

Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar

– utveckling av beslutsstöd

Johan Östberg
Örjan Stål
Max Martinsson
Ann-Mari Fransson



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. 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
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

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

Anders Lago, ordförande	Södertälje Kommun
Olof Bergstedt	Göteborg Vatten
Lena Söderberg	Svenskt Vatten AB
Per Fåhraeus	Varbergs Kommun
Carina Färm	Eskilstuna Energi & Miljö AB
Daniel Hellström	Svenskt Vatten AB
Marie Nordkvist Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Mats Rostö	Gästrik Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand	Norsk Vann, adjungerad

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas 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:	Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar – utveckling av beslutsstöd
Title of the report:	Prevention of root intrusion in sewage pipes – development of decision support
Rapportnummer:	2010-04
Författare:	Johan Östberg, Örjan Stål, SLU Alnarp; Max Martinsson, Serenity HB; Ann-Mari Fransson, SLU Alnarp
Projektnummer:	26-105
Projektets namn:	Förebyggande av rotinväxning i VA-ledningar – utveckling av beslutsstöd
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, Partnerskap Alnarp, Stiftelsen J. Gust. Richert stiftelse (SWEKO), Puls AB, Tekis AB, Inpipe, Per Aarslev, NCC-Ledningsrenovering, Malmö stad, Katrineholm, Skövde och Växjö
Rapportens omfattning	
Sidantal:	50
Format:	A4
Sökord:	Avloppsledningar, dagvattenledningar, trädrötter, rotinträngningar
Keywords:	Sewer pipes, stormwater pipes, tree roots, root intrusion
Sammandrag:	Målsättningen med denna undersökning har varit att kartlägga de faktorer som kan tänkas påverka hur rotinträngningar uppstår i moderna avloppsledningar. Dessa fakta har sedan legat till grund för analyser och bedömningar.
Abstract:	The aim of this study was to identify factors that might affect how root intrusions occur in modern sewers. Based on these factors different analyses have been made.
Målgrupper:	Stadsplanerare, VA-tekniker, landskapsarkitekter, landskapsingenjörer
Omslagsbild:	Bild tagen på en förskola i Malmö. Fotograf: Johan Östberg, SLU Alnarp
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svenskvatten.se
Utgivningsår:	2010
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Frågor kring rotinträngning i avloppsledningar har studerats vid SLU sedan mitten av 1990-talet. Denna rapport presenterar resultatet från undersökningar av nyare avloppsledningar med gummiringspackningar i Malmö, Skövde, Katrineholm och Växjö.

Den undersökning som ligger till grund för rapporten har gjorts i samarbete med Svenskt Vatten Utveckling (tidigare VA-Forsk), Partnerskap Alnarp, Stiftelsen J. Gust. Richert stiftelse (SWECO), Puls AB, Tekis AB, Inpipe, Per Aarslev, NCC-Ledningsrenovering, Malmö stad, Katrineholm, Skövde och Växjö.

Rapporten har fokuserat på vilka parametrar som är av större betydelse för om och när en rotinträngning inträffar. Målsättningen med rapporten är att stärka kunskapsläget inom ämnesområdet rotinträngningar i avloppsledningar och på så sätt kunna ge bättre förutsättningar för drift och underhållsplanering samt förebyggande åtgärder när det gäller intressekonflikter mellan träd och avloppsledningar.

En tanke ska ges till framlidne Peter Stahre som var initiativtagare till detta projekt samt att forskning startades inom ämnesområdet för snart 20 år sedan. Bengt Mattsson och Ewa Kjellman vid Puls AB, samt Arne Mattsson vid Gatukontoret Malmö stad förtjänar ett extra stort tack efter att ha bidragit med både praktisk och teoretisk kunskap. Ett stort tack riktas även till de kloka personer på de kommuner där forskningen bedrivits samt till de ovan nämnda företagen. Utan ert stöd hade forskningen inte kunnat genomföras. Sist men inte minst vill jag ge ett hjärtligt tack till Johan Östberg som slitit hårt med såväl trädinventering som samställning av data. Han har författat denna rapport och undertecknad har bidragit med strategin för projektet, samt tankar och idéer under arbetets inledningsfas och slutskede.

Till sist kan jag efter 20 års arbete med rötter och ledningar konstatera följande:

I dag finns kunskap att kunna skicka människor till månen och att kunna skicka sms men fortfarande vet man inte hur man ska bete sig för att kunna utestänga trädrötter från avloppsledningar!

Alnarp 2009-11-24

Örjan Stål

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary.....	8
1 Inledning.....	9
1.1 Disposition.....	9
2 Bakgrund.....	10
2.1 Träden och buskarna	11
2.2 VA-ledningarna	12
2.3 Kraven på ledningarnas tryck.....	14
2.4 Teorier kring uppkomsten av rotinträngningar	14
3 Metod	17
3.1 Definitioner och avgränsningar	17
3.2 Valet av städer.....	17
3.3 Träd- och buskinventering	18
3.4 Ledningsinformation.....	19
3.5 Korrigering av grunddata.....	20
4 Resultat och diskussion	22
4.1 Kontroll av filmprotokollen.....	22
4.2 Fördelning av ledningar och rotinträngningar	24
4.3 Ledningsmaterial	25
4.4 Dag- och spillvattenledningar	26
4.5 Ledningsdjup	27
4.6 Ledningsdimension.....	28
4.7 Trädart och avstånd	30
5 Växjö	36
5.1 Metod	36
5.2 Resultat	36
6 Syntes	38
6.1 Träden och buskarna	38
6.2 Växtplatsen	39
6.3 Ledningarna	39
7 Slutsats.....	41
7.1 Metoddiskussion.....	42
7.2 Framtida forskning	42
Litteraturförteckning	43
Bilagor	45

Sammanfattning

År 2007 genomfördes en stor datainsamling av ledningsinformation och ledningsfilmningar, totalt 1 113 ledningssträckor med sammanlagt 3 417 rotinträngningar, fördelade på de tre städerna Malmö, Skövde och Katrineholm. Under 2008 kompletterades datainsamlingen med en inventering av totalt 4 590 träd samt kompletterande filmningar i ytterligare en stad, Växjö. Ytterligare 74 778 inventerade och 23 312 inmätta träd har även erhållits från de deltagande städernas databaser. Dessa träd har dock funnit utsprida runt om i städerna. Totalt ger detta en databas med 102 680 inventerade och inmätta träd.

Med hjälp av den insamlade data har undersökningar kunnat göras som visar att PVC-ledningar har färre rotinträngningar än betong när det gäller inträngningar genom skarvarna. Däremot har PVC-ledningar mer rotinträngningar per meter ledning. Detta beror troligen på att rötterna kommer in genom serviser och i materialmötet mellan PVC och andra material. Orsaken till att PVC har färre rotinträngningar i skarvar än betongrör kan även vara att skarvtätheten är betydligt lägre hos PVC-ledningar än betongledningar. En lägre skarvtäthet minskar sannolikheten för rotinträngningar i skarvar. Det går med utgångspunkt av detta idag inte att fastslå att PVC skulle vara ett bättre eller sämre material på att stå emot rotinträngningar än betong.

Vi ser indikationer som tyder på att en stor del av rotinträngningarna, upp mot 40–50 %, skulle kunna åtgärdas om mängden fel kunde reduceras och om anslutningarna kunde göras på ett sätt som motverkade rotinträngningar. Dessa indikationer påvisar att rötter även i framtiden kommer att vara ett allvarligt driftsproblem, trots användandet av ledningar med hög tätningsförmåga i skarvarna eller skarvfria ledningar. Rotinträngningar i renoverade ledningar kan ha uppstått vid brunns- eller vid servisanslutningar. Undersökningen visade vidare att ledningar som renoverats med infodringsmetod fått problem med rotinträngningar en relativt kort tid efter att ledningen åtgärdats mot rotinträngning. Fokus bör riktas mot att förstärka tätningsförmågan utmed hela ledningssträckan istället för på enskilda rördelar för att i framtiden komma tillrätta med rotinträngningsproblematiken.

Undersökningen har även visat att det avstånd på minst tre meter för att minska risken för rotinträngningar som tidigare har rekommenderats är för litet. För att få en ökad säkerhet mot rotinträngningar bör avståndet mellan träd och ledning vara minst sju meter. Detta kommer att skapa utmaningar för projektörerna, men det är av viktigt om det i framtiden ska gå att minska antalet rotinträngningar. Det ser från våra resultat ut som om antalet rotinträngningar som sker är lika många på nyare ledningar som på äldre. Men mer forskning behövs för att detta resultat ska kunna betraktas som säkerställt.

Det har tidigare förekommit rekommendationer om vilka arter som har ansetts som mer eller mindre benägna att ge upphov till rotinträngningar. Genom detta projekt har en lista på samtliga arter där det med stor sannolikhet har fastslagits vilken art som har gett upphov

till rotinträngningen kunnat göras. I denna lista förekommer såväl pil/
vide, poppel/asp som rosor och tujor. Det är därmed tydligt att även
vissa buskar ger upphov till rotinträngningar. De arter som är frekvent
förekommande vid rotinträngningar är inte heller bara de förut angivna,
utan det ser även ut som om de arter som förekommer frekvent runt
rotinträngningar är olika i de olika städerna. Med bakgrund av dessa
resultat bör de tidigare sammanställningarna tas med viss försiktighet.

Summary

In 2007 data regarding sewage pipes and CCTV-inspections of the sewage pipe interior, a total of 1 113 sewage pipes with 3 417 root intrusions, was collected from the three cities; Malmö, Skövde and Katrineholm. In 2008 additional data was collected consisting of an inventory of 4 590 trees in Malmö Skövde and Katrineholm, and CCTV inspections in another city, Växjö. Another 74 778 trees were inventoried and 23 312 trees registered from the participating cities' databases. These trees were geographically distributed throughout the cities. Overall this constitutes a database of 102 680 trees.

By using the collected data, analysis showed that PVC-pipes have less root intrusions penetrating through the joints than pipes made of other materials. However, PVC-pipes have more root intrusions per meter pipe. This is probably due to roots entering the pipes through service connections and at the transition between PVC and other materials. The reason why PVC has less root intrusions that have penetrated through the joints compared to concrete pipes can also be affected by the joint frequency which is significantly lower in the PVC pipes. By this comparison it is not concluded that PVC is better or worse to resist root intrusions than concrete.

We can see indications that a large share of the root intrusions might be avoided if fewer damages were present on the pipes and if the connections were made in a more root-resistant manner. These indications demonstrate that root intrusions even in the future will be a serious operational problem, despite the use of pipes with high sealing ability of the joints or the jointless pipes. The survey also showed that renovated pipes have problems with root intrusions a relatively short time after the renovation from root intrusions. Root intrusions into renovated pipes may have occurred at the manholes or at the service connections. To overcome the problem with root intrusions future research must be directed to enhance the sealing capacity along the whole pipeline, rather than on individual sealings.

The investigation has shown that the minimum distance of three meters that was previously recommended in order to reduce the risk of root intrusion is insufficient. We can see a high number of trees at a distance between 3 to 7 meters from the root intrusions, and we suggest that the distance be increased to 7 meters. This will create challenges for the landscapers, but it is of great importance if to reduce the number root intrusions in the future.

The species that have been regarded as more or less likely to give rise to root intrusions has previously been listed. This project provides a new such list. In this list both willow, poplar/aspens, roses and thuja occurs. It is thereby clear that even shrubs can cause root intrusions. The species that occur with a higher frequency close to root intrusions are also interestingly not only willow, poplar/aspens. In addition it seems that the species that are frequent surrounding root intrusions are not the same in the cities investigated. In light of these results, previous recommendations must be taken with some caution.

