



De juiste boom in de geschikte groeiplaats

Chris Palmer & Gerben Slingerland

Colofon

Datum:	15 juni 2012
Document:	afstudeerrapport Tuin- & Landschapsinrichting, major Realisatie
Titel:	De juiste boom in de geschikte groeiplaats
Auteurs:	Chris Palmer & Gerben Slingerland
Afbeeldingen en illustraties:	Chris Palmer & Gerben Slingerland
Opleidingsinstituut:	Internationale Agrarische Hogeschool van Hall Larenstein
In opdracht van:	OKRA Landschapsarchitecten
Begeleiding:	Jan van Merriënboer Arjan Leenstra
Formaat:	verkleind liggend A4

Duplicatie van dit document of delen hiervan is toegestaan mits hierbij bronvermelding met auteurs plaats vindt.

Afbeelding voor- en achterkant door Kaljee, H.



De juiste boom in de geschikte groeiplaats

Wat voor investeringsmodel kan ontwikkeld worden op
ontwerpniveau voor boomstructuren in een stedelijke context?

Voorwoord

Als afsluiting van onze studie Tuin- & Landschapsinrichting aan Hogeschool van Hall Larenstein hebben we met veel plezier dit rapport mogen maken. Een half jaar voor de start van ons afstuderen hebben we afgesproken als duo samen te werken en inmiddels kunnen we zeggen dat we dit samenwerkingsproces met veel plezier hebben doorlopen!

Na toezegging van OKRA Landschapsarchitecten om met ons samen te werken heeft OKRA het actuele onderwerp over groeiplaatsinrichtingen bij bomen voorgesteld. Hierover hadden we direct een goed gevoel en na overleg met de Hogeschool is dit het onderwerp van ons afstuderen geworden.

Door het actuele onderwerp, het toonaangevende bureau als opdrachtgever en de enthousiaste begeleiding vanuit school is bij ons de motivatie gegroeid om een mooi en volledig rapport te leveren waar alle partijen van kunnen profiteren. Wij willen daarom alle betrokkenen bedanken, met bijzondere aandacht voor Jan van Merriënboer en Arjan Leenstra. Tijdens het onderzoek is onze motivatie nog eens versterkt door de behulpzame medewerking van de geïnterviewden, waarbij we in het bijzonder Anton Dekker, Hans Kaljee, Linda Elings en Dirk Doornenbal willen bedanken voor hun tijd en beeldmateriaal.

Tijdens het onderzoek hebben we ondervonden hoe veel we al weten als groenexperts in opleiding en we zien er naar uit de door ons opgedane kennis in praktijk te brengen!

Gerben Slingerland & Chris Palmer

Samenvatting

Aanleiding

Het onderzoek naar moderne groeiplaatsinrichtingen is tot stand gekomen vanuit een praktijkvraag van OKRA landschapsarchitecten. Zij hebben veel te maken met bomen in het stedelijk gebied en zij kwamen met de vraag om een beslisboom voor groeiplaatsinrichtingen op te stellen. Deze beslisboom moet ontwerpers ondersteunen om een juiste keuze te maken voor een groeiplaatsinrichting, zodat het beoogde beeld daadwerkelijk bereikt zal worden.

Om tot deze beslisboom te komen is de volgende hoofdvraag opgesteld:

‘Wat voor investeringsmodel kan ontwikkeld worden op ontwerpniveau voor boomstructuren in een stedelijke context?’

Om tot dit investeringsmodel te komen is een onderzoek opgesteld dat uitgaat van een literatuuronderzoek en praktijkervaringen. In het literatuuronderzoek worden de huidige groeiplaatsinrichtingen vergeleken en worden de voor- en nadelen van de systemen in kaart gebracht. De ervaringen uit de praktijk worden in kaart gebracht door interviews met experts en de beschrijving van een zestal praktijkvoorbeelden.

Kern

De markt van groeiplaatsconstructies is groeiende en heeft de laatste jaren veel ontwikkelingen doorgemaakt. Constructies gemaakt van beton hebben zich de afgelopen 15 jaar al bewezen en blijken een betrouwbare, degelijke, maar ook dure constructie te vormen. Nieuwe systemen van kunststof zouden dezelfde belastingen moeten kunnen dragen, de toekomst moet echter uitwijzen of dit werkelijk zo is. Bij opgravingen laten kunststof constructies namelijk vaak vervormingen zien.

Aan de hand van de systeemeigenschappen is een technische beslisboom opgesteld die rekening houdt met boomgrootte, belasting, beeld van de verharding en de kosten. De ontwerper steekt het

ontwerpmodel in met een bepaald eindbeeld en vervolgens zal uit de beslisboom blijken met welke voorziening dit eindbeeld kan worden gerealiseerd.

Uit de praktijk blijkt dat het beoogde beeld vaak niet kan worden gerealiseerd omdat in de startfase verkeerde normbedragen worden gehanteerd. De bedragen voor bomen in het stedelijk gebied liggen vaak nog rond de 500 euro, terwijl in de beslisboom een verdeling gemaakt is in de volgende prijsklassen:

- € 1.000-2.000
- € 4.000-5.000
- € 6.000-12.000
- € >12.000

Door de beslisboom te volgen zal in de startfase van een project direct het juiste bedrag voor een groeiplaats worden gehanteerd en wordt voorkomen dat in latere fasen een onverwachte kostenpost boven tafel komt. Indien de kosten al in het beginstadium te hoog zijn, kan hier direct op in worden gespeeld door te variëren met boomgrootte, hoeveelheid bomen of locatie.

Naast de groeiplaatsinrichting kan de beeldkwaliteit van een boom worden verbeterd door een zorgvuldige keus in boomsoort. Er is een zwarte lijst van bomen opgesteld die worden afgeraden vanwege hun wortelgestel, vruchtval of kroonvorm. Bij groeiplaatsinrichtingen met constructie zijn meer boomsoorten mogelijk omdat hier factoren als vocht, voeding en groeimedium volledig te reguleren zijn.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4	4.5 Parkeerplaatsen	68
Samenvatting	5	4.6 Park	70
Inhoudsopgave	7	4.7 Plein	72
Inleiding	9	5. Welke factoren bepalen de belevingswaarde van een boom in het stedelijk gebied?	
1. Wat zijn de eisen die de boom stelt aan een optimale groeiplaats?		5.1 Investeringsmodel	76
1.1 Bodem en grond	14	5.2 Gevolgen van een niet afdoende groeiplaatsinrichting	82
1.2 Vochthuishouding	15	6. Hoe kan de keus in boomsoort bijdragen aan een rendabele groeiplaats?	
1.3 Bodemluchthuishouding	16	6.1 Vochtverbruik	86
1.4 Voedingselementen	18	6.2 Zoutresistentie	86
1.5 Zout	19	6.3 Wortelstelsel	87
1.6 Samenvattend	20	7. Conclusies en aanbevelingen	91
2. Wat zijn de verschillen in bestaande groeiplaatsinrichtingen?		Bronnenlijst	94
2.1 Grondsoorten	22	Bijlagen	
2.2 Groeimediums	23		
2.3 Groeiplaatsconstructies	28		
2.4 Samenvattend	38		
3. Praktijkvoorbeelden en interviews met experts			
3.1 Praktijkvoorbeelden Amsterdam	42		
3.2 Praktijkvoorbeelden Apeldoorn	48		
3.3 kernpunten uit interviews	54		
4. Wat zijn de kosten van de groeiplaatsinrichting per 'standaard situatie'?			
4.1 Onderbouwing levensduur groeiplaatsinrichtingen en onderhoudskosten	58		
4.2 Woonstraat	62		
4.3 Middenberm	64		
4.4 Winkelstraat	66		



Bron: Dekker, A.

Inleiding

Aanleiding

Als vierdejaarsstudenten Tuin- & Landschapsinrichting met de major realisatie is de eindfase van het afstuderen aangebroken. Deze afstudeeropdracht mag in duo's worden gemaakt, waarbij wij beiden de major realisatie hebben doorlopen. Het technische kader van het onderzoek stond hierdoor van het begin af aan vast en om het onderzoek ook van meerwaarde voor de praktijk te laten zijn, is er voor gekozen het bedrijfsleven te benaderen om als opdrachtgever op te treden.

Na de gesprekken met OKRA Landschapsarchitecten hebben zij zich bereid gevonden voor ons als opdrachtgever op te treden. Verschillende onderwerpen waar zij mee te maken hebben zijn interessant om uit te werken in een afstudeeropdracht, maar gezien de relevantie voor de opleiding en het technische aspect is er voor gekozen groeiplaatsconstructies bij bomen als onderwerp te nemen. Dit is een zeer actueel onderwerp met een groeiende markt van vraag en aanbod. Bovendien zijn de eerste systemen circa vijftien jaar geleden aangelegd, waardoor de eerste systemen en hun werking kunnen worden geëvalueerd.

Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om een handleiding voor ontwerpers op te stellen waarmee zij worden ondersteund in de keuze voor een juiste groeiplaats in een stedelijke omgeving. Inherent hieraan is het eindbeeld van de boom dat de ontwerper voor ogen heeft en de toegepaste boomsoort. Het onderzoek zal daarom bestaan uit drie deelonderwerpen, te weten een vergelijkend onderzoek naar moderne groeiplaatsinrichtingen, een methode om de beeldkwaliteit van een boom te bepalen en een handleiding waarin verschillende boomsoorten tegen elkaar worden afgezet. Het resultaat hiervan is een beslisboom waarin de verschillende eigenschappen en bijbehorende waardes tegen elkaar worden afgezet, zodat een onderbouwde keuze kan worden gemaakt bij de groeiplaatsinrichting. Om dit doel te bereiken is een hoofdvraag en een zestal deelvragen opgesteld.



Afbeelding 0.1, traditionele groeiplaatsinrichting.



Afbeelding 0.2, moderne groeiplaatsinrichting waarin alles mogelijk is. Bron: Kaljee, H.

Hoofdvraag:

'Wat voor investeringsmodel kan ontwikkeld worden op ontwerp-niveau voor boomstructuren in een stedelijke context?'

Deelvragen:

1. Wat zijn de eisen die de boom stelt aan een optimale groeiplaats?
2. Wat zijn de verschillen in bestaande groeiplaatsinrichtingen?
3. Praktijkvoorbeelden en interviews met experts
4. Wat zijn de kosten van de groeiplaatsinrichting per 'standaard situatie'?
5. Welke factoren bepalen de belevingswaarde van een boom in het stedelijk gebied?
6. Hoe kan de keus in boomsoort bijdragen aan een rendabele groeiplaats?

Doelgroep

De primaire doelgroep zijn ontwerpers en adviseurs op het gebied van tuin- en landschapsinrichting. Het beslismodel biedt hen ondersteuning bij de selectie van een groeiplaatsinrichting en geeft inzicht in de bijkomende aspecten van groeiplaatsconstructies.

Afbakening

Het onderzoek richt zich op bomen met een groeiplaats in het stedelijk gebied. Hier is de ruimte schaars en gaat de groeiplaats gepaard met tal van andere functies als verkeer, kabels & leidingen, laden & lossen en de uitstraling van een hoogwaardige buitenruimte. De natuurlijke eigenschappen van een groeiplaats komen hierdoor in het geding en extra middelen zijn nodig om een afdoende groeiplaats te realiseren.

Middelen

Omdat groeiplaatsconstructies al 15 jaar worden toegepast zal het onderzoek deels uit een literatuuronderzoek bestaan en deels uit interviews met experts. De kracht van het onderzoek zal liggen in de vergelijking tussen theorie en praktijk. Verschillende pioniers hebben de eerste systemen inmiddels geëvalueerd en doorontwikkeld. Met behulp van deze ervaring willen wij een richtlijn opstellen voor de toekomst waarin de verschillende groeiplaatsinrichtingen uiteen worden gezet en een groeiplaatsinrichting wordt geadviseerd.

Leeswijzer

De hoofdvraag van het onderzoek luidt: 'Wat voor investeringsmodel kan ontwikkeld worden op ontwerpniveau voor boomstructuren in een stedelijke context?' Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdvraag worden als eerste de essentiële elementen voor een goede groeiplaats uiteen gezet. In het tweede hoofdstuk worden deze elementen deels meegenomen in de vergelijking tussen alle (moderne) groeiplaatsinrichtingen. De onderbouwing hiervan komt voort uit het literatuuronderzoek. Als tegenhanger wordt in het derde hoofdstuk aandacht besteed aan de ervaringen uit de praktijk. Door theorie en praktijk te combineren wordt in het vierde hoofdstuk een zestal standaard situaties geschetst waarbij de mogelijke groeiplaatsconstructies in kaart worden gebracht en een advies wordt gegeven voor de meeste geschikte groeiplaatsinrichting.

De eerste vier hoofdstukken hebben betrekking op technische eigenschappen en wetenschappelijke onderbouwingen. Om het belang van een (dure) groeiplaatsconstructie aan te geven is het essentieel ook in te gaan op de waarde van een 'mooie' boom in stedelijk gebied. In een hoofdstuk over de belevingswaarde van een boom in stedelijk gebied wordt hier antwoord op gegeven.

Tot slot kan de keus voor een boomsoort er voor zorgen dat de boom beter of juist slechter zal uitgroeien. Een selectie van slechte boomsoorten resulteert in een 'zwarte lijst' die moet voorkomen dat de grootste 'probleem bomen' nog langer het straatbeeld zullen ontsieren.



Bron: imaginedhorizons

1

Wat zijn de eisen die de boom stelt aan een optimale groeiplaats?

1. Wat zijn de eisen die de boom stelt aan een optimale groeiplaats?

Het doel van het onderzoek is om te bepalen hoe rendabel groeiplaatsinrichtingen zijn en welke investering per situatie moet worden gemaakt. Om te kunnen beoordelen hoe succesvol de verschillende systemen zijn, is het in eerste instantie nodig te weten wat een boom nodig heeft voor een gezonde groeiplaats. Deze benodigde elementen worden in dit hoofdstuk beschreven. De elementen worden uiteen gezet in:

- Bodem en grond
- Vochthuishouding
- Bodemluchthuishouding
- Voedingselementen
- Zout

Hiermee wordt aangesloten op de indeling die is gebruikt in 'Stadsbomen Vademecum 2A'. Samen met een aantal andere documenten is dit een belangrijke bron geweest om de informatie in dit hoofdstuk op te kunnen nemen. Aan het einde worden een aantal conclusies opgenomen die relevante criteria vormen bij de inrichting van de groeiplaats. Deze criteria maken het mogelijk later verschillende groeiplaatsinrichtingen met elkaar te vergelijken en te beoordelen.

1.1 Bodem en grond

In hoofdstuk 2 worden de verschillende grondsoorten en bodems in Nederland behandeld. In dit hoofdstuk gaat het om de onderdelen en middelen waarmee de grond in de groeiplaats kan worden verbeterd. Organisch materiaal is hierbij het belangrijkste element en de werking van organische stof wordt hier uiteen gezet.

Organisch materiaal bestaat uit 85% organische stof en 15% bodemleven. Organische stof bestaat vervolgens uit 90% plantenresten en 10% dode dieren. Het bodemleven speelt een belangrijke rol bij de afbraak en omzetting van organische stof in de bovenste laag van de bodem. Als de organische stof zover is afgebroken dat de plantaardige en dierlijke resten niet meer

herkenbaar zijn wordt er gesproken van humus. Humus is een stabiel tussenproduct voordat het afgebroken wordt in mineralen. Humus heeft de volgende positieve eigenschappen voor de bodem in een groeiplaats:

- het verbetert het vochtvasthoudend vermogen van de grond
- het verbetert de structuur van de grond
- het kan voedingselementen tijdelijk vastleggen
- humus is een belangrijke stikstofbron en stikstof is het belangrijkste element voor groei van de boom

Wanneer de humus wordt afgebroken in mineralen komen koolzuurgas, water, nitraten en andere zouten vrij. De snelheid waarmee humificatie en mineralisatie optreedt is afhankelijk van een aantal factoren. In een optimale groeiplaats is 3 tot 8% organische stof aanwezig. De factoren die in de groeiplaats van een boom van invloed zijn, zijn een goede balans tussen het vocht- en zuurstofgehalte, de aard van de organische stof en een goed ontwikkeld en gevarieerd bodemleven.

Behalve uit vaste bestanddelen bestaat de bodem uit holten of poriën. In deze poriën bevindt zich water of lucht. De poriën worden ingedeeld naar grootte, waarbij macro-poriën belangrijk zijn voor doorluchting en beworteling, meso-poriën belangrijk zijn voor beluchting en micro-poriën alleen een capillaire werking hebben. De benodigde hoeveelheid poriën in de bodem bedraagt voor humusarm zand tenminste 40% en voor humeus zand zelfs 43% tot 45%.

Een groeiplaats met 3 tot 8% organisch materiaal voorziet de boom van voedingselementen, verhoogt het vochthoudend vermogen en zorgt voor een grond met goede structuur. Deze structuur komt tot uiting door poriën die gevuld zijn met lucht en vocht.

1.2 Vochthuishouding

Vocht in een boom is noodzakelijk voor o.a. transport van voedingstoffen, fotosynthese en het in stand houden van de levende cellen. De groei van een boom is maximaal wanneer er zoveel water in de bodem aanwezig is dat de boom onbeperkt kan verdampen. Bij een tekort aan vocht zullen de huidmondjes in de bladeren sluiten en zal de verdamping én groei worden geminimaliseerd. In extreme en lang aanhoudende droogte zal de boom verwelkte bladeren laten vallen en zo het vocht aanbod en de verdamping in evenwicht brengen. In tegenstelling tot jonge bomen kunnen volwassen bomen goed door droge periodes heen komen. Jonge bomen hebben namelijk nog maar een beperkt bladoppervlak en een klein wortelvolume, waarbij alle reserves bovendien al worden gebruikt om aan te slaan in de groeiplaats.

Tegenover het vochttekort is er een overmaat van vocht. Te veel water zorgt er voor dat poriën geheel gevuld zijn met water en dus niet met lucht. Zuurstof en wortels bereiken elkaar via deze poriën en hiermee wordt de zuurstofvoorziening geblokkeerd. Het is voor de boom belangrijk het beschikbare vocht uit een zo groot mogelijk bodemvolume op te kunnen nemen. Een diep en breed wortelstelsel is het sterkste wapen van de boom tegen droogte. In stedelijk gebied bestaat de groeiplaats vaak uit een klein doorwortelbaar volume en storende lagen/sterk verdichte grond. Daarnaast zijn er vaak wortelbeschadigingen en al deze aspecten tezamen resulteren in het feit dat bomen in het stedelijk gebied droogtegevoelig zijn.

Potentiële verdamping

De verdamping van een boom is afhankelijk van interne en externe factoren. De externe factoren worden bepaald door de hoeveelheid zonnestraling, de luchtvochtigheid, de windsnelheid en de luchttemperatuur. De interne factoren zijn afhankelijk van de bladbezetting, welke wordt uitgedrukt in de 'Leaf Area Index'. Deze L.A.I. wordt uitgedrukt in het aantal vierkante meter per vierkante meter kroonprojectie, echter over de relatie tussen de bladbezetting en de mate van verdamping is nog niet alles bekend. Bij de bepaling

van de mate van verdamping wordt daarom vaak gerekend met een standaard correctiefactor die afhankelijk is van de standplaats. Op deze manier wordt aangegeven wat de boom maximaal zou kunnen verdampen in een groeiplaats; de potentiële verdamping.

Actuele verdamping

De potentiële verdamping geeft een globale richtlijn van het vochtverbruik van een boom in een bepaalde standplaats. Wat een boom werkelijk aan vocht verbruikt wordt aangegeven in de actuele verdamping. De actuele verdamping wordt bepaald door de zuinigheid waarmee een boomsoort vocht verbruikt en het beschikbare vocht aanbod. Zoals in afbeelding 1.2 is te zien gebruikt namelijk niet iedere boomsoort evenveel water of springt er even zuinig mee om. Naast het vochtverbruik reageert iedere boomsoort anders op een vochttekort. Deze verschillen zijn bewezen uit bosbouwkundig onderzoek, waarbij bleek dat sommige boomsoorten twee keer zo goed op droogte kunnen reageren. Er is echter geen literatuur om concrete richtlijnen per boomsoort te benoemen. Verder onderzoek hierna lijkt ons van toegevoegde waarde voor de levensduur van bomen in het stedelijk gebied. Voor de berekening van de actuele verdamping t.b.v. de vochtbalans wordt uitgegaan van een verdamping van 75% van de potentiële verdamping.

boomsoort (-cultivar)	waterverbruik gehele boom (ltr per groeiseizoen)	Waterverbruik (ltr per m ² bladoppervlak)
Salix alba 'Liempde'	823	159
Populus 'Robusta'	747	99
Populus 'Barn'	850	97
Populus 'Oxford'	657	90
Fraxinus excelsior	342	96
Alnus glutinosa	369	94
Acer pseudoplatanus	110	87
Acer platanoides	141	56

Afbeelding 1.2, waterverbruik van verschillende boomsoorten. Bron: Braun, 1976

Vochtaanbod via effectieve neerslag

Van alle neerslag die valt wordt een gedeelte door boombladeren opgevangen en zal daar verdampen. De overige neerslag bereikt de grond waarbij een gedeelte over de verharding naar het riool afvloeit en een ander gedeelte in de bodem zakt. Het gedeelte dat de bodem in zakt wordt de effectieve neerslag genoemd. De effectieve neerslag wordt bepaald door de infiltratiesnelheid van de bodem, de waterdoorlatendheid van het maaiveld/verhard oppervlak en het afschotpercentage in het maaiveld. Zo kan bij waalformaat klinkers 1,5x zoveel vocht in de bodem infiltreren dan bij tegels van 0.6x0.6m het geval is. In afbeelding 1.2.2 is weergegeven wat de doorlatendheid is van verschillende soorten verharding.

Vochtbalans

Wanneer de groeiplaats te maken heeft met een grondwaterprofiel zal de vochtbalans doorgaans een overschot vertonen en is geen extra vochtvoorziening nodig. Indien sprake is van een hangwaterprofiel is een berekening van de vochtbalans nuttig omdat hier de kans groot is dat de boom een tekort aan vocht zal hebben. In de formule wordt de vochtbehoefte tegen de vochtlevering afgezet, deze is als volgt:

$$\text{Bereikbare kroonprojectie (m}^2\text{)} = \frac{\text{infiltratie} + \text{voorraad} + \text{randeffect}}{\text{Verdamping door kroon (l/m}^2\text{ kroonprojectie)}}$$

Afbeelding 1.2.1, berekening vochtbalans. Bron: Prooijen, G. 2006

Indien het doorwortelbare volume groot genoeg is om het benodigde vocht te leveren hoeft geen extra vochtvoorziening te worden aangebracht. Als het doorwortelbare volume niet het benodigde vocht levert kan de groeiplaats worden vergroot of kan er een vochtvoorziening worden aangebracht in de vorm van een drain of beregening.

Bovenlaag	Maten, lxbxh	% voeg	infiltratiesnelheid	% infiltratie 1 mei t/m 1 okt	hoeveelheid infiltratie (mm) 1 mei t/m 1 okt
warm asfalt	x10	0	0	0	0
tegels	60x60x7	0.5	2.3	61	215
tegels	60x40x7	0.7	3.2	69	240
tegels	30x30x5	1.1	5	79	275
klinkers (b.b.k.)	20x10x10	4.0	8	94	330
klinkers (w.f.)	20x5x10	7.7	34.7	95	335
ventilatietegels	60x60x7	1.8	8.1	86	300
ventilatietegels	30x30x5	5.6	25.2	95	335
stooftegels	30x30x6	11.9	53.6	95	330
graskeien	20x20x10	30.0	70	95	330
kinderkopjes	15x15x15	6.0	27	95	330
poreuze tegels	30x30x3,5	niet meegerekend			
nieuw			>1000	100	350
na 4 jaar			1	37	130
open grond/gravel			>>20	100	350
zandgrond			40-80		
kleigrond			30-50		

Afbeelding 1.2.2, water doorlatendheid van verschillende verhardingen
Bron: Prooijen, G. 2006

In een groeiplaats kan te veel of te weinig vocht zijn. Te veel vocht zorgt voor een verstoorde luchthuishouding in de grond en te weinig vocht blokkeert een aantal elementaire processen in de boom. Door grond met voldoende organische stof en/of klei en een maaiveld met veel infiltratiecapaciteit kan de vochtvoorziening worden verbeterd. Het vochtverbruik kan worden gereguleerd door een keuze in boomsoort.

1.3 Bodemluchthuishouding

Bodemlucht bestaat naast zuurstof voornamelijk uit koolzuurgas en stikstofgas. Boomwortels en bodemorganismen verbruiken zuurstof waarbij koolzuurgas vrij komt. De wortels gebruiken zuurstof voor hun groei en de actieve opname van voedingselementen. Bij een dalende beschikbaarheid van zuurstof neemt allereerst de wortelgroei af en later zal ook de actieve opname van voedingselementen afnemen. Naast de boomwortels is zuurstof ook noodzakelijk voor mycorrhiza- schimmels. Deze schimmels leven in symbiose met de boomwortels en zorgen voor een aanzienlijke verbetering van de opnamemogelijkheden voor vocht en voeding. Als richtlijnen

voor voldoende aanwezigheid van zuurstof in de bodem kunnen de volgende richtlijnen worden gehanteerd:

$< 10\% \text{ O}_2$	<i>grote kans op zuurstofgebrek en schade aan actieve wortels</i>
$10\text{-}16\% \text{ O}_2$	<i>afhankelijk van de boomsoort zijn groeistoornissen mogelijk</i>
$>16\% \text{ O}_2$	<i>voldoende zuurstof voor een goede ontwikkeling; onder normale omstandigheden is geen zuurstofgebrek te verwachten.</i>

Bron: Prooijen, G. 2006

Belemmeringen voor luchtuitwisseling

Alle zuurstof in de bodem moet worden aangevoerd en al het koolzuurgas moet worden afgevoerd vanuit de atmosferische lucht. De snelheid van de gasuitwisseling tussen de bodemlucht en de atmosferische lucht hangt af van de weerstand die het luchttransport in de bodem ondervindt, deze weerstand wordt bepaald door:

- De afstand waarover het transport moet plaatsvinden
- Porositeit van de bodem
- Soort bodemoppervlak

In stedelijk gebied, waar we ons in dit onderzoek op richten, zal de groeiplaats in bijna alle gevallen afgesloten zijn met verharding. Afgezien van poreus verhardingsmateriaal zal luchtuitwisseling alleen via de voegen mogelijk zijn, wat resulteert in een grote beperking in het doorlatend oppervlak. In de praktijk is gebleken dat als infiltratiemogelijkheden van water door verharding voldoende is, dit ook geldt voor de diffusiemogelijkheden voor zuurstof. Het gebruik van kleiner bestratingmateriaal en dus meer voeg, bestraten met een grotere voeg en het gebruik van poreuze tegels zal de zuurstofvoorziening echter altijd ten goede komen.

