



BIBLIOTHEEK
PPO sector Bloembollen
Postbus 35
2160 AB Lisse
0252 462121

RAPPORT 59

INVENTARISATIE VAN WEGDEKBESCHADIGING DOOR BOOMWORTELS

**Ir. M.H.A. Hoffman
L. Hoogendoorn
M.B.M. Ravesloot**

Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop, juli 2000

INHOUD

WOORD VOORAF	5
1. INLEIDING	6
2. DOEL VAN HET ONDERZOEK	6
3. AANPAK	7
3.2 Literatuuronderzoek	7
3.2 Telefonische enquête	7
4. RESULTATEN ENQUETE	8
5 ACHTERGRONDEN VAN WEGDEKBESCHADIGING DOOR BOMEN	11
5.1 Waar komt schade voor?	11
5.2 Oorzaken van wegdekbeschadiging	11
5.3 Invloed van het wortelsysteem	13
5.4 Invloed van de omgeving	15
5.5 Het voorkomen van wegdekbeschadiging	16
5.6 Herstellen van schade	20
6 WORTELKENMERKEN IN RELATIE TOT SCHADEKANS	21
7. SAMENVATTING	24
8. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK	25
9. LITERATUURLIJST	26
BIJLAGE 1: Oproep in 'Tuin & Landschap	29
BIJLAGE 2: Invulformulier telefonische enquête	30
BIJLAGE 3: Medewerking telefonische enquête opdrukken van verharding	31
BIJLAGE 4: Schadekansen-kaart vochtonttrekking door bomen	32

P-12-B/59
iEN 1639052

WOORD VOORAF

Het gebruikswaardeonderzoek laanbomen heeft er met de themagerichte benadering een nieuwe dimensie bij gekregen. Het beschadigen van het wegdek door boomwortels vormt een algemeen probleem bij gemeenten. Veel gemeenten en ook boomverzorgende bedrijven zijn zelf actief bezig (geweest) om hiervoor oplossingen te zoeken. Ook is via onderzoek in Nederland en in het buitenland al veel informatie over dit onderwerp verkregen. Er is dus veel kennis aanwezig, echter wel erg versnipperd. In dit rapport is een inventarisatie van dit onderwerp gemaakt aan de hand van literatuurgegevens en een enquête onder boomverzorgende bedrijven en gemeenten.

Verheugend is de samenwerking met de Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein te Velp. L. Hoogendoorn heeft over dit onderwerp een studentenverslag gemaakt. Hiervoor is veel informatie over dit onderwerp verzameld.

Graag wil ik hierbij de Agrarische Hogeschool Larenstein te Velp bedanken voor de medewerking en in het bijzonder Lilian Hoogendoorn voor haar goede en energieke inbreng.

Tevens wil ik ook alle groenvoorzieners van gemeenten en boomverzorgers die hebben meegewerkt aan de enquête bedanken voor hun enthousiaste medewerking. Allen hebben zeer positief bijgedragen aan dit rapport, dat ongetwijfeld zijn weg zal vinden naar gebruikers van laanbomen.

Drs. M.B.M. Ravesloot,

projectleider

1. INLEIDING

Binnen het gebruikswaardeonderzoek laanbomen (project 6025, Boomteeltpraktijkonderzoek) is sinds 1999 een jaarlijks terugkerende themagerichte benadering ingevoerd. Hiermee kan in korte tijd goede en relevante informatie worden verzameld en doorgegeven aan groenvoorzieners en andere belanghebbenden. Het hoofddoel van het onderzoek, het beoordelen van nieuwe sortimenten in verharding bij gemeenten, vergt immers een veel langere adem. Als eerste thema is gekozen voor "wegdekbeschadiging door boomwortels".

Beschadiging van het wegdek door boomwortels is een probleem waar vele wegbeheerders en -gebruikers al jaren mee kampen. Het probleem doet zich zowel binnen als buiten het stedelijke gebied voor. De beschadigingen kunnen gevaarlijke situaties veroorzaken en leiden veelal tot kostbare renovaties. Daarom zijn zowel weggebruikers, -beheerders als de ontwerpers gebaat bij goede kennis en informatievoorziening over dit onderwerp.

Er zijn over wegdekbeschadiging door boomwortels al veel artikelen en rapporten verschenen, met name in Nederland, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten. Hieruit blijkt dat de oorzaak van het probleem complex is. Zowel (wortel)eigenschappen van de boom als verschillende standplaatsfactoren spelen een belangrijke rol. Er is een aantal oorzaken bekend en er worden specifieke boomsoorten genoemd die schade veroorzaken. Tevens is in de afgelopen jaren een aantal methoden ontwikkeld om wegdekbeschadigingen tegen te gaan. Zowel vanuit diverse onderzoeken als uit de praktijk zijn resultaten over deze methoden bekend.

2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van dit onderzoek is om de versnipperde kennis over wegdekbeschadiging door boomwortels bijeen te brengen. Daaruit moet het volgende duidelijk worden:

- Waar speelt het probleem?
- Wat zijn de oorzaken?
- Hoe kan het probleem worden voorkomen?
- Welke specifieke boomsoorten geven (de meeste) problemen?

3. AANPAK

De belangrijkste methoden die gebruikt zijn voor het onderzoek zijn:

- literatuurstudie (artikelen, publicaties, rapporten en boeken);
- telefonische enquête onder gemeenten en boomverzorgers.

Daarnaast is een oproep geplaatst in het vakblad "Tuin en Landschap" (zie bijlage 1). Hierin werd om medewerking gevraagd door ervaringen met betrekking tot wegdekbeschadiging door bomen te melden. Op deze oproep kwam weinig respons en zal daarom verder niet meer ter sprake komen in dit rapport. De ervaringen die zijn doorgegeven zijn verwerkt in het hoofdstuk 5: Achtergronden van wegdekbeschadiging.

3.1 LITERATUURONDERZOEK

Door middel van een aantal zoekcommando's in het elektronische zoekstelsel van bibliotheek PUDOC (Wageningen) is een lijst van literatuurbronnen over dit onderwerp samengesteld. Een groot aantal belangrijke bronnen daarvan is geraadpleegd.

De belangrijkste bronnen voor dit onderzoek zijn:

- Atsma ea., 1992
- Kopinga ea., 1989
- Bakker ea., 1995

In hoofdstuk 9 is de volledige lijst van geraadpleegde literatuur gegeven.

3.2 TELEFONISCHE ENQUÊTE

De telefonische enquête bestond uit enkele korte vragen over het onderwerp (zie bijlage 2). Hieruit moest vooral duidelijk worden in hoe groot het probleem momenteel in praktijk (in Nederland) is, welke maatregelen er worden genomen ter voorkoming van het probleem en welke boomsoorten de meeste problemen veroorzaken. Ter voorbereiding op een eventueel volgend gebruikswaarde thema, wordt een vraag gesteld over welke andere gebruikswaardethema's gewenst zijn.

In bijlage 3 staan de boomverzorgers en gemeenten die aan de enquête hebben meegewerkt vermeld.

De bevindingen van de enquête worden in hoofdstuk 4 weergegeven. Om tot een compleet overzicht te komen is de informatie die uit de enquête naar voren is gekomen, samen met de literatuurgegevens verwerkt tot hoofdstuk 5 (Achtergronden van wegdekbeschadiging door bomen) en hoofdstuk 6 (Wortelkenmerken van bomen, incl. schadekans).

4. RESULTATEN ENQUETE

Er is door 30 boomverzorgende bedrijven en Nederlandse gemeenten meegewerkt aan de telefonische enquête. Deze lagen willekeurig verspreid over het hele land.

Aan de hand van de ingevulde formulieren (bijlage 2) is de volgende balans opgemaakt:

1. Ondervindt u in uw gemeente (of bedrijf) wel eens problemen met wegdekbeschadiging door boomwortels?

Aantal antwoorden: 26

Verdeling antwoorden:

- vaak (24x) = 92%
- nooit (0x) = 0%
- soms (2x) = 8%
- weet niet (0x) = 0%

Zo ja: bij welke gewassen?

Het meeste zijn genoemd:

1. *Populus* (22x; waarbij specifiek genoemd: *P. x canadensis* (4x) en *P. x canadensis* 'Robusta' (4x))
2. *Robinia pseudoacacia* (13x)
3. *Acer* (11x; waarbij specifiek genoemd: *A. platanoides* (1x) en *A. saccharinum* (4x))
4. *Fraxinus excelsior* (9x)
5. *Ulmus* (10x; waarbij specifiek genoemd: *U. glabra* (1x) en *U.* 'Dodoens' (1x))
6. *Salix* (8x; waarbij specifiek genoemd: *S. alba* (3x))
7. *Tilia* (6x; waarbij specifiek genoemd: *T. x europaea* (2x))

In mindere mate zijn genoemd:

1. *Platanus* (4x)
2. *Aesculus* (4x; waarbij specifiek genoemd: *A. hippocastanum* (3x) en *A. carnea* (1x))
3. *Quercus* (4x; waarbij specifiek genoemd: *Q. palustris* (1x) en *Q. rubra* (1x))
4. *Alnus* (2x)
5. *Pyrus calleryana* (2x)
6. *Betula* (2x; waarbij specifiek genoemd: *B. ermanii* (1x))
7. *Castanea sativa* (1x)
8. *Catalpa* (1x)
9. *Fagus* (1x)
10. *Morus* (1x)
11. *Prunus avium* (1x)
12. *Pterocarya* (1x)
13. *Sophora* (1x)
14. *Sorbus* (1x)

Hoe werd deze schade veroorzaakt?

