

**Bewortelingsonderzoek Coupépolder
Alphen a/d Rijn**
September 2013/ B3985

Copijn Boomspecialisten B.V.

Gageldijk 4f
Postbus 9177
3506 GD Utrecht
Tel: 030-2644333
Fax: 030-2612140
E-mail: info@copijn.nl
Website : www.copijn.nl

Opdrachtgever	: Gemeente Alphen aan den Rijn
Contactpersoon	: C.G. van der Sluys-Speksnijder
Boomtechnisch adviseur	: M. Brunings
Projectleider Copijn	: J. Hilbert

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Voorgeschiedenis	4
1.2	Doel van dit onderzoek	4
1.3	Benadering van de onderzoeksvraag	5
1.4	Leeswijzer	6
2	Opzet onderzoek	7
2.1	Algemene beschrijving boom- en struiksoorten	8
2.2	Profiel- en bewortelingsonderzoek	9
2.3	Literatuurstudie	9
2.4	Praktijkervaring uit onderzoeken en verplantingen	11
3	Onderzoeksresultaten	12
3.1	Algemene beschrijving boom- en struiksoorten	12
3.1.1	Boszones met hoog opgaande bomen	14
3.1.2	Boszones met lagere boomvormers	16
3.1.3	Bosachtige stroken met grote bomen	16
3.1.4	Houtsingels uit verschillende boomsoorten	17
3.1.5	Bomen in samenhangende groepen	18
3.1.6	Losse boomgroepen en solitaire bomen	19
3.1.7	Bepantingvakken langs rand Coupépolder	19
3.2	Literatuurstudie wortelpatronen	20
3.2.1	Typen wortelstelsels	21
3.2.2	Wortelstelsels bomen Coupépolder	21
3.3	Relevante ervaring uit praktijk en onderzoek	22
3.3.1	Boomverplantingen	22
3.3.2	Nader onderzoek naar bodem en beworteling	25
3.3.3	Stabiliteit en windworp	27
3.4	Onderzoek naar beworteling en profielopbouw	29
3.4.1	Bodemtextuur	29
3.4.2	Bodemstructuur	30
3.4.3	Aangetroffen bewortelingspatronen en interpretatie	31
3.4.4	Algemene bevindingen bodemprofiel en beworteling	41

4	Conclusies en adviezen	42
4.1	Vraag 1: worteldieptes aanwezige houtopstanden	42
4.2	Vraag 2: risico's wortels in stortmateriaal	44
4.3	Vraag 3: Risico's door wortelrestanten	45
4.4	Vraag 4: Risicobeperking door andere soortkeuze	46
4.5	Vraag 5: Beste wijze verwijderen wortels	47
4.6	Samenvattende conclusie en advies	48
4.7	Aanvullende adviezen	49
5	Literatuurlijst	51
	Projectgegevens	52
	Bijlage 1 : Overzichtskaart	53
	Bijlage 2 : Profielboringen	54
	Bijlage 3 : Literatuuronderzoek	55
	Bijlage 4 : Beplantingsplan 1986	56

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Alphen aan den Rijn is door Copijn Boomspecialisten b.v. een onderzoek uitgevoerd naar de rol van de wortels van bomen en struiken op de Coupépolder in Alphen aan den Rijn.

1.1 Voorgeschiedenis

De Coupépolder heeft een oppervlak van circa 22 ha. Tussen 1959 en 1985 heeft de locatie als vuilstortplaats gefunctioneerd. Naast huisvuil, bouw- en sloopafval is hier ook chemisch afval gestort. De Coupépolder kreeg hierdoor landelijke naamsbekendheid.

In 1992 heeft de provincie met instemming van de gemeente Alphen aan den Rijn ervoor gekozen om bij deze vuilstort een IBC-variant toe te passen. IBC staat voor Isoleren, Beheersen en Controleren van de verontreiniging in plaats van het afgraven/verwijderen ervan. Dit is gedaan door het toepassen van een waterdoorlatende afdeklaag van kleiige grond over het gehele oppervlak. Aan de afdeklaag worden diverse eisen gesteld zoals het voorkomen van fysiek contact met stortmateriaal en het beperkt doorlaten van stortgas naar de buitenlucht. Aan de randen van de Coupépolder is tevens een afdichtingconstructie, bestaande uit een zand-bentonietlaag en deels een damwand, aangebracht.

Bij een IBC-variant moet voor altijd een programma van controle en beheer worden uitgevoerd, dat ook wel 'nazorg' genoemd wordt.

In 2012 heeft een commissie van externe deskundigen een onderzoek naar de aanpak van de nazorg van de Coupépolder vanaf het begin van de nazorgwerkzaamheden (1993) tot heden uitgevoerd. Dit onderzoek is in december 2012 in een eindrapportage vastgelegd.

In deze eindrapportage worden diverse aanbevelingen gedaan over aanvullende onderzoeken, die tot een beter beeld van de huidige en toekomstige situatie moeten leiden. Hierbij wordt bijzondere aandacht besteed aan (potentiële) risico's en de vraag, hoe men hiermee door het nemen van de juiste (beheer)maatregelen het beste om kan gaan.

1.2 Doel van dit onderzoek

Een van de onderzoeksvragen, die uit het rapport van de externe deskundigencommissie voortvloeit, betreft de eventuele invloed van (diepwortelende) vegetatie in relatie tot de functionele lagen en de potentiële risico's die hiermee gepaard gaan.

De gemeente Alphen aan den Rijn heeft als opdrachtgever en bevoegd gezag vijf vragen geformuleerd, waarop zij een antwoord wenst te ontvangen. Het betreft de volgende vraagstellingen:

- Bepalen, welk type of soort aanwezige opstand diep wortelt en mogelijk tot in het stortmateriaal.
- Bepalen van de mate van risico en gevolg van beworteling in het stortmateriaal.
- Bepalen van mate van risico en gevolg van wortelrestant van voormalige beplanting.
- Aangeven van mogelijkheid van eventuele risicovermindering door aanpassen van de beplanting.
- Aangeven wat de beste wijze van verwijdering van bomen is.

1.3 Benadering van de onderzoeksvraag

Om een gedegen onderbouwing van bovenstaande vragen te geven zijn in het kader van het onderzoek verschillende deelstappen doorlopen.

- Allereerst is een globale inventarisatie van de op de Coupépolder aanwezige bomen en struiken uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar soorten, leeftijdsopbouw, standplaatsen en eventuele afwijkingen wat betreft groei en ontwikkeling.
- Middels een literatuurstudie is onderzoek gedaan naar de worteleigenschappen van de in de Coupépolder voorkomende boom- en struiksoorten.
- De kennis die is opgedaan bij een groot aantal bomenprojecten binnen Copijn vormt eveneens een bron van nuttige achtergrondinformatie. Hierbij zijn naast vergelijkbare onderzoeksprojecten ook praktische ervaringen uit 40 jaar boomverplantingen meegenomen. Verplantingen leveren veel inzicht in de grootte en opbouw van het wortelstelsel van verschillende boomsoorten op heel uiteenlopende bodemtypes.
- Vervolgens zijn op diverse plaatsen in het veld profielsleuven of –boringen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de opbouw van het bodemprofiel en de hierin aanwezige beworteling. Bij de selectie van de proeflocaties is erop gelet dat een breed spectrum van boomsoorten en groeiomstandigheden wordt onderzocht.
- Op basis van de onderzoeksresultaten is beoordeeld of de op de Coupépolder aanwezige bomen en struiken tot problemen (kunnen) leiden en welke soorten beplanting op deze locatie eventueel beter geschikt zijn.
- Bij het graven van de profielsleuven is de diepte, verdeling en intensiteit van de beworteling opgenomen. Deze informatie is noodzakelijk om effecten als inklinken van de deklaag te kunnen voorspellen als gevolg van verwijderen van bomen en het afsterven van wortels. Daarbij is eveneens ingegaan op de aan te raden wijze van verwijderen van de bomen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de opzet van het onderzoek beschreven.

Hoofdstuk 3 bundelt de resultaten uit de verschillende deelonderzoeken. Hierbij staan de diverse veldwaarnemingen centraal. Daarnaast worden de uitkomsten van de literatuurstudie en relevante kennis uit projecten en praktijk beschreven.

In hoofdstuk 4 worden de onderzoeksvragen van de gemeente Alphen aan de Rijn beantwoord. Daarnaast zijn in dit hoofdstuk samenvattende en aanvullende conclusies en adviezen opgenomen.

Hoofdstuk 5 bevat een verklarende woordenlijst.

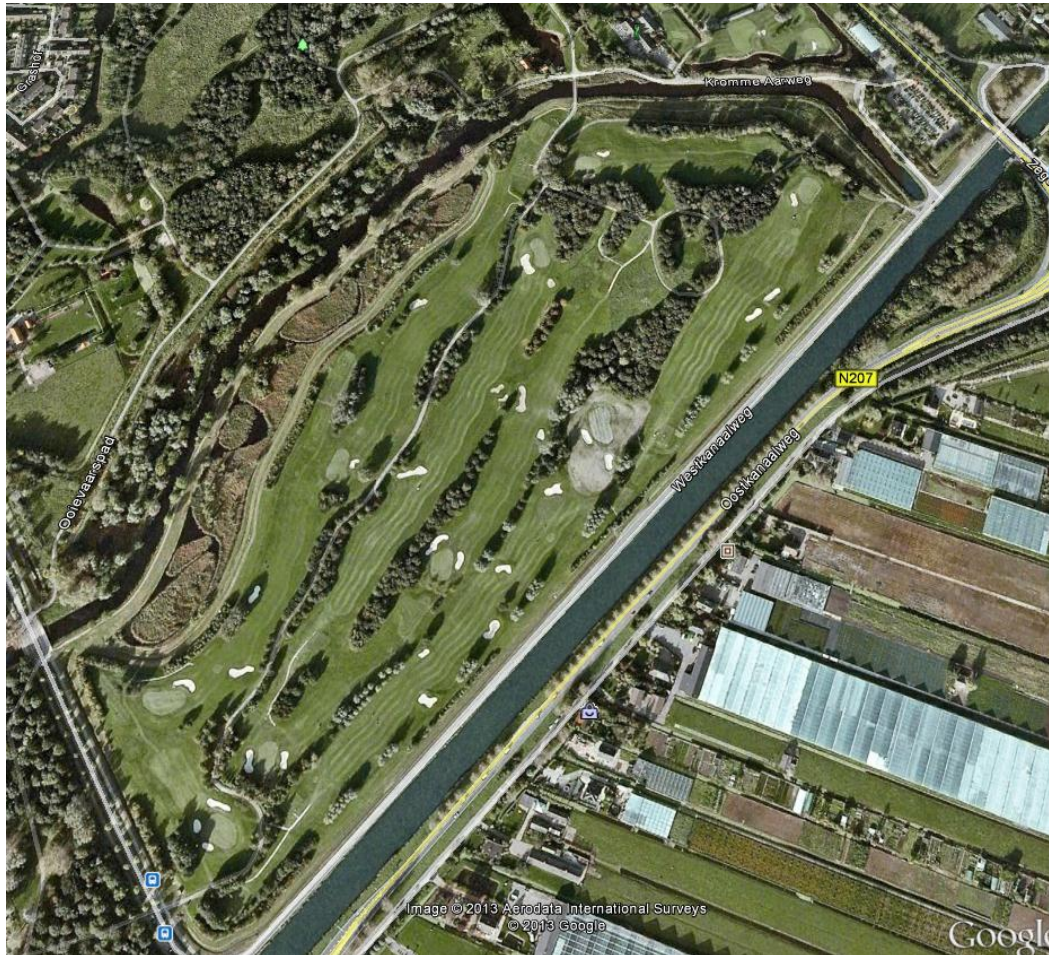
De in het kader van dit onderzoek geraadpleegde literatuur is in hoofdstuk 6 te vinden.