Bevorderen van luchtuitwisseling

Indien de luchtuitwisseling in de groeiplaats niet voldoende is kan er een beluchtingssysteem worden aangebracht. De toegevoegde waarde van zo'n beluchtingssysteem is zeer groot, mits er aan een aantal voorwaarden wordt voldaan.

1. *Het beluchtingssysteem moet vrij zijn van verstoppingen*
2. *Het systeem bestaat uit meer dan één beluchtingspijpen*

die onderling en met de buitenlucht verbonden zijn. Hierdoor kan luchtcirculatie plaats kan vinden en is de aanvoer van zuurstof 10x zo groot dan bij een systeem met stilstaande lucht.

3. *De kokers hebben een minimale doorsnede van 16cm.*

Hierdoor kan de lucht in de kokers bewegen door turbulentie.

4. *De grond moet poriën bevatten die lucht op kunnen nemen.*

Bij te sterk verdichte grond wordt het effect van het beluchtingssysteem teniet gedaan.

5. *De buizen zijn omgeven door grof beschermingsmateriaal om de intredeweerstand tussen buis en bodem te minimaliseren.*

Prooijen, G. 2006

Naast een beluchtingssysteem kan grond worden aangebracht met een grove fractie. Door een verdichting tot maximaal 2 MPa zullen poriën in stand blijven die lucht en water kunnen bergen. In hoofdstuk 2 wordt meer gezegd over de luchthuishouding van de verschillende grondmengsels.

Bodemlucht bestaat uit zuurstof, koolzuurgas en stikstofgas. Zuurstof moet worden aangevoerd vanuit atmosferische lucht, terwijl koolzuurgas en stikstofgas moeten worden afgevoerd. Om een optimale groeiplaats te realiseren moet meer dan 16% zuurstof aanwezig zijn. Om dit te bereiken dient de weerstand in de bodem zo laag mogelijk te zijn, wat bereikt wordt door verharding met veel en grote voegen, een beluchtingssysteem en verdichting tot maximaal 2 MPa.

1.4 Voedingselementen

Bij bomen in het stedelijk gebied zal afgefallen blad altijd worden opgeruimd. De kringloop van voedingselementen wordt verbroken en jaarlijks is hierdoor een aanzienlijk verlies aan voedingselementen. De grond in de groeiplaats put hierdoor uit en tekorten aan voedings-elementen kunnen optreden. Bij de diverse groeiplaatsinrichtingen worden verschillende grondmengsels aangebracht met verschillende hoeveelheden organische stof. Bij een groeiplaats van voldoende formaat, gevuld met voor beworteling geschikte grond, zijn in principe geen tekorten te verwachten. Onderzoek heeft uitgewezen dat een voldoende groot doorwortelbaar volume bestaat uit 0.75 m³ grondmengsel met 5% organische stof per m² kroonprojectie. Bij rijkere mengsels kan worden volstaan met 0.5 m³ grondmengsel per m² kroonprojectie. Naast deze vuistregel heeft het CROW de tabel in figuur 1.4.1 opgenomen die een onderscheid maakt in boomgrootte, grondwaterstand en organisch stof gehalte.

Bij een gebrek aan voedingselementen gaat het bij stadsbomen meestal om het element stikstof. Bovendien wordt de beschikbaarheid van dit voedingselement bepaald bij de inrichting van de groeiplaats, waar we ons in dit onderzoek op richten. Een tekort kan worden veroorzaakt door:

- een groeimedium met te weinig organische stof
- een te kleine doorwortelbare ruimte
- wateroverlast
- droge grond
- uitputting van de groeiplaats
- uitspoeling

De aanwezigheid van stikstof is in grote mate verantwoordelijk voor de groei van de boom en de ontwikkeling van de bladmassa, beide aspecten die in grote mate het uiterlijk van de boom in het straatbeeld bepalen. De beste manier om de voorraad en opslagcapaciteit van stikstof op peil te houden is door het organisch stofgehalte en de kwaliteit van de organische stof te verhogen. Belangrijk hierbij is dat een extra mestgift weinig resultaat geeft omdat de stikstof in een te kleine, arme groeiplaats niet zal worden vastgehouden. Hiernaast zal door stikstof de bladontwikkeling meer worden gestimuleerd dan het

		locatie met grondwaterprofiel		locatie met hangwaterprofiel	
leeftijd boom	opp. kroon projectie m ²	bodem met 8% org. stof nodige m ³	bodem met 3% org. stof nodige m ³	bodem met 8% org. stof nodige m ³	bodem met 3% org. stof nodige m ³
20	25	13	19	25	31
40	50	25	38	50	63
60	75	38	56	75	94
80	100	50	75	100	125
100	125	63	94	125	156
125	150	75	113	150	188
150	175	88	131	175	219
175	200	100	150	200	250
200	225	113	169	225	281

Afbeelding 1.4.1, benodigde doorwortelbare ruimte in verhouding tot grondwaterstand en organische stof gehalte. Bron: Groot, R. de, Heit. R. 2012

wortelgestel. De droogtegevoeligheid neemt hierdoor toe en dat wordt juist tegen gegaan bij bomen in het stedelijk gebied.

De uitwerking van het element stikstof geeft al aan dat simpelweg de beste groei wordt gerealiseerd door een zo natuurlijk mogelijke kringloop. Hierbij is een goed ontwikkeld bodemleven, de aanvoer van organische stof en de aanvoer van lucht en vocht onmisbaar. Groei-plaatsconstructies met een tweede maaiveld maken het mogelijk deze elementen toe te voegen, maar bij andere groeiplaatsinrichtingen in het stedelijk gebied zijn deze factoren vaak moeilijk te realiseren. Hier kan het dus nodig blijven een extra mestgift te geven. Hieraan voorafgaand moet echter altijd een bodemanalyse worden uitgevoerd waaruit blijkt wat de tekort komende elementen zijn en men moet zich realiseren dat een mestgift altijd een tijdelijke werking heeft. Een jaarlijkse herhaling van mestgift zal daarom nodig zijn! Afbeelding 1.4.2 geeft een beeld van de effecten van de verschillende soorten groei-plaatsverbetering en hun werktijd.

De natuurlijke kringloop van voedingselementen wordt bij een groeiplaats in de stad doorbroken. Door bij de inrichting van de groeiplaats voldoende organische materiaal aan te brengen kan de boom hier een bepaald aantal jaar voeding uit halen. Wanneer het doorwortelbare volume volledig is benut zal extra mestgift nodig zijn. Bij kleine groeiplaatsen zal een extra mestgift echter weinig nut hebben omdat de voedingsstoffen niet worden vast gehouden. Bij moderne grote groeiplaatsinrichtingen met een tweede maaiveld kan bodemleven, organische stof en voeding worden toegediend, waardoor de natuur-lijke kringloop zoveel mogelijk wordt nagestreefd.

1.5 Zout

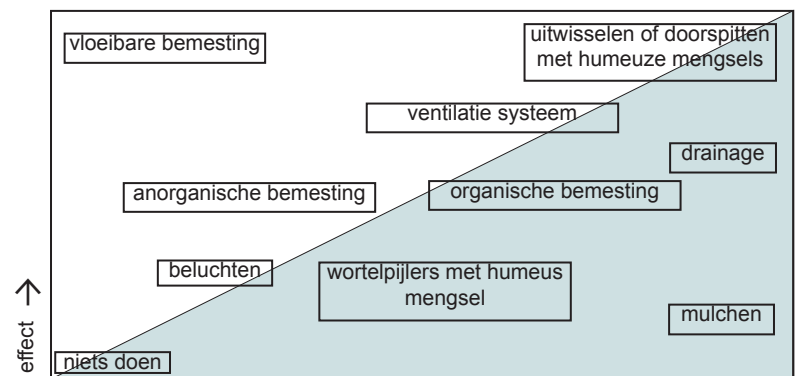
Naast de noodzakelijke benodigde voedingsstoffen, zijn er ook schadelijke stoffen in grond en water. Een schadelijke stof die relevant is voor de inrichting van de groeiplaats is chloride; het belangrijkste bestanddeel van zout. Zout kan op natuurlijke manier bij bomen terecht komen, o.a. door de nabijheid van zee, maar veel belangrijker in het kader van dit onderzoek, door menselijk toedoen bij het bestrijden van gladheid in de winter.

De mate waarin zout schadelijk is voor bomen is afhankelijk van de zoutconcentratie en de verdraagzaamheid van de boomsoort. In het ontwerpproces kan hier op in worden gespeeld door de zoutresistentie mee te nemen bij de keuze van een boomsoort. In deze paragraaf is het van belang aan te geven hoe de groeiplaatsinrichting kan worden ingericht om zoutschade aan bomen te voorkomen.

Bij de groeiplaatsinrichting kan op twee manieren worden ingespeeld op zoutschade. Hiervoor wordt zoutschade opgedeeld in spatzout en zout smeltwater. Om de schade van spatzout te voorkomen dient de boom ver genoeg van de weg of fietspad te worden geplaatst. Het bereik van het spatzout is afhankelijk van de rijksnelheid maximaal 10 meter. Een plant-plaats tussen twee rijstroken zal bovendien een dubbele zoutbelasting krijgen, waarbij extra aandacht besteed dient te worden in soortkeus.

Om de schade van zout smeltwater te beperken moet worden voorkomen dat zout smeltwater in de doorwortelbare ondergrondse ruimte komt. In de klassieke groeiplaats wordt dit opgelost door een verhoogde groeiplaats met een trottoirband aan te brengen, anders kan de aangrenzende verharding van de groeiplaats af afgewaterd worden. Het nadeel van beide maatregelen is wel dat de vochtvoorziening in droge perioden wordt beperkt. Een zorgvuldige overweging in zoutbelasting en vochtvoorziening is dus vereist. Een moderne toepassing die bijdraagt aan de toevoer van zout smeltwater is de infiltratie van hemelwater. Infiltratievoorzieningen zijn vaak erg gunstig voor de vochtvoorziening van de boom, maar indien het afgekoppelde verhard oppervlak wordt gestrooid betekent dit ook een extra zoutgift. Bij het infiltratiesysteem kan hiermee rekening worden gehouden door een oppervlak af te koppelen dat niet met zout wordt belast, bijvoorbeeld daken. Ook het soort boom is hierbij echter belangrijk en zoutresistente soorten verdienen de voorkeur.

Zoutschade is onder te verdelen in schade door spatzout en schade door zout smeltwater. Schade door spatzout kan worden voorkomen door de bomen voldoende afstand van de rijweg te plaatse. Schade door zout smeltwater kan worden voorkomen door onbestrooid verhard oppervlak op de groeiplaats te laten afwateren of hemelwater van daken af te koppelen en op de groeiplaats af te laten wateren.



Afbeelding 1.4.2, verschillende soorten groeiplaatsverbetering en hun werktijd
Bron: BTL Bomendienst

1.6 Samenvattend

Organische stof is van essentieel belang bij een optimale groeiplaats. Door bodemleven wordt organische stof langzaam omgezet in humus en humus wordt afgebroken in mineralen. Dit is een langlopend proces dat de groeiplaats voor lange tijd in stand houdt. In stedelijk gebied wordt de natuurlijke kringloop van een groeiplaats doorbroken, waardoor bij aanvang een grondmengsel met voldoende organische stof moet worden aangebracht. Hiervoor zijn diverse grondmengsels mogelijk met verschillende hoeveelheid organische stof, waarbij de hoeveel kubieke meter afhangt van de boomgrootte en grondwaterstand.

Organische stof en het bodemleven zorgen voor poriën. De poriën maken de grond doorwortelbaar en houden vocht en lucht vast. Een alternatief voor organisch stof is het toedienen van een jaarlijkse mestgift. Het nadeel hiervan is dat de werking tijdelijk is en dat er een vooronderzoek nodig is dat de benodigde voedingselementen bepaald.

Door beperkte ruimte, sterk verdichte grond en wortelbeschadigingen is de boom in stedelijk gebied zeer droogtegevoelig. Iedere boom verbruikt in andere mate water en iedere boom reageert anders op droogte. Dit maakt sommige bomen droogtegevoeliger dan andere. Verder onderzoek is nodig om een selectie te maken in meer en minder droogtegevoelige soorten. De vochtvoorziening wordt veelal beperkt door de aanwezigheid van verharding met een lage waterdoorlatendheid en door een bodem met een lage infiltratiesnelheid. Door toepassing van een drain en grond met een goede poriën structuur kan de vochthuishouding sterk verbeterd worden.

Net als bij de luchthuishouding wordt de vochtvoorziening sterk bepaald door het soort maaiveld en de luchtdoorlatendheid van de grond. Bij moderne groeiplaatsinrichtingen wordt hier vaak op ingespeeld door een 2e maaiveld te creëren. Hierdoor vindt luchtcirculatie plaats en wordt de grond minimaal verdicht. Hiernaast kan een beluchtingssysteem een belangrijke bijdrage leveren in de luchtuitswisseling, mits juist aangelegd.

Om zoutschade te voorkomen moet men voorkomen dat zout smeltwater afwatert in de groeiplaats. Zeker bij moderne infiltratievoor-zieningen moet dit niet over het hoofd worden gezien. Door bomen op voldoende afstand te plaatsen van de rijweg kan spat-zout worden voorkomen. Bij de plaatsing van bomen tussen twee rijwegen zal de boom een dubbele zout gift krijgen, waardoor een keus in een zout resistente boomsoort extra belangrijk is.



Bron: Dekker, A.

2

Wat zijn de verschillen
in bestaande groei-
plaatsinrichtingen?

2. Wat zijn de verschillen in bestaande groeiplaats-inrichtingen?

In Nederland komen verschillende grondsoorten voor waar eenzelfde type boom heel verschillend op zal groeien. De Nederlandse steden worden echter vaak op zand gebouwd waardoor de uitgangssituatie voor een groeiplaats in de stad zand is. Zoals in hoofdstuk 1 is beschreven is zand geen goed groeimedium en speciaal voor groeiplaatsen in stedelijk gebied zijn nieuwe groeimediums samengesteld. Deze groeimediums moeten de boom voorzien in de basis behoeften van vocht, lucht en voeding.

Naast de afhankelijkheid van de grondsoort hebben bomen in het stedelijk gebied te kampen met ruimtegebrek en een zeer divers ruimtegebruik. Het resultaat is dat bomen een te kleine groeiplaats hebben met sterke verdichte grond en een verhard maaiveld. Om deze problemen te voorkomen zijn diverse constructies bedacht die een optimale groeiplaats voor bomen in de stad mogelijk maken. In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de grondsoorten die in Nederland aanwezig zijn en de groeimediums die speciaal voor groeiplaatsen zijn ontwikkeld. Vervolgens wordt ingegaan op de diverse groeiplaats constructies en wordt de werking van de verschillende systemen beschreven. In het volgende hoofdstuk zullen de verschillende systemen aan de hand van praktijkvoorbeelden worden getoetst en geanalyseerd.

2.1 Grondsoorten

Als we naar de grondsoorten in Nederland kijken kunnen we deze globaal verdelen in 5 hoofdsoorten: veen, zand, zavel, klei en leem. Alvorens er een boom geplant wordt zullen de eigenschappen van de grondsoort goed bekeken moeten worden om te bepalen of de boom hier een goede levenskans heeft. Om iets over een grondsoort te kunnen zeggen wordt in deze paragraaf een beschrijving gegeven van de eigenschappen van de 5 grondsoorten. Op afbeelding 2.1.1 is een globale indeling van grondsoorten in Nederland te zien.

Veen

Veen is een natte, zuurstofarme en sponsachtige grondsoort, die is opgebouwd uit gehumificeerd plantaardig materiaal. De gedroogde vorm staat bekend als turf. Veen heeft een hele open structuur waardoor het erg veel water kan vasthouden, zolang veen onder water staat zal dit ook niet inklinken. De open structuur zorgt er voor dat de grond goed doorwortelbaar is. Bij het planten van een boom op veengrond kan de lage draagkracht van de bodem een reden zijn om deze niet te planten; zo zal een dikke eik scheefgroeien, verzakken en uiteindelijk zelfs omvallen. De grondwaterspiegel staat over het algemeen vrij hoog in deze gebieden wat voor veel bomen een probleem kan opleveren.

Zand

Zand is de meest voorkomende grondsoort in Nederland. Zand is los, korrelig materiaal dat bestaat uit zeer kleine stukjes steen en zandkorrels, die in grootte variëren tussen 63 micrometer en 2 millimeter. Zandgronden zijn lichte gronden, die regenwater snel laten doorsijpelen. Een zandgrond droogt daarom snel uit, zeker als de grondwaterstand laag is. Ook voedingsbestanddelen spoelen over het algemeen snel weg, en dit maakt van zandgronden arme gronden. Zand houdt dus geen water vast en doordat de grond niet kleef is deze zeer doordringbaar voor water en lucht. Zand is hiermee goed doorwortelbaar en biedt een goede draagkrachtige bodem voor de boom.

Zavel

Zavel is een mengsel van zand en lutumdeeltjes, dit zijn kleine deeltjes die naarmate ze groter worden klei genoemd worden. Tot een bepaald percentage, 25 %, wordt dit zavel genoemd, boven deze grens is het klei. Zavel is een vruchtbaar, goed te bewerken, vochthoudend en doorwortelbare grondsoort en wordt daarom veel gebruikt voor het telen van bijvoorbeeld bloembollen.

Als het lutum percentage hoger wordt, wordt gesproken van klei. Kleigronden zijn, vergeleken met zand, slecht waterdoorlatend. In droge tijden houden ze veel langer water vast, maar in natte tijden verdrinken gewassen eerder. Ook hebben kleigronden minder last van uitspoeling dan zandgronden. Hierdoor houden ze beter voedsel-

stoffen voor planten vast en zijn ze over het algemeen voedselrijk. Klei komt in Nederland voornamelijk voor in de kuststreken (zeeklei) en langs de rivieren (rivierklei) en meer landinwaarts op hogere gedeelten beekklei of leem.

Leem

Leem bestaat voornamelijk uit een fijnkorrelige combinatie van klei en silt. Wanneer het door wind is afgezet wordt van löss gesproken en dit vormt de ideale landbouwgrond. Het is gemakkelijk te bewerken en door het hoge aandeel aan organische stoffen zeer vruchtbaar. Bovendien houdt löss gemakkelijk en langdurig water vast, ook na een lange droge periode. Lössbodems bevatten dus altijd voldoende vocht voor plantengroei. Het is een goede bodemsoort om te doorwortelen en het draagkrachtig vermogen is in orde.

2.2 Groeimediums

Een boom heeft voldoende lucht, vocht en voeding nodig om tot een volwassen boom uit te groeien. Als dit niet het geval is wordt er getracht de boom in bovenstaande behoeftes te voorzien. Zo is men begonnen met het verbeteren van groeiplaatsinrichtingen door het toepassen van verschillende groeimediums. De groeimediums zijn vaak zo samengesteld dat er aan de behoeftes van de boom kan worden voldaan. Er wordt een structuur gecreëerd waardoor lucht- en vochthuishouding beter kan plaatsvinden als voorheen. Door het toevoegen van organische stoffen krijgt de boom voldoende voeding en dit zal de groei stimuleren.

In het stedelijk gebied worden de volgende groeimediums veelal toegepast: bomengrond, bomenzand en bomengranulaat. Bij de aanleg van de groeimediums is het van belang dat dit met de juiste zorg gebeurt. Met name de omliggende grondsoorten en de grondwaterstand zijn van belang voor een correcte groeiplaatsinrichting. Bomenzand en bomengrond moet altijd boven de grondwaterstand blijven zodat het niet in contact komt met water. Als dit wel het geval is kan de soort verder humificeren en hierdoor mogelijk inklinken. Verzakking van de straat is hiervan een gevolg en dit moet ten eerste voorkomen worden.

De groeimediums kunnen los worden toegepast maar zal ook veel in combinatie met groeiplaatsconstructies te vinden zijn. Elk medium heeft zijn eigen specifieke toepassing en deze zal hieronder worden toegelicht.

Beperkingen van de 'klassieke' groeiplaats met bomengrond.

De beschrijving 'gewoon een gat in de grond' kwam in eerste instantie bij ons op toen een beschrijving voor deze groeiplaatsinrichting werd gezocht. Het is de meest eenvoudige en goedkope groeiplaats om aan te leggen, alhoewel dit niet altijd slechter hoeft te zijn dan dure groeiplaatsinrichtingen. De inrichting van de klassieke groeiplaats bestaat veelal uit teelaarde en opsluiting door trottoirbanden of opsluitbanden. De vochthuishouding kan hierbij worden verbeterd door aanliggende verharding af te laten wateren op de boomspiegel en met een beluchtungskoker kan de luchtvoorziening worden verbeterd. Het probleem bij dit soort groeiplaatsinrichtingen is echter dat de afmeting van de boomspiegel vaak veel te klein is en dat het beschikbaar doorwortelbaar volume snel is bereikt. Het aangrenzende oppervlak naast de boomspiegel is veelal verhard met een fundering



Afbeelding 2.1.1, indeling van Nederland in de 5 grondsoorten.
Bron: alterra.wur.nl

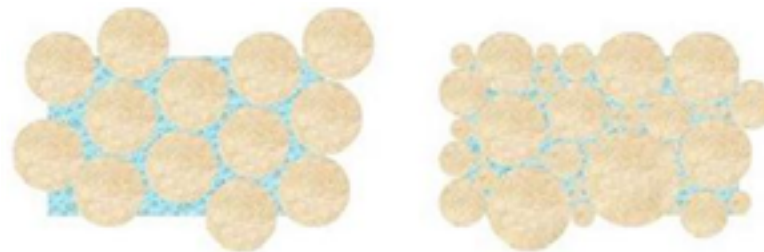
van sterk verdicht zand en/of puin.

Uiteindelijk zal de boom hier zorgen voor wortelopdruk en andersom worden de wortels verwijderd of beschadigd bij graafwerkzaamheden. Veel succesvolle voorbeelden van een dergelijke klassieke groeiplaats zijn te zien in brede singels door een stadscentrum. Echter zijn er nog veel meer slechte voorbeelden van klassieke boomspiegels met een te kleine afmeting van minder dan een vierkante meter te zien.

Het groeimedium dat in de klassieke groeiplaats wordt gebruikt is bomengrond. Bomengrond wordt zo samengesteld dat deze een structuur krijgt die een goede zuurstofvoorziening biedt en een goed bergende watercapaciteit. De samenstelling bestaat uit zwarte grond, compost en turf. Het organische gehalte ligt gemiddeld vrij hoog en samen met overige voedingsstoffen zorgt dit voor een voedselrijke grond. Er zijn vele leveranciers die een type bomengrond leveren en hierbij horen de volgende percentages: 7 tot 10 % organische stof en maximaal 5 % lutum. Het zuurstofgehalte dat in de grond kan zitten is 16 a 20 %. Als er voor een boom een bepaalde samenstelling optimaal is, bijvoorbeeld meer of minder organische stof, kan dit aangeleverd worden waardoor de boom nog meer kans op succes heeft.



Afbeelding 2.2.1, een klassieke groeiplaats waarbij het doorwortelbaar volume al na enkele jaren is gebruikt.

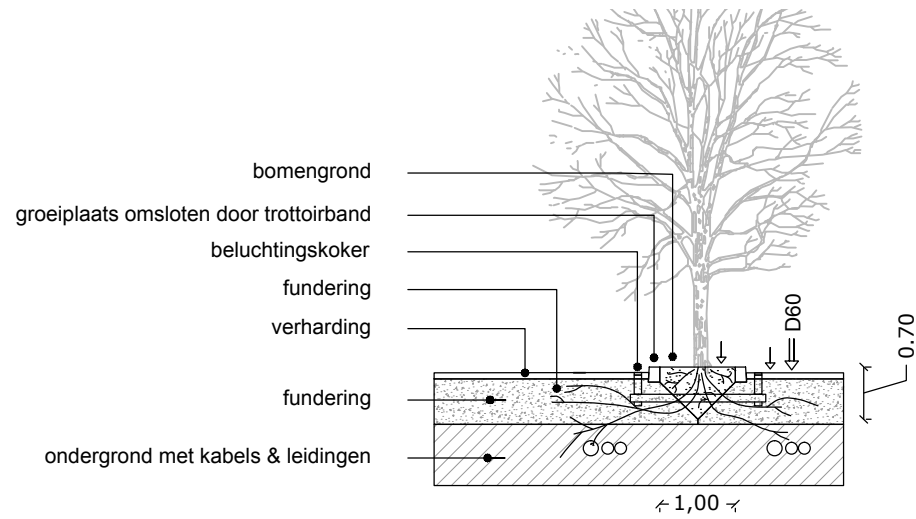


Afbeelding 2.2.2, Links is eentoppig zand te zien met een gelijke korrelgrootte waarbij veel ruimte overblijft voor lucht en water. Rechts is normaal zand te zien dan met verschillende korrelgroottes weinig holle ruimtes over houdt.
Bron: www.bvb-substrates.nl

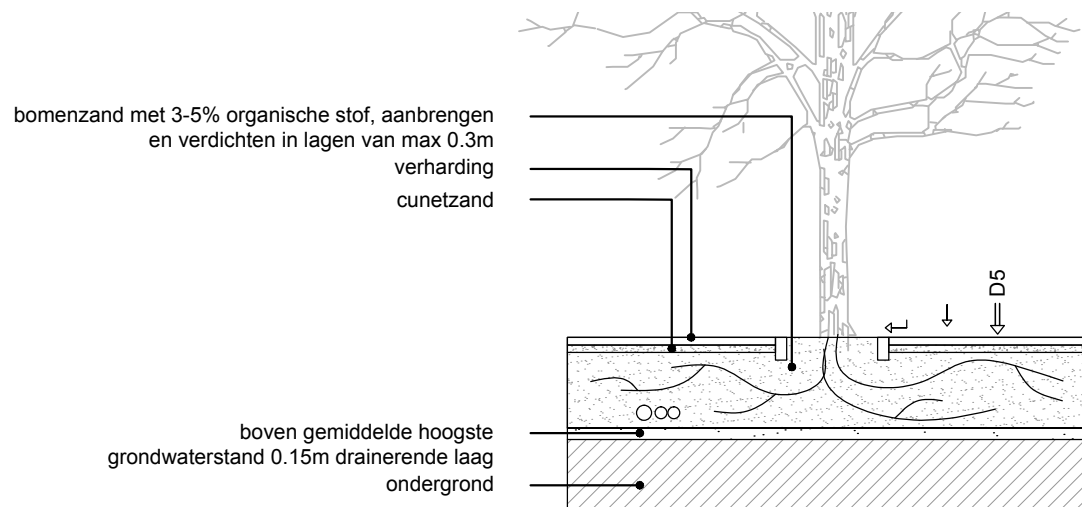
Bij het aanbrengen van bomengrond is het van essentieel belang dat de omliggende grond goed geanalyseerd wordt. Met name de waterdoorlatendheid van de bodem is van groot belang, als er gaten in een kleibodem gevuld worden met bomengrond zullen deze mogelijk teveel water bevatten. De bomengrond houdt het water vast en kan deze slecht kwijt aan de ondergrond, dit kan problemen opleveren. Bomengrond dient minimaal 15 cm boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand aangebracht te worden, deze 15 cm kan dan opgevuld worden met drainerend materiaal (drainzand o.i.d.).