Aantal antwoorden: 8

Verdeling antwoorden:

- door boomwortel (6x)
- krimp ondergrond (1x)
- weet niet (1x)

2. Neemt u wel eens maatregelen om wegdekbeschadiging door boomwortels te voorkomen?

Aantal antwoorden: 23

Verdeling antwoorden:

- vaak (15x) = 65%
- nooit (2x) = 9%
- soms (6x) = 26%
- weet niet (0x) = 0%

Zo ja: welke maatregelen en wat zijn uw ervaringen ermee?

Aantal antwoorden: 21

Verdeling antwoorden:

Maatregelen na schade:

- verwijderen wortels (incl. herbestraten) (8x)
- rooien van de bomen (6x)
- ophogen straat (3x)
- versoepelen kapbeleid (1x)

Maatregelen ter voorkoming (aanleg/ontwerpfase)

- aanbrengen wortelschermen (12x)
- dieproot-systemen (6x)
- maken voldoende groot plantgat (5x)
- toepassen van bomenzand (5x)
- toepassen niet opdrukkende boomsoort (2x)
- maken wortelsleuven (1x)
- aanleggen asfaltbutimen (1x)

3. Welke andere gebruikswaarde aspecten geven in uw gemeente veel problemen?

Aantal antwoorden: 15

- vruchtval (10x)
- ziekten (8x)
- zoutschade (7x)
- honingdauw (5x)
- takval (2x)
- onverenigbaarheid ent (1x)
- slechte aanslag (0x)
- weet niet (0x)

Algemene gemaakte opmerkingen

Door velen wordt opgemerkt dat de oorzaak van het probleem niet alleen ligt bij de boomsoort maar ook bij de groeiplaats. In veel gevallen zorgen te kleine plantgaten voor problemen. Ook zeggen sommige dat er binnen een boomsoort variatie lijkt te bestaan; de ene herkomst veroorzaakt meer problemen dan de andere. Ook is een opmerking gemaakt over de invloed van het type bestrating: het ene type bestrating lijkt meer gevoelig voor beschadiging dan het andere.

Er zijn zowel positieve als negatieve ervaringen gemeld van wortelschermen. De prijs van dit product staat vele mensen tegen, zeker omdat het resultaat hiermee nog vrij onbekend is.

Belangrijkste conclusies

- 92% van de ondervraagden heeft vaak te maken met wegdekbeschadiging door boomwortels.
- Er is een groot aantal geslachten en soorten van bomen genoemd waarbij het probleem is gesignaleerd: *Populus*, *Robinia pseudoacacia*, *Acer*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus* en *Salix (alba)* zijn het vaakst genoemd.
- 91% neemt (vaak/soms) maatregelen om schade te herstellen en/of tegen te gaan.
- De belangrijkste maatregelen die genomen worden om schade te voorkomen zijn: (1) wortelschermen, (2) dieproot-systeem, (3) het aanbrengen van een ruim plantgat, (4) het toepassen van bomenzand.
- Er zijn nog weinig concrete bevindingen van de verschillende methoden om schade te voorkomen.
- Vruchtval, ziekte en zoutschade zijn andere gebruikswaarde problemen waar gemeenten mee kampen.

5. ACHTERGRONDEN VAN WEGDEKBESCHADIGING DOOR BOMEN

5.1 WAAR KOMT SCHADE VOOR?

Beschadiging van verharding door boomwortels kan voorkomen op plaatsen waar bomen op niet al te grote afstand van de verharding zijn geplant. Afhankelijk van de oorzaak van de beschadiging is dit van vlakbij de stam tot ruim buiten de kroonprojectie.

Op alle grondsoorten

Wegdekbeschadiging door bomen komt in principe voor op alle grondsoorten. Er zijn meldingen op voedselrijke klei- en zavelgronden als op armere zandgronden (opgespoten gronden, stuifzandgronden en heideontginningen) en ook op veengronden.

Wel is de structuur en voedingstoestand van invloed. Schade als gevolg van krimp van de ondergrond komt vooral voor bij zware kleigrond en veengrond.

Bij vele types verharding

Wegdekbeschadiging door bomen komt voor bij dichte verharding (asfalt) en halfopen verharding (tegels en klinkers). Bij asfalt ontstaan daarbij scheuren, terwijl tegels en klinkers worden opgelicht. Schade als gevolg van opdrukken door wortelopslag komt vooral voor bij halfopen verharding, hoewel worteluitlopers van sommige boomsoorten ook dwars door asfalt kunnen groeien. Voor de rest lijkt er geen invloed van de verharding te zijn (Kopinga ea., 1989). Wel is de dikte van de verharding van invloed. Dunne asfaltverhardingen (< 5cm) beschadigen zeer gemakkelijk, vooral omdat verdere verbrekking aan de rand van de scheuren snel optreedt. Bij dikkere lagen (10-12 cm) ontstaan minder gauw scheuren en worden de scheuren minder gauw groot en gevaarlijk (Kopinga ea., 1989). Bij asfalt dat op een betonnen fundering is gestort is geen melding van beschadiging bekend (Kylstra, 1985)

In stedelijk gebied en bij kleinere provinciale wegen

Er zijn vooral veel schademeldingen bekend in stedelijk gebied (trottoirs, wegen, parkeerplaatsen) en (kleinere) provinciale wegen en fietspaden. Deze verhardingen hebben gewoonlijk een relatief geringe dikte en er worden bomen op relatief korte afstand van de bestrating geplaatst. Bij grotere wegen zoals autosnelwegen speelt het probleem gewoonlijk niet. Deze bestratingen zijn veel dikker en de bomen worden daar minder vaak en op grotere afstand toegepast.

5.2 OORZAKEN VAN WEGDEKBESCHADIGING

Wegdekbeschadiging door bomen kan op vier manieren veroorzaakt worden:

1. Opdrukken door de gestelwortels (direct)
2. Opdrukken door wortelopslag (uitlopers)
3. Opdrukken door diktegroei van stam en wortellijsten
4. Inkrimpen en zakken van de ondergrond (vaak indirect als gevolg van wateronttrekking door boomwortels).

Opdrukken door de gestelwortels

Direct onder de verharding komen vaak lange gestelwortels voor. Deze kunnen bij het groter worden het wegdek naar boven drukken en/of doen scheuren. Bij deze vorm van schade is de beschadiging meestal dwars over de weg.

Het groeimilieu direct onder het wegdek blijkt een positieve invloed te hebben op de ontwikkeling van dit type wortels (Kopinga ea., 1989). Dit komt door de combinatie van hoge en stabiele vochtigheidsgraad, relatief lage indringingsweerstand en lage vruchtbaarheid. De hoge en stabiele vochtigheid direct onder de verharding zijn erg gunstig voor de ontwikkeling van wortels. Daar komt bij de relatief lage indringingsweerstand voor boomwortels, die in het cunet zelf gewoonlijk te hoog is. Vanwege de lage vruchtbaarheid zal de wortel niet vertakken en snel en rechtdoor groeien tot een milieu wordt gevonden waar wel voedingsstoffen aanwezig zijn. De wortel ontwikkelt zich tot een lange dikke gestelwortel, die pas vertakt als er een beter groeimilieu wordt gevonden, bijvoorbeeld aan de andere kant van de weg.

Beschadigingen van deze vorm kunnen tot ruim een meter buiten de kroonprojectie plaatsvinden. Ze kunnen worden veroorzaakt door slechts "duimdikke" wortels.

(Voor meer informatie zie Kopinga ea., 1989; Meyboom & Kopinga, 1995).

Opdrukken door wortelopslag

Behalve door de boomwortel zelf kan de verharding ook beschadigd worden door wortelopslag. Dit zijn jonge uitlopers van boomwortels die vooral ontstaan bij beschadiging van wortels. Bij de meeste soorten verschijnen eventuele worteluitlopers op niet al te grote afstand van de stam. Bij enkele boomsoorten zoals *Populus* kunnen worteluitlopers op vele meters afstand van de stam opkomen. Vooral bij halfgesloten verhardingen komt vaak schade voor als gevolg van wortelopslag (Slager, 1986). Bij sommige bomen is zelfs asfalt niet opgewassen tegen de kracht van een spuitende wortel (Atsma ea., 1992)

Opdrukken door diktegroei van stam en wortellijsten¹

Deze vorm van opdrukken komt vooral voor bij een (te) kleine boomspiegel. In principe kan deze vorm van wegdekbeschadiging bij elke boomsoort voorkomen, maar de snelste groeiers en bomen met hoge en brede wortellijsten geven de meeste problemen. De schade is gewoonlijk gering en beperkt zich tot beschadiging van de verharding direct rondom de boom. Als de boomspiegel ruim genoeg wordt gemaakt is het probleem verholpen of te voorkomen. Over deze vorm van schade zal verder in dit rapport weinig worden vermeld omdat deze het minst belangrijk is.

