

Riolering en wortelingroei

Verkenkend onderzoek



EINDHOVEN

Riolering en wortelingroei

Verkennd onderzoek

tekst

Michel Moens, Arcadis

Luuk Postmes, Gemeente Eindhoven

tekstadvies

Lijntekst, Utrecht

vormgeving

GAW ontwerp+communicatie, Wageningen

druk

Drukkerij Modern, Bennekom

isbn

978 90 73645 54 7

*Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg
samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de
uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke
onjuistheden of eventuele gevolgen daarvan.*

Voorwoord

Dit is het werkrapport van een verkennend onderzoek naar de omvang van wortelingroei in de riolering en naar kosteneffectieve maatregelen. ARCADIS heeft dit onderzoek in 2015 in opdracht van de gemeente Eindhoven en Stichting RIONED uitgevoerd. Naast verkenningen en interviews bij diverse gemeenten bestond het onderzoek uit een werksessie met groen- en rioleringsdeskundigen, een literatuurstudie en een onderzoek naar de huidige beschikbare behandelingstechnieken.

Algemene conclusie is dat wortelingroei in de riolering vrijwel in heel Nederland voorkomt. Gemeenten ervaren dit eerder als een gegeven dan een probleem. Met de beschikbare technieken zijn de rioleringsbeheerders in control, tegen extra beheerkosten van circa € 0,50 tot € 1 per inwoner per jaar. Er is geen directe oplossing voorhanden. Bij een doordachte en zorgvuldige aanleg zijn problemen wel te voorkomen, maar niet uit te sluiten. Het lijkt makkelijker boomwortels te verleiden in een bepaalde richting te groeien dan ze tegen te houden. De waterjet is een veelbelovende techniek om ingegroeide wortels te verwijderen.

De studie brengt ook de behoefte aan kennis en nader onderzoek in kaart. Gemeenten ervaren kolkaansluitleidingen als een zwak punt. Een aanbeveling is dan ook te onderzoeken of er verbindingen bestaan die beter bestand zijn tegen vervorming en het ontstaan van scheuren/kieren waardoor de boomwortels naar binnen kunnen groeien.

Ik nodig u uit om uw ervaringen met preventieve, onderhouds- en reparatiemaatregelen tegen wortelingroei te melden. Ook ideeën voor bijvoorbeeld een proeftuin voor gericht onderzoek naar de effectiviteit van maatregelen om wortelingroei in de riolering te beheersen, zijn van harte welkom via info@rioned.org.

Ede, april 2016

Hugo Gastkemper
directeur Stichting RIONED

Inhoud

	1 Inleiding	8
	1.1 Aanleiding en doel	8
	1.2 Werkwijze	8
	1.3 Leeswijzer	8
	2 Verkenning gemeente Eindhoven	9
	2.1 Werkwijze	9
	2.2 Resultaat	9
	2.3 Samenvattend beeld	9
	3 Verkenning andere gemeenten	10
	3.1 Werkwijze	10
	3.2 Resultaat	10
	3.3 Samenvattend beeld	10
	4 Kwalitatieve denkrichtingen	11
	4.1 Werkwijze	11
	4.2 Resultaat	11
6 <	4.2.1 Boomkeuze en -locatie	11
	4.2.2 Groeiplaatsen	11
	4.2.3 Openbare riolering	13
	4.2.4 Particuliere riolering	13
	4.2.5 Beheermaatregelen	13
	4.3 Samenvattend beeld	14
	4.4 Kennisontwikkeling	14
	5 Toetsing aan de praktijk	15
	5.1 Werkwijze	15
	5.2 Resultaat	15
	5.2.1 Omvang probleem	15
	5.2.2 Boomkeuze en -locatie	15
	5.2.3 Groeiplaatsen	15
	5.2.4 Beheermaatregelen	16
	5.3 Samenvattend beeld	17
	5.4 Kennisontwikkeling	17
	6 Stand van de techniek	18
	6.1 Chemische behandelingstechnieken	18
	6.2 Mechanische behandelingstechnieken	18
	6.3 Liners	19
	6.4 Materialen	20
	6.5 Grondradar	20

7 Conclusies en aanbevelingen	21
7.1 Conclusies	21
7.2 Aanbevelingen	21
7.2.1 Beheerpraktijk	21
7.2.2 Kennis delen	21
7.2.3 Nader onderzoek	21
Literatuur	23
Bijlage 1 Samenvatting werkrapport oriënterend onderzoek gemeente Eindhoven	25
B1.1 Situatie Eindhoven	25
B1.2 Groeiproces bomen en wortels	25
B1.3 Gegevensanalyse	26
B1.3.1 Aanlegperiode	26
B1.3.2 Buismateriaal	27
B1.3.3 Type riolering	27
B1.3.4 Gronddekking	28
B1.3.5 Buisvorm	28
B1.3.6 Type inlaat	28
B1.3.7 Boomtype	28
B1.3.8 Conclusie	29
B1.4 Praktijkervaringen	29
B1.4.1 Wortelingroei en maatregelen	29
B1.4.2 Groeiplaatsen	30
B1.5 Straatinrichting	31
B1.6 Samenvatting	32

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Meerdere gemeenten in Nederland hebben last van wortelingroei in de riolering. In Eindhoven leidt de aanpak ervan tot forse extra beheer- en investeringskosten: jaarlijks circa € 0,5 miljoen. Bovendien zorgt de beperkte ruimte in het bebouwde gebied voor een spanningsveld tussen riolerings- en groenbeheer. Daarom heeft ARCADIS in 2014 in opdracht van de gemeente een oriënterend onderzoek gedaan naar wortelingroei in de Eindhovense riolering en naar kosteneffectieve, preventieve maatregelen. Hieruit blijkt dat er geen directe oplossing voorhanden is.

Stichting RIONED wil de omvang van de problematiek en de leemten in kennis om tot een effectieve aanpak te komen in kaart brengen. Daarom heeft ARCADIS na het onderzoek in Eindhoven een verkennend landelijk onderzoek uitgevoerd naar wortelingroei in de riolering.

1.2 Werkwijze

Eerst zijn de resultaten van het oriënterende onderzoek over wortelingroei en riolering in Eindhoven gebundeld in een artikel. Om een eerste indicatie van de omvang van de problematiek te krijgen, is vervolgens via het Gemeentelijk Netwerk Riolering Zuid (GNWR Zuid) een verkenning uitgevoerd onder Brabantse en Limburgse gemeenten. Daarnaast hebben deskundigen op het gebied van bomen, groeiplaatsen, ondergrondse constructies en riolering in een werksessie kwalitatieve denkrichtingen (zoals wel/niet verplaatsen van bomen en groeiplaatsinrichting) geïnventariseerd.

Het resultaat van de eerste drie stappen is bij enkele gemeenten getoetst in de vorm van interviews. Tijdens deze interviews zijn ook praktijkervaringen en mogelijke oplossingsrichtingen geïnventariseerd. Daarnaast zijn de beschikbare behandelingstechnieken in beeld gebracht bij het Instituut voor ondergrondse infrastructuur (IKT) in Duitsland en is aansluitend literatuuronderzoek gedaan.

1.3 Leeswijzer

Dit werkrapport volgt de stappen in het onderzoek (zie paragraaf 1.2).

Hoofdstuk 2 vat het oriënterende onderzoek in de gemeente Eindhoven kort samen.

Hoofdstuk 3 gaat over de aanvullende verkenning bij andere gemeenten in Brabant en Limburg.

Hoofdstuk 4 gaat in op de werksessie waarin deskundigen de kwalitatieve denkrichtingen hebben verkend.

Hoofdstuk 5 beschrijft de toetsing aan de praktijk, aanvullende praktijkervaringen en mogelijke oplossingsrichtingen op basis van interviews met vijf gemeenten.

Hoofdstuk 6 belicht de beschikbare technieken om ingegroeide boomwortels te verwijderen.

Hoofdstuk 7 geeft de conclusies en aanbevelingen, onder meer voor nader onderzoek.

Bijlage 1 bevat een samenvatting van het werkrapport van het eerste oriënterende onderzoek in Eindhoven.

2 Verkenning gemeente Eindhoven

In Eindhoven is op veel locaties sprake van wortelingroei, ook bij recent aangelegde riolering. Het gaat om circa 2.000 locaties met klasse-4- of klasse-5-wortelingroei. Jaarlijks leidt dit tot circa € 50.000 tot € 100.000 aan extra beheerkosten en zo'n € 0,3 à 0,4 miljoen aan kapitaalvernietiging door vervroegde rioolvervanging of -reparaties. Bovendien is er vanwege de beperkte ruimte in het bebouwde gebied een spanningsveld tussen de riolering en de wens om bomen te behouden/plaatsen. In opdracht van de gemeente heeft ARCADIS in 2015 een oriënterend onderzoek gedaan naar wortelingroei en kosteneffectieve, preventieve maatregelen.

2.1 Werkwijze

ARCADIS heeft literatuuronderzoek gedaan, interviews bij de gemeentelijke afdelingen afgenomen en de database onderzocht. In bijlage 1 vindt u een samenvatting van het werkrapport.

2.2 Resultaat

Het probleem van wortelingroei in Eindhoven is hoofdzakelijk gerelateerd aan de periode 1950-1980. Na 1970 is sprake van een duidelijke verbetering, mogelijk dankzij het gebruik van rubberringen. Wortelingroei komt met name voor bij keramische en betonnen riolen. Bij gebeitelde aansluitingen treden significant meer schadebeelden op dan bij geboorde aansluitingen. Verreweg de meeste wortels groeien in bij de voegverbindingen. Uit de praktijkervaringen en een analyse van de straatinrichting blijkt dat behalve de relatie tussen het aanlegjaar van de riolering, het buismateriaal en het plantjaar van de bomen ook lokale inrichtingsaspecten een grote rol spelen (zoals de afwerking van de groenberm).

2.3 Samenvattend beeld

De verkenning in Eindhoven maakt duidelijk dat geen directe oplossing voorhanden is. Zorgvuldige aanleg en het creëren van groeiplaatsen (boom voldoende ruimte geven en wortels verleiden naar een gunstige omgeving te groeien) lijken het meest voor de hand te liggen om toekomstige problemen te voorkomen.

3 Verkenning andere gemeenten

De gemeente Eindhoven is qua grondslag, leeftijdsopbouw, type rioolsysteem, bomenareaal en rioleringsbeheer geen uitzondering. Dus is te verwachten dat andere gemeenten ook last hebben van wortelingroei in de riolering. Hierover is weinig concrete informatie beschikbaar.