1 Inledning

Det övergripande syftet med undersökningarna var att utveckla verktyg för en bedömning av vilken risk det finns för framtida rotinträngningar i en given situation, vilket medför stora ekonomiska besparingar och ökad driftssäkerhet hos VA-ledningar. Projektet hade två delmål, dels att sammanställa nyckeltal som gör det möjligt att bedöma risker för framtida rotinväxning, och dels att formulera förslag till analysverktyg för att göra prognoser för framtida rotinväxning

Problemen med rotinträngning i VA-ledningar har bland annat belysts i ett forskningsarbete som startades 1992 vid Institutionen för lantbruksteknik, SLU Alnarp (numera Område Landskapsutveckling). Inom ramen för detta arbete anlades en försöksanläggning för utvärdering av trädens rotinväxning under olika omständigheter på SLU i Alnarp våren 1993. Studier från försöksanläggningen i Alnarp som utvärderades 2004, samt liknande undersökningar i Tyskland och Australien, har visat rotinträngningar i moderna ledningar av såväl betong- som plastmaterial (Ridgers, Rolf, & Stål, 2006). Problemens omfattning har betonats vid konferensen *Stadsträd och teknisk infrastruktur på kollisionskurs – uthållighet genom samverkan* som genomfördes i Stockholm den 13 oktober 2005. Konferensen följdes sedan upp i Gelsenkirchen (Düsseldorf) 23–24 april 2007 med konferensen *TAUP 2007 – International Symposium "Trees and Underground Pipes"*. Vidare hölls även konferensen *Träd, VA-nät och dagvatten – problem och möjligheter* den 8–9 april i Malmö 2008, vilken var ett samarrangemang mellan Svenskt Vatten och Svenska Trädföreningen.

Data som ingår i detta projekt är hämtade från fyra olika städer, Malmö, Skövde, Katrineholm och Växjö, vilka alla har haft ett stort intresse för problematiken med rotinträngningar i VA-ledningar. Utan dessa städer skulle projektet inte kunnat genomföras.

1.1 Disposition

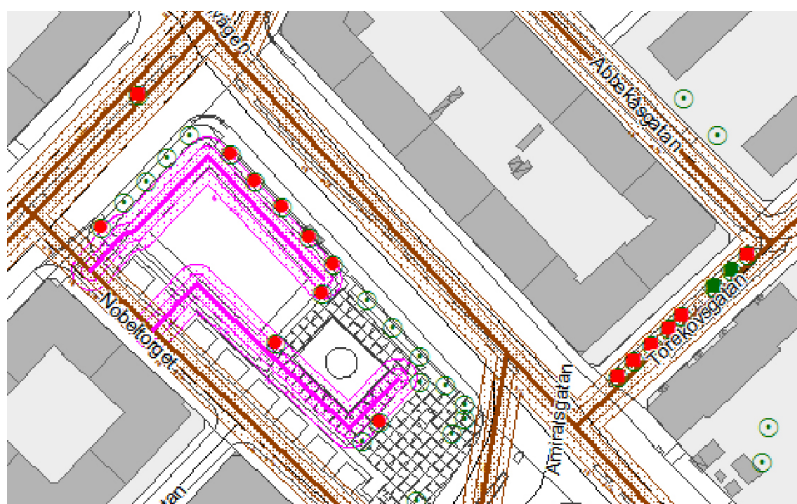
Rapporten inleds med kapitlet Bakgrund där olika teorier kring rotinträngningar i VA-ledningar presenteras. Bakgrundskapitlet följs av ett metodkapitel och efter detta kommer resultat- och diskussionskapitlet. I resultatkapitlet presenteras Växjö sist eftersom Växjös data har erhållits och behandlats på ett annat sätt än de övriga städerna. Rapporten avslutas sedan med syntes- och analyskapitel. Som bilaga 1 finns utökad källhänvisning, som bilaga 2 en utförlig artlista, bilaga 3 och 4 innehåller utförligare information om de grunddata som undersökningen är baserad på.

2 Bakgrund

Enligt en enkätundersökning genomförd av Stål (1996) finns problemet med rotinträngningar i VA-ledningar i nästan samtliga kommuner i Sverige (totalt 95 %). En liknande undersökning beskrivs i Ahrens, Leonard, & Townley (1970), vilka refererar till en undersökning som genomfördes 1967 där 225 samhällen varav 97 % hade problem med rotinträngningar. År 1999 gjordes en undersökning i Storbritannien där TV-filmningar studerades. Genom denna undersökning kunde det konstateras att 12,5 % av ledningar i lerjordar och 15,1 % av ledningar i sandjordar hade problem med rotinträngningar. I nästan samtliga fall hade rötterna vuxit in genom skarvarna. Den genomsnittliga åldern på ledningarna var cirka 80 år med ett spann från 0 till 120 år (Ridgers et al. 2006). Enligt ytterligare en undersökning svarade 97 % av 176 städer i Danmark som deltog i undersökningen att de hade rotinträngningar i sitt VA-nät (Randrup, 2000).

I bland annat USA används vanligtvis inte mekanisk bekämpning såsom rotskärning, istället används herbicider för att åtgärda rotinträngningar i VA-ledningar. Att använda kemikalier anses som ett effektivt sätt att bekämpa rottillväxten och anses inte skada träden i någon stor omfattning (Groninger, Zedaker, & Seiler, 1997). I Australien används herbicider i packningarna för att på detta sätt hindra rötterna från att växa in i ledningen (Burn, Lu, & Whittle, 2000). Det bör dock påpekas att de framtida konsekvenserna av att använda kemikalier är svåra att veta. Det finns alltid en risk för läckage till grundvatten och vattendrag. Skulle ett förbud komma mot detta sätt att arbeta finns det en risk att även dessa länder kan få stora problem med att begränsa rotinträngningarna.

I dagens städer är det mycket svårt att hitta platser där träd kan växa utan att riskera att hamna i en konfliktsituation med VA-ledningar. För att illustrera denna problematik visas figur 2-1 från Malmö stads databas. Varje röd prick är ett träd som står inom tio meter från en ledning, och de gröna prickarna är träd som står utanför denna gräns.



Figur 2-1

Exempel från ett kvarter i Malmö där ledningar och träd finns markerade i en MapInfo-karta för att illustrera den konfliktsituation som finns i många städer. Ledningarna är brunmarkerade och träden med röda eller gröna ringar. De rödmarkerade träden är inom tio meter från ledningen och därmed potentiella rotinträngningsträd.

2.1 Träden och buskarna

Träden och buskarnas rötter och VA-systemen måste samsas om det knappa utrymme som stadsmiljön erbjuder under markytan, vilket idag orsakar kostsamma konflikter. Ett träd kräver samma förutsättningar för att kunna leva, oberoende om det växer i naturmark eller gatumiljö. Det innebär att trädens rötter måste få de förutsättningar som krävs för de ska kunna tillgodose trädets behov av vatten och näring. Tyvärr glöms detta ofta bort vid plantering av träd i urban miljö och mängden jord som rötterna får växa i blir för litet.

Träd delas generellt in i två olika grupper, pionjär- och sekundärarter. Nedan följer en förklaring till dessa båda grupper och varför de kan vara viktiga att känna till i diskussionen kring rotinträngningar i VA-ledningar.

2.1.1 Pionjärarter

Pionjärarter är arter som i ett tidigt skede etableras efter det att gammal vegetation har tagits bort eller ny mark har anlagts. Pionjärarter är oftast snabbväxande, har en kort livslängd och ett snabbväxande rot-system med hög rotenergi. De klarar ofta dåliga markförhållanden bra, som exempelvis mark med låg humus- och näringshalt (Orvesten, Kristoffersson & Stål, 2003). Ofta hävdas att det är speciellt pil och poppel som oftast ger upphov till rotinträngningar (Ridgers et al. 2006), vilka båda är pionjärarter.

2.1.2 Sekundärarter

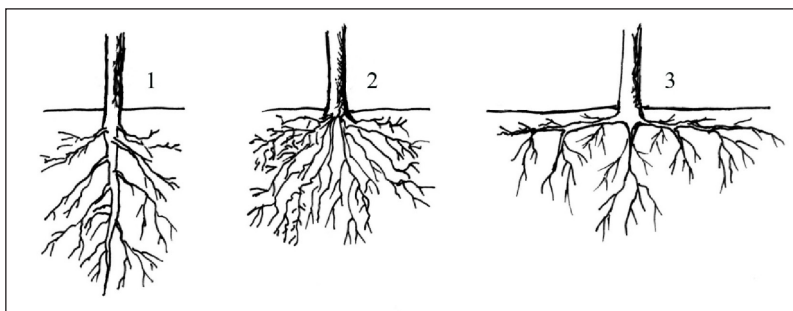
Sekundärträd är arter som etableras när det redan finns en befintlig vegetation. De konkurrerar i naturen med tiden ut pionjärarterna och bildar stabila bestånd. Sekundärarter är ofta långsamväxande, anpassade för hög konkurrens och har högre krav på markförhållandena. Det är därför sekundärarter kan ha problem att etablera sig på mark där pionjärarter har kunnat växa utan större problem, exempelvis kompakterad mark (Orvesten et al. 2003).

2.1.3 Trädartens betydelse

Alla trädarter kan ge upphov till rotinträngningar, frågan är snarare hur omfattande rotinträngningen blir och hur snabbt denna inträffar (Ridgers et al. 2005). Olika trädarters potential och risk för att ge upphov till rotinträngningar i VA-ledningar är något som har diskuterats intensivt (Orvesten et al. 2003; Stål, 1992; Randrup; 2000; Streckenbach & Stützel, 2009; och Pohls, Bailey, & May, 2004). Många av dessa rapporter pekar på att det främst är träd som får stor bladmassa, har stort vattenbehov och hög tillväxthastighet som ger upphov till rotinträngningar i VA-ledningar. Detta ger i förlängningen en indikation av att pionjärarter bör undvikas. De trädarter som anses ha störst potential till rotinträngning i VA-ledningar är enligt Randrup (2000) pil/sälg, björk och poppel/asp. Gällande pil/sälg och poppel/asp instämmer även Ridgers et al. (2006), emellertid anser de inte att björk är bland de vanligaste. Även detta stämmer väl överrens med tanken att det är pionjärträd som bör undvikas.

2.1.4 Olika typer av rotsystem

Stål (1992) skriver att en vanligt förekommande uppfattning är att det finns tre olika typer av rotsystem: Pål-, hjärt- och sänkrötter (figur 2-2). Ett pålrotsystem består av en rot som växer lodrätt ner från stammen och mindre rötter som utgår från denna. Hjärtrotsystem har en kompakt rotmassa som varken går djupt eller sprids horisontellt. Sänkrötsystemet består av ett fåtal horisontella rötter som sedan har lodräta sänken.



Figur 2-2 Skiss på de olika rotsystemen: Pålrot (1). Hjärtrot (2). Sänkröt (3) (Illustration Hanna Fors).

Enligt Streckenbach & Stützel (2009) är detta sätt att dela upp rot-tillväxten i olika typer något som inte kan anses realistiskt i den urbana miljön eftersom denna skiljer sig mot den naturliga växtmiljön. Hjärt-, sänk och pålrötter kan finnas i trädens ungdom (juvenila skede) men allteftersom rotsystemet växer fungerar inte denna enkla kategorisering (Orvesten et al. 2003).

