

Boomwortels

Wie kent dit beeld niet: een oude gemetselde kademuur met een grote boom op korte afstand. Her en der vallen bakstenen uit de muur en is het metselverband ontwricht. Vaak hebben wortels hun vaste plek in het metselwerk gevonden en door langzame diktegroei het verval van de muur versneld.

Het waterschap constateert op een gegeven moment dat de kademuur niet meer stabiel is en gerestaureerd moet worden. In geval van een historische muur naast een monumentale boom kan dat een ingewikkelde taak worden. De boom wordt vaak als veroorzaker van de schade beschouwd. Maar is dat ook werkelijk zo? Er zijn immers ook andere krachten die effecten op zo'n muur kunnen hebben. Ook zettingen in de ondergrond of het rijden met zware voertuigen op de kade komen als veroorzakers van dergelijke schades in aanmerking.

Muurbokser

Ook kan de boom pas later in de muur zijn gaan wortelen toen deze constructief niet meer in orde was. De schade-discussie gaat vaak ook over wortels die tegen een muur groeien en een zware belasting voor de constructie kunnen vormen wanneer zij bovengrondse krachten (bijvoorbeeld bewegen van de kroon) naar de bodem afwentelen. Mattheck (2003, 2007) beschrijft de impact van wortels op muren zelfs als die van een 'muurbokser'. Anderzijds waardeert het geotechnische concept voor verstevigde oevers uit Duitsland (*Bewehrte Erde*) juist de positieve en stabiliserende invloed van wortels op het verband in de bodem. In verschillende landen (waaronder Australië, Zwitserland

en Oostenrijk) zijn fundamentele studies over het beveiligen van oevers door boomwortels uitgevoerd. Een centraal probleem hierbij is dat het ontwikkelen van een analyse-methode complex is als gevolg van de vele parameters, die een rol (kunnen) spelen:

- De mechanische trekkracht van een enkele wortel.
- De vorm en grootte van de kluit, met daarin diverse grotere wortels van variërende dikte, vorm en lengte. Deze wortels vormen een onderling verband, en vaak groeien de wortels van vlak bij elkaar staande bomen nog door elkaar heen (zelfs bij verschillende boomsoorten).
- De grondsoort en de grondwaterstand.
- Het reliëf van het terrein.
- Mogelijke (extreme) windbelastingen.
- De 'anisotropie' (onregelmatige samenstelling) van bodems in stedelijk gebied, waar vaak grote hoeveelheden puin of bouw materiaal en sterke verdichtingen in de grond worden aangetroffen.

Landwehrkanal

In 2008 hebben de Duitse onderzoekers Michael Barsig, Björn Kluge en Michael Hirschmann een interessant onderzoek bij vier volwassen bomen aan het *Landwehrkanal* in Berlijn uitgevoerd (Probaum 3/2009). Hun doel was hierbij

JAN HILBERT, COPIJN BOOMSPECIALISTEN

en kademuuren

de bewortelingsstructuur, de rol van de wortels op de kademuur langs het kanaal en de invloed van de bodemopbouw en het grondwater in beeld te brengen.

Het *Landwehrkanal* beslaat een traject van 11 kilometer lengte binnen het stadsgebied van Berlijn. Op veel plaatsen zijn de oude kademuuren instabiel en is een sanering noodzakelijk. Door de vele oude en beeldbepalende bomen langs de oever heeft het kanaal een bijzondere rol als landschappelijk element binnen de stad. Voor het behoud van deze bomen in het kader van de geplande sanering was meer inzicht in de interactie tussen de boomwortels en de kademuur noodzakelijk.

De vier onderzochte bomen (Noorse esdoorn, zwarte els, treurwilg en Canadese populier) stonden op korte afstand (tussen 65 en 85 cm) van de kademuur, die in deze zones op instorten stond. Alle vier bomen zijn geveld, maar de volledige wortelkluit en de onderstam zijn blijven staan ten behoeve van het onderzoek. Vervolgens zijn de wortels langs de kademuur en de hoofdwortels in het talud van het kanaal handmatig vrij gegraven. Daarnaast werd per boom een volledige opname van het bodemprofiel (samenstelling, humusgehalte, pH, indringweerstand, aanwezigheid van grind of puin, carbonaatgehalte) uitgevoerd. (Foto 2 en 3.)

Reductieverschijnselen

Op alle vier de groeiplaatsen is een humeuze tot matig humeuze bovenlaag van matig fijn tot fijn zand met een pH van 4,5 tot 5,5 aangetroffen. De dikte van deze laag

varieert. Hieronder ligt een humusarme laag met resten van oude klinkers en puin. De pH ligt hier op ca. 7. Vanaf 67 cm diepte treden roestvlekken op, die aangeven dat de bodem tot deze hoogte door het grondwater wordt beïnvloed. Op ca. 80 cm diepte is sprake van een grijze laag met reductieverschijnselen. Hier ligt ook de overgangszone van het capillair opstijgende grondwater. Aan de oeverzijde is al op geringere diepte (30-45 cm) een vrij dichte laag met veel klinkers, leisteen, kalksteen en puin aangetroffen. Door het relatief ondiepe grondwater en een toenemende bodemverdichting vanaf ca. 60 cm diepte hebben alle vier bomen een vrij oppervlakkig wortelstelsel ontwikkeld.

