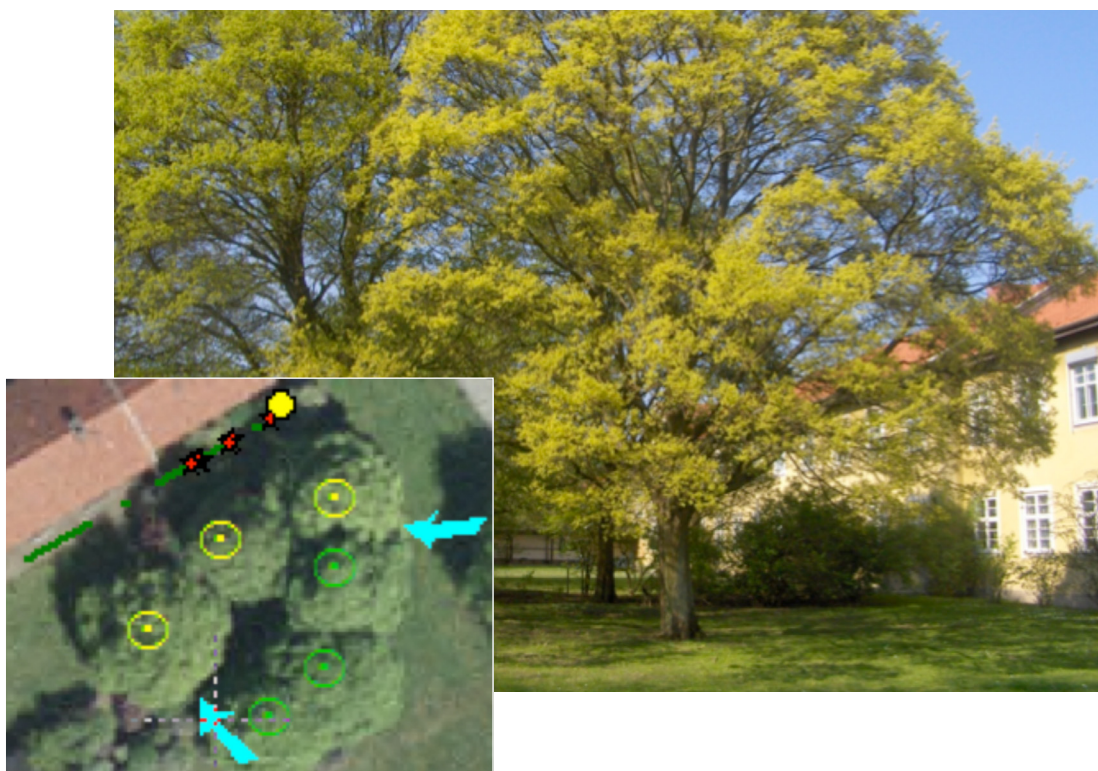


Silver i blad – metod för att identifiera träd som gjort rotinträngningar i spillvattenledningar

Ann-Mari Fransson



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Stefan Johansson	Skellefteå kommun
Charlotte Lindstedt	Göteborg Vatten
Lena Ludvigsson-Olafsen	Smedjebackens kommun
Margareta Lundin Unger	Kungsbacka kommun
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Mats Rostö	Gästrik Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten
Ulf Thysell	VA SYD
Fred Ivar Aasand, adjungerad	Norsk Vann

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan återopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Silver i blad – metod för att identifiera träd som gjort rotinträngningar i spillvattenledningar
Title of the report:	Heavy metals as indicators to identify trees entering pipes – silver in the leaves of trees with the roots in sewers
Rapportnummer:	2011-11
Författare:	Ann-Mari Fransson, Landskapsutveckling, Sveriges Lantbruksuniversitet
Projektnummer:	29-117
Projektets namn:	En metod för att identifiera urbana träd vars rötter växer i VA ledningar
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling. Partnerskap Alnarp
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	30 A4
Sökord:	Rotinträngningar, tungmetallupptag, urbana träd, VA-ledningar, silverupptag
Keywords:	Root intrusions, heavy metal uptake, urban trees, sewer pipes, silver uptake
Sammandrag:	Träd som har rötter i avloppsledningar har en högre silverhalt än förväntat. Det kan gå att identifiera träd med rotinträngning genom att analysera silverhalten i blad men mer undersökningar krävs eftersom silverinnehållet i jorden och trädarten har betydelse. Någon motsvarande för dagvatten kunder vi inte hitta.
Abstract:	Trees that have made root intrusions in sewers have a higher silver content in the leaves than expected. Analyzing the silver concentration in leaves might be used for identify root intruding trees but more studies are needed as the soil concentration is interfering and the uptake is species dependant.
Målgrupper:	Rörnätsägare, kommunala förvaltningar och trädansvariga i städer
Omslagsbild:	Vilket träd ska bort? Eller är det buskarna? En grupp träd i Malmö där rotinträngningar (röda punkter) konstaterats i avloppsledningen intill. Den blå pilen visar var fotot är taget. (Foto Johan Östberg, Flygfoto Mapinfo, Malmö Gatukontor).
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2011
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Detta är ett osäkert metodprojekt och jag vill tacka VA-syd, Svensktvatten (Svenskt vatten utveckling), Gatukontoret i Malmö och Partnerskap Alnarp som vågade satsa på mina lite udda idéer. Nu föll satsningen väl ut och jag hoppas det kommer att betala sig i framtiden.

Denna undersökning bygger på material som samlats in via projektet ”Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar – utvecklande av beslutsstöd” som redovisas i Svensktvattens rapport från 2010 (Östberg et al 2010). Indirekt har de som bidragit till den tidigare undersökningen även bidragit i denna, nämligen Svenskt Vatten (Svensktvatten utveckling), Partnerskap Alnarp, Stiftelsen J. Gust. Richert stiftelse (SWECO), Puls AB, Tekis AB, Inpipe, Per Aarslev, NCC-Ledningsrenovering, Malmö stad, Katrineholm, Skövde och Växjö.

Mitt bidrag till forskningen om rötter i ledningar har bara tagit sin början och när jag nu har skaffat mig ett verktyg hoppas jag att jag kan bidra med värdefull kunskap i framtiden.

Alnarp, september 2011

Ann-Mari Fransson

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Summary	7
1 Inledning	8
1.1 Rotinträngningar.....	9
1.2 Tungmetaller i naturliga och urbana miljöer.....	12
2 Syfte och hypoteser	16
3 Material och metodik	17
3.1. Lokalerna	17
3.2 Detektion av tungmetallerna i bladen.....	18
3.3 Huvudstudie.....	19
3.4 Statistik	20
4 Resultat	21
4.1 Avloppet	21
4.2 Dagvattnet.....	22
4.3 Jämförelse avlopp mot dagvatten	22
4.4 Skillnader mellan arterna	22
4.5 Relationen mellan bladens silver och silver i jord	23
5 Diskussion	24
5.1 Avloppsledningar och rotinträngningar	24
5.2 Dagvattenledningar och rotinträngningar	25
6 Slutsats	26
7 Referenser	27

Sammanfattning

Rotinträngningar är ett stort och kostsamt problem i Sverige och världen. I de flesta fall är det väldigt svårt att identifiera det träd som orsakat rotinträngningen. Detta leder till att man har fått gissa och ta ner träd lite på chans. Problemen med att identifiera de träd som orsakat en rotinträngning har gjort att det inte har gått att undersöka orsakerna till varför rötterna går in i ledningarna, eller vad trädet vinner på att göra detta. Detta projekt har haft som målsättning att försöka få fram en metod för att identifiera de träd som orsakat rotinträngningar i främst spillvattenledningar, men även i dagvattenledningar.

I denna rapport visar vi att de träd som har trängt in med rötterna i spillvattenledningar har en högre halt silver i bladen. Detta betyder att det skulle gå att identifiera de träd som orsakat en rotinträngning, bland ett antal möjliga träd, genom att jämföra deras silverinnehåll. Det finns dock minst två faktorer som måste tas med i beräkningarna; olika träddarter ser ut att ha olika silverhalter i bladen, och jordens halt av silver påverkar hur mycket silver som tas upp i träden. I denna undersökning har vi jämfört träd av samma art som växer under väldigt lika förhållanden bortsett från att vi med stor sannolikhet kan säga att det ena har rötter i en spillvattenledning. Det går alltså att göra på detta sätt även när ett träd som gjort rotinträngning ska identifieras. Det går troligen också att utveckla denna metod så att den blir enklare att tillämpa. De träd som hade sina rötter i dagvattenledningar hade inte högre halter av något av de ämnen vi undersökte (silver (Ag), guld (Au), kadmium (Cd), kalium (K), bly (Pb), rubidium (Rb), och zink (Zn)).