2.1.5 Rötters potential till rottryck

Trädrötters högsta tryckpotential är det tryck som uppstår när roten väl har vuxit in ett hålrum och sedan expanderar radiellt. Rötterna kan därmed inte växa i jord där det inte från början finns hålrum eller gångar, det är därför rötter har svårt att växa i kompakterade jordar.

Redan 1893 uppmätte Pfeffer ett axiellt rotspettstryck på 25 bar (2,5 MPa) hos ett majsfrö (*Zea mais*), sedan har olika försök gjorts för att få reda på rötternas maximala rottryck. Bennerscheidt, Stützel, Streckenbach & Schmiedener (2009) uppmätte ett högsta radiella tryck på 11,9 bar (1,19 MPa) hos en ek (*Quercus robur*). Försöket genomfördes med hjälp av tryckkänslig film som registrerade rottillväxten som skedde under en belastad platta. Resultaten bör jämföras med skarvtrycket som är högst 5,5 bar eller 0,55 MPa (kapitel 2.3 Kraven på ledningarnas tryck).

2.2 VA-ledningarna

Fram till på 1960-talet utfördes fogtätningen på avloppsledningar med tjärat garn och cement, men på 1960- och 70 talen förändrades detta till mer elastiska fogtätningar. Dessa tillverkades i början av naturgummi men eftersom det rädde osäkerhet om naturgummits varaktighet

byttes dessa senare med artificiellt gummi med en utformning som gjorde det lättare att foga ihop rören på plats. Utformningen av dessa gjordes som glid- eller läpptyp. Under hela tättningsproblematikens utvecklingsperiod, var de dominerande kriterierna:

- Det skulle vara enkelt att applicera fogen eller sätta ihop rören på arbetsplatsen.
- Täta mot utläckage.
- Biologisk/kemisk beständighet.

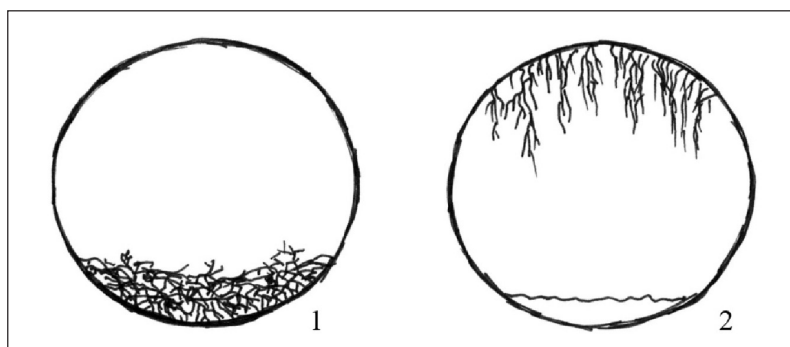
2.2.1 Olika typer av VA-ledningar och ledningsmaterial

Avloppssystemet är sammanfogat av en mängd delar. Det är i systemets skarvar, serviser och defekter som de mest rotinträngningskänsliga punkterna uppstår. Det finns idag inga hela avloppssystem som är garanterat helt tättslutande. Trädrötter har förmåga att tränga in i alla typer av rörledningsskarvar som finns på marknaden idag (Stål 1995 genom Ridgers et al. 2005). Helsvetsade avloppsledningar håller trädrötterna utanför själva ledningssträckan, men i skarvar mot till exempel brunnar kan trädrötter ändå ge upphov till rotinträngning (Orvesten et al. 2003).

Olika typer av ledningsmaterial skiljer sig åt när det gäller möjligheten att stå emot rotinträngningar. Det finns en utbredd uppfattning att ledningar av betong är sämre på att stå emot rotinträngningar än ledningar av plastmaterial (Burn et al. 2000).

Det finns skillnader i hur rötterna växer in i dag- och spillvattenledningar (Ridgers et al. 2005). Enligt både Randrup (2000) och Orvesten et al. (2003) är spillvattenledningar särskilt attraktiva för rötterna. Spillvattenledningar får ofta ett hängande draperi av rötter inne i ledningen som har ett ständigt flöde av näringsrikt vatten (se figur 2-3). Orsaken till att rötterna oftast tränger in i hjässan på spill- och kombinerade ledningar kan ha att göra med att läckande avloppsvatten bildar en anaerob zon under och vid sidan om ledningen, vilket gör att rötterna inte kan växa. Detta fenomen kan även ses där grundvattnet stiger upp över ledningshjässan. (Ridgers et al. 2005).

Dagvattenledningar har ett ojämnt vattenflöde och kan vara torra under perioder med lite nederbörd. Trädrötter tränger oftast in i botten av dagvattenledningar där fuktförhållandena troligen är bäst för rötterna (figur 2-3, Orvesten et al. 2003).



Figur 2-3 Illustration av rötter i dag- och spillvattenledningar. Dagvattenledning (1). Spillvattenledning (2) (Illustration Hanna Fors).

En observation som gjorts av Ridgers et al. (2006) vid ett försök där *Populus canadensis* "Robusta" planterades ovanför perfekt lagda PVC- och betongledningarna är att rötterna behöver både luft och vatten för att trivas i ledningarna. När det blev mycket luft, såsom nära brunnar, fanns det tecken på att rötterna torkade ut. Om det blir mycket vatten i ledningarna är det å andra sidan risk att syrehalten minskar och rötterna dör.

2.3 Kraven på ledningarnas tryck

Det finns olika standarder vad gäller det tryck som olika packningar ska klara av. I många fall är dessa standarder helt baserade på det tryck som kommer inifrån ledningen, vilket därmed inte tar hänsyn till bland annat rotinträngningar där trycket kommer utifrån. Ridgers et al. (2005) har sammanställt några olika typer av standarder vad gäller ledningstryck (tabell 2-1).

Tabell 2-1 Kontakttryck och kontaktbredder från några internationella standarder (Ridgers et al., 2005, s. 13).

Standard	Initialt kontakttryck (Bar)	50-årsvärde på kontakttryck (MPa)	Minimum kontaktbredd (mm)
AS 1260:1984 Australian Standard (Unplasticized PVC)	5,5 (0,55 MPa)	3,5 (0,35 MPa)	7
NZS 7649 New Zealand Standard (Unplasticized PVC)	4 (0,4 MPa)	-	4
AS 1260:1966 Australian Standard (Unplasticized PVC)	4 (0,4 MPa)	-	4
AS 1741 Australian Standard (vitrified clay pipes)	5,5 (0,55 MPa)	3,5 (0,35 MPa)	7
ASTM C425 American Society for Testing and Materials	2,1 (0,21 MPa)	-	-
EN 1916 European Standard (Concrete pipes)	1,5 (0,15 MPa)	-	5

2.4 Teorier kring uppkomsten av rotinträngningar

Det finns ett flertal teorier kring vad som gör att rötter penetrerar VA-ledningarna. En av dessa är att det kan finnas en anledning till att trädet ger upphov till en rotinträngning och en helt annan som gör att rötterna utvecklas till ett problem inne i ledningen. Om miljön inne i VA-ledningarna inte hade erbjudit rötterna något som de behövde hade rottillväxten avstannat när de väl penetrerat ledningen.

2.4.1 Hur hittar rötterna ledningarna

Stål (1992) skriver om rörgravens betydelse för uppkomsten av rotinträngningar, detta har även beskrivits som en viktig parameter av Streckenbach & Stützel (2009) och Bosseler, Stützel & Bennerscheidt (2008). Återfyllnaden av rörgravarna innebär ofta att micro- och macroporer bildas där rötterna kan växa. Därför utvecklas trädrötterna i rörgraven och stöter sedan på VA-ledningarna (se figur 2-4). Väl inne i VA-ledningarna kan rötterna utvecklas och orsaka stopp eller driftstörningar i systemen med yt- och källaröversvämningar som följd. Konflikten mellan ledningens funktion och trädets rötter är därmed ett faktum (Orvesten et al. 2003).



Figur 2-4 Bild på trädrötter som växer i en ledningsgrav (foto av Örjan Stål).

Vatten och näring är några av de grundläggande kraven för tillväxt hos träd och buskar. När en rotinträngning väl har inträffat är det därför svårt att tro att rötterna inte kommer att ta upp vattnet och näringen. Frågan är snarare hurvida det är på grund av vattnet och/eller näringen som rötterna ger upphov till rotinträngningar. Randrup (2000) skriver att läckande VA-ledningar kan vara en anledning till att rötterna växer mot ledningarna. Bosseler et al. (2008) skriver hur den allmänna teorin hos både ingenjörer och biologer från början var att trädets rötter växte längs med närings- och fuktighetsgradienter som bildats av läckande rör. Rötterna trängde sedan in i VA-ledningarna eftersom det fanns ännu mer näring och vatten där. Bosseler et al. (2008) ifrågasätter om den mängd vatten som läcker ut från ledningarna kan ge upphov till en adekvat gradient som rötterna ska kunna följa. De menar även att den rotväxt som har studerats utanför ledningarna inte är typisk för vattenuptagande rötter.

Det har tidigare skrivits att träd med dålig vitalitet växer ner i VA-ledningarna för att kunna överleva i den urbana miljön. Orvesten et al. (2003) skriver att erfarenheter pekar på att trädarternas specifika behov och egenskaper i relation till växtplatsens förutsättningar är av mycket stor betydelse för problemet med rotinträngning i avloppsledning. Trädens växtplats anses i detta sammanhang vara av stor betydelse för tidpunkten när rotkonflikten med avloppsledning uppstår, det vill säga om och när rötterna penetrerar en avloppsledning. Stål (1992), Orvesten et al. (2003) och Ridgers et al. (2006) skriver att en dålig växtplats tidigarelägger rotinträngningarna eftersom trädrötterna snabbare växer från växtplatsen ut till rörgravarna och sedan in i ledningarna. Streckenbach & Stützel (2009) skriver vidare att den urbana växtplatsen ger en ökad risk för konflikter mellan ledningar och träd. Rotinträngningarna kan även bero på läckage av syre från ledningarna, men det har inte gått att styrka om ett eventuellt syreläckage kan påverka rotinträngningsförloppet (Bosseler et al. 2008).

2.4.2 Varför utvecklas rötterna i ledningarna

Huruvida det syre och gasutbyte som träd- och buskrötter behöver kan säkerställas genom VA-ledningarna är något som både Streckenbach & Stützel (2009) och Bosseler et al. (2008) diskuterar. Syre- och gasutbytet betydelse för rottillväxten är något som skulle kunna förklara den tillväxt som finns i dagvattenledningar (Orvesten et al. 2003). Det kan även förklara rottillväxten i de ledningar som användes under experiment i Alnarp där PVC och betongledningarna var utan cirkulerande vatten under delar av försökstiden (Ridgers et al. 2006). Det verkar dock finnas en gräns för hur låg luftfuktighet som kan råda i ledningen innan rötterna börjar ta skada. Det finns även en stor mängd dagvattenledningar som har rotinträngningar, vilka är ledningar som kan stå torra under längre perioder.

När en rotinträngning väl har uppkommit kommer rötterna ta upp den växttillgängliga näring som finns i VA-ledningarna och öka sin tillväxt. Frågan om det är på grund av näringen som rötterna ger upphov till rotinträngningarna och utvecklas i ledningarna är dock något som måste utredas vidare. Även skillnaderna i rottillväxt mellan dag- och spillvattenledningar är i behov av vidare studier. Bland annat har en undersökning som genomfördes av Bosseler et al. (2008) visat att rötter i dagvattenledningarna verkar vara i bättre kondition än de som återfinns i spillvattenledningarna.

