[redacted]namens Movares
Definitief 21 juli 2020

Bomen Effect Analyse voor het ontwerp kademuurvernieuwing met boombehoud

Gebaseerd op de Richtlijn Bomen Effect Analyse, een publicatie van Bomenstichting en CROW

Het doel van een Bomen Effect Analyse (BEA) is om een of meerdere bomen, met de waarde en functies die vertegenwoordigd worden, een evenwichtige plek te geven in de planvoorbereiding en besluitvorming bij activiteiten in de buitenruimte. In de BEA staan de verwachte effecten van de activiteiten op de boom objectief en onderbouwd beschreven.[1]

Normaalgesproken wordt de vraag gesteld of behoud van de boomtechnische kwaliteit mogelijk is. In deze situatie wordt de vraag *het uitgangspunt*: de boom kan in de huidige standplaats blijven voortbestaan met behoud van minimaal dezelfde restlevensduur, conditie en habitus (ad 1a). In het ontwerp wordt de kademuur vervangen terwijl aanwezige bomen behouden blijven. Dat bereiken we door een tafelconstructie onder de boom aan te brengen middels groutinjectiekolommen. Deze creëert tevens de benodigde vrije werkruimte om de kadeconstructie weg te nemen en een nieuwe aan te brengen. Om dat te kunnen realiseren zijn de volgende specifieke voorwaarden als uitgangspunten voor het ontwerp meegenomen:

- De kroonschade (snoei) die wordt veroorzaakt is niet significant en bedraagt minder dan 20%.
- Er ontstaat geen stam- of stamvoetschade inclusief wortelaanlopen.
- Er is een minimale inperking van het doorwortelbare volume en de fysische, chemische en microbiologische geschiktheid van de groeiplaats wijzigt niet ten nadele van de boom.
- De wortelschade die wordt veroorzaakt is niet significant en bedraagt minder dan 20%. Hierdoor kunnen parasitaire schimmels, die meestal via relatief grote wondoppervlakten gestelwortels en de stamvoet koloniseren, zich niet manifesteren als gevolg van de bouw.
- De eventuele kanteling van de kluit bedraagt niet meer dan 0,5 graad ten opzichte van de huidige stand (maaiveld) waardoor er geen significante scheefstand ontstaat.
- Aan de hand van de bovenstaande punten ontstaat geen significant negatief effect op de biomechanica van de boom (stabiliteit) en dit betreft zowel de demping van de kroon en eigenfrequentie van de boom, als torsiekracht door wind en afschuifweerstand in de bodem.

Zodoende blijft de boom feitelijk bestaan in een min of meer ongewijzigde situatie. Echter, om te bepalen of een of meerdere van deze specifieke uitgangspunten in de huidige situatie reeds beperkende voorwaarden zijn, is het veldwerk van de BEA er onder andere op gericht de kwaliteit van de bomen in kaart te brengen (ad 2a).

Op basis van de 'Richtlijn Bomen Effect Analyse' zijn de volgende onderdelen relevant voor het toetsen van dit ontwerp op boombehoud langs kademuren:

1. Voorstudie
    a. uitgangspunten project
    b. functie of waarde boom
2. Veldonderzoek
    a. kwaliteit boom
    b. ruimtestudie

[1] Hirsch (red.) 2019 – Richtlijn Bomen Effect Analyse, Bomenstichting & CROW, 56pp, 1e druk.

   c. kansen en knelpunten
3. Analyse
   a. impact ruimtegebruik
   b. impact uitvoering (fasering bouw)
4. Conclusie en advies
   a. eindoordeel effecten
   b. randvoorwaarden
   c. alternatieven

Voorstudie: uitgangspunten project (1a)

De boom kan in de huidige standplaats blijven voortbestaan met behoud van minimaal dezelfde restlevensduur, conditie en habitus. Deze aspecten worden in de huidige situatie beoordeeld tijdens het veldwerk (stap 2a).