Summary

Rootintrusions are a large and costly problem in many urban areas in the world including Sweden. In most cases where there is a rootintrusion, identifying the tree responsible is almost impossible. Choosing which tree to remove in very threatened locations, with repeated severe rootintrusions, is done by chance. The problem of knowing which tree that is causing a rootintrusion also makes theories about why the trees enter the pipes and what they gain by doing this is very difficult to test. The aim of this project has been to find a method to identify the trees that have caused rootintrusions primarily in the sewers but also in the storm-water pipes.

We show in this report that the trees that did enter the sewers had a higher silver content in their leaves than trees of the same species not growing roots in the sewers. This means that trees that have entered the sewers may be identified by determining the levels of silver in their leaves. However we found two implications; trees of different species seem to have different levels of silver in their leaves, and the soil silver concentration is governing the silver uptake in the leaves. In this study we compared trees of the same species that were growing under the same conditions except that one of them had entered a sewer pipe. It is possible to exactly copy this methodology to find the tree that had entered the sewer. The method might also be modified so that it becomes more easy to use. The trees that caused rootintrusion into storm-water pipes were not possible to identify by using any of the elements that we tested in this project (silver (Ag), gold (Au), cadmium (Cd), potassium (K), lead (Pb), rubidium (Rb), and zinc (Zn)).

1 Inledning

I stadsmiljö krävs både ett väl fungerande avloppssystem och vegetation. Behovet av ett fungerande avloppssystem ifrågasätts knappast av någon och speciellt inte om de hygieniska aspekterna med ett icke fungerande system beaktas. De positiva effekterna med träd i stadsmiljö är svårare att påvisa men man vet att det finns positiva effekter på folkhälsan (Björk et al. 2008) och på det lokala klimatet (Akbari och Konopacki 2004; Svensson och Eliasson 1997). Bland annat gör evapotranspirationen och skuggan från träden så att temperaturen minskar lokalt (Akbari och Konopacki 2004). Men eftersom träd har rötter och dessa kan växa in i VA-ledningar så blir det inte sällan konflikter mellan dem och diskussioner om träd ska tas bort. Problemet här är att veta vilket träd som är orsak till skadan på ledningarna.

Det är inte säkert fastställt varför trädrötter växer in i VA-ledningar, men vi vet att situationen för träd i urbana områden i många fall är väldigt svår. Många urbana träd utsätts för ganska extrema miljöer; jorden packas, temperaturen kan bli mycket hög, näringstillgängligheten och vattenförsörjningen är begränsad. Många av dessa faktorer samverkar även, till exempel reduceras näringstillgängligheten av en minskad vattenhalt i marken och vattentillförseln blir sämre om jorden är kompakterad. Det finns alltså flera tänkbara anledningar till att växters rötter tar sig in i VA-ledningar.

Träd på olika platser i en stad kan ha väldigt annorlunda förutsättningar. Jorden i den urbana miljön varierar från att bestå mest av byggskräp till konstruerad mark och gammal jordbruksmark. Utrymmet under jordytan kan vara väldigt olika, näringstillgången kan vara olika och jordens förmåga att hålla vatten är också olika. Generellt kan man säga att näringstillgången i äldre områden är god medan i nybyggda är den lägre. I och med utbyggnaden av avloppsnätet och sophanteringens sjönk tillgången på näring i jorden i urban miljö drastiskt. Dräneringen kan vara väldigt olika, i närheten av stora underjordiska infrastrukturelement kan det vara väldigt torrt och i närheten av konstruerade dammar kan vattentillgången vara bra. Variationen i de markförhållanden som är nödvändiga för träden gör att det är svårt att utifrån omgivningen avgöra om ett träd har drivits till att söka resurser i ledningarna.

De flesta urbana jordar är oftast kompakterade både uppsåtligt eller genom användning. Kompakteringen minskar markens porositet, förändrar jordens förmåga att aggregera och därigenom ökar tätheten i marken (Kozlowski 1999). I en komprimerad jord försvåras både syretillgängligheten som är avgörande för rotmetabolismen och bortförseln av koldioxid. En hög bulkdensitet minskar jordens kapacitet att lagra vatten och luft (Archer och Smith 1972). Det är väl känt att syre är helt avgörande för rottillväxten (Bennett 1904), och hypoxi, syrebrist, orsakar att rötter dör (Stepniewski et al. 1991). Jorddensiteten är hög i urbana jordar och detta begränsar rottillväxten (Jim 1993).

Vi vet också att rötterna tenderar att växa där motståndet i marken är minst, mellan olika jordlager och längs ytor. Senare resultat har visat att rötternas förmåga att undvika hinder beror på självhämning av rötter som

inte kan ta sig framåt (Falik et al. 2005). De rötter som inte kan ta sig vidare utvecklas inte medan de som kan fortsätta att växa framåt växer sig stora. Tyvärr tycks inte ledningarna betraktas som ett stort hinder för rötterna utan rottillväxten är ofta stor runt ledningarna. Det kan innebära att mycket av rötterna utvecklas på ställen som man inte har förutsett.

Vattnets betydelse för levande organismer är odiskutabel och växter tar upp vatten från marken. Markfuktigheten i urbana jordar är i allmänhet lägre än i mer naturliga jordar. Detta beror delvis på allmänt lägre vattentillgänglighet på grund av hög avdunstning, den låga mängden organiskt material, mer eller mindre ogenomträngligt marktäckande (Burghardt 1994), den höga jordkompakteringen i den urbana jordar (Archer och Smith 1972), och till avsiktliga och oavsiktliga dränering av städernas mark orsakad av den underjordiska infrastrukturen. I mark är vattnet också viktigt för att lösa de näringsämnen som växten behöver för att ta upp.

För hög temperatur orsakar skador på vissa enzymer som finns i växten. En hög lufttemperatur gör alltså att trädens behov att kyla sig ökar, detta sker genom att de transpirerar vatten genom klyvöppningarna. En hög jordtemperatur gör även att vattenavdunstningen från markytan blir stor vilket kan leda till en hög luftfuktighet. Drivkraften i vattenupptaget, vattenpotentialen i atmosfären, sjunker om luftfuktigheten är större vilket gör vattentransporten upp i träden långsammare. Hög marktemperatur gynnar också den mikrobiella nedbrytningen av organsikt material, detta leder till sämre jordstruktur, lägre vattenhållande kapacitet, och att syret som finns i jorden förbrukas.

Urbana jordar är kända för att vara av mycket varierande näringsmässig kvalitet (Pavao-Zuckerman 2008; Schleuß et al. 1998), och kan stödja trädens tillväxt i olika grad, tillgången på näringsämnen kan vara begränsad. I urban miljö har träden ofta en mycket begränsad jordvolym att tillgå, och/eller jord av dålig kvalitet. I högt trafikerade områden kan möjligen tillgången på atmosfäriskt växttillgängligt kväve och upptag via bladytan ge ett tillskott till växternas kväveförsörjning. Brister på andra näringsämnen kan teoretiskt uppstå på samma sätt som kvävenedfallet över Sverige börjar orsaka brister på andra näringsämnen främst fosfor.

1.1 Rotinträngningar

Rotinträngningar är ett stort problem

Idag går mycket resurser, främst ekonomiska, till problem som är relaterade till intrång av rötter i VA-systemen som rörbrott, blockering, och återflöde. Tidigare forskning har avslöjat vidden av detta problem. Kostnaden beräknades år 2003 till 55 miljoner kronor i Sverige (Orvesten et al. 2003) och år 2007 uppskattades kostnaderna till 6 miljoner euro/år, ca 60 miljoner kronor, (Bäckman 2007). Problemet är naturligtvis inte begränsat till Sverige. I genomsnitt \$ 6 530 har gått åt till rot borttagning och \$ 38 824 för ersättning av rör eller för att laga skadade ledningar i Danmark (Randrup 2000) och kostnaden beräknas till 28,4 miljoner euro/år i Tyskland (ca 333 miljoner kronor, Bennerscheidt et al. 2009).

Åtgärder för att reducera mängden rotinträngningar

I många år har de kommunala VA-verken investerat i forskning för att hitta sätt att reducera rotinträngningar i VA ledningar. Vi vet från tidigare erfarenheter och forskning att rötterna främst tar sig in genom skadade rörskarvar och där andra anslutningar har gjorts som vid inspektionsbrunnar och där servisledningar anknyter (Östberg et al. 2010). Mycket fokus har lagts på att skapa tätare fogar och på så sätt förhindra rötterna från att komma in i ledningarna.