3 Metod

Genom att sammanställa data på rotinträngningar, ledningsinformation och träd från Malmö, Skövde, Katrineholm och Växjö har olika undersökningar kunnat genomföras, exempelvis antalet rotinträngningar per meter ledning för olika ledningsdimensioner, ledningsdjup och anläggningsår för de rotinträngningsdrabbade ledningarna. Datainsamlingen skedde främst under 2007 och berör därmed ledningar som har filmats till och med det året. Arbetet med att sammanställa data har tagit mycket tid eftersom grundmaterialets data har inte bara varit felaktig, utan i många fall inte entydigt definierad. Mycket tid har även lagts på kompletterande trädinventeringar.

3.1 Definitioner och avgränsningar

För att kunna sammanställa befintlig data och kunna göra analyser av den behövde vi definiera det som syns på filmningarna och i protokollen. Rotinträngningar har definierats som varje punkt där det i ett filmprotokoll efter en filmning av en VA-ledning har stått ROT i kommenteringsfältet. Undersökningen förutsätter med andra ord att detta är varje enskild punkt där en rot har trängt in i VA-ledningen.

Vi har använt termen ledningssträcka i rapporten. En ledningssträcka är sträckan mellan ledningens till- och frånbrunn. De olika ledningssträckorna varierar därför i längd. Ledningar och VA-ledningar har definierats som dagvatten-, spillvatten- och kombinerade ledningar efter sin funktion. Endast ledningar enligt definitionen ovan kommer att behandlas i denna rapport.

Forskningen har inriktats på ledningar lagda från och med 1970 eftersom en ny sorts packning av artificiellt gummi (glid- eller läppfog) började användas vid denna tidpunkt. Samtliga tabeller och figurer har beräknats på de ledningar som är anlagda från och med 1970 och den första filmningen för dessa ledningar har använts. Detta gäller om inget annat anges.

Av tidsskäl har analyser av markförutsättningens påverkan på rotinträngningsförloppet bortprioriterats. Även information om träden är solitära eller står i grupp, samt ledningsgravarnas beskaffenhet har bortprioriterats.

3.2 Valet av städer

Eftersom grundmaterialet är baserat på de medverkande städerna har dessa en stor betydelse för rapportens slutresultat och de slutsatser som kan dras. De utvalda städerna valdes dels genom intresseanmälningar till forskningsprojektets projektledare Örjan Stål och dels genom direkta förfrågningar av Stål. Städerna Malmö, Skövde och Katrineholm hade sedan tidigare mycket ledningar filmade, medan det i Växjö filma-

des intressanta ledningssträckor speciellt för projektet. Växjö behandlas av denna anledning som ett separat kapitel.

3.2.1 Malmö

Malmö är den största av de städer som ingår i studien och den 1 november 2008 hade Malmö totalt 285 514 invånare (Statistiska centralbyrån, 2008). Malmö stad har genomfört stora trädinventeringar vilket har gjort att det finns över 60 000 träd inventerade på kommunal mark. Trots detta var en kompletterande inventering tvungen att genomföras eftersom många intressanta träd även stod på privat mark, eller mark ägd av stadsfastigheter, vilka inte har genomfört någon trädinventering. Totalt inventerades 2 850 träd i Malmö inom projektet. Sedan almsjukan drabbade Malmö har drygt 40 000 almar avverkats.¹ Detta borde leda till en reducering i antalet rotinträngningspunkter.

Malmös ledningsdata består av två delar, Malmö stad och Malmö stadsfastigheter. Malmö stads ledningsnät förvaltas av VA-SYD och återfinns ofta i gatorna. Malmö stadsfastigheter förvaltar bland annat skolor, dagis och andra kommunala byggnader. Stadsfastigheters ledningsnät förvaltas av dem själva och filmningarna kommer främst från företaget Puls² som på uppdrag av Malmö stadsfastigheter filmar deras ledningsnät. Malmö är den enda av de fyra städerna där en sådan uppdelning är gjord. Anledningen till denna skillnad är att Malmö sedan tidigare arbetar efter denna uppdelning och att det för forskningsprojektet var positivt att få ytterligare en parameter att analysera.

3.2.2 Skövde

Den 1 november 2008 hade Skövde 50 595 invånare (Statistiska centralbyrån, 2008) vilket gör staden till en medelstor stad med svenska mått. Eftersom Skövde har filmat stora delar av sitt ledningsnät samlades information in för hela kommunen. Inga träd fanns sedan tidigare inventerade och därför inventerades 1 257 träd av projektet.

3.2.3 Katrineholm

Katrineholm är något mindre än Skövde och hade den 1 november 2008 32 250 invånare (Statistiska centralbyrån, 2008). I Katrineholm fanns inga träd inventerade sen tidigare och totalt inventerades 483 träd av projektet. Eftersom det tidigt uppmärksammades att samtliga ledningar i centralorten var från innan 1970 utökades inte inventeringen.

3.3 Träd- och buskinventering

På ett område 0-20 meter runt ledningarna har samtliga träd och buskar inventerats. Även större träd utanför 20-metersgränsen har inventerats. Bedömningen av dessa avstånd har gjorts okulärt på plats.

¹ Arne Mattson personligt meddelande 2009-05-11

² Puls- Planerad Underhållsservice AB, Staffanstorps

Följande information har samlats in för träden och buskarna:

- Vitalitet
- Ålder
- Anmärkningar
- Art
- Inventeringsdatum
- Kron diameter
- Stad
- Ståndort
- X och Y koordinater

Endast trädålder och art har använts vid undersökningar kring träden i denna rapport och dessa parametrar beskrivs därför i kapitlet nedan.

3.3.1 Trädålder och art

Trädens ålder har räknats fram genom den modell som Malmö stad har använt vid sin inventering. Modellen baseras på att ett träd växer ca 2,5 cm i omkrets per år,³ vilket därmed gör att trädens ålder räknas fram genom trädets omkrets vid bröst höjd (ca 1,2 meter över marknivå).

Detta ger inte någon exakt uppgift om trädets ålder, men det ger en god indikation. Årtalet har sedan justerats beroende på om det inventerade objektet har varit en pionjärart/sekundärart, samt om ståndorten varit fördelaktig eller hämmat tillväxten. Det är byggnader i närheten har uppförts har även varit till viss hjälp. Hamlade objekt har på grund av deras begränsade tillväxt varit mycket svåra att uppskatta åldern på. Att ta borrhärdar eller på annat sätt få fram exakta planteringsår är något som inte har varit praktiskt genomförbart.

Art och sort har bestämts till det som ansetts bäst överensstämma med det inventerade objektet. När osäkerhet har funnits kring sorterna har endast art angetts.

3.4 Ledningsinformation

Målsättningen för undersökningen var att införskaffa och analysera den tillgängliga information om ledningarna som skulle kunna påverka rotinträngningsförloppet. Informationen kommer från filmningar och filmprotokoll från VA-verken i de undersökta städerna och från företaget Puls. Av tidsskäl har emellertid inte all data bearbetats i denna rapport.

Den insamlade informationen rörande ledningarna är följande:

- Anläggningsår.
- Djup för till- respektive frånbrunnen (befintlig markhöjd minus vattengångsdjup).
- Första filmning som visade rötter, samt den senaste filmningen (oberoende om denna innehöll rötter eller ej).
- Gradering av rotinträngningens utbredning, skala 1–4 (1 är lägst och 4 högst).

³ Arne Mattsson muntligen 2009-11-19 och Klaus Schroeder personligt meddelande 2009-10-01

- Kommentar (exempelvis ROT där det finns en rotinträngning).
- Ledningsdiameter.
- Ledningsmaterial.
- Identifikationsnummer på till och frånbrunnarna.
- X och Y koordinater för till- respektive frånbrunnen.
- Ägare (Malmö stad, Malmö stadsfastigheter, Skövde eller Katrineholm).

Ett problem är att det i protokollen används plustecken för att visa var en avvikelse/kommentar börjar och sedan ett minustecken där avvikelse/kommentaren slutar. Det har inte varit möjligt att använda denna formatering i databasen. Istället har varje plus och minus har blivit registrerade som varsin enskild avvikelse/kommentar. En och samma rotinträngning kan därmed, om den vuxit en längre sträcka, vara redovisad som två separata rotinträngningar.

När en längre ledning med olika material har filmats och där det inte finns brunnar mellan materialen kan det vara svårt att fylla i vilket material som ledningssträckan består av. Den metod vi har använt för att lösa problemet är att ange materialet till det material som är dominerande på sträckan. Detta betyder att en rotinträngning kan ha inträffat där materialet är betong, men där ledningen fortsätter med PVC.⁴

3.5 Korrigering av grunddata

Den stora mängd data som finns i projektet är något som både ger stor potential, men har även gjort materialet svårbehandlat. För att kunna jämföra de olika källorna och möjliggöra analyser i databasen har ett antal åtgärder genomförts. En del ledningssträckor har filmats fler än en gång. För dessa sträckor har samtliga filmprotokoll tagits bort fram till dess att en rotinträngning har upptäckts. Det senaste filmprotokollet har tagits med oavsett om det har innehållit någon rotinträngning eller inte. På detta sätt har en utveckling av rotinträngningarna kunnat ses.

För VA-SYD har endast information om VA-ledningens vattendjup erhållits. För att uppskatta hur djupt ledningen ligger har en uträkning gjorts genom att ta den befintliga marknivån minus nivån på ledningen. Uppgifterna kring marknivån i Malmö har fått från Stads-
mättningsavdelningen och enligt deras egna uppgifter är höjdangivelserna inte helt exakta utan kan skilja upp till en meter mot verkligheten.

Samtliga lerledningar i Malmö med anläggningsår från 1970 och framåt är ersatta med betong i databasen eftersom det enligt Bengt Mattsson⁵ inte finns några lerledningar som är lagda 1970 eller senare. Detsamma gäller Skövde ledningsnät efter uppgifter från Christer Ottosson.⁶

När en jämförelse gjordes av när det senaste filmprotokollet med rotinträngning var daterat med ledningens anläggningsår uppmärksammades att en hel del ledningar ser ut att vara lagda efter den se-

⁴ Ewa Kjellman, Puls, personligt meddelande 2009-09-24

⁵ Bengt Mattsson, Puls, muntligen 2009-11-18

⁶ Christer Ottosson, Skövde, personligt meddelande 2009-11-18

naste filmningen med rotinträngning, vilket självklart är en omöjlighet. Detta beror på att ledningarna är omlagda och har således fått ett nytt anläggningsår och nytt material. I de fall det inte längre fanns någon rotinträngning i det första protokollet ändrades anläggningsåret och materialet till det som de hade när det faktiskt var en rotinträngning i ledningen. Trots att samtliga selektioner av ledningarna i databasen har syftat till att endast få fram ledningar som var från 1970 och framåt har det ändå kommit med ledningar som var äldre.

När ledningsstatistiken granskades från Malmö stadsfastigheter uppmärksammades att samtliga ledningar som förvaltades av Malmö stadsfastigheter och som hade rotinträngningar hade valts. De ledningar som var anlagda innan 1970 hade alltså även de kommit med i undersökningen men de har valts bort vid databearbetningen.

3.5.1 Databasen

En databas har lagts upp med all data från undersökningen. Uppbyggnaden av databasen har varit mycket komplicerad på grund av den stora mängd fel som funnits i undersökningens grundmaterial. Felaktiga koordinater, fel i filmprotokollen och materialfel har varit de mest arbetskrävande. Det har även varit en del prestandaproblem eftersom databasen består av 102 680 träd och 3 377 rotinträngningar fördelade på 1 113 ledningssträckor.