Voorstudie: functie of waarde boom (1b)

Onder meer vanwege het feit dat bomen langs de grachten van Amsterdam cultuurhistorische (UNESCO werelderfgoed), esthetische en emotionele waarden hebben, geldt er een verbod voor het kappen van bomen met inbegrip van het verrichten van handelingen die de dood of ernstige beschadiging of ontsiering van de houtopstand tot gevolg kunnen hebben.[2] Dit geldt in het bijzonder voor de beschermwaardige houtopstanden die door de gemeente zijn geregistreerd en daarmee extra bescherming genieten[3] alsmede de monumentale bomen die vermeld staan in het Landelijk Register van Monumentale Bomen (Bomenstichting) die door de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed als groen erfgoed zijn opgenomen. Ook kunnen bomen onderdeel zijn van de Hoofdbomenstructuur van de gemeente.

Omdat dit ontwerp van het principe uit gaat dat de boom in zijn standplaats blijft, wordt er niet ingegaan op de monetaire waarde (richtlijnen NVTB) of natuurwaarde. Ook de zogenoemde ecosysteemdiensten wijzigen daardoor niet.

Veldonderzoek: kwaliteit boom (2a)

Het vaststellen van de huidige kwaliteit van een boom is een nulmeting. Hier worden naast soort, leeftijd, omvang en conditie ook de noemenswaardige gebreken en verzwakkingssymptomen geïnventariseerd. Het verdient aanbeveling deze aspecten als conditiemeting volgens NEN 2767-1 uit te voeren.

De habitus is in het bijzonder van belang voor bomen langs de grachten en dient specifiek te worden beschreven vanwege de invloed op de stabiliteit. Het gaat daarbij om de boomhoogte, kroonvorm, het vertakkingspatroon, de boomhoogte-stamdiameter ratio en scheefstand. Het verdient aanbeveling een windlastberekening volgens NEN-EN 1991-1-4: Eurocode 1 [4] uit te voeren zodat de

[2] Artikel 1k en 3, Bomenvordening 2014 gemeente Amsterdam
[3] Arikel 10, Bomenverordening 2014 gemeente Amsterdam
[4] De rekenmethode van het Handboek BiKa is vrijwel hetzelfde, maar de Eurocode corrigeert de windbelasting op basis van terrein, seizoen en beschutting waardoor vooral bomen in de binnenstad een lagere windbelasting hebben.

wind als belangrijkste belasting voor de boom in kaart wordt gebracht en tevens berekend kan worden wat het eigengewicht van de boom is.

De doorwortelbare ruimte en de kwaliteit van de bodem worden bepaald zodat aan de hand van de bovenstaande aspecten de toekomstverwachting in een ongewijzigde situatie kan worden geschat. De bodemvruchtbaarheid wordt bepaald (door laboratoriumanalyse van bodemmonsters), in het bijzonder voor de categorie beschermwaardige bomen (zie ook stap 2c).

In principe komen alleen bomen in aanmerking voor behoud tijdens de kademuurvervanging als de conditie tenminste redelijk[5] is en ook de toekomstverwachting tenminste redelijk[6] is, dan wel conditiescore ≤3 volgens NEN 2767-1. Voor bomen die hier niet aan voldoen maar blijkens de voorstudie beschermwaardig of monumentaal zijn, geldt indien redelijkerwijs haalbaar een inspanningsverplichting om de juiste condities te schapen en een scenario uit te stippelen qua maatregelen, tijdsplanning en begroting op basis van de volgende twee stappen in het veldonderzoek.

Veldonderzoek: ruimtestudie (2b)

In dit onderdeel van het veldonderzoek wordt er gekeken naar de spreiding van het wortelgestel en de verdeling tussen de zone van gestelwortels (stabiliteitszone) en de opnamewortels en tevens de uitgroeimogelijkheden qua kroonprojectie en doorwortelbare ruimte (x-y richting). De reductiezone en grondwaterstand zijn hierin medebepalend (z- richting). De ondergrondse voorzieningen vallen op dit moment buiten het beschouwingskader van deze studie.