Forskningen på området har främst resulterat i tekniska lösningar, som utveckling och tester av fogar (Lu et al. 2000, Ståhl et al. 2005, Whittle 2003) och utveckling av beläggingsmaterial för att reparera skadade ledningar (Bennerscheidt et al. 2009). Vi vet nu att inga av de framtagna fogarna kan motstå rotinträngningen fullständigt (Ridgers et al. 2006, Ståhl et al. 2005). Det har däremot visat sig att rötter kan komma in i rörledningar genom intakta fogar och även via perfekt lagda fogar där till och med vulkaniserade tejp har använts för att ge ännu ett tätt skikt (Ridgers et al. 2006, Stål 1998, Stål et al. 2005). Det tryck en fog måste stå emot är enligt en viss standard 0,55 MPa (Ridgers et al. 2006), vilket ska jämföras med att en rot kan utöva ett tryck på upp till 1,23 MPa (12,3 bar) enligt Strechenbach et al. (2009). Vi skulle alltså behöva fogar som kan motstå mer än dubbelt så högt tryck som de vi producerar idag om de ska kunna motstå trädrötter helt.

PVC-rör har ansetts bättre på att motstå rotinträngningar än betongrör. Betongrör vittrar och har en ojämn yta och detta skulle kunna göra att rötterna både lättare får fäste på ytan och att de kan tränga sig in ner i jämnheter. PVC rör har en mycket slätare yta och de är något mer flexibla i längdled. PVC rör borde alltså vara både svårare att få fäste vid och knäcks inte lika lätt då marken rör sig. Betong är dock svagt basisk och kan möjligen hämma rottillväxten genom att miljön närmast ytan blir ogästvänlig. Tidigare resultat har dock visat att det inte finns några skillnader mellan betongrör och nya PVC-rör i om man räknar antalet rotinträngningar per meter om man bortser från skador eller anslutningar (Östeberg et al 2010, Stål et al opublicerad).

Vi vet nu att det inte finns några konventionella metoder för att mekaniskt hindra rötterna från att komma in i ledningar (Stål et al. 2005). Rotinträngningar har konstaterats även i ledningar som har reparerats med hjälp av strumpning (Bennerscheidt et al. 2009). Längre har man arbetat med att hindra rötterna från att komma in i rören på mekanisk väg, men dessa försök har visat sig vara fruktlösa (Stål et al. 2005). Problemet verkar vara mer komplicerat än förväntat, och kan inte lösas med enbart tekniska lösningar. Vi behöver mer kunskap om hur rötter beter sig i den urbana marken.

Hur gör man för att åtgärda rotinträngningar?

När träden trots alla ansträngningar har kommit in i rören finns det flera sätt att avlägsna rötterna och reparera ledningarna för att säkerställa ett bra flöde genom ledningen. Det finns både mekaniska och kemiska metoder för att avlägsna rötterna och reparationerna kan ske både inifrån ledningen och genom att gräva fram ledningen och ersätta den skadade delen.

Den förmodligen mest effektiva åtgärden är kemisk hämning av rötterna (Pohls 2004) men förutom att avfallet är farligt, är detta inte en hållbar strategi och bekämpningsmedel i vattendragen kan ge oöverskådliga skador. Kemisk bekämpning används i princip inte i Sverige men utförs fortfarande på andra håll i världen bland annat i USA. Detta kan omöjligen anses vara en hållbar strategi och det kan dessutom vara skadligt för miljön och dess organismer.

Den metod som man använder i Sverige för att avlägsna rötter från ledningarna är främst rotbeskrning inifrån rören och borttagning av de träd som orsakar skador. Man har dock sett att rotbeskrning bara är en tillfällig lösning. Rotbeskrning kan till och med stimulera rottillväxten, problemet återkommer och beskrningar måste utföras regelbundet.

Man har även gjort strumpning av rören där rören belagts med en ny yta inifrån. Man har dock sett att inte ens denna åtgärd hindrar rötterna från att tränga in i ledningarna (Bennerhildt et al 2009). Rötter som växt mellan det gamla röret och den nya beläggningen till en inspektionsbrunn och sedan in i själva avloppet har även observerats (Stål muntligen). Man kan nog helt enkelt konstatera att det är väldigt svårt att hindra rötterna från att ta sig in i avloppet om trädet satsar resurser på att göra detta.

Om man kan finna en tillförlitlig metod att identifiera vilka specifika trädindivid som har växt in i avloppsledningen finns det något man skulle kunna göra för att trädet inte ska satsa sina resurser på att växa in i avloppet? Om man vet vilka träd som växt in i avloppen kan man lära sig väldigt mycket om vad de använder i avloppet och vilka träd arter som är särskilt besvärliga.

Vilka träd går in i ledningarna

Det finns inga resultat som visar exakt varför träden tar sig in i ledningarna men empiriskt ser det ut som om träden får en ökad tillväxt när de väl trängt in i ledningarna (fig. 1). Detta indikerar att de får en större tillgång på näring och/eller vatten från ledningarna antingen direkt eller indirekt. Träden ser ut att ha en fördel av att de har rötterna i ledningarna jämfört med om de inte har rötter i ledningar.



Figur 1

Ett träd som gjort rotintränging i en avloppsledning (till vänster) och träd av samma art som troligen står utan kontakt med avloppsledningen.

I de flesta fall är det svårt att avgöra vilket enskilt träd som har orsakat rotinträngningen. De flesta rotinträngningar har ansetts finnas inom en radie av 6–10 m från trädet (Randrup 2000, Stål opublicerade). Tidigare har rekommendationerna varit att ha ca 3 m mellan träd och VA-ledningar. Vi har dock sett resultat som visar att detta avstånd inte är tillräckligt (Östberg et al. 2010, Östberg opublicerat). Studier om rötters utbredning har visat att den maximala rotutbredningen är mycket längre än så. Det är inte ovanligt att rötter från många olika arter av både barr- och lövträd har vuxit mer än 20 m djupt eller 20 m horisontellt (Stone och Kalisz 1991). Om träden inte hittar det de behöver i den närmaste omgivningen kommer de att satsa mer av sina resurser på att skapa rötter. Träden kan alltså ha mycket större rotutbredning än man kan ana och att den huvudsakliga rotmängden kan också finnas på ett stort avstånd från de ovanjordiska delarna.

En del undersökningar och observationer har gjorts för att fastställa vilka arter som är mest benägna att göra rotinträngningar. Poppel- och pil/vide-släktet innehåller arter som har ansetts orsaka rotintrång frekvent (Orvesten et al. 2003) men de flesta trädslag och även buskar kan orsaka rotinträngning (Östberg et al. 2010). Genom att jämföra förekomsten av en art i närheten av en rotinträngning med förekomsten av samma art runt hela ledningen verkar det som om vilka arter som finns överrepresenterade i närheten av en rotinträngning skiljer sig mellan olika städer i Sverige (Fransson et al. opublicerad). Orsaken till dessa skillnader är inte känd, men det kan vara skillnader i markkemin, klimat eller de olika arternas utbredningsområden. Det finns således mekanismer som styr vilka träd som utvecklar rotinträngningar som vi ännu inte har kunskap om.

För att ge rekommendationer om hur grönområden kan skapas på ett hållbart sätt och befintliga urbana träd hantera, vore det klokt att först identifiera de ledningssträckor där konflikt mellan VA-ledningar och rötter föreligger, och därefter bedöma risken för skador. När detta är gjort får man göra en analys av situationen och bestämma om man ska gräva upp ledningen, rotbeskära i ledningen eller ta ner träd. Detta beslut hade underlättats mycket om man kunde identifiera de träd-individer som tränger in i VA-ledningarna.

Eftersom växternas innehåll av grundämnen, även tungmetaller, reflekterar den miljö som de exponeras för så kan man se på innehållet i bladen var växten har vuxit. Även om växter kan reglera väldigt väl vad de ska ta upp via bladen och rötterna så är det omöjligt att helt utesluta ett visst ämne. Olika ämnen tas upp i olika grad och beroende på vilken växtart det handlar om. Förhållandet mellan halterna av de ämnen som trädet tagit upp och det som finns i marken är inte de samma.

Syftet med detta projekt är att undersöka om det går att spåra vissa tungmetaller som finns i avloppet i de träd som orsakat rotinträngning.

1.2 Tungmetaller i naturliga och urbana miljöer

Tungmetaller i mark och växter

De tungmetaller som kan förekomma naturligt i växter i en inte försumbar halt är mangan (Mn) och zink (Zn). I vissa växter finns även höga halter

av Cd, vilket anrikas i pil/vid (Salix) släktets arter där koncentrationerna kan bli ganska höga. Dessa tungmetaller är lätttrörliga i marken, dvs. de läcker från den övre delen av markprofilen till den nedre (Anon 1983). De tungmetaller som kan förekomma naturligt i mindre mängd är krom (Cr), nickel (Ni), koppar (Cu), och bly (Pb). I jord föreligger Cr som kromat, vilket är en negativt laddad jon. Detta gör att läckaget ökar av halten löst organiskt material, fosfat och sulfat i jorden men minskar med halten lermaterialer. Nickel är mycket lätttrörligt och läckaget påminner om Cd, Zn och Mn läckaget. Rörligheten är för dessa ämnen, samt för Ni och Cr beroende av pH och sjunker om pH blir högre (Anon 1987). Cu och Pb binder till organiska föreningar och rörligheten är helt kopplad till mängden organisk material (Anon 1987). Små organiska molekyler har lättare att röra sig än stora, alltså bestäms rörligheten av organiska material av hur nedbrutet det organiska materialet är och vilket pH marken har. Både Cu och Pb kan röra sig en bit ned i markprofilen men fastläggs sedan där det lösta organiska materialet faller ut (Anon 1983). Dessa föreningar kan bara nå grundvattnet om det transporteras i bunden organisk form.