3.1 Werkwijze

Om te beoordelen of de problematiek in Eindhoven representatief is voor andere gemeenten in Nederland, is via het Gemeentelijk Netwerk Riolering Zuid (GNWR Zuid) een verkenning uitgevoerd bij negen gemeenten: Nederweert, Boxtel, Maastricht, Bernheze, Boxmeer, Oosterhout, Peel en Maas, Oss en Vught. Hierbij stonden drie vragen centraal:

- In hoeverre is sprake van last van wortelingroei in het riool?
- Hoe groot is de schade die hierdoor ontstaat?
- Welke maatregelen zijn (mogelijk) effectief om schade aan het riool te beperken of voorkomen?

3.2 Resultaat

Algemeen is te stellen dat elk van deze gemeenten in meer of mindere mate last heeft van wortelingroei in het riool. Dit uit zich in verstoppingen en lekkage en schade aan het riool door het verwijderen van de boomwortels. Op plekken waar gemeenten minder last hebben van wortelingroei in de riolering (omdat de riolen bijvoorbeeld onder de grondwaterspiegel liggen), drukken de boomwortels trottoirs en wegen omhoog.

De meeste gemeenten beteugelen de wortelingroei via beheermaatregelen, zoals frezen, repareren, (deel) relinen en vervangen van kolk- en huisaansluitleidingen. De jaarlijkse beheerkosten die verband houden met wortelingroei zijn zo'n € 25.000 tot € 50.000 per gemeente (kleine tot middelgrote gemeenten). Kapitaalvernietiging door vervroegde rioolvervanging is niet te kwantificeren.

3.3 Samenvattend beeld

In het algemeen beschouwen de negen gemeenten wortelingroei (nog) niet als een groot probleem, maar er is wel interesse in onderzoek naar de effectiviteit van inrichtings- of beheermaatregelen. De extra beheerkosten liggen binnen een acceptabele bandbreedte. De meeste gemeenten adviseren om leidingen te frezen (niet wegslaan met ketting) en aansluitend een deelreparatie/(deel) relining uit te voeren om herhaling te voorkomen. Alleen wegfrenen werkt averechts, de boomwortels groeien in nog heviger mate terug. Verder maken de gemeenten putten waterdicht en vernieuwen ze kolk- en huisaansluitleidingen met aanzienlijke wortelingroei vaak helemaal. Daarbij is het van belang de reparatie goed af te werken, zodat wortels geen kans krijgen om weer via kleine openingen binnen te dringen. Het creëren van groeiplaatsen is zeer wenselijk, maar in de praktijk slecht haalbaar vanwege beperkte ruimte. Eén gemeente kapt bomen.

4 Kwalitatieve denkrichtingen

Gebrek aan openbare ruimte levert in de praktijk vaak spanning op tussen de riolerings- en groenbeheerder. Zeker als de twee verschillende denkrichtingen hebben, keren discussies steeds terug. Omwille van de voortgang kiest de gemeente dan soms voor minder gewenste oplossingen. Om tot effectieve oplossingen te komen, is inzicht in kwalitatieve denkrichtingen nodig, bijvoorbeeld wel/niet verplaatsen van bomen, aanpassen van ontwerp-richtlijnen, beheermaatregelen en groeiplaatsinrichting.

4.1 Werkwijze

In een werksessie hebben deskundigen op het gebied van bomen, groeiplaatsen, ondergrondse constructies en riolering diverse denkrichtingen verkend. Hierbij kwamen de werkvelden boomkeuze en -locatie, groeiplaatsen, openbare riolering, particuliere riolering en beheermaatregelen systematisch aan de orde.

4.2 Resultaat

Het resultaat van de werksessie is in een verslag vastgelegd en teruggekoppeld aan de deelnemers van de werksessie. Deze paragraaf beschrijft de resultaten per werkveld.

4.2.1 Boomkeuze en -locatie

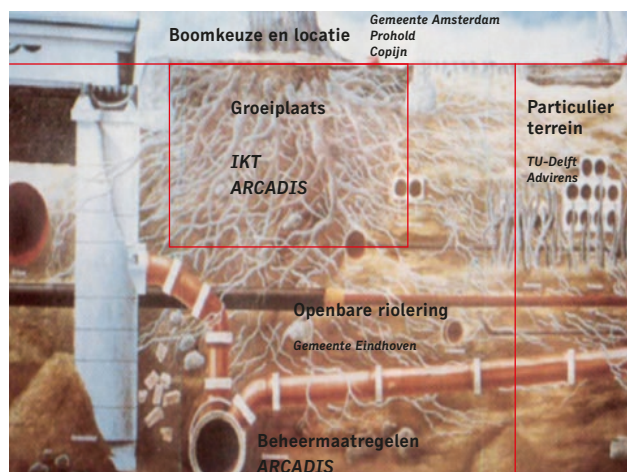
De deskundigen adviseren een afstandscriterium los te laten en meer te redeneren vanuit een wensbeeld. Voor het groeipotentieel op een bepaalde locatie zijn boomsoort en type wortelstelsel niet zo belangrijk. De stressfactoren, geboden (ondergrondse) ruimte en milieumomstandigheden

maken dat een boom goed of minder goed gedijt. Meer ruimte is bijvoorbeeld te creëren door te differentiëren naar type bomen (bijvoorbeeld één grote en tien kleinere), verspringen of integratie van openbare en particuliere bomen.

Verder moet u rekening houden met de factor tijd. Wat is de gewenste levensduur van de boom en hoe kunt u deze het best afstemmen op de levensduur van bijvoorbeeld wegen en riolering en op de verandering van de openbare ruimte op de lange termijn? De mogelijke meerkosten van eventuele beschermingsconstructies moet u in uw overweging meenemen. Gelet op de lange termijn waarop problemen zich meestal manifesteren (> 25 jaar), is het niet realistisch met garantiebepalingen te werken.

Door de boom als een klimaatadaptieve maatregel te beschouwen, ontstaan nieuwe kansen voor integratie in de openbare ruimte. Afhankelijk van soort en inrichting van de groeiplaats kan een boom de afstroming van hemelwater vertragen en water verdampen, en kan de groeiplaats afstromend (licht verontreinigd) wegwater zuiveren. Uiteraard heeft een boom nog veel meer eigenschappen die het leefklimaat ten goede komen, zoals verkoeling, biodiversiteit en een sociale functie. Bij een juiste keuze van de boomsoort en duurzaam beheer kunt u nadelige eigenschappen als schaduwwerking, pollen, ongedierte en vervuiling op een maatschappelijk acceptabel niveau houden. Het combineren van functies vergt vakkennis.

> 11



Figuur 4.1 De verkende domeinen

4.2.2 Groeiplaatsen

Het creëren van groeiplaatsen betekent dat u de boom voldoende groeiruimte geeft én de boomwortels verleidt om naar een gunstige omgeving te groeien. Ook de inrichting van de groeiplaats kan bijdragen aan de groeimogelijkheden.

Groeiruimte bieden

Voldoende groeiruimte bieden is maatwerk. Het volledig opsluiten van boomwortels is vrijwel kansloos, dit lukt alleen in bovengrondse boombakken. Wel kunt u boomwortels aan één of twee kanten opsluiten door de grondwaterspiegel, luchtbuffers, wortelschermen of sterk

verdichte grond te gebruiken. Bij grensvlakken tussen bodem en objecten zoals riolering of worteldoek is de bodem vaak minder verdicht en heerst een betere lucht-/vochtuithouding. Dit zijn de favoriete groeiplaatsen voor boomwortels. Langs de grensvlakken ontstaat vaak een soort vlies van fijne wortels dat zich langzaam ontwikkelt tot een boomwortelmasa.

Ook het creëren van een ongunstig milieu (hoge pH-waarde en lage zuurstofgraad) kan sturend werken. Het grondpakket bepaalt de ontwikkeling van het wortelstelsel. Afhankelijk van de omstandigheden kan dezelfde boom zich op twee verschillende locaties compleet anders ontwikkelen. Het bewust benutten van het wegcunet als groeiplaats is een interessante gedachte, maar hiermee is nog weinig ervaring.

Bladeren laten liggen

Het minimaliseren van de groeiruimte in combinatie met het structureel bijvoeden (boom aan het infuus), maakt de

boom afhankelijk en daardoor kwetsbaar. Daarom wordt dat afgeraden. Als u de groeiplaats bovengronds zodanig inricht dat het blad kan blijven liggen, voorkomt u uitputting van de bodem. Dit kost bovengronds mogelijk extra ruimte, maar verlaagt de investering in voedingsstoffen om de gewenste levensduur van de boom te halen.

Bomenzand en -granulaat

U kunt een gunstige omgeving creëren door grond met gunstige eigenschappen te gebruiken, zoals bomenzand. Maar de ervaringen met bomenzand zijn wisselend. Door de samenstelling is het zand zeer storingsgevoelig. De verdichtingsgraad is snel te hoog en u moet het bomenzand boven de hoogste grondwaterstand aanbrengen.

Het aspect van een te sterke verdichting speelt minder bij bomengranulaat. Maar deze bouwstof heeft wel een beperkt poriënvolume, zeker op lange(re) termijn. Een boom kan beter tegen droogte dan tegen te veel water. Bij voorkeur



Figuur 4.2 Bladval zorgt voor voldoende natuurlijke voedingsstoffen

moet het freatische water na één dag terug zijn op een normaal peil. Het grootste risico is dichtslibbing, waardoor het water te lang blijft staan. Ook een fluctuerende grondwaterstand (binnen het bereik van het wortelpakket) werkt negatief door op de ontwikkeling van een boom. Door regionale verschillen (natte westen, droge oosten) kunnen effectieve oplossingsrichtingen sterk van elkaar verschillen.

4.2.3 Openbare riolering

De verschillende materiaaleigenschappen maken dat de twee zijden langs een grensvlak anders reageren op schommelingen in temperatuur en vochtgehalte. Door ongelijke krimp en uitzetting ontstaat zo eerder (gemakkelijker dan op niet-grensvlakken) ruimte voor wortels om zich te vestigen. Een boomwortel heeft maar een klein beginnetje nodig en de worteldruk kan oplopen tot zo'n 16 bar. Dat is veel hoger dan de druk waarop bijvoorbeeld voegverbindingen worden getest (waterdicht tot ongeveer 6 bar).