Wat hier van belang is, is de spreiding van gestelwortels langs de bestaande kademuur, zowel in de lengte als in de diepte, betreffende bouwfases 2 en 3 (stap 3b). Ook de zone waarin de gestelwortels zich begeven en in meer detail waar deze precies lopen bepaalt de locaties van de grout- en ankerbuispalen, ankerpennen en de groutinjecties t.b.v. de ondergrondse vloer, die geen significante wortelschade mogen veroorzaken. Middels proefboringen, met als uitgangspunt een ideale verdeling van deze groutpalen- en injecties, wordt bepaald welke ruimtelijke verdeling haalbaar is.

In principe is de bodem onder de fundatie van de rijbaan vijandig voor wortels vanwege een gebrek aan bodemgasdiffusie, een te laag poriënvolume en een te hoge verdichting. Echter, op smalle grachten kan het zeker voorkomen dat oude bomen al geruime tijd het gehele gebied tot de gevel als groeiplaats benutten en dus niet beperkt zijn tot de parkeerstrook. Dan zal ook in de rijbaan bepaald moeten worden tot waar de zone van gestelwortels doorloopt.

Daarbij moet ook naar de kroon worden gekeken en vooral naar de onderste gesteltakken. Indien er onder de boomkroon niet voldoende ruimte blijkt te zijn voor de opstelling van het noodzakelijke materieel, zal ook naar een alternatieve verdeling gezocht moeten worden.

[5] voldoet aan vitaliteitsklasse 0 of 1 volgens Roloff (2001)
[6] In een ongewijzigde situatie is de levensverwachting > 10 jaar.

[redacted]namens Movares
Definitief 21 juli 2020

Veldonderzoek: kansen en knelpunten (2c)

Een veel voorkomend knelpunt is de beperkte ondergrondse ruimte of matige kwaliteit van de ondergrondse ruimte als groeiplaats – dit komt feitelijk op hetzelfde neer maar biedt wel een kans – waardoor de conditie bijvoorbeeld matig is en ook de toekomstverwachting beperkt. Bomen op kades staan bovengemiddeld vaak in een dergelijke situatie aangeplant, waarbij in de meeste situaties de ondergrondse ruimte de kleinste afstand richting de kademuur heeft, gevolgd door de beperking in de diepte van het doorwortelbare profiel (zoals hoog grondwater, behalve bij brughoofden), de afstand tot rijbaan (en gevels) en een eventueel korte plantafstand in een bomenrij.

Voor beschermwaardige c.q. monumentale bomen zal moeten blijken, als uit stap 2a volgt dat de conditie (-score volgens NEN 2767-1) en/of de toekomstverwachting te wensen overlaat, of er kansen zijn de groeiplaats te verbeteren en/of uit te breiden (te compenseren).

Ook de diverse boorgaten door het wortelpakket die benodigd zijn voor de grouttechniek zoals beschreven in de analyse (3b, bouwfase 2) bieden een kans. Deze boorgaten worden opgevuld met een hoogwaardig substraat dat dient als groeiplaatsverbetering (toename bodemvruchtbaarheid door ‘voedingspijlers’).