Förhållandena i rhizosfären, den del av marken som är direkt påverkad av roten, skiljer sig från förhållandena i bulkjorden eftersom växterna påverkar sin omgivning genom sitt upptag och via utsöndring och nedbrytning ger upphov till en speciell mikrofauna o mikroflora produkter (Marschner 1995). Man har konstaterat att de tillgängliga halterna av det aluminium (Al), kadmium (Cd), mangan (Mn), koppar (Cu), järn (Fe), nickel (Ni), bly (Pb) och zink (Zn) är högre i rhizosfären hos asp (*Populus tremoides*), lönn (*Acer balsamea*) och vit björk (*Betula papyrifera*) som vuxit i icke kontaminerad jord än i den omgivande jorden (Hinsinger och Courchesne 2007). Flera exempel från jordbruksgrödor odlade i kontaminerad jord visar att de växttillgängliga halterna av vissa tungmetaller är högre (Zn, Pb) i rhizosfären medan andra är lägre (Cu, Cd). Anledningen till att vissa tungmetallhalter är lägre i rhizosfären jämfört med i jorden beror på växtupptaget och även på att växten sänker pH runt rötterna (Hinsinger och Courchesne 2008). För vissa ämnen som Fe, Cu och Mn kan bildandet av plack utanför roten göra så att dessa ämnen fastläggs utanför roten och totalhalterna kan därmed bli väldigt höga i rhizosfären (Hinsinger och Courchesne 2008). En del växter har även andra de-toxifierande mekanismer som uppbyggnad av organiskt material runt roten för att öka katjonutbyteskapaciteten (CEC) som buffrar mot höga metallkoncentrationer, bildandet av plack (Fe-oxider) vilka kan binda arsenik (As) (Hinsinger och Courchesne 2008) och utsöndring av organiska syror för att komplexbinda Al (Jones 1998). Tyvärr leder utsöndringen av organiska syror även till att Cd frigörs i en tillgänglig form. Plack bildas genom att rötterna utsöndrar syrgas (O_2) och oxider bildas med främst Fe och Mn (Hinsinger och Courchesne 2008). I våta miljöer, som i avlopp och dagvattenledningar, där båda dessa ämnen kan finnas i skadliga halter, skulle syrgas-utsöndringen och bildning av plack på rotytan kunna vara väldigt viktig.

Halterna av vissa tungmetaller, barium (Ba), mangan (Mn), zink (Zn), bor (B), koppar (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), bly (Pb) och molybden (Mo) ser ut att vara kopplat till innehållet av klorofyll i växternas blad och

koncentrationerna har sitt maximum i juli. En annan grupp tungmetaller, nickel (Ni), vanadin (V), silver (Ag), beryllium (Be), kadmium (Cd) och arsenik (As), ser ut att ha sitt minimum under samma period (Silkina och Vinokurova 2009). Tidpunkten då bladen eller barren samlas in för analys har alltså stor betydelse för hur bra det ska gå att analysera just detta ämne.

Hur föreligger tungmetaller i urban mark

Marken i städer har under lång tid utsatts för antropogen påverkan. Detta har inneburit att metaller har kommit i omlopp genom användandet och kasseringen av t.ex. keramik, glas, färgämnen, gift och läkemedel. De metaller som anses vara anrikade i en urban miljö är således; Antimon (Sb), arsenik (As), barium (Ba), bly (Pb), guld (Au), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), molybden (Mo), nickel (Ni), silver (Ag), tallium (Tl), tenn (Sn), uran (U), vanadin (V), och zink (Zn) (Andersson och Ladenberger 2010). Vilka metaller som är anrikade och anrikningsgraden i en viss stad beror på stadens industriella historia. Moderna produkter innehåller högre halter av vissa föreningar såsom platinagruppens ämnen i katalysatorer.

Den urbana markens pH är oftast högt beroende på att murbruk och andra basiska byggprodukter blandats i jorden och rörligheten av tungmetaller som Zn, Ni, Cd, Cr och Mn, vilka föreligger som positiva joner, är därför relativt låga. Katjonutbyteskapaciteten är troligen även den liten i jorden i många städer. Det material som har störst katjonutbyteskapacitet är organiskt material, sedan kommer leror och därefter är följer katjonutbyteskapaciteten storleksfördelningen av partiklarna i jorden. Eftersom den organiska halten är mycket låg i urbana jordar fastläggs inte Cu och Pb som de gör i mer naturliga jordar.

Tungmetaller i avlopp och dagvatten

De tungmetaller som finns i avloppet kommer från de produkter vi tillverkar och använder och det som finns i dagvattnet kommer i huvudsak från nedfallet och trafiken. Innehållet varierar mycket mellan städer (Singh och Agrawal 2008) men ofta är halterna av Cu, Zn, Cr, Pb och Cd höga (Bradford et al 1975).

I avloppsslam är den mikrobiella aktiviteten mycket hög, vilket kan leda till att syret förbrukas och reducerande förhållanden skapas. Den mikrobiella aktiviteten beror på hur mycket lättnedbrytbart kol som finns tillgängligt och om hur mikroberna mår, dvs. om miljön är lämplig (Paul 2007). En olämplig toxisk miljö betyder en miljö med höga tungmetallkoncentrationer, hög kvävekoncentration, högt eller lågt pH, eller förekomsten av akut toxiska ämnen som antibiotika mm. Om det blir reducerande förhållanden i ledningarna beror även på syretillförseln, vilket i sin tur beror på ledningens diameter, längd och brunnarnas frekvens. Om reducerande förhållanden skapas blir många tungmetaller mer lösliga och därför ökar upptaget i växterna. Växter kan dock, i varierande drag, frigöra syre från sina rötter vilket motverkar att en reducerande miljö skapas.

Ovanliga metaller i avloppet

Det finns ett antal tungmetaller att välja bland som finns i avloppet men som är väldigt sällsynta i jord. De ämnen som föreslås här är silver, bly och guld (Au) vilka kommer via brunvattnet. Silver är den tungmetall som vi har fokuserat på i denna studie. Det finns en risk att användandet av silver kommer att regleras i framtiden men till dess detta sker finns ett ypperligt tillfälle att skaffa information om rotinträngningar i VA-systemen. På senare år har användningen av silver som bakteriedödande förening ökat. Silver har uppmärksammats nyligen genom att det används i träningskläder och i tvättmedelsfria tvättmaskiner. I jonform är silver bakteriedödande och mycket giftigt för många encelliga organismer. Man vet att silver tas upp i växter, även om upptaget normalt sett är litet (Ratte 1999). Spår av silver har återfunnits i vävnaden hos solrosor (Krizkova et al. 2008) och i växthusodlad Salix som vuxit i jordbruksjord med slamblandning (författarens data).

Tungmetaller i dagvatten

I dagvattnet kommer tungmetallerna från luften, trafiken och vid kontakt med det material som använts i konstruktioner. Landsvägstrafik har visats generera högre halter av zink, bly och koppar i jord (Swaileh et al. 2004) och det är troligt att även trafiken i städerna ger förhöjda halter av dessa metaller i närheten av vägbanan. Förutom detta innehåller dagvattnet metaller från de konstruktioner som används i den urbana miljön. Det finns många förkromade, förnicklade och förzinkade komponenter i den urbana miljön. Detta innebär att förutom de ovan nämnda metallerna kommer krom och nickel att frigöras till dagvattnet.

Miljön i dagvattenledningar blir troligen mycket sällan reducerande. Ledningarna innehåller vatten bara vid vissa tidpunkter och i övrigt är de fyllda med luft som även om den ibland blir stillastående så blir det inte syrefattigt. Dagvattnet innehåller inte heller så mycket lättnedbrytbart organiskt material som avloppet, vilket gör att den mikrobiella aktiviteten blir mycket lägre och syrefattiga miljöer kommer inte att bildas.

Ovanliga metaller från trafiken

Platina-gruppens grundämnen platina (Pt), rubidium (Rb) och palladium (Pd) skulle kunna vara ett alternativ för att identifiera rötter i dagvattenledningar (Ek et al. 2004). Om ingen av dessa föreningar går att använda enskilt går tungmetallsammansättningen i avloppsslammet troligen att använda.

2 Syfte och hypoteser

Jag har velat undersöka om det går att avgöra om ett träd har rötterna i avlopps- och dagvattenledningar genom att bestämma koncentration av olika tungmetaller i bladen.