Mycket förenklat kopplar databasen ihop olika tabeller med information för att få ut mer information av dem. Databasen har byggts upp av de Excel-filer som genererats genom undersökningens datainsamlingar. Generellt kan sägas att det finns en tabell för träddata, en för ledningarna, en för filmningarna av ledningarna och en för de start och slutkoordinater som finns för ledningarna.

Databasen har möjliggjort avancerade sökningar efter data såsom vilken ledning som är närmast varje träd, hur djupt denna ledning ligger, när den första och senaste filmningen är gjord, det totala antalet rotinträngningar för den specifika ledningen och så vidare.

Arbetet med att ta fram databasen tillsammans med gränssnitt och sökningar överlämnades till en datakonsult. Databashanteraren som användes för detta var PostgreSQL 8.3 vilken är baserad på öppen källkod (www.postgresql.org).

4 Resultat och diskussion

Samtliga undersökningar är gjorda på filmade ledningar där det har konstaterats rotinträngning. Endast ledningar som är lagda från 1970 och framåt kommer att behandlas om inget annat uttryckligen står beskrivet.

Det finns vissa ledningssträckor som har filmats mer än en gång (tabell 4-1). Eftersom det inte finns några betydande skillnader mellan första och andra filmningen har vi baserat samtliga analyser på den första filmningen. Antalet rotinträngningar minskar endast med 53 stycken (2,4 %) mellan de två filmningarna av ledningar och anses därmed som försumbart.

Tabell 4-1 Övergripande information kring de grundmaterial som resultaten och diskussionen har baserats på.

Datotyp	Antal med enhet
Antal ledningssträckor	1 113 stycken
Ledningslängd innan 1970	10 914 meter
Ledningslängd efter 1970	33 620 meter
Antal meter ledning	44 534 meter
Ledningar som har filmats fler än en gång	204 stycken
Antal rotinträngningar vid första filmningen inkl. ledningar anlagda innan 1970	3 377 stycken
Antal rotinträngningar vid andra filmningen inkl. ledningar anlagda innan 1970	3 417 stycken
Antal rotinträngningar vid första filmningen exkl. ledningar anlagda innan 1970	2 180 stycken
Antal rotinträngningar vid andra filmningen exkl. ledningar anlagda innan 1970	2 127 stycken
Antal inventerade träd totalt inkl. inmätta	102 680 stycken
Antal inventerade träd av Malmö stad	69 965 stycken
Antal inventerade träd inom undersökningen	4 590 stycken

4.1 Kontroll av filmprotokollen

För att kontrollera om de filmprotokoll som resultaten är baserade på är korrekta har filmningar från totalt 21 ledningssträckor kontrollerats. Dessa filmer har valts ut eftersom de representerar ledningar där det i protokollen inte har framkommit några andra fel i närheten av rotinträngningar, och inträngningarna bör därför inte bero på defekter. Granskningen visade bland annat att det finns skillnader mellan filmprotokollen och vad som verkligen finns i ledningarna. Det framkom även att det fanns brister i redovisat antal rotinträngningar, ledningsstorlek och ledningsmaterial. Nedan följer en utförligare redogörelse för de granskade betong- och PVC-ledningarna.

4.1.1 Betongledning

Betongledning från både Skövde, Malmö stad och Malmö stadsfästigheter, som enligt protokollen ansetts felfria, valdes ut för att granskas om. Filmningarna visade tyvärr en del brister i angivelserna av rotinträngningarna. Totalt granskades tio ledningssträckor (8,4 % av

samtliga betongledningarna i undersökningen) som sammanlagt innehöll 31 rotinträngningar. Av dessa 31 rotinträngningar hade sju stycken inte noterats i filmprotokollen. Totalt kom 20 av de 31 rotinträngningarna från skarvar utan anmärkningar, alltså hade vissa fel och defekter på ledningarna förbigåtts.

4.1.2 PVC-ledningar

Vid granskningen av filmprotokollen från elva PVC-ledningar som angetts som felfria (1,6 % av samtliga PVC-ledningar i undersökningen) upptäcktes att endast en av 25 rotinträngningar kom via en intakt skarv. De övriga rotinträngningarna hade uppkommit bland annat i materialövergången mellan PVC och andra typer av material, serviser, brunnar, eller gick det inte att avgöra varifrån rötterna kom ifrån. Rötterna hade sedan vuxit långa sträckor inne i ledningen och således verkade det som att ledningen hade drabbats av en rotinträngning längre in i ledningen. Roten som hade trängt in genom packningen hade gjort det genom en tillsynes felfri skarv. Att rotinträngningar kan uppkomma i felfria PVC-skarvar är något som Ridgers et al. (2005) sedan tidigare har kunnat visa. Det är emellertid överraskande att så många av rotinträngningarna kom från annat än skarvarna.

4.1.3 Protokollsanmärkningar i närheten av rotinträngningar

När ledningar filmas görs det anmärkningar i filmningsprotokollet när något uppmärksammas, exempelvis rotinträngningar, förskjutningar av ledningarna, förändringar av vattenmängden och stenar som har hamnat i ledningen. En del rotinträngningar kan bero på slarv i anläggningsskedet eller att ledningen av någon anledning har skadats, exempelvis när en ny ledning har kopplats till en befintlig ledning. För att få en uppfattning om hur stor del av rotinträngningarna som beror på olika typer av ledningsdefekter har en sökning i databasen gjorts efter ledningar med defekter (tabell 4-2). Detta ger en uppfattning om hur stor andel av rotinträngningarna som potentiellt skulle kunna undvikas om antalet defekter kunde minskas.

Resultaten som finns redovisade i tabell 4-3 är för anmärkningar 0,2 respektive 1 meter runt rotinträngningarna. Undersökningen som är gjord 0,2 meter runt rotinträngningarna får anses som mycket restriktiv. Kameran flyttas ofta en liten bit innan fler anmärkningar läggs in, och det finns därför en stor risk för att många anmärkningar har fallit bort. Resultatet är ändå viktigt att redovisa eftersom rotinträngningarna med stor sannolikhet beror på defekter (tabell 4-2). När avståndet utökas till en meter har även start- och slutbrunnarna räknats in i antalet defekter eftersom det ibland finns inträngningar genom dessa. Vid detta betydligt större avstånd finns det viss risk att rotinträngningarna beror på annat än anmärkningarna, men resultatet är fortfarande realistiskt och relevant.

Från resultaten går det att dra slutsatsen att mellan 12–65% av rotinträngningarna potentiellt skulle kunna undvikas om antalet defekter kunde reduceras och anslutningarna mot brunnar kunde bli tätare.

Tabell 4-2. Tabellen nedan sammanställer många av de defekter som kan påverka rotinträngningsförloppet. När filmningar görs av VA-ledningar används de förkortningar som finns redovisade i den högra kolumnen. Tabellen bygger till stor del på Svenskt Vatten P93 (2006).

Anmärkning	Förkortning i filmprotokollen
Deformation	DEF
Dagvatten nedstigningsbrunn	DNB
Dagvatten tillsynsbrunn	DTB
Grenrör (servis)	GRE
Hål	HÅL
I brunnen	I brunnen
I servisen	I servisen
I sprickan	I sprickan
I vattenlåset	I vattenlåset
I övergång emellan betong o pvc	I övergång emellan btg o pvc
I övergång till PVC	I övergång till PVC
Inhuggning felaktigt utförd	INH
Inläckning	INL
Inne i servisen	Inne i servisen
Inträngande gummiring	INT
Längsförskjutning	LFK
Rörbrott	RBR
Riktningssavvikelse	RIA
Spricka, cirkulär	SPC
Spricka, längsgående	SPL
Sprickor	SPR
Spricka, utbredd	SPU
Tvärförskjutning	TFK
Under servisen	Under servisen
Utifrån inhuggning eller servis	Ut ifr. inh. serv.
Utfällning	UTF
Ytskada	YTS

Tabell 4-3 Antalet defekter och antalet rotinträngningar och den andel av rotinträngningarna som finns vid defekter.

	Antal defekter vid rotinträngningarna	Totalt antal rotinträngningar	Andelen rotinträngningar vid defekter
0,2 meter runt protokollsanmärkningarna			
Malmö stad	172	874	20 %
Malmö stadsfastigheter	142	721	20 %
Skövde	71	585	12 %
1 meter runt protokollsanmärkningarna samt 1 meter från start- och slutbrunnarna			
Malmö stad	358	874	41 %
Malmö stadsfastigheter	468	721	65 %
Skövde	164	585	28 %

4.2 Fördelning av ledningar och rotinträngningar

Eftersom stora delar av ledningssystemet inte har filmats finns det troligen betydligt fler ledningar med rotinträngningar än de som undersökts i den här studien (tabell 4-4). Samtliga ledningssträckor i Katrine-

Tabell 4-4 Längden (km) av de undersökta ledningarna där det har upptäckts rotinträngningar, det totala antalet ledningar samt andelen ledningar som ingår i undersökningen fördelat per förvaltare.

	Undersökta ledningar innan 1970.	Undersökta ledningar efter 1970.	Totalt undersökta ledningar.	Totala ledningsnätet för förvaltaren.	Andel i procent
Malmö stad	0,10	13,67	13,78	1492	0,92 %
Malmö stadsfastigheter	6,65	7,25	13,89	175*	7,94 %
Skövde	1,48	12,86	14,33	531	2,70 %
Katrineholm	2,84	-	2,84	229	1,24 %
Totalt	11,07	13,78	44,84	2 252	1,99 %

* Värdet är uppskattat efter de 266 ledningssträckor som hittills har filmats. Totalt uppskattas det finnas ca 400 ledningar. Om de 134 sträckorna som återstår har samma medellängd som de filmade blir det totalt 175 km ledningar på stadsfastigheters mark.

holm visade sig vara anlagda före 1970. De 0,10 kilometer ledningar i Malmö stad som är från före 1970 är troligen omlagda ledningar som sedan har blivit korrigerade i materialet, detsamma gäller de 1,48 kilometer ledningar i Skövde som är före 1970. Att det finns 6,65 kilometer ledningar på Malmö stadsfastigheters mark som är från före 1970 var föga överraskande när selektionsfelet som beskrevs i metodavsnittet väl hade upptäckts. Felet ledde till att fler ledningar valdes än vad som egentligen var tänkt.

Tendensen för Malmö stad och Skövde är tydlig både vid en jämförelse mellan antalet meter ledningar och vid antalet rotinträngningar (tabell 4-5). Det finns flest rotinträngningar i de äldre ledningarna och antalet rotinträngningar minskar med minskande ledningsålder. Anmärkningsvärt är att det finns ledningar i Skövde där rotinträngningar har skett på ledningar som är yngre än 20 år.

Malmö stadsfastigheter har ett högt antal ledningar med rotinträngningar från 1990- och 2000-talet. Det är även ett stort antal rotinträngningar på ledningar från 1990-talet jämfört med ledningar från 1980-talet.

Tabell 4-5 Antalet rotinträngningar fördelade på ledningarnas ålder och förvaltare.