Inkrimpen van de ondergrond

Scheuren en verzakkingen in de weg kunnen ook het gevolg zijn van het inkrimpen van de ondergrond. Dit is vaak indirect het gevolg van wateronttrekking door boomwortels. Vooral weinig neerslag, onvoldoende gerijpte grond en een hoog lutum- en/of organische-stof gehalte werken krimp in de hand. Bij deze vorm van schade komen meestal scheuren voor die min of meer parallel aan de richting van de weg lopen.

Zware klei (>35% lutum) en veen kennen de grootste krimp en zullen aanleiding geven tot de grootste zakkingen. Lichte zavelgronden (17,5% lutum) zijn ongevaarlijk. Zandgronden krimpen niet. Bakker ea. (1995) heeft een schadekansenkaart voor Nederland samengesteld (zie bijlage 4). Aan de hand hiervan kan het risico van krimp van de ondergrond voor een bepaald gebied worden bepaald. Ook een grondonderzoek en het vaststellen van de hydrologische situatie kunnen daarbij van dienst zijn. Deze bepalingen zeggen uiteraard niets over wegdekbeschadiging als gevolg van direct opdrukken door gestelwortels of worteluitlopers van de boom. Wateronttrekking van bomen aan krimpgevoelige bodems kunnen ook leiden tot verzakking van gebouwen (Reynolds, 1980; Biddle, 1987)). Krimp van de ondergrond als gevolg van wateronttrekking van boomwortels kan in principe in de gehele doorwortelde zone plaatsvinden. Dit kan tot driemaal zo ver als de kroonprojectie gaan. (Voor meer informatie zie Bakker ea. (1995); Akker, van den & Th. van Putten (1995); Reynolds, 1980; Biddle, 1987).

¹ aanzetten van de wortel onderaan de stam

5.3 INVLOED VAN HET WORTELSYSTEEM

Het gedrag van de wortels van bomen bepaalt in belangrijke mate de kans op wegdekbeschadiging. Het is daarom zinvol om in te gaan op enkele relevante zaken.

De belangrijkste functies van het wortelsysteem zijn: opname van vocht en voedingsstoffen, verankering en opslag van reserves. Het wortelsysteem is onder te verdelen in twee systemen:

- een diepgaand aantal gestelwortels dat de boom verankert en water van grote diepte en afstand kan halen (waterhalers);
- een oppervlakkig stelsel van vooral fijne wortels voor opname van water en voedingsstoffen.

Het doorwortelde oppervlak (wortelprojectie) is gewoonlijk groter dan de kroonprojectie afhankelijk van de standplaats is de verhouding 1:1 (rijke bodems) tot 1:4 (arme bodems). Bij zuilvormige kronen is de wortelprojectie relatief groot. Figuur 1 geeft de verhouding van kroon en wortelsysteem bij een normale ontwikkeling aan.

Ontwikkeling van het wortelsysteem

De ontwikkeling van het wortelsysteem wordt gestuurd door erfelijke aanleg, resulterend in een voor de boomsoort typisch wortelsysteem en aan de andere kant door omgevingsfactoren. Jonge bomen hebben meestal eerst een penwortelsysteem. Dit groeit sterk naar beneden. Naarmate het wortelsysteem meer vertakt, gaan de wortels meer horizontaal groeien. Na een aantal jaren neemt het wortelsysteem zijn definitieve vorm aan, doordat de bovenste zijwortels meer of minder sterk uitgroeien. De invloed van de erfelijk aangelegde groeirichting wordt steeds geringer naarmate de boom ouder wordt en omgevingsfactoren krijgen een grotere invloed.

Wortels groeien in principe naar onbepaalde richtingen, maar passen zich wel aan de omgeving aan (richting, vertakking, etc.). Het is bekend dat wortels nadat ze om een obstakel heen zijn gegroeid, vaak hun oorspronkelijk richting weer inslaan.

Er kan onderscheid worden gemaakt in hart-, pen- en zinkerwortelsystemen (zie figuur 2). Er komen veel overgangsvormen voor tussen deze typen wortelsystemen.

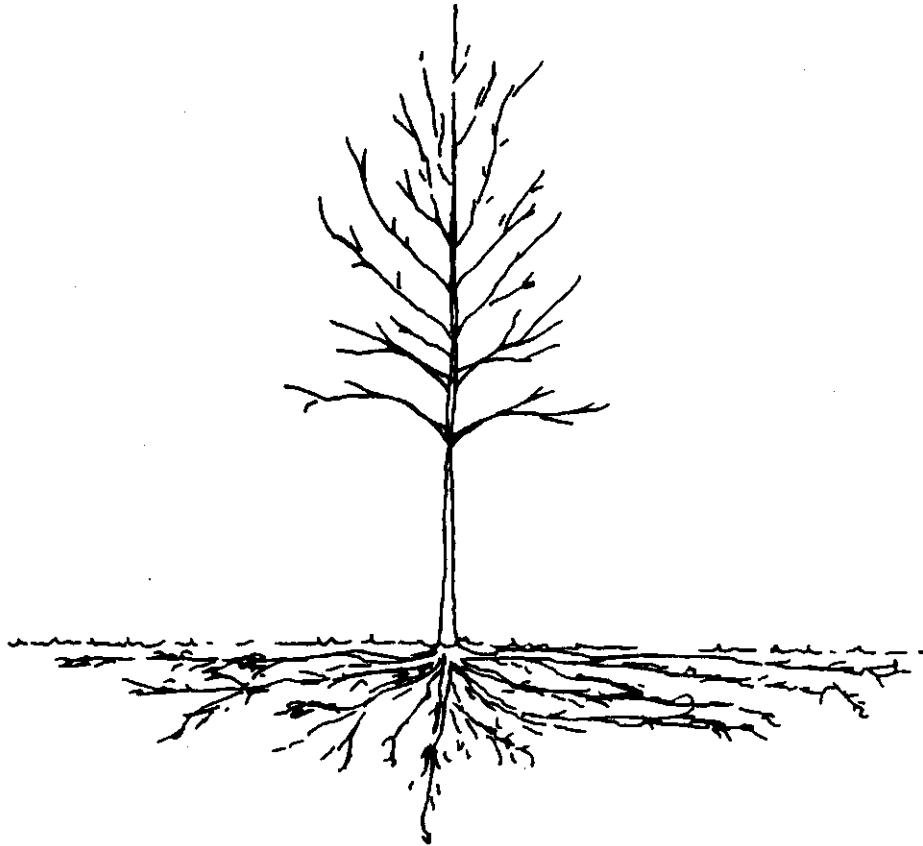
Bij het verplanten (op de kwekerij) wordt de penwortel meestal afgestoken, zodat de natuurlijke ontwikkeling wordt onderbroken.

Vlakwortelaars en diepwortelaars

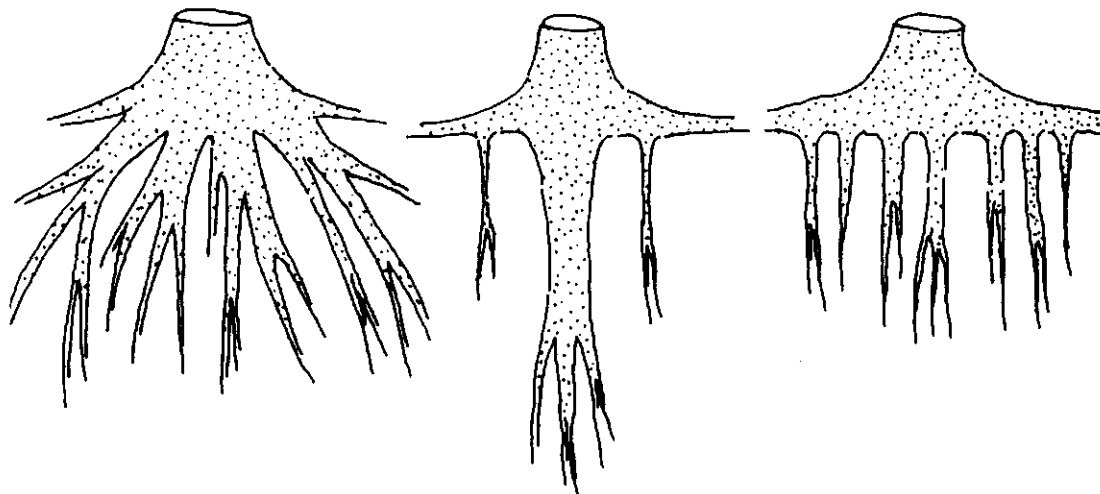
Bepaalde boomsoorten vertonen van nature een oppervlakkige wortelgroei, bijvoorbeeld bomen met aanleg voor een zinkerwortelsysteem. Deze wortels hebben vaak een aanzet hoog aan de stamvoet. Deze bomen zullen in principe eerder wegdekbeschadiging veroorzaken. Bomen die hun wortels van nature meer naar beneden sturen (hart- en penwortelsysteem) zullen minder snel problemen geven. Uiteraard moeten dan de omstandigheden zodanig zijn dat de wortels ook echt naar beneden kunnen groeien.

Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van worteleeigenschappen van een groot aantal boomsoorten. In de lijst van bomen die schade kunnen veroorzaken komen veel vlakwortelaars voor.

(Voor meer informatie zie Atsma & in 't Velt, 1992; Zimmerman & Brown, 1977)



FIGUUR 1: Verhouding kroon en wortelstelsel bij een normale ontwikkeling (uit Davis, 1984)



FIGUUR 2: Hoofdtypen wortelsystemen: v.l.n.r. hart-, pen- en zinkerwortelsysteem (uit: Köstler et al, 1968)

5.4 INVLOED VAN DE OMGEVING

Uit het vorige hoofdstuk is gebleken dat de omgevingsfactoren, in belangrijke mate het ontwikkelen en het functioneren van het wortelgestel beïnvloeden. De belangrijkste factoren zijn:

- de structuur en voedingstoestand van de grond
- de profielopbouw
- het plantgat
- de grondwaterstand

Deze factoren bepalen de indringingsweerstand voor de wortels, de vochtvoorziening en het voedselaanbod, het zuurstofgehalte en de luchtverversing. Vooral in de stedelijke omgeving zijn de omstandigheden voor bomen vaak verre van optimaal.

De structuur en voedingstoestand van de grond

Verschillen in structuur veroorzaken verschillen in indringingsweerstand. Des te beter de structuur en de voedingstoestand des te meer vertakt een wortel. De grond wordt dan intensief doorworteld. Wortels groeien graag in een bouwvoor of een drainsleuf met een zeer losse structuur.

Bij sterk verdichte grond worden wortels zowel mechanisch als fysiologisch (minder zuurstof) gehinderd. De indringingsweerstand bepaalt in belangrijke mate de doorwortelbare ruimte.

Ongunstig profiel rondom verharding

Bij de bomen in de verharding is de profielopbouw afwijkend van de natuurlijke situatie. Ten behoeve van de verharding is zand opgespoten of opgereden, dat gewoonlijk verdicht wordt. Tevens is veelal een funderingslaag van puin aangebracht. Daarin kunnen nauwelijks boomwortels groeien. Er wordt daarom voor de boom gewoonlijk een plantgat gemaakt dat opgevuld wordt met teelaarde of bomengrond.

Het plantgat

De omvang van de plantgaten varieert sterk, van 0,3 m³ tot ca. 6 m³. De meeste plantgaten zijn kleiner dan 2 m³. Temidden van het opgespoten en verdichte zand lijken die dus op een bloempot. En dat heeft grote invloed op de ontwikkeling van het wortelsysteem. Het grove zand rondom de plantgaten is zo dicht dat wortels vaak veel moeite hebben om daarin verder te groeien. In het opgebrachte zand zit weinig of geen voedsel. De bomen zijn voor hun voedselvoorziening dus grotendeels aangewezen op het plantgat.

De grondwaterstand

Het komt in stedelijke gebieden nogal eens voor dat de grondwaterstand ondiep is. Bij veel boomsoorten wordt de diepte van de beworteling bepaald door de ondiepste grondwaterstand, meestal voorkomend in de winter. Ook al is de waterstand in de zomer veel dieper dan in de winter dan geeft dat nog geen dieper wortelstel. Door de hoge winterwaterstand gaan de in de zomer op grotere diepte gegroeide boomwortels weer dood. Gebeurt dat in een grond waarvan de vochthoudendheid matig is dan kan dat in de zomer vochttekorten geven. Een boom in verharding is voor de watervoorziening aangewezen op de voorraad in het plantgat, de beschikbaar komende neerslag en eventueel capillair opstijgend water.

Een hoge grondwaterstand veroorzaakt een oppervlakkiger beworteling. Kopinga ea. (1989) ziet echter geen relatie met wegdekbeschadiging.

Een hoge grondwaterstand is wel gunstig voor de vochtvoorziening van de bodem. Dit maakt dat de grond minder snel uitdroogt en dus ook minder snel zal krimpen.

(Voor meer informatie: Slager, H., 1986; Kopinga ea., 1989; Bakker ea., 1995)

5.5 HET VOORKOMEN VAN WEGDEKBESCHADIGING

Er is een aantal manieren om wegdekbeschadiging door boomwortels te voorkomen. Hieronder worden de belangrijkste genoemd en besproken. Het zijn zowel methoden om krimp van de ondergrond te voorkomen als methoden om directe schade door de boomwortel of worteluitlopers te voorkomen.

De meest toegepaste maatregelen om wegdekbeschadiging te voorkomen zijn:

Ter voorkoming directe schade:

- juiste boomkeuze
- aanbrengen funderingslaag
- maken wortelsleuven
- aanbrengen wortelschermen langs verharding
- aanbrengen schermen of bodemloze containers rondom het plantgat
- ruim en goed plantgat
- aanbrengen bitumenfolie onder verharding
- rekening houden met type en dikte verharding

Ter voorkoming van krimp ondergrond:

- juiste boomkeuze
- grondverbetering
- juiste locatiekeuze
- goed peilbeheer

Juiste boomkeuze

De ene boomsoort veroorzaakt eerder wegdekbeschadiging dan de andere. Er is in de literatuur en onder practici een aantal bomen bekend dat vaak wegdekbeschadiging veroorzaakt. *Populus* is de bekendste, maar ook bijvoorbeeld *Robinia*, *Salix* en *Tilia* worden vaak genoemd. In H. 6 wordt dit in de tabel met wortelkenmerken aangegeven.

Voor drie oorzaken van wegdekbeschadiging, de boomwortel zelf, worteluitlopers of indirect door krimp van de ondergrond, is het maken van een goede boomkeuze van belang. Voor wat betreft schade door krimp van de ondergrond geldt dat bomen die een hoge potentiële verdamping hebben meer vochttekort in de bodem veroorzaken en dus meer krimp. Deze soorten zijn daardoor gevaarlijk. De bekendste boom daarbij is *Populus*.

Daar veel bomen worden geënt op een onderstam, moet bedacht worden dat uiteindelijk de onderstam het wortelgedrag bepaalt. Als bijvoorbeeld *Quercus robur* is geënt op *Q. frainetto*, bepaald *Q. frainetto* de kans op wegdekbeschadiging.

Verschillen in het veroorzaken van wegdekbeschadiging tussen verschillende bomen, liggen in praktijk op geslachts- en soortsniveau. In praktijk zijn er dus meestal geen verschillen tussen cultivars (alleen bij gestekt materiaal). Er bestaan echter ook binnen soorten ongetwijfeld verschillen in beworteling. Selecties van onderstammen met diepwortelende eigenschappen bieden zeker perspectief; dit vormt echter nog een braak liggend terrein (Jong, de 1998).

Aanbrengen funderingslaag

Uit onderzoek van het IBN (Kopinga ea., 1989) is aangetoond dat het aanbrengen van een cunet van grof puin (bv. geklopt ovensteen) direct onder het wegdek de kans op wegdekbeschadiging aanzienlijk verkleint. Voorwaarde is dat de laag voldoende dik is (ca. 30 cm) en niet wordt afgestrooid met zand. In deze puinlaag is de indringingsweerstand voor boomwortels dermate groot dat deze niet direct onder de bestrating groeien. In praktijk wordt

deze methode echter nog niet veel toegepast, waarschijnlijk vanwege de onbekendheid. Deze methode is met name toepasbaar op asfaltwegen.

Volgens dit onderzoek zijn de grondwaterstand, de samenstelling van de bodem en de afstand van de beplanting tot de verharding van minder tot ondergeschikt belang voor wat betreft schade als gevolg van opdrukken door gestelwortels.

(Voor meer informatie zie Kopinga ea., 1989; Meyboom & Kopinga, 1995)

Maken wortelsleuven

Teneinde wortelgroei in de zeer dichte grond onder de verharding mogelijk te maken kunnen wortelsleuven vanaf het plantgat aangebracht worden. In deze sleuven komt zand met een lossere pakking. Door deze sleuven gericht aan te brengen, niet te dicht onder de verharding, wordt de kans op wegdekbeschadiging verkleind.