Bomenzand

In een bebouwde omgeving is het gebruik van de bodem intensief en wordt de bodem veelal sterk verdicht t.b.v. verharding. Wanneer bomen in of in de nabijheid van verhardingen worden geplaatst, is het van belang dat extra aandacht aan de ondergrond wordt besteed. Bomenzand is een oplossing voor deze plekken en dient zowel als fundering voor trottoir en fietspaden als voor groeiplaats. Bomenzand bestaat uit hoekig zand gemengd met ongeveer 3 tot 5% organische stoffen, veelal uitgecomposteerde houtcompost. Het percentage lutum bij bomenzand is maximaal 3 %. Doordat het uitgecomposteerd is komt er vrijwel geen zuurstof meer vrij en wordt inklinken voorkomen. Het zand is hoekig omdat dit een grotere draagkracht heeft dan rond zand. De hoekige korreltjes haken in elkaar wat voor extra stevigheid zorgt. Door het zand op een speciale



Afbeelding 2.2.3, principe tekening klassieke groeiplaats met veelal een te klein doorwortelbaar volume



Afbeelding 2.2.4, principe tekening bomenzand

manier te zeven worden er zandkorrels gebruikt van dezelfde grootte, eentoppig zand. Doordat het zand niet volledig in elkaar gedrukt wordt blijven er ruimtes over voor een goede lucht- en vochthuishouding en wortelontwikkeling. Op afbeelding 2.2.1 is het principe te zien van eentoppig bomenzand.

Bomenzand wordt aangebracht in lagen van 30 cm die per laag verdicht worden met een mechanische stamper. Een trilplaat versmeerd namelijk de grond met als gevolg een slecht doorlatende laag. Door het zand in lagen aan te brengen wordt nazakking voorkomen. De diepte van de groeiplaats moet worden afgestemd op de gemiddeld hoogste grondwaterstand. Boven deze stand moet minimaal 15 cm goed drainerend materiaal aangebracht worden om te voorkomen dat het bomenzand in aanraking komt met het grondwater. Dit kan in veel gevallen gewoon de bestaande bodem zijn, mits deze goed drainerend is, in andere gevallen kan er drainerend zand worden aangebracht.

Bomengranulaat

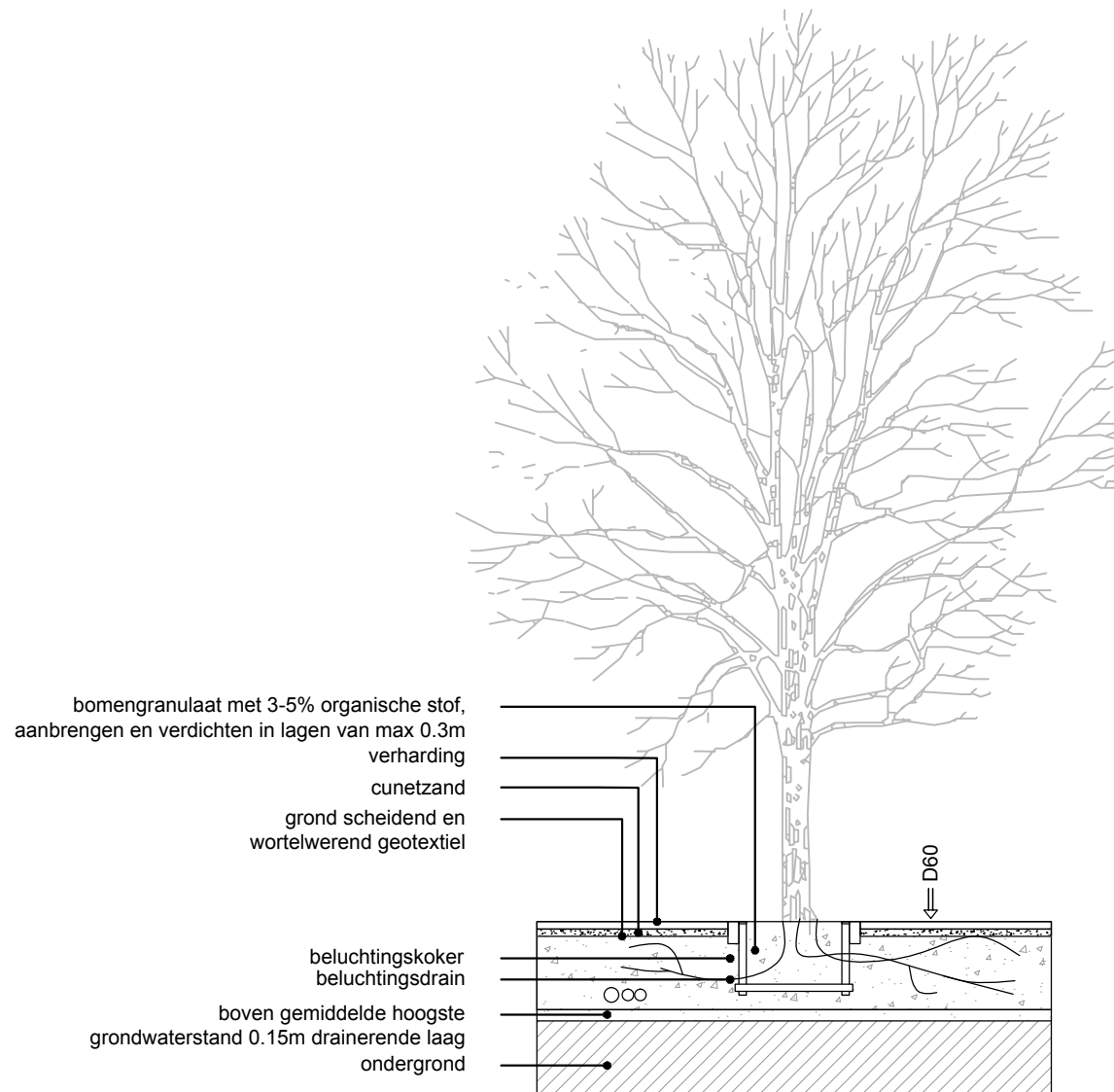
Bomengranulaat biedt alle voordelen van bomenzand maar is nog veel beter bestand tegen zware belastingen op verhardingen. Te denken valt aan wegen met intensief en zwaar vrachtverkeer. Bomengranulaat kan die extreem zware belasting goed opvangen maar biedt bomen toch een ondergrond waarin deze zich goed kunnen ontwikkelen met voldoende lucht, water en andere voedingselementen. Voor zeer zwaar belaste gebieden zoals drukke wegen is bomengranulaat aan te bevelen. Bomengranulaat bestaat uit een grove harde steen (grauwacke of lava) met waterbufferende elementen en voedings-stoffen. Door de harde steen met een hoge verbrijzeling ontstaat een hoge draagkracht die voldoende is voor zwaar belaste verhardingen van rijwegen. Door de grote hoeveelheid poriën kunnen de wortels makkelijk hun weg vinden en kan nieuwe zuurstof aangevoerd worden. Lutum- en humusachtige stoffen zorgen voor de aanwezigheid en beschikbaarheid van voldoende mineralen en water. De verhouding van de lutum- en humusachtige stoffen is zodanig gekozen dat het water niet te sterk gebonden wordt maar beschikbaar is voor de wortels. Er wordt er humusgehalte van 2 tot 3 % gehanteerd. De aanwezige stikstofrijke organische stof wordt



Afbeelding 2.2.5, toepassing van bomengranulaat onder een rijweg.
Bron: www.hoofdstraatstadskanaal.nl

geleidelijk afgebroken zodat op lange termijn ook nitraat beschikbaar blijft, hiermee worden verliezen door uitspoeling voorkomen. De geleidelijke afbraak van de organische stof zorgt er ook voor dat de zuurstofvoorziening is gegarandeerd. Het grof poreuze deel van het product zorgt voor de draagkracht en opslag van water dat beschikbaar is voor de wortels.

Bij bomengranulaat is de luchttoevoer beduidend slechter als bij eerdergenoemde granulaten en daarom is het zeer aan te bevelen een beluchtingssysteem aan te brengen. Door een drainagebuis in de groeiplaats te leggen, met enkele aansluitingen naar boven, zal de lucht hier kunnen circuleren en hiermee bijdragen aan een goede groei van de boom. Bij het aanbrengen van bomengranulaat is het ook hier van belang dat het granulaat niet in contact komt met de grondwaterstand. Een drainerende laag van minimaal 15 cm is hier gewenst.



Afbeelding 2.2.6, principe tekening bomengranulaat

Vergelijkend overzicht

Om de verschillen in groeimediums en Nederlandse grondsoorten overzichtelijk en vergelijkbaar te maken is een tabel opgesteld. Afbeelding 2.2.5 geeft per grondsoort inzicht in de eigenschappen die voor een groeiplaats van belang zijn. Hierdoor is duidelijk te zien wat de verschillende substraten voor oplossingen kunnen bieden en wanneer deze een aanvulling kunnen zijn op de 5 hoofd grondsoorten van Nederland.

2.3 Groeiplaatsconstructies

De laatste 15 jaar zijn er ontzettend veel ontwikkelingen geweest in diverse moderne groeiplaatsinrichtingen. Verschillende pioniers zijn zelf systemen gaan ontwikkelen en door creatief om te gaan met bestaande producten zijn groeiplaats constructies gemaakt. Voorbeelden hiervan zijn de infiltratiekratten die eigenlijk bedoeld zijn voor de infiltratie van water, maar later ook zijn gebruikt om doorwortelbaar volume te creëren. Ook de betonnen boombunker die Anton Dekker van de gemeente Apeldoorn met de civiele afdeling heeft gemaakt zijn gebruikt als doorwortelbaar volume. De markt heeft kansen gezien in de toepassingen van moderne groeiplaatsconstructies en inmiddels zijn er diverse kunststof en betonnen constructies leverbaar.

In de volgende paragraaf worden de verschillende systemen met elkaar vergeleken en door middel van woord en beeld worden de eigenschappen van de systemen duidelijk gemaakt. Deze informatie wordt in hoofdstuk 4 gebruikt om een advies te geven over het meest geschikte systeem voor een zestal 'standaard situaties'. Bij de beschrijving wordt een verdeling gemaakt in kunststof constructies en betonnen constructies.

Grondsoort/ substraat	Toepassing		Kwaliteit				
	onder verharding	belastbaarheid/ draagkrachtig	organische stof in %	lutum in %	zuurstofvoorziening	waterhuishouding	hoeveelheid beschikbaar vocht in liters/m3 grond
veen	nee	-	25		weinig zuurstof met name onder de grondwaterspiegel	sterk vochthoudend	330
zand	ja	+	1-3	0-8	voldoende door luchtige structuur	vochtdoorlatend	160
zavel	nee	+-	1-3	8-25	voldoende door luchtige structuur	vochthoudend	200
klei	nee	+-	1-6	25-50	matig door dichte structuur	slecht waterdoorlatend	130
leem	nee	+-	1-3	max 25	matig door dichte structuur	vochthoudend	260
bomengrond	nee	-	4-10	max 5	goed door luchtige structuur	voldoende waterbergend	200
bomenzand	ja	+	3-5	max 3	goed door luchtige structuur	voldoende waterbergend	150
bomengranulaat	ja	+	2-5	max 4	aanbrengen beluchtingssysteem wordt aanbevolen	voldoende waterbergend	180
compost	nee	-	25-60	max 4	voldoende door luchtige structuur	sterk vochthoudend	400
teelaarde	nee	-	max 25	max 4	voldoende door luchtige structuur	vochthoudend	270

Afbeelding 2.2.5, vergelijkend overzicht van de verschillende grondsoorten en substraten

2.3.2 Kunststof constructies

Alle kunststof groeiplaatsconstructies hebben het kenmerk een tweede maaiveld te realiseren, waardoor de verticale belasting van verkeer wordt opgevangen door de constructie en de druk wordt over gebracht op de ondergrond. Door het dragende dek wordt een luchtlaag gecreëerd die luchtuitwisseling met het groeimedium mogelijk maakt. Deze luchtlaag voorkomt bovendien ook dat de wortels boven de luchtlaag in de fundering van de verharding gaan wortelen. Over het algemeen verdragen kunststof constructies weinig zijwaartse druk, waardoor extra maatregelen nodig zijn bij bijvoorbeeld een naastliggende wegfundering.

Kunststof is een licht materiaal wat met de hand kan worden aangebracht en wat in het werk kan worden bewerkt. Dit maakt de aanschaf- en aanlegkosten aanzienlijk lager dan bij betonnen constructies het geval is. Alhoewel de leveranciers in sommige gevallen aangeven dat er mogelijkheden zijn om kabels en leidingen door te voeren, is het ons inziens zeer onverstandig hier gebruik van te maken. De gunstige bijkomstigheid van een ondergrondse constructie is tenslotte dat graafwerkzaamheden en wortelbeschadigingen worden voorkomen. Zoals de leveranciers voorschrijven is het verstandig de kunststof constructie te verpakken met een wortelwerend doek. Hierdoor wordt de wortelgroei gereguleerd en kan worden voorkomen dat wortels buiten de constructie gaan groeien. Omdat kunststof constructies relatief licht zijn, moet extra aandacht worden besteed aan werkzaamheden. Een praktijkvoorbeeld uit Amsterdam laat namelijk al zien dat de kratten bij werkzaamheden ruw worden uitgedrukt en onzorgvuldig worden terug geplaatst.

Stapelkratten zijn systemen van de eerste lichting, waarbij een lege, rechthoekige kunststof doos wordt gevuld met grond. Doordat de doos leeg is kan er weinig verticale druk worden opgevangen en de gesloten zijdes zijn niet optimaal voor beworteling. Hierna zijn infiltratiekratten toegepast, die veel meer verticale druk opvangen doordat in de krat een verstevigingsconstructie is aangebracht. Deze kratten kunnen enerzijds worden gevuld met water, puur ter infiltratie

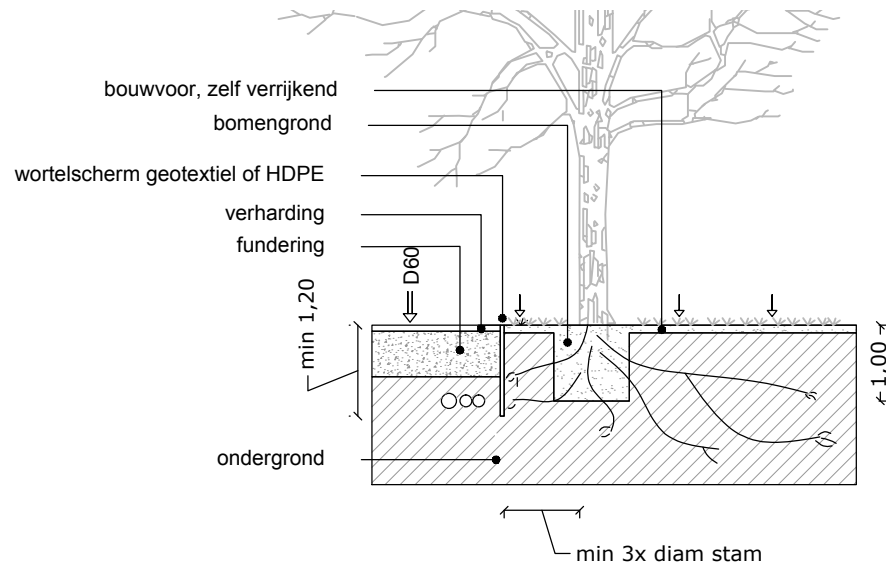
van hemelwater en anderzijds kunnen ze worden gevuld met grond om bewortelbaar volume te creëren. Gemodificeerde infiltratiekratten worden nog steeds gebruikt en geleverd door bijvoorbeeld de Nationale Bomenbank. De nieuwste ontwikkeling in kratsystemen is te vinden in de permavoidkratten. Hiermee wordt een drukspreidende laag van kratten aangebracht, welke 85mm of 150mm dik is. Het grote voordeel hiervan is dat verdichting van de ondergrond wordt voorkomen en met behulp van een wortelwerend doek kan worden voorkomen dat wortels voor wortelopdruk zorgen. Het nadeel van deze constructie is dat er door de beperkte dikte van de kratten ook maar een beperkte hoeveelheid doorwortelbaar volume wordt gecreëerd. Een andere recente ontwikkeling in kunststof constructies zijn de van oorsprong Amerikaanse Silva Cell van Green Max. Dit modulaire systeem kan eenvoudig in hoogte en breedte worden aangepast. Het kan hierdoor een groot doorwortelbaar volume creëren en volgens de leverancier is het belastbaar tot de zwaarste verkeersklasse. In andere onderzoeken worden watershells vaak ook als een kunststof constructie beschouwd, maar vanwege de toevoeging van beton en de eigenschappen van de constructie worden de watershells bij de betonnen constructies beschreven.

Wortelscherm

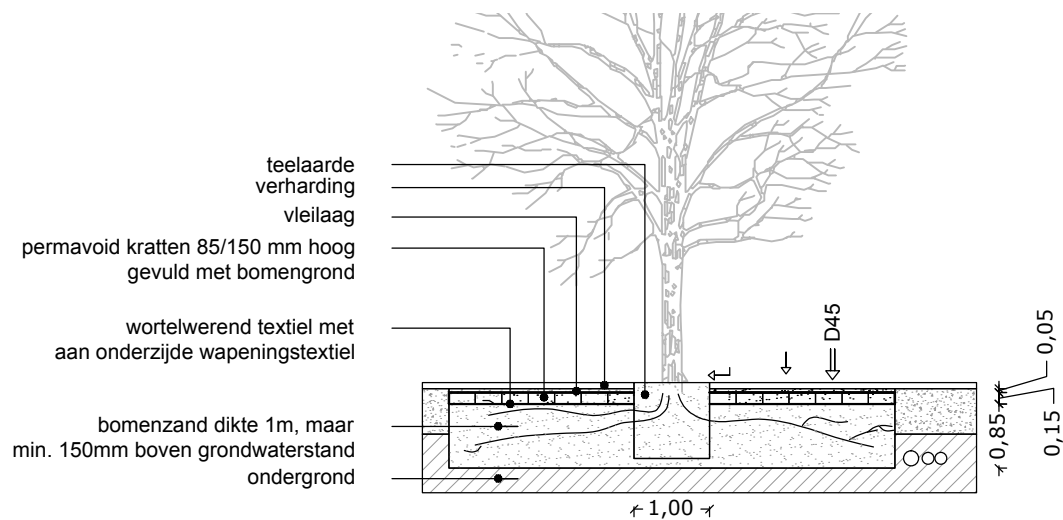
Hierdoor kan de groeiplaats afgescheiden worden van bijvoorbeeld een rijweg en kabels en leidingen. Het wortelgestel wordt zo veilig gesteld van graafwerkzaamheden en verdichting, plus dat de wortels geen overlast zullen geven aan verharding en kabels & leidingen.

Permavoidkratten

Dit systeem bestaat sinds 2005 en de kratten zijn maar 85 mm of 150 mm dik. Ze bevatten dus weinig voedselrijk bomengrond, maar zorgen wel voor veel drukspreiding op de ondergrond. Volgens de leverancier is de zwaarste belasting met verkeersklasse D60 mogelijk. Met dit systeem kan op relatief goedkope wijze een betere groeiplaats met minder verdichting worden gerealiseerd waarbij ook wortelopdruk en schade aan verharding wordt voorkomen.



Afbeelding 2.3.2.1, principe tekening van een wortelscherm



Afbeelding 2.3.2.2, principe tekening van permavoidkratten

Infiltratiekratten gevuld met grond

Deze kratten, van oorsprong bedoeld ter infiltratie, zijn inmiddels doorontwikkeld speciaal voor de groeiplaatsinrichting van bomen. In plaats van water worden de kratten nu gevuld met bomengrond om doorwortelbaar volume te creëren. Het principe van de krat blijft hetzelfde, waardoor deze hoofdnoemer is gehanteerd. Alhoewel de draagkracht sterker is dan de stapelkratten, is slechts lichte belasting mogelijk tot een verkeersklasse D30. Uit de praktijk is gebleken dat een hogere dekking boven op het krat een betere drukspreiding geeft, waardoor de kratten niet of minder vervormen.

Infiltratiekratten gevuld met water (infiltratievoorziening)

Door rond bomen infiltratiekratten te plaatsen kan de watervoorziening van de boom sterk worden vergroot. Deze kratten worden gevuld met hemelwater dat op daken of verharding valt.

Door de bodem van het krat te bedekken met een waterdichte folie is alleen zijwaartse infiltratie mogelijk waardoor de wortels optimaal van het vocht kunnen profiteren. Dit systeem is aantrekkelijk wanneer een grote oppervlakte verharding weinig water laat infiltreren. Bovendien wordt het infiltreren van hemelwater tegenwoordig aangemoedigd om zo zware regenval op te kunnen vangen en de belasting op het rioolstelsel te verkleinen.

Silva cell

Silva cell is het nieuwste kunststof systeem, afkomstig uit Amerika. De fabrikant Green Max heeft dit systeem ontwikkeld met behulp van praktijk ervaringen uit de gemeente Apeldoorn. De doorontwikkeling van dit systeem is te zien in de verwerkbaarheid van de kratten. Het grote voordeel is de modulaire opbouw waardoor de constructie zowel in breedte als in hoogte naar wens kan worden aangepast. De minimale hoogte is 400 mm en de maximale hoogte wordt bereikt door een stapeling van 3 kratten met 1200 mm hoogte. Hiermee kan $1,2\text{m}^3$ doorwortelbaar volume per m^2

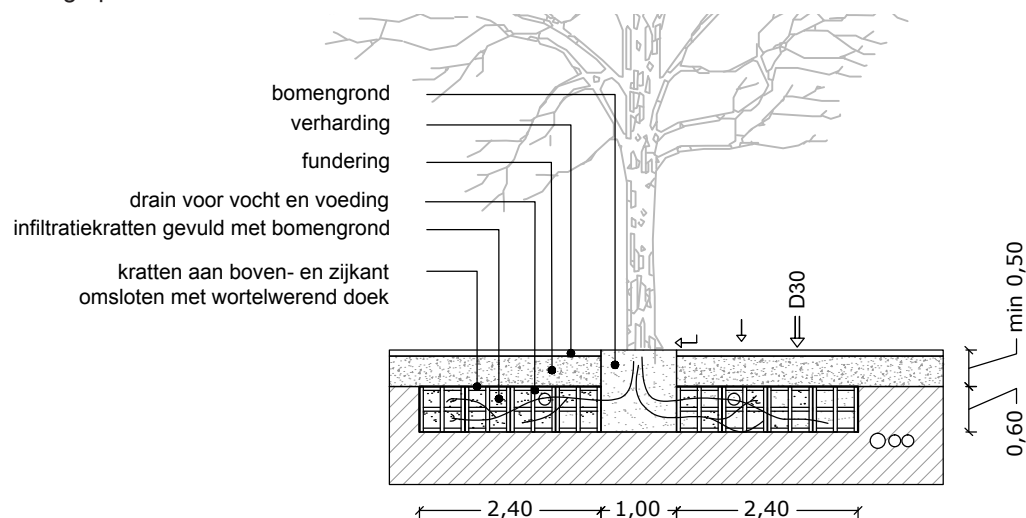


Afbeelding 2.3.2.3, silva cell constructie op een fundering van puin
Bron: Dekker, A.

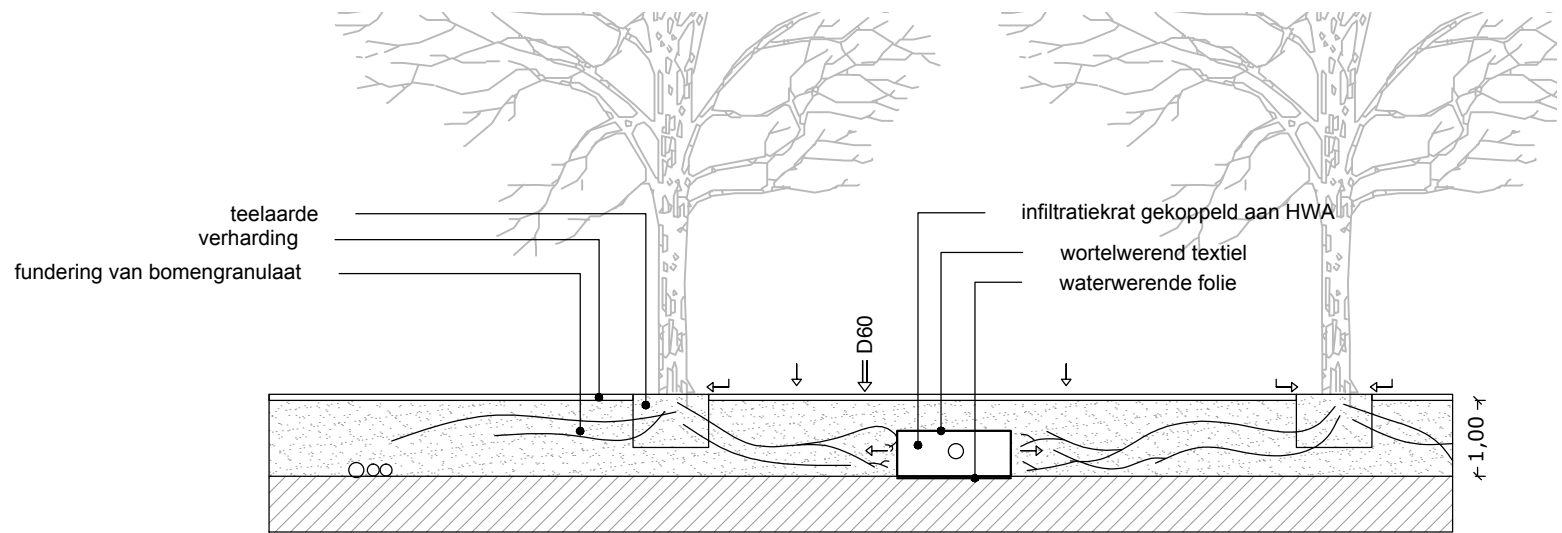


Afbeelding 2.3.2.4, infiltratiekratten worden gevuld met teelaarde.
Bron: Wolff, M. de, 2004

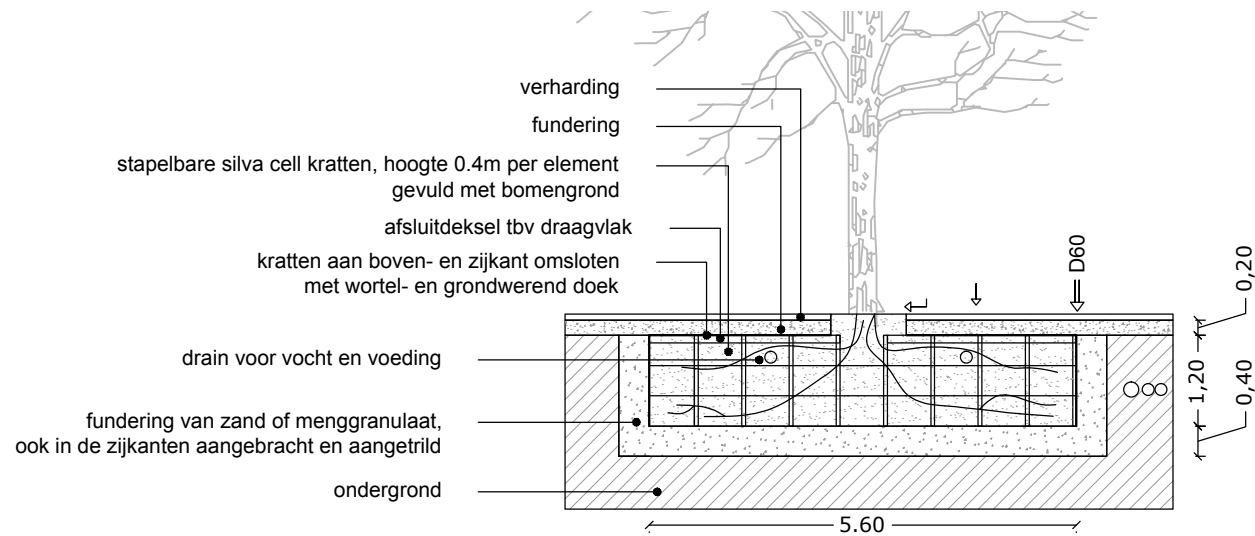
worden gerealiseerd, wat heel hoog is in vergelijking tot andere kunststof systemen. Door de constructie met vier poten is de krat aan alle zijden open en vormt de krat geen enkele belemmering voor wortelgroei. Indien er in het werk (bestaande) kabels en leidingen zijn kunnen deze door de losse modules bovendien worden geïntegreerd.