2 Opzet onderzoek

Het onderzoek omvat vier delen:

- Algemene beschrijving aanwezige boom- en struiksoorten;
- Literatuurstudie naar ontwikkeling wortelstelsel aanwezige beplanting;
- Weergave relevante ervaringen Copijn met vergelijkbare situaties.
- Wortelonderzoek door middel van graven van profielsleuven, het uitvoeren van profielboringen en het uitgraven van de wortelstobbe van een jong volwassen boom.

De resultaten van de vier onderzoeksdelen vormen de basis voor de conclusies en adviezen. Afbeelding 1 geeft een luchtfoto weer van het onderzoeksgebied.



Afbeelding 1: Onderzoeksgebied Coupépolder, heden in gebruik als golfterrein van Golfclub Zeegersloot (Bron: Google Earth 2013)

2.1 Algemene beschrijving boom- en struiksoorten

De groene inrichting van het huidige golfterrein (Afbeelding 2) is gebaseerd op een beplantingsplan van de gemeente Alphen aan den Rijn van 1986. In dit beplantingsplan staan de verschillende bomen en struiken vermeld die hier vervolgens zijn geplant. In de periode van 1986 tot heden zijn daar nog diverse bomen en beplantingen bijgekomen. In veel gevallen gaat het om gerichte aanplant of herplant in het kader van een fraaie en functionele golfbaan. Daarnaast is er sprake van spontaan opgekomen vegetatie bestaande uit zaailingen.

De beschrijving geeft een kwalitatief beeld van de huidige beplantingen weer. In hoeverre kunnen de beplantingen nog aan het oorspronkelijke beplantingsplan gerelateerd worden? Welke samenhangende eenheden komen voor (singels, houtwallen, bosschages, bosachtige zones, boomgroepen en solitaire exemplaren)? Hoe groot zijn deze bomen nu ongeveer en wat is boomtechnisch gezien hun kwaliteit?



Afbeelding 2: blik op een van de *greens* van de golfbaan.

2.2 Profiel- en bewortelingsonderzoek

In het kader van het onderzoek zijn 17 profielsleuven (zie afbeelding 3) op korte afstand van een boom gegraven (bijlage 2, locaties 1 tot en met 17). Hierbij is gekozen voor bomen van verschillende soorten en afmetingen. De maximale graafdiepte was 1,0 m. Naast deze sleuven is een wortelstronk volledig uitgegraven (bijlage 2, locatie 18). Op locaties 19 tot en met 24 zijn profielboringen uitgevoerd. De meeste sleuven zijn handmatig gegraven. Waar de schade aan bestaande beworteling beperkt kon worden, is gebruik gemaakt van een kleine graafmachine. Op sommige locaties was diep graven niet mogelijk als gevolg van veel ondiepe wortelmassa. Hier zijn alleen profielboringen uitgevoerd.

Op locatie 19 is een stobbe van een jong volwassen boom uitgegraven om een breder beeld te krijgen van de ontwikkeling van de wortels.

Tot slot zijn in samenwerking met de onderzoekers van Fugro profielboringen uitgevoerd die gerelateerd kunnen worden aan een grondradarmeting in hetzelfde tracé (locaties 19 en 22 tot en met 24).



Afbeelding 3: graafwerkzaamheden

2.3 Literatuurstudie

Met behulp van specialistische vakliteratuur, namelijk de Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher (L. Kutschera en E. Lichtenegger 2002,

herdruk 2013) en *Die Wurzeln der Stadtbäume* (H. Balder, 1998) is een literatuurstudie uitgevoerd naar de aard van de verschillende wortelstelsels (Afbeelding 4).

De *Wurzelatlas* beschrijft de wortels van bosbomen en struiken in Midden-Europa en is voor een groot deel gebaseerd op resultaten van veldonderzoek in Oostenrijk. Dit boek gaat uit van natuurlijke ontwikkeling van wortels en richt zich met name ook op wortelontwikkeling op hellingen. Aangezien de Coupépolder eveneens hellingen bevat en de bomen in een open groeiplaats staan (geen kabels en leidingen, huizen, intensieve bestrating) wordt dit als een waardevol naslagwerk gezien voor deze situatie.

Die Wurzeln der Stadtbäume richt zich op de ontwikkeling van bomen in de stad. Stadsbomen hebben vaak een meer beperkte ruimte om hun wortels te ontwikkelen omdat ze in zekere zin in afgebakende ruimtes staan. De wortelstelsels van de bomen in de Coupépolder hebben in zekere zin ook een kunstmatige groeirimte omdat zij in beginsel wortelen in een kleiige afdeklaag die in de diepte overgaat naar het stortmateriaal in plaats van gesteente of een ander moedermateriaal.



Afbeelding 4: twee van de geraadpleegde vakboeken.

Voor beide boeken geldt dat de onderzoeken zich baseren op studies naar enkele bomen. Het is een weergave van bevindingen, maar biedt geen uitsluitend op een andere ontwikkeling van een wortelstelsel dan degene die beschreven is. Daarnaast worden niet alle aanwezige boomsoorten in beide boeken beschreven. De boeken bieden inzicht in mogelijke ontwikkelingen.

2.4 Praktijkervaring uit onderzoeken en verplantingen

Copijn Boomspecialisten voert al ruim 40 jaar boomverplantingen uit. Duizenden verplantingen van bomen in alle soorten en maten en op heel verschillende bodems leveren veel waardevolle kennis en ervaring op. Bij de benadering van de onderzoeksvraag kan hiervan gebruik worden gemaakt.

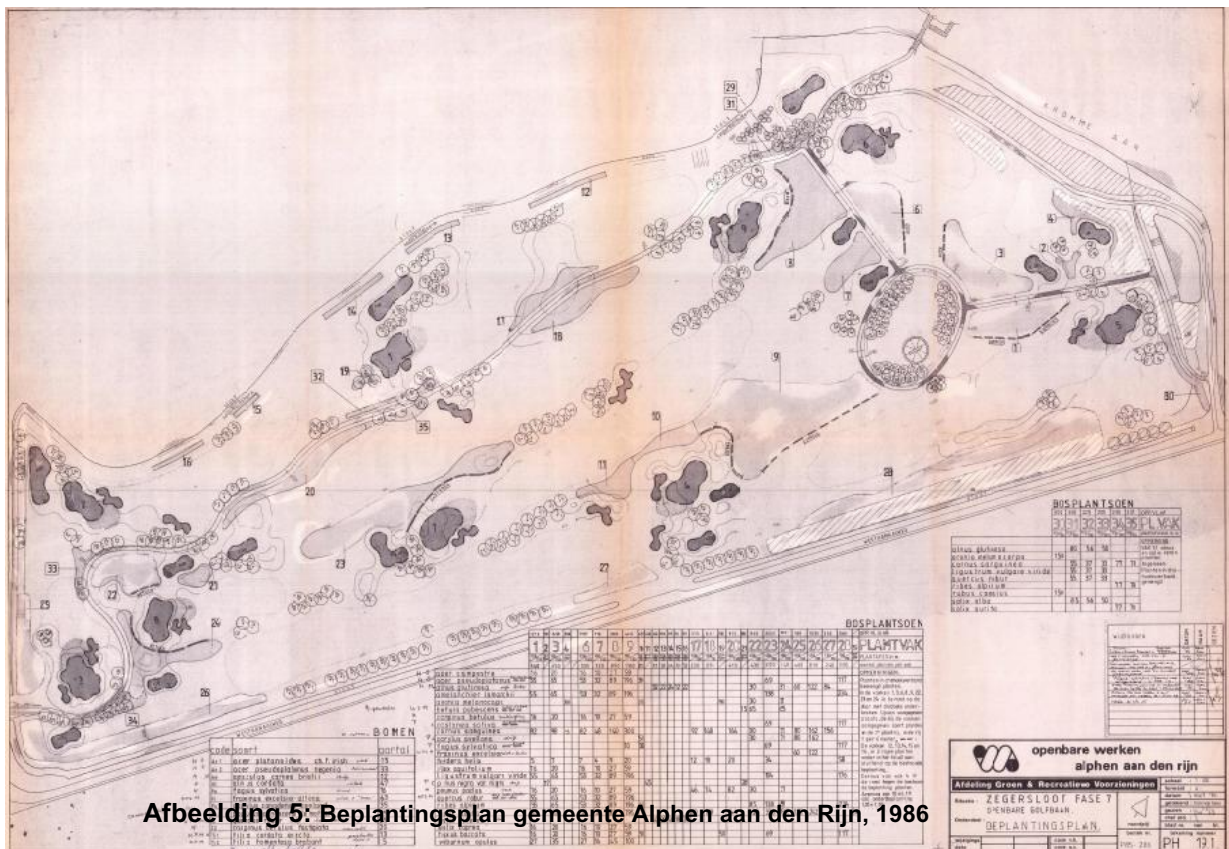
Daarnaast is boomtechnisch onderzoek en advies al sinds vele jaren een vaste discipline. Bodem en beworteling staan bij dergelijke onderzoeken vaak centraal.

3 Onderzoeksresultaten

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten uit de verschillende onderzoeksdelen weergegeven. De uitgebreide resultaten van het onderzoek zijn te vinden in de bijlagen. In bijlage 1 is een overzichtskaart van het gebied met de onderzoekslocaties weergegeven. Bijlage 2 geeft een beschrijving van de bevindingen van de graaf- en boorwerkzaamheden. Bijlage 3 gaat nader in op het literatuuronderzoek. In bijlage 4 wordt tenslotte weergegeven hoe het oorspronkelijke beplantingsplan eruit zag.

3.1 Algemene beschrijving boom- en struiksoorten

De huidige beplanting op de Coupépolder is gebaseerd op het beplantingsplan van de gemeente Alphen aan den Rijn van 1986 (Afbeelding 5). In dit plan zijn verschillende bomen en struiken (te planten als bosplantsoen) duidelijk weergegeven.



Afbeelding 5: Beplantingsplan gemeente Alphen aan den Rijn, 1986

In bijlage 4 is het beplantingsplan in een groter formaat weergegeven.

De vergelijking tussen het beplantingsplan en de huidige inrichting leidt tot de conclusie, dat het plan in grote lijnen nog steeds actueel is en de bestaande situatie

vrij goed weergeeft. Op verschillende plekken zijn bomen en struiken inmiddels verdwenen, nieuw aangeplant of uit zaailingen voortgekomen.

Opvallend is de goede groei en ontwikkeling van de meeste boomsoorten (Afbeelding 6 en 7). Het hele bomenbestand is niet ouder dan 25 jaar, maar veel exemplaren zouden op basis van hun afmetingen (stamdiameter, hoogte, kroon diameter) een stuk ouder kunnen worden geschat. De groei-ontwikkeling valt af te lezen in twee stappen. Aan de hand van de scheutlengte, bladbezetting, bladgrootte en –kleur kan de conditie van een boom worden vastgesteld. Daarnaast geeft het patroon van takken en vooral twijgen informatie over de groei-ontwikkeling van de afgelopen jaren.



Afbeelding 6 (links): gewone esdoorn in een bosvak. Deze bomen komen voort uit bosplantsoen.



Afbeelding 7 (rechts): een groep van volwassen schietwilgen (*Salix alba* 'Liefelde') in gazon
In de paragrafen 3.1.1. t/m 3.1.7 is een overzicht (typologie) van de verschillende beplantingsvormen en de daarin voorkomende soorten weergegeven.