Putten en kolken

In putten zijn scheuren en de plekken waar leidingen binnenkomen de zwakke plekken voor wortelingroei. De meest voor de hand liggende preventieve maatregelen zijn zorgvuldige aanleg en het voorkomen van zakkingen. Ook kolkaansluitingen zijn kwetsbaar voor wortelingroei. De kolken bevinden zich vaak in de directe nabijheid van bomen en de aansluitingen liggen relatief hoog. Extra aandacht voor de inrichting rondom kolkaansluitleidingen kan het risico op wortelingroei verminderen.

Maatregelen

Electrolasverbindingen sluiten wortelingroei bij kunststof segmentverbindingen vrijwel uit. De aanlegkosten zijn weliswaar zo'n 20 tot 30% hoger dan bij steekmoffen, maar op de lange(re) termijn kan dit voor sommige locaties voordeliger uitpakken, zeker bij gebrek aan ondergrondse ruimte. Ook met verzamelleidingen kunt u de riolering op afstand houden van bomen. Het dieper aanleggen van riolering is meestal te kostbaar. In de praktijk komt boomwortelingroei pas significant minder voor onder de heersende grondwaterstand of 2 tot 3 meter onder de grond.

4.2.4 Particuliere riolering

Een deel van de problemen met wortelingroei in de openbare riolering ontstaat door ingroei vanuit de huisaansluitleidingen op particulier terrein. Maar een aanpak via de perceeleigenaar is weinig kansrijk, omdat de particulier minder geneigd zal zijn te investeren in maatregelen die pas op veel langere termijn hun effectiviteit bewijzen.

Een stap in de goede richting is in elk geval particulier te informeren en adviseren over materiaalgebruik en zorgvuldige aanleg. De perceeleigenaar ondervindt immers als eerste last van een verstopping in de perceelaansluitleiding. Meldingenregistratie en doormeldingen van onstopningsbedrijven kunnen een signaalfunctie vormen voor beginnende wortelingroei in de openbare riolering.

4.2.5 Beheermaatregelen

Er zijn grofweg drie methoden om wortelingroei te verwijderen:

- De leiding volledig opgraven en herstellen. Dit is effectief maar ook kostbaar (arbeidsintensief).
- Wortels wegfrezen. Hiervoor bestaan verschillende mechanische technieken, variërend van kettingfrezen, zaagfrezen en hogedrukspuiten tot gerobotiseerde systemen. Hoe zwaarder de worteltoppen beschadigd raken, hoe kleiner de kans dat ze teruggroeien. Kettingfrezen zijn op dat punt effectief, maar de kans op schade aan de riolering is hierbij groot.
- Boomwortels chemisch behandelen. Beperkingen zijn: de milieubelasting (alleen zeer hoge doseringen zijn effectief) en het tijdelijk moeten afsluiten van riolen (lange inwerkingsduur).

Het repareren/relinen na verwijdering van boomwortels hindert de teruggroei, maar is zeker geen garantie voor de toekomst. De boomwortels kunnen weer ingroeien via kieren tussen de binnen- en buitenwand. De ruimte tussen de originele buitenwand en de nieuwe liner – hoe klein ook – levert een gunstige groeiplaats op.

De inzet van mechanische technieken is maatwerk. Door verschillen in onder meer buisdiameter, buisvorm en toegankelijkheid is vaak een combinatie van technieken nodig om wortels weg te frezen.

4.3 Samenvattend beeld

In Nederland bestaat nog geen eenduidig beeld over de omvang van wortelingroei, de extra beheerkosten die ermee gepaard gaan en nut en noodzaak van preventieve of curatieve (beheer)maatregelen. De sense of urgency ontbreekt, maar ten opzichte van tien tot twintig jaar geleden is de aandacht wel degelijk toegenomen. Naarmate de riolering verder slijt en de bomen doorgroeien, wordt het probleem nijpender als u als beheerder geen passende strategie toepast.

Oorzaken en maatregelen

Met de huidige technieken en materialen kunt u wortelingroei in de riolering goeddeels voorkomen of remmen. Maar op slecht ingerichte groeiplaatsen of plaatsen waar het riool verzakt, schade is ontstaan of de riolering onzorgvuldig is aangelegd/afgewerkt, is het risico op wortelingroei groter. Bij grote verschillen in vruchtbaarheid van de bodem kiezen de boomwortels – naast verankering – voor het meest gunstige milieu. Goede maatregelen zijn boomwortels verleiden in de juiste richting te groeien en grensvlakken waarlangs boomwortels zich kunnen ontwikkelen zo veel mogelijk voorkomen.

Integrale benadering

Het voorkomen van wortelingroei in de riolering (b)lijkt meer een organisatorisch of ontwerpprobleem dan een technisch probleem. Via technische (beheer)maatregelen kunt u wortelingroei weliswaar weren of vertragen, maar voor een structurele en duurzame oplossing is een integrale benadering nodig van de boven- en ondergrond, zowel qua ruimte als tijdsbestek. Dit is een proces van (vroegtijdige) afstemming waarbij beheerders op het juiste moment de juiste kennis inbrengen. Do's & don'ts, ontwerprichtlijnen, praktijkvoorbeelden en kostenkengetallen kunnen dit proces faciliteren.

Voorkeursvolgorde aanpak

De voorkeursvolgorde voor de aanpak van bestaande situaties met wortelingroei is:

- opgraven en vervangen;
- mechanisch behandelen (wegfrezen);
- als het niet anders kan: chemisch behandelen.

De grootste winst zit in preventieve maatregelen bij kolkaansluitingen en freestechnieken die de buiswand niet beschadigen. Door informatie over oorzaken en omstandigheden tijdens opgravingen vast te leggen, ontstaat meer kennis over zwakke schakels, zoals verbindingen, materialen en aanleg.

4.4 Kennisontwikkeling

Er is voldoende kennis over het proces van boomwortelgroei en de beschikbare methoden om wortelingroei effectief te kunnen bestrijden. Op het vlak van technische oplossingen heeft het Instituut voor ondergrondse infrastructuur (IKT) het voortouw genomen. Het IKT kan bijdragen aan de verdere ontwikkeling van kennis, mits er project-financiering is. Stichting RIONED zorgt voor bundeling en verspreiding van de kennis.

De deskundigen opperen ontwerprichtlijnen op te stellen voor de inrichting van groeiplaatsen, geïntegreerd in de openbare ruimte. Belangrijke aspecten daarbij zijn: verschillen in regionale gesteldheid (droog, nat), lokale grondwaterstand (hoog, laag, fluctuerend), stressfactoren (hitte, droogte, water) en de ondergrondse infrastructuur. Door de ontwerprichtlijnen te ondersteunen met praktijkvoorbeelden en do's en don'ts, ontstaat een geschikt hulpinstrument voor een integraal ontwerp. Ook een protocol/checklist voor het vastleggen van informatie bij het opgraven van door wortelingroei aangetaste riolen draagt bij aan de verdere kennisopbouw.

Om in een vroeg stadium te kunnen afwegen in hoeverre extra maatregelen/investeringen nodig zijn, is inzicht in kosten en baten nodig. Op dat vlak ontbreekt de nodige informatie.

5 Toetsing aan de praktijk

Uit de eerste verkenningen en de werksessie blijkt dat de omvang van de problematiek diffuus is. Ook is onduidelijk in hoeverre wortelingroei nu meer een organisatorisch of ontwerpprobleem is dan een technisch probleem. Dit beeld is teruggekoppeld aan de praktijk om te kijken of hierdoor nieuwe inzichten ontstaan.

5.1 Werkwijze

Om het resultaat van de werksessie te toetsen en aanvullende praktijkervaringen en mogelijke oplossingsrichtingen te inventariseren, zijn vijf gemeenten benaderd voor een interview:

- Houten (relatief jonge gemeente met een bovengemiddeld aantal bomen);
- Renkum (bovengemiddeld groene gemeente);
- Oosterhout;
- Vught (hoog percentage lekke voegen);
- Maastricht (oude en verstedelijkte gemeente).

Ook is Christoph Brennerscheidt van het IKT in Duitsland geïnterviewd.

5.2 Resultaat

5.2.1 Omvang probleem

De extra jaarlijkse beheerkosten door wortelingroei bedragen zo'n € 0,50 tot € 1 per inwoner. Het aantal gemeenten dat door wortelingroei riolen eerder moest vervangen, is te klein om hierover een algemene uitspraak te kunnen doen. Verder lijkt er ook een soort berusting te zijn bij het feit dat dit verschijnsel optreedt. "Je hebt er nu eenmaal mee te dealen en vooralsnog zijn er zaken met een hogere prioriteit." Dit neemt niet weg dat er wel degelijk behoefte is aan kennis over preventieve maatregelen, zeker gelet op de toenemende complexiteit in de ondergrond.

5.2.2 Boomkeuze en -locatie

Bij vier van de vijf gemeenten is niet direct sprake van een organisatorisch probleem. De rioleringsbeheerder zit dicht genoeg bij de groen-/bomenbeheerder. Ook bij een grote gemeente als Maastricht zijn de lijntjes kort en vindt afstemming plaats. Periodieke integrale overlegsituaties zorgen voor een goede afstemming. Door kennis over elkaars vakgebied in te brengen, ontstaat begrip voor elkaars situatie, wat helpt bij het zoeken naar oplossingen.

Levensduren afstemmen

In een gemeente waar het organisatorisch minder soepel loopt, heeft de beleidsmedewerker riolering zitting genomen in de werkgroep van het groenstructuurplan. Dat komt de afstemming met het rioleringsbeheer ten goede. De werkgroep maakt onderscheid in structuurbomen en omgevingsgroen én deelt boomgroepen met een verschillende levensduurverwachting in. Zo kan de gemeente de levensduren van riolering en groen op elkaar afstemmen. Ook kan zij hierdoor bomen met een korte omloopcyclus boven op de riolering planten (riool eruit, boom eruit). De duwen trek wortels van bomen groeien voor houvast eerder zijwaarts dan naar beneden. De boom is daarom niet per definitie een risicofactor voor het onderliggende openbare riool, maar mogelijk wel voor de daarop aangesloten leidingen.

Kwetsbare locaties

Over het creëren van ruimte door de bomen dicht bij of in particuliere grond te planten (aanpassen APV), zijn de meningen verdeeld. Het creëert weliswaar extra ruimte, maar de boomwortels zoeken de voedselrijke bodem in de voortuinen op en de bomen creëren ongewenste schaduw. Het advies is de shadebeelden van wortelingroei in het ontwerpstadium op het overzicht met KLIC-meldingen te projecteren. Hierdoor worden kwetsbare locaties voor wortelingroei zichtbaar, zodat u daarmee rekening kunt houden bij het ontwerp.