Afbeelding 2.3.2.5, principe tekening infiltratiekratten gevuld met grond



Afbeelding 2.3.2.6, principe tekening infiltratiekratten gevuld met water



Afbeelding 2.3.2.7, principe tekening Silva cell

2.3.3 Betonnen constructies

Net als bij de kunststof constructie wordt bij de betonnen constructie een tweede maaiveld gecreëerd dat zorgt voor de luchtvoorziening en een losse ondergrond. Beton is echter een stuk sterker waardoor de constructie kan worden bereiden door de zwaarste verkeersklasse. Uit de praktijk blijkt bovendien dat deze belasting niet voor vervormingen in de constructie zorgen. Voor de betonconstructie is een dichte zijwand nodig die ook een hoge zijwaartse druk kan dragen, waardoor ook aangrenzende fundering stevig is opgesloten. Vroeger werd hier een beton wand voor gebruikt, maar hierdoor wordt de vocht- en luchtvoorziening tussen de groeiplaats en omliggende grond afgesloten. Tegenwoordig wordt daarom gebruik gemaakt van verticaal geplaatste permavoid kratten, welke niet met grond gevuld mogen worden. De luchtlaag die hierdoor in de permavoid wand ontstaat voorkomt dat wortels buiten de groeiplaats komen en bevordert de luchtcirculatie. In tegenstelling tot de kunststof constructies worden graafwerkzaamheden uitgesloten en zijn beschadigingen aan het wortelgestel én groeiplaats definitief verleden tijd.

Door de zware constructie zijn de materiaal- en aanlegkosten hoog. Bij de keuze van een betonnen constructie gaat het direct om een grote ingreep waarbij een grote werkruimte moet worden gecreëerd. Het is niet mogelijk in het werk bewerkingen te doen aan de constructie, waardoor het gaat om vastliggende maten. Een indirect voordeel van de zware constructie is dat de groeiplaats en de bomen bij herinrichting hun plek hebben veilig gesteld, wat een lange levensduur van de boom garandeert. Een voorwaarde voor de plaatsing van een betonnen constructie is dat de onderliggende grond draagkrachtig genoeg moet zijn om de constructie te kunnen dragen, in veengebieden kan dit daarom een reden zijn niet voor deze constructie te kiezen.

De afgesloten bak heeft een bepaald doorwortelbaar volume waar de boom zijn voeding uit moet putten. Verschillende vuistregels en berekeningen kunnen worden gehanteerd om te bepalen hoe lang de boom zich kan voorzien met de beschikbare grond. Een veel gebruikte regel is één kuub grond per groeijaar. Doordat de groeiplaats wordt afgesloten met een zwevende betonplaat moet een kunstmatige vochtvoorziening worden toegepast door middel van een

drain of afschot in bovenliggende verharding. Door de zwevende plaat kan bovendien ten allen tijde extra voeding of organische stof worden aangebracht.

In beton zijn verschillende constructies mogelijk waarbij in hoofdzaak twee toepassingen kunnen worden onderscheiden. Zo is er de constructie die de groeiplaats volledig afscheid van de omliggende grond en er is een constructie waarbij de vrije doorgang met de omliggende grond juist wordt bevorderd. De boombunker en de boombak zijn constructies waarbij de groeiplaats wordt afgescheiden van omliggende grond. Hierdoor wordt de groeiplaats vrijgehouden van graafwerkzaamheden en verdichting, terwijl ook wortelopdruk bij verharding wordt voorkomen. Constructies waarbij de doorgang met omliggende grond juist wordt bevorderd zijn de wortelbrug en de plaat op pijlers. Deze constructies maken het mogelijk een weg te realiseren zonder de ondergrond te verdichten en laten bestaande wortels intact. Watershells kunnen voor beide toepassingen worden gebruikt.

Watershells

Met watershells kan een groeiplaats worden gecreëerd met een hoogte van 20 tot maximaal 150cm. Bovendien kan door de koepelvorm de zwaarste verkeersklasse van D60 worden opgevangen. Zoals bij de inleiding van de betonnen constructies al werd beschreven, kunnen de zijwanden van de watershells desgewenst open worden gelaten of dicht worden gemaakt. Afhankelijk van de situatie kan wortelgroei met de aangrenzende ruimte wel of niet plaats vinden. Indien de zijkant wortelwerend moet zijn, zal dit bij de lage constructies gebeuren met een wortelwerend textiel en bij de hoge constructies is een kerende zijwand nodig om de zijwaartse druk op te vangen, dit kan bijvoorbeeld met permavoid kratten. Door de combinatie van kunststof en beton lijken de watershells omslachtiger dan kunststof constructies met dezelfde voordelen. Bovendien wordt bij de watershells een dichte bovenlaag gecreëerd waardoor geen lucht en vocht uitwisseling met de bovengrond mogelijk is. Een voordeel van de watershells ten opzichte van kunststof voorzieningen is echter de hoge draagkracht tot de zwaarste verkeersklasse.

Wortelbrug / plaat op pijlers

Door een zwevende weg te maken kan een bestaande groeiplaats intact worden gelaten. Dit kan een uitkomst zijn indien er bij een bestaande boom een weg moet worden gerealiseerd. Het bestaande wortelgestel hoeft hierdoor (bijna) niet te worden beschadigd en het beschikbaar doorwortelbaar volume blijft hetzelfde.

Boombunker

Door de afgesloten bak is de groeiplaats helemaal afgesloten van kabels en leidingen, graafwerkzaamheden en verdichting door verkeer. Omgedraaid kunnen de wortels geen overlast geven aan verharding. Om de vochtvoorziening op peil te houden is er een infiltratiesysteem nodig. Omdat het een grote constructie is die moet worden aangebracht, zijn de aanlegkosten hoog. Door het zware gewicht zal deze constructie niet op iedere ondergrond toegepast kunnen worden en een voldoende draagkrachtige ondergrond is een voorwaarde voor deze constructie.

2.3.4 Stalen constructies

Sinds kort is er ook een constructie van staal op de markt. Het principe is gelijk aan een betonnen constructie, waarbij een afgesloten groeiplaats met een tweede maaiveld wordt gerealiseerd. Omdat staal meer trek dan druk opvangt lijkt staal minder voor de hand liggend, maar het voordeel is dat er een relatief lichte constructie ontstaat die modulair is op te bouwen.

De groeiplaatsconstructie van staal is het Quadro-systeem van Humberg. Het systeem is gebaseerd op een stalen skelet, dat gevuld wordt met een geschikt groeimedium en afgedekt wordt met verharding. Het systeem staat onder patent van Inter Design en de onderstaande beschrijving komt dan ook voort uit hun beschrijvingen. Het Quadra-systeem is geschikt voor een belasting tot 10 ton aslast, dit is verkeersklasse D30. Het wordt geleverd met afmetingen tot 3 x 3 m maar het is uit te breiden tot een variabele grootte. Het systeem is geschikt voor een boom met een kluit tot maximaal Ø 1500 mm.

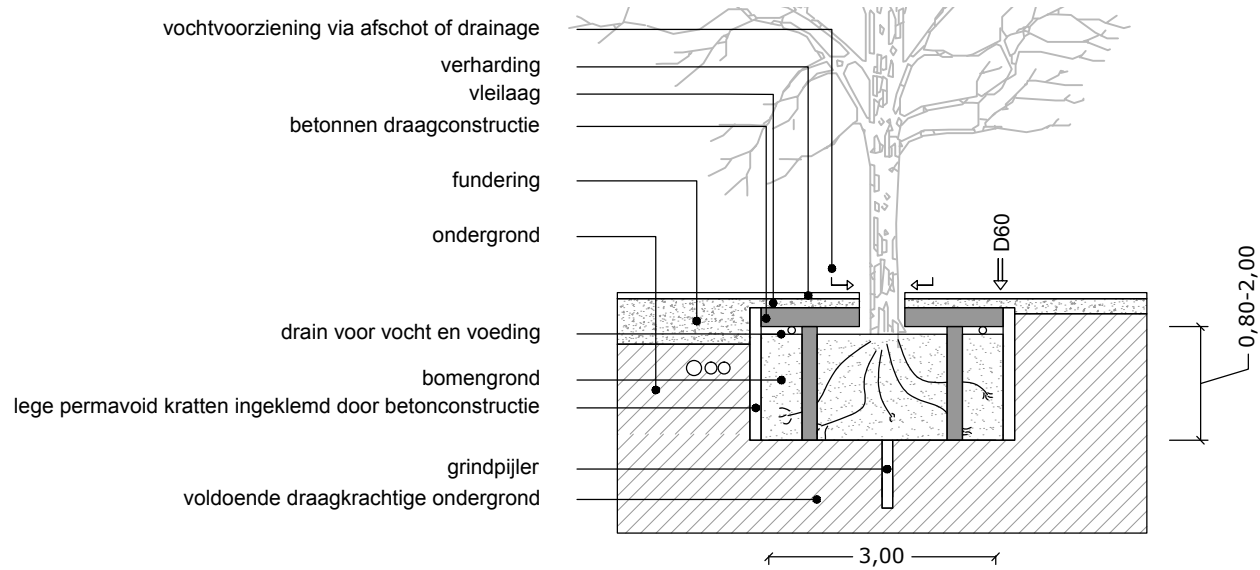


Afbeelding 2.3.2.10, boombunker met een opsluiting van permavoidkratten
Bron: Dekker, A.

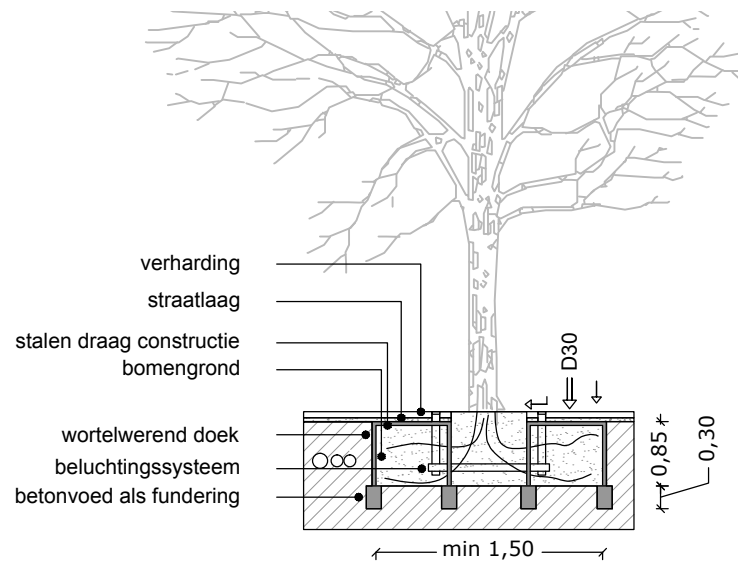


Afbeelding 2.3.4.1, het systeem van staal met variabele afmetingen
Bron: www.inter-design.nl

De beluchting wordt verzorgd door een zogeheten 'Wurzelstern', de boom wordt hierop geplaatst en daarop kunnen 4 beluchttingsdrains worden aangesloten. Deze drains komen in het systeem omhoog en worden met roosters afgedekt en in de verharding ingebouwd. Rondom het systeem wordt worteldoek aangebracht als scheiding tussen cunetzand en boomplantplaats. Vervolgens wordt het systeem gevuld met humeuze teelaarde of een ander, voor de boom geschikt, materiaal. Rondom het systeem wordt zand aangebracht en daarna verdicht om verzakkingen te voorkomen. Vervolgens wordt het bovenrooster en geotextiel aangebracht en kan de boom geplant worden. Tenslotte wordt de verharding aangebracht en worden de beluchttingsroosters geplaatst.



afbeelding 2.3.2.11, principe tekening boombunker



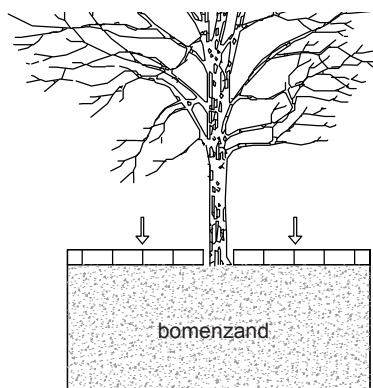
afbeelding 2.3.4.2, principe tekening stalen Quadro systeem

2.4 Samenvattend

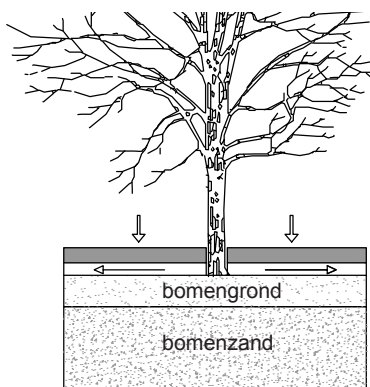
Het stedelijk gebied gaat gepaard met ruimtegebrek en een divers ruimtegebruik. Bomen moeten hun ruimte onder- en bovengronds delen met tal van andere functies als auto's, voetgangers en kabels & leidingen. De klassieke groeiplaats is het voorbeeld van een groeiplaats die te weinig ruimte krijgt, waardoor het doorwortelbaar volume snel is bereikt. Wortels zullen zorgen voor wortelopdruk en scheef liggende verharding en herstraten zorgt voor wortelkap.

De eerste stap ter verbetering van de groeiplaats bestaat uit de toepassing van een verbeterd groeimedium. Deze groeimediums leveren meer voeding en zorgen voor een betere lucht- en vochtvoorziening. De onderlinge verschillen komen tot uiting in het organisch stof gehalte, de belastbaarheid en de vochtbergende capaciteit. De belasting op verharding drukt echter nog steeds op het doorwortelbare volume en er kan geen optimale poriënstructuur ontstaan. Bovendien staat het wortelgestel in direct contact met de verharding, waardoor wortelopdruk voor scheef liggende bestrating zorgt.

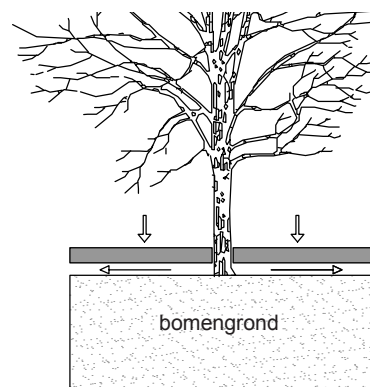
Om ook deze problemen te voorkomen zijn er groeiplaatsconstructies met een tweede maaiveld ontwikkeld. Deze constructies zorgen met een luchtlaag voor een verbeterde luchtvoorziening en houden het doorwortelbaar volume geheel vrij van verdichting. De grootste verschillen bij deze systemen zijn het materiaal dat uit kunststof of beton kan bestaan en de hoeveelheid doorwortelbaar volume die wordt gecreëerd. In afbeelding 2.4.1 t/m 2.4.3 zijn de voornaamste werkingprincipes schematisch weer gegeven. Alle overige eigenschappen zijn in afbeelding 2.4.4 opgenomen, waardoor een vergelijkend overzicht van alle groeiplaatsinrichtingen ontstaat.



Afbeelding 2.4.1, Verharding ligt direct op groeimedium, waardoor belasting door groeimedium moet worden opgevangen. Lucht en vocht moet door voegen en/of een drain worden aangevoerd.



Afbeelding 2.4.2, Verharding wordt door 2e maaiveld van groeimedium gescheiden. 2e maaiveld zorgt voor luchtcirculatie en losse grondstructuur. Hoeveelheid organische stof is beperkt en voornaamste functie is drukspreiding.



Afbeelding 2.4.3, Verharding wordt door 2e maaiveld van groeimedium gescheiden. 2e maaiveld zorgt voor luchtcirculatie en losse grondstructuur. Grote hoeveelheid organische stof maakt het systeem zelfvoorzienend.

	verticale belasting	zijwaartse belasting	soort ondergrond	minimale grondwaterstand	aanschaffkosten materiaal	aanleg kosten	verwerkbaarheid	wortelgestel vrijwaren van graafwerkzaamheden	creëren van 2e maaiveld	mogelijkheid tot bemesten
klassieke groeiplaats										
bomengrond	nvt	+	alle	0,65m	€ 28/m³	+	+	-	nee	ja
groeimediums										
bomenzand	D5 (5 kN/m²)	+	alle	0,65m	€ 30/m³	+	+	-	nee	nee
bomengranulaat	D45	+	alle	0,65m	€ 57/m³	+	+	-	nee	nee
kunststof constructies										
wortelscherm	nvt	+	alle	nvt	€ 25/m¹	+	+	+	nee	nvt
permavoidkratten	D45	+/-	alle	0,25	€ 48/m²	+/-	+/-	+/-	ja	ja
infiltratiekratten (grond)	D30	+/-	alle	0,5	€ 250/m³	+/-	+/-	+/-	ja	ja
infiltratiekratten (water)	D60	+/-	alle	1	€ 200/m³	+/-	+/-	-	nee	nee
silva cell	D60	+/-	alle	0,8	€ 300/m³	+/-	+	+/-	ja	ja
betonnen constructies										
boombunker	D60	+	zand/klei	1	€ 280/m³	-	-	+	ja	ja
wortelbrug	D60	nvt	zand/klei	nvt	€ 150/m³	-	-	-	ja	ja
watershells	D60	+	zand/klei	0,25	€ 200/m³	-	-	+/-	ja	ja
staal constructies										
Quadro systeem	D60	+/-	zand/klei	0,8	€ 330/m³	+/-	-	+/-	ja	ja

Afbeelding 2.4.4, vergelijkend overzicht van de diverse groeiplaatsinrichtingen
Gegevens zijn gebaseerd op eigenschappen zoals de leverancier beschrijft en vanuit praktijk ervaringen



3

Praktijkvoorbeelden en
interviews met experts

Hoofdstuk 3 praktijkvoorbeelden en interviews met experts

Om inzicht te krijgen in de ervaringen met de verschillende groei-plaatsconstructies hebben we een aantal praktijkvoorbeelden bekeken en interviews gehouden met experts. We hebben een aantal boomadviseurs van gemeentes gesproken en daar veel leer uit getrokken. In Amsterdam en Apeldoorn hebben we veel projecten bekeken om te zien wat voor resultaten er geboekt zijn. In dit hoofdstuk zijn een zestal voorbeelden verwerkt, de overige voorbeelden zijn in de bijlage toegevoegd. Dankzij de geïnterviewden hebben we foto's bemachtigd van de aanleg van verschillende projecten. De kosten van de verschillende projecten zijn op basis van (meestal geschatte) gegeven cijfers van de geïnterviewde. De bedragen zijn opgebouwd uit de aanleg en aanschaf van de voorziening, groei-mediums en de boom. Per situatie wordt de achtergrond, constructie, kosten en het resultaat toegelicht. Ter verduidelijking van de achtergrond is een profiel getekend, hierin staan de verschillende functies van de weggedeelten. De breedte van een profiel geeft goed inzicht of een boom in de betreffende situatie tot volwassen boom kan uitgroeien. De gegeven maten zijn ter indicatie en kunnen afwijken van de werkelijkheid. In dit hoofdstuk is ook een overzicht gegeven van de belangrijkste punten uit de gehouden interviews.

3.1 Praktijkvoorbeelden Amsterdam

3.1.1 Rijnstraat

Achtergrond

De Rijnstraat is een relatief drukke straat in Amsterdam gelegen in de IJselbuurt. Er is hier plaatsgemaakt voor de tram, auto's, fietsen en voetverkeer. Er zijn winkeltjes in de straat waardoor er een levendig beeld overheerst. In 2007 zijn hier iepen (*Ulmus 'Columella'*) aangeplant in de maat 30-35.

Constructie

In de Rijnstraat is in een aaneengesloten strook een voorziening van Treebox HP gemaakt. Een strook van 3 m breed is voorzien van 2 kruizen en omsloten door permavoidkruizen. Een betonnen plaat



Afbeelding 3.1.1, aanleg treebox HP in een doorlopende strook. Bron: Kaljee, H.



Afbeelding 3.1.2, plaatsen van de betonplaat. Bron: Kaljee, H.

sluit de voorziening af en zorgt ervoor dat de constructie voldoende draagkracht heeft. Gemiddeld is er per boom 10 strekkende meter voorziening beschikbaar, dit houdt in: $10 \times 3 = 30$ m³ doorwortelbare ruimte. Er is een samengestelde 'bosgrond' in de voorziening toegepast, dit komt neer op een zeer rijk mengsel die de boom in alle voedingselementen voorziet.

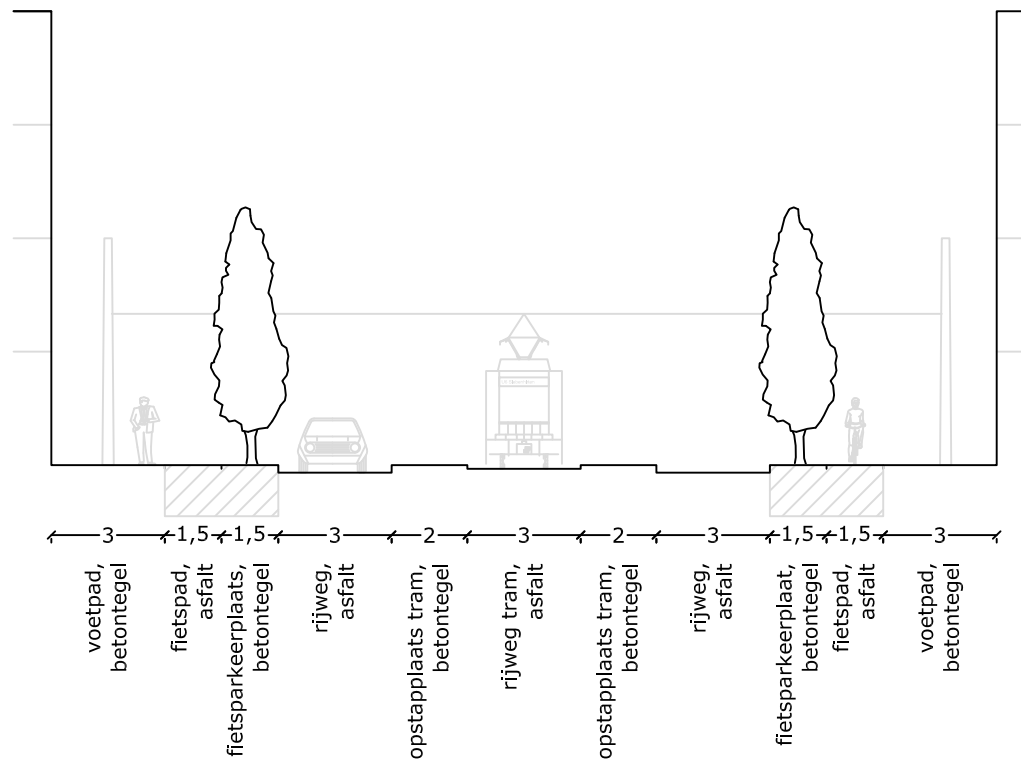
Door het gebruik van kratten als verticale wanden is er voldoende lucht- en vochtvoorziening voor het groeimedium. Voor de luchtvoorziening van de boom zelf is er een drainbuis aangelegd die de boom van lucht voorziet. De boomspiegel is afgewerkt met een stalen bomenring, deze is uit te breiden als de boom te groot wordt voor de bomenring. De omliggende verharding is gelegd op een straatlaag bovenop de betonplaat en bestaat uit asfalt en tegels.

Kosten

Het kostenplaatje voor de bomen in de Rijnstraat bedraagt € 15.000,- per boom.

Resultaat

5 Jaar na aanplant hebben de bomen een stamomtrek van 55 cm. Hiermee is de groei uitstekend te noemen en gaan de bomen een gezonde toekomst tegemoet. De bomen hebben met 30 m³ doorwortelbare ruimte net iets meer dan gebruikelijk (in Amsterdam wordt 25 m³ gehanteerd) tot hun beschikking wat uiteraard ook in het voordeel is van de boom.



Afbeelding 3.1.3 profiel Rijnstraat met gearceerde groeiplaatsconstructie, schaal 1:200

3.1.2 Javastraat

Achtergrond

De Javastraat is een typische wijkstraat gelegen in de 'Indische buurt'. Er bevinden zich woningen en winkeltjes wat zorgt voor veel leven in deze straat. Het verkeer wordt gevormd door auto's, fietsers en veel voetgangers. Ten behoeve van renovatie van deze straat zijn ook de bomen meegenomen in het plan. Het gaat hier om een rij esdoorns (*Acer rubrum* 'Red Sunset'). De bomen zijn in 2008 aangeplant in de maat 25-30.

Constructie

In de Javastraat is een permavoid constructie over de gehele lengte waar bomen staan en een breedte van 2,5 meter onder het trottoir toegepast. In de kratten is een humusrijke grond aangebracht en onder de kratten zit bomenzand. Omdat de bomen 10 m uit elkaar staan is hier ongeveer 25 m³ doorwortelbaar volume per boom beschikbaar gesteld.