3.1.1 Boszones met hoog opgaande bomen

In de oorspronkelijke aanleg waren eik, gewone esdoorn, veldesdoorn en haagbeuk de hoofdsoorten in de boszones. In sommige boszones komt gewone beuk in grotere aantallen voor. Daarnaast zijn er diverse struiken geplant als krent, kornoelje, vogelkers, en rode ribes. Zie de Afbeeldingen 8 en 9.

De boomvormers hebben zich goed ontwikkeld en zelfs in dichte opstanden stamdiameters van meer dan 30 cm bereikt. Door gebrek aan licht zijn veel struiken verdwenen of spelen slechts een ondergeschikte rol.



Afbeelding 8 (links): rand van een bosperceel met gewone esdoorn en zomereik.

Afbeelding 9 (rechts): in veel bospercelen hebben zich andere boomsoorten als es en ratelpopulier uit zaailingen ontwikkeld.

Naast de oorspronkelijk (als bosplantsoen) geplante boomvormers hebben zich ook andere boomsoorten in de bospercelen gevestigd. Hieronder vallen onder andere de gewone es en verschillende soorten van wilg en populier (bijvoorbeeld de ratelpopulier).

Veel van deze samenhangende bospercelen met hoog opgaande bomen liggen centraal op de hogere delen in de noordelijke helft van de Coupépolder. In het beplantingsplan (bijlage 4) zijn dit bijvoorbeeld de vakken 1, 3, 6, 7, 8 en 9.

3.1.2 Boszones met lagere boomvormers

Afhankelijk van de soortensamenstelling staan in sommige bospercelen minder hoge bomen die eerder een gedrongen en brede groei vertonen. Dit betreft vooral de zones in het midden van de Coupépolder. Veel voorkomende soorten zijn hier veldesdoorn, gewone esdoorn en taxus. Ook haagbeuk, beuk en eik worden hier aangetroffen (zie Afbeelding 10 en 11).



Afbeelding 10 en 11: eik (links) en haagbeuk (rechts) aan de rand van een bosperceel. Waar de bomen de ruimte hebben groeien zij uit met brede en laag vertakte kronen.

3.1.3 Bosachtige stroken met grote bomen

Vooral aan de zuidelijke en de noordelijke rand van de Coupépolder komen brede bosachtige stroken met daarin grote bomen voor. In deze singels zijn es, esdoorn, wilg en populieren (waaronder de ratelpopulier) vaak de dominerende soorten (afbeelding 12).

Enkele van deze stroken zijn in het beplantingsplan als zodanig vastgelegd. Een voorbeeld hiervan is het beplantingselement nr. 25 aan de zuidzijde van het terrein. Hier is es de dominerende boomsoort geworden (afbeelding 13).



Afbeelding 12 (links): essen en populieren in een strook met hoge bomen aan de noordzijde.

3.1.4 Houtsingels uit verschillende boomsoorten

Een markant element op de Coupépolder zijn de diverse houtsingels. Deze vertonen een vrij grote variatie qua soort/samenstelling van de bomen en qua onderbegroeiing met struiken. In veel gevallen zijn deze singels aangeplant met individuele bomen. Er komen echter ook singels voor die zich hebben ontwikkeld vanuit een smalle strook die met bosplantsoen is ingeplant.



Afbeelding 14 (links): houtsingel van essen langs het geasfalteerde fietspad.

Afbeelding 15 (rechts): houtsingel met esdoorn, wilg en eik in het verlengde van een

3.1.5 Bomen in samenhangende groepen

Op sommige plaatsen in de Coupépolder zijn bomen bewust in samenhangende groepen geplant. Hierbij is het beplantingsplan nauwlettend gevolgd (Afbeelding 16 en 17).



Afbeelding 16 (links): groep met zwarte den aan de noordzijde van het terrein

Afbeelding 17 (rechts): op het hoogste deel van de Coupépolder staat een cirkel van gewone esdoorn.

Bij de samenhangende groepen kunnen ook laanachtig geplante boomstructuren worden gerekend (afbeelding 18).



Afbeelding 18: Op diverse locaties in de Coupépolder staan laanachtige structuren van schietwilg, hartbladige els en andere

3.1.6 Losse boomgroepen en solitaire bomen

Op diverse plekken hebben bomen binnen het beplantingsplan de ruimte gekregen om vrijuit te groeien. Sommige bomen staan hierbij helemaal vrij (solitair).

Bij de vrijuit groeiende bomen in losse groepen horen de grote grauwe abelen vlakbij de toegangsbrug van de golfbaan aan de noordzijde. Deze abelen horen naast enkele wilgen tot de zwaarste bomen op de Coupépolder.

Een markante solitaire boom is de zilverlinde die vrij centraal op het terrein staat en vanuit veel zichtassen te zien is (afbeelding 19).



Afbeelding 19: Solitaire zilverlinde als blikvanger vanuit verschillenderichtingen

3.1.7 Beplantingvakken langs rand Coupépolder

Langs de rand van de Coupépolder liggen vakken met een gevarieerde beplanting van struiken en boomvormers.

Het beplantingsplan voorzag aan de westzijde stroken met voornamelijk gewone els en grauwe wilg (vakken nr. 12 t/m 16).

In de huidige situatie is echter sprake van een veel meer gevarieerde beplanting met diverse struiken als krent, kardinaalsmuts, liguster en hazelaar. Tussen de struiken staan veel jonge tot jong volwassen bomen. Dit betreft voornamelijk gewone es en zwarte en hartbladige els.

In de plantvakken langs de oostzijde was deze variatie qua soorten al in het beplantingsplan beschreven (Afbeelding 20).



Afbeelding 20: strook langs de oostzijde van de Coupépolder met voornamelijk liguster, kornoelje, hazelaar en meidoorn. Tussen de struiken staan diverse bomen.

3.2 Literatuurstudie wortelpatronen

Per boomsoort is in verschillende literatuurbronnen informatie met betrekking tot de opbouw van het wortelstelsel verzameld. De beschrijvingen staan samengevat in bijlage 3.

Daarbij is bij elke soort onderscheid gemaakt tussen de bevindingen die uit de verschillende boeken afkomstig zijn, omdat de resultaten van bomen in de stad niet altijd overeenkomt met de resultaten in natuurlijk gebied. In deze paragraaf wordt eerst toegelicht welke typen wortelstelsels voorkomen. Vervolgens wordt ingegaan op bijzondere of relevante bevindingen.

Hierbij is op te merken dat de voornaamste wortelactiviteit bij de meeste bomen plaatsvindt in de bovenste 30 tot 40 cm van de bodem. Wortels zoeken over het algemeen de makkelijkste weg naar vocht en voedingsstoffen. Daarnaast hebben boomwortels zuurstof nodig om te kunnen functioneren. In zeer sterk verdichte, zuurstofarme bodems zullen wortels zich over het algemeen weinig ontwikkelen. Afhankelijk van de beschikbare groeiplaats kunnen bomen een ander wortelstelsel ontwikkelen dan op een plek met andere groeiplaatsomstandigheden. Bomen zijn levende organismen die zich kunnen aanpassen aan de omgeving.

3.2.1 Typen wortelstelsels

Grofweg zijn drie hoofdsoorten wortelstelsels te benoemen. Naast de drie hoofdsoorten bestaan uiteraard diverse tussenvarianten. In afbeelding 21 zijn de hoofdsoorten met hun kenmerken beschreven.



Afbeelding 21: wortelpatronen (bron: vrij vertaald naar Kostler e.a., 1968)

Volgens Kostler (e.a. 1968) zijn:

- de den, de zilverspar, de eik en de iep typische penwortelaars
- de lariks, Douglas, berk, linde, haagbeuk en esdoorn typische hartwortelaars
- de spar, es, populier, zwarte els en lijsterbes typische zinkwortelaars.

Bomen wortelen echter niet per se volgens hun meest voorkomende patroon. Zo kan een eik niet alleen een penwortelaar, maar eveneens een zink- en hartwortelaar zijn.

3.2.2 Wortelstelsels bomen Coupépolder

In bijlage 3 wordt voor de in de Coupépolder aangetroffen boomsoorten beschreven welk type wortelstelsel volgens de geraadpleegde literatuur gangbaar is en wat eventuele andere relevante typering zijn. In onderstaande tabel is schematisch weergegeven wat de resultaten hiervan zijn. Daarbij moet genoemd worden dat veel bomen in hun jeugdfase een penwortel aanmaken, maar deze in een later stadium opgeven en een ander wortelstelsel ontwikkelen. Het omslagpunt ligt daarbij globaal bij een leeftijd van 10 jaar.

Tabel 1: In literatuur gevonden typologieën wortelstelsels per aanwezige soort. Waar het verwachte wortelpatroon daadwerkelijk in de proefsleuf is aangetroffen is een gele arcering aangebracht.

	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Hartwortelaar	Penwortelaar	Zinkwortelaar	mengvorm
ace ca	Acer campestre	Veldesdoorn	x		x	
ace ps	Acer pseudoplatanus	Gewone esdoorn	x		x	
ace sa	Acer saccharinum	Zilveresdoorn				x
aes ca	Aesculus x carnea	Rode paardekastanje	x			
aes hi	Aesculus hippocastanum	Witte paardekastanje	x			
aln co	Alnus cordata	Hartbladige els	x			
aln gl	Alnus glutinosa	Gewone els	x			x
aln in	Alnus incana	Witte els, Grijsze els	x			
car be	Carpinus betulus	Gewone haagbeuk	x			
cas sa	Castanea sativa	Tamme kastanje		x		
fag sy	Fagus sylvatica	Gewone beuk	x			
fra ex	Fraxinus excelsior	Gewone es	x	x (jeugd)	x	x
lig vu	Ligustrum vulgare	Liguster		x		
pin ni	Pinus nigra	Zwarte den		x		
pop al	Populus alba	Witte abeel			x	
pop ca	Populus x canescens	Grauwe abeel		x		
pop tr	Populus tremula	Ratelpopulier	x			
pru pa	Prunus padus	Gewone vogelkers	x			
pru se	Prunus serotina	Amerikaanse vogelkers	x			
que ro	Quercus robur	Zomereik	x	x (jeugd)	x	x
sal al	Salix alba	Schietwilg		x (jeugd)		x
sam ni	Sambucus nigra	Gewone vlier		x		
sor ar	Sorbus aria	Meelbes	x	x		
til co	Tilia cordata	Kleinbladige linde	x	x (jeugd)		
til pl	Tilia platyphyllos	Grootbladige linde	x	x (jeugd)		x
til to	Tilia tomentosa	Zilverlinde	x	x (jeugd)		
Gele arcering is daadwerkelijk/ vermoedelijk aangetroffen						

3.3 Relevante ervaring uit praktijk en onderzoek

3.3.1 Boomverplantingen

Bij een boomverplanting moet de wortelkluit voldoende groot en ontwikkeld zijn om de bovengrondse delen (stam en kroon) na de verplanting te kunnen verzorgen. Vaak wordt de kroon door middel van snoei gereduceerd om de onderlinge verhouding gunstiger te maken. Reden hiervoor is dat bij een grote boom voor transporttechnische redenen zelden de gehele kluit kan worden meegenomen. Om een compacte en intensieve beworteling te bevorderen wordt de kluit soms al 3 jaar voor de verplanting voorbereid d.m.v. het (gefaseerd) afgraven of -steken van wortels en toedienen van water en (vloeibare) voedingsstoffen.