Integrale opgaven

De CROW-publicatie Combineren van onder- en bovengrondse infrastructuur met bomen is nauwelijks bekend bij de bomen- en rioleringsbeheerders. Misschien komt dat doordat voornamelijk wegbeheerders deze publicatiereeks gebruiken. Een gezamenlijke publicatie van CROW, Stadswerk en Stichting RIONED voor integrale opgaven is een stap in de goede richting. Ditzelfde geldt voor het hanteren van een integrale toets bij gemeenten.

5.2.3 Groeiplaatsen

Vaak is voor een volledige ontwikkeling van de boom te weinig ondergrondse groeiruimte (eerder 10 à 15 m³ dan 25 m³). Waar dit het geval is, accepteren de gemeenten dat de bomen zich niet volledig ontwikkelen en na een

aantal jaren in kwaliteit achteruitgaan ('kwarren'). Om het risico op latere doorboringen met kabels- en leidingen te verkleinen, kunt u het gebruik van ondergrondse wortelwerende of wortelgeleidingsconstructies ook in de beheersystemen opnemen.

Ongunstig milieu

De opvattingen over het groeiproces van boomwortels lopen uiteen, maar vocht, zuurstof, voedselrijkdom en scheidingsvlakken roepen de meeste herkenning op. Door de bodem rond een riool op een natuurlijke wijze voor bomen onaantrekkelijk te maken, is veel wortelingroei te voorkomen. Op plekken waar geen zuurstof, water, vocht of voedingsstoffen aanwezig zijn, groeien boomwortels niet snel. Boomwortels groeien ook niet onder het permanente grondwaterniveau (met uitzondering van enkele bomen, zoals de zwarte els).

16 <

Inrichting groeiplaats

Het IKT verwijst naar onderzoek waaruit blijkt dat de worteldruk kan oplopen tot 12 bar. Dit is significant hoger dan de gangbare afpersingsnorm van 6 bar (waterdichtheid). Als ze een keuze hebben, buigen de wortelharen de wortelpunt af richting de minst verdichte grond. Het IKT heeft diverse onderzoeken lopen naar de inrichting van groeiplaatsen. Een veelbelovende techniek is het inkapselen van leidingen met een samenstelling van klei-bentoniet-zand, dit materiaal heeft een zeer hoge dichtheid.



Figuur 5.1 Toepassing zeer sterk verdicht materiaal

Ook het opvullen van de directe omgeving van een riool met zware leem belemmert wortelingroei fors. Zware leem bevat nauwelijks voedingsstoffen en is van nature al zwaar verdicht.

Grondradar

Opvallend is de toepassing van grondradar in Vught. Hiermee brengt de gemeente de ligging van boomwortels in beeld om vervolgens samen met de bewoners tot een best practice voor de herinrichting te komen. Overigens blijken de boomwortels uit deze grondradarbeelden vaak richting de meest voedselrijke grond te lopen en minder een ondergrondse spiegel te zijn van de kruin.

5.2.4 Beheermaatregelen

De geïnterviewde gemeenten hebben overwegend controle over de wortelingroei in de riolering. Enkele gemeenten frezen de wortels om daarna via glasvezelliners de leidingen met de aansluiting weer robuust en wortel- en waterdicht te maken. Het IKT heeft praktijkvoorbeelden waarbij de wortels weer opnieuw ingroeien tussen de liner en de buiswand. Maastricht heeft dit in ongeveer twintig jaar na een dergelijke reparatietechniek nog niet of nauwelijks geconstateerd. Andere gemeenten frezen alleen de wortels en accepteren dat de wortels kunnen terugkeren. Meestal hopen ze dan dat het riool weer even mee kan tot een eerstvolgende reparatie- of renovatieronde.

Alle vijf gemeenten prijzen de waterjet als een goede en veelbelovende techniek (zie ook paragraaf 6.2). De waterjet is in veel situaties toepasbaar en brengt relatief weinig schade aan de buiswand toe (als je niet te lang op dezelfde plaats spuit).

Bij verstopping van huis- en kolkaansluitleidingen graven de gemeenten de leidingen meestal volledig op om te herstellen.

Tot slot nog een advies van de gemeenten: bewaar de inspectiebeelden voorafgaand aan de reparatie, want na het wegfreen ziet u de wortels niet meer op de beelden. Als u de inspectiebeelden overschrijft, gaat waardevolle informatie verloren over wortelingroeigevoelige locaties.

5.3 Samenvattend beeld

Uit de interviews blijkt dat de vijf gemeenten wortelingroei niet zozeer als een organisatorisch probleem ervaren. De meeste gemeenten werken integraal, waarbij ze in onderling overleg keuzes maken over de boomlocatie, boomsoort, groeiruimte en het al dan niet treffen van beschermende maatregelen. Omwille van de voortgang kan een gemeente besluiten geen bomen terug te plaatsen. Als er geen leidend structuurplan is, kan de straat te veel ontgroenen.

De vijf gemeenten zien wortelingroei meer als een nadelig effect van meer groen dan als een probleem. De beheerders zijn dan ook overwegend in control. De extra beheerkosten door wortelingroei zijn beheersbaar en bedragen naar schatting zo'n € 0,50 tot € 1 per inwoner per jaar. Het bewaren van oude schadebeelden en het opnemen van wortelgeleidingsconstructies in beheersystemen zijn nog geen automatismen.

5.4 Kennisontwikkeling

De geïnterviewde gemeenten hebben niet direct behoefte aan richtlijnen voor de inrichting van groeiplaatsen bij nieuwe ontwerpen, zoals geopperd tijdens de werksessie (zie paragraaf 4.4). De inrichting komt toch vaak tot stand via integraal overleg, waarbij het een kwestie is van geven en nemen en openstaan voor elkaars argumenten. Wel hebben de gemeenten behoefte aan een afwegingskader en richtlijnen/eisen om met name projectontwikkelaars aan te sturen. Over het algemeen hebben de (kleinere) bureaus die een rol spelen in het ontwerpstadium weinig kennis van groen. Dit ervaren de gemeenten als een gemis.

Aangezien gemeenten wortelingroei in een bepaalde mate accepteren, zouden ze ook de extra benodigde beheerkosten moeten incalculeren. Bijvoorbeeld door een opslagfactor te hanteren voor gebieden met een hoog risico op wortelingroei. Stichting RIONED zou de kostenkengetallen daarop kunnen aanpassen.

Verder is onderzoek wenselijk naar:

- type aansluitingen en/of technieken die de aansluiting tegen wortelingroei bestand maken en houden of eenvoudig zijn te vervangen zonder alles overhoop te moeten halen;
- wortelingroei in kolkaansluitleidingen. Door tijdens het kolkenzuigen met een minicamera de kolken te inspecteren, ontstaat een beeld van de mogelijke ernst van de situatie. Wortelingroei bij kolkaansluitingen is een veelvoorkomend probleem.

6 Stand van de techniek

Verskillende technieken zijn beschikbaar om ingegroeide boomwortels te verwijderen. In Nederland gebruiken gemeenten met name mechanische behandelingstechnieken, chemische methoden komen minder vaak voor. Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht van de beschikbare technieken, inclusief hun voor- en nadelen.

6.1 Chemische behandelingstechnieken

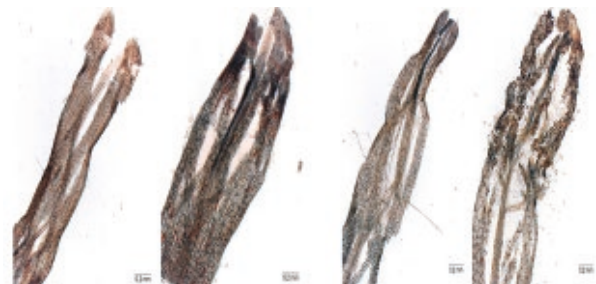
Vanwege de milieu-impact zijn de meeste stoffen in chemische behandelingstechnieken in ons land niet toegestaan. Uit onderzoek van het IKT in Duitsland blijkt dat zeer hoge doseringen nodig zijn om de worteltoppen zodanig aan te tasten dat ze niet meer teruggroeien. Zo heeft het instituut getest met een oplossing van Sodocil. Pas bij een verdunningsfactor van 1:2,5 viel de worteltop voldoende uiteen om niet weer te kunnen teruggroeien (complete destructie bij een pH-waarde van 13).

18 <

Nadelen zijn de milieubelasting en de noodzakelijke, kostenverhogende nareiniging. Ook moet u de riolen langere tijd (kunnen) dichtzetten. Dit vergt soms kostbare maatregelen of levert een extra risico bij nat weer.



Figuur 6.1 Chemische behandelingsmethode (bron: RootX)



Figuur 6.2 Aantasting worteltop bij verdunningsfactoren 25, 10, 5 en 2,5 (bron: IKT)

6.2 Mechanische behandelingstechnieken

Het verwijderen van boomwortels met mechanische behandelingstechnieken gaat goed. Maar door verschillen in buisafmetingen moet u verschillende werktuigen inzetten (maatwerk). Dit werkt arbeids- en kostenverhogend. Ook moeten de riolen voor deze werktuigen toegankelijk zijn. Er zijn diverse soorten technieken op de markt, elk met hun eigen kenmerken en specifieke toepassingsgebied.

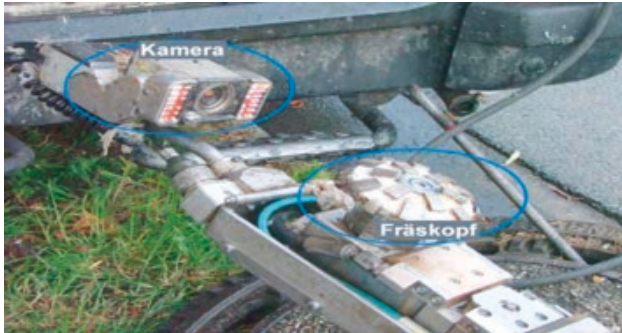


Figuur 6.3 Freestechnieken (bron: IKT)

Uit onderzoek van het IKT in Duitsland blijkt dat tussen het frezen en wegslaan van wortels een significant verschil bestaat. De kans op het teruggroeien van wortels is groter naarmate de toppen netter zijn afgetopt (net als bij het snoeien van takken). De beste remedie is het verpulveren van de worteltoppen door deze te knuppelen/kapot te slaan. Dit gebeurt vaak met kettingfrezen, maar hierbij is het risico op schade aan de buiswand groter dan bij wegslaan. Ten opzichte van chemische behandelingsmethoden hebben freestechnieken het voordeel dat ze het milieu niet beschadigen.