Min hypotes är att de rötter som har tillgång till avloppsvatten har högre halt silver i sina blad. Jag har även antagit att de rötter som har tillgång till dagvatten har högre halt bly, platina och rubidium i sina blad.

Träd med rötter i dagvatten och avlopp tros ha ett högre kaliuminnehåll eftersom de har en bättre tillgång på vatten och för att kalium tas upp passivt med vattenupptaget.

3 Material och metodik

3.1. Lokalerna

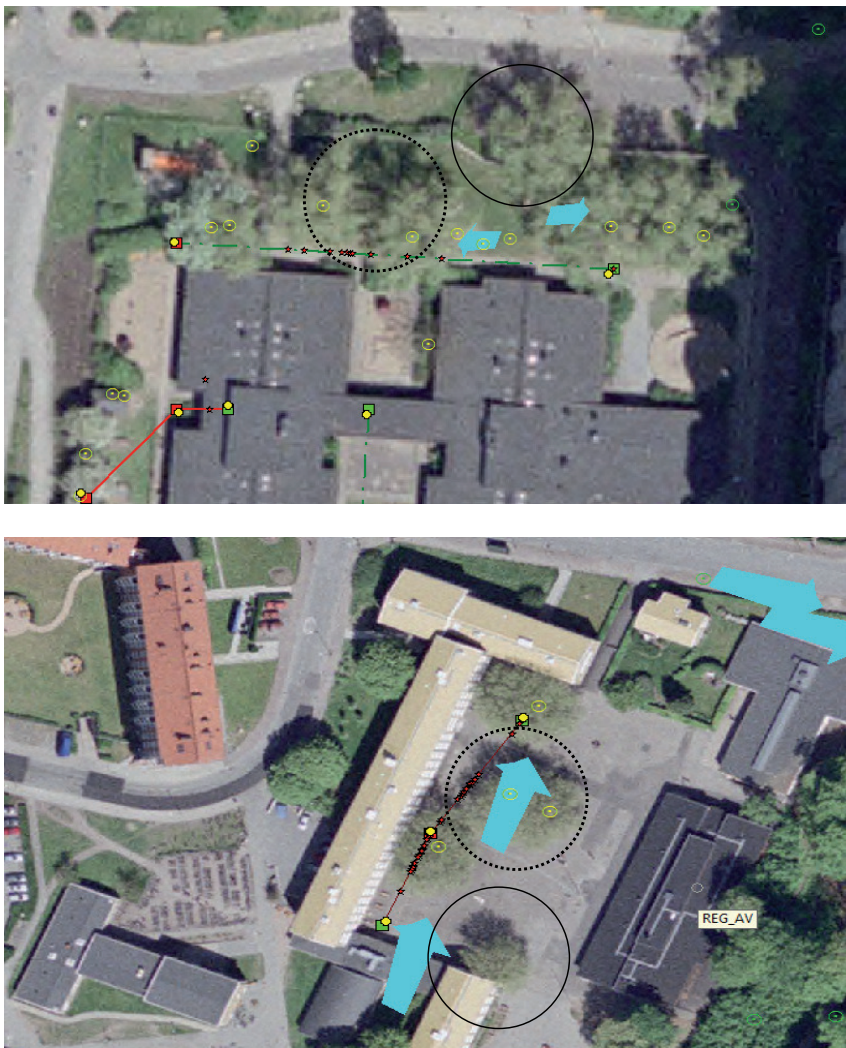
För att en undersökning som den här ska bli värdefull är det viktigt att träden väljs ut omsorgsfullt. Träden valdes ut med hjälp av Malmö stads träd-databas, samt en tidigare undersökning där rotinträngningar i VA system kartlades i bland annat Malmö (Östberg et al. 2010). I denna undersökning kombinerades trädens positioner med positionen på noterade rotinträngningar. Detta material letades igenom efter träd som med mycket stor sannolikhet var orsaken till en rotinträngning. Intressanta träd och buskar är de som står relativt ensamma i närheten av en rotinträngning. Ett liknande träd i närheten behövdes också för att jämförelsen skulle kunna göras. Jag hittade ett antal par av träd som passerade dessa kriterier.

Malmöundersökningen

Det material som användes för att hitta träd och buskar, som var möjliga att använda i denna studie, har samlats in från de VA inspektioner som gjorts av VA ledningar på Malmö stads ägor och på stadsfastigheter. Ledningarna har filmats och anteckningar har gjorts där det har skett rotinträngningar. Dessa rotinträngningar har sedan lagts in i Mapinfo, ett kartritningsprogram där flera lager av kartor kan läggas över varandra. Genom att också lägga in trädens positioner i detta program blev det möjligt att lokalisera träd som med mycket hög säkerhet har gjort en rotinträngning. Det kan vara träd som står inne på skolgårdar, eller med stort avstånd till andra träd. Cirka 40 träd, som ansågs med stor sannolikhet var upphov till en rotinträngning, kunde identifieras.

Parad undersökning

För att kunna säga att de träd som har rötter i en VA-ledning innehåller mer av någon av de undersökta tungmetallerna har denna studie lagts upp som en parad studie. Det innebär att varje träd som med stor sannolikhet antas ha gjort en rotinträngning jämförs med ett liknande träd men som troligen inte gjort rotinträngning (fig. 2). Med liknande menas att träden är av samma art, har ungefär samma ålder och står i liknande miljö och i liknande jord. I stor utsträckning har jag försökt att para träd som ser ut att ha planterats vid samma tidpunkt. På detta sätt kan man inkludera väldigt olika träd i samma studie, olika arter, olika storlek och ålder och ändå få fram ett säkert resultat. Man kan säga att man undersöker skillnaden mellan träden i paren, nivåerna tar man inte hänsyn till. Genom att göra så här går det t.ex. att ha med Salix-arterna. Det är väl känt att många Salix har ett stort upptag av kadmium. Träden i ett par ska vara av samma art, ha samma växtförutsättningar, och vara ungefär av samma ålder.



Figur 2 Exempel på hur träden parades som ett träd med en trolig inträngning (streckad linje) och ett kontroll träd (heldragen linje) i en dagvattenledning (övre bilden) och i en avloppsvattenledning (undre bilden) i undersökningen.

3.2 Detektion av tungmetallerna i bladen.

För att inte lägga en massa pengar på att analysera väldigt många tungmetaller gjordes en förstudie där ett litet antal träd provtogs och silver (Ag), guld (Au), kadmium (Cd), kalium (K), fosfor (P), bly (Pb), palladium (Pd), platina (Pt), rubidium (Rb), antimon (Sb) som ersätter bly i bensin och zink (Zn) analyserades. Det visade sig att det gick att analysera alla de valda ämnena utom platina. Fosfor, palladium och antimon ansågs inte intressanta efter den första testen och uteslöts från fortsatta analyser tillsammans med platina, som inte gick att analysera på ett tillfredställande sätt med de valda metoderna.

3.3 Huvudstudie

Trädens växtplatser

Lokalerna där trädparen finns ligger utspridda över Malmö. Det ingår träd av 10 olika arter, men de flesta utgöres av vitpil (tabell 1). Det är det mest förekommande trädet/busken av de vi har att tillgå i Malmö. Det ingår ett hamlat vitpilpar och flera av de provtagna individerna är buskar. Träden står både i parkmiljö i hårt trafikerade områden samt ett par som står havsnära (par 1). De flesta av trädparen står i gräs men även träd som står med endast asfalt under kronan ingår i undersökningen.

Tabell 1 Beskrivning av de trädpar som är provtagna i samband med att undersökningen samt av hur området de växer i ser ut samt hur den ledning de sannolikt har gjort inträngning i är beskaffad.