Er is ten behoeve van lucht- en vochtvoorziening een drain aangelegd die met een enkele opening bij het maaiveld uitkomt. De drain is rondom de kluit gelegd zodat lucht en vocht dicht bij de wortels komen.



Afbeelding 3.1.4, wortelwerend geotextiel wordt boven op permavoid aangebracht, daarna volgt de straatlaag. Bron: Elings, L.



Afbeelding 3.1.5, aanleg permavoid constructie op een drukspreidend geotextiel. Bron: Elings, L.



Afbeelding 3.1.6, door incidentele zware belastingen is drukspreidende permavoid ook op trottoir belangrijk.



Afbeelding 3.1.7, boomspiegel

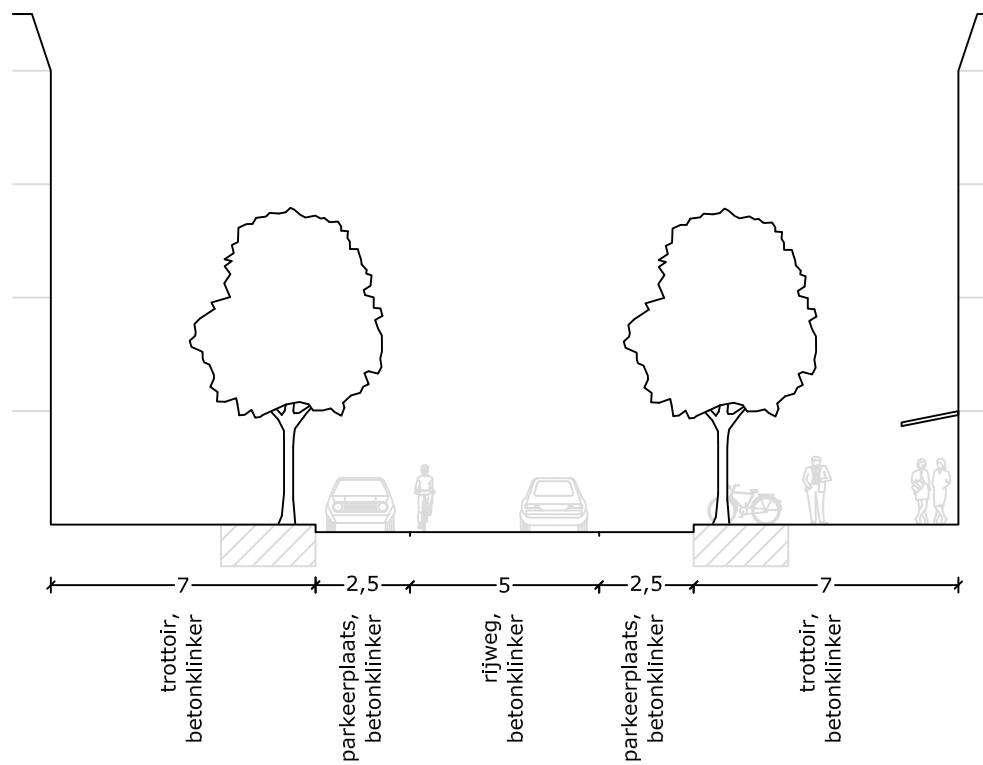
De boomspiegel is afgedekt met een stalen boomrooster en de omliggende klinkerverharding is op een straatlaag van 5 a 10 cm aangebracht.

Kosten

Per boom heeft men aan de constructie € 3.500,- besteed. In de Javastraat zijn totaal 48 bomen aangeplant wat een projectprijs van € 142.000,- betekent.

Resultaat

De bomen hebben 25 m³ doorwortelbare ruimte tot hun beschikking en de bomen groeien naar behoren. De bomen hebben ondertussen een stamomtrek van 50 cm bereikt en lijken hiermee uit te kunnen groeien naar volwassen bomen.



Afbeelding 3.1.8 profiel Javastraat met gearceerde groeiplaatsconstructie, schaal 1:200

3.1.3 Wibautstraat

Achtergrond

De Wibautstraat is een drukke dubbele rijbaan die het mogelijk maakt van de snelweg naar het centrum van Amsterdam te komen. Er komen auto's, vrachtwagen en overig zwaar verkeer op deze weg. Ook zijn er aan beide kanten fiets- en voetpaden gerealiseerd. De straat krijgt een groene uitstraling en er wordt flink uitgepakt door 4 rijen bomen aan te planten. Er is gekozen voor de plataan (*Platanus x hispanica*) en deze is aangeplant in de maat 25-30 in het najaar van 2011 en in het voorjaar van 2012.

Constructie

De bomen zijn geplant in een permavoid constructie die zowel horizontaal als verticaal is toegepast. De constructie ligt in een 'sleuf' onder de tegelverharding tussen de weg en het fietspad en beschikt over ongeveer 25 m³ doorwortelbare ruimte. Deze ruimte is opgevuld met bomenzand onder de constructie en bomengrond in de constructie.

De verticale kratten zijn toegepast om extra beluchting en afwateringsmogelijkheden voor het bomenzand te creëren. Hierdoor blijft het bodemleven goed intact en kunnen de natuurlijke



Afbeelding 3.1.11, plaatsen van stalen opsluiting rond de boomspiegel.



Afbeelding 3.1.12, aparte beluchting- en watergeefdrain rond de kluit.

processen goed plaatsvinden. De boom beschikt zelf ook over een beluchttingsvoorziening en een aparte watergeefdrain, deze komen in het plantvak aan de oppervlakte.

Het plantvak is met een robuuste stalen rand opgesloten en zal hiermee een strakke uitstraling behouden. De bomen zijn voorzien van 2 boompalen om de eerste 3 jaar voldoende ondersteuning te hebben.

Kosten

De aanleg van deze groeiplaatsvoorziening heeft € 2.000,- per boom gekost.

Resultaat

De gemeten plantmaat van de bomen bedraagt op dit moment 27 centimeter. Omdat de bomen zeer recentelijk aangeplant zijn is dit niet vreemd. Gezien de positieve ervaringen met dit soort toegepaste constructies elders in Amsterdam kan er vanuit gegaan worden dat deze bomen uitgroeien tot gezonde bomen.

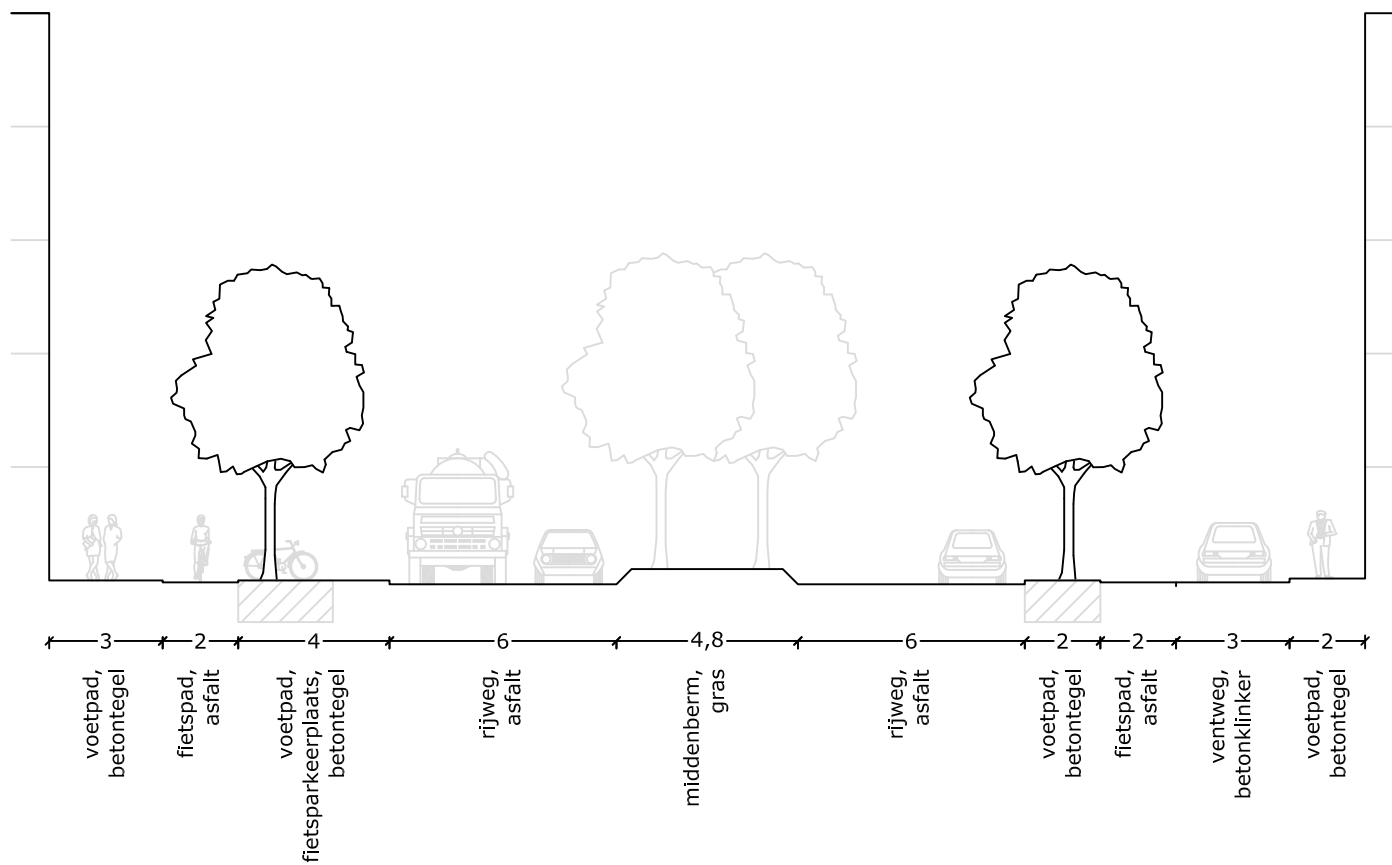
Het beeld van de verharding is hier enigszins geschaad omdat er een aantal kleine verzakkingen waargenomen zijn. Dit is het geval bij een inrit en aan de rand van de permavoid constructie. Het is van groot belang dat de uitvoering dus correct gebeurt zodat er een minimum kans is op dergelijke problemen. In dit geval is het vrij gemakkelijk te herstellen door de straat op de betreffende plek te herstraten.



Afbeelding 3.1.9, verticale geplaatste permavoid zorgt voor beluchting van het bomenzand. Bron: Kaljee, H.



Afbeelding 3.1.10, Onderbrekingen van de groeiplaatsconstructie zijn nodig voor afleggers riool. Bron: Kaljee, H.



Afbeelding 3.1.13 profiel Wibautstraat met gearceerde groeiplaatsconstructie, schaal 1:200

3.2 Praktijkvoorbeelden Apeldoorn

3.2.1 Regentesselaan

Achtergrond

De Regentesselaan maakt deel uit van de belangrijke verkeersaders van Apeldoorn, het is een eenrichtingsweg om het verkeer uit het centrum richting het buitengebied te leiden. Zoals op meerdere plekken in Apeldoorn zijn hier ook zomereiken (*Quercus robur*) toegepast. Deze recente aanplant is van 2010-2011 en de bomen zijn aangeplant in de maat 30-35.

Constructie

De bomen zijn geplant in een watershell constructie die plaatsvindt onder de groenstrook en het fietspad. Per boom is er $10 \times 3 \times 1,3 = 40 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte beschikbaar. De constructie met betonnen pijlers wordt omsloten door een stalen damwand waardoor de wortels niet uit deze 'bak' kunnen. De bak is gevuld met grond uit het gemeentedeput en aangevuld met organisch materiaal, zoals in meerdere constructies wordt toegepast in Apeldoorn.

Er zijn twee verticale drains geplaatst om lucht uit te wisselen tussen het 2e maaiveld en de atmosferische lucht. Voor de vochtvoorziening



Afbeelding 3.2.3, situatie na aanleg.



Afbeelding 3.2.4, drain tbv luchtuitwisseling met luchtlaag op 2e maaiveld.

ligt een aparte drain op het 2e maaiveld die is aangesloten op de molgoot. De bomen staan in een plantstrook en zijn voorzien van een gietrand t.b.v. het watergeven. De bomen zijn verankerd middels twee knie-boompalen.

Kosten

De kosten voor de groeiplaats bedragen € 20.000,- per boom.

Resultaat

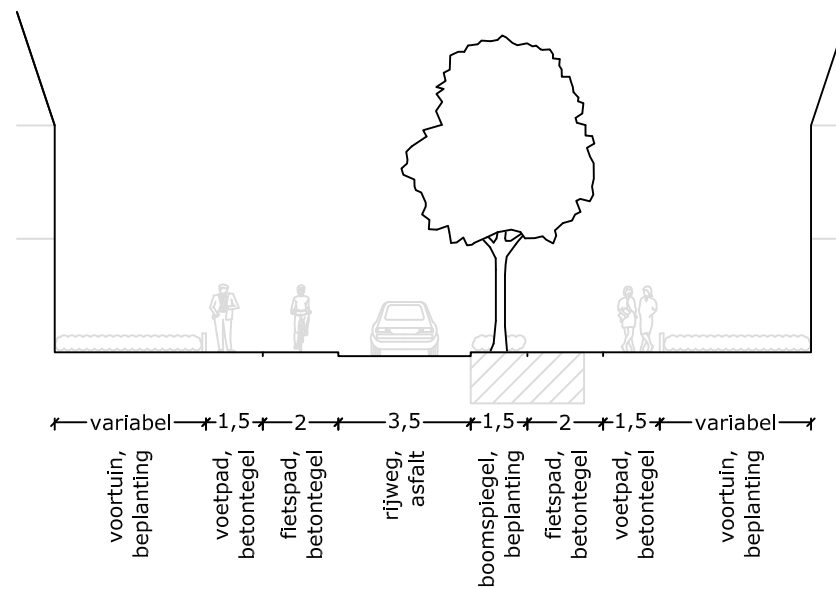
De bomen zijn relatief recentelijk geplant waardoor er qua stam-omtrek nog weinig veranderingen waarneembaar zijn, de omtrek bedraagt nu 30 cm. Uit ervaring kan men er in Apeldoorn vanuit gaan dat de bomen met maar liefst 40 m^3 doorwortelbare ruimte een lang leven in uitstekende conditie tegemoet gaan.



Afbeelding 3.2.1, aanleg watershell met stalen damwanden als opsluiting.
Bron: Dekker, A.



Afbeelding 3.2.2, drain t.b.v. waterinfiltratie op 2e maaiveld en verticale buizen die worden gevuld met beton. Bron: Dekker, A.



Afbeelding 3.2.5 profiel Regentesselaan met gearceerde groeiplaatsconstructie, schaal 1:200

3.2.2 Kanaal Noord

Achtergrond

Langs het kanaal is ter zuiden van de Deventerstraat de straat Kanaal Noord gerenoveerd. Er is een straat aangelegd met een brede stoep waar een verblijfsfunctie tot de mogelijkheden behoort. In 2011 zijn hier Amerikaanse eiken (*Quercus rubra*) aangebracht die volledig in de verharding staan. De bomen zijn aangeplant in de maat 25-30.

Constructie

In deze situatie is gebruik gemaakt van het doorontwikkelde kratsysteem 'Silva Cell'. Het systeem bestaat uit stapelbare kratten die, ten opzichte van de eerder kratconstructies, een groter draagvermogen hebben. Er zijn twee kratten opgestapeld waardoor 0,80 m³ doorwortelbare ruimte per m² beschikbaar is. In een (doorlopende) constructie van 10 x 3 m houdt dit 24 m³ doorwortelbare ruimte per boom in, bestaande uit grond uit het gemeentedeput dat doorgemengd is met organisch materiaal. Er wordt hier middels twee verticale drains luchtuitwisseling tussen de open ruimte en het 2e maaiveld mogelijk gemaakt. Een aparte drain die aangesloten is op de straatkolken zorgt voor voldoende water in het groeimedium.



Afbeelding 3.2.6, Silva Cell constructie gefundeerd op een puinlaag en zijanten opgesloten met een wortelscherm. Bron: Dekker, A.



Afbeelding 3.2.7, drain t.b.v. waterinfiltratie op 2e maaiveld. Bron: Dekker, A.



Afbeelding 3.2.8, boomspiegel met mengsel van fijn split en leem.



Afbeelding 3.2.9, verdiepte boomspiegel met stalen gietrand.

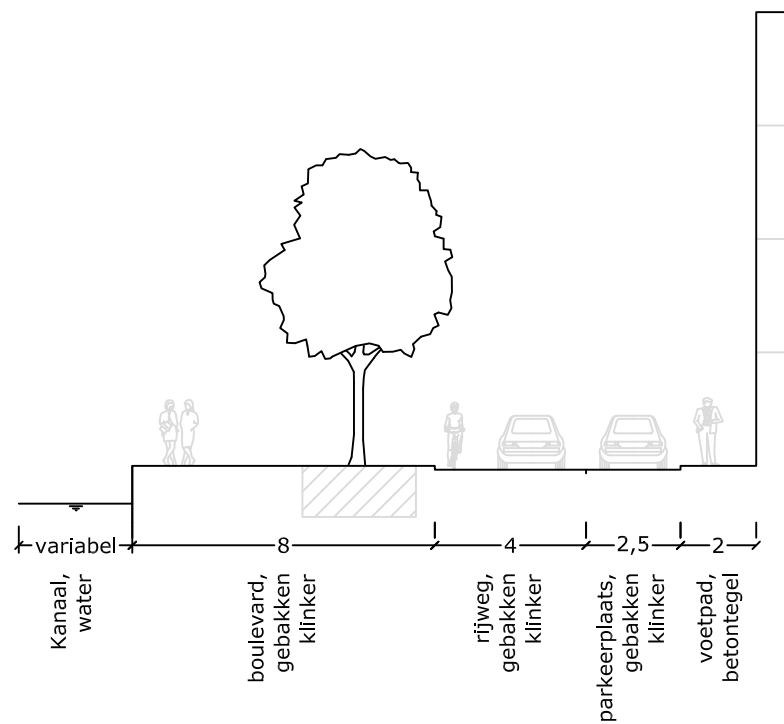
De gebakken klinkerverharding is aangebracht op een straatlaag van 0,30 m en de boom staat enigszins verdiept in de boomspiegel. De boomspiegel bestaat uit 2 stalen randen die opgevuld zijn met een mengsel van fijn split en leem. De binnenste rand dient tevens als gietrand voor het watergeven. De bomen zijn verankerd door twee boompalen per boom te plaatsen.

Kosten

De kosten van de Silva Cell constructie bedragen € 15.000,- per boom.

Resultaat

Er kan op dit moment weinig gezegd worden over de groei van de bomen omdat deze recentelijk geplant zijn. De plantmaat op dit moment valt nog binnen de grenzen van de aanplantmaat en bedraagt 29 cm. Gezien het doorwortelbaar volume mag er in ieder geval vanuit worden gegaan dat de bomen de komende 24 jaar goed kunnen uitgroeien.



Afbeelding 3.2.10 profiel Kanaal Noord met gearceerde groeiplaatsconstructie, schaal 1:200

3.2.3 Deventerstraat

Achtergrond

De Deventerstraat is een belangrijke toegangsweg naar het centrum van Apeldoorn. Er wordt geïnvesteerd in belangrijke radialen van Apeldoorn en in 2002 is hier aan beide kanten van de weg een bomenrij geplant met zomereiken (*Quercus robur*). De bomen zijn aangeplant in de maat 30-35.

Constructie

In 2002 werd er gebruik gemaakt van infiltratiekratten die gevuld werden met een groeimedium. Deze constructie vindt plaats onder een gedeelte van de ventweg en de parkeerplaatsen. In de groenstrook was gemiddeld 14 tot 19 m³ per boom beschikbaar, dit is met kratten uitgebreid naar 20 tot 25 m³.

De luchttoevoer wordt geregeld met een enkele drainbuis, deze heeft in de eerste jaren ook gediend als aanvoerbus van water.

De bomen staan in een plantvak en de omliggende verhardingen bestaan uit asfaltwegen en klinkerbestratingen.

Kosten

De kosten voor het project destijds worden door Anton Dekker op



Afbeelding 3.2.13, situatie na aanleg met kratten onder de ventweg/fietspad.

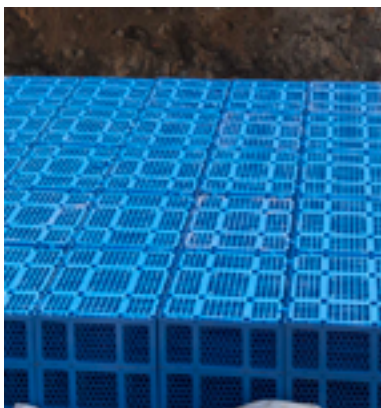


Afbeelding 3.2.14, enkele drain t.b.v. lucht en watergift.

f 11.000,- per boom geschat.

Resultaat

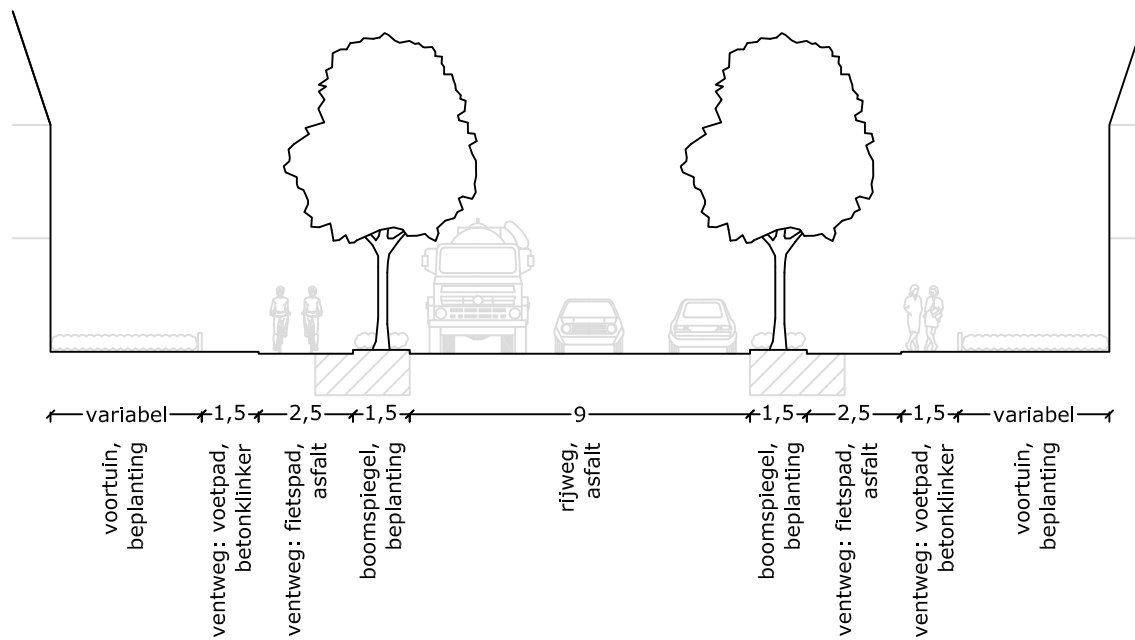
De bomen hebben 10 jaar na aanplant een stamomtrek van 60 cm bereikt, hiermee lijkt de voorziening in de behoeftes van de boom te voorzien. Echter kan, met de beschikbare hoeveelheid kubieke meter, niet verwacht worden dat het eindbeeld volledig behaald zal worden. Hiervoor heeft een 1ste grote boom meer kuub aan doorwortelbaar volume nodig.



Afbeelding 3.2.11, Door de geperforeerde kratten kan grond worden ingebracht. Bron: www.infiltratietechniek.nl



Afbeelding 3.2.12, inharken van bomengrond in het krat. Bron: Tuin&Landschap



Afbeelding 3.2.15 profiel Deventerstraat met gearceerde groeiplaatsconstructie, schaal 1:200

3.3 Kernpunten uit interviews

Tijdens het onderzoek zijn we op zoek gegaan naar de ervaringen met groeiplaatsconstructies en de faal- en succes factoren. Hiervoor zijn boomexperts van diverse gemeentes benaderd en we hebben gesproken met de commercieel directeur van een groot boomverzorgingsbedrijf. We hebben getracht hierachter te komen door een aantal verschillende gemeentes te interviewen via telefonisch contact of door een bezoek aan hen te brengen. Hieronder volgen de belangrijkste, en zo mogelijk vernieuwende, punten van de geïnterviewden. In de bijlage staan de volledige interviews uitgeschreven.

3.3.1 Gemeente Amsterdam

Hans Kaljee, bomenconsulent, afdeling Dienst Ruimtelijke Ordening te Amsterdam. Interview door bezoek.

In Amsterdam worden ondanks de veenondergrond en de hoge grondwaterstand alle constructies toegepast. Een analyse per situatie is namelijk van belang om te toetsen of dit ook werkelijk mogelijk is, elke situatie berust op maatwerk.

Een te dure groeiplaats in de stad ontstaat doordat ingenieursbureaus te lage normbedragen hanteren. De bedragen liggen rond € 500,- terwijl een groeiplaats met voorziening minimaal € 5000,- kost.

Kostenbesparingen in beheer is niet van grote waarde, een stijging daarentegen zorgt voor veel weerstand. Lagere beheerskosten per jaar zijn goed om een groeiplaatsconstructie te onderbouwen, maar de visuele kwaliteit is uiteindelijk doorslaggevend.

Strikt toezicht op de aanleg van groeiplaatsconstructies is van groot belang. De detaillering is zeer belangrijk en met name bij aansluitingen gaat het weleens fout. Dit heeft in een aantal situaties in Amsterdam voor verzakking van het straatwerk gezorgd.

Hans Kaljee pleit voor aparte lucht- en vochtvoorziening van de boom en een aparte luchtvoorziening voor het bomenzand. Het rijpende organische materiaal uit bomenzand gebruikt namelijk veel zuurstof in de eerste 3 jaar en dit dient een aparte voorziening te krijgen.

Bij de verticale wanden van permavoid kratten in een Treebox HP constructie moeten de kratten leeg blijven, dit zorgt voor

luchtcirculatie en het zorgt ervoor dat wortels binnen de Treebox blijven.

Door verschillende partijen meer kennis te geven over de mogelijkheden met groeiplaatsconstructies zullen de normbedragen steeds hoger worden. Het aantal kuub doorwortelbare ruimte is de laatste jaren gestegen van 5 naar 20 m³ per boom. Hans Kaljee is ervan overtuigd dat als de belangen maar groot genoeg zijn dit door zal blijven ontwikkelen.

3.3.2 Gemeente Apeldoorn

Anton Dekker, bomenspecialist en uitvoerder bomen en bossen. Interview door bezoek.

Gemeente Apeldoorn is koploper als het gaat om toegepaste groeiplaatsconstructies, alle voorzieningen zijn hier, mede ook door de lage grondwaterstand, toegepast. Vele ideeën zijn ontstaan door het experimenteren met verschillende constructies door Anton Dekker en zijn collega's, te denken valt aan de betonnen bunker en de Silva Cell.