Aanbrengen wortelschermen langs verharding

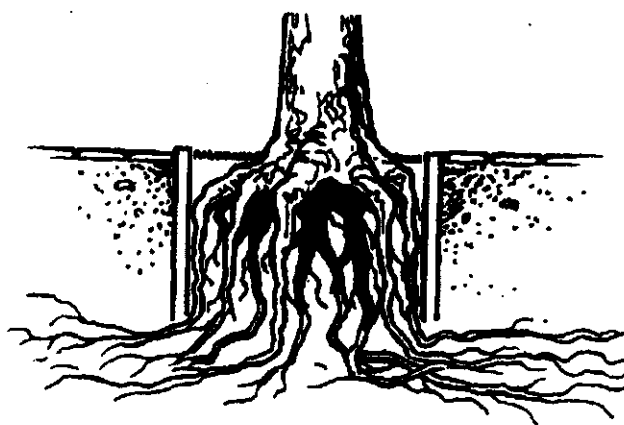
Langs de verharding kunnen wortelschermen van kunststof worden aangebracht. De effectiviteit hangt af van de aard van het materiaal en de plaatsing. Grofmazig materiaal is ongeschikt in verband met doorgroei van wortels. Dicht materiaal van voldoende sterkte/dikte zoals plastic folie of fijnmazig kunststofvezeldoek is wel geschikt. Uit het onderzoek van Kopinga ea. (1989) komt naar voren dat zowel geweven en gecoat kunststofvezeldoek als het zg. non-woven kunststofvezeldoek is staat is om over een periode van meerdere jaren worteldoorgroei te verhinderen. Wortelschermen zijn alleen effectief als ze over de volle diepte van de doorwortelbare zone zijn aangelegd. Dat wil zeggen dat de schermen tot ca. 30 cm onder de grondwaterspiegel moeten worden aangebracht en tenminste tot boven het maaiveld moeten reiken of naadloos aan moeten sluiten op de verharding. Soms wordt het onderste gedeelte van het wortelscherm omgebogen in de richting van de beplanting, om zodoende een plooi te vormen waarin de wortelgroei wordt verstrikt. Het effect is niet bekend. Het aanbrengen van wortelschermen kan de ontwikkeling van wortels remmen en daarmee ook de ontwikkeling van de boom. (Voor meer informatie zie Kopinga ea., 1989; Wager & Barker, 1993)

Aanbrengen schermen of bodemloze containers om het plantgat (bv. DeepRoot)

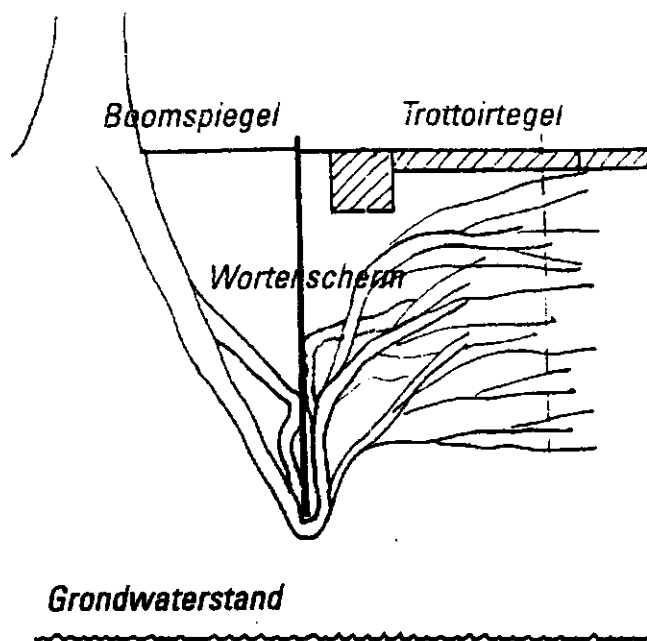
Vooraf in de Verenigde Staten is veel geëxperimenteerd met het aanbrengen van verticaal ingebrachte metalen of hardplastic schermen of (in de grond verzonken) bodemloze containers rondom het plantgat (Gulick, 1986; Hamilton, 1984a; Hamilton, 1984b). Een bekende vorm hiervan is het zogenaamde 'DeepRoot' systeem. In tegenstelling tot wortelschermen langs de verharding, moeten deze systemen minimaal 30 cm boven de grondwaterstand blijven, anders krijgt het wortelsysteem te weinig ruimte. Het is bij deze systemen de bedoeling dat wortels naar beneden en onder het scherm door groeien en dan niet meer naar de oppervlakte komen. Er worden vaak verticale ribbels aangebracht om te voorkomen dat de wortels langs de barrière gaan draaien. Gestelwortels kunnen echter soms toch weer naar de oppervlakte gaan. Hiervan zijn vele meldingen bekend (Amerongen, 1999; Nicol, 1997; Costello ea., 1997; Gilman, 1996). Al met al lijken deze systemen de kans op wegdekbeschadiging in meer of mindere mate te verminderen en/of te vertragen, maar ze werken niet gegarandeerd. Bovendien zal de ene boomsoort gemakkelijker weer aan de oppervlakte komen dan de andere.

Het aanbrengen van deze schermen of bodemloze containers rondom het plantgat remt in meer of mindere mate de ontwikkeling van wortels en daarmee ook de ontwikkeling van de boom. Bovendien wordt de boom onstabiel. Veel hangt hierbij af van de ruimte van de groeiplaats voor de wortels. Figuur 3 en 4 geven respectievelijk de gewenste en de ongewenste situatie weer.

(Voor meer informatie zie: Barker & Peper, 1995; Gulick, 1986; Hamilton, 1984; Amerongen, 1999; Gilman, 1996; Costello ea., 1997; Nicoll, 1997)



FIGUUR 3: Gewenste situatie dieproot-systeem
(uit: van Amerongen, 1999)



FIGUUR 4: Ongewenste situatie dieprootsysteem
(uit: van Amerongen, 1999)

Ruime boomspiegel of afstand tot verharding

Een ruime boomspiegel of een ruime afstand tot de verharding (bij bermbeplanting) is een goede manier om schade te voorkomen. De boomspiegel of afstand tot de verharding moet in het ideale geval minstens zo groot als de kroonprojectie zijn (gewoonlijk 3-8 m afstand tot verharding). Om beschadiging als gevolg van krimp door de ondergrond te voorkomen moet deze afstand nog groter zijn (2 tot 3 keer zo groot). Vaak is dit praktisch niet haalbaar, maar boomspiegels van minimaal een meter vanaf de stam voorkomen in ieder geval al directe schade als gevolg van diktegroei van stam en wortellijsten en bij veel boomsoorten ook schade door worteluitlopers.

Ruim en goed plantgat (doorwortelbare ruimte)

Door het aanbrengen van een ruim plantgat met een goed grondmengsel zullen wortels minder de neiging hebben om vlak onder de verharding te gaan groeien (Atsma ea., 1992). Het plantgat moet eigenlijk minimaal $3/4^{\text{de}}$ deel van de kroonprojectie zijn. De structuur van de aangebrachte grond moet goed zijn en er moeten geen storende lagen aanwezig zijn. Teneinde de grond te verbeteren wordt vaak zg. bomenzand aangebracht in om het plantgat. Er zijn verschillende types bekend, maar meestal bestaat bomenzand uit (scherp) zand gemengd met compost en extra meststoffen en soms wat lutum of leem.

Ook kunnen eventueel extra faciliteiten voor lucht- en watervoorziening worden aangebracht, zoals drains, ventilatiekokers en roosters. Het is niet bekend in hoeverre deze extra's de kans op wegdekbeschadiging uiteindelijk verminderen.

Aanbrengen bitumenfolie onder verharding

Er zijn verschillende materialen die kunnen worden aangebracht direct onder de verharding.

Er zijn aanwijzingen dat bitumenfolie met stoffen die de wortelgroei remmen (Preventol-B) een negatieve invloed heeft op de ontwikkeling van boomwortels. In hoeverre dit voldoende is om de ontwikkeling van gestelwortels onder de bestrating tegen te gaan is nog onvoldoende bekend.

(Voor meer informatie zie Kopinga ea., 1989; Meyboom & Kopinga, 1995)

Rekening houden met type en dikte verharding

Bij halfopen verharding (tegels, klinkers) komt schade als gevolg van wortelopslag regelmatig voor. Bij een gesloten verharding (asfalt, betonplaten) komt deze vorm minder snel voor. Schade als gevolg van opdrukken door gestelwortels of inkrimpen van de ondergrond kan verminderd worden door de verharding voldoende dik te maken. Hierbij kan een betonnen fundering ook zeer effectief zijn.

Specifieke maatregelen om krimp van de bodem te verminderen

Grondverbetering

Het dieper aanleggen van de grondverbetering om daarmee de dikte van het krimpende lagenpakket tot nul te reduceren is een zeer effectieve en zekere manier om zakking te voorkomen, maar komt meestal alleen te sprake bij de aanleg van een weg.

Juiste locatiekeuze

Het is van belang om de boom zo dicht mogelijk te planten bij een diepe sloot die ook in droge tijden water aanvoert. Daarmee kan het ontstaan van een 'deuk in het grondwater worden voorkomen of de diepte daarvan worden beperkt. Vaak wordt dit uit landbouwkundig oogpunt al gedaan. De boom zo ver mogelijk van de wegrand afzetten zal de kans op schade doen afnemen. Bij boomsoorten die de meeste schade veroorzaken, zijn echter grote afstanden nodig om enig effect te bereiken.