Figuur 6.4 Kapotgeslagen worteltop (bron: IKT)



Figuur 6.5 Robottechnieken (bron: IKT)

Via robotgestuurde technieken zijn boomwortels nauwkeuriger te verwijderen. De freeskop is dan op afstand te bedienen.

Vandervalk+degroot heeft een relatief nieuwe techniek ontwikkeld: de hogedrukwaterjet. De waterjet kan obstakels verwijderen in riolen met een diameter van 200 mm tot en met 900 mm en een eiprofiel van 250/375 mm tot en met 600/900 mm. Het apparaat bestaat uit een op afstand bestuurbare robot, die met een druk tot 1.000 bar obstakels wegsnijdt uit het riool. Via verschillende camera's op de robot is dit snijproces in de gaten te houden en te sturen. De waterjet is milieuvriendelijk en leidt bij goed gebruik niet tot schade aan de buiswand. Vanwege de hoge druk kan bij ondeskundig gebruik het riool wel aanzienlijk beschadigen.



Figuur 6.6 Waterjet (bron: Vandervalk+degroot)

6.3 Liners

Na het wegfrezen van de wortels wordt vaak een liner aangebracht. Als dit niet goed gebeurt, bestaat het risico dat boomwortels tussen de buiswand en de liner teruggroeien (zie figuur 6.7). Voor het aanbrengen van liners bestaan diverse technieken. Veelgebruikte zijn glasvezel-liners en een 'hoedje' die de aansluiting weer robuust en wortel- en waterdicht maken.



Figuur 6.7 Wortelingroei tussen buiswand en liner

6.4 Materialen

Er zijn diverse materialen op de markt die tegen wortelingroei beschermen, variërend van tape, dakleer en rubbers tot mantelbuizen. De gemeente Zeewolde past een krimpkous met lijm toe om de voegen tegen wortelingroei te beschermen. Dit is een nieuwe interessante techniek waarmee nog weinig ervaring is.

6.5 Grondradar

Grondradar gebruikt elektromagnetische pulsen om structuren in de ondiepe ondergrond in kaart te brengen.

De maximale diepte waartoe het signaal kan doordringen in de ondergrond, is sterk afhankelijk van de elektrische geleidbaarheid van het grondmateriaal in kwestie. Hoe groter de geleidbaarheid, hoe ondieper het bereik van grondradar. Hierdoor is grondradar vrijwel ongeschikt voor ondergronden met een hoog klei-, zout- en/of vochtgehalte (dieptebereik van slechts enkele centimeters). In droge zandgronden zijn dieptes tot zo'n 15 meter mogelijk. Grondradar is bij uitstek geschikt om de ondergrond driedimensionaal in kaart te brengen en dus ook voor de ligging van boomwortels.



Figuur 6.8 Gebruik grondradar

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Wortelingroei in de riolering komt vrijwel overal voor. Dit ervaren gemeenten eerder als een gegeven dan een probleem. Met de huidige beschikbare technieken zijn de rioleringsbeheerders in control, tegen extra beheerkosten van circa € 0,50 tot € 1 per inwoner per jaar.

Interne afstemming

De geïnterviewde gemeenten die al integraal werken, zien het verbeteren van de interne procesgang binnen de organisatie niet direct als effectieve aanpak om wortelingroei te voorkomen. Zij stemmen via periodiek overleg de maatregelen in de openbare ruimte af. Interne afstemming en uitwisseling van kennis dragen bij aan begrip voor elkaars standpunten en verhoogt de kans om oplossingen te vinden voor de benodigde groeiruimte voor bomen.

Kennis opbouwen en delen

Door meer kennis over de relatie tussen groen, wegen en riolering op te bouwen en te delen, ontstaat meer begrip voor elkaars standpunten en beargumenteren betrokkenen keuzes beter. Daarom is er beperkt draagvlak voor het opstellen van inrichtingsprofielen. Waar er knelpunten zijn, is het manoeuvreren binnen zeer beperkte ruimte en dat is toch steeds maatwerk. Wel is behoefte aan een afwegingsmethode als hulpmiddel bij overlegsituaties en een overzicht van best practices.

7.2 Aanbevelingen

7.2.1 Beheerpraktijk

Technieken

Vanwege het risico op buisbeschadigingen kunt u beter niet kettingfrezen. De waterjet is een veelbelovende techniek met een groot toepassingsgebied en daardoor flexibel inzetbaar. Maak na het frezen de buis weer in orde met een liner en een hoedje. Voer dit reparatieproces zorgvuldig uit om te voorkomen dat boomwortels toch weer via openingen kunnen binnendringen.

Gegevensbeheer

Op het vlak van gegevensbeheer is nog een slag te maken. Bewaar oude inspectiegegevens en projecteer deze op

her in te richten locaties. Zo worden wortelingroei-gevoelige locaties zichtbaar. Neem in het systeem ook beschermende constructies als te beheren objecten op, om doorboringen te voorkomen.

7.2.2 Kennis delen

Integrale ontwerpen

Bij een doordachte en zorgvuldige aanleg zijn problemen te voorkomen, maar niet uit te sluiten. Om boomwortels te verleiden in een bepaalde richting te groeien en grensvlakken te voorkomen, zijn integrale afstemming en kennis nodig. CROW, Stadswerk en Stichting RIONED kunnen dit proces faciliteren door gezamenlijk als kennismakelaar op te treden. De CROW-publicatie *Combineren van onder- en bovengrondse infrastructuur met bomen* is bijvoorbeeld wel bekend bij de wegbeheerders, maar veel minder bekend bij de riolerings- en groenbeheerders.

Gezamenlijk platform

Er blijkt geen directe sense of urgency om boomwortelingroei in de riolering aan te pakken. Wel zijn de deelnemende gemeenten zoekende naar effectieve oplossingen en zeer geïnteresseerd in het onderwerp. Ze blijven graag op de hoogte van de kennisontwikkeling op dit vlak. Het valt te overwegen een (digitaal) platform in te richten waarin riolerings-, weg- en groenbeheerders hun kennis gestructureerd kunnen delen.

7.2.3 Nader onderzoek

Flexibele technieken

Gemeenten ervaren kolkaansluitleidingen als een zwak punt. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of er meer flexibele technieken bestaan die beter bestand zijn tegen vervorming en het ontstaan van scheuren/kieren waardoor de boomwortels naar binnen kunnen groeien. Over de omvang van wortelingroei in regenwaterkolken is weinig te zeggen, omdat gemeenten kolken niet of nauwelijks inspecteren. Hiernaar is ook nog geen specifiek onderzoek gedaan.

Extra beheerkosten groenere omgeving

De kostenkengetallen van de Leidraad riolering houden geen rekening met extra beheerkosten van riolering in een groenere omgeving. Door de extra beheerkosten

inzichtelijk te maken, kunnen gemeenten het integreren van riolering, wegen en groen in de ruimte bewuster afwegen.

Ontwerprichtlijnen

De meningen over een behoefte aan ontwerprichtlijnen zijn verdeeld. Mogelijk blijkt uit het opstellen en toepassen van een afwegingskader (zie paragraaf 7.1) waar nog een duidelijke behoefte ligt.

Literatuur

Deeproot, <http://www.deeproot.com/blog/blog-entries/the-myth-of-root-filled-drain-pipes>

Rolf K., Stal O., Tree roots in sewer systems in Malmo Sweden, Journal of Arboriculture 20(6), 1994

www.ruhr-uni-bochum.de/rubin/rbin1_03/pdf/beitrag8_natur.pdf

www.fitr.de/site/rohrbau_kongress/rohrbau_pdfs_06/I-2.pdf

www.ikt.de/down/f0164langbericht.pdf

www.gartendatenbank.de/forum/wurzeleinwuchs-abwasserrohr-schaeden-durch-baeume-straeucher-t-398-1

<http://217.91.74.99/kanalkonkret/Wurzelbildung.htm#Literaturverzeichnis>



Bijlage 1 Samenvatting werkrapport oriënterend onderzoek gemeente Eindhoven

B1.1 Situatie Eindhoven

In de gemeente Eindhoven ligt circa 1.300 km aan rioolleidingen. Hiervan is ruim 60% gemengd, ongeveer 25% hemelwater en zo'n 15% afvalwater. Als opvulmateriaal is in het verleden leemhoudende gebruikte grond en aanvulzand toegepast. Bij recente projecten heeft de gemeente bomenzand gebruikt. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) fluctueert tussen de 1 tot 3 meter beneden maaiveld. De gronddekking op de buis varieert ook tussen de 1 tot 3 meter. Ongeveer 25% van de riolen is eivormig, de rest is overwegend rond. 30% van de wortelingroei vindt plaats bij de inlaat, 70% elders. In figuur B1.1 ziet u de spreiding van de locaties met wortelingroei in relatie tot de leeftijd van de riolering. Op enkele uitzonderingen na is geen sprake van clustering van schadebeelden.