Bij de verplanting wordt de kluit definitief losgemaakt (afbeelding 22 en 23). Soms worden hierbij kluiten met een diepte van 1 m en meer toegepast. Wanneer er nog wortels onder de kluit zitten die nog dieper naar beneden doorgroeien kan dit tot een ernstige belemmering van de verplanting leiden. De wortels moeten met behulp van

een zaag of met een stalen touw van twee kanten onder de kluit doorgezaagd worden.

Het is juist de ervaring van dit soort verplantingen van dieper wortelende bomen die relevante kennis voor een project als de Coupépolder oplevert.

Op basis hiervan kunnen de volgende uitgangspunten geformuleerd worden:

- Enkele boomsoorten zoals de watercipres (*Metasequoia glyptostroboides*) maken vaak een blijvende penwortel. Deze wortel kan de verplanting van een groter exemplaar moeilijk tot onmogelijk maken omdat men er slecht bij komt. In de Coupépolder staan echter geen boomsoorten die dit verschijnsel vertonen.
- Vooral in stedelijk gebied kunnen sommige boomsoorten dieper wortelen dan 1,0 m en op deze diepte nog vrij zware wortels ontwikkelen. Dit heeft te maken met de structuur van de ondergrond. In stadsbodems zitten vaak tot op grotere diepte holle ruimtes en grote poriën (bijvoorbeeld in en rond oude funderingen) waar bomen in kunnen wortelen.
- Diep reikende wortels komen regelmatig voor bij gewone plataan (*Platanus x hispanica*). Zulke wortels kunnen op 1,0 m diepte diameters van 20 cm en meer hebben. Ook andere boomsoorten zijn in staat om op deze dieptes nog dikkere (houtige) wortels te vormen. Hieronder vallen onder andere linde, iep en eik.
- Ook bij de diep wortelende bomen zit een groot percentage van het totale wortelstelsel op dieptes van 0 - 80 cm beneden maaiveld.
-

Op het moment wanneer een kluit uit de grond komt kan hij van alle kanten bestudeerd worden. Hoewel elk wortelstelsel een individuele vorm heeft die op de groeiplaatsomstandigheden is aangepast, is er toch sprake van terugkomende en herkenbare patronen.



Afbeelding 22: kluit van een volwassen plataan (verplanting Domplein Utrecht, 2013). Enkele wortels met diameters tussen de 5 en 10 cm steken door naar dieptes van meer dan 1,0 m.



Afbeelding 23: transport van een boom met zware kluit met een grote verplantschap.

3.3.2 Nader onderzoek naar bodem en beworteling

In veel projecten rond bomen moet nader onderzoek naar het wortelstelsel worden uitgevoerd. Reden hiervoor kan een geplande herinrichting zijn waarbij in de directe omgeving van bomen gegraven moet worden. Daarnaast kunnen veranderingen van de grondwatersituatie een reden zijn om de bewortelingsdiepte en -intensiteit in beeld te brengen.

Elk onderzoek is hierbij uniek. De resultaten kunnen niet zonder meer vertaald worden naar een andere locatie met andere omgevingsfactoren. Desondanks levert de kennis uit deze projecten een goed referentiekader op. Terugkomende patronen worden zichtbaar, afwijkende patronen vallen op.

In 2011 is op de Singels in Groningen een uitgebreid stabiliteitsonderzoek bij een aantal paardenkastanjes uitgevoerd. In het kader van dit onderzoek zijn twee wortelkluiten helemaal uitgegraven en bestudeerd (Afbeelding 24 en 25). De omstandigheden daar hadden meerdere overeenkomsten met de Coupépolder. Het ging om bomen van circa 30 jaar oud die geworteld staan in een stadsbodem met een lemige grondslag waarin verdichte zones voorkomen. In dit onderzoek zat het hoofdwortelstelsel met houtige wortels tot 2 cm dikte tot een diepte van circa 65 cm. Fijne beworteling van enkele mm tot circa 1 cm is tot op een diepte van circa 1,7 m waargenomen.



Afbeeldingen 24 en 25: onderzoek naar de opbouw van bodem en beworteling op de Coupépolder, september 2013.

Wanneer in de discussie over de vervanging van waardevolle bomen een riolering moet worden vervangen en/of een herinrichting van de openbare ruimte plaatsvindt, wordt regelmatig gebruik gemaakt van de grondradar technologie.

Met de grondradar kan zonder graven een beeld van de ondergrondse situatie worden verkregen (afbeelding 26).

In 2009 is in het kader van de renovatie van een woonwijk aan de berg in Amersfoort een meetreeks met de grondradar uitgevoerd. In het kader hiervan zijn op diverse plaatsen sleuven gegraven die vervolgens aan de radarmetingen zijn gerelateerd.



Afbeelding 26: projectie van een grondradarmeting op een diepte van 60 cm. De reflectiesterkte gaat van blauw (zwak, bijvoorbeeld zand) tot paars (sterk, bijvoorbeeld funderingen of een put). Wortelreflecties worden hier in de tinten groen tot geelgroen

Bij deze metingen zijn wortels, kabels/leidingen en andere ondergrondse objecten in beeld gebracht. De resultaten zijn verwerkt in het renovatieplan waarin inpassing en behoud van een aantal beeldbepalende bomen een belangrijk uitgangspunt was.

3.3.3 Stabiliteit en windworp

Bij extreme windbelastingen kan zelfs een boom met een gezond en goed ontwikkeld wortelstelsel kiepen, waarbij de kluit helemaal of gedeeltelijk los komt en uit de grond getrokken wordt.

Naast de risico's, die het vallen van een boom met zich meebrengt, kan het 'gat in de grond' tot problemen leiden. Dit geldt bijvoorbeeld voor dijklichamen. Wanneer de laagsgewijze opbouw van een dijk beschadigd is, kan (stromend) water het probleem nog vergroten. Voor de dijkbeheerder is dit niet wenselijk. In een worst case scenario ontstaat rond het gat een verzwakking die uiteindelijk kan leiden tot het doorbreken van de dijk.

Op de Coupépolder moet eveneens gekeken worden naar de scenario's, die zich kunnen voordoen als bomen door externe factoren (wind) worden ontworteld. De volgende drie scenario's worden hierbij bekeken:

- De boom wortelt niet dieper dan 60 tot 70 cm beneden maaiveld.
- De boom wortelt circa 1 m diep tot in de overgangzone tussen het stortmateriaal en de deklaag. Kleine opnamewortels van maximaal 1 cm dik groeien eventueel tot in het stortmateriaal.
- De boom wortelt tot in het stortmateriaal en heeft hier wortels met een houtige kern en met diktes van 3 cm en meer ontwikkeld.

Wanneer een ondiep gewortelde boom met kluit kiept, blijft altijd een laag grond van de deklaag met een dikte van minimaal 30 cm aanwezig die een direct contact tussen het stortmateriaal en de atmosfeer voorkomt. Wanneer na een dergelijke calamiteit op binnen drie dagen maatregelen als het opruimen van de boom inclusief de wortelkluit en het weer opvullen van het ontstane gat met nieuwe grond worden genomen, is het effect met betrekking tot de omgeving naar verwachting nihil. Hierbij komt het feit dat de golfbaan na een dergelijke calamiteit (gedeeltelijk) wordt afgesloten tot de schade hersteld is.

Bij een kluit die wortels tot circa 1 m diep tot in de overgangzone tussen stortmateriaal en deklaag heeft ontwikkeld, kan het bij windworp gebeuren dat de bovenkant van het stortmateriaal bloot komt te liggen. Kleinere wortels die eventueel tot in het stortmateriaal groeien worden bij het kiepen afgescheurd.

In dit geval ontstaat een beperkt oppervlak waar sprake is van een direct contact tussen stortmateriaal en atmosfeer. Hierbij kunnen gasvormige componenten uittreden tot het gat van de kluit opgevuld is met aarde. Opvulling dient binnen een werkdag te worden uitgevoerd.

In dit scenario neemt de theoretische kans op een blootstelling aan gassen die afkomstig zijn uit het stortmateriaal toe. Hierbij moet worden opgemerkt dat bomen met een diep wortelstelsel beter verankerd staan en hierdoor minder snel kiepen dan ondiep wortelende bomen. Het is waarschijnlijker dat een boom bij extreme windbelasting eerder in zijn bovengrondse delen bezwijkt (tak en stambreuk).

Wanneer een boom dikkere wortels tot in het stortmateriaal gevormd heeft, bestaat de theoretische kans dat bij windworp stortmateriaal met de wortels naar boven wordt getrokken en hierdoor directe effecten op de omgeving ontstaan.

De kans dat dit scenario zich voordoet wordt echter miniem geacht. Reden hiervoor is dat dikkere (houtige) wortels die tot in het stortmateriaal groeien voor een dermate sterke verankering zorgen dat kiepen van de kluit als geheel nagenoeg onmogelijk wordt. In dat geval zou eerder breuk van bovengrondse delen van de boom ontstaan.

Samenvattend kan worden gezegd dat het risico op kiepen met kluit in combinatie met een hieruit voortkomend direct contact tussen stortmateriaal (inclusief stoffen uit omzettingsprocessen) en de omgeving gering is.

Desondanks is het zinvol om een draaiboek te maken. Het is altijd mogelijk dat onverwachte extremen optreden als de downburst van 2007 in Hoogeveen waarbij veel bomen zijn afgebroken of ontworteld. Wat betreft het calamiteitenplan wordt naar het volgende hoofdstuk (conclusies en adviezen) verwezen.

3.4 Onderzoek naar beworteling en profielopbouw

Op 18, 19 en 27 juni en op 25 juli 2013 zijn bewortelingsonderzoeken uitgevoerd door het graven van profielsleuven en het uitvoeren van boringen met de edelmanboor. De eerste profielsleuven zijn op 18 juni handmatig gegraven. Door de moeilijk te doorgraven bodem en de geringe hoeveelheid zware wortels die bij de eerste profielsleuf werden aangetroffen, is op 19 juni een minigraver ingezet bij bomen waar geen zware en essentiële wortels zijn aangetroffen. Om dit vast te stellen is bij elke profielsleuf handmatig voorgegraven. Op 27 juni is tevens een boomstronk van een eerder geveld es geheel uitgegraven om te zien hoe de wortels zich ontwikkelen richting de onderlaag. Op deze dag is in samenwerking met het grondradaronderzoek van Fugro tevens een profielboring boven op de bentonietlaag uitgevoerd. Op 25 juli zijn aanvullende waarnemingen op een aantal locaties boven de bentonietlaag (nummers 20 t/m 24 in bijlage 2) gemaakt. In totaal is op 24 locaties geboord of gegraven. De uitgebreide beschrijving van deze locaties is te vinden in bijlage 2.

Bij de meeste profielsleuven en –boringen is gegraven tot een diepte van 80 – 90 cm. Er is nergens dieper gegraven dan 1,0 m. In veel profielen zijn in de onderste lagen stenen en puinresten aangetroffen. Dit staat bij de beschrijvingen beschreven als puin. Er was echter in alle gevallen sprake van een mengsel van puinresten en grond. In de paragrafen 3.4.1 tot en met 3.4.3 zijn de bevindingen van de verschillende onderzoekslocaties gebundeld en samenhangend beschreven.

3.4.1 Bodemtextuur

De bodem bestaat voornamelijk uit minerale bestanddelen (korrels) van verschillende grootte. De korrelgroottesamenstelling wordt ook wel de textuur van de bodem genoemd.

Uit het veldonderzoek komt naar voren dat op de Coupépolder sprake is van bodems met een heterogene opbouw en samenstelling. Dit geldt niet alleen voor de verschillende profielsleuven en –boringen onderling, maar ook voor de waarnemingen binnen de onderzoekslocaties zelf.