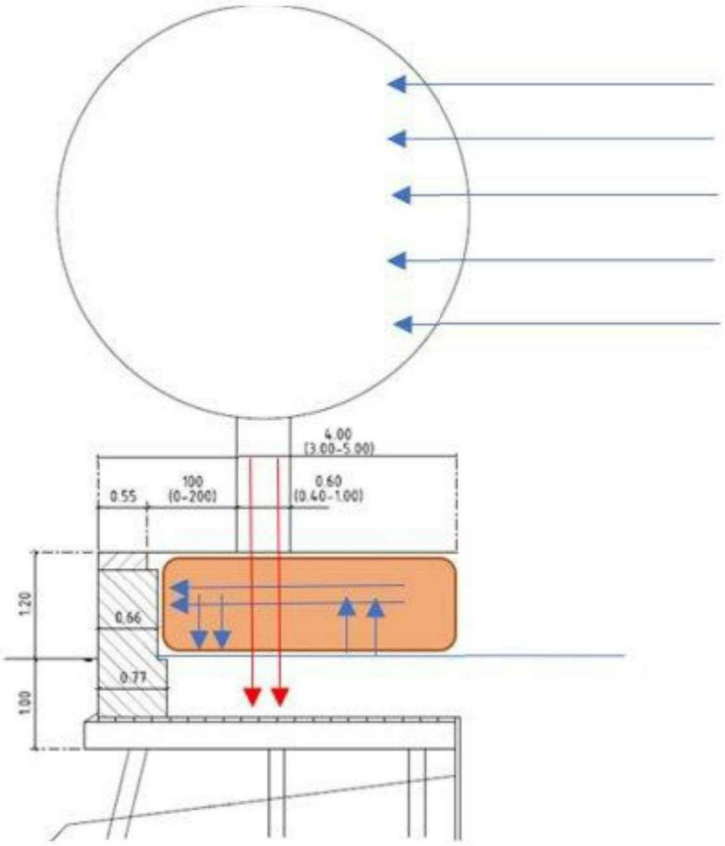
De noodzaak alle bouwfases in één werkgang uit te voeren kan daarentegen een knelpunt vormen. Vooral bij volwassen bomen zal goed moeten worden bepaald aan de hand van de kwaliteit van boom en groeiplaats of een korte tijdsplanning haalbaar is of dat werkzaamheden en compenserende maatregelen elkaar bijvoorbeeld gefaseerd moeten afwisselen gedurende een langere periode.

De kansen en knelpunten komen uiteraard terug in de conclusie en het advies (stap 4).

[redacted]namens Movares
Definitief 21 juli 2020

Analyse: impact ruimtegebruik (3a)

Omdat het ontwerp van kademuurvernieuwing geen wezenlijke wijziging geeft in het ruimtegebruik kan gesteld worden dat er geen significante impact is op het doorwortelbare volume noch de bovengrondse situatie.



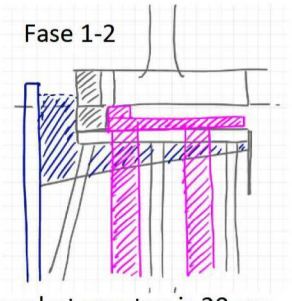
Dwarsprofiel kademuur krachtenafdracht

Analyse: impact uitvoering (3b)

Het veldonderzoek (2a-b) brengt de ruimtelijke verdeling van de boom en daarmee de knelpunten in relatie tot de bouw van de kademuur in kaart. De fasering van de kademuurvervanging t.p.v. de boom is als volgt:

1. Plaatsen hulpdamwand

a. De hulpdamwand wordt in het water geplaatst om werkruimte te creëren en de oude kade tijdelijk te stabiliseren. Aandachtspunt voor de boom: laaghangende gesteltakken die een knelpunt kunnen vormen. Tijdens het veldonderzoek (2b-c) wordt in kaart gebracht of dit een knelpunt vormt en zo ja, of er in verband met wondgrootte en percentage bladmassa mag worden gesnoeid of dat met beleid opbinden of buigen van een gesteltak mogelijk is. Eventueel wordt de damwand in delen geplaatst middels oplassen van kleinere lengtes damwand om de benodigde lengte te bereiken.



b. Het opspuiten van zand onder de bestaande houten vloer tot de hulpdamwand vormt in principe geen knelpunt waarbij het materieel op voldoende afstand tot de bomen gepositioneerd wordt.

2. Groutvloer (optioneel voor jonge bomen)

a. Het maken van groutpalen tot boven de houten vloer h.o.h. 2 meter (4 stuks) zorgt voor enige wortelschade. Het boorgat dat benodigd is voor het grouten is 20 cm Ø, de buis van de groutinjecties 9 cm Ø en deze voert door het boorgat. Het veldonderzoek (2b-c) is er hier op gericht middels proefboringen een verdeling te vinden die geen wortelaanlopen en gestelwortels beschadigd maar wel haalbaar is voor de nieuwe constructie. In het geval dat een standaard ontwerpverdeling van de gaten geen optie blijkt te zijn, zal er gekeken moeten worden of een alternatieve verdeling van groutpalen mogelijk is. Via het boorgat wordt een mantel ter voorkoming van spill ingebracht omdat door overdruk een deel van het grout-grondmengsel retour komt die in een leiding wordt afgezogen richting een reservoir (op bijvoorbeeld een ponton). Hiermee wordt voorkomen dat het grout in de wortelkluit kan dringen of op de tijdelijk afgedekte kade terechtkomt en daarbij eventueel de bodem verslempt raakt. Afdekkingen en mantels worden verwijderd na bouwfase 2c.