Goed peilbeheer

Het aanhouden van een hoog peil in de sloot langs de wegberm met bomen is op zicht een goede manier om krimp van de bodem te voorkomen, maar zal in het algemeen speciale voorzieningen vergen en het moet te handhaven zijn.

5.6 HERSTELLEN VAN SCHADE

Bij het herstellen van aangerichte schade moet uiteraard eerst nagegaan worden wat de oorzaak is van de schade. Is de schade veroorzaakt door krimp van de ondergrond, opdrukken door gestelwortels, opdrukken door worteluitlopers of door diktegroei van de stam? Er kan dan één of meerdere van bovenstaande methoden worden toegepast alvorens opnieuw te bestraten. Bij schade door de gestelwortels moeten deze worden verwijderd. Dit kan handmatig, maar er zijn ook zogenaamde 'rootcutters' ontwikkeld; een soort wortelfrees. De afgezaagde wortels lopen vaak gemakkelijk weer uit.. Bovendien wordt met het afzagen of frezen van grote wortels een gevoelig verlies aan de opnamecapaciteit van water en voedingsstoffen door het wortelsysteem toegebracht.

6. WORTELKENMERKEN IN RELATIE TOT SCHADEKANS

Onderstaande lijst geeft een overzicht van de wortelkenmerken van een groot aantal bomen. Daarbij wordt ook de kans op beschadiging van het wegdek aangegeven. De gegevens zijn gebaseerd op vermeldingen in literatuur en in de uitgevoerde enquête (zie hoofdstuk 4). De lijst is niet compleet; niet alle bomen staan vermeld en niet alle gegevens zijn ingevuld.

De aanduiding van wegdekschade in de tweede kolom is relatieve aanduiding. Er is zoveel mogelijk rekening gehouden met de frequentie waarin bomen langs verharding worden toegepast. Indien bijvoorbeeld slechts enkele meldingen van weinig toegepaste bomen zijn (bv. bij *Ailanthus altissima*), dan wordt dit in de lijst toch als vaak aangeduid. Indien in deze kolom niets staat vermeld, wil dat zeggen dat er geen meldingen bekend zijn over wegdekschade. Dit wil echter niet zeggen dat de boom geen schade kan veroorzaken. Met name bij veel toegepaste bomen zal de kans echter erg klein zijn.

Er is een verband tussen de kans op wegdekbeschadiging en het wortelgedrag. Vlak wortelende bomen zullen eerder wegdekbeschadiging veroorzaken. Dit komt in de tabel ook duidelijk naar voren. Vlakke wortelaars hebben meestal een zinkerwortelsysteem en (half)diepe wortelaars hebben meestal een pen- of hartwortelsysteem. Sommige boomsoorten zoals *Alnus incana* en *Salix alba* hebben een penwortel die heel diep gaat en daarnaast een aantal aan het oppervlak groeiende zijwortels. Dit staat aangegeven als "vlak-diep".

In literatuur en bij groenvoorzieners is het vaak niet duidelijk of de beschadiging is veroorzaakt door krimp van de ondergrond, de gestelwortel of door worteluitlopers. In de vierde kolom wordt in ieder geval aangegeven of de boom überhaupt worteluitlopers vormt.

Bij geënte bomen bepaald de onderstam het wortelgedrag. In bestaande beplantingen is de identiteit van de onderstam vaak niet meer te achterhalen. Meldingen van schade door een bepaalde boomsoort kunnen daardoor vertroebelen.

Tabel 1: Wortelkenmerken van bomen

Geslacht / soort	schade wegdek	wortel-systeem	wortel-opslag	opmerkingen
<i>Acer campestre</i>	soms	vrij vlak	nee	dicht vertakt wortelsysteem
<i>Acer cappadocicum</i>	regelmatig			
<i>Acer japonicum</i>		vlak - diep	nee	
<i>Acer negundo</i>		vrij vlak	nee	hoofdwortel diep
<i>Acer palmatum</i>		vlak - diep	nee	
<i>Acer platanoides</i>	regelmatig	vrij vlak	nee	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	soms	halfdiep	nee	
<i>Acer rubrum</i>		vrij vlak	nee	
<i>Acer rufinerve</i>		vlak - diep	nee	weinig gebruikt als straatboom
<i>Acer saccharinum</i>	vaak	zeer vlak	nee	
<i>Acer tataricum</i>		vrij vlak - diep	nee	
<i>Acer zoeschense</i> (x)		vrij vlak - diep	nee	weinig gebruikt als straatboom
<i>Aesculus carnea</i>	vaak	vrij vlak	nee	dicht vertakt wortelsysteem
<i>Aesculus hippocastanum</i>	vaak	vrij vlak - diep	nee	hoofdwortel diep
<i>Ailanthus altissima</i>	vaak	vlak	ja	vlezige wortels; hoofdwortel diep
<i>Alnus cordata</i>		vlak - diep	nee	
<i>Alnus glutinosa</i>	soms	vlak - diep	nee	
<i>Alnus incana</i>	regelmatig	vlak - diep	ja	hoofdwortel zeer diep
<i>Alnus spaethii</i> (x)	regelmatig	vlak - diep	nee	
<i>Amelanchier lamarckii</i>		vlak	nee	fijn vertakt wortelsysteem

Geslacht / soort	schade wegdek	wortel-systeem	wortel-opslag	opmerkingen
<i>Aralia elata</i>		vlak	veel	weinig gebruikt als straatboom
<i>Betula ermanii</i>	soms		nee	
<i>Betula nigra</i>		halfdiep	nee	
<i>Betula papyrifera</i>	regelmatig	vlak	nee	
<i>Betula pendula</i>	vaak	zeer vlak	nee	
<i>Betula pubescens</i>		vlak	nee	
<i>Betula utilis</i>	regelmatig	vlak	nee	
<i>Carpinus betulus</i>	soms	vrij vlak	nee	dicht vertakt wortelsysteem
<i>Castanea sativa</i>	soms	diep	nee	dicht vertakt wortelsysteem
<i>Catalpa bignonioides</i>	soms	vrij vlak	nee	vlezige wortels
<i>Celtis occidentalis</i>		diep		
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	regelmatig	vrij vlak	nee	
<i>Cercis siliquastrum</i>		vlak - halfdiep	ja	dicht vertakt wortelsysteem
<i>Cornus kousa</i>	soms	vrij vlak	nee	
<i>Corylus colurna</i>		(half)diep	nee	vooral hoofdwortel diep
<i>Crataegus laevigata</i>	soms	(half)diep	nee	vooral hoofdwortel diep
<i>Crataegus lavallei</i> (x)	soms	(half)diep	nee	
<i>Crataegus monogyna</i>	soms	(half)diep	nee	vooral hoofdwortel diep
<i>Davidia involucrata</i>		vlak	nee	vlezige wortels
<i>Elaeagnus angustifolia</i>		vlak - diep	nee	
<i>Fagus sylvatica</i>	soms	vrij vlak - diep	nee	
<i>Fraxinus excelsior</i>	regelmatig	vlak - diep	nee	zeer groot wortelsysteem
<i>Fraxinus ornus</i>		(half)diep	nee	
<i>Gleditsia triacanthos</i>	soms	vlak - diep	nee	vlezige wortels
<i>Halesia carolina</i>		vlak	nee	weinig gebruikt als straatboom
<i>Hippophae rhamnoides</i>	zeer vaak	vlak - diep	veel	weinig gebruikt als straatboom
<i>Juglans nigra</i>		diep	nee	lange penwortel
<i>Juglans regia</i>	soms	diep	nee	vlezige wortels
<i>Koelreuteria paniculata</i>	soms	vlak	nee	vlezige wortels
<i>Laburnum</i>		vlak	nee	
<i>Larix decidua</i>		diep	nee	
<i>Liquidambar styraciflua</i>		halfdiep	ja	vlezige wortels
<i>Liriodendron tulipifera</i>		halfdiep	nee	vlezige wortels
<i>Magnolia kobus</i>		vlak - diep	nee	vlezige wortels; groot wortelsysteem
<i>Malus</i>		vrij vlak	ja	
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	vaak	vlak		
<i>Morus alba</i>	soms			vlezige wortels
<i>Parrotia persica</i>		vlak	nee	weinig gebruikt als straatboom
<i>Picea abies</i>		vlak - diep		groot en dicht vertakt wortelsysteem
<i>Pinus mugo</i>		vrij vlak	nee	weinig gebruikt als straatboom
<i>Pinus strobus</i>		vlak		weinig gebruikt als straatboom
<i>Pinus sylvestris</i>	vaak	diep	nee	lange penwortel
<i>Platanus acerifolia</i> (x)	vaak	vlak - diep	nee	groot en dicht vertakt wortelsysteem
<i>Populus alba</i>	zeer vaak	vlak	veel	zeer breed wortelsysteem
<i>Populus balsamifera</i>	zeer vaak	vlak	veel	zeer breed wortelsysteem
<i>Populus berolinensis</i>	zeer vaak	vlak	veel	matig breed wortelsysteem
<i>Populus canadensis</i> (x)	zeer vaak	vlak - diep	ja	
<i>Populus canescens</i> (x)	zeer vaak	vlak	veel	