In veel gevallen was er sprake van lichte klei tot leem. Er zijn herhaaldelijk lagen met een meer zanderig mengsel aangetroffen, waarbij de zandfractie relatief fijn was. Zware klei in een samenhangende laag is vooral op grotere dieptes (circa 80 cm beneden maaiveld) waargenomen.

Een duidelijke gelaagdheid binnen de bodem was zo goed als niet vast te stellen. Vaak bevinden zich brokken klei met een diameter van enkele centimeters in een wat lichter lemig mengsel (zie afbeelding 27 en 28). Over het geheel gezien is de term 'kleiige grond', die in eerdere rapporten over de Coupépolder gebruikt is, voor de aangetroffen grondmengsels van toepassing.



Afbbeelding 27 (links): vaak is een mengsel van leem tot lichte klei aangetroffen.

Afbbeelding 28 (rechts): in dit profiel is de donkere laag van zwaardere klei onderin duidelijk zichtbaar.

3.4.2 Bodemstructuur

Naast de textuur speelt de structuur van een bodem een belangrijke rol. De structuur wordt in sterke mate bepaald door abiotische factoren als mechanische belasting, de rol van regen-/grondwater en vorst alsmede bodemchemische factoren als de pH-waarde. Daarnaast spelen bodemorganismen een belangrijke rol. Zij zorgen voor de omzetting van organisch materiaal en voor het verkitten van korrels tot samenhangende eenheden (aggregaten). Hierdoor ontstaan functionele poriën. Een bodem krijgt hierdoor tevens een losse en kruimelige structuur waarin wortels goed kunnen functioneren.

Tijdens het veldonderzoek is doorgaans een goede bodemstructuur in de bovenste 30 tot 40 cm van het profiel aangetroffen. Deze structuur is mede te danken aan de activiteit van regenwormen. Wormengangen zijn tot ruim 60 cm diepte waargenomen.

Naast de gunstige omstandigheden in de bovenste zones van het bodemprofiel zijn bij veel locaties matig tot zwaar verdichte zones aangetroffen.

Deze zones liggen op variërende dieptes en hebben diktes van 10 tot 30 cm. Mogelijk is de verdichting al ontstaan tijdens het aanbrengen van de afdeklag.



Afbeelding 29: een samenhangende brok van matig zware klei met daarin veel wormengangen. Daarnaast is te zien dat de brok bestaat uit vele kleinere elementen (aggregaten). Voor de wortels van bomen en andere planten is dit een zeer geschikte bodem met veel grove en fijne poriën.

3.4.3 Aangetroffen bewortelingspatronen en interpretatie

De toegepaste werkwijze (het graven van een profielsleuf op enige afstand van de wortelaanlopen) levert slechts beperkte informatie op over het totale wortelstelsel van een boom. Deze informatie is echter waardevol wanneer zij gecombineerd wordt met kennis en ervaring over bomen en hun bewortelingspatronen. Deze kennis kan afkomstig zijn uit uitvoeringsprojecten (verplantingen, frezen of rooien van stobben, aanbrengen van leidingen of constructies), nader onderzoek naar bodem en beworteling (profielsleuven, grondradar) en de stand van kennis in wetenschap en vakliteratuur.

De keuze voor de locatie van de proefsleuf is gemaakt op basis van een verwachtingspatroon. Men wil door middel van graven relevante beworteling aantreffen maar niet zodanig beschadigen dat de boom eronder te lijden heeft.

De aangetroffen beworteling laat conclusies toe met betrekking tot de opbouw van het totale wortelstelsel. Wortels die schuin onder de boom de diepte in groeien en mogelijk tot in het stortmateriaal reiken, kunnen niet in beeld worden gebracht zonder de boom fundamenteel te beschadigen of zelfs helemaal te vellen en de stobbe uit te graven. Voor deze zone moet een inschatting op basis van alle beschikbare gegevens

worden gemaakt. Om een referentiewaarneming te hebben is op 27 juni met behulp van een kraan een hele wortelstronk van een es uitgegraven. De boom was al enige tijd eerder geveld. De afdeklaag is hierbij niet volledig afgegraven. Het ontgravinggat is kort daarna weer opgevuld met grond.

Hieronder zijn de meest belangrijke waarnemingen in samenhangende vorm weergegeven. In bijlage2 is elk profiel apart beschreven.

Ondiepe beworteling

Bij alle waarnemingen is doorgaans een goede en gezonde fijne beworteling in de bovenste 30 cm van het profiel waargenomen. Dit is mede te wijten aan het feit dat de bodemstructuur in deze zone zeer goed is als gevolg van een hoge biologische activiteit. De fijne beworteling dient ter opname van vocht en voeding.

Naast deze fijne wortels zijn op veel locaties zware ondiepe wortels aangetroffen (zie afbeelding 30). Dit zijn hoofdwortels met een dubbele functie. Zij vormen de hoofdinfrastructuur voor het transport vanuit de opnamewortels naar de kroon en terug. Daarnaast hebben zij een belangrijke mechanische functie omdat zij bij sterke wind de op kroon en stam werkende krachten over moeten dragen naar de bodem. Veel boomsoorten maken zogenaamde zinkwortels. Deze groeien eerst ondiep en horizontaal uit en maken vervolgens aftakkingen naar de diepere bodemlagen toe. Diverse populierensoorten vormen een deel van hun wortelstelsel op deze manier. In dit onderzoek zijn dergelijke zware oppervlakkige wortels vooral aangetroffen bij populier (abeel, ratelpopulier), schietwilg en gedeeltelijk bij es (zie afbeelding 31).



Afbeelding 30 (links): op meetlocatie 10 zijn bij een es meerdere zware ondiepe wortels met diktes tot circa 12 cm waargenomen.

Afbeelding 31 (rechts): de opdruk in het asfalt van het pad vlakbij een grote ratelpopulier bij meetlocatie 3 geeft aan dat hier veel zwaardere oppervlakkige wortels aanwezig zijn. Het graven van een profielkuil bij deze boom bleek niet mogelijk.

Bij een boom die veel zware ondiepe wortels ontwikkelt, kan niet worden uitgesloten, dat er tevens wortels de diepte in gaan en tot in het stortmateriaal reiken. Het grootste deel van de wortelmasse zit dan echter in de bovenste 50 tot 60 cm van het profiel.

Dieper reikende beworteling

Bij veel profielen zijn wortels tot op grotere diepte aangetroffen.

Dit betreft vaak fijne wortels tot diktes van circa 1 cm. Er zijn echter ook enkele dikkere wortels dieper dan 80 cm beneden maaiveld waargenomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de beworteling van de zwarte den (locatie 14). Bij deze boom is de profielsleuf vrij dicht op de stam gemaakt. Een deel van de wortels met diktes van circa 2 cm duikt op 100 cm beneden maaiveld naar beneden de diepte in.

Een vergelijkbaar beeld doet zich voor bij de es op locatie 2. Ook hier zijn wortels van circa 2 cm dik tot een diepte van 80 cm aangetroffen. Omdat op deze diepte puin is aangetroffen is niet dieper gegraven. Het wortelpatroon suggereert echter dat ook op een diepte van 1 m of meer nog wortels aanwezig zijn.

Bij deze es viel tevens op dat het hele profiel zeer intensief en gelijkmatig doorworteld is. Dit is voor het functioneren van een boom in de termen van groei en verankering gunstig.



Afbeelding 32 (links): Profielsleuf bij de zwarte den (locatie 14). Enkele wortels duiken weg tot meer dan 1 m diep.

Afbeelding 33 (rechts): Profiel naast es (locatie 2. Opvallend is hier onder andere de intensieve en gezonde beworteling door het hele profiel heen. Ook bij deze boom zijn wortels tot 80 cm diepte waargenomen, die nog verder naar beneden doorgroeien.

De waarneming van diep reikende wortels bij meerdere bomen (zie afbeelding 32 en 33) geeft aan dat er wel situaties kunnen zijn waar bomen tot in het stortmateriaal kunnen wortelen. Omdat onderzoek in het stortmateriaal in het kader van dit onderzoek uitgesloten was, is niet dieper gegraven om de wortels te volgen. Het is echter ook mogelijk dat de wortels uiteindelijk niet dieper groeien dan tot de overgang tussen stortmateriaal en de opgebrachte bodem.

Uitgraven van hele wortelstobbe van es

Aanvullend op de profielsleuven en –boringen is met toestemming en ondersteuning van de golfclub ervoor gekozen om de stobbe van een recent gevelde es volledig uit te graven en te onderzoeken (onderzoekslocatie 18).

Deze werkzaamheden zijn op 27 juni 2013 met behulp van een kraan uitgevoerd. Met een puinbak zijn hierbij de stabiliteitswortels aan een kant van de stobbe stap voor stap doorgestoken. Vervolgens is de gehele stobbe uitgegraven en naast de kuil gelegd, die door de werkzaamheden is ontstaan (afbeelding 34 en 35).



Afbeelding 34 (links): afsteken van de stabiliteitswortels met de puinbak.



Afbeelding 35 (rechts): de zware stabiliteitswortels (rode pijlen) lopen schuin naar beneden weg. Dieper in het profiel is een zware kleilaag aangetroffen.

Bij de werkzaamheden is stap voor stap naar beneden toe gewerkt. Aan de onderzijde van de kluit waren enkele wortels afgescheurd die schuin naar beneden waren gegroeid naar een overgangslaag met daarin bakstenen en delen van betonnen stoeptegels. Enkele van deze stenen zaten op circa 100 cm beneden maaiveld en zijn met de kluit naar boven getrokken. Hoewel hierbij geen stortmateriaal in het zicht kwam is niet dieper gegraven.

De es had geen penwortel meer. Wel waren er enkele schuin naar beneden lopende zwaardere wortels die in ieder geval tot in de overgangslaag met stenen/puin groeiden. Bij het rooien van de stobbe zijn deze wortels afgescheurd.

Opvallend was dat de wortelaanzetten een heel stuk (circa 40 cm) beneden maaiveld zaten. Deze zone is daarom nader bekeken. Hieruit bleek dat de grond rond deze boom in het verleden is opgehoogd (afbeelding 36). Dit is vermoedelijk gebeurd ten behoeve van de vormgeving van het aangrenzende green.

Bij het graafwerk is tot circa 85 cm diep gegraven. Bij het uittrekken van de stobbe kwam met enkele kleinere wortels aan de onderzijde (diameters 1 tot 4 cm) ook wat grond uit een diepere laag los. In totaal is hierdoor een diepte van circa 95 cm bereikt. Op deze diepte zijn enkele grove stukken puin (delen van bakstenen en stoeptegels) in de grond aangetroffen.



Afbeelding 36: de hele wortelkruit van de es. Er is sprake van compacte en diep reikende beworteling. De rode stippellijn geeft aan welk deel van de stobbe in de grond zat. Dit deel is circa 1 m hoog.

Uit de waarnemingen wordt duidelijk dat bij deze boom sprake is van een goed gevormde kruit met enkele zware wortels die schuin naar beneden steken en in ieder geval in de overgangslaag tussen de afdeklaag en het stortmateriaal groeien. Het gaat in dit geval dus om een boom met een diepe en sterke verankering in de ondergrond.

De kuil van de ontgraven kruit is binnen twee dagen gevuld met ter plaatse aanwezige grond die voor de inrichting van de greens wordt gebruikt.

Boringen en profielsleuf boven bentonietlaag

Op 27 juni en op 25 juli 2013 zijn meerdere profielboringen en een profielsleuf boven de bentonietlaag uitgevoerd. Deze staan nader beschreven in de profielen nr. 19 t/m 24 in bijlage 2.