Legenda

ASPECT, KLASSE, E_CHAR

- Wortels (1C) complexe massa, niet geconstateerd
- Wortels (2A) hoofdwortel, vermindering dwarsdoorsnede $\leq 10\%$
- ▲ Wortels (2B) kleine wortels, vermindering dwarsdoorsnede $\leq 10\%$
- Wortels (2C) complexe massa, vermindering dwarsdoorsnede $\leq 10\%$
- Wortels (3A) hoofdwortel, $10\% < \text{vermindering dwarsdoorsnede} \leq 25\%$
- ▲ Wortels (3B) kleine wortels, $10\% < \text{vermindering dwarsdoorsnede} \leq 25\%$
- Wortels (3C) complexe massa, $10\% < \text{vermindering dwarsdoorsnede} \leq 25\%$
- Wortels (4A) hoofdwortel, $25\% < \text{vermindering dwarsdoorsnede} \leq 50\%$
- ▲ Wortels (4B) kleine wortels, $25\% < \text{vermindering dwarsdoorsnede} \leq 50\%$
- Wortels (4C) complexe massa, $25\% < \text{vermindering dwarsdoorsnede} \leq 50\%$
- Wortels (5A) hoofdwortel, vermindering dwarsdoorsnede $> 50\%$
- ▲ Wortels (5B) kleine wortels, vermindering dwarsdoorsnede $> 50\%$
- Wortels (5C) complexe massa, vermindering dwarsdoorsnede $> 50\%$
- BBA, 1, 0
- BBA, 3, 0

leidingen_Jaar van aanleg

Priode_JvA

- Voor 1940
- 1940 t/m 1949
- 1950 t/m 1959
- 1960 t/m 1969
- 1970 t/m 1979
- 1980 t/m 1984
- 1985 t/m 1989
- Na 1990

Figuur B1.1 Locaties wortelingroei versus leeftijd riolering

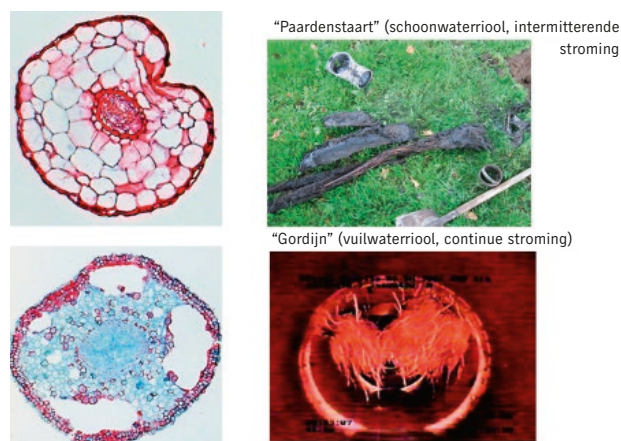
B1.2 Groeiproces bomen en wortels

De eerste twee à drie jaar zijn het belangrijkste voor de ontwikkeling van een boom. Daarna redt de boom het meestal zelf wel. De groeirichting van de wortels is vooral afhankelijk van de weerstand die ze ondervinden. Een boom is 'lui', de wortels zoeken de weg van de minste weerstand. De wortelgroei houdt meestal op bij de gereduceerde zone (blauw-grijze bodemlaag) of het heersende grondwaterpeil. Planten/bomen met een fijn wortelstelsel (zoals grassen) zijn in principe niet schadelijk voor riolering, omdat de wortels overwegend aan de oppervlakte blijven. Planten/bomen met een penwortelstelsel (zoals een den, eik of es) vormen wel een risico voor wortelingroei. Deze wortels groeien naar beneden.

Omstandigheden in riool

Afhankelijk van de omstandigheden in het riool verschilt het type wortelingroei (zie figuur B1.2). Bij een overwegend continue waterstroming groeien de wortels meer van bovenaf in het riool. Er vormt zich een wortelscherm (gordijn), waarbij de toppen van de wortels reiken tot aan het gemiddelde waterniveau. Het deel van de wortels dat in het water hangt, erodeert en/of sterft af. Dit type wortelingroei komt vaak voor in afvalwaterriolering of gemengde riolering met een continue droogweerafvoer. Bij intermitterende stroming (zoals in hemelwaterriolering) groeien de wortels ook aan de zijkant van het riool in. Eenmaal in het riool groeien de wortels in de lengterichting verder en vullen zij het riool compleet op (paardenstaart).

> 25



Figuur B1.2 Verschil in boomwortels in afval- en hemelwater

Water, zuurstof en voedingsstoffen zijn aantrekkelijk voor boomwortels. Door bodemvocht (condens, uittredend rioolwater), zuurstoftoevoer via een lek in het riool en de aanwezigheid van voedselrijk water groeien wortels tot aan het riool. Ze groeien langs de buitenzijde van de buis verder tot ze een gaatje hebben gevonden. Afhankelijk van de lokale omstandigheden groeit de wortel wel of niet verder of het riool in. De groeirichting is sterk afhankelijk van de dichtheid van de bodem. Hoe dichter de bodem, hoe lastiger te penetreren en de wortel kiest de weg van de minste weerstand. Een wortel kan gemiddeld zo'n twee jaar doorgroeien in het riool. De weerstand van een voeg is afhankelijk van het materiaal van de voegverbinding, de mate waarin de voegen zijn aangedrukt en de holle ruimte achter de afdichtingsring. In de holle ruimte kan de wortel dikker worden en hiermee als het ware zijn eigen blokkade vormen voor een weg terug. De enige uitweg is dan nog de weg naar voren.

Milieuomstandigheden en eigenschappen riool

Het zwaartepunt van onderzoek naar boomwortelingroei ligt in Duitsland, Zweden en Amerika. Volgens het Instituut voor ondergrondse infrastructuur (IKT) in Duitsland (lit. 5) bepalen vooral de milieuomstandigheden en de uitwendige eigenschappen van de riolering de groeirichting. De eigenschappen van de verbinding zijn van een tweede orde. In verticale richting neemt het zuurstofgehalte in de grond af. Boomwortels zitten vaak onder het wegoppervlak vanwege het hogere zuurstofniveau en de aanwezigheid van condenswater. Volgens de internationale literatuur zijn er verschillende modellen die het proces van boomwortelingroei beschrijven (lit. 7). Het Leckmodel gaat uit van de aantrekkelijkheid van de inhoud, het Dichtefallenmodel van de weerstand, het Quellungsmodel van bodemvochtverandering, het Sauerstoffmodel van zuurstofrijkdom en het Kombinationmodel van een combinatie van oorzaken. Er is geen literatuur gevonden met een wetenschappelijk onderbouwde voorkeur.

Zwakke punten

Er zijn snelle groeiers (zoals de iep) en langzame groeiers (zoals de eik en beuk). Snelle groeiers vormen eerder een

mogelijk probleem. Wortels zijn niet bestand tegen langdurig onder water staan. Lekke riolen die overwegend onder de grondwaterspiegel liggen, zullen daarom minder snel last hebben van wortelingroei. Het punt waar de boomwortel intreedt, verschilt per situatie. Ontbrekende rubberafdichting, zachte plekken in de rubberverbindingen, kleine openingen en ingehakte inlaten zijn de meest favoriete intredepunten. Zwakke punten komen vaak voor op het grensvlak van twee verschillende materialen.

B1.3 Gegevensanalyse

Om relaties te vinden tussen het optreden van wortelingroei en de lokale omstandigheden, is een database opgebouwd met rioolinspectiegegevens, rioolbeheergegevens, bomenbeheergegevens en gebiedskenmerken. Met het geografisch informatiesysteem (GIS) zijn nabijheidsrelaties gelegd om schadebeelden te kunnen linken aan de lokale omstandigheden. De paragrafen B1.3.1 tot en met B1.3.7 belichten de relaties tussen wortelingroei en de stelselkenmerken.

B1.3.1 Aanlegperiode

Rolf et al. (lit. 2) tonen aan dat in het geval van Malmö de meeste wortelingroei in buisdiameters van 225 tot 400 mm plaatsvindt, waarschijnlijk omdat de grotere riolen dieper liggen. Zij onderscheiden een aantal risicogroepen voor wortelingroei op basis van historische ontwikkelingen. Vóór 1950 is als dichtingsmateriaal ijzertouw en cement gebruikt. In de periode 1950-1960 is de eerste generatie kunststof afdichtingen toegepast. De periode 1960-1970 kenmerkt zich door snel en goedkoop produceren. Vanaf 1970 worden betere materialen toegepast.

Tabel B1.1 toont de relatie tussen de aanlegperiode en de geconstateerde wortelingroei in Eindhoven. Er is een duidelijk verschil tussen riolen aangelegd vóór en na 1980. In de periode 1975-1980 is de gemeente overgegaan van meterse buizen naar tweemeterse buizen en van gres naar pvc. Sinds 1985 levert de aannemer de riolen in plaats van de gemeente. Vanaf dat jaar worden riolen ook ingeboord in plaats van ingekapt.

Tabel B1.1 Relatie wortelingroei met aanlegperiode

aanlegperiode	aantal malen wortelingroei per 100 m
voor 1940	1,94
1940 t/m 1949	1,61
1950 t/m 1959	2,33
1960 t/m 1969	2,21
1970 t/m 1979	1,31
1980 t/m 1984	0,67
1985 t/m 1989	0,38
na 1990	0,04

B1.3.2 Buismateriaal

Rolf et al. (lit. 2) kwamen op basis van onderzoek naar wortelingroei in Zweden tot de volgende buismaterialen die kwetsbaar zijn voor wortelingroei:

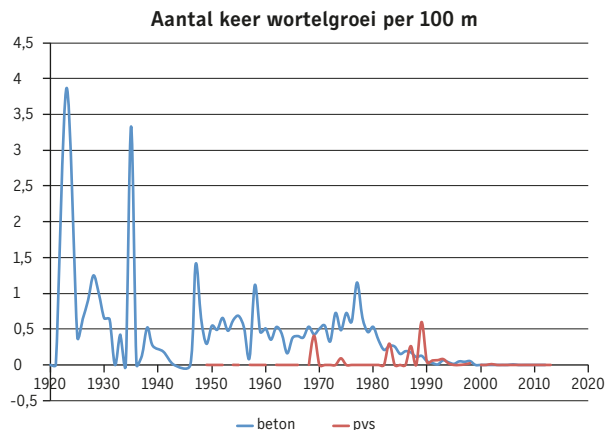
- oude betonnen riolen of gresriolen zonder rubberafdichtingsringen;
- betonnen riolen met rubberafdichtingsringen;
- pvc of glasvezelversterkte kunststof (GVK) (verbindingen met rubberafdichtingsringen, maar risico bij breuken);
- polyetheen (PE) (geen verbindingen) of polypropreen (PP). PP heeft moffen. PE is lasbaar maar de wanddikte is dikker, waardoor de kosten al snel oplopen.

Tabel B1.2 toont de relatie tussen het buismateriaal en de geconstateerde wortelingroei in Eindhoven.

Keramische en betonnen riolen vertonen significant meer schadebeelden. Bij pvc-riolen is het aantal schadebeelden relatief laag. Uit figuur B1.3 is af te leiden dat ook het aanlegjaar een grote rol speelt, de pvc-riolen zijn aanzienlijk jonger. In 1987 is de gemeente overgestapt van gresinlaten naar pvc-inlaten.