Par	Lokal	Art	Placering	Storlek(cm)	Ståndort	Ledningstyp	Material
1	Malmö Högskola	Oxel	Väg nära	15-25	hårdgjort	spill	BTG
2	Folkparken	Kastanj	Park	35	gräs	spill	PVC
3	Slottsstaden	Ask	Skolgård	25	hårdgjort	spill	BTG
4	Ärtholm/pildam	Poppel	Väg nära	40	gräs	dag	BTG
9	Rosengårdsskolan	Rosor#	Skolgård		hårdgjort	spill	BTG
10	Kyrkrosvägen	Kastanj	Cykelväg	17	gräs	dag	BTG
11	Bellevue allé	Vitpil*	Park, cykelväg	20	gräs	dag	BTG
12	Bellevue skola	Platan	Förskolgård	40	gräs	dag	BTG
14	Agnesfridsvägen	Vitpil	Väg nära	25	hårdgjort	dag	BTG
15	Kantxegatan	Vitpil	Väg nära	35	hårdgjort	dag	BTG
17	Mottettensförskola	Vit pil	Förskolgård	50	gräs	dag	BTG
19a	Bergaskolan	Platan	Skolgård	50	hårdgjort	spill	PVC
19b	Bergaskolan	Syren#	Cykel parkering		gräs	spill	BTG
20	Husie Kyrkoväg	Vitpil *	Cykelväg/skolgård	40	gräs	spill	BTG
22	Annelundsskolan	Vitpil	Förskolgård	30	gräs	spill	BTG
23	Brodda parken	Vitpil	Park	30	gräs	dag	BTG
24	Linneskolan	Körsbär	Skolgård	20	hårdgjort	spill	LER
26	Madrialgången	Rönn	Cykelväg	10	gräs	dag	BTG
27	Högaholmsförskola	Vitpil #	Förskolgård		gräs	dag	BTG

* hamlade, # buskage

Rörens beskaffenhet

Denna studie innefattar både avloppsledningar och dagvattenledningar. I en tidigare studie kunde man se att rotinträngningar var lika ofta förekommande i dagvatten som i avloppsledningar. Därför beslöt jag att båda typerna skulle ingå eftersom det är rimligt att anta att det är lika viktigt att identifiera både träd som gjort inträngningar i avloppsledningar som i dagvattenledningar. Det ingår rör som är tillverkade av både PVC och betong, vilket är de två vanligast förekommande materialen som används.

Bladanalysen

Blad samlades in från alla träd som ingår i studien. I möjlig mån togs bladen från samma väderstreck vilket var rakt söderut. I vissa fall var inte detta möjligt och bladen togs då i den riktning som var mest åt söder. De blad som användes var fullt utvecklade och togs från den yttre delen av kronan, dvs. det var solanpassade blad. Blad som finns i direkt solljus har en större

aktivitet och transporten från rötterna till dessa blad är därför stor. Ju mer näring och vatten som transporteras till bladen desto större är även transporten av andra ämnen som tungmetaller. Direkt efter provtagningen tvättades bladen med destillerat vatten för att ytligt bundna partiklar inte skulle ingå i analysen. Efter provtagningen och tvätten torkades bladen vid 70° C i minst tre dygn och lagrades sedan vid 40 grader i väntan på analys vid Laboratoriet vid Ekologiska institutionen Lunds Universitet. För att få fram grundämnena i sin rena form kokades en mindre del av provet i koncentrerad salpetersyra i en mikrovågsugn så att alla kolföreningar försvann och de ämnen som fanns i bladen frigjordes. De provtagna bladen analyserades med avseende på silver (Ag), guld (Au), kadmium (Cd), kalium (K), bly (Pb), rubidium (Rb), och zink (Zn) med induktiv kopplad plasma spektroskopi (ICP, Perkin Elmer). I korthet fungerar denna analys så att provet upphettas vid väldigt hög temperatur (1 100 grader) varvid ett plasma bildas. Elektronerna i atomerna exiteras då och när de faller tillbaka till sin ursprungsposition utsänds ett ljus av en våglängd som är specifik för just detta grundämne. Ljusintensiteten av dessa våglängder är då beroende av de olika grundämnesmängder som finns i provet.

Tungmetaller i ytjorden

Halterna av tungmetallerna silver, guld, kadmium, bly, rubidium och zink samt kalium halten i ytjord från 11 ytor rimligt nära de träd som provtagits beställdes från Sveriges geologiska undersökning. Provtagningen beskrivs grundligt i rapporten "Geokemiska kartan, Markgeokemi. Skåne och tätorterna Malmö, Lund och Helsingborg" med nummer K 305 författad av Madelen Andersson och Anna Landenberger (Andersson och Landenberger 2010).

3.4 Statistik

Säkerheten i resultaten bestämdes genom att en statistisk analys gjordes av resultaten (SPSS 16.0, SAS inc.). Detta görs för att man ska kunna lita på att resultaten stämmer, dvs. om en skillnad mellan tungmetallinnehållet i blad från träd med rötter i avloppet och träd som inte har rötter i avloppet är större än den normala skillnaden mellan olika träd individer. Den statistiska analysen resulterar i ett p-värde som anger hur stor sannolikheten är att skillnaden inte är verklig. Ett lågt p-värde visar alltså att skillnaden är säker. Den gräns som används rutinmässigt är att en skillnad inte anses säker om p-värdet ligger över 0.05 dvs. om inte säkerheten är högre än 95 %. Ett p-värde som är 0.1 är således säkert till 90 % osv.

4 Resultat

4.1 Avloppet

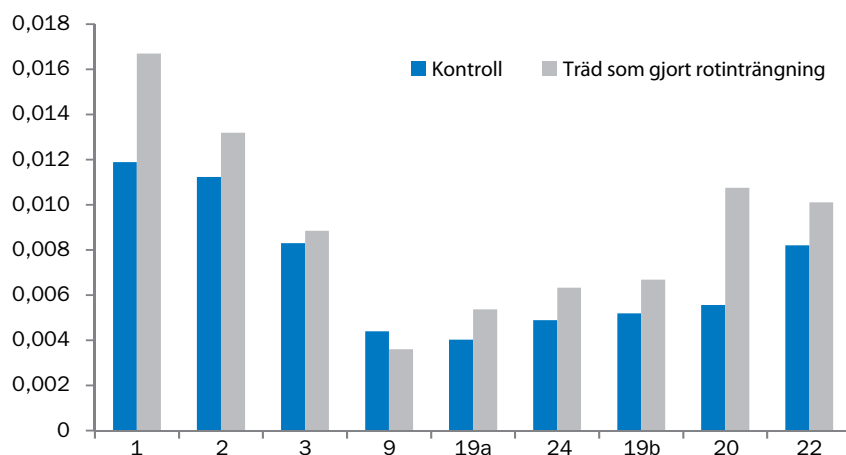
Bladen från träden som har rötter i en avloppsledning i Malmö har en högre halt silver än de blad som kommer från de träd som inte har rötterna i avlopp (tabell 2). Eftersom det är en parod jämförelse så går det inte att direkt jämföra medelvärdena för kontrollträden och träden som gjort rotinträngning men det är i alla fall utom ett mer silver i bladen från de träd som haft kontakt med avloppet än de som inte haft denna kontakt (fig. 3). Det kan finnas skillnader mellan de olika trädarterna som gör att medelvärdena ser ut att inte vara skilda men när man testar så kan det vara en skillnad i varje par som går åt samma håll. Variationen i skillnaden kan också göra att det som ser ut som en skillnad inte går att säkerställa som för zink.

Tabell 2 Medel koncentrationen ($\mu\text{g/g}$ torrsvikt) i blad från urbana stadsträd som gått in med rötterna i avloppsledningar samt kontroll träd av samma art och ungefärlig ålder. Skillnaden mellan dessa träd räknat som medelvärde för alla par samt ett värde på säkerheten* i resultatet (p-värdet).

Ämne	Träd			p-värde
	Kontroll	Avlopp	Parad Skillnad	
Silver	0,0071	0,0091	0,0020	<0,014
Guld	0,033	0,024	-0,009	0,21 ns
Kadmium	0,26	0,20	-0,06	0,26 ns
Bly	0,021	0,017	-0,004	0,39 ns
Rubidium	6,1	5,9	-0,20	0,84 ns
Zink	47,39	33,5	-13,85	0,38 ns
Kalium	9 777	10 072	295	0,55 ns

* ns (non-significant) anges om den statistiska analysen visat att skillnaden inte är säker

Det är också mer silver i de träd som gjort rotinträngning i avloppet ($0,0091 \pm 0,0041 \mu\text{g/g}$ torrsvikt blad) jämfört med de träd som gjort rotinträngning i dagvattenledningar ($0,0049 \pm 0,0013 \mu\text{g/g}$ torrsvikt blad, $p = 0,036$, t-test). P-värdet betyder att denna skillnad är mer än 95 % säker.



Figur 3

Silverhalten ($\mu\text{g/g}$ torrsvikt) i blad från ett antal träd från Malmö som haft rotinträngningar i en avloppsledning jämfört med ett träd som inte haft rötter i en avloppsledning men som är av samma art, är av ungefär samma ålder, står i samma miljö, samt står i liknande jord.

4.2 Dagvattnet

Resultaten visar inte på att det var mer av något av de ämnen vi undersökte i det träd som har gått in i dagvattenledningar än de kontrollträd som inte är i dagvattenledningar (tabell 3).

Tabell 3 Medelkoncentrationen i blad från urbana stadsträd som gått in med rötterna i dagvattenledningar samt kontrollträd av samma art och ungefärlig ålder. Skillnaden mellan dessa träd räknat som medelvärde för alla par samt ett värde på säkerheten* i resultatet (p-värdet).