Sinds 2000 worden diverse constructies toegepast en de resultaten zijn zeer goed, er is geen enkele boom uitgevallen. Het straatbeeld is van hoge kwaliteit, met name ook doordat er geen wortelopdruk voorkomt door de constructies. In belangrijke radialen mag geïnvesteerd worden en is een groeiplaatsconstructie vanzelfsprekend, deze worden standaard opgenomen in het bestek. De laatste ontwikkeling is de groeiplaats met gebroken glas als draagkrachtig materiaal. Glas is recyclebaar, duurzaam (in tegenstelling tot bomengranulaat) en in combinatie met organisch materiaal en een beetje klei en/of leem zal dit mogelijk in de toekomst een goed groeimedium worden.

In Apeldoorn wordt hemelwater vaak afgekoppeld en geïnfilteerd in een groeiplaatsvoorziening. Een onderzoek heeft uitgewezen dat zout weinig schade in de bodem en aan de boom veroorzaakt. Het is verstandig om water te gebruiken dat afkomstig is van fiets- en/of voetpaden, hier is de concentratie zout beduidend minder dan die van een weg.

Anton pleit voor een soort KLIK-melding voor groeiplaatsinrichtingen. Dit voorkomt onnodige schade aan groeiplaatsinrichtingen en zo weet

iedereen wat er waar is toegepast.

3.3.3 Gemeente Arnhem

Codi Duister, boomadviseur gemeente Arnhem. Interview middels telefonisch contact.

De gemeente Arnhem maakt gebruik van bomenzand en bomengranulaat waarbij er standaard hoeveelheden worden gehanteerd per boomgrootte en de levensduur.

Er worden in Arnhem geen overige groeiplaatsconstructies toegepast omdat meneer Duister niet overtuigd is van deze investering. Het lijkt hem tevens bijna onmogelijk de bestaande ondergrondse infrastructuur te combineren met een dergelijke voorziening.

De plantmaat van nieuwe bomen is in de gemeente standaard 18-20 of 20-25. Dit omdat een grote boom een langere tijd nodig heeft om aan te slaan en dit volgens de gemeente niet opweegt tegen de hogere kosten.

Een goede groeiplaats zorgt voor een snelle groei van de boom, dit heeft extra maatregelen nodig qua beheer en dit is nog een reden om niet te investeren in groeiplaatsconstructies.

Bij herinrichting en nieuw te realiseren wijken wordt er misschien wel overwogen groeiplaatsconstructies toe te passen, vooralsnog lijken deze investeringen onwaarschijnlijk.

3.3.4 Gemeente Utrecht

Alfons Tanis, boomadviseur gemeente Utrecht. Interview middels telefonisch contact.

In de gemeente Utrecht zijn de toepassingen van groeiplaatsconstructies beperkt tot permavoid onder parkeerplaatsen. De bomen in het stationsgebied worden in de toekomst voorzien van de Treebox HP.

Groeiplaatsconstructies zijn een nog onbekende (kosten) post waardoor er niet genoeg geld voor constructies wordt uitgetrokken.

Het nut en de noodzaak van een constructie zijn nog onbekend, hierdoor kost het erg veel tijd en moeite om de betrokken partijen

ervan te overtuigen dergelijke voorzieningen aan te brengen.

Door de kosten over een langere levensduur, met minder beheersmaatregelen, uiteen te zetten wordt de investering mogelijk interessanter voor meerdere partijen.

3.3.5 Nationale Bomenbank

Dirk Doornenbal, commercieel directeur Nationale Bomenbank. Interview door bezoek.

De Nationale Bomenbank is een bedrijf in boomverzorging dat veel ervaring heeft met het aanbrengen van verschillende groeiplaatsconstructies. De ervaring leert dat bomenzand en bomengranulaat nog weleens verkeerd worden aangebracht, met alle gevolgen van dien. Dirk Doornenbal wijst er op dat er 'in den droge' lagen van 0,30 m moeten worden aangebracht en deze dan te verdichten met een Wacker stamper. Hij raadt aan om bomenzand alleen onder fiets en voetpaden te gebruiken en dus niet onder parkeerplaatsen, hiervoor is een combinatie met permavoid nodig.

Op de vraag of permavoid kratten voldoende sterk zijn om zijwaartse krachten op te vangen bij een Treebox HP antwoordt Dirk Doornenbal stellig 'ja'. Tevens geeft hij, net als Hans Kaljee, aan dat de lege kratten zorgen voor uitwisseling met atmosferische lucht en dat dit ten gunste is van de boom.

Nieuwe ontwikkelingen vinden vooral plaats in biologische processen ten gunste van voeding en kweken van bomen. Er wordt bijvoorbeeld steeds meer gebruik gemaakt van compostthee, mulchen, mycorrhiza schimmels en wormencompost. Op deze manier ontstaat een duurzaam voedingssysteem.



4

Wat zijn de kosten van een boom in het stedelijk gebied, gelet op de verschillende randvoorwaarden?

4. Wat zijn de kosten van een boom in het stedelijk gebied, gelet op de verschillende randvoorwaarden?

Als er in de stad wordt gekozen voor bomen is het van belang een juiste keuze in groeiplaats te maken. Hierbij zal de keus afhangen van de situatie, de kosten van de aanleg, de kosten van het beheer, de kosten per levensjaar en de verwachte levensduur.

Om dit aspect duidelijk te maken zijn een aantal realistische standaard situaties opgesteld waarmee wordt aangegeven welke constructies toegepast kunnen worden en welke niet. In elke paragraaf wordt de situatie eerst toegelicht middels een aantal uitgangspunten. Voor alle situaties wordt uitgegaan van nieuw aan te planten bomen. Als ze toegepast kunnen worden wordt er een kostenplaatje berekend voor aanleg, beheer en kosten per levensjaar. In de tabellen zijn de kostengetallen te zien, de onderbouwing van de kosten zijn terug te vinden in de bijlage. Er zal eerst een onderbouwing worden beschreven van de levensduur van de constructies, zo kan de keus in groeiplaatsinrichting beter begrepen worden.

Aan het eind van elke paragraaf wordt een concluderend advies over de te kiezen groeiplaatsconstructie gegeven. Hierbij wordt de keus gebaseerd op de kosten maar ook op de ervaringen die uit gesprekken met gemeentes en overige instanties naar voren zijn gekomen.

4.1 Onderbouwing levensduur groeiplaatsinrichtingen en onderhoudskosten

In de tabellen die per standaard situatie worden weergegeven is een levensduur bepaald voor de groeiplaatsinrichting. In de volgende tekst wordt per inrichting een aantal kenmerken benoemd die de levensduur van het groeimedium/ de constructie bepalen. De levensduur die we bepalen zijn minimale waarden waarin te verwachten is dat een boom nog in goede conditie is. Een boom in een traditionele groei-plaats zal misschien wel oud kunnen worden,

de conditie is echter zeer slecht. Het resultaat is een tabel waarin overzichtelijk staat aangegeven hoe de levensduur onderbouwd is. Bomenzand: combineert de functie van draagconstructie en groeimedium. Door het gebruik van (eentoppig) zand i.c.m. organische stof voorziet deze inrichting in beide functies. De organische stof zal echter uitwerken in de loop der jaren, de levensduur wordt hiermee bepaald op 20 jaar.

Bomengrond: het gaat hier om een kleine (bv 1,5 x 1,5 m) boomspiegel die als groeiplaats dient. Bomengrond bezit alle benodigheden die een boom nodig heeft, goede lucht- en vochthuishouding en voldoende organische stoffen. Door het zeer beperkte doorwortelbaar volume wordt de levensduur echter op 15 jaar vastgesteld.

Bomengranulaat: heeft dezelfde functie als bomenzand, dit medium heeft echter een groter draagvolume waardoor het bestand is tegen zwaardere belastingen. De voedingsmiddelen raken ook hier uitgewerkt waardoor we de levensduur evenals bij bomenzand op 20 jaar vaststellen.

Infiltratiekragen: kratvoorziening die volledig gevuld wordt met bomengrond. Doordat de grond enigszins inklinkt zal er boven in de voorziening een 2e maaiveld worden gecreëerd, dit zorgt voor een goede lucht- en vochthuishouding. Er is voldoende dekking nodig tussen de krat en het maaiveld, minimaal 0,50 m, waardoor er maximaal 2 kragen op elkaar worden gestapeld. Dit geeft een doorwortelbaar volume van 0,40 - 0,80 m³ per m² oppervlak. Uit praktijkervaring is gebleken dat kragen onder zware belasting na enige tijd kunnen vervormen, waardoor we de levensduur op 40 jaar zetten.

Permavoid: een drukspreidende constructie met een zeer kleine dekking van 0,05 m. Deze voorziening bestaat uit 1 laag kragen gevuld met bomengrond, 0,15 m, en daaronder een laag bomenzand, 0,85 m. In de krat zal door inklinking een 2e maaiveld ontstaan. De kragen zorgen ervoor dat het bomenzand minder verdicht wordt, dit komt ten goede van de lucht- en vochtvoorziening. Deze aspecten

Groeiplaatsinrichting	organische stof in %	creëren 2e maaiveld	doorwortelbaar volume in m3 per m2	wortelbeschadiging mogelijk	sterkte constructie	levensduur in jaren
Bomenzand	3-5	nee	1	ja	+	20
Bomengrond	4-10	nee	1	ja	-	15
Bomengranulaat	2-5	nee	1	ja	++	20
Infiltratiekratten	4-10	ja	0,4 - 0,8	nee (niet in de krat)	++	40
Permavoid	3-5 en 4-10	ja	0,15 + 0,85	ja	++	30
Silva Cell	4-10	ja	0,4 - 1,2	nee (niet in de krat)	+++	60
Watershells	4-10	ja	1,5	nee	+++	80
Wortelscherm	3-5	nee	1	nee	+	20
Boombunker	4-10	ja	1-2	nee	+++	80
Boomwortelbuizen	4-10	ja	0,8	nee	+++	80

Afbeelding 4.1.1, tabel ter onderbouwing van de levensduur per groeiplaatsinrichting

bepalen de levensduur van een permavoid-constructie op 30 jaar.

Silva Cell: een specifiek ontwikkelde kratconstructie voor groeiplaats-inrichtingen. Deze constructie creëert een 2e maaiveld en heeft een dekking van 0,30 m nodig. Door deze kleinere dekking kan een extra krat worden aangebracht en dit levert een doorwortelbaar volume van 0,40 - 1,20 m³ per m² op. Het specifieke ontwerp heeft ertoe geleid dat de krat een levensduur heeft van 60 jaar.

Watershell: een constructie dat een 2e maaiveld creëert door een plaat op poten van beton te realiseren. De lengte van de poten zijn zelf te bepalen waardoor een doorwortelbaar volume tot 1,5 m mogelijk is. De bomengrond wordt middels verticale permavoidkratten afgesloten van de omliggende funderingen. Hierdoor is wortelschade uitgesloten en de kratten leveren tevens een goede luchtvoorziening op. De kratten kunnen eventueel vervangen worden door een stalen damwand, dit levert echter niet de gewenste luchtvoorziening op. Een betonnen constructie als deze geven wij een levensduur van 80 jaar.

Dieproot i.c.m. bomenzand: biedt alle voor- en nadelen van bomenzand maar wordt door middel van een scherm afgesloten van de omliggende funderingen. Hierdoor wordt wortelschade en problemen van opdrukkende verharding voorkomen. De organische stoffen zullen echter met dezelfde snelheid afnemen en daardoor is de levensduur van Dieproot vastgesteld op 20 jaar.

Boombunker: een constructie met betonnen kruizen gecombineerd met verticale wanden van permavoidkratten, ook wel Treebox HP genoemd. Het systeem heeft hetzelfde principe als de watershells, er wordt een 2e maaiveld gecreëerd en de inhoud wordt gevuld met bomengrond. Deze robuuste voorziening heeft een levensduur van 80 jaar.

Boomwortelbuizen: een systeem dat vooral ter geleiding van wortels dient. De betonnen buizen worden aangelegd om de wortels te geleiden naar een doorwortelbare ruimte, en vrij specifieke toepassing, en wordt dus eigenlijk niet gebruikt om een opzichzelfstaand systeem te creëren. De buizen hebben een

Onderhoudskosten, gedurende 30 jaar (traditioneel) en 80 jaar (constructie), bestaande uit:	traditionele groeiplaats	constructie
- nazorg 3 jaar	220	220
- snoei	220	770
- ziektebestrijding	60	
- bemesting en beluchting	220	110
- herstraten i.v.m. wortelopdruk	3245	
- waardevermindering door wortelkap	825	
- vellen boom en afvoeren materiaal	120	495
Totaal €	4910	1595

Afbeelding 4.1.2, tabel onderbouwing onderhoudskosten, incl. 10% verhoging, Bron: Riele, J.L.M. te, Hendriks, G.J.J, Schwarz, A.B.E.M. & Veldkamp, I.H.J.T. (2003)

doorsnede van 1 m die gevuld worden met bomengrond, dit zal enigszins inklinken waardoor een 2e maaiveld ontstaat. Omdat het een betonnen oplossing is wordt de levensduur vastgesteld op 80 jaar.

Onderbouwing onderhoudskosten

Op basis van afbeelding 4.1.2 zijn de onderhoudskosten bepaald. Omdat de tabel voor een periode van 80 jaar is hebben we op basis van onze jaartallen een kostenplaatje bepaald. Voor bomengrond, de traditionele groeiplaats, is dit bepaald op de linkerkolom (15 / 30 x 4910). Voor de overige constructies is dit bepaald op de rechterkolom (aantal jaren / 80 x 1595). De resultaten staan in afbeelding 4.1.3

onderhoudskosten bij levensduur van 30 jaar	levensduur	onderhoudskosten €
4910	15	2455
onderhoudskosten bij levensduur van 80 jaar		
1595	20	399
1595	25	498
1595	30	598
1595	35	698
1595	50	997
1595	60	1196

Afbeelding 4.1.3, tabel berekening onderhoudskosten per levensduur

4.2 Woonstraat

Voor de woonstraat is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de levensduur van de woonstraat wordt geschat op 30 jaar
- de bomen worden geplant in de strook van het voetpad, bestaande uit betontegels van $0,3 \times 0,3 \times 0,05$ m
- de beoogde doorsnede kroon van de boom bedraagt 8 m
- op basis van de vuistregel voor bomen, $0,75 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte per m^2 kroonprojectie, is er in een ideaalsituatie het volgende nodig aan doorwortelbare ruimte:

Oppervlakte cirkel = πr^2

$\varnothing 8 \text{ m} \rightarrow r = 4 \text{ m}$

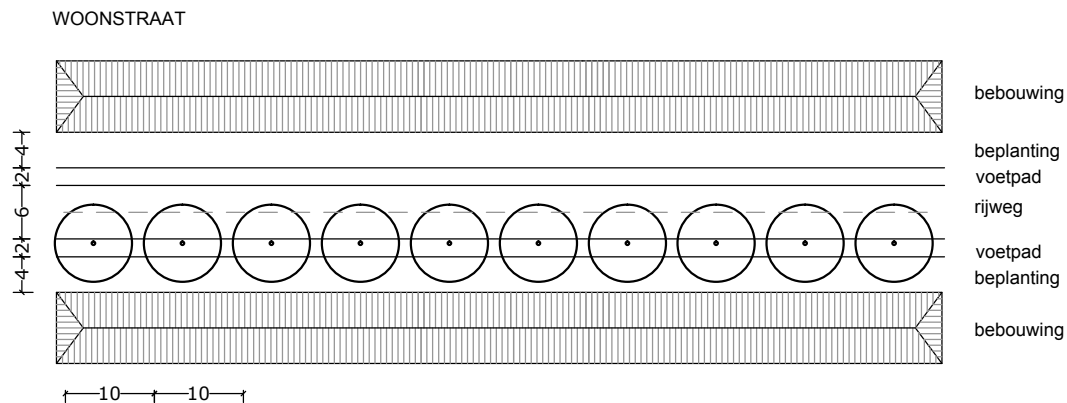
$\pi 4^2 = \pi 16 = 50,27 \text{ m}^2$

$50,27 \times 0,75 = 37,7 \text{ m}^3$

- per boom is er $10 \times 2 = 20 \text{ m}^2$ beschikbaar om een ondergrondse constructie te realiseren, dit vindt plaats onder het voetpad
- per boom wordt er zo $10 \times 2 \times 1 = 20 \text{ m}^3$ doorwortelbaar volume beschikbaar gesteld (de wortels kunnen wortelen in de naastgelegen voortuinen waar voldoende volume beschikbaar is)
- het voetpad heeft een belastingsklasse van 5 kN/m^2

Concluderend advies

In deze situatie is het van belang om de wortels van de bomen richting de voortuinen te begeleiden. Het 2 meter brede voetpad dient hierbij overbrugt te worden en het is zaak hier een open doorgroeibare groeiplaatsinrichting te kiezen. Omdat het hier om een lichte belastingsklasse gaat zijn er veel mogelijkheden voor deze situatie. Er is een levensduur gewenst van minimaal 30 jaar waardoor een aantal inrichtingen afvallen. Een permavoidconstructie biedt voor deze situatie een relatief voordelige oplossing. Qua sterkte is de voorziening ruim voldoende en omdat bomenzand en bomengranulaat niet de gewenste levensduur hebben is dit de beste oplossing.



Afbeelding 4.2.1, standaard situatie woonstraat

Kostentabel woonstraat met een levensduur van 30 jaar							
Groeiplaatsinrichting	Aanlegkosten (€) per:			Onderhoudskosten (€)	Minimale levensduur (jaar)	Kosten per jaar. per boom (€)	Kosten per jaar. per boom bij 30 jaar (€)
	m3	boom	straat (10 st.)				
Bomenzand	55	1.108	11.079	400	20	75	
Bomengrond	107	107	1.065	2.455	15	171	
Bomengranulaat	83	1.654	16.539	600	20	113	
Infiltratiekratten	328	5.571	55.709	995	40	164	219
Permavoid	137	2.741	27.408	600	30	111	111
Silva Cell	340	8.163	81.631	1.195	60	156	312
Watershells	379	7.576	75.755	1.595	80	115	306
Wortelscherm i.c.m. bomenzand	73	1.458	14.579	500	20	98	
Boombunker							
Boomwortelbuizen							

Afbeelding 4.2.2, kostentabel woonstraat met een levensduur van 30 jaar

4.3 Middenberm

Voor een middenberm is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

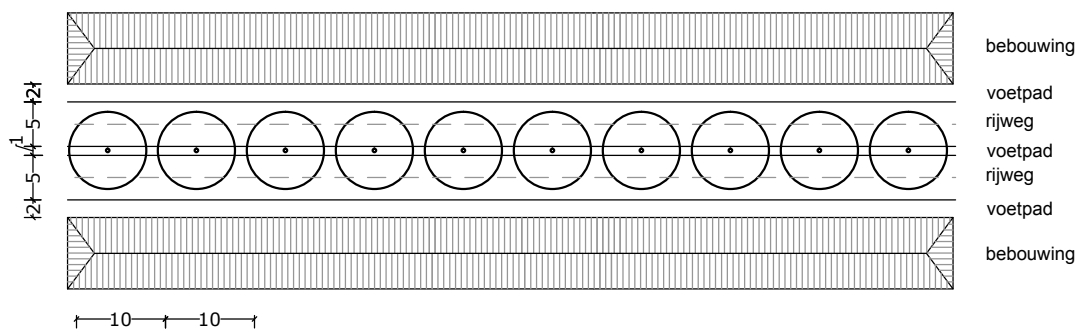
- de levensduur van de middenberm wordt geschat op 80 jaar
- de bomen worden geplant in een grasstrook van 1 m breed, gelegen tussen rijwegen
- de beoogde doorsnede kroon van de boom bedraagt 8 m
- op basis van de vuistregel voor bomen, $0,75 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte per m^2 kroonprojectie, is er in een ideaalsituatie het volgende nodig aan doorwortelbare ruimte: $37,7 \text{ m}^3$
- per boom is er $10 \times 3 = 30 \text{ m}^2$ beschikbaar om een ondergrondse constructie te realiseren, dit vindt plaats onder de rijweg aan beide kanten en onder de grasstrook zelf
- per boom wordt er zo $10 \times 3 \times 1 = 30 \text{ m}^3$ doorwortelbaar volume beschikbaar gesteld
- de rijwegen hebben een belastingsklasse van 60 kN/m^2 (D60)

Concluderend advies

In deze situatie is een voorziening gewenst die voldoende draagkracht biedt aan een druk bereden rijweg. Tevens is er een uitgangssituatie vastgesteld dat de middenberm 80 jaar moet meegaan. In de praktijk is deze situatie eigenlijk onhaalbaar en een dergelijk ontwerp wordt afgeraden. Beter zou zijn het ontwerp aan te passen door een bredere middenberm van bijvoorbeeld 3 m te realiseren of om de bomen uit het ontwerp weg te halen.

Om inzicht te krijgen in kosten en functionele haalbaarheid van de systemen wordt hier toch een selectie gemaakt van de 2 mogelijke constructies. Het verschil in kosten tussen een watershell en boombunkersysteem zijn niet erg groot, de boombunker is in het voordeel. De bunker wordt voorzien van een betonnen plaat en het is gemakkelijk deze in het midden weg te laten. Hierdoor blijft de middenberm open en is dit een geschikte constructie in deze situatie.

BOMEN IN MIDDENBERM



Afbeelding 4.3.1, standaard situatie middenberm

Kostentabel middenberm met een levensduur van 80 jaar							
Groeiplaatsinrichting	Aanlegkosten (€) per:			Onderhoudskosten (€)	Minimale levensduur (jaar)	Kosten per jaar. per boom (€)	Kosten per jaar. per boom bij 30 jaar (€)
	m3	boom	straat (10 st.)				
Bomenzand							
Bomengrond	51	507	5.069	2.455	15	197	
Bomengranulaat	84	2.516	25.160	600	20	156	
Infiltratiekratten							
Permavoid							
Silva Cell	340	12.236	122.356	1.195	60	224	
Watershells	421	12.637	126.368	1.595	80	178	178
Wortelscherm i.c.m. bomenzand							
Boombunker	378	11.335	113.351	1.595	80	162	162
Boomwortelbuizen							

Afbeelding 4.3.2, kostentabel middenberm met een levensduur van 80 jaar

4.4 Winkelstraat

Voor de winkelstraat is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de levensduur van de winkelstraat wordt geschat op 50 jaar
- de bomen worden geplant in het voetpad, bestaande uit gebakken klinkers van $0,2 \times 0,1 \times 0,08$ m
- de beoogde doorsnede kroon van de boom bedraagt 6 m
- op basis van de vuistregel voor bomen, $0,75 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte per m^2 kroonprojectie, is er in een ideaalsituatie het volgende nodig aan doorwortelbare ruimte:

Oppervlakte cirkel = πr^2

$\varnothing 6 \text{ m} \rightarrow r = 3 \text{ m}$

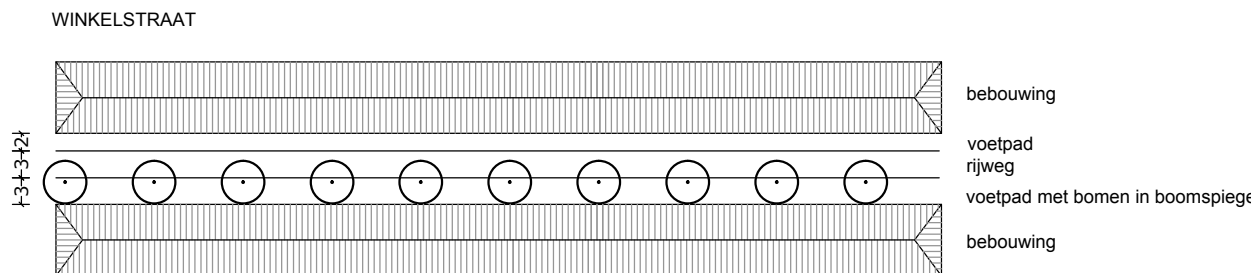
$\pi 3^2 = \pi 9 = 28,27 \text{ m}^2$

$28,27 \times 0,75 = 21,2 \text{ m}^3$

- per boom is er $10 \times 3 = 30 \text{ m}^2$ beschikbaar om een ondergrondse constructie te realiseren, dit vindt plaats onder het voetpad
- per boom wordt er zo $10 \times 3 \times 1 = 30 \text{ m}^3$ doorwortelbaar volume beschikbaar gesteld (dit is meer dan er nodig is, echter kan de boom zo beter aan de levensduur van de winkelstraat voldoen, een andere vuistregel zegt immers: 1 m^3 doorwortelbare ruimte per levensjaar)
- het voetpad heeft een belastingsklasse van 5 kN/m^2 , de druk van de weg waar winkeltransport zal plaatsvinden heeft een belastingsklasse van 45 kN/m^2 (D45)

Concluderend advies

De winkelstraat krijgt een voorziening die onder het voetpad plaats zal nemen, hierdoor is de belastingklasse laag. Er moet wel rekening worden gehouden met de bevoorrading van de winkels, hier zullen kleine vrachtwagens voor gebruikt worden. Gezien de levensduur van 50 jaar vallen er veel constructies af en valt de keuze uiteindelijk op een watershell constructie.