b. De groutvloer is erop gericht het zwaartepunt van de boom inclusief de bodem met het significante deel van de zone met gestelwortels te ondersteunen. De grootte van de groutvloer wordt bepaald op basis van de resultaten van het veldonderzoek (2b). Het maken van de groutvloer met de groutpalen vereist eveneens groutinjecties die wortelschade veroorzaken via dezelfde buizen (20 cm Ø). Hier luistert de verdeling van de injecties minder nauw dan bij de locatieverdeling van de groutpalen. Werkwijze veldonderzoek en bescherming groeiplaats volgens a.

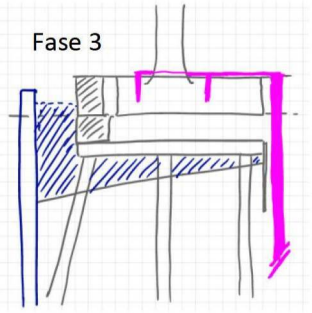
c. Het maken van een opstort achter de kademuur die is verbonden met de groutvloer . Deze opstort die ook uit grout wordt opgetrokken is vooral bedoeld om te voorkomen dat grond onder het grondwaterpeil kan uitspoelen maar ook aan de onderkant van de kluit. Deze opstort wordt niet tot in de zone met intensieve beworteling opgetrokken omdat daar in principe sprake is van een stabiele samenhang dankzij het netwerk dat de wortels in de bodem vormen, maar hier zijn wel injecties benodigd langs de kademuur. De meeste boomsoorten vormen geen wortels in de reductiezone of onder het grondwaterpeil, waardoor de opstort niet of nauwelijks de ruimte inneemt van een deel van het wortelgestel.[7] Hierdoor valt er geen wortelschade te verwachten, behoudens ter plaatse van de injecties. Werkwijze veldonderzoek en bescherming van de groeiplaats volgens a. Afdekking van de groeiplaats en mantels in de boorgaten worden na afloop verwijderd.

d. Parallel aan het groutproces loopt de controle van dikte en locaties van het groutlichaam. Dit valt buiten de werkzaamheden die van invloed zijn op de bomen.

[7] Een beperkt risico is de boom die reeds geleidelijk door de houten vloer gezakt is (wat we doorgaans niet weten), maar desondanks nog in een redelijke of goede conditie verkeert omdat het geleidelijk is gegaan, waardoor gestelwortels op grotere diepte wel kunnen voorkomen.

e. Jonge bomen hebben een significant lager eigengewicht en bijbehorende windvang maar zullen in principe voor een verplanting in aanmerking komen (stamdiameterklasse < 20 cm; halfwas bomen worden ondersteund met de tafelconstructie)[8] waardoor het grouten in de stappen a, b en d niet in alle gevallen noodzakelijk is en bouwfase 1b voldoende draagkracht geeft. Het enige lange termijnrisico is het verrotten van de houten vloer waardoor de boom met de bodem kan verzakken. Werkwijze veldonderzoek volgens a. De opstort (stap c) blijft wel in alle gevallen noodzakelijk.

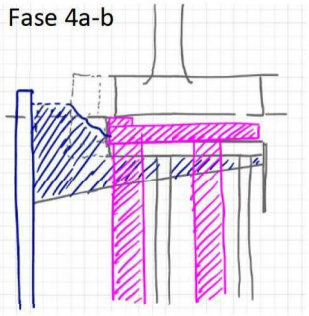
3. Boomanker



a. Het aanbrengen van buispalen achter de boom (h.o.h. 4m; 2 stuks) kan wortelschade veroorzaken, hoofdzakelijk te verwachten in de fijne beworteling. De te verwachten wortelschade is hier lager omdat de afstand van de buis tot de boom veel groter is dan de boorgaten voor het grouten. Werkwijze veldonderzoek volgens fase 2a.

b. Het aanbrengen van de boomverankering (horizontaal met verankeringspennen) veroorzaakt wortelschade. Echter, de ligging van gestelwortels is hier juist relevant omdat het doel is de pen – gezien vanaf de buispaal – achter een gestelwortel te nestelen. De pennen mogen niet doorbuigen, hebben een geringe diameter (ca. 4 cm) en zijn ca. 50-100 cm lang hetgeen correspondeert met de diepte –mv waar gestelwortels worden verwacht.