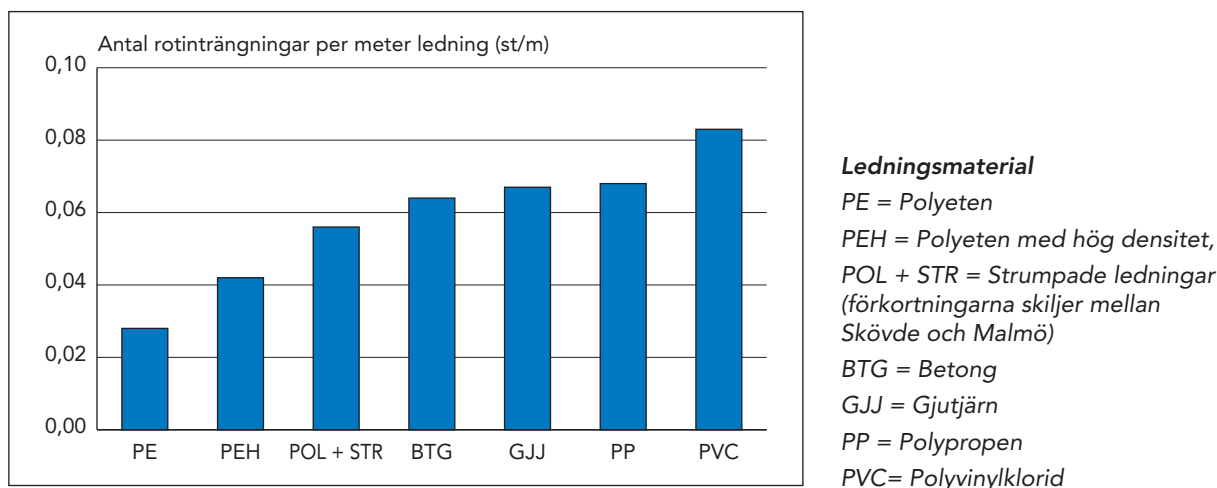
Ägare	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-	Totalt
Malmö stad	771	102	-	1	874
Malmö stadsfastigheter	558	47	86	30	721
Skövde	544	29	12	-	585
Totalt	1 873	178	98	31	2 180

4.3 Ledningsmaterial

Antalet rotinträngningar per meter ledningar kan ge en viss indikation på skillnader mellan olika material och det finns stora skillnader mellan de olika materialen (figur 4-1). Det finns skillnader i skarvtäthet, antal inhuggningar med mera mellan de olika materialen som till viss del kan förklara resultaten. Rotinträngningar i renoverade ledningar kan bero på att rötterna har följt den nya ledningen utvändigt och sedan har

gett upphov till rotinträngningar där ledningen är kopplad till brunnar eller serviser. Trots detta finns en tydlig indikation på skillnader i materialen. Vid den undersökning som genomfördes av Ridgers et al. (2006) mellan 1993 och 2004 med *Populus canadensis* "Robusta" som planterades rakt ovanför perfekt lagda PVC- och betongledningarna gick det att se att både PVC- och betongledningarnas skarvar penetrerades av trädens rötter, men i olika omfattning.

Även i Australien har det gjorts undersökningar om förmågan hos olika typer av packningar att stå emot rotinträngningar (Burn et al. 2000). I försöket användes ledningar av betong, lera och plast, samtliga med moderna packningar av både glid- och läpptyp. I speciella behållare planterades *Lolium* (en gräsart) och *Melaleuca armillaris* (en sorts buske) ovanför de olika ledningspackningarna. När försöket avslutades efter 6 månader för *Lolium* och 32 månader för *Melaleuca armillaris* hade rötterna penetrerat skarvar hos ler- och betongledningarna men inte skarvarna i PVC-ledningarna.



Figur 4-1 Antalet rotinträngningar per meter fördelat per material. Grundmaterial för beräkningarna finns i Bilaga 4.

4.4 Dag- och spillvattenledningar

Vid en jämförelse mellan ledningstypsfördelningen bland de i undersökningen behandlade ledningarna och det totala ledningsbeståndet kan en viss differens ses (tabell 4-6, för en utförligare redogörelse över ledningsfördelningen se bilaga 3.). För både Malmö stad och Malmö stadsfastigheter är dagvattenledningar överrepresenterade vad gäller rotinträngningar. Flera källor hävdar att spillvattenledningar är mer fördelaktiga för rottillväxt (Randrup, 2000; Orvesten et al. 2003) men det ser inte ut så i detta material.

Det är svårt att ge någon direkt förklaring till att dagvattenledningar är så rotinträngningsdrabbade. Det kan vara så att dagvattenledningarna är lagda med sämre precision eller att rötterna helt enkelt föredrar att växa i dagvattenledningarna. Den senare teorin får även stöd av de undersökningar som har gjorts av Bosseler et al. (2008) som visade att rötter i dagvattenledningarna verkar vara i bättre kondition än de som

återfinns i spillvattenledningar. Skillnaderna kan möjligen bero på låg syrehalt, lågt pH eller en ofördelaktig atmosfär i spillvattenledningar.

Tabell 4-6 Procentuell fördelning av ledningslängden hos kombinerade ledningar, dagvatten- och spillvattenledningar för det totala ledningsnätet samt för de ledningar med rotinträngningar som ingår i studien.

	Malmö stad	Malmö stadsfastigheter	Skövde	Totalt
Det totala ledningsnätet (ledningslängd)				
Kombinerande	23 %	8 %	-	17 %
Dagvatten	41 %	64 %	44 %	43 %
Spillvatten	36 %	28 %	56 %	40 %
Ledningar med rotinträngningar i det undersökta materialet (ledningslängd)				
Kombinerande	5 %	1 %	-	2 %
Dagvatten	63 %	79 %	42 %	58 %
Spillvatten	32 %	19 %	58 %	39 %

4.5 Ledningsdjup

Det hävdas ofta att trädrötter sällan växer djupare än två meter. Detta är något som enligt bland annat Pohls, Bailey & Mays (2004) forskning bör tas med viss försiktighet. I en undersökning som de genomförde på rotinträngningar upptäcktes att 84 % av deras 117 undersökta rotinträngningar fanns djupare än 1 meter. 90 % fanns på djup ner till 3 meter och 60 % fanns på djup ner till 2 meter. Även Watson (1991) skriver om att rötter kan växa mycket djupt eftersom rötter växer överallt där det finns förutsättningar för tillväxt.

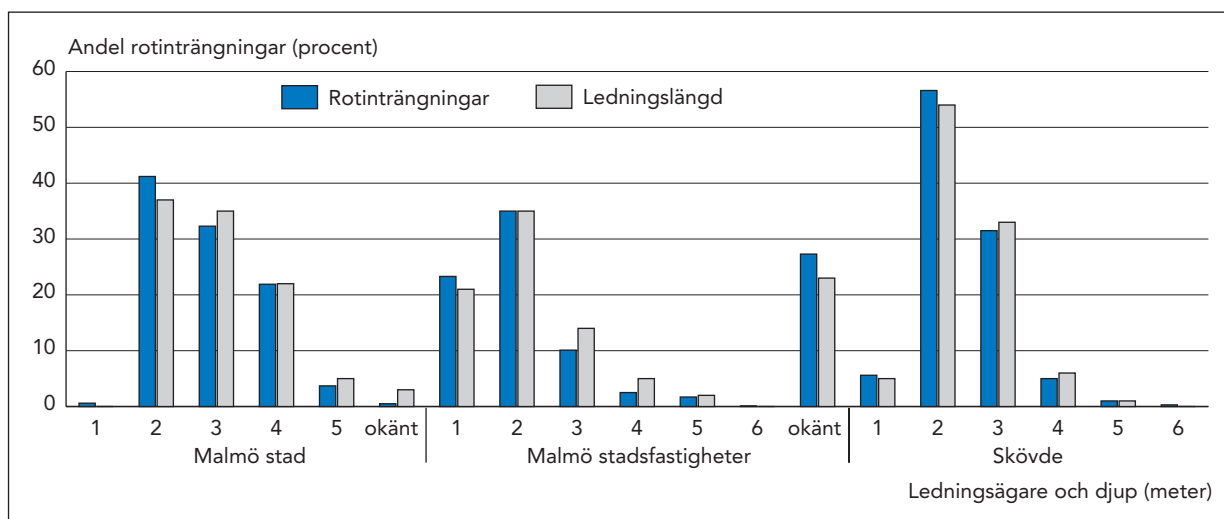
När det gäller mer extrema djup som olika träarter kan växa ner till har Stone & Kalisz (1991) gjort en större sammanställning. Det maximala rotdjupet är påfallande ofta mycket mer än 2 meter. De mer anmärkningsvärda exemplen är bland annat en gran som efter fyra år vuxit ner till ett djup av 3,7 meter, en sort vars rötter återfunnits i en gruva på 61 meters djup samt äpple/apel rötter på tio meters djup (Stone & Kalisz, 1991).

Fördelningen per djup skiljer sig mycket åt mellan de olika ledningsdimensionerna (tabell 4-7). Samtliga ledningar från 1970 och framåt har därför fördelats på djup avrundat till närmsta heltal. Av dessa ledningsdimensioner återfinns nio ledningar på endast ett djup (vika är markerade med fel stil) medans andra dimensioner återfinns på upp till sex olika djup, samt okänt djup. Att rotinträngningar är möjliga på ledningar som ligger djupare än fyra meter kan anses som tämligen självklart. Det går med bakgrund av detta att säga att ledningsdjupet inte ger ett skydd mot rotinträngningar.

Information om det totala ledningsnätets djup är svår att få fram från de medverkande ledningsägarna. Det har dock genom kontakter med ledningsägarna framkommit att ledningarna generellt ligger på mellan två och tre meters djup. Baserat på denna information, samt våra resultat (tabell 4-7, figur 4-2), finns inget stöd för att säga att ledningar som ligger djupare drabbas av färre rotinträngningar. Det finns förvisso en viss differens mellan ledningar som ligger grunt och de som ligger djupare, men denna skillnad bör anses vara marginell.

Tabell 4-7 Procentuell fördelning av den totala undersökta ledningslängden per dimension och djup. Inkluderar även ledningar anlagda tidigare än 1970.

Dimension	1 meters djup	2 meters djup	3 meters djup	4 meters djup	5 meters djup	6 meters djup	Okänt djup
80	-	100 %	-	-	-	-	-
100	74 %	5 %	-	-	-	-	21 %
110	20 %	10 %	-	-	-	-	70 %
150	21 %	46 %	12 %	3 %	3 %	1 %	14 %
160	29 %	35 %	3 %	5 %	-	-	28 %
175	-	100 %	-	-	-	-	-
200	13 %	45 %	33 %	-	-	-	9 %
225	5 %	56 %	27 %	8 %	1 %	-	3 %
250	-	-	100 %	-	-	-	-
300	1 %	41 %	37 %	15 %	5 %	-	1 %
315	-	100 %	-	-	-	-	-
375	-	-	100 %	-	-	-	-
400	4 %	28 %	50 %	11 %	6 %	-	1 %
450	-	100 %	-	-	-	-	-
500	-	39 %	38 %	16 %	4 %	-	3 %
600	-	18 %	28 %	44 %	10 %	-	-
650	24 %	76 %	-	-	-	-	-
800	-	27 %	36 %	31 %	3 %	3 %	-
900	-	-	-	100 %	-	-	-
1000	-	16 %	47 %	37 %	-	-	-
1200	-	-	-	100 %	-	-	-
1600	-	-	-	-	100 %	-	-



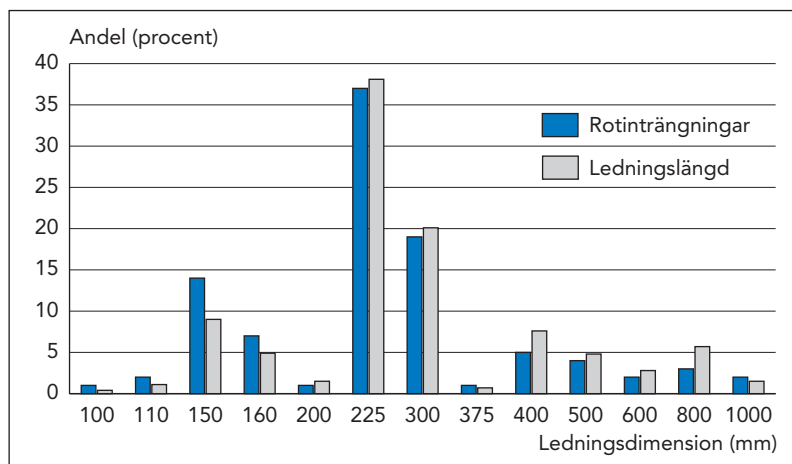
Figur 4-2 Andel rotinträngningar och ledningslängd för de undersökta ledningarna fördelade på ledningsdjup och ägare. Ledningsdjupet har avrundats till närmsta hela meter.