Geslacht / soort	schade wegdek	wortel-systeem	wortel-opslag	opmerkingen
<i>Populus nigra</i>	zeer vaak	vlak	veel	
<i>Populus simonii</i>	zeer vaak	vlak - diep	nee	hoofdwortel diepgaand
<i>Populus tremula</i>	zeer vaak	vlak - halfdiep	veel	
<i>Prunus avium</i>	soms	vrij vlak	ja	
<i>Prunus padus</i>		halfdiep	veel	dicht vertakt wortelsysteem
<i>Prunus serotina</i>		halfdiep		weinig gebruikt als straatboom
<i>Prunus serrulata</i>	soms			
<i>Pseudotsuga menziesii</i>		halfdiep		weinig gebruikt als straatboom
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	vaak	vlak - diep	veel	groot breed wortelsysteem
<i>Pyrus calleryana</i>	soms	diep	ja	
<i>Pyrus salicifolia</i>		diep	nee	
<i>Quercus cerris</i>	soms	vrij vlak - diep	nee	
<i>Quercus coccinea</i>		vlak - halfdiep	nee	
<i>Quercus frainetto</i>		vlak - diep	nee	
<i>Quercus macranthera</i>	soms	diep	nee	
<i>Quercus palustris</i>	regelmatig	vlak - diep	nee	
<i>Quercus petraea</i>	soms	vlak - diep	nee	
<i>Quercus pontica</i>	soms	vlak - diep	nee	weinig gebruikt als straatboom
<i>Quercus robur</i>	soms	vlak - diep	nee	
<i>Quercus rubra</i>	regelmatig	vlak - halfdiep	nee	
<i>Quercus tumeri</i>	soms	diep	nee	
<i>Rhus typhina</i>	regelmatig	vlak	ja	breed wortelsysteem
<i>Robinia pseudoacacia</i>	zeer vaak	vlak	veel	breed zinkerwortelsysteem
<i>Salix alba</i>	vaak	vlak - diep	nee	zeer groot dicht vertakt wortelsysteem
<i>Salix sepulcralis</i>	vaak	vlak	nee	
<i>Sophora japonica</i>	regelmatig	vlak - diep	nee	groot breed wortelsysteem
<i>Sorbus aria</i>		vrij vlak - diep		
<i>Sorbus arnoldiana</i>	soms			
<i>Sorbus aucuparia</i>	regelmatig	vrij vlak - diep	ja	
<i>Sorbus intermedia</i>	soms	vrij vlak - diep	nee	
<i>Sorbus thuringiaca</i>	soms			
<i>Taxodium distichum</i>	vaak	vlak	(ja)	vaak luchtwortels boven grond
<i>Tilia cordata</i>	vaak	vlak - diep	ja	zeer dicht wortelsysteem
<i>Tilia europaea</i> (x)	vaak	vlak - diep	ja	dicht wortelsysteem
<i>Tilia tomentosa</i>	vaak	vlak - diep	ja	
<i>Ulmus carpiniifolia</i>	vaak		veel	
<i>Ulmus</i> 'Dodoens' (stek)	regelmatig			
<i>Ulmus glabra</i>	regelmatig	vlak - diep	ja	
<i>Ulmus hollandica</i> (x)	vaak			
<i>Ulmus laevis</i>	soms	diep	veel	
<i>Ulmus</i> 'Lobel' (stek)		diep	nee	

(Informatie uit: Kopinga ea. ,1989; Kylstra, 1985; Lorenz von Ehren; Balder, 1998; Janson, 1997; Enquete hoofdstuk 4)

7. SAMENVATTING

Door middel van literatuuronderzoek en een enquête onder gemeenten en boomverzorgende bedrijven is de kennis op het gebied van wegdekbeschadiging door boomwortels geïventariseerd. Hieronder volgen de belangrijkste punten.

Waar komt schade voor?

Bomen die op verder dan twee maal de kroonprojectie van de verharding staan, veroorzaken gewoonlijk geen wegdekbeschadiging. Bij zuilvormige kronen en arme bodems geldt tot vier maal de kroonprojectie.

- Schade kan voorkomen op alle grondsoorten. Schade als gevolg van krimp van de ondergrond komt vooral voor bij zware kleigrond en veengrond.
- Schade kan voorkomen bij vele types verharding. Wel geldt dat naarmate de verharding dikker en sterker is de kans op schade afneemt.

Oorzaken van wegdekbeschadiging

- Meestal wordt bestrating opgedrukt door dikke gestelwortels die aan de oppervlakte groeien.
- Daarnaast kan beschadiging worden veroorzaakt door (1) wortelopslag, (2) door diktegroei van stam en wortellijsten en (3) door inkrimpen en zakken van de ondergrond als gevolg van wateronttrekking door boomwortels.
- De kans op wegdekbeschadiging is een optelsom van (genetische) worteleigenschappen van de boom en omgevingsfactoren, met name de structuur van de bodem.
- Bomen die van nature oppervlakkig wortelen geven een grotere kans op wegdekbeschadiging.
- Een te dichte bodemstructuur maakt dat wortels naar de oppervlakte gaan; direct onder de verharding kunnen wortels vaak wel groeien.

Voorkomen van wegdekbeschadiging:

- Het kiezen van een boomsoort die weinig kans geeft op wegdekbeschadiging is een eenvoudige manier. Tabel 1 helpt bij het maken van de juiste keus.
- Een goede luchtige bodem is belangrijk. In stedelijk gebied wordt een goed en ruim plantgat en een ruime boomspiegel zeer aanbevolen.
- Ook het aanbrengen van een funderingslaag van puin direct onder de bestrating is een efficiënte methode gebleken. Hiermee wordt de groei van wortels direct onder de verharding voorkomen.
- Met name bij bodems met een dichte structuur en/of een klein plantgat kunnen ook wortelsleuven vanaf het plantgat op ruime afstand van de verharding worden aangebracht.
- Ook kunnen wortelschermen van kunststof langs de verharding worden aangebracht. Indien goed aangebracht (onder grondwaterspiegel en tot boven maaiveld) en gebruik gemaakt van het juiste materiaal is deze methode erg effectief. De methode is wel arbeidsintensief.
- Ook kunnen schermen of bodemloze containers rondom het plantgat worden aangebracht (bv. DeepRoot). Deze mogen niet onder de grondwaterspiegel komen omdat de wortels onder de barrière door moeten groeien. Deze methode zal de kans op schade verminderen en/of vertragen, maar werkt niet gegarandeerd. Soms komen wortels toch weer naar de oppervlakte.
- Indien er risico bestaat voor krimp (zie bijlage 4 - schadekansenkaart) is het zinvol om grondverbetering aan te brengen en/of om de grondwaterspiegel hoog te houden.

8. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

- Het wordt aanbevolen om meer bekendheid te geven aan een aantal effectieve preventieve maatregelen om wegdekbeschadiging door boomwortels te voorkomen. Dit geldt met name voor het aanbrengen van een funderingslaag van puin onder de bestrating.
- Selecties van onderstammen met diepwortelende eigenschappen bieden zeker perspectief ter vermindering van wegdekbeschadiging door boomwortels. Dergelijke onderstammen hebben tevens als voordeel dat ze minder droogtegevoelig zijn (zeer belangrijk in stadsklimaat) en gemakkelijke beplantingen van de boomspiegel toelaten. Er zou een onderzoeksvoorstel geschreven kunnen worden.
- Er zou binnen het gebruikswaardeonderzoek laanbomen ruimte moeten blijven om de kennis over dit onderwerp uit te breiden. Dit kan door (1) het bijhouden en verwerken van nieuwe relevante literatuur, (2) het blijven verzamelen van gegevens uit de praktijk (3) bij het beoordelen van de beplantingen in gemeenten zou extra gelet moeten worden op wegdekbeschadiging door boomwortels.
- De gegevens uit dit rapport kunnen worden toegevoegd aan PlantScope (met name de tabel). Hiervoor dienen in het programma extra velden worden toegevoegd.

9. LITERATUURLIJST

Akker, Ir. J.J.H. van den en Ir. Th. van Putten (1995)

De boom; een lust voor het oog, een last voor de weg
Landinrichting, nr. 35 (8) pag. 8-12

Amerongen, V. van (1999)

Doen wortels wel wat wij willen? Over het vermeende effect van wortelgeleidingsschermen –
KPB NieuwsBrief nr.2 1999 pag. 1,3,4

Atsma, J. en Y. in 't Velt (1992)

Stadsbomen Vademecum, deel 2: groei en aanplant
Praktijkschool Arnhem, 527 p.