4. Buispalen in bestaande kademuur aanbrengen



a. Het slopen van het metselwerk zou kunnen leiden tot het afkalven van het bovenste deel van de kluit langs de kademuur (tot aan het waterpeil slopen ca. 1,2 m). Vooralsnog is het uitgangspunt dat 77 cm (zie figuur bij stap 3a) de benodigde breedte is waardoor er wortelschade direct achter de oude kademuur kan ontstaan.[9] Omdat voor bouwfase 3c reeds in kaart moet worden gebracht of langs de bestaande kademuur een intensief wortelpakket aanwezig is, en zo ja in welke opbouw, kan worden bepaald of 1) er wortelschade kan optreden en in welke mate, vooral bij parallel groeiende gestelwortels; 2) er sprake is van “gewapende grond” die stabiel is, of een te lage samenhang die eventueel een bedreiging vormt voor de stabiliteit of conditie van de boom. Indien dat laatste het geval is, zal bijvoorbeeld middels een pneumatische injectiemethode de geschiktheid van de bodem kunnen worden verbeterd met als doel in enkele jaren een intensieve fijne beworteling of “gewapende grond” te vormen langs de kademuur, zoals ook gebruikelijk is ter voorbereiding op een verplanting. Het toepassen van *tree motion sensors* is een mogelijkheid om een kritieke kanteling te kunnen waarnemen tijdens de werkzaamheden.

[8] Waar deze grens precies ligt, zou nader uitgewerkt kunnen worden.
[9] In een later stadium kan bekeken worden of het toch mogelijk is te werken zonder dit deel van de wortelkluit af te moeten knabbelen en daarbij wortelschade achter de kademuur te voorkomen. Dit zal nader uitgewerkt moeten worden.

b. Het verticaal boren door de resterende kademuur (houten vloer en kespen) heeft in principe geen consequenties voor de boom, mits laaghangende gesteltakken geen knelpunt vormen. Het in te zetten materieel wordt hierop afgestemd. Werkwijze veldonderzoek volgens fase 1a.

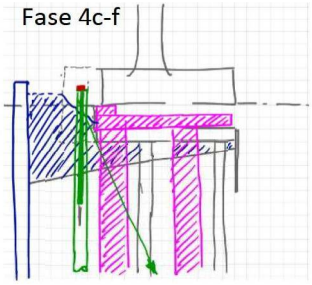
c. Buispalen aanbrengen; idem b: werkwijze veldonderzoek volgens fase 1a.

d. Aanbrengen damwandplanken; idem b: werkwijze veldonderzoek volgens fase 1a.

e. Bij het aanbrengen van de ondergrondse verankering worden geen effecten verwacht omdat dit geheel buiten de groeiplaats van de boom ligt.

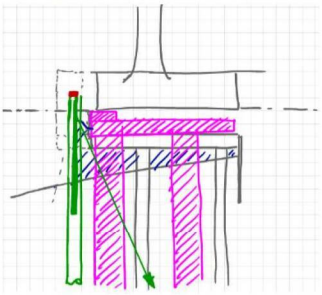
f. Voorspannen anker; idem e.