4.6 Ledningsdimension

Det finns en tydlig skillnad mellan antalet rotinträngningar fördelat mellan antalet meter ledning och ledningsdimensionerna (figur 4-3).

Detta visar att ledningsdimensionen kan ha viss påverkan då rotinträngningsfrekvensen för dimensioner under 200 millimeter är högre än de övriga ledningarna. Ledningsdimensioner över 375 millimeter verkar däremot ha färre rotinträngningar per meter ledning. Detta kan bero på att olika ledningsdimensioner förekommer på olika platser i städerna, där de mindre ledningsdimensionerna möjligen oftare återfinns i områden med vegetation. Skillnaden kan även bero på att antalet serviser och inbyggningar är olika för de olika ledningsdimensionerna.

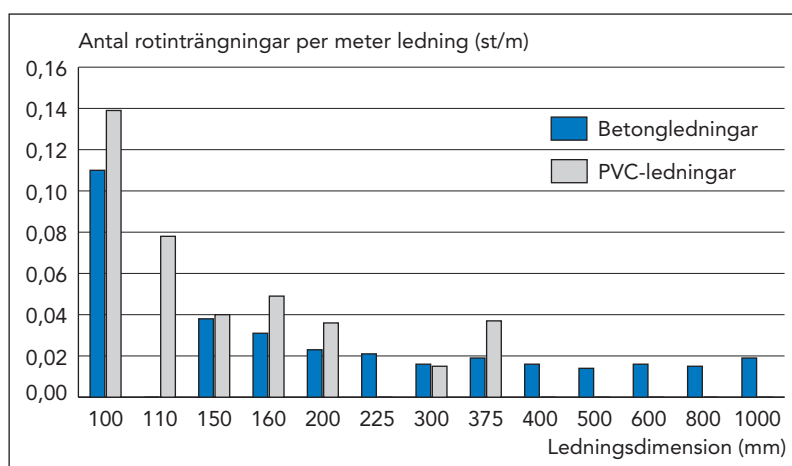
De ledningsdimensioner som består av färre än fem ledningssträckor har tagits bort i diagrammet.



Figur 4-3 Andel rotinträngningar och ledningslängd per ledningslängd och andel ledningslängd fördelade mellan och ledningsdimensioner bland de ledningar som ingår i undersökningen.

Information om ledningsdimension och antal rotinträngningar per meter ledning fördelat på betong- eller PVC-ledningar ger en indikation om att ledningsmaterialet har betydelse för antalet rotinträngningar per meter ledning vid olika ledningsdimensioner (figur 4-4). Tyvärr saknas det i många fall dimensioner som både finns för betong och PVC-material.

De ledningsdimensioner som består av färre än fem ledningssträckor har tagits bort i diagrammet.



Figur 4-4. Antalet rotinträngningar per meter ledning fördelat på ledningsdimension och ledningsmaterial; betong eller PVC.

4.7 Trädart och avstånd

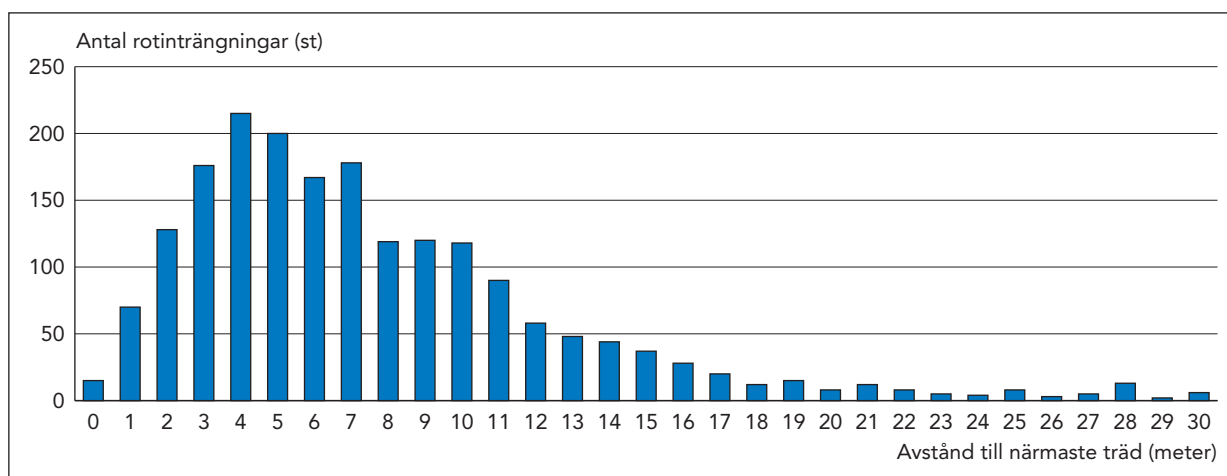
Genom att ta avståndet från varje rotinträngning till det närmsta trädet går det att se vid vilket avstånd flest rotinträngningar förekommer (figur 4-5). Oftast finns det närmsta trädet mellan tre och sju meter från rotinträngningen. Enligt en undersökning i Danmark (Randrup, 2000) återfanns 48 % av träden som misstänktes ha skapat rotinträngning inom tre meter från ledningen, 44 % fanns mellan tre och sex meter från ledningen. Randrup (2000) skriver vidare att avstånd upp till sex meter bör anses som högriskområde. Detta stämmer bra med resultaten från vår studie, även om högriskområdet enligt oss bör utökas till sju meter.

Anledningen till att det inte är så stor andel träd 0-2 meter från ledningarna kan bero på att många ledningar är lagda under vägar, vilket omöjliggör att träd planteras rakt ovanför ledningen. Det skulle även kunna bero på att när ett träd växer och får en stor krona utvecklas de vatten- och näringsupptagande rötterna i kronans ytterkant eftersom det närmast stammen blir väldigt torrt under vegetationsperioden. Efter sju meter kan en nedåtgående trend ses som fortsätter ner till 18 meters avstånd. Eftersom trädens rötter oftast inte växer raka vägen från trädet till ledningen har rötterna troligen vuxit längre än den sträcka som finns redovisat (figur 4-5).

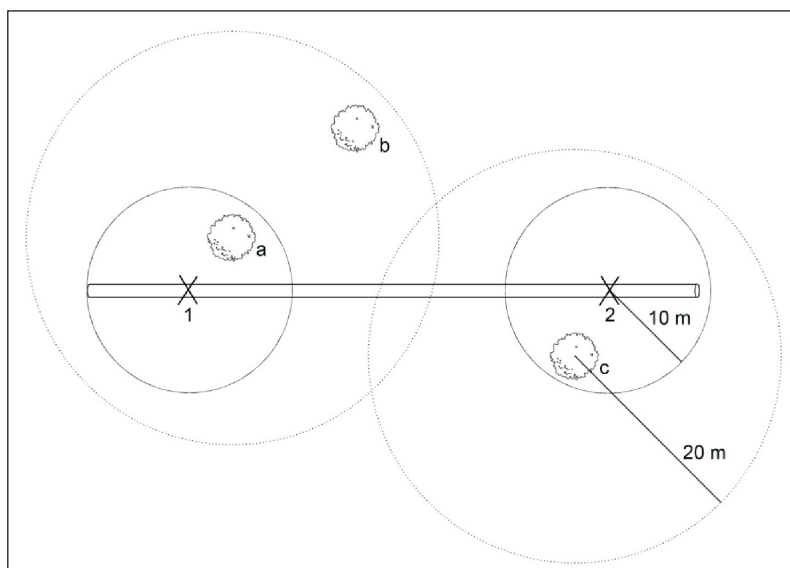
För att kunna skapa en lista med de träd som med stor sannolikhet har gett upphov till rotinträngning har en sökning gjorts i databasen som är baserad på de avstånd som går att få fram från figur 4-5. Selektionen för sökningen baseras på att träden ska stå inom tio meter från rotinträngningen, men inte ha något annat träd inom tio meters radie. För att få ett större antal arter har träd av samma art och samma planteringsår tillåtit stå närmare varandra än 20 meter (figur 4-6). Selektionen av träden i detta exempel blir följande:

Träd A som står inom tio meter från rotinträngning 1 kommer inte att selekteras eftersom det står för nära träd B, om inte båda träden är av samma art och har samma planteringsår.

Träd C som står inom tio meter från rotinträngning 2 kommer att selekteras eftersom det inte har något annat träd inom tio meters radie.



Figur 4-5 Antal rotinträngningar fördelat på deras respektive avståndet till närmsta träd.



Figur 4-6 Illustration föreställande selektion av träd kring rotinträngningar (Illustration Hanna Fors).

Enligt denna sökning har totalt 31 olika träd- och buskarter med stor sannolikhet gett upphov till rotinträngningar (tabell 4-8). I en undersökning av Pohls et al. (2004) sammanställdes totalt 117 rotinträngningar där det endast fanns en art i närheten. De har också sett att även buskar och barrträd kan ge upphov till rotinträngningar. Om en jämförelse görs med det som tidigare har skrivits om trädarter och deras potential till rotinträngningar är det anmärkningsvärt att den australiensiska listan bland annat innehåller barrväxter, då barrväxter tidigare har ansetts som relativt ovanliga vid rotinträngningar i VA-ledningar. Det kan förvisso finnas vissa barrväxter som kan räknas som pionjärarter i Australien, men som i Sverige räknas som sekundärarter.

I sammanställningen av denna sökning (tabell 4-8) kan ett och samma träd kan ha räknats flera gånger om det har stått nära flera rotinträngningar i vår undersökning. Det kan inte avgöras om det är de arter som uppträder flest gånger som är de som är mest förekommande vid rotinträngningar. Resultatet måste kompenseras för att olika träd förekommer olika ofta. Det är värt att nämna att ett flertal av dessa

Tabell 4-8 Träd/buskar som har stått som solitärer inom tio meter från rotinträngningen. Solitärer har definierats som träd/buskar som inte har något annat träd/buskart inom tio meters radie.