Een aantal van deze meetlocaties is in overleg met de onderzoekers van Fugro gekozen. Hierdoor konden de resultaten van de grondradarmetingen gerelateerd worden aan de daadwerkelijke laagopbouw.

Het eerste meetpunt lag in het gazon vlakbij een groep wilgen (meetlocatie nr. 19). Met de grondradar is hier een lijnmeting langs de wilgen en haaks op de oever uitgevoerd. Op een vastgelegd punt is vervolgens een profielboring uitgevoerd om een referentiewaarneming voor de radar te hebben.

De meting liet een humusrijke bovenlaag van circa 10 cm dikte zien. Hieronder lag een droge en compacte laag van siltig /zwak lemig zand. Tussen 70 en 85 cm beneden maaiveld is een laag met grof grijs zand aangetroffen (afbeelding 37). Hieronder lag de bentonietlaag. Deze laag was voor de edelmanboor ondoordringbaar.



Afbeelding 37: het boorprofiel in gazon boven de bentonietlaag. Aan de rechterzijde is de laag met grof grijs zand te zien.

Drie profielboringen zijn aan de onderkant (teen) van het talud aan de rand van de Coupépolder uitgevoerd (meetlocaties nr. 22 t/m 24). Hoewel deze meetlocaties qua afstand vrij ver uit elkaar liggen, vertonen de boorprofielen een vergelijkbaar beeld. De bovenlaag is van lemig zand en varieert qua dikte tussen 20 en 30 cm. Deze laag was tijdens de veldwaarnemingen zeer droog.

Hieronder komen lagen met matig grof zand met een lichtbruine tot grijsbruine kleur. Het vochtgehalte neemt met de diepte geleidelijk toe. Vanaf gemiddeld circa 70 cm diep is het zand nat en grijs van kleur (afbeelding 38).



Afbeelding 38: met toenemende diepte wordt het zand boven de bentonietlaag vochtig tot nat. Op circa 70 cm diepte verandert de kleur van lichtbruin naar grijs tot blauwgrijs. In deze onderste laag heersen reducerende omstandigheden.

In de onderste grijze zandlaag heersen reducerende omstandigheden. Door het gebrek aan zuurstof is dit een ongeschikt milieu voor wortelgroei. Dit blijkt tevens uit een van de profielonderzoeken in de plantvakken boven de bentonietlaag (locatie 21). Hier is de wortelkluit van een jonge eikenzaailing helemaal ontgraven tot een diepte van circa 40 cm (afbeelding 39). De dieper naar beneden reikende penwortels zijn op deze diepte afgezaagd zodat de boom met kluit als geheel eruit kon worden gehaald (afbeelding 40). Vervolgens is vlak naast de penwortels verder geboord met de edelmanboor. De matig zware kleilaag, waarin de boom voornamelijk wortelt, reikt tot circa 70 cm diep. Daaronder is tussen 70 en 100 cm diepte een humusloze zandlaag aangetroffen. Deze laag is tussen 90 en 100 cm grijs en nat (verzadigd).

De beworteling van de jonge eik is het meest intensief in de bovenste 40 cm van het profiel en neemt met toenemende diepte af. Op 70 cm diepte ligt een overgangslaag tussen de droge kleilaag (boven) en de vochtige tot natte zandlaag eronder. Op deze overgang is vocht beschikbaar waardoor op deze diepte vrij veel wortels zijn ontwikkeld. Dit betreft fijne wortels met diameters tot circa 1 cm. In de zandlaag vanaf 70 cm en dieper zijn geen wortels aangetroffen.



Afbeelding 39 (links): de rond gegraven kluit van de eik in matig zware klei. De boom staat op de foto alleen nog op zijn twee penwortels.

Afbeelding 40 (rechts): karakteristieke compacte kluit met veel wortels met een diameter van 0,5 tot 3 cm. De penwortel(s) worden in een latere levensfase van de eik meestal afgestoten.

Wortelontwikkeling bij struiken

In het kader van de werkzaamheden op proeflocatie 21 zijn twee middelgrote ligusterstruiken uitgegraven.

Liguster is de meest voorkomende struiksoort in de plantvakken aan de oostelijke rand van de Coupépolder. De in het kader van het onderzoek uitgegraven struiken hadden een worteldiepte van 25 en 30 cm. Deze uitgegraven exemplaren zijn representatief voor het wortelpatroon van de meeste struiken.

Volgens de literatuur maken struiken/heesters op den duur een fijnmazig netwerk van wortels in alle richtingen en wortelen voornamelijk in de bovenste 40 tot 50 cm van het profiel. Dit komt overeen met de veldwaarnemingen in de Coupépolder. Het is niet aannemelijk dat struiken dieper dan 50 cm nog essentiële (houtige) wortels met diameters van meer dan 1 cm vormen.

Het wortelstelsel van struiken is relatief licht en hierdoor niet te vergelijken met het zware houtige wortelgestel van een volwassen boom. Sommige soorten struiken maken in de jeugd een kleine penwortel voor de eerste stabilisatie. Wanneer de wortelkluit verder is ontwikkeld, verliest de penwortel haar functie en wordt afgestoten.

Deze waarneming wordt bevestigd door de profielboring bij locatie 20. Deze boring is uitgevoerd tussen enkele hoge en volwassen ligusterstruiken. Hier is wat dikkere beworteling (1 cm) tot een diepte van 30 cm aangetroffen (zie afbeelding 41). Tussen 30 en 60 cm zijn nog diverse fijne haarwortels met diameters van 1 tot 2 mm waargenomen. Er waren geen wortels op meer dan 60 cm diepte (zie afbeelding 42). Hierdoor kan min of meer uitgesloten worden dat de struik wortels tot aan de dieper gelegen bentonietlaag heeft gevormd.

N.b.: de bentonietlaag is bij deze boring niet bereikt en ligt hier nog dieper dan de maximale boordiepte van 90 cm.



Afbeelding 41 (links): karakteristieke kluit van een middelgrote ligusterstruik.
Afbeelding 42 (rechts): op locatie 20 zijn geen wortels beneden 60 cm diepte aangetroffen. Tussen 30 en 60 cm diep waren alleen enkele haarwortels zichtbaar.

Geurwaarnemingen

Op vier onderzoekslocaties (nummers 3, 5, 13 en 17) is tijdens het graven van profielsleuven met toenemende diepte een afwijkende geur waargenomen die niet afkomstig was van de bodem of de daarin voorkomende wortels.

Deze geur was niet sterk maar dient desondanks genoemd te worden. Mogelijk kan op deze plekken een luchtmeting uitgevoerd worden.

Op de betreffende vier locaties konden geen afwijkingen betreffende bodemleven, bodemstructuur, beworteling en groeiontwikkeling t.o.v. de overige onderzoekslocaties worden vastgesteld.

3.4.4 Algemene bevindingen bodemprofiel en beworteling

Bevindingen van het veldonderzoek waren:

- Zeer goed bodemleven, veel wormen en andere organismen op vrijwel alle locaties;
- Mooie kruimelige structuur van de bovenste 20 – 30 cm (leeflaag);
- De leeflaag is doorgaans zeer goed doorworteld met fijne wortels;
- Nauwelijks tot geen oppervlakkige grote wortels bij veel boomsoorten (veldesdoorn, esdoorn, eik, els). Wel oppervlakkige grote wortels aangetroffen bij de wilgen en populieren (abelen). Dit betreft wortels tot 20 cm beneden maaiveld;
- Slechts op enkele locaties zijn wortels aangetroffen in lagen dieper dan 70 cm;
- Op veel locaties zijn kleiige moeilijk te doorgraven bodemlagen aangetroffen;
- Ook in de bovenste 30 tot 40 cm van de sleuven wordt af en toe puin opgegraven;
- Op een aantal locaties (nummers 3, 5, 13 en 17) is een niet- natuurlijke geur aangetroffen op circa 60 cm en dieper;
- Een aantal ratelpopulieren vertoont een matige conditie. Dit is zichtbaar in de terugvallende boomkronen die boven de andere kronen uitsteken. Gezien de boomsoort is dit vermoedelijk te verklaren uit natuurlijke selectie. Deze populier verliest na een snelle groei in de jeugdfase op den duur de strijd om groeiplaats en licht van de andere boomsoorten. Als de bomen nog verder achteruitgaan is preventief vellen aan te raden voordat de bomen zelf omvallen of afsterven is aan te raden;
- Enkele elzen zijn slecht en lijden onder een forse aantasting van de wilgenhoutrups (*Cossus cossus*). Vermoedelijk staan deze bomen te nat. Deze bomen dienen geveld te worden en de drainage van dit deel van het terrein dient bekeken en aangepast te worden voordat herplant plaats zal vinden.

4 Conclusies en adviezen

Door de gemeente Alphen aan de Rijn zijn vijf vragen geformuleerd waarop dit onderzoek een antwoord moet geven. Daarom wordt in dit hoofdstuk op elke vraag apart ingegaan.

Vervolgens worden de verschillende waarnemingen en de beschikbare achtergrondinformatie in hun onderlinge samenhang bekeken. Op basis hiervan worden adviezen uitgebracht met betrekking tot de omgang met beplantingen op de Coupépolder.

4.1 Vraag 1: worteldieptes aanwezige houtopstanden

Welk type of soort aanwezige (hout)opstand wortelt diep en mogelijk tot in het stortmateriaal

Deze onderzoeksvraag is vanuit drie verschillende invalshoeken benaderd:

- Gegevens uit relevante vakliteratuur;
- Praktijkervaring uit een groot aantal projecten. Hieronder vallen onder andere gerichte onderzoeken naar bodem/beworteling en verplantingen van grote bomen;
- Onderzoek op de Coupépolder door middel van profielsleuven en –boringen bij een selectie van representatieve bomen.

In het literatuuronderzoek stonden twee boeken centraal die als standaardwerken kunnen worden beschouwd. Daarnaast zijn ook enkele andere literatuurbronnen geraadpleegd.

Hierbij valt op dat de verschillende bronnen niet bij alle boomsoorten tot dezelfde inschatting komen. Populieren worden in de literatuur vaak als zinkwortelaars met een uitgebreid en relatief ondiep wortelstelsel beschreven. Veel populieren beginnen echter met een penwortel en vormen in het vervolg een zware houten kern (pit) direct onder de boom. De *Wurzelatlas* van Kutschera/Lichtenegger is een baanbrekend werk dat op basis van uitgebreid onderzoek de wortelpatronen van een groot aantal boomsoorten minutieus in beeld brengt. De toen onderzochte bomen stonden echter vaak in een heel andere omgeving (bodem/klimaat). In de praktijk kan het verschil tussen het verwachte en het daadwerkelijk aangetroffen wortelpatroon groot zijn. Dat blijkt telkens weer in de dagelijkse praktijk in het onderzoekswerk en bij boomverplantingen.

Wortelstelsels zijn vaak grillig gevormd. De grilligheid neemt toe met het aantal en de spreiding van ondergrondse 'obstakels' voor de wortelontwikkeling. Dit zijn vooral vernatting of verdroging, verdichting, zuurstoftekort of onvoldoende biologische activiteit in de bodem.

Aangezien bij de verschillende profielonderzoeken op de Coupépolder een vrij grote bandbreedte is aangetroffen wat betreft de textuur van de bodem en de mate van verdichting, moet ervan worden uitgegaan dat bomen in de circa 1 m dikke deklaag

nogal atypisch kunnen wortelen. Dat wil zeggen dat er geen sprake is van één type grondopbouw en een gelijke ontwikkeling van wortelstelsels op de verschillende locaties. Wel kan worden geconstateerd dat wortels tot in het stortmateriaal reiken.

