefenen.

Pal onder de kratten bevinden zich nu reeds grovere wortels. Tijdens het onderzoek bleek het bijna onuitvoerbaar om één permavoi-element eruit te lichten; de permavoi-elementen vormen één grote, starre plaat. Gevoegd bij de vrij lage verdichting van het bomenzand, verwachten we niet dat een boomwortel één 70,8 x 30,4-cm-element omhoog kan drukken. Het fenomeen van opdruk van bestratingselementen door een oppervlakkige wortel zal zich niet voordoen.

Een zekere opwaartse glooiing van het straatwerk nabij de boom door de wortelvolumetoename (na enkele tientallen jaren) blijft tot de mogelijkheden behoren.

Toekomstverwachting

De aanvangsontwikkeling van de bomen is ronduit goed. De onderzochte bomen hebben, met een kroonoppervlak van ca. 3 m², reeds 7 à 10 m³ bodem doorworteld; dit draagt mede bij aan de vlotte groei in de eerste jaren. Deze vlotte groei zal zich voorlopig (10 à 20 jaar) voortzetten. Voor de langere termijn: de iepen, lindes en robinia's hebben een doorwortelbare ruimte van ca. 22 m³. Gezien de huidige bodemcondities en de verwachting dat deze niet ernstig zullen verslechteren, kunnen we een ongestoorde doorgroei van de bomen verwachten tot een kroonprojectie van 40 à 50 m² per boom, dus tot flinke, halfwas bomen van een halve eeuw oud. Hierna zal de groei geleidelijk temperen; de conditie van de bomen hoeft dan niet per se ernstig te verslechteren.



Conclusies samengevat

- De bomen groeien erg goed en zullen de komende decennia vlot doorgroeien.
- De bomen benutten de rijke grond in de kratten; de hoeveelheid doorwortelbare ruimte kan daardoor, in vergelijking met het gebruik van alleen bomenzand, lager zijn om eenzelfde boomformaat te bereiken.
- De fysische bodemeigenschappen in het bomenzand blijven door de afdekking met permavoidkratten gunstiger voor wortelgroei. Vooral het lager blijven van de bodemverdichting heeft een positief effect.
- Het gebruik van de sandwichconstructie voorkomt opdruk van verhardingselementen door boomwortels.

Aandachtspunten

- * Op de onderzochte locaties blijkt nog eens nadrukkelijk dat het grondwaterregime van tevoren bekend dient te zijn; niet alleen door eenmalig het grondwaterniveau op te nemen, maar ook in de vorm van meerjarige peilfiltergegevens die ook de fluctuaties in beeld brengen. Richtlijn: bomenzand mag niet dieper worden ingevuld dan tot 10 cm boven de hoogste grondwaterstand.
- * Het 100% worteldicht aanbrengen van het bovenste wortelwerende doek is een voorwaarde om boomwortels in de laag straatzand te voorkomen.
- * Het verdichten van bomenzand blijft een lastig karwei; de vochtigheid van het substraat speelt een belangrijke rol. We volstaan op deze plaats met de aanbeveling om, bij pakketdiktes van ca. 75 cm bomenzand, niet in drie lagen te verdichten; in twee lagen verdichten is dan voldoende. Het risico dat de verdichting van de onderste laag na verdichting van de bovenliggende lagen en na de verdichtingsactie door de stratenmaker te hoog wordt, is erg groot.



Van 't vat

JITZE KOPINGA

Waarom verschilt de hoogte van de boomgrens?

In de Alpen is het bijvoorbeeld ca. 2000 meter, in de Rocky Mountains ruim 3500 meter.

De belangrijkste factoren die bepalen tot welke hoogte een boom nog kan groeien, zijn het lokale klimaat en de boomsoort. Het klimaat van de Rocky Mountains is nogal afwijkend van dat van de Alpen en daarmee is al een hoop verklaard. Niet alleen het verschil in temperatuur, maar ook droogte kan maken dat alleen daardoor al op ca. 2000 meter hoogte soms wel, en soms geheel geen bomen meer kunnen voorkomen. Ook in Europa verschillen de boomgrenzen. In de Alpen is deze ca. 2000 tot 2100 meter, in Spanje ca. 2400 meter. In het algemeen ligt de grens van bladverliezende boomsoorten zoals beuk en zomereik beduidend (vele honderden meters) lager dan die van de naaldboomsoorten, zoals grove den of fijnspar. Maar ook binnen deze soorten verschilt dat weer per individu of genotype. In Amerika gaat het vaak om geheel andere soorten die in Europa niet voorkomen. Een intrigerende vraag is of die in de Alpen de soorten die daar hun natuurlijk verspreidingsgebied hebben, kunnen overtreffen wat betreft groeien op hoogte. Maar deze vraag is puur vanuit nieuwsgierigheid. Want wanneer het zo zou zijn, vraag ik me af op welke wijze je daar dan gebruik van zou kunnen maken. Misschien dat iemand een goede of leuke suggestie heeft?

Boombioloog Jitze Kopinga van Alterra, Wageningen UR, geeft in elk nummer van Bomen antwoord op een boombiologische vraag. Heb je een vraag? Of wil je reageren op het antwoord van Jitze? Mail je vraag of reactie dan aan de redactie: vakblad@kpb-isa.nl