Ämne	Träd			
	Kontroll	Dagvatten	Parad Skillnad	p-värde
Silver	0,0058	0,0049	-0,003	0,66 ns
Guld	0,020	0,016	-0,002	0,49 ns
Kadmium	1,212	1,107	-0,094	0,24 ns
Bly	0,080	0,164	0,042	0,09 ns
Rubidium	7,094	7,738	0,567	0,52 ns
Zink	127,2	159,4	28,3	0,29 ns
Kalium	13 054	14 433	1 243	0,36 ns

* ns (non-significant) anger om den statistiska analysen visat att skillnaden inte är säker

Marktäckningen hade ingen betydelse för hur kalium togs upp i träden (ANOVA, $p = 0.48$, Kruskal-Wallis non-parametric test, $p = 0.32$). De kontrollträd som stod i en icke hårdgjord yta hade inte ett högre kalium innehåll än de som stod i en hårdgjord yta.

4.3 Jämförelse avlopp mot dagvatten

Det fanns mer kalium, kadmium och zink samt mindre silver i träd med rötterna i dagvatten än i avlopp. Detta resultat gällde dock både kontrollerna och de rotinträngande träden. Den högre koncentrationen av kadmium kan bero på att det var många fler pil/vidar bland de träd som ansågs ha gjort rotinträngningar i dagvattnet. Det är möjligt att pil/vidar även tar upp mer zink än andra arter. Om detta är fallet generellt eller om det är ett sammanträffande går inte att avgöra från detta material, men det vore intressant att undersöka.

4.4 Skillnader mellan arterna

De olika trädarterna tog upp olika mycket silver (tabell 4). Eftersom det endast var två individer för flera av arterna ska dessa resultat tas med stor försiktighet.

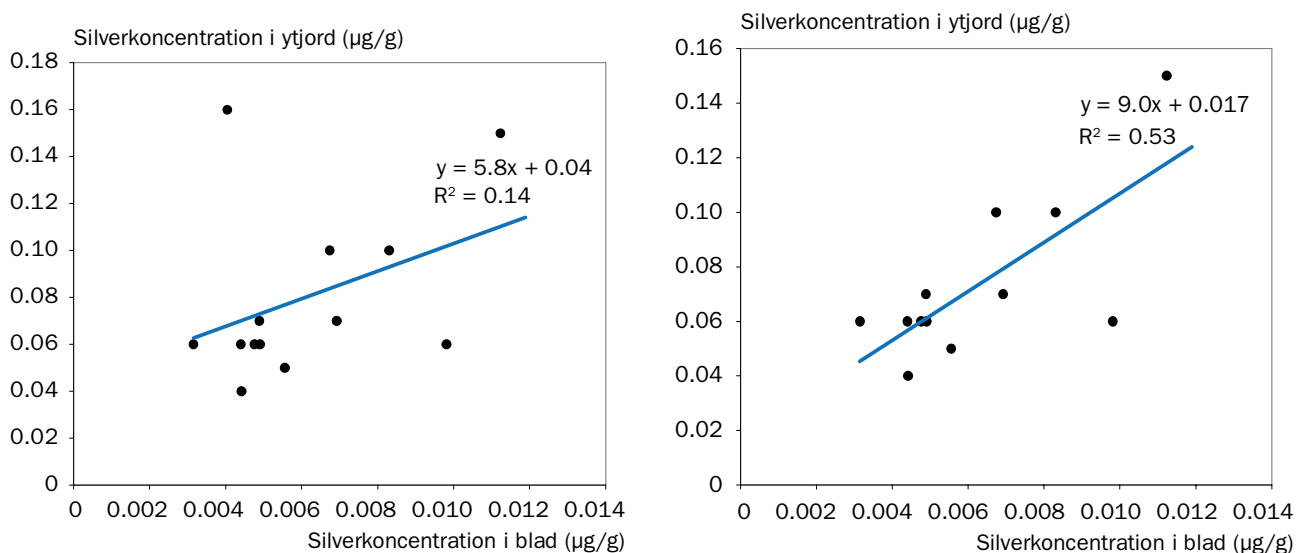
Tabell 4 Skillnader i silver koncentration i blad från olika träd arter som gjort rotinträningar i Malmö.

Art	Antalet individer	Silverhalt
Rosor	2	0,004a
Platan	4	0,004a
Rönn	2	0,005a
Poppel	2	0,005a
Körsbär	2	0,006a
Syren	2	0,006a
Salix	16	0,006a
Ask	2	0,009ab
Kastanj	4	0,010ab
Oxel	2	0,014b

4.5 Relationen mellan bladens silver och silver i jord

Då en korrelation gjordes mellan silverhalten i ytjord på provytor som låg i närheten av där träden växer fann vi inget samband. Endast 14 % av variationen i bladens silverinnehåll gick att förklara med jordens silverkoncentration (fig 3). Det finns dock avvikande prover som försämrar sambandet men det finns ingen klar orsak som gör att de kan uteslutas. Då analysen gjordes utan dessa avvikande värden går silverinnehållet att förklara till 53 % av ytjordens innehåll av silver.

Figur 4 Sambandet mellan silverkoncentrationen i blad från träd som växer utan kontakt med avlopp eller dagvatten i Malmö och silverkoncentrationen i ytjord från lokaler i Malmö som ligger i närheten av platsen där träden växer, samt då ett avvikande värde avlägsnats från analysen.



5 Diskussion

5.1 Avloppsledning och rotinträngningar

De träd som har gjort rotinträngningar i avloppsledningar har en högre halt silver i sina blad än de parade kontrollträd som inte haft rötterna i någon avloppsledning. Det finns inga tidigare studier som visat att urbana träd tagit upp silver från avloppet. Det betyder att träden har ett upptag som kan härröras till avloppet. Det är alltså något i avloppet som träden tar upp.

Denna skillnad i silverhalt, som beror på rotinträngningen, går att upptäcka eftersom undersökningen gjorts genom att jämföra träd av samma art som växer inom ett relativt begränsat område. För att denna metod ska kunna användas för att identifiera de träd som gjort rotinträngningar i avlopp måste antingen skillnaden i silverkoncentrationen vara så stor att den inte påverkas av trädets art eller jordens innehåll av silver eller så måste metoden alltid göras i en parad design.

Det finns ungefär 28 % mer silver i bladen från de träd som har rotinträngning i avloppet än de som inte har kontakt med avloppet. Detta är inte en liten skillnad, men den är inte heller väldigt stor. Det ska jämföras med att det finns ca 50 % mer silver i pil/vid och kastanj än i platan. Dessa siffror är dock ännu ganska osäkra eftersom provtagningen inte var designad för att jämföra silverinnehållet i olika trädarter, och det statistiska underlaget inte är tillräckligt stort för att resultaten ska vara säkra. Det skulle kanske vara möjligt att göra en standard som tar hänsyn till vilken art som man vill testa. Denna standard skulle då innehålla en sammanställning av silvernivåer i olika träd som indikerar om silverinnehållet i ett träd av denna art är förhöjt och därför en rotinträngning kan misstänkas.

De nivåer av silver som funnits i bladen från träden som gjort rotinträngningar i avloppen i Malmö är jämförbara med nivåer uppmätta i växter som vuxit i jord som gödslats med avloppsslam. Upptaget av silver vid odling av *Salix* på slam gödslad jord är 0,012–0,014 µg/g (Hasselgren 2008). I jorden som denna *salix* växte i fanns det 0,10 mg silver/kg torr jord i de översta 30 cm och 0,06 ner till 60 cm djup. I barrträd (*Picea abies* och *Abies sibirica*) som vuxit i skog har man hittat nivåer som är lägre än detta, dessa barr innehåller 0,01 µg/g torr vikt (Silkina och Vinokurova 2008).

Vid en första anblick ser det ut som om silverinnehållet i bladen från kontrollträden, de som inte gjort rotinträngning, inte är kopplat till silverhalten i jorden. Denna analys bygger dock på silverinnehållet på lokaler som ligger i närheten av träden som provtagits inte i direkt anslutning. Resultaten ska alltså tolkas med stor försiktighet. Det som med säkerhet går att säga är att det inte går att bortse från att jordens innehåll av silver påverkar koncentrationen i trädens blad. För att en metod för att identifiera träd som gjort rotinträngningar ska bli säker borde även jorden trädets står i tas med i beräkningen.

Frågan då blir hur säker behöver man vara för att kunna ta beslutet att ta bort ett träd? Det blir en generell bedömning av trädets position, silverhalten i bladen och silverhalten i jorden. Det finns data på silverinnehållet

i jord från ett antal städer i Sverige som gjorts av Sveriges geologiska undersökning (SGU) vilken kan användas som underlag vid bedömningen.