Tabel B1.2 Relatie wortelingroei met buismateriaal

buismateriaal	aantal malen wortelingroei per 100 m
keramisch	4,11
beton	1,25
asbestcement	0,37
relining	0,30
gietijzer	0,17
staal	0,15
pvc	0,03



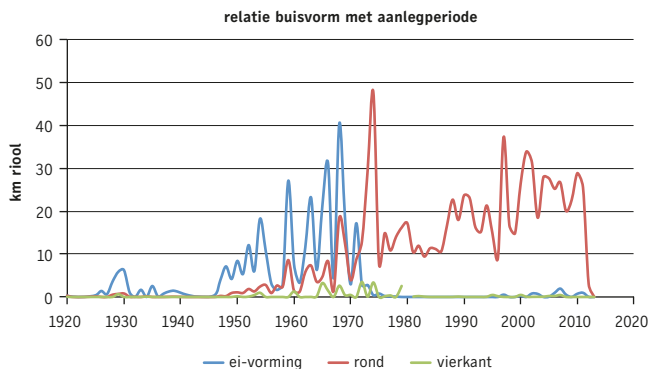
Figuur B1.3 Relatie wortelingroei met buismateriaal en aanlegjaar

B1.3.3 Type riolering

Tabel B1.3 toont de relatie tussen het type riolering en de geconstateerde wortelingroei. Er is een duidelijk verschil tussen gemengde en hemelwaterriolen. De meeste wortelingroei vindt plaats bij gemengde riolering. Wel is hierbij een duidelijke afname te zien na 1970, 45% van de wortelingroei is gerelateerd aan de periode 1960-1970. Bij hemelwaterriolering neemt de wortelingroei af na 1985, 60% van de wortelingroei is gerelateerd aan de periode 1970-1980. Voor afvalwaterriolering is geen duidelijk beeld. Aangezien er een sterke relatie is tussen de aanlegperiode en het type riolering is hemelwaterriolering niet per definitie beter dan gemengde riolering (zie figuur B1.4). Volgens B. Hunt (www.deeprooot.com, tabel B1-2: relatie wortelingroei met buismateriaal) is bij hemelwaterriolering geen sprake van wortelingroei. De buis staat óf 100% onder water óf 100% droog en bevat geen nutriënten. Daarom is een hemelwaterriool geen aantrekkelijke omgeving. Hunt baseert zijn stelling op jarenlange ervaring en inspecties.

Tabel B1.3 Relatie wortelingroei met type riolering

type riolering	aantal malen wortelingroei per 100 m
gemengd	1,45
hemelwater	0,30
vuilwater + dakafvoer	0,16
vuilwater	0,04



Figuur B1.4 Relatie buisvorm met aanlegperiode

B1.3.4 Gronddekking

Tabel B1.4 toont de relatie tussen de gronddekking op de buis en de geconstateerde wortelingroei. Bij een gronddekking van meer dan 2,5 meter op de buis is een duidelijk verschil in wortelingroei.

Tabel B1.4 Relatie wortelingroei met gronddekking op buis

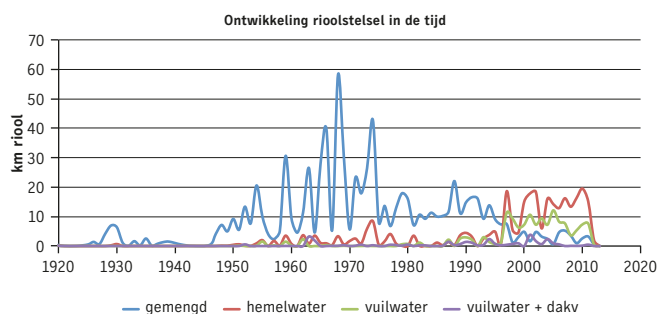
gronddekking op buis	aantal malen wortelingroei per 100 m
< 1,00 m	0,64
1,00 m - 1,50 m	1,27
1,50 m - 2,00 m	0,99
2,00 m - 2,50 m	0,65
2,50 m - 3,00 m	0,31
> 3,00 m	0,21

B1.3.5 Buisvorm

Tabel B1.5 toont de relatie tussen de buisvorm en de geconstateerde wortelingroei. Ook hier is sprake van een relatie tussen leeftijd en buismateriaal (zie figuur B1.5). De naden van eivormige buizen (lengte 1 meter) zijn vaak met dakleer gedicht. Mogelijk biedt dakleer te weinig weerstand tegen ingroeide wortelpunten. Vóór 1970 komt 80% van de wortelingroei voor bij eivormige buizen en 20% bij ronde buizen, na 1970 is dat precies andersom. Maar vóór 1970 was het aandeel eivormige riolen ook veel groter. Medio 1970 vond de overgang plaats van vaar- en moereindverbindingen naar moffen met rubberring. Vermoedelijk heeft dit een groter effect gehad op wortelingroei dan de buisvorm. De sterke relatie tussen wortelingroei en eivormige riolen is te verklaren uit het feit dat eivormige riolen ouder zijn dan ronde riolen.

Tabel B1.5 Relatie wortelingroei met buisvorm

buisvorm	Aantal malen wortelingroei per 100 m
eivormig	2,14
rond	0,58
vierkant	0,16



Figuur B1.5 Relatie tussen buisvorm en aanlegperiode

B1.3.6 Type inlaat

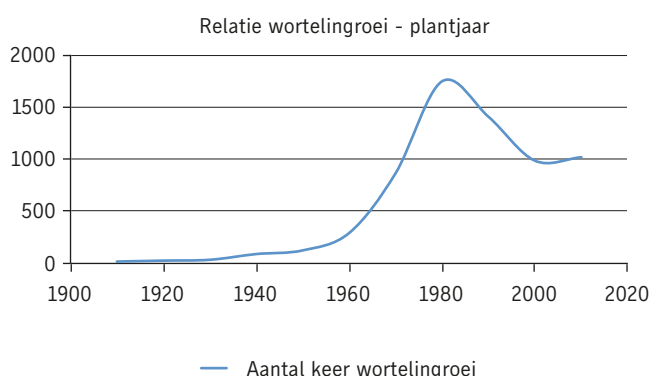
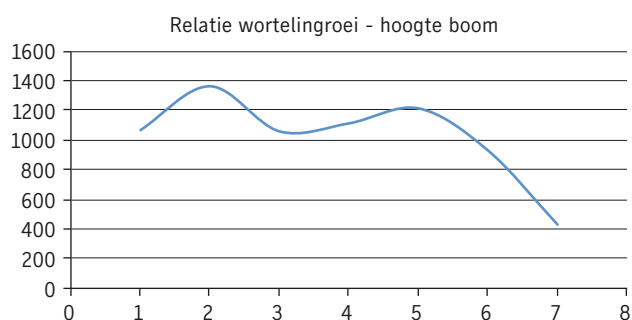
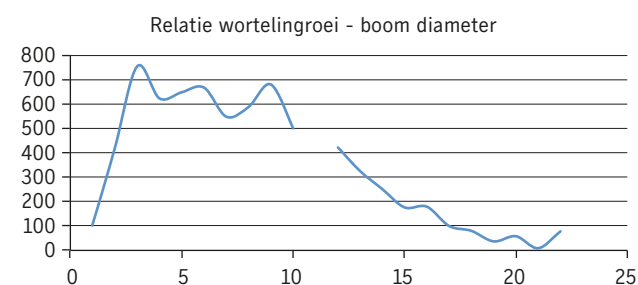
Er zijn open en gesloten (dichtgezette) inlaten en er zijn geboorde en gebeitelde aansluitingen. Bij 3% van de open aansluitingen is in de nabije omgeving wortelingroei geconstateerd, bij gesloten leidingen is dit 0,5%. Er is geen significant verschil tussen vlakke aansluitingen en zadelaansluitingen. Wel komt wortelingroei twintig keer zo vaak voor bij gebeitelde zadelaansluitingen als bij geboorde zadelaansluitingen. Bij vlakke aansluitingen is dit maar drie keer zo vaak.

B1.3.7 Boomtype

Het is niet zo dat naarmate de boom groter of ouder is de wortelingroei toeneemt (zie figuur B1.6). Bomen met een stamdiameter van zo'n 10 tot 50 cm vertonen een sterke relatie met wortelingroei. Bij bomen groter dan 20 meter neemt het aantal schadebeelden significant af. Mogelijk wortelen grotere bomen dieper. Maar het aantal boomsoorten is te divers om een duidelijke relatie te kunnen leggen.

Tabel B1.6 Relatie wortelingroei met type inlaat

wortelingroei bij inlaat	aantal	percentage	totaal aantal aansluitingen	% wortelingroei tov totale aantal inlaten
vlakke aansluiting-gebeiteld	1519	12%	25481	6,0%
vlakke aansluiting-geboord	1137	9%	56343	2,0%
zadelaansluiting-gebeiteld	21	0%	281	7,5%
zadelaansluiting-geboord	13	0%	3538	0,4%
andere soort aansluiting	3	0%	14	21,4%
samenkomst	1034	8%	75792	1,4%
soort aansluiting niet duidelijk	31	0%	372	8,3%
wortelingroei niet bij inlaat	8908	70%		
totaal	12666	100%		



Figuur B1.6 Relatie wortelingroei met eigenschappen boom

B1.3.8 Conclusie

Op grond van de gegevensanalyse is te stellen dat wortelingroei in Eindhoven met name is gerelateerd aan de periode 1950-1980. Na 1970 trad een duidelijke verbetering op, mogelijk door het gebruik van rubberringen. Wortelingroei komt met name voor bij keramische en betonnen riolen. Bij gebeitelde riolen treden significant meer schadebeelden op dan bij geboorde aansluitingen. De meeste wortelingroei vindt plaats vanuit de voegverbindingen.

B1.4 Praktijkervaringen

Om het beeld te completeren, zijn via interviews bij enkele andere gemeenten praktijkervaringen verzameld.

B1.4.1 Wortelingroei en maatregelen

Breda

Volgens Breda is het mogelijke risico op wortelingroei niet zozeer bepalend voor de afstand van de bomen tot aan de riolering, maar meer de ligging van kabels en leidingen. Door voldoende afstand te houden, blijven kabels en leidingen ook later goed bereikbaar. Wortelingroei vindt overwegend plaats bij de huisaansluitleiding. Door verschil in klapzand (straat) en tuinaarde (voortuin) zoeken de wortels sneller hun weg via de tuinaarde en groeien op particulier terrein in. Met name de greshuisaansluitleidingen zijn gevoelig voor ingroei. De voorkeur gaat uit naar opgraven en de wortels eruit trekken. Frezen leidt tot schade en de wortels groeien weer terug.

Wortelingroei vindt in Breda met name plaats bij overgangen (kolk-leiding-rioolbuis), want daar is vaak aangesmeerd met specie. Ook ijzeren delen zijn door roestvorming en daardoor uitzetting een zwak punt. Breda beschouwt worteldoek niet als effectief, want wortels groeien erdoorheen en het doek wordt doorboord bij kabel- en leidingwerkzaamheden.