Fase 4c-f



5. Realisatie definitieve situatie

Fase 5



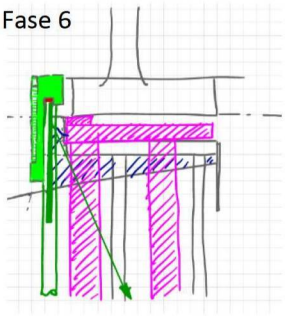
a. Tijdens het verwijderen van de zandaanvulling aan de buitenzijde van de kademuur kan geen zetting plaatsvinden omdat de nieuwe tafelconstructie met opstort dit voorkomt. Het toepassen van tree motion sensors is een mogelijkheid om een kritieke kanteling te kunnen waarnemen tijdens de werkzaamheden.

b. Verwijderen hulpdamwand: in principe geen effect op de boom behoudens hetzelfde aandachtspunt als in fase 1a (plaatsen damwand).

c. Het verwijderen van het boomanker mag geen effect hebben op de stabiliteit van de boom omdat de nieuwe constructie gerealiseerd is. Voorafgaand aan het verwijderen zal een boomdeskundige (ETT) ter controle bepalen of er symptomen waarneembaar zijn die toch duiden op een vorm van instabiliteit. Mits de buispaal niet in de rijbaan geplaatst is, kan het gat worden benut als voedingspijler.

6. Aanbrengen afbouwconstructie

Fase 6



a. Aanbrengen schort (incl. natuurstenen deksteen, metselwerk afwerking en grijpsteen); in principe geen effect op de boom.

[redacted] namens Movares
Definitief 21 juli 2020

Conclusie en advies: eindoordeel effecten (4a)

Voor de bomen die als kwalitatief voldoende worden beschouwd, worden de te verwachten effecten beoordeeld. De samenhang van de bodem, hetgeen afhankelijk is van de huidige intensiteit van de beworteling en de spreiding van de gestelwortels, bepalen de initiële haalbaarheid en de tijdsplanning van de bouwfases aan de hand van onderzochte knelpunten. Bijvoorbeeld als de samenhang van de bodem matig is, maar de conditie van de boom voldoende is voor behoud of de beschermwaardige status van de boom aanleiding is voor het behoud terwijl de conditie matig is, zal er een langere voorbereidingstijd (lees: groeiplaatsverbetering c.q. -verruiming) nodig zijn (met als doel “gewapende grond” en toegenomen vitaliteit van de boom). Zo zouden er in overleg met de constructeur gefaseerd toelaatbare wortelschade of al boorgaten met mantels gemaakt kunnen worden, terwijl de bouw nog niet gestart is.

Conclusie en advies: randvoorwaarden (4b)

De randvoorwaarden worden gesteld aan de hand van het eindoordeel van de te verwachten effecten. Hieruit volgt een op de boom gerichte fasering om de kans op het behoud ervan te optimaliseren. De randvoorwaarden worden opgenomen in een werkprotocol (boombeschermingsplan). Daarnaast zal tijdens de realisatie een boomdeskundige met mandaat (in het directieteam) toezicht houden op de bouw.

Conclusie en advies: alternatieven (4c)

De alternatieven zijn in het kader van dit ontwerp gericht op de details. Het gaat hier immers niet over de vraag of behoud in de standplaats mogelijk is, maar het betreft wel de afweging benodigde randvoorwaarden uit te voeren zoals het uitbreiden van ondergronds volume ten behoeve van beworteling om duurzaam behoud te kunnen realiseren. Twee voorbeelden:

- Een methode die bij volwassen bomen een oplossingsrichting biedt is de pneumatische injectiemethode (lucht, bemesting en perliet) om verdichting op te heffen, waardoor er geen grond uitgewisseld hoeft te worden maar er wel een hoger poriënvolume en bodemvruchtbaarheid gecreëerd worden.
- Ook is het mogelijk om de groeiplaats te vergroten onder de rijbaan middels een groeiplaatsconstructie. Hierbij worden de bestaande fundatie en zand onder de rijbaan uitgewisseld met bomengrond. De aanleiding hiervoor is bijvoorbeeld het behoud van beschermwaardige bomen met een matige conditie, waarbij de vergroting verbetering van de conditie als doel heeft. Dit zal in principe per rak (rijbaan + parkeerstrook) moeten worden gerealiseerd waarbij een hele bomenrij profiteert.

Hierdoor kan het project groter worden dan de vernieuwing van de kademuur alleen. Overleg en afstemming met andere disciplines is hier uiteraard van belang.