Afbeelding 4.4.1, standaard situatie winkelstraat

Kostentabel winkelstraat met een levensduur van 50 jaar							
Groeiplaatsinrichting	Aanlegkosten (€) per:			Onderhoudskosten (€)	Minimale levensduur (jaar)	Kosten per jaar. per boom (€)	Kosten per jaar. per boom bij 30 jaar (€)
	m3	boom	straat (10 st.)				
Bomenzand	47	1.417	14.171	400	20	91	
Bomengrond	107	107	1.065	2.455	15	171	
Bomengranulaat	75	2.236	22.361	600	20	142	
Infiltratiekatten	272	8.155	81.551	995	40	229	
Permavoid	129	3.875	38.754	700	30	153	
Silva Cell	340	12.236	122.356	1.195	60	224	269
Watershells	370	11.107	111.070	1.595	80	159	254
Wortelscherm i.c.m. bomenzand							
Boombunker	378	11.335	113.351	1.595	80	162	259
Boomwortelbuizen							

Afbeelding 4.4.2, kostentabel winkelstraat met een levensduur van 50 jaar

4.5 Parkeerplaatsen

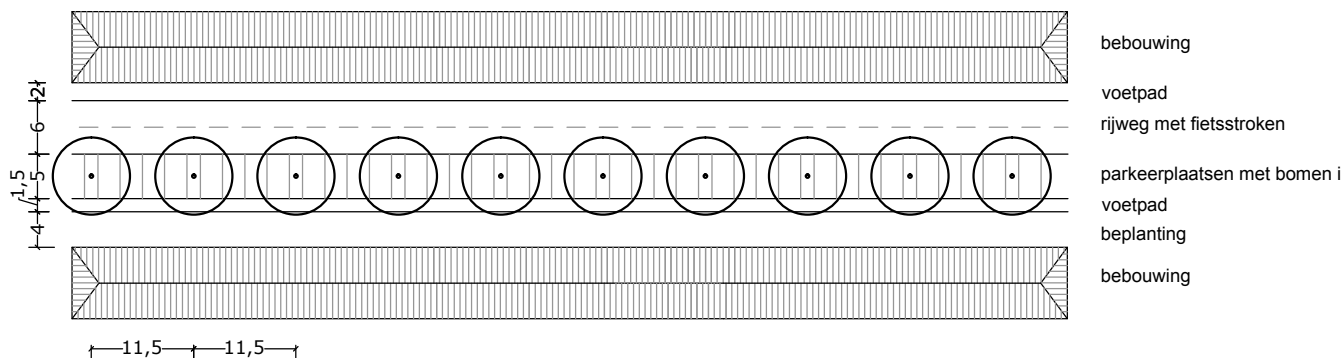
Voor de parkeerplaatsen is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de levensduur van de parkeerplaatsen wordt geschat op 30 jaar
- de bomen worden geplant in een plantvak van 1 m breed en 5 m lang, gelegen tussen de parkeerplaatsen
- de beoogde doorsnede kroon van de boom bedraagt 8 m
- op basis van de vuistregel voor bomen, $0,75 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte per m^2 kroonprojectie, is er in een ideaalsituatie het volgende nodig aan doorwortelbare ruimte: $37,7 \text{ m}^3$
- per boom is er $6,5 \times 5 = 32,5 \text{ m}^2$ beschikbaar om een ondergrondse constructie te realiseren, dit vindt plaats onder één parkeerplaats aan beide zijden van het plantvak
- per boom wordt er zo $6,5 \times 5 \times 1 = 32,5 \text{ m}^3$ doorwortelbaar volume beschikbaar gesteld (gezien de levensduur van de woonstraat is deze hoeveelheid voldoende voor de groeiplaatsinrichting)
- de parkeerplaatsen hebben een belastingsklasse van 30 kN/m^2 (D30)

Concluderend advies

Een parkeerplaats is een relatief licht belaste constructie waar veel mogelijkheden zijn wat betreft groeiplaatsinrichting. Een Permavoid constructie heeft een minimale levensduur van 30 jaar en is vele malen goedkoper dan de overige, voor deze situatie geschikte, constructies.

BOMEN IN PARKEERPLAATSEN



Afbeelding 4.5.1, standaard situatie parkeerplaatsen

Kostentabel parkeerplaatsen met een levensduur van 30 jaar							
Groeiplaatsinrichting	Aanlegkosten (€) per:			Onderhoudskosten (€)	Minimale levensduur (jaar)	Kosten per jaar. per boom (€)	Kosten per jaar. per boom bij 30 jaar (€)
	m3	boom	straat (10 st.)				
Bomenzand							
Bomengrond	57	428	4.283	2.455	15	192	
Bomengranulaat	67	2.172	21.721	600	20	139	
Infiltratiekragen	215	6.995	69.954	995	40	200	266
Permavoid	131	4.246	42.467	1.195	30	181	181
Silva Cell	259	10.094	100.938	1.195	60	188	376
Watershells	380	12.336	123.358	1.595	80	174	464
Wortelscherm i.c.m. bomenzand							
Boombunker	370	12.012	120.120	1.595	80	170	454
Boomwortelbuizen							

Afbeelding 4.5.2, kostentabel parkeerplaatsen met een levensduur van 30 jaar

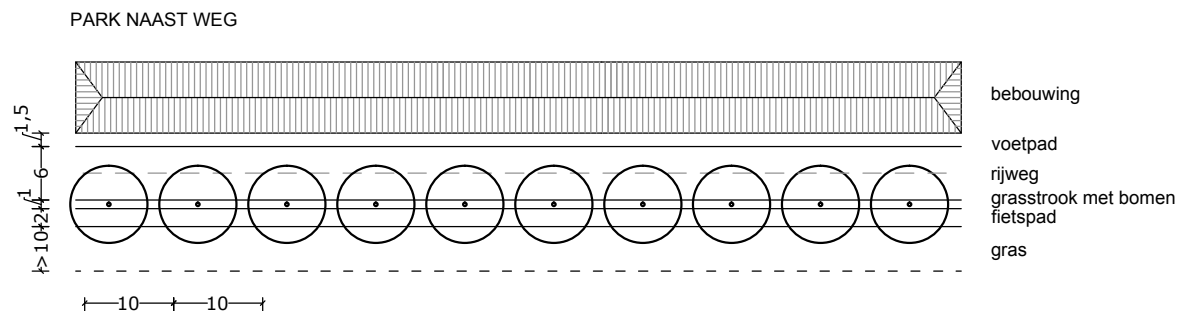
4.6 Park, gelegen naast een weg

Voor het park is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de levensduur van het park wordt geschat op 80 jaar
- de bomen worden geplant in een grasstrook van 1 m breed, gelegen tussen rijwegen
- de beoogde doorsnede kroon van de boom bedraagt 8 m
- op basis van de vuistregel voor bomen, $0,75 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte per m^2 kroonprojectie, is er in een ideaalsituatie het volgende nodig aan doorwortelbare ruimte: $37,7 \text{ m}^3$
- per boom is er $10 \times 3 = 30 \text{ m}^2$ beschikbaar om een ondergrondse constructie te realiseren, dit vindt plaats onder het fietspad en onder de grasstrook zelf
- per boom wordt er zo $10 \times 3 \times 1 = 30 \text{ m}^3$ doorwortelbaar volume beschikbaar gesteld (de wortels kunnen wortelen in het naastgelegen park waar voldoende volume beschikbaar is)
- het fietspad heeft een belastingsklasse van 30 kN/m^2 (D30)

Concluderend advies

Een park met grote bomen wordt veelal als waardevol opgevat, het is dus van belang een goede groeiplaatsconstructie op deze locatie te realiseren. Omdat het om een bomenlaan naast een park gaat, met daartussen een fietspad, is het zaak de wortels richting het park te leiden. Een boombunker is een gesloten constructie waardoor deze niet gewenst is. Bij het watershellsysteem kan gemakkelijk een zijde open gelaten worden waardoor het een geschikte voorziening is. De boomwortelbuizen zijn echter veel goedkoper en zijn uitermate geschikt om de wortels richting het park te dirigeren, daarom adviseren wij hier het gebruik van boomwortelbuizen.



Afbeelding 4.6.1, standaard situatie park

Kostentabel park naast een weg met een levensduur van 80 jaar							
Groeiplaatsinrichting	Aanlegkosten (€) per:			Onderhoudskosten (€)	Minimale levensduur (jaar)	Kosten per jaar. per boom (€)	Kosten per jaar. per boom bij 30 jaar (€)
	m3	boom	straat (10 st.)				
Bomenzand							
Bomengrond	48	484	4.838	2.455	15	196	
Bomengranulaat							
Infiltratiekatten	254	7.623	76.234	995	40	215	
Permavoid	114	3.427	34.269	1.195	30	154	
Silva Cell	339	12.218	122.177	1.195	60	224	
Watershells	292	8.763	87.625	1.595	80	129	129
Wortelscherm i.c.m. bomenzand	64	1.916	19.162	500	20	121	
Boombunker							
Boomwortelbuizen	69	2.067	20.667	1.595	80	46	46

Afbeelding 4.6.2, kostentabel park met een levensduur van 80 jaar

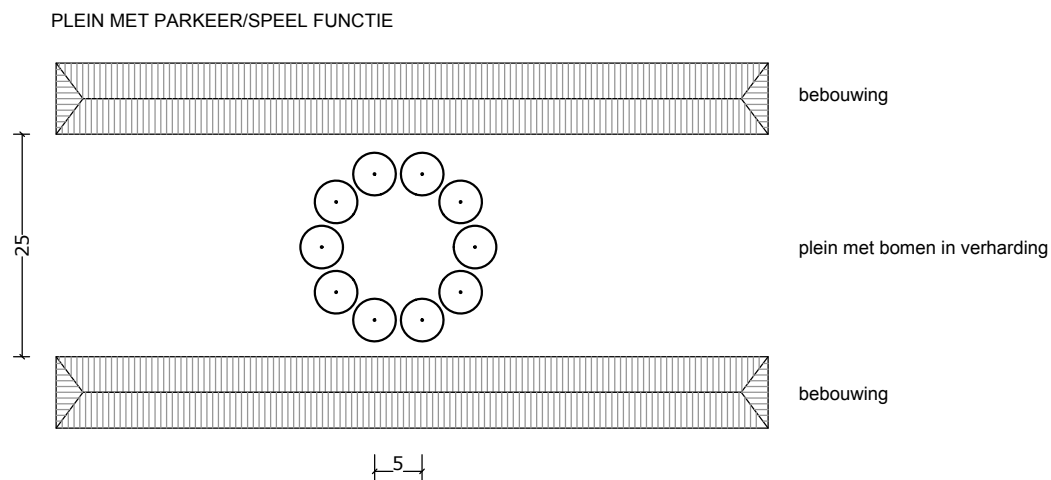
4.7 Plein (speelfunctie)

Voor het plein is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de levensduur van het plein wordt geschat op 30 jaar
- de bomen worden geplant in de verharding, bestaande uit gebakken klinkers van $0,2 \times 0,1 \times 0,08$ m
- de beoogde doorsnede kroon van de boom bedraagt 6 m
- op basis van de vuistregel voor bomen, $0,75 \text{ m}^3$ doorwortelbare ruimte per m^2 kroonprojectie, is er in een ideaalsituatie het volgende nodig aan doorwortelbare ruimte: $21,2 \text{ m}^3$
- per boom is er $10 \times 2 = 20 \text{ m}^2$ beschikbaar om een ondergrondse constructie te realiseren, dit vindt plaats onder de verharding van het plein in een cirkelvormige 'sleuf'
- per boom wordt er zo $10 \times 2 \times 1 = 20 \text{ m}^3$ doorwortelbaar volume beschikbaar gesteld
- het plein heeft een belastingsklasse van 30 kN/m^2 (D30)

Concluderend advies

Voor dit plein wordt een voorziening aangebracht in een cirkelvormige sleuf. Het gaat om een plein met een lichte belastingsklasse, waardoor veel voorzieningen mogelijk zijn. Door de cirkelvorm zijn de kosten van aanleg van krat en/of betonconstructies duurder als bij overige situaties. De Permavoidconstructie biedt voldoende draagkracht en is veruit het voordeligst en is ons advies in deze situatie.



Afbeelding 4.7.1, standaard situatie plein

Kostentabel plein met een levensduur van 30 jaar							
Groeiplaatsinrichting	Aanlegkosten (€) per:			Onderhoudskosten (€)	Minimale levensduur (jaar)	Kosten per jaar. per boom (€)	Kosten per jaar. per boom bij 30 jaar (€)
	m3	boom	straat (10 st.)				
Bomenzand	48	951	9.507	400	20	68	
Bomengrond	107	107	1.065	2.455	15	171	
Bomengranulaat	75	1.497	14.967	600	20	105	
Infiltratiekratten	287	5.743	57.427	995	40	168	225
Permavoid	128	2.565	25.655	1.195	30	125	125
Silva Cell	334	8.006	80.059	1.195	60	153	307
Watershells	329	7.903	79.033	1.595	80	119	317
Wortelscherm i.c.m. bomenzand							
Boombunker	270	8.101	81.006	1.595	80	121	323
Boomwortelbuizen							

Afbeelding 4.7.2, kostentabel plein met een levensduur van 30 jaar



5

Welke factoren bepalen de belevingswaarde van een boom in het stedelijk gebied?

5. Welke factoren bepalen de belevingswaarde van een boom in het stedelijk gebied?

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de factoren die het beeld van de boom in stedelijk gebied bepalen. In de eerste paragraaf wordt met een investeringsmodel in hoofdzaak de onderzoeksvraag beantwoord; *‘Wat voor investeringsmodel kan ontwikkeld worden op ontwerpniveau voor boomstructuren in een stedelijke context?’* Met dit investeringsmodel wordt duidelijk hoe veel geld een gezonde boom in bepaalde omstandigheden kost. In de tweede paragraaf wordt meer inzicht gegeven over de gevolgen indien niet aan het investeringsmodel wordt voldaan.

5.1 Investeringsmodel

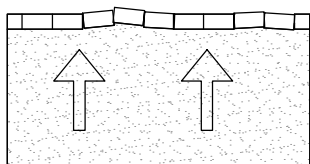
Om de ontwerper te ondersteunen in zijn keuze voor een groeiplaats is een investeringsmodel van de groeiplaats opgesteld. Dit investeringsmodel gaat uit van een globale gebiedstoepassing en een budget per boom. Alhoewel de ontwerper in de praktijk vrijwel nooit met een budget het ontwerpproces in stapt, is de bewustwording van deze prijzen erg belangrijk. Nu kan in het eerste stadium al een inschatting worden gemaakt of het realistisch is om een bepaalde boomgrootte in een verhard oppervlak te planten. In de praktijk zal een uitgebreide groeiplaatsconstructie namelijk vaak te duur zijn, wat zal betekenen dat het ontwerp moet veranderen of dat de boom in een beperkte groeiplaats komt waarin de boom niet tot het gewenste eindbeeld zal uitgroeien.

In het investeringsmodel wordt uitgegaan van een boom in goede conditie. Iedere groeiplaats die is aangevinkt zal dus resulteren in een gezonde boom gedurende het aangegeven aantal jaren. Naast de conditie van de boom, is aan iedere groeiplaatsconstructie een verhardingsbeeld, een belastingsklasse en beheerskosten gekoppeld. Deze factoren zullen worden toegelicht, waarna het investeringsmodel in afbeelding 5.1.7 een overzicht geeft van de mogelijkheden en de beeldkwaliteit.

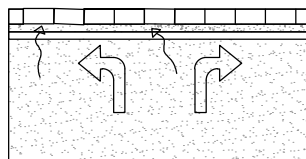
5.1.1 Beeld verharding

Bij het beeld van de verharding zijn 3 categorieën opgesteld, te weten slecht, goed en zeer goed. Deze onderverdeling is gebaseerd op de wijze waarop het wortelgestel al dan niet wordt ingeperkt door de constructie. De wijzen van wortelinperking zijn in afbeelding 5.1.1, 5.1.2 en 5.1.3 afgebeeld en worden hier toegelicht:

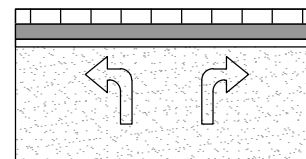
- verharding ligt direct op het doorwortelbaar volume. Voorbeelden hiervan zijn bomenzand en boomgranulaat waarbij de wortels onbeperkt kunnen groeien en direct tegen de onderkant van de verharding kunnen drukken.
- Bij dit principe is de wortelopdruk hetzelfde als bij de klassieke groeiplaats. Wortels kunnen vrij groeien en worden op geen enkele manier ingeperkt. De kans is hierdoor groot dat wortels voor opdruk aan verharding zullen zorgen en het beeld van de verharding is hierbij ‘slecht’ genoemd.



Afbeelding 5.1.1, ‘slecht’ verhardingsbeeld.
Verharding direct op doorwortelbaar volume.



Afbeelding 5.1.2, ‘goed’ verhardingsbeeld.
Verharding wordt d.m.v. luchtlaag en wortelwerend
doek gescheid van doorwortelbaar volume.



Afbeelding 5.1.3, ‘zeer goed’ verhardingsbeeld.
Verharding wordt d.m.v. een massieve plaat
gescheiden van het doorwortelbaar volume.

- verharding wordt d.m.v. een 'luchtlaag' onder het 2e maaiveld gescheiden van het doorwortelbaar volume. Het 2e maaiveld wordt hier gecreëerd door een half-open kunststof plaat. De luchtlaag tussen het doorwortelbaar volume en de bovenliggende fundering zorgt er voor dat wortels uitdrogen en niet in het funderingspakket komen. Hiernaast is er nog een wortelwerend geotextiel aangebracht dat wortelgroei moet blokkeren.

Bij dit principe wordt wortelopdruk voor een groot gedeelte uitgesloten. Uit de praktijk is echter gebleken dat aansluitingen van het geotextiel zwakke plekken vormen en kleine haarwortels hier hun weg zullen vinden. De verwachting is daarom dat wortels op den duur in het funderingspakket onder verharding komen en opdrukkende wortels voor ongelijk liggende verharding zorgen. Het zal echter lange tijd duren voor het zover is en het beeld van de verharding is 'goed' genoemd.

- verharding wordt d.m.v. een 'massief' 2e maaiveld gescheiden van het doorwortelbaar volume. Hier vormt een massieve betonnen plaat voor het dubbele maaiveld. Naast de luchtlaag die wortels uitdroogt zorgt de massieve plaat er voor dat wortels onmogelijk in de wegfundering kunnen komen.

Het beeld van de verharding is hier als 'zeer goed' geclassificeerd. Naast het feit dat wortels onmogelijk in het funderingspakket kunnen komen, is de bestrating gefundeerd op een massief betonnen plaat. Naast wortelopdruk is ook verzakking hier uitgesloten en dit geeft een zeer strak straat beeld.



Afbeelding 5.1.4, 'slecht' verhardingsbeeld.
Situatie 6 jaar na aanleg zonder een constructie.



Afbeelding 5.1.5, 'goed' verhardingsbeeld.
Situatie 12 jaar na aanleg met kunststof constructie.



Afbeelding 5.1.6, 'zeer goed' verhardingsbeeld.
Situatie 6 jaar na aanleg met een beton constructie.

5.1.2 Beheer kosten

De beheer kosten maken inzichtelijk wat de kosten zijn om een groeipaats met hoog kwaliteitsniveau te realiseren. Kwaliteitsniveau hoog wordt gehanteerd omdat het hier veelal gaat om stedelijk gebied waar een hoog kwaliteitsniveau gebruikelijk is. Binnen dit kwaliteitsniveau worden drie niveaus onderscheiden, welke aangeven welk beheer nodig is en wat bijbehorende kosten zijn.

De grootste kosten worden gemaakt door het herstraten van de verhar-ding en dit is bij groeiplaatsconstructies zonder 2e maaiveld aanzienlijk groter dan bij de systemen mét 2e maaiveld. Bemesting van de groeiplaatsen is bij alle bomen in het stedelijk gebied noodzakelijk. Alhoewel bij grote groeiplaatsconstructies een goede uitgangssituatie met veel voedselrijk groeimedium wordt gecreëerd, geldt voor alle bomen in het stedelijk gebied dat de natuurlijke kringloop wordt verstoord. In de stad mag tenslotte geen blad blijven liggen en alle groeiplaatsen worden netjes schoon gehouden. Hierdoor ontstaan bij alle bomen in het stedelijk gebied gebrekverschijnselen, waarbij kleine groeiplaatsinrichtingen eerder een extra mestgift nodig hebben dan grote groeiplaatsconstructies.

Omdat in dit investeringsmodel wordt uitgegaan van bomen met een goede conditie is de waardevermindering door wortelschade niet meegenomen. Deze factor is al opgenomen door de leeftijd van de bomen in te perken bij constructies waarbij wortelschade mogelijk is. Om de beheer kosten inzichtelijk te maken is een onderbouwing toegevoegd in de bijlage. De volgende beheer kosten zijn te onderscheiden bij de verschillende groeiplaatsinrichtingen.

• Beheer kosten hoog	
Herstraten	€24
Ziektebestrijding	€2
Snoei	€7
Bemesting	€7
Schoon houden boomspiegel	€18 +
	€58 per jaar
• Beheer kosten gemiddeld	
Herstraten	€8
Ziektebestrijding	€2
Snoei	€9
Bemesting	€7
Schoon houden boomspiegel	€18 +
	€44 per jaar
• Beheer kosten zeer laag	
Ziektebestrijding	€2
Snoei	€9
Bemesting	€2
Schoon houden boomspiegel	€18 +
	€31 per jaar

5.1.3 Belastingklasse

In hoofdstuk twee, bij de beschrijving van de diverse groeiplaatsconstructies zijn de diverse belastingklassen al aan de orde gekomen. De belastingklasse geeft aan wat voor verkeer over de constructie heen kan rijden en is bij de keuze van een groeiplaatsconstructie één van de meest maatgevende factoren. De volgende verdeling in belastingklassen wordt gemaakt:

- D5, betreding door voetgangers (5kN/m²)
- D30, betreding door autoverkeer (100kN aslast)
- D45, betreding door licht vrachtverkeer (150kN aslast)
- D60, betreding door zwaar vrachtverkeer (200kN aslast)

In het ontwerpproces heeft men altijd een boom in goede conditie voor ogen en het investeringsmodel laat zien wat het kost om dit beeld te bereiken. De werkingprincipes van de verschillende systemen hebben bovendien gevolgen voor de kwaliteit van de verharding, beheerskosten en de belastingklasse.



centrum & radialen
1e grootte boom + licht verkeer

centrum & radialen
1e grootte boom + zwaar verkeer

€ 8.000-12.000

€ >12.000

1e grootte

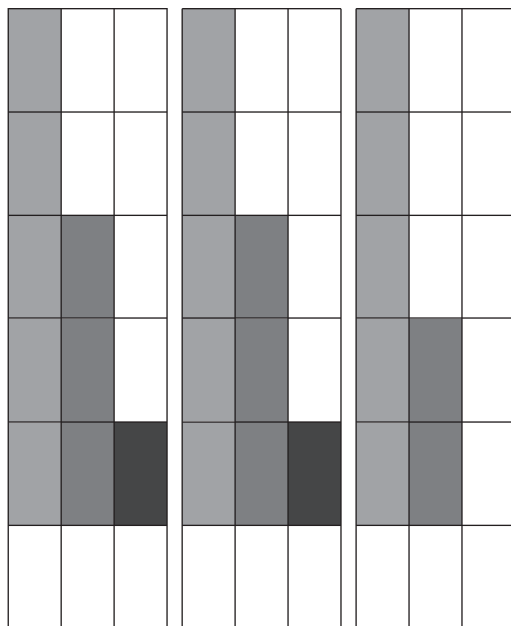
2e grootte

3e grootte

30jr 50jr 80jr

30jr 50jr 80jr

30jr 50jr 80jr



1e grootte

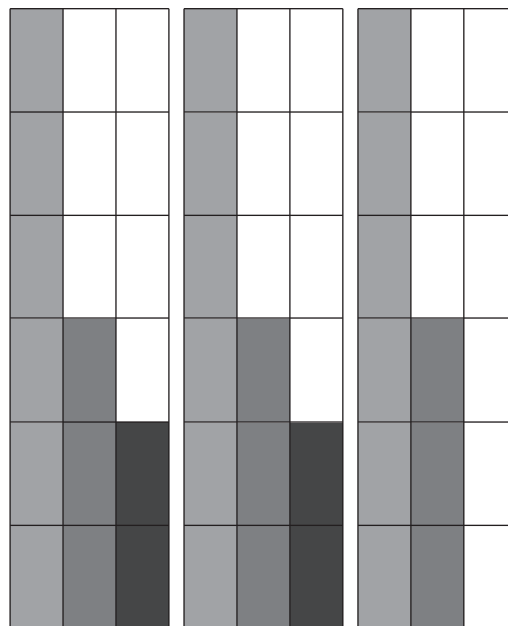
2e grootte

3e grootte

30jr 50jr 80jr

30jr 50jr 80jr

30jr 50jr 80jr



5.2 Gevolgen van een niet afdoende groeiplaats-inrichting

Indien het investeringsmodel niet wordt gevolgd en een groeiplaatsconstructie wordt toegepast die niet afdoende is, zal de boom na verloop van tijd gebreken gaan vertonen. In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op deze gebrekverschijnselen en het beeld dat dan kan ontstaan.

Conditie bepaling

In het investeringsmodel is uitgegaan van bomen in een goede conditie, maar afhankelijk van de omstandigheden kan deze conditie achteruitgaan. Om in het veld beoordelingen te kunnen geven over de toestand van een boom is de volgende verdeling in condities gemaakt:

- *Goed: boom vertoont een beeld dat van de soort verwacht mag worden onder goede groeiomstandigheden en op een goede groeiplaats.*
- *Redelijk: niet-optimale groei, maar de minder optimale omstandigheden hebben nog geen duidelijke negatieve gevolgen voor de verdere ontwikkeling van de boom.*
- *Matig: er is duidelijk sprake van negatieve gevolgen voor de verdere ontwikkeling van de boom, zoals beginnende scheutsterfte.*

• *Slecht: duidelijk aftakelende boom, waarbij veelal sprake is van een ijle kroon met zware scheutsterfte resulterend in veel en soms zwaar dood hout.*

• *Zeer slecht: boom is op sterven na dood.*

Bron: Prooijen, G. 2006

Beeldbepalende elementen

Helaas zijn er in het stedelijk gebied nog altijd talloze voorbeelden te noemen van bomen in een matige, slechte of zeer slechte conditie. Zeker is dat de ontwerper dit eindbeeld nooit voor ogen had bij de totstandkoming van het plan. We hopen natuurlijk dat het investeringsmodel wordt gevolgd en dat voor de juiste boom een geschikte groeiplaats wordt gemaakt. Hiermee zouden bomen met een verslechterde conditie niet langer het straatbeeld ontsieren. Om te bepalen wat de belangrijkste beeldbepalende elementen van bomen in het stedelijk gebied zijn is een interview met Tom Wierds gehouden. Als landschapontwerper bij OKRA heeft hij een aantal factoren aangegeven die belangrijk zijn bij de selectie van de boomsoort.

• **Boomgrootte.** Vaak verdient een 1e of 2e grootte boom de voorkeur boven een 3e grootte boom. In het stedelijk gebied moet de boom concurreren met andere verticale elementen als gevels en hierbij dient de boom veelal een robuuste uitstraling te hebben. Een 3e



Afbeelding 5.2.1, boom in goede conditie



Afbeelding 5.2.2, boom in redelijke conditie



Afbeelding 5.2.3, boom in matige conditie



Afbeelding 5.2.4, boom in slechte conditie

grootte boom heeft deze robuuste uitstraling niet en men wil minimaal een 2e grootte boom waarvoor een hoogte van 8 tot 15 meter staat.

- **Transparantie.** De dichtheid van een kroon bepaalt in belangrijke mate de lichtinval rondom de kroonprojectie. Hiernaast bepaalt de transparantie in grote mate het beeld dat de boom oplevert, wat kan variëren van zeer open tot zeer dicht.
- **Boomvorm.** Boomsoorten hebben van nature allemaal een eigen kroonvorm. Met de komst van cultivars zijn deze verschillen nog groter geworden en ontwerpers kunnen deze typische vormen inzetten als ontwerp element.

Gebreken

Nu duidelijk is wat belangrijk is bij het beeld van een boom in het stedelijk gebied, is het goed om te weten wat de gevolgen zijn voor het boombeeld bij een gebrekkige groeiplaatsinrichting. De gebreken die direct gevolgen hebben voor de beeldbepalende elementen zijn onder te verdelen in de volgende aspecten.