De onderzoekers deden diverse waarnemingen:

- Bij alle bomen was het grootste deel van de wortelmassa in de bovenste laag aanwezig en hier zeer extensief verdeeld (sterke ruimtelijke spreiding/geen compacte kluit).
- Bij de esdoorn en de els is het wortelpakket vlak bij de stam zeer intensief ontwikkeld en het bestaat hier uit een mengsel van grove en fijne wortels.
- De grotere en langere wortels vertakken vanuit de stambasis met sterke aanlopen, blijven echter relatief ondiep en lopen tot vele meters vanuit de stam door. Vanuit deze hoofdwortels (*Senkerwurzeln*) vertakken veel kleinere wortels naar de humeuze bovenlaag. Dit patroon is ook bij de esdoorn waargenomen, die onder andere omstandigheden vaak een gelijkmatig verdeelde wortelkluit (*Herzwurzel*) ontwikkelt.
- Veel wortels kruisen elkaar in een nagenoeg rechte hoek. Dit effect treedt ook bij naast elkaar staande bomen van



foto 2 Vrij gegraven wortels van de populier



foto 3 De situatie langs de kademuur

foto's M. Baisig

foto 4 *Umlenkwurzel*: de meeste wortels (hier van de Noorse esdoorn) groeien in een nagenoeg rechte hoek weer van de kademuur weg nadat zij deze bereikt hebben.



foto's M. Barsig

foto 5 Bewortelingsonderzoek aan de historische kademuur van De Havik in Amersfoort.



verschillende soorten vrij veel op. Hierdoor lopen de wortels in meerdere en steeds wisselende richtingen. Sommige lange wortels op grotere afstand van de boom groeien met een opvallend golvende vorm (meandervorm).

- De meeste grote wortels lopen in de richting van het talud, dus niet aan de oeverzijde.
- De bomen hebben diverse sterke wortels in de richting van de kademuur ontwikkeld. Sommige van deze wortels groeien parallel aan de muur verder, maar in de meeste gevallen nam men een onverwacht effect waar: de wortels groeien met een sterke knik vervolgens weer van de muurconstructie weg. In geval van sterke windbelasting zou zo'n wortel geen of alleen geringe krachten op de muur overdragen (*Kraft-Umlenkwardeln*). De kans op mechanische schade van de muur door deze wortels is gering.
- In geen enkele situatie was er sprake van directe schade aan de kademuur door bijvoorbeeld het ingroeien van wortels. Ook is er geen dichte wortelpruik langs deze muur waargenomen. (Foto 4.)

Conclusies

Dit leidde tot een aantal conclusies.

- Het warrige verband van de wortels met veel onderlinge kruisingen leidt kennelijk tot een betere verankering in de bodem. Dit is te vergelijken met de werking van een gevlochten stalen wapening in beton, die in meerdere richtingen krachten moet kunnen opnemen. Hierdoor kunnen optredende scheid- of schuifkrachten (dit zijn krachten tussen twee tegen elkaar bewegende vlakken) beter opgevangen worden.
- In de tekeningen in de boeken van Mattheck (bijvoorbeeld *Handboek Boomveiligheid*) wordt de wortelkluit vaak als samenhangende en compacte eenheid weergegeven, die bij te hoge belasting los kan raken, waardoor de kluit als geheel langs het schuifvlak kantelt. Wortels die verder reiken dan het schuifvlak van de compacte kluit zorgen voor een vergrendeling van dit potentiële schuifvlak. Dit is juist op standplaatsen met hoge grondwaterstanden belangrijk, omdat de bomen hier geen diep reikende wortels kunnen ontwikkelen.

- Naast elkaar staande bomen kunnen kennelijk van elkaar profiteren wanneer hun wortelstelsel met elkaar verweven is. Er ontstaat een mechanisch verband met in verschillende richtingen werkende krachten. Hierdoor wordt voorkomen dat de belasting slechts in één richting wordt overgedragen en dat de schuifspanning op een gegeven moment te hoog wordt.

Op basis van de bevindingen kan geconcludeerd worden dat in deze specifieke situatie de bomen en hun wortels geen negatieve impact op de kademuur hebben en eerder voor een stabilisering van de hele oever zorgen.

Empirisch onderzoek

De drie Duitse auteurs hebben hun onderzoek terecht empirisch genoemd. Het is een case die niet zonder meer op andere situaties kan worden geprojecteerd. In andere situaties, waarin bomen over minder gunstige doorwortelbare ruimte beschikken dan langs de oever van het *Landwehrkanal*, zullen zij misschien in sterkere mate langs een kade wortelen en schades veroorzaken. Dat zal naar verwachting in hoge mate afhangen van de technische constructie van de muur en van een aantal standplaatsfactoren. Dergelijke onderzoeken kosten relatief veel tijd en geld, maar geven inzicht in de diverse strategieën van boomwortels. Een beter begrip hiervan zal in de toekomst behulpzaam zijn bij het ontwerpen en inrichten van goede boomstandplaatsen.

Literatuur

- Barsig, M; Kluge, B; Hirschmann, M. Gefährden Baumwurzeln alte Kanalmauern? PROBAUM 3/2009
- Mattheck, C., 2003 Warum alles kaputt geht. Form und Versagen in Natur und Technik, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
- Mattheck, C., 2007 Aktualisierte Feldanleitung für Baumkontrollen mit Visual Tree Assessment. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
- Mattheck, C. en Breloer, H., 1994 Handboek Boomveiligheid. Pius Floris Producties, Almere-Haven