Op basis van alle in het veld verzamelde gegevens en de geraadpleegde achtergrondinformatie wordt van het volgende scenario uitgegaan:

Bomen met zware wortels

tot in het stortmateriaal: Gewone es
Grauwe abeel (pit direct onder de boom)
Zwarte den (incidenteel)
Zomereik (incidenteel)
Tamme kastanje

Bomen met lichtere wortels

tot in het stortmateriaal: Veldesdoorn
Schietwilg
Gewone els

Bij de overige boomsoorten wordt op basis van soorteigenschappen, praktijkervaring en de ter plaatse gemaakte waarnemingen ervan uitgegaan dat zij niet dieper wortelen dan 80 tot 90 cm en met het stortmateriaal niet in aanraking komen.

Over de aangetroffen struiken is minder informatie gevonden in de literatuur. Bij de struiken moeten liguster en vlier als diep wortelende soorten genoemd worden die tevens een penwortel (kunnen) maken. Het wortelstelsel van een struik is vergeleken met een boom echter veel minder diep en zwaar ontwikkeld. Naast de veel geringere biomassa speelt hierbij ook het feit een rol dat de mechanische belasting van struiken bij wind veel lager is dan bij bomen. Struiken kunnen daarom binnen deze vraagstelling als minder risicovol worden gezien dan bomen.

Een bijzondere situatie doet zich boven de bentonietlaag voor. Deze laag is in het kader van het onderzoek (meetdiepte tot maximaal 1,0 m) slechts een enkele keer met de boor bereikt bij locatie 19. Op de locaties 20 tot en met 24 ligt de bentonietlaag kennelijk dieper.

Boven de bentonietlaag ligt een laag met humusarm tot humusloos zand. Deze laag is bij boringen herhaaldelijk aangetroffen. Door de stagnerende werking van de bentonietlaag blijft de onderste zone van de zandlaag erboven continu nat. Dit is onder andere te zien aan de grijze tot blauwgrijze kleur van het zand. Een dergelijke laag is een barrière voor wortels, die in de reducerende omstandigheden met weinig tot geen zuurstof niet kunnen functioneren. Hierdoor kan nagenoeg uitgesloten worden, dat wortels de bentonietlaag bereiken of er zelfs doorheen groeien.

4.2 Vraag 2: risico's wortels in stortmateriaal

Wat is de mate van risico en het gevolg van beworteling in het stortmateriaal?

De vraag naar risico's is in dit geval tweeledig:

- Risico's voor de bomen
- Risico's voor de omgeving

De gemiddeld circa 1 m dikke afdeklaag biedt wortelruimte van voldoende volume en kwaliteit om het huidige bomenbestand hierop goed te laten groeien. De meeste bomen wortelen in deze omstandigheden niet dieper dan 60 tot 70 cm. Wanneer bomen dieper reikende wortels tot in het stortmateriaal ontwikkelen betekent dit, dat zij daar omstandigheden aantreffen die voor hen redelijk gunstig zijn. Mogelijk biedt het heterogene stortmateriaal voldoende poriën of holten zodat wortels ondanks het gewicht van de deklaag erboven (verdichting) kunnen functioneren. Dit betekent dat in deze diepte voldoende zuurstof aanwezig is. Verhoogde concentraties van toxische verbindingen in de bodemlucht zijn hierdoor zeer onwaarschijnlijk. Wanneer andere toxische en voor de boom opneembare stoffen aanwezig waren, zou men dit in de groei-ontwikkeling moeten zien. Een dergelijk effect is echter nergens geconstateerd.

Voor alle onderzochte bomen geldt dat ze op dit moment goed geworteld zijn en stabiel staan. Er zijn geen indicaties aangetroffen voor slecht ontwikkelde of aangetaste wortelkluiten waardoor de bomen gevoelig voor windworp zouden kunnen zijn. Aangezien de deklaag voldoende dik is zodat de bomen zich hierin volledig kunnen verankeren, is de kans dat bomen op de Coupépolder bij storm met kluit ontworteld worden gering. Indien bomen wortelen tot in het stortmateriaal, kan zelfs worden beargumenteerd dat de verankering van deze bomen optimaal is. Deze bomen zullen ook met een zware storm niet omwaaien of hooguit bovengronds afbreken.

In het kader van de literatuurstudie en het veldonderzoek zijn geen waarnemingen gedaan die erop wijzen, dat de aanwezigheid van het dieper liggende stortmateriaal een negatief effect zou kunnen hebben op planten en organismen, die in de afdeklaag leven of wortelen. Er zijn geen symptomen van wortelsterfte of slecht groeiende beplantingen waargenomen. Wormengangen zijn vaak op dieptes tot ruim 60 cm beneden maaiveld aangetroffen. In de bosachtige delen op het terrein vindt een goede omzetting van de strooisellaag plaats wat duidt op een actief bodemleven.

Het enige aandachtspunt is de waargenomen geur bij vier profielsleuven op circa 40 cm beneden maaiveld en dieper (profielsleuven nr. 3, 5, 13 en 17, zie bijlage 2). Deze geur komt waarschijnlijk tot stand door omzettingsprocessen in het stortmateriaal. Het is raadzaam om op deze vier locaties een bodemluchtmonster te nemen en nader te onderzoeken. Effecten op de beworteling, het bodemleven, de gras- en kruidenlaag of andere organismen zijn op de vier locaties met geurwaarneming echter niet vastgesteld. Zolang een boom een levend wortelstelsel heeft, is sprake van een afgesloten systeem. De afsluitende werking van de afdeklaag is dus met bomen even goed als zonder bomen. Hetzelfde geldt voor struiken.

Verder is het nagenoeg uit te sluiten, dat bomen als 'doorgeefluik' voor milieurelevante stoffen gaan fungeren. Veel van deze stoffen zijn organische verbindingen (bijvoorbeeld PAK of dioxinen). De grote moleculen kunnen door de membranen van de boomwortels niet opgenomen worden maar moeten daarvoor

door bodemorganismen in veel kleinere units gesplitst of volledig gemineraliseerd worden.

Enig aandachtspunt zijn minerale/anorganische bestanddelen als zware metalen. Bomen kunnen hiervan naar verwachting een bepaald hoeveelheid in hun vezels opnemen. Omdat de meeste bomen echter niet tot in het stortmateriaal wortelen en hun opnamewortels in de op zich gunstige kleiige afdeklaag hebben gevormd wordt ervan uitgegaan, dat het hierbij niet om milieurelevante hoeveelheden kan gaan.

4.3 Vraag 3: Risico's door wortelrestanten

Wat is de mate van risico en gevolg van wortelrestant van voormalige beplanting?

Wanneer bomen of struiken afsterven worden de wortelrestanten geleidelijk omgezet. Dit proces kan al op gang komen terwijl een boom nog staat en leeft.

Er zijn meerdere factoren die ertoe kunnen leiden dat een boom of struik bovengronds afsterft/verdwijnt en een wortelrestant achterblijft:

- Schade door houtborende insecten: de boom gaat geleidelijk achteruit en kan helemaal afsterven. Delen van het wortelstelsel sterven eveneens af.
- Aantasting door bacteriën of door houtafbrekende schimmels: de boom gaat geleidelijk achteruit en kan helemaal afsterven. Delen van het wortelstelsel sterven eveneens af of worden actief afgebroken.
- Mechanische schades door maai- of graafwerkzaamheden: boom gaat meestal conditioneel achteruit en kan afsterven wanneer de verwondingen leiden tot een secundaire aantasting.
- Ophoging van grond en vernatting: door slechte zuurstofvoorziening kan wortelsterfte ontstaan. De boom kan hierdoor op korte termijn (binnen enkele weken) afsterven.
- Velling: de bovengrondse delen van de boom worden verwijderd, de stobbe blijft in de grond achter.
- Ouderdom: ook bomen en struiken hebben een maximale levensduur. Bomen komen uiteindelijk in het aftakelingsstadium terecht waarna ze afsterven.

Uiteindelijk worden wortelrestanten in de bodem helemaal afgebroken. De snelheid van dit proces kan nogal variëren en hangt onder andere af van de grondsoort, het vochtgehalte in de grond, de boomsoort en de dikte van de wortels. Dikkere houtige soorten bevatten veel lignine en worden hierdoor langzamer omgezet dan jonge vlezige wortels. Bij stobben van een duurzame houtsoort als eik kan dit proces vele jaren in beslag nemen.

Door afsterven van wortels en de daaropvolgende houtafbraak ontstaan theoretisch gezien kanalen in de bodem die tot een verbinding tussen het stortmateriaal en de atmosfeer kunnen leiden. Dit kan als een potentieel risico voor de omgeving worden beschouwd. In de praktijk blijkt echter dat vaak kleine zakkingen of verdichtingen ontstaan wanneer het hout van de wortels verregaand verteerd is. Daarnaast worden de wortelkanalen vaak door wortels van bomen of andere planten gekoloniseerd. Deze vinden hier zuurstof, ruimte en nutriënten die bij de omzetting van de wortel vrijkomen.



Afbeelding 43 (links): een stobbe van enkele jaar oud. De houtstructuur is nog solide, maar aan de zwammen te zien zijn afbraakprocessen gaande.

Afbeelding 44 (rechts): deze boom is tot het maaiveld afgezaagd. Er wordt periodiek overheen gemaaid in het kader van het groenbeheer. Het hout aan de bovenkant van deze stobbe is al gedeeltelijk afgebroken en zacht.

4.4 Vraag 4: Risicobeperking door andere soortkeuze

Wat zijn de mogelijkheden van risicovermindering door aanpassen van de beplanting?

In het kader van dit onderzoek kon niet worden aangetoond dat door het wortelen van bomen tot in het stortmateriaal een verhoogd risico ontstaat zolang de boom leeft. Tot het moment van afsterven ontstaan geen holle ruimtes en is de dikte van de deklaag en de snelheid van gasdiffusie in deze laag maatgevend.

In theorie is het meest kritieke moment, wanneer bomen met kluit ontworteld worden die tot in het stortmateriaal wortelen. Dan kan er een verbinding tussen stortmateriaal en atmosfeer op een wat grotere schaal ontstaan. Vaak scheuren dieper reikende wortels bij dergelijke belastingen echter af en is de daadwerkelijke kluit niet veel anders dan bij een minder diep wortelende boom. Aangezien dieper wortelende bomen (die dus ook tot in het stortmateriaal kunnen reiken) beter verankerd zijn en dus eerder afbreken dan met kluit en al omwaaien blijft dit een theoretische benadering.

Er bestaat geen noodzaak om bomen direct te vellen en te herplanten. Wanneer men echter principieel wil voorkomen dat bomen en struiken tot in het stortmateriaal wortelen, kan dit door andere soortkeuzes worden bereikt. Bij de bomen wordt aanbevolen om voor soorten te kiezen die meestal een hartwortel vormen en niet

neigen tot het vormen van zeer diepe wortels. Alle soorten linde zijn hiervoor bij voorbaat geschikt. Daarnaast is er een breed palet aan kleine tot middelgrote esdoorns, berken en robinia's.

Minder aan te bevelen is in dit geval de aanplant van zwarte of grove den, zwarte els, grauwe abeel, tamme kastanje en plataan. Dit zijn boomsoorten die ook in de diepte een heel sterk wortelstelsel kunnen ontwikkelen en zich met delen van hun wortelstelsel in het stortmateriaal zouden kunnen vestigen.