Oss en Renkum

De ervaring in de gemeente Oss is dat boomwortels met name ingroeien in oude riolering met slechte voegverbindingen en ingehakte inlaten. Wortelingroei is in Oss geen groot probleem, maar wel in Renkum. Hoewel de gemeente Renkum de wortels freest, is dit geen afdoende oplossing (doorgroeien). Door de wortelingroei moet de gemeente rioolinspecties afbreken en eerst de riolen frezen om daarna opnieuw te kunnen inspecteren.

30 <

Samenvattend beeld

Al met al is te stellen dat boomwortels richting een gunstig milieu groeien en zodanig dat ze de boom goed verankeren. Hierbij zoeken ze de weg van de minste weerstand. Gemeenten kunnen de horizontale wortelgroei leiden door een gunstig milieu te creëren en onderhouden én weerstand te creëren. De verticale wortelgroei kunnen ze beperken door een stabiele grondwaterstand en/of een sterk gereduceerde of sterk verdichte laag te creëren en onderhouden.

In de interviews kwamen de volgende preventieve maatregelen naar voren:

- grond goed verdichten na rioolaanleg/vervanging;
- een heel zuur of basisch milieu creëren;
- groeiplaatsen creëren (zie ook paragraaf B1.4.2);
- direct na wortelfrezen (deel)reparaties uitvoeren;
- bomen op voldoende afstand van riool planten (minimaal 2 meter);
- moffen zo ver mogelijk van de boom plaatsen (bij meerdere bomen: tussen twee bomen in);
- voldoende ruimte (nodig 1 m³ per jaar, 25 m³ voor levensduur 25 jaar of 0,50-1,25 m³ per m² kroonprojectie);

• in prioriteitsvolgorde:

- afdichtingen goed dichtdrukken (controle door afpersen riool);
- wortelafstotende verbindingen gebruiken;
- verbindingen zo gasdicht mogelijk maken;
- bomen van lokale voorkeurslijst planten;
- wortelschermen (tot aan grondwaterniveau) of wortelgeleidingsconstructies aanbrengen;
- toezicht houden op de uitvoering (glad afwerken, geen zand/vuil in mof);
- een bomentoets uitvoeren (hoe is huidige en toekomstige grondwaterregime?);
- aanleg en vervanging door gemotiveerde vakmensen laten uitvoeren en niet laten afraffelen (schoenmaker blijf bij je leest);
- de buis zorgvuldig op maat maken (geen braampjes, recht afzagen, bij voorkeur een afsteek/aanschuin-toestel gebruiken in plaats van afzagen).

B1.4.2 Groeiplaatsen

Bomenzand

In Eindhoven leidt het gebruik van bomenzand soms tot problemen. Bomenzand bestaat voor een deel uit humusrijk materiaal. Het is sterk te verdichten: tot circa 6 à 8 MPa, voor boomwortels vrijwel ondoordringbaar. Maar bomenzand mag niet in het water liggen. Bovendien ontstaan bij omzetting van het humusrijke materiaal rottingsgassen en een zuurstofloze situatie.

Amsterdam ondervindt minder problemen met bomenzand. Via goed toezicht en de toepassing van permafrost bij belaste verharding vermijdt de gemeente een te sterke verdichting. Door lokaal drainage aan te brengen, is ook het grondwater plaatselijk naar het gewenste niveau gezakt.

Breda past bomenzand toe onder voetpaden en boomgranulaat (grof materiaal, zoals lava en rotsbrokjes) onder belaste verharding. Nadeel van boomgranulaat is dat het voor tweederde uit ondoorlatend materiaal bestaat. Hierdoor is meer ruimte nodig dan bij bomenzand. Bomenzand en zwaar verkeer gaan niet goed samen (verdichting tijdens natte omstandigheden).

Alternatieven

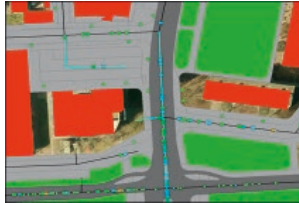
Van boomgranulaat is het effect op de bodem over circa 10 tot 15 jaar niet bekend. Boomgranulaat heeft veel minder poriënruimte dan bijvoorbeeld bomenzand, wat de ontwikkeling van de boomwortels op een zeker moment kan remmen. Boomkratten vormen een goed alternatief, maar hebben het nadeel dat wortels en kunststof verweven raken. Bovendien moet het geheel bij werkzaamheden/problemen uit de grond om erbij te kunnen. Het is zinvol om bij herinrichting of nieuwbouw te kiezen tussen veel kleine/normale bomen op kleine afstand van elkaar of enkele grote(re) bomen op grote(re) afstand van elkaar. Het laatste geniet vanuit de wortelingroei-problematiek de voorkeur.

B1.5 Straatinrichting

De vijftien straten waar per 100 m riool het vaakst wortels ingroeiden, zijn nader beschouwd. Per straat is een overzicht van gebieds- en rioolkenmerken gemaakt, zoals in figuur B1.7.

Analyse van de top-15-straten met wortelingroei leidt tot de volgende bevindingen:

- Wortels van bomen die in groen of nabij groen staan, groeien op veel locaties toch in het riool.
- Bij geen van de locaties is water in de nabije omgeving.
- Het aanlegjaar ligt tussen 1930 en 1966.
- De meeste riolen met wortelingroei zijn eivormig. Waarschijnlijk is dit omdat Eindhoven zo rond 1970 ronde in plaats van eivormige buizen ging gebruiken. Tussen 1955 en 1970 heeft de gemeente wel ronde buizen aangelegd, maar veel minder dan eivormige buizen.
- De dekking op de riolen ligt tussen de 1 en 2 meter.
- Wortels groeien in riolen onder straten met zowel asfalt als elementenverharding, maar het meeste in straten met elementverharding. Waarschijnlijk is dit omdat er veel meer riolen in straten met elementenverharding liggen dan in straten met asfalt.
- Alle riolen met wortelingroei zijn gemengde riolen. Eindhoven heeft pas vanaf 1955 op kleine schaal hemelwater- en afvalwaterriolen aangelegd. Tot aan 1995 heeft de gemeente meer gemengde riolen aangelegd dan hemelwater- en afvalwaterriolen.
- De GHG ligt dieper dan 1,5 meter.

	
Aantal keren wortelingroei per 100 m	25,3
Diameters riolering	300/450 mm
Dekking op riool	1,5 – 2,0 m
Verhardingstype	asfalt
Jaar van aanleg	1965
Type rioolstelsel	gemengd
Materiaal hoofdriool	beton
Buisvorm hoofdriool	eivormig
Afstand tot groen	5 - 15 m
Afstand tot water	geen water
GHG	> 3,0 m-mv
Vrijwel alle wortelingroei in riool 300/450 mm uit 1965. Vrijwel geen wortelingroei in riool rond 300 mm uit 1980. Code boomsoorten in nabijheid meeste wortelingroei: Tieveuch, Acperet, Plhispan	

Figuur B1.7 Voorbeeldoverzicht gebieds- en rioolkenmerken

Conclusie

De resultaten zijn in een werksessie besproken met medewerkers van verschillende gemeenteafdelingen. De conclusie is dat specifieke lokale omstandigheden de relatie tussen wortelingroei en riolering domineren. Aan elke bevinding kleef naast leeftijd, buismateriaal en boomsoort wel een stukje historie dat het aannemelijk maakt dat wortels zijn ingegroeid. Denk aan het verschil in zorgvuldigheid bij aannemers, het wel/niet geheel vervangen van huisaansluitleidingen, de bodemopbouw, de hoogteligging en de omvang van de groeiplaats. Daarom is besloten op basis van de bevindingen en de dataset een locatie te selecteren met een significant verschil in wortelingroei bij nagenoeg gelijke lokale omstandigheden. Gekozen is voor het gebied Franse Baan.

Inspectie Franse Baan

Franse Baan bestaat uit een noordelijk en een zuidelijk deel. Beide delen hebben ongeveer een gelijk ingerichte openbare ruimte en eenzelfde rioolstructuur. De groen-

en waterbeheerders zijn gezamenlijk naar buiten gegaan om te achterhalen waarom de schadebeelden in het noordelijke en zuidelijke deel verschillen. Zij hebben geconcludeerd dat met name de leeftijd van de bomen een rol speelt. Aan de kant met de minste ingroei stonden de jongste bomen uit de jaren 90 en aan de andere kant stonden bomen uit de jaren 70. Daarnaast is er verschil in de afwerking van de groenberm. In het ene geval was deze bol en boven de trottoirbanden afgewerkt, in het andere geval lag het groen wat lager dan de banden. De beheerders hebben het idee dat het voor de bomen beter is als het groen lager wordt aangelegd dan de trottoirband. Wel moet de gemeente voorkomen dat het water te lang in de holle berm blijft staan. De situatie in het gebied Franse Baan is een aanwijzing dat het creëren van goede groeiplaatsen het risico op wortelingroei kan beperken.

B1.6 Samenvatting

Wortelingroei is in Eindhoven hoofdzakelijk gerelateerd aan de periode 1950-1980. Na 1970 trad een duidelijke verbetering op, mogelijk door het gebruik van rubberringen. Wortelingroei komt met name voor bij keramische en betonnen riolen. Daarbij treden bij gebeitelde aansluitingen significant meer schadebeelden op dan bij geboorde aansluitingen. Verreweg de meeste wortels groeien in bij de voegverbindingen. Uit de praktijkervaringen en analyse van de straatinrichting blijkt dat naast de relatie tussen het aanlegjaar van de riolering, het buismateriaal en het plantjaar van de bomen lokale inrichtingsaspecten een grote rol spelen. De verkenning maakt duidelijk dat er geen directe oplossing voorhanden is. Zorgvuldige aanleg en het creëren van groeiplaatsen lijken het meest voor de hand te liggen om toekomstige problemen te voorkomen.

De omvang van de problematiek, bijbehorende beheerkosten en soortgelijke problemen bij andere gemeenten legitimeren nader onderzoek naar kosteneffectieve preventieve maatregelen. Om met meer zekerheid te kunnen besluiten over de (her)inrichting van straten, wil Eindhoven riolen met boomwortelschade opgraven en oplossingsrichtingen verkennen. Stichting RIONED ondersteunt dit initiatief.



978 90 73645 54 7