Bakker, J.W. (1983)

Groeiplaats en watervoorziening van straatbomen
Groen 39 (6) pag. 205-207

Bakker, J.W., J.J.H. van den Akker, P. Cornelissen en D. Boels (1995)

Oorzaak en preventie van schade aan wegen door vochtonttrekking van bomen
Rapport 318 Staringcentrum Wageningen, 1995

Balder, H. (1998)

Die Wurzeln der Stadtbäume - Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden
Wurzelschutz - Parey Berlin

Barker, P.A. en Peper, P.J. (1995)

Strategies to prevent damage to sidewalks by tree roots
Arboricultural Journal 19, p. 295-309

Bebelaar, J.P. en J.W. Bakker (1981)

Infiltratie van regenwater door verschillende wegdekken i.v.m. de watervoorziening van
straatbomen
Nota I.C.W. nr 1247

Biddle, P.G. (1987)

Trees and buildings
Advances in practical arboriculture, p. 121-132; Forestry Commission Bull. 65, HMSO, London,
196 p.

Costello, L.R., C.L. Elmore & S. Steinmans (1997)

Tree root response to circling root barriers
Journal of Arboriculture 23 (6), p. 211-218

Davis, R.K. (1984)

Roots, studies question some common beliefs
American Nurseryman, November 1, vol. 160, nr. 9, p. 78-81

Hamilton, W.D. (1984)

Sidewalk/curb-breaking tree roots; 1 Why tree roots cause pavement problems – Arboricultural
Journal vol. 8, p. 37-44

Hamilton, W.D. (1984)

Sidewalk/curb-breaking tree roots; 2. Management to minimise existing pavement problems by tree roots

Arboricultural Journal vol. 8, p. 223-234

Gilman, E.F. (1996)

Root barriers affect root distribution

Journal of Arboriculture 22 (3), p. 151-154

Gulick, J. (1986)

Solutions to sidewalk problems

American Forests, May 1986, p. 12-15

Janson, Ir. T.J.M. (1997)

Stadsbomen Vademecum, deel 4, boomsoorten en gebruikswaarde

IPC Groene ruimte Arnhem & Bomenstichting Utrecht, 375 p.

Jong, Dr. P.C. de (1988)

De juiste boom op de juiste plaats; Het wortelstelsel als basis van een functioneel sortiment

Groen 5, p. 9-12

Jong, Dr. P.C. de (1998)

Kwaliteitseisen stellen aan stadsbomen van wortel tot kruin

Groen april '98

Kopinga, J., G.J. Jansen en C. Das (1989)

De achtergronden van het ontstaan van schade door boomwortels van met name populier aan wegverharding en de toetsing van enige methoden om schade te beperken of te voorkomen

'De Dorschkamp', Wageningen

Köstler, J.N. E. Brückner & H. Biebelriether (1968)

Die Wurzeln der Waldbäume; Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa Hamburg und Berlin. Paul Parrey, 284 p.

Kylstra, A. (1985)

Het opdrukken van verharding door boomwortels

Stageverslag RHSTL, Boskoop, 30 p.

Lorenz von Ehren

Catalogus Lorenz von Ehren GmbH

Pflanzenhandel Hamburg

Meyboom, P. & Ir J. Kopinga (1995)

Dwarsscheuren in asfalt verhardingen door boomwortels

Groen 1995, nr. 10, pag. 34-36

Nicoll, B (1997)

Verslag seminar Arboricultural Association

Arboricultural Association Newsletter, february 1997, p.7-8

Nicoll, B.C. & Armstrong, A (1998)

Development of Prunus root systems in a city street: Pavement damage and root architecture
Arboricultural Journal vol. 22, p. 259-270

Reynolds, E.R.C. (1980)

Tree roots and foundations

Arboriculture Research note 24-80-SILS

DOE Arboriculture and information Service, Great Britain, 3 p.

Slager, H. (1986)

Bomen in verharding hebben ook wortels

Groen nr. 11, p. 14-20

Wagar, A.J. & P.A. Barker (1993)

Effectiveness of three barrier materials for stopping regenerating roots of established trees
Journal of Arboriculture 19 (6), p. 332-338

Wager, A.J. & P.A. Barker (1983)

Tree root damage to sidewalks – Journal of Arboriculture 9 (7), p. 177-181

Wong, T.W., J.E.G. Good & M.P. Denne (1988)

Tree root damage to pavements and kerbs in the city of Manchester

Arboricultural Journal vol. 12, p. 17-34

Wopereis, F.A. (1981)

Bodemfysische aspecten van de groei van straatbomen - Groen 37 (4) pag. 171-173

Zimmermann, M.H. en C.L. Brown (1977)

Trees structure and function

3^{de} druk, 336 pag. - Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag

BIJLAGE 1:**Oproep in Tuin & Landschap**

...werk van knikkerende kinderen die op bezoek zijn bij hun gro...
 ...an verzorgingshuis 't Höffke in Beek-Ubbergen. Het werk van Theo Rika...
 ...nenk van hoveniersbedrijf De Overhaag in Leuth. Dit bedrijf had de renovatie...
 ...5 ha grote tuin op zich genomen. De tuin werd vrijwel geheel opnieuw aangelegd er...
 ...e binnenvijver werd gerenoveerd. „Het gebeurt niet standaard”, zegt directeur Gerard
 Hermesen van De Overhaag, „maar als de opdrachtgever er voor voelt, proberen we wel va-
 ker iets met kunst te doen.”

BPO onderzoekt wegdekbeschadiging

Het Boomteeltpraktijkon-
 derzoek (BPO) in Boskoop
 is bezig het probleem van
 wegdekbeschadiging door
 boomwortels in kaart te
 brengen. Het onderzoek
 vindt plaats in het kader van
 het gebruikswaardeonder-
 zoek laanbomen.

In het onderzoek wordt be-
 keken welke boomsoorten
 de grootste overlast geven,
 wat er tegen te doen is en
 wat er in praktijk tegen
 wordt gedaan.
 Het BPO neemt daarbij ge-
 luiden uit de praktijk mee en
 is daarom op zoek naar

mensen die ervaring hebben
 met wegdekbeschadiging. ■

Belangstellenden kunnen con-
 tact opnemen met Marco Hoff-
 man (0172) 23 67 26, Marc Ra-
 vesloot (0172) 23 67 45 of faxen
 naar (0172) 23 67 10.

BIJLAGE 2:**Invulformulier telefonische enquête****ENQUETEFORMULIER OPDRUKKEN BESTRATING**

GEMEENTE:

DATUM:

PERSOON:

TELEFOON:

1. Ondervindt U in uw eigen gemeente (of bedrijf) wel eens problemen met wegdekbeschadiging door boomwortels?

vaak nooit soms weet niet

Zo ja: bij welke gewassen ? (geslacht, soort, cultivar)

en hoe werd deze schade veroorzaakt?

door boomwortel krimp ondergrond weet niet

2. Neemt U wel eens maatregelen om wegdekbeschadiging door boomwortels te voorkomen ?

vaak nooit soms weet niet

Zo ja: welke maatregelen en wat zijn uw ervaringen ermee?

3. Welke andere gebruikswaarde-aspecten geven in uw gemeente veel problemen ? (max 3)

vruchtval honingdauw zoutschade takval ziekten slechte aanslag onverenigbaarheid ent

weet niet

Opmerkingen:

BIJLAGE 3:**Medewerking telefonische enquête opdrukken van verharding****Boomverzorgers;**

- Abori-Arnhem Boomverzorging
- Arcadis Bomenstichting, Apeldoorn (Dhr. C. Kok)
- Bomenstichting (Dhr. L. Noordman)
- Boomtotaalzorg (Dhr. Scherpenzeel)
- BSI, Baarn (Dhr. van Braak)
- BTL Uitvoering b.v. (Dhr. Sporen)
- Copijn Boomtechnisch Adviesburo U.A. (Dhr. Ruizendaal)
- Copijn Boomspecialisten
- Drielanden Groenvoorziening (Dhr. H. Makkinga)
- Pius Floris (Dhr. M. Blom)
- Quercus Boomverzorging

Gemeenten

- Amsterdam (Dhr. Plas)
- Boxtel (Dhr. Netten)
- Cuyk (Dhr. Jonker)
- Den Bosch (Dhr. J. van Berkwijk)
- Den Helder (Dhr. F. van Strijen)
- Dordrecht (Dhr. Oevering)
- Ede (Dhr. Peters)
- Elst (Dhr. B. Colen)
- Harderwijk (Dhr. van Panhuis)
- Helmond
- Hilversum (Dhr. J. Mauritz / Dhr. Been)
- Leeuwarden (Dhr. Santema)
- Maastricht (Dhr. Wijzen)
- Nijmegen (Dhr. J. Soppe)
- Utrecht (Dhr. Vos)
- Voorhout (Dhr. M. Jansen)
- Woerden (Dhr. J. Verhoog)
- Zaanstad (Dhr. F. Rover)
- Zeist