4.5 Vraag 5: Beste wijze verwijderen wortels

Wat is de beste wijze van verwijdering van bomen met diepe beworteling?

De bovengrondse delen van bomen kunnen op de Coupépolder in het kader van reguliere vellingen worden verwijderd.

Voor het verwijderen van ondergrondse delen is frezen de aangewezen werkwijze. Met een stobbenfrees kunnen de stamvoet en de wortelaanlopen, de pit daaronder (een dikke kern van hout direct onder de stam bij sommige bomen/boomsoorten) en mogelijk ook het eerste stuk van zeer oppervlakkig verlopende hoofdwortels machinaal verwijderd worden.

Een maximale freesdiepte van 60 cm waarborgt dat tijdens de werkzaamheden altijd voldoende bodemdekking tussen het stortmateriaal en de atmosfeer aanwezig is. Na het frezen wordt de houtpulp verwijderd. De ontstane opening wordt met nieuwe grond die aan de eisen van de deklaag voldoet, gevuld tot net boven het voormalige maaiveldniveau om de te verwachten nazakking te compenseren.



Afbeelding 45: voorbeeld van een stobbenfrees op een mobiele kraan op

Met deze werkwijze zullen wortelrestanten in de grond achterblijven en langzaam omgezet worden. De verticaal of schuin naar de diepte groeiende wortels zitten voornamelijk onder of vlakbij de (voormalige) stam van de boom. Door het frezen worden deze potentiële verbindingen tussen stortplaats en atmosfeer onderbroken en met een laag van 60 cm grond bedekt. Zelfs wanneer deze wortels helemaal omgezet worden en vervolgens een open kanaal gaan vormen, kan de afdekking op deze plaatsen voorkomen dat er problemen ontstaan. Locaties waar bomen zijn geveld of

stobben zijn gefreesd kunnen voor de zekerheid worden opgenomen in een inspectielijst. Deze locaties kunnen bijvoorbeeld tijdens inspectie van de bovenlaag worden meegenomen.

Er zijn diverse types stobbenfrezen verkrijgbaar. Belangrijk is dat op de Coupépolder een wendbaar apparaat met voldoende vermogen, niet te zwaar en op rupsbanden wordt ingezet (zie afbeelding 45). Hierdoor kan nauwkeurig en efficiënt gewerkt worden.

Daarnaast is het advies om een protocol op te stellen hoe in geval van vellingen en het verwijderen van stobben gewerkt dient te worden. Er moet altijd gewaarborgd zijn dat er voldoende geschikte/gekeurde grond aanwezig is om na het frezen de gaten op te vullen en dat dit nog op dezelfde dag van uitvoering geschiedt.

In plaats van een frees kan ook een stobbenboor gebruikt worden. Deze werkt wat langzamer dan een frees maar veroorzaakt veel minder impact voor de omgeving omdat de boor met aanzienlijk minder geluid werkt en er geen houtsnippers rondvliegen als bij de frees.

Een heel andere manier van verwijderen is het uitgraven van de stobbe als geheel met een kraan. Voordeel van deze methode is dat men de verschillende delen van het wortelstelsel als samenhangend geheel verwijdert. Nadeel is echter dat de impact van de werkzaamheden vrij groot is en dat diep reikende wortels alsnog uit de grond kunnen worden getrokken, waardoor mogelijk delen van het stortmateriaal vrij komen te liggen. Een dergelijk scenario is niet wenselijk.

4.6 Samenvattende conclusie en advies

In het kader van dit onderzoek is ernaar gestreefd om alle processen en factoren in beeld te brengen, die bij de beoordeling van de rol van bomen en andere plantingen op de Coupépolder relevant (kunnen) zijn.

- Er zijn geen waarnemingen gedaan die erop duiden dat vanuit het stortmateriaal directe risico's voor de omgeving uitgaan.
- De aangetroffen kwaliteit en gemiddeld goede conditie van de bomen en struiken, de doorgaans gezonde wortels en de aanwezigheid van veel regenwormen tot op grotere dieptes laat de conclusie toe, dat de deklaag als leeflaag goed functioneert en dat de positieve biotische factoren vanuit het stortmateriaal niet wezenlijk worden beïnvloed.
- De diverse profielsleuven en –boringen hebben tot informatie m.b.t. bodemopbouw en beworteling tot dieptes van 90 à 100 cm geleid. Vaak zijn vanaf een diepte van 80 cm puinresten in de bodem aangetroffen. Hoe dik het mengsel van puinresten en grond daadwerkelijk is kon niet worden vastgesteld omdat 100 cm de maximaal toegestane waarnemingsdiepte was. Er is bij geen enkele onderzoekslocatie ander materiaal dan grond of stenen aangetroffen. Er kan ook niet met zekerheid gezegd worden of de diep in de

profielsleuven waargenomen wortels daadwerkelijk tot in het daadwerkelijke stortmateriaal reiken.

- De kans op windworp waarbij de boom kiept en hierbij ontworteld wordt is vanuit de theorie benaderd. De kans op een daadwerkelijke calamiteit wordt hier klein geacht. Wanneer bomen zo diep wortelen dat zij in het stortmateriaal komen vormen zij automatisch een heel sterke verankering waardoor de kans op windworp minimaal wordt. Bij kiepen van een boom gaat het nu om een opening met een oppervlak van maximaal 50 m² (meestal is de centrale kluit kleiner) die in principe binnen een dag weer gesloten/afgedekt moet zijn. Bij toekomstige afwegingen met betrekking tot risicobeheersing kan dit als uitgangspunt worden meegenomen.
- Het risico dat wortelrestanten van voormalige beplanting risico's met zich meebrengen is theoretisch aanwezig, maar zeer goed te ondervangen door enkele beheermaatregelen als het frezen van de stobben en opnieuw opvullen van het gat dat hierbij ontstaat.
- Er bestaat geen noodzaak om aanwezige bomen direct te vellen en door herplant te vervangen. Wanneer men nieuwe bomen plant bestaat een voorkeur voor zogenaamde hartwortelaars. Hieronder vallen diverse soorten esdoorns en linden.

4.7 Aanvullende adviezen

Hoewel zich in de huidige situatie geen directe risico's voordoen, worden hieronder enkele verdergaande adviezen geformuleerd:

- Boven de bentonietlaag wordt aanbevolen om van plantvakken met alleen struiken uit te gaan. Ondanks het feit dat de bentonietlaag en de natte zandlaag erboven zelfs voor diep wortelende bomen een nagenoeg ondoordringbare barrière vormen, kan niet worden uitgesloten dat de wortels toch op enkele plaatsen door de bentonietlaag gaan. Door aanplant van doorgaans veel minder diep en zwaar wortelende struiken in plaats van bomen kan dit risico volledig worden uitgesloten. De diepe wortelaars die nu aanwezig zijn (zoals zwarte dennen) kunnen beter op termijn worden geveld.
- Bij herplant van bomen geen den of plataan toepassen. Verder eerder kiezen voor matige of langzame groeiers.
- Door bomen in samenhangende groepen, singels, houtwallen of bosschages te planten wordt de potentiële windbelasting per boom gereduceerd (windverband, onderlinge afscherming). Wanneer bomen solitair geplant worden, wordt aanbevolen om deze weinig of niet op te kronen maar een brede kroon en een lage vertakking toe te staan. Dit leidt tot een geringere windbelasting.
- Het bomenbestand zal in de toekomst ouder worden. Wanneer grotere samenhangende eenheden met een groot aantal bomen geveld en vervangen moet worden, wordt het frezen van alle stobben zeer bewerkelijk en

kostenintensief. In dat geval kan eventueel een apart werkplan worden opgesteld waarbij de stobben machinaal uitgegraven worden waarbij direct na het verwijderen nieuwe grond gestort wordt. Alternatief kunnen de bomen tot op maaiveld afgezaagd en vervolgens een grondlaag van 30 tot 40 cm opgebracht worden. De resterend stobben vergaan dan geleidelijk in de aarde. De opgebrachte aarde compenseert de bodemdaling en zorgt tegelijk voor een extra barrièrelaag.

- Op enkele plaatsen op de golfbaan zijn later bomen aangeplant buiten de plantvakken. Dit is gedaan in overleg met de gemeente, de leeflaag is op deze plaatsen voldoende dik.
- Het is in principe mogelijk dat bomen, die tot in het stortmateriaal wortelen, daar milieurelevante stoffen opnemen en in hun weefsels vastleggen. Hieronder vallen bijvoorbeeld diverse zware metalen. Dit zou door een aanvullend onderzoek nog verder onderzocht kunnen worden waarbij weefselmonsters van wortels, stamhout en blad van een of enkele bomen worden genomen. Deze weefsels kunnen vervolgens worden vergeleken met weefsels van bomen die wortelen in een niet vervuilde omgeving. De verwachting is echter, dat de opname en opslag van stoffen uit de stortplaats door bomen milieutechnisch niet relevant is. Mocht een dergelijk effect zich voordoen gaat het naar verwachting niet om relevante hoeveelheden. Daarnaast worden stoffen in de weefsels van bomen goed vastgelegd en komen niet makkelijk vrij in het milieu. Afhankelijk van de resultaten van het houtonderzoek moet wellicht een protocol worden opgesteld voor het afvoeren van het hout.
- Het is altijd mogelijk dat zich calamiteiten voordoen die snel en adequaat handelen eisen. Voor deze gevallen wordt geadviseerd een protocol op te stellen met daarin de maatregelen die bij een incident of bij werkzaamheden rond bomen genomen moeten worden. Wanneer bomen met kluit ontworteld worden is het belangrijk dat in twee kort opeenvolgende stappen de bomen eerst volledig verwijderd en de gaten in de afdeklaag vervolgens direct met een geschikt grondmengsels aangevuld worden. Materiaal en materieel moeten op korte termijn beschikbaar zijn. Dit moet van te voren met een of meerdere aannemers geregeld zijn.

5 Literatuurlijst

- Balder, H., 1998: Die Wurzeln der Stadtbaume. Parey Buchverlag Berlin
- Köstler, J.N., Brückner, E. en Bibelriether, H., 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. P. Parey Verlag, Berlin, blz. 284
- Kutschera, L. Lichtenegger, E., 2002/ 2013: Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher, Leopold Stocker Verlag
- Prooijen, G.J. van, 2006: Stadsbomen Vademecum 2A: Groeiplaatsaspecten. IPC Groene Ruimte Arnhem

Projectgegevens

Opdrachtgever

Naam: Gemeente Alphen aan den Rijn
Contactpersoon: mevr. C.G. van der Sluys-Speksnijder
Adres: Stadhuisplein 1
Postcode en plaats: 2400AA Alphen aan den Rijn
Telefoon: 0900-4811111
Fax: 0172465564
E-mail: cvandersluys@alphenaanndenrijn.nl

Werkadres

Straat: Kromme Aarweg 5
Plaats: Alphen aan den Rijn
Opmerking: Golfclub Zeegersloot

Bedrijfsgegevens

Naam: Copijn Boomspecialisten B.V.
Onderzoek en advies: ir. M. Brunings
Projectleiding: ir. J. Hilbert ETT
Adres: Postbus 9177
Postcode en plaats: 3506 GD Utrecht
Telefoon: 030-2644333
Fax: 030-2612140
E-mail: Info@copijn.nl
Internet: www.copijn.nl

Datum: september 2013
Projectnummer: B3985

Paraaf projectleider:

Copijn Boomspecialisten B.V.

Specialist in boomtechnisch onderzoek!



Bijlage 1 : Overzichtskaart

Bijlage 2 : Profielboringen

Bijlage 3 : Literatuuronderzoek

Bijlage 4 : Bepantingsplan 1986