- **Bladbezetting**

Een slechte bladbezetting wordt vaak niet gevormd door afgevallen blad, maar vooral door blad dat zich helemaal niet heeft gevormd. Bij afgevallen blad gaat het veelal om een tijdelijk gevolg als een reactie op droogtestress of een schimmelaantasting. Bij een slechte conditie gaat het om blad dat zich niet heeft gevormd en dit heeft



Afbeelding 5.2.5, boom in zeer slechte conditie

duo permanente gevolgen voor het beeld dat de boom uitstraalt. Het beeldbepalende aspect van transparantie wordt hierdoor sterk beïnvloedt.

- **Bladverkleuring**

In veel gevallen duiden verkleuringen in het blad op storingen in de mineralenvoorziening, vergiftiging door strooizout, droogtestress of juist een te natte bodem. De frisheid die het blad normaal uitstraalt komt hierdoor in het geding door doffe of gele bladeren.

- **Vertakkingspatroon**

Iedere boom ontwikkelt zich volgens een bepaald vertakkingspatroon, waaraan een boom in veel gevallen ook is te herkennen. Bij een afnemende conditie verandert het vertakkingspatroon, wat pas zichtbaar wordt na een aantal jaar van voortdurende achteruitgang. Zoals Tom Wierds aangeeft is de kroonvorm een belangrijk criteria bij de selectie van de boomsoort. Wanneer de groeiplaatsconstructie structureel tekort schiet, zal de kroonvorm niet meer eigen zijn aan de geplante boomsoort. Het gevolg is dat het beoogde beeld niet wordt bereikt.

- **Achterblijvende groei**

Zoals bij de conditie bepaling is beschreven zijn er een aantal stadia waarin een boom kan verkeren. Dit varieert van een redelijke conditie waarbij de groei niet optimaal is tot een slechte conditie waarbij de kroon achteruit gaat en er veel scheutsterfte optreedt met veel zwaar, dood hout.

Zoals duidelijk werd is de boomgrootte juist erg belangrijk omdat de boom in stedelijk gebied moet concurreren met veel andere verticale elementen. Bomen groeien langzaam en iedere boomgrootte heeft sowieso al 10 jaar nodig om zijn uiteindelijke afmeting te bereiken. Bij een te kleine groeiplaatsinrichting zal de boom niet eens 10 jaar kunnen groeien en zal deze dus nooit zijn beoogde grootte bereiken.

Alhoewel men in het ontwerpproces altijd een boom in goede conditie voor ogen heeft, laat de praktijk zien dat het beoogde beeld lang niet altijd wordt bereikt. Indien het investeringsmodel niet wordt gevolgd is de kans groot dat de boom snel een verminderde conditie krijgt en gebreken gaat vertonen. Deze gebreken hebben grote gevolgen voor de beeldbepalende factoren als boomgrootte, vorm en transparantie.



6

Hoe kan de keus in boomsoort inspelen op een kwalitatief mindere groeiplaats?

6. Hoe kan de keus in boomsoort inspelen op een kwalitatief mindere groeiplaats?

In dit hoofdstuk wordt het belang van een juiste keus in boomsoort benadrukt. Uit dit hoofdstuk zal blijken dat een juiste keus in boomsoort een positieve bijdrage levert aan een kwalitatief mindere groeiplaats. De keus in boomsoort is een veelvoorkomende fout die gemaakt wordt bij diverse groenstructuren in het stedelijk gebied. Door 'De juiste boom in een geschikte groeiplaats' te kiezen kunnen veel problemen voorkomen worden en wordt een groenstructuurplan tevens financieel aantrekkelijker. Een boom kan bijvoorbeeld zorgen voor extra snoeimaatregelen, herstraten, etc. en dit kan een behoorlijke kostenpost zijn. In het ergste geval zal een boom vervangen moeten worden en dit levert financiële tegenvallers op.

In dit hoofdstuk wordt er teruggeblikt op hoofdstuk 1, 'Wat zijn de eisen die een boom stelt aan een optimale groeiplaats?' en wordt er een link gelegd tussen een juiste boomkeus behorend bij de besproken aspecten. Het onderzoek richt zich hierbij op vochtverbruik, droogte en zout resistentie. Verder wordt er gekeken naar het soort wortelgestel en de hierbij behorende voor- en/of nadelen. Op basis van deze facetten wordt er een 'zwarte lijst' opgesteld met bomen die wij ten zeerste afraden om aan te planten in het stedelijk gebied.

6.1 Vochtverbruik

In paragraaf 1.2 Vochthuishouding is aandacht besteedt aan het vochtverbruik van een boom. De groei van een boom is maximaal wanneer er voldoende water in de bodem zit, zodat de boom onbeperkt kan verdampen. Het waterverbruik per boomsoort verschilt van 100 tot 800 liter en dit biedt handvaten voor een verantwoorde boomkeus. Met behulp van neerslaggegevens en informatie over de desbetreffende grondsoort kan er berekend worden hoeveel water er beschikbaar is voor de boom. Op basis van deze gegevens kan er een boomsoort gekozen worden. Er is echter zeer weinig specifieke informatie over de waterbehoefte per boomsoort waardoor het lastig is hier juist op in te spelen. Nader onderzoek hierna lijkt ons van

toegevoegde waarde. Als er bomen in een groeiplaatsconstructie worden geplant is het mogelijk om, in een droog gebied, bomen te planten die een voorkeur voor vochtige standplaats hebben. Met behulp van een voorziening kan een gesloten systeem gecreëerd worden. Als hierbij een grondmengsel met voldoende voedingsstoffen en een juist afgestemd waterbeleid wordt toegepast is hier veel mogelijk qua boomsoort. Met behulp van een dergelijk systeem kan er slim worden ingespeeld op de verschillende (vocht)behoeftes van de boom.

Te veel vocht leidt tot problemen voor de boom, de groei stopt geheel als gevolg van een zuurstofgebrek. Dit komt omdat de hoeveelheid vocht de bodemlucht uit de poriën verdringt. Het tegenovergestelde van te veel vocht is te weinig vocht: droogte. Droogte leidt in eerste plaats tot een verminderde groei. Bij droogteschade kan de boom bruine bladranden vertonen. In extreme gevallen laat de boom haar blad vallen, dit wil overigens niet zeggen dat de boom dan per definitie dood gaat. Het is vaak een strategie om de verdamping te minimaliseren en hiermee voldoende vocht over te houden voor het bestaan van de boom.

6.2 Zout resistentie

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de zout resistentie van bomen. De algemene conclusie die men kan trekken is dat zout in geen enkel geval bevorderlijk is voor een boom. Elke boom heeft echter een bepaalde gevoeligheid voor zout, de een verdraagt zout, de ander totaal niet. In het Stadsbomen Vademecum 4 staat aangegeven of een boom gevoelig is voor zout, dat kan zijn zout d.m.v. zeewind of spat- en/of inspoelingszout. In de steden heeft men over het algemeen te maken met spat-zout, dit is afkomstig van het strooien tijdens de wintermaanden. Met behulp van de bekende gegevens uit dit boek kan een verantwoorde keus voor een boomsoort gemaakt worden. Uit een interview met Anton Dekker, van de gemeente

Apeldoorn, is gebleken dat zout weinig invloed heeft op de groei van de boom, mits de concentratie van het zout niet te hoog is. Een aandachtspunt bij het aanleggen van een groeiplaatsinrichting is

dat de wegen niet afwateren op de groeiplaats. Voldoende afstand tussen de weg en de boom kan ook veel problemen voorkomen. Bij hemelwaterinfiltratie kan water gebruikt worden dat afkomstig is van fietspaden. Hier is de zoutconcentratie minder hoog en zal de boom en de bodem weinig hinder ondervinden van het zout.

6.3 Wortelstelsel

‘Zoals een huis staat op een fundering, zo leeft een boom van haar wortels’. Met deze uitspraak willen we duidelijk maken dat het wortelstelsel erg belangrijk is voor de boom. Dit wordt echter vaak een ondergewaardeerd of zelfs vergeten deel van de boom. Bomen investeren een groot deel van hun energie in het ondergrondse deel en deze draagt dan ook een aantal belangrijke functies met zich mee:

- voorziening van vocht en voedingselementen ten behoeve van de levensprocessen
- verankering
- opslag van reserves

In hoofdstuk 1 wordt ingegaan op de verschillende vocht- en voedingsbehoeftes van een boom, hier verwijzen we dan ook graag naar terug. Ter verankering van zichzelf zal een boom zich met wortels verankeren in de bodem. Er zijn bomen die zich aanpassen aan de wind door trek- of drukwortels aan te maken.

In bladerloze perioden in het vroege voorjaar en de late herfst is het

wortelstelsel op haar reserves aangewezen waardoor deze erg belangrijk voor de boom is.

In het stedelijk gebied zijn er veel factoren die de groei van een boom kunnen beperken. Juist hierdoor is het belangrijk veel aandacht te schenken aan een juiste keuze van een boom. Hier kan men met name denken aan het meest geschikte wortelstelsel.

3 Hoofdtypen wortelsystemen

Het wortelstelsel wordt gestuurd door de erfelijke aanleg en de omgevingsfactoren. Er zijn 3 hoofdtypen wortelsystemen te weten: hart-, pen- en zinkerwortelsystemen (afbeelding 6.3.1).

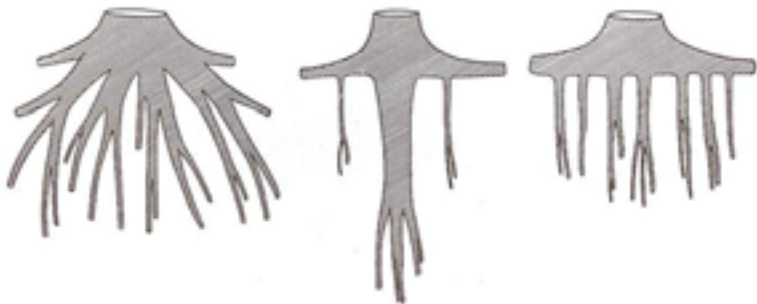
De hartwortelaar heeft een spreidend wortelgestel, een deel van de wortels wortelen vlak, deze zorgen voor voldoende opname van vocht. Het andere deel gaat dieper in de grond en deze zorgen voor verankering en voeding van de boom. Deze manier van wortelen geeft een relatief kleine kans op wortelopdruk waarmee bestrating e.d. opgedrukt kan worden.

Het penwortelsysteem vormt een sterke hoofdwortel die water en voedingsstoffen uit diepere grondlagen probeert te halen. Met deze diepe wortel wordt de boom tevens verankerd. Met dit systeem is de kans op wortelopdruk nihil.

Het zinkerwortelsysteem, ook wel vlakwortelaars genoemd, beschikt over een oppervlakkig wortelgestel. De wortels lopen vlak onder het maaiveld breed uit, vervolgens zullen er wortels de grond ingaan om daar hun vocht en voeding uit, met name, de bovenste laag van de bodem te halen.

Keuze boom en bijbehorend wortelstelsel

Een boom heeft zoals gezegd een bijbehorend wortelstelsel dat gedeeltelijk erfelijk bepaald wordt. Door slim met de kennis over het systeem om te gaan kunnen er veel problemen voorkomen worden met bomen in stedelijk gebied. Door een juiste boomkeuze kan het beeld, dat een ontwerper voor ogen zou kunnen hebben, ook daadwerkelijk behaald worden. Bij het gebruik van groeiplaatsconstructies kan er tevens goed ingespeeld worden op de eigenschappen van de boom.



Afbeelding 6.3.1, drie hoofdtypen wortelsystemen: hart-, pen- en zinkerwortelsystemen. Bron: Kostler et al, 1968

Oppervlakkig wortelende bomen hebben de aanleg om hun vocht en voedsel uit de bovenste laag van de bodem te halen. Deze wortels hebben vaak een aanzet hoog aan de stamvoet en de boom zal vrijwel zeker problemen geven door het opdrukken van de omliggende verharding. Het Stadsbomen vademecum deel 2 noemt hier ter voorbeeld: schietwilg, berk, acacia en de populier. Op de afbeeldingen 6.3.2 en 6.3.3 is een acacia te zien waar binnen 3 jaar al opgedrukte verharding te zien is. Dit is erg ontsierend voor het straatbeeld en er is snel extra beheer nodig om de bestrating weer vlak te leggen.

In de bijlage van de 'Sortimentskatalogus' van Bruns Pflanzen Export GmbH & Co (Duitsland) worden per wortelsysteem de verschillende boomsoorten genoemd. De soorten staan in tabellen onderverdeeld in loof- en naaldbomen en in verschillende groottes. Loofhoutgewassen van de 1ste grootte die vlakwortels creëren zijn bijvoorbeeld: *Acer saccharinum*, *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Gleditsia triacanthos*, verschillende cultivars *Populus*, *Quercus rubra* en *Robinia pseudoacacia*. De genoemde bomen kunnen veel problemen geven met hun wortelstelsel waardoor wij deze op een 'zwarte lijst' plaatsen. Deze en overige boomsoorten die dus beter niet gebruikt dienen te worden zijn te zien in de lijst op de volgende pagina. Indien er toch een van deze soorten gewenst is moet er een groeiplaatsconstructie worden gerealiseerd. Bij een traditionele groeiplaats

zal er wortelopdruk optreden en zal het beoogde straatbeeld niet het gewenste niveau krijgen. Door het kiezen van een gesloten constructie blijven de wortels binnen de groeiplaats en zou er in theorie niets kunnen gebeuren. Het is van groot belang dat de constructie juist wordt aangelegd, indien de aansluitingen niet helemaal gesloten zijn zullen de wortels deze weg vinden en de gevolgen zijn te zien op afbeelding 6.3.4. Bij minder agressief wortelende bomen kunnen kunststof constructies al voldoende zijn om de wortels binnen haar grenzen te houden. Het 2e maaiveld zorgt er namelijk voor dat de wortels door een luchtlaag zouden moeten komen om naar het verharde oppervlak te komen. Dit is in principe niet mogelijk waardoor de boom alsnog kan worden toegepast.

'Zwarte lijst'

Op afbeelding 6.3.5 is een tabel te zien met de boomsoorten die wij op de zogenaamde 'zwarte lijst' plaatsen. Deze bomen hebben een vlakwortelend wortelgestel (zinkerwortelsysteem), zijn niet geschikt als straatboom of hebben andere bijzondere aspecten waardoor zij niet geschikt zijn. Per wortelsysteem en grootte zijn de soorten opgesomd. In de bijlage staan de volledige tabellen waarin ook de soorten te zien zijn die wel geschikt zijn in het stedelijk gebied, al dan niet met een groeiplaatsconstructie. Er is bewust gekozen om alleen te kijken naar de loofgewassen, dit omdat naalddgewassen in zeer kleine mate in het stedelijk gebied wordt toegepast.



Afbeelding 6.3.2, beeld verharding na aanplant van *Robinia pseudoacacia* in 2009



Afbeelding 6.3.3, beeld verharding, 3 jaar na aanplant van *Robinia pseudoacacia*. (2012)



Afbeelding 6.3.4, de wortels drukken granieten elementen uit elkaar

'Zwarte lijst'			
Boomsoort:	Grootte:	Wortelsysteem:	Nadelige eigenschap in stedelijk gebied:
Acer negundo	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Acer saccharinum	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Acer saccharum	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Aesculus hippocastanum	1 ^e	hartwortelsysteem	vruchtdracht nadelig voor verkeer
Ailanthus altissima	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Alnus glutinosa	2 ^e	hartwortelsysteem	vanwege de variabele vorm minder geschikt als straatboom
Alnus incana	2 ^e	hartwortelsysteem	vanwege de variabele vorm minder geschikt als straatboom
Betula nigra	2 ^e	hartwortelsysteem	natte gronden, parkboom
Betula papyrifera	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Betula pendula	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Betula pubescens	2 ^e	hartwortelsysteem	landschappelijke beplantingen, houtwallen e.d.
Cercidiphyllum japonicum	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Davidia involucrata var vilmoriniana	2 ^e	penwortelsysteem	parkboom
Fraxinus excelsior	1 ^e	penwortelsysteem	behoeft rijke vochtige open bodem en heeft een lage brede kroon
Gleditsia triacanthos	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Gymnocladus dioica	2 ^e	penwortelsysteem	parkboom
Juglans nigra	1 ^e	penwortelsysteem	parkboom, heeft een lage brede kroon
Juglans regia	2 ^e	penwortelsysteem	parkboom
Paulownia tomentosa	2 ^e	penwortelsysteem	parkboom
Populus alba	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus lasiocarpa	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus nigra	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus simonii	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus tremula	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus x berolinensis	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus x canadensis	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Populus x canescens	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Prunus avium	2 ^e	hartwortelsysteem	landschappelijke beplantingen
Pterocarya fraxinifolia	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Quercus coccinea	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Quercus rubra	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Robinia pseudoacacia	1 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Salix alba	2 ^e	zinkerwortelsysteem	oppervlakkig wortelsysteem
Tilia (in de soort)	1 ^e	hartwortelsysteem	druipend blad, d.w.z. een kleverige substantie druipt op onderstaande auto's e.d.
Ulmus glabra	1 ^e	penwortelsysteem	niet geschikt als straatboom

Abbeelding 6.3.5, de 'zwarte lijst', met bomen die worden afgeraden bij groeiplaatsen zonder constructie.



7

Conclusies & aanbevelingen

Conclusies & aanbevelingen

Terugkoppeling, doelstelling en hoofdvraag

Het doel van het onderzoek was om een handleiding voor ontwerpers op te stellen om hen te ondersteunen in de keuze voor een juiste groeiplaats in een stedelijke omgeving. De hoofdvraag die we hierbij opgesteld hadden luidde als volgt:

‘Wat voor investeringsmodel kan ontwikkeld worden op ontwerp-niveau voor boomstructuren in een stedelijke context?’

Door verschillende deelvragen te beantwoorden is veel informatie vergaard en is een investeringsmodel opgesteld. We hebben getracht veel verschillende variabelen in een beslisboom te plaatsen om zo de ontwerper te ondersteunen. De variabelen bestonden uit visuele, constructieve, kwalitatieve en financiële aspecten. Al deze facetten bij elkaar zou een te grote en onoverzichtelijke beslisboom opleveren waardoor een technisch model tot stand is gekomen dat alleen ingaat op constructieve en financiële aspecten. Het model is nu zo opgebouwd dat een ontwerper eerst duidelijk een eindbeeld voor zich heeft, en vervolgens in de beslisboom kan kijken met welke voorziening dit haalbaar is. De ontwerper kiest een grootte en locatie en hieraan is een bedrag gekoppeld, zo kan men zien welke normbedragen gehanteerd moeten worden om aan een bepaald eindbeeld te voldoen.

Conclusies

Naar aanleiding van ons onderzoek volgen hier per thema de belangrijkste conclusies:

Visueel beeld en kwaliteit

- Een ontwerper kan het beeld dat hij/zij voor ogen heeft bereiken door het beslismodel te volgen, hieruit volgt een constructie en een kostenplaatje waarmee het beeld te bereiken is.
- Het type wortelgestel hangt nauw samen met het beeld van de verharding; bomen met een zinkerwortelsysteem zorgen vaak voor het opdrukken van verharding. In de ‘zwarte lijst’ zijn boomsoorten te zien die, zonder het treffen van de juiste groeiplaatsvoorzieningen,

niet geschikt zijn voor het stedelijk gebied.

- Bij het gebruik van groeiplaatsconstructies wordt het beschikbaar boomassortiment vergroot omdat factoren als vocht, voeding en wortelinkerking volledig kunnen worden gereguleerd.
- Bij hemelwaterinfiltratie in de voorziening, wordt aangeraden water te gebruiken dat afkomstig is van voet- en fietspaden. Hier is de zoutconcentratie vrij laag in verhouding tot de rijwegen.

Constructies

- Uit ervaring is gebleken dat bomenzand enkel kan dienen als fundering voor voet- en fietspaden, de belasting van een auto is simpelweg te groot.
- Kunststof systemen zijn minder sterk dan betonsystemen, het nieuwe kunststof systeem ‘Silva cell’ beweert echter verkeersklasse D60 aan te kunnen, de praktijk zal uitwijzen of dit ook daadwerkelijk zo is. Beton heeft inmiddels al bewezen verkeersklasse D60 aan te kunnen.
- Het is aan te raden beluchting voor de boom én het groeimedium aan te brengen. In het groeimedium vinden belangrijke processen plaats, zoals narijpen waar zuurstof voor nodig is. Een vochtvoorziening is evenwel belangrijk voor de boom en het groeimedium, een groeiplaatsinrichting met 2^e maaiveld biedt hiertoe voldoende mogelijkheden.
- De meeste problemen (verzakkingen, wortelopdruk, etc.) vinden plaats door het niet juist aanbrengen van de constructie. Het is dus van groot belang dat dit correct gebeurt, het slagen of falen van de constructie is in grote mate afhankelijk van de aanleg.
- Afhankelijk van de beschikbare ruimte, aanwezige infrastructuur, kabels & leidingen en grondwaterstand kan in iedere situatie een groeiplaatsinrichting gerealiseerd worden. Alle factoren zijn echter in iedere situatie anders en iedere constructie is hiermee maatwerk.

Financieel

- Veel steden hanteren verouderde normbedragen, hierdoor ontstaan financiële tekorten bij de aanplant van bomen. Veel aandacht zal voor acceptatie van constructies en de daarbij behorende kosten zorgen. In Amsterdam is in 20 jaar het standaard aantal kuub doorwortelbare ruimte van 5 naar 20 kuub per boom gegaan.

- Om te overtuigen met groeiplaatsconstructies wordt veelal gesteld dat deze tot wel 80 jaar meegaan, hiermee zijn de kosten per jaar vrij laag. Echter is deze levensduur niet reëel; een sterker argument is dat er met een voorziening een boom in goede conditie en een strak verhardingsbeeld ontstaat.

Aanbevelingen

De ontwerper houdt een beeld voor ogen waarbij aspecten als grootte, locatie, verkeersklasse en verharding in mee worden genomen. Door het gebruik van de beslisboom kunnen de juiste normbedragen worden gehanteerd. Indien het budget ontoereikend is zal de ontwerper het beoogde beeld bij moeten stellen of de opdrachtgever moeten overtuigen van het beeld, waaraan hogere kosten zijn verbonden. In ieder ander geval zal men genoeg moeten nemen met een visueel minder aantrekkelijk beeld.

Uit de praktijk blijkt dat er veel bomen in een niet afdoende groeiplaats worden geplant. Een veelgemaakte fout is het gebruik van te lage normbedragen tijdens de ontwerpfase. Het beoogde beeld van de ontwerper kan dan niet gerealiseerd worden. Door meer aandacht en publiciteit aan groeiplaatsvoorzieningen te geven zullen de hogere investeringen eerder geaccepteerd worden. Aan de hand van dit rapport wordt de lezer bewust gemaakt van de problemen die kunnen ontstaan bij een niet afdoende groeiplaats. Op deze manier draagt dit rapport bij aan de normalisatie en acceptatie van hogere normbedragen.

Bronvermelding

Geïnterviewden

Anton Dekker, bomenspecialist en uitvoerder bomen en bossen
Gemeente Apeldoorn

Dirk Doornenbal, commercieel directeur
Nationale Bomenbank

Codi Duister, boomadviseur
Gemeente Arnhem

Linda Elings, directievoerder ingenieursbureau
Gemeente Amsterdam, stadsdeel oost
Team voorbereiding en toezicht

Hans Kaljee, hoofdstedelijk bomenconsulent
Gemeente Amsterdam
Afdeling DRO

Alfons Tanis, boomadviseur
Gemeente Utrecht

Tom Wierdsma, landschapsontwerper
OKRA Landschapsarchitecten

Boeken

Groot, R. de, Heit, R. (2012) Combineren van onder- en
bovengrondse infrastructuur met bomen, Ede, CROW

Janson, T.J.M. & Janssen, J.J.C. (2006) Stadsbomenvademecum
deel 4: Boomsoorten en gebruikswaarde, Arnhem, IPC Groene
Ruimte

Prooijen, G. (2002) Stadsbomenvademecum deel 3A: Boomcontrole
en onderzoek, Arnhem, IPC Groene Ruimte

Prooijen, G. (2006) Stadsbomenvademecum deel 2A:
Groeiplaatsaspecten, Arnhem, IPC Groene Ruimte

Pannekoek, H. & Dekker, A. (2009) Onderzoek naar zoutschade,
Dienst openbare ruimte gemeente Apeldoorn

Riele, J.L.M. te, Hendriks, G.J.J., & Schwarz, A.B.E.M. (2008) GWW
kosten, Doetinchem, E.J. Lamfers

Riele, J.L.M. te, Hendriks, G.J.J., Schwarz, A.B.E.M. & Veldkamp,
I.H.J.T. (2003) Bomenwerk – Kosten en techniek 2003, Doetinchem,
G.H.J.M. van den Bosch

Riele, J.L.M. te, Hendriks, G.J.J., Schwarz, A.B.E.M. & Veldkamp,
I.H.J.T. (2003) Bomenwerk – Groeiplaatsconstructies Kosten en
techniek 2003, Doetinchem, G.H.J.M. van den Bosch

Sortimentskatalog 2004/5, Bad Zwischenahn, Bruns Pflanzen export
GmbH & Co. KG

Loon, A. van, Dubbeldam, R., Koster, A. & Dekker, A. (2003) Ruimte
voor de stadsboom, Blauwdruk, Wageningen

Tijdschriften & rapporten

Knaap, A. van der, (2004) Constructies met kratten onder druk,
Tuin&Landschap, nr.7

Bennink, P. (2010) Moderne groeiplaatsinrichtingen vergeleken,
Tuin&Landschap, nr. 15

Engel, A. & Bennink, P. (2010) Bomen kunnen heel wat strooizout
aan, Tuin&Landschap, nr. 7

Ros, E.J. (2010) Onderzoek groeiplaats bomen IJburg,
sandwichconstructie in J.O. Vaillantlaan, New York Boomadvies

Internet

Tree Ground Solutions (z.d), Groeiplaatsvoorziening, geraadpleegd
op 20 maart 2012, <http://www.tgs.nl>

Green Max (z.d), Producten & diensten, geraadpleegd op 20 maart
2012, <http://www.greenmax.eu/nl/>

De Nationale Bomenbank (z.d.), Groeiplaatsinrichting, geraadpleegd
op 11 maart 2012, [http://www.nationalebomenbank.nl/index.
php?pid=dienstverlening/groeiplaatsinrichting](http://www.nationalebomenbank.nl/index.php?pid=dienstverlening/groeiplaatsinrichting)

Inter Design (z.d.), ondergrondse boomrooster systemen,
geraadpleegd op 30 maart, [http://www.inter-design.nl/producten/
boomroosters/tabid/69/id/3400/Default.aspx](http://www.inter-design.nl/producten/boomroosters/tabid/69/id/3400/Default.aspx)