Medianvärdet på silverhalten i ytjorden i Malmö är ca 0,075 mg/kg men varierar från ca 0,04 till 0,17 mg/kg jord, med extremvärden på 0,33 och 0,56 mg/kg jord (Andersson och Landenberger 2009). Ytjorden på vissa ställen i Malmö innehåller mer silver än jorden i rurala områden runt Malmö (Andersson och Landenberger 2010). Medianvärdet skiljer sig inte åt men variationen i silverinnehållet i den urbana miljön är större än i den rurala. Silverinnehållet i ytjorden i Malmö är på samma nivå som i Helsingborg medan silverhalten är något högre i Lund (icke säkerställda skillnader).

5.2 Dagvattenledningar och rotinträngningar

Det gick inte att hitta en indikator för om träden gjort rotinträngning i dagvattenledningar även om det fanns en svag tendens för att de träd som gjort rotinträngningar hade högre blyhalt i bladen. Detta kan bero på att det har varit mer än ett träd som gått in i ledningen. Då ledningarna filmas kan ibland stora rotinträngningar registreras bara vid en punkt och då kan det vara så att det träd som valts som kontrollträd även det hade gjort en rotinträngning. Det kan ta längre tid innan en rotinträngning i dagvattnet uppmärksammas och rören kan vara helt ogenomträngliga. Det gör att positionen på rotinträngningar i dagvatten är mycket mer osäker än positionen på rotinträngningar i avlopp. Skadorna och läckaget kan också ha hunnit bli mycket mer omfattande i dagvatten ledningar än i avloppet. Detta styrks av att både kontrollträd och träd med rotinträngning i dagvattnet har högre halter av kalium, kadmium och zink än kontrollträd och träd med rotinträngning som provtagits i anslutning till avloppen.

Det kan också vara så att de indikatorämnen som var aktuella för identifikationen av rotinträngningar i dagvattenledningar kan överföras mellan träden antingen via rötterna eller mycorrhiza eller via läckage via bladen. Vid en jämförelse av träd som står i hårdgjord yta med dem som står i icke hårdgjord yta gick inga skillnader att detektera. Även i detta fall var dock underlaget för litet för att detta resultat ska vara säkert.

6 Slutsats

Går det att använda silverupptaget och silver koncentrationen i trädens blad för att avgöra om ett träd har gjort en rotinträngning i avloppsledningar? Det ser ut som om detta är en metod som skulle kunna användas i praktiken men det behövs mer data om silverinnehållet i bladen från olika träddarter. Alternativt skulle man kunna använda den metod som tillämpats här och ta prov på ett träd som troligen inte har gjort en rotinträngning och jämföra med det misstänkta trädet.

7 Referenser

- Akbari H, Konopacki S (2004) Energy effects of heat-island reduction strategies in Toronto, Canada. *Energy* 29 (online): 191–210
- Andersson M, Ladenberger A (2010) Geokemiska Kartan Markgeokemi – Skåne och tätorterna Malmö, Lund och Helsingborg. Sveriges geologiska undersökning, Uppsala
- Anon (1983) Metaller i skogsmark – deposition och omsättning. 1983. Stockholm
- Anon (1987) Tungmetaller – förekomst och omsättning i naturen Monitor 1987. Stockholm
- Archer JR, Smith PD (1972) The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. vol 23.
- Bennerseid C, Stutzel T, Streichenbach M, Schmiedener H Unterirdische Infrastruktur – Bauteile, Bauverfahren and Schäden durch Wurzeln. In: Dujesiefken D (ed) Deutsche Baumpflegetage 2009, Augsburg, 2009. Haymarket Media GmbH & Co. KG, pp 23–32
- Bennett ME (1904) Are roots aerotropic? *Bot Gaz* 37:0241–0259
- Björk J, Albin M, Grahn P, Jacobsson H, Ardo J, Wadbro J, Ostergren PO, Skarback E (2008) Recreational values of the natural environment in relation to neighbourhood satisfaction, physical activity, obesity and wellbeing. *J Epidemiol Community Health* 62 (4):7.
- Burghardt W (1994) Soils in urban and industrial environments. *Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde* 157 (3):205–214
- Bäckman H (2007) Tree root intrusion – an increasing maintenance problem in sewer systems. <http://www.ikt.de/taup2007>. <http://www.ikt.de/taup2007>.
- Ek KH, Morrison GM, Rauch S (2004) Environmental routes for platinum group elements to biological materials – a review. *Science of the Total Environment* 334–335: 21–38
- Falik O, Reides P, Gersani M, Novoplansky A (2005) Root navigation by self inhibition. *Plant Cell and Environment* 28 (4): 562–569
- Hasselgren K (2008) Omsättning av metaller i Salixodling gödslad med slamkompost. Rapport Nr 2008-05. Svensktvatten, Stockholm
- Hinsinger P, Courchesne F (2007) Biochemistry of metals and metalloids at the soil-root interface. In: Violante A, Huang P, Gadd G (eds) Biophysico-chemical processes of heavy metals and metalloids in soil environments. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, pp 267–312
- Jim CY (1993) Soil compaction as a constraint to tree growth in tropical and subtropical urban habitats. *Environmental Conservation* 20 (1):35–49

- Jones D (1998) Organic acids in the rhizosphere – a critical review. *Plant and Soil* 205: 25–44
- Kozłowski TT (1999) Soil compaction and growth of woody plants. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14 (6): 596–619
- Krizkova S, Ryant P, Krystofova O, Adam V, Galiova M, Beklova M, Babula P, Kaiser J, Novotny K, Novotny J, Liska M, Malina R, Zehnalek J, Hubalek J, Havel L, Kizek R (2008) Multi-instrumental analysis of tissues of sunflower plants treated with Silver(I) ions. *Plants as Bioindicators of Environmental Pollution*. vol 8.
- Lu JP, Burn LS, Whittle AJ (2000) Elastomeric joint performance of PVC, VC, and FRC Pipes. vol 40.
- Marschner H (1995) Rhizosphere pH effects on phosphorus nutrition. Genetic manipulation of crop plants to enhance nutrient management in cropping systems – 1 Phosphorus: Proceedings of an FAO/ICRISAT expert consultancy workshop: 107–115
- Orvesten A, Kristoffersson A, Stål Ö (2003) Trädrötter och ledningar – goda exempel på lösningar och samverkansformer. VA-forsk rapport 31.
- Paul E (2007) *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Elsevier Science & Technology, London
- Pavao-Zuckerman MA (2008) The nature of urban soils and their role in ecological restoration in cities. *Restoration Ecology* 16 (4): 642–649.
- Pohls O, Bailey, N.G. and May, P.B. (2004) Study of root invasion of sewer pipes and potential ameliorative techniques. *Acta Hort* 643: 113–121
- Randrup T (2000) Occurrence of tree roots in Danish municipal sewer systems. *Arboricultural Journal* 24: 283–306
- Ratte HT (1999) Bioaccumulation and toxicity of silver compounds: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18 (1): 89–108
- Ridgers D, Rolf K, Stål Ö (2006) Management and planning solutions to lack of resistance to root penetration by modern PVC and concrete pipes. *Arboric Joournal* 29: 269–290
- Schleuß U, Wu Q, Blume H-P (1998) Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany. *CATENA* 33 (3–4): 255–270
- Silkina O, Vinokurova R (2009) Seasonal Dynamics of chlorophyll and microelement content in developing conifer needles of *Abies sibirica* and *Picea abies*. *Russian journal of plant physiology* 56 (6): 780–786
- Singh RP, Agrawal M (2008) Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management* 28 (2): 347–358
- Stepniewski W, Pezeshki SR, DeLaune RD, Patrick J, W. H. (1991) Root studies under variable redox potential in soil or soil suspensions using laboratory rhizotrons. *Vegetatio* 94 (1): 47–55

Stone E, Kalisz P (1991) On the maximum extension of tree roots. *Forest Ecology and Management* 46: 59–102

Streichenbach M, Bennerscheidt C, Stutzel T Durch Wurzeln verursachten Schäden an Rohrleitungen und vergleichbaren Bauwerken. In: Dujesiefken D (ed) *Deutsche Baumpflegetage 2009*, Augsburg, 2009. Deutsche Baumpflegetage,

Stål Ö, Rolf K, Ridgers D (2005) Trädrötter och ledningar – nya rön om rotinträngning i moderna VA-ledningar. VA-forsk rapport 2005-11.

Swaileh K, Hussein R, Abu-Eljah S (2004) Assessment of heavy metal contamination in roadside surface soil and vegetation from the West-Bank. *Archives of environmental contamination and toxicology* 47: 23–30

Svensson M, Eliasson I (1997) Grönstrukturens betydelse för stadens ventilation – Vegetationens renande förmåga – en litteratursammanställning. Rapport. Stockholm

Whittle A (2003) The resistance of elastomeric seal pipe joints to tree root penetration. PVC technical information. Plastic Industry Pipe Association of Australia Limited, Sydney

Östberg J, Ståhl Ö, Martinsson M, Fransson A (2010) Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar – utvecklande av beslutsstöd. Svenskt Vatten, Stockholm



Box 47607, 117 94 Stockholm

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se