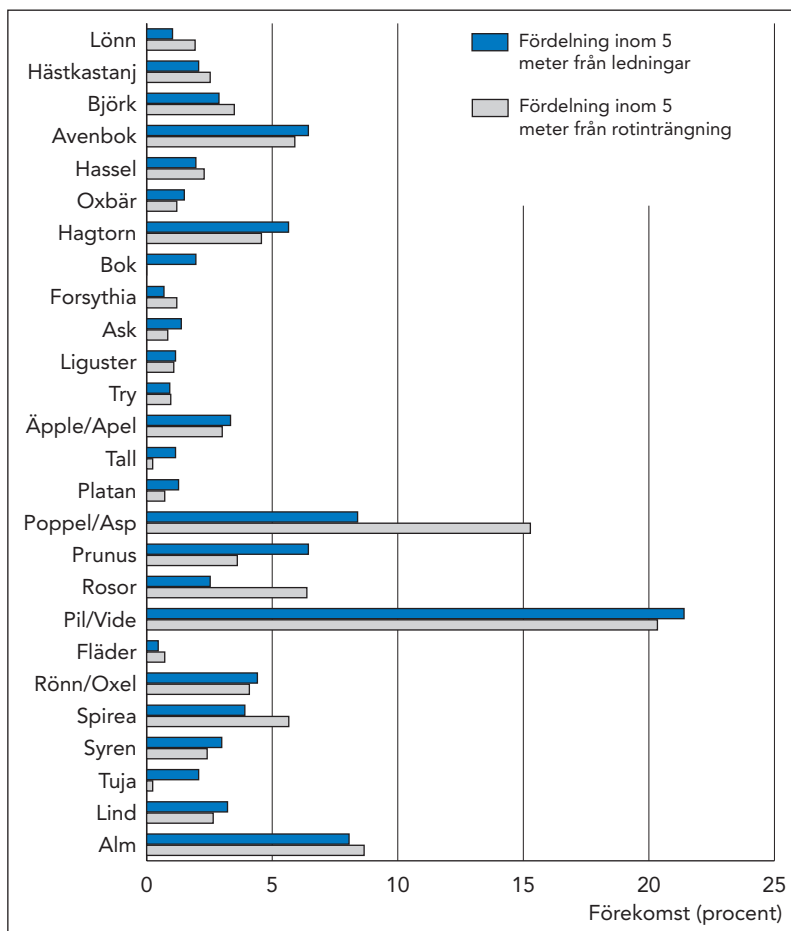
Artnamn	Förekomst i antal individer	Artnamn	Förekomst i antal individer	Artnamn	Förekomst i antal individer
Alm	107	Hassel	2	Platan	7
Ask	6	Hästkastanj	18	Poppel/asp	100
Avenbok	3	Kornell	1	Päron	1
Björk	26	Körsbär	22	Ros	14
Bok	2	Lind	47	Rönn/Oxel	28
Oxbär	1	Liguster	14	Spirea	3
Hagtorn	10	Lönn	39	Syren	10
Ek	4	Murgröna	1	Tall	1
En	4	Paradisbuske	1	Tuja	3
Fläder	3	Pil/Vide	339	Äpple/Apel	41
Gran	1				

individer som med stor sannolikhet har gett upphov till rotinträngningar har stått i en parkliknande miljö som uppvisat tecken på att vara goda växtplatser. Vid observationer har även ett flertal arter som står i parkmiljö observerats nära rotinträngningar, bland annat följande arter: Bok, pelarbok, äpple/apel, katsura, buxbom, pil, platan och alm.

4.7.1 Skillnader i trädarter mellan de undersökta kommunerna

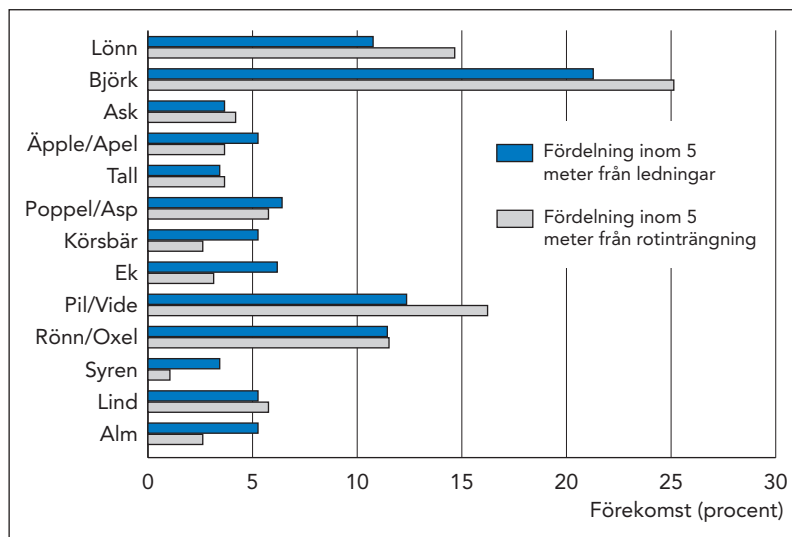
Genom att jämföra vilka arter som förekommer runt rotinträngningarna i Malmö med vilka arter som förekommer runt ledningarna, kan en indikation på vilka arter som har högre potential för att orsaka rotinträngningar ges. Poppel/asp och rosor förekommer i betydligt högre utsträckning runt rotinträngningarna än runt ledningarna. Lönn och bok verkar däremot finnas i mindre utsträckning runt rotinträngningarna än runt ledningarna.

Med bakgrund av detta verkar det för Malmös del vara poppel/asp, rosor och möjligen spirea som är de arter som bör undvikas runt ledningarna, medan lönn och bok verkar mindre benägna att ge upphov till rotinträngningar (figur 4-7). Övriga arter förekommer i ungefär samma utsträckning runt rotinträngningarna som runt ledningarna, och det går således inte att dra några slutsatser kring dessa arter.



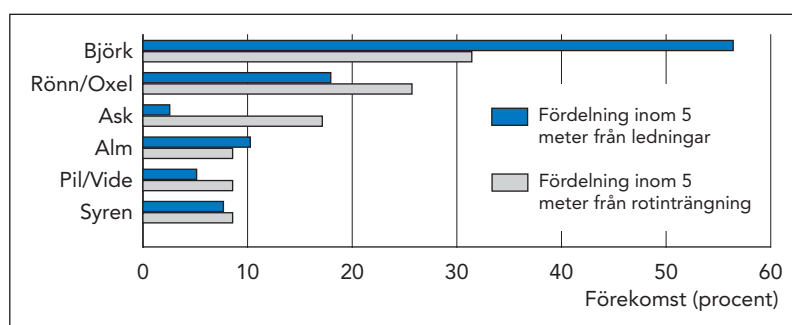
Figur 4-7 Fördelningen av träd/buskar inom 5m från ledningarna samt inom 5 m från en rotinträngning. De arter där färre än 10 individer räknats har uteslutits från beräkningarna. Endast ledningar och rotinträngningar från Malmö har räknats med.

Lönn, björk och pil/vide förekommer i betydligt högre utsträckning runt rotinträngningarna än runt ledningarna i materialet från Skövde (figur 4-8). Ek och körsbär verkar däremot finnas i mindre utsträckning runt rotinträngningarna än runt ledningarna. Lönnens potential för rotinträngning skiljer sig därmed betydligt mot artfördelningen i Malmö, som indikerade att lönn inte verkade ge upphov till rotinträngning i någon stor omfattning.



Figur 4-8 Fördelningen av träd/buskar inom 5m från ledningarna samt inom 5m från en rotinträngning. De arter där färre än 10 individer räknats har uteslutits från beräkningarna. Endast ledningar och rotinträngningar från Skövde har räknats med.

Resultatet av undersökningen i Katrineholm (figur 4-9) skiljer sig även den åt i jämförelse med Malmö och Skövde. I Katrineholm verkar björken vara mindre benägen att skapa rotinträngning, medan ask och rönn/oxel verkar ge upphov till rotinträngningar i större utsträckning.



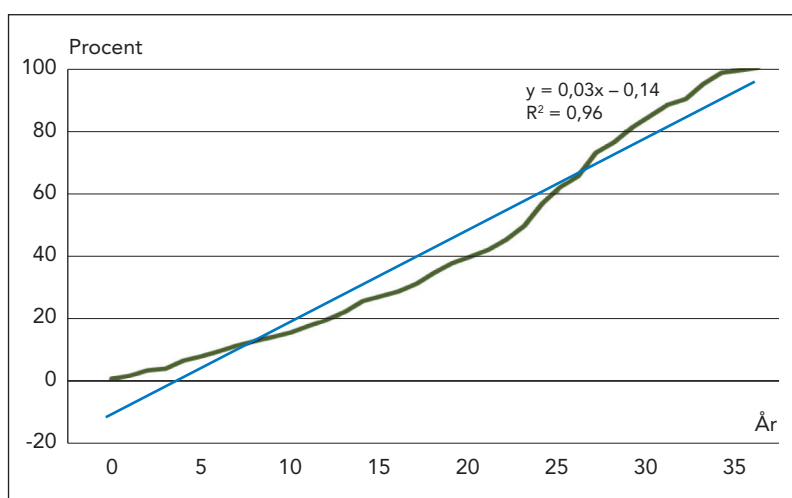
Figur 4-9 Fördelningen av träd/buskar inom 5m från ledningarna samt inom 5m från en rotinträngning. De arter där färre än 10 individer räknats har uteslutits från beräkningarna. Endast ledningar och rotinträngningar från Katrineholm har räknats med. Observera att samtliga ledningar är från innan 1970.

Genom att jämföra resultaten för Malmö, Skövde och Katrineholm går det inte att dra några slutsatser kring vilka arter som bör undvikas, eller vilka arter som bör planteras runt ledningar. Det ser ut som om de arter

som ger upphov till rotinträngningar skiljer mellan de olika städerna, eller spelar arten mindre roll än vad som tidigare antagits. Skillnaderna mellan städerna kan även bero på att olika sorter har använts för de olika arterna, exempelvis storvuxna pil/videsorter eller mindre rönn/oxelsorter i de olika städerna. En utförlig lista för samtliga arter som förekommer runt ledningarna och rotinträngningarna finns i bilaga 2.

4.7.2 Konflikttid

Konflikttid är den tid då det har funnits potential för att en rotinträngning ska uppstå. Om det inte finns både ett träd och en ledning på samma plats finns det ingen risk för en rotinträngning. För att beräkna konflikttiden har den senaste tidpunkten av antingen ledningens anläggningsår eller trädets planteringsår tagits fram ur databasen. Konflikttiden beräknas därefter genom att ta skillnaden mellan året när rotinträngningen konstaterades och året när konflikten började (figur 4-10).



Figur 4-10 Det ackumulerade antalet rotinträngningar relaterat till det år en rotinträngning uppmärksammats. En konflikt anses börja när både ett träd och en ledning finns inom 20 meter från varandra. Antalet år på X-axeln för konflikttiden beräknas genom att ta skillnaden mellan året när rotinträngningen konstaterades och året när konflikten började.

Vi har tagit fram den tidpunkt när det både fanns ett träd och en ledning inom 20 meter ifrån varandra och använt detta som startår och sedan sett hur lång tid det tagit tills dess att rotinträngningen har fastställts. Eftersom värdena är ackumulerande ökar dessa hela tiden och eftersom endast ledningar med konstaterade rotinträngningar från 1970 och framåt har undersökts får samtliga ledningar rotinträngningar efter runt 35 år.

Det finns ett i det närmaste linjärt samband mellan den ackumulerade andelen rotinträngningar och året efter att en konflikt är möjlig det vill säga när både träd och ledning finns på plats. Det betyder att det blir lika många nya rotinträngningar på ledningarna varje år. Det tar dock några år innan rotinträngningen sker enligt sambandet.

Detta kan bero på att det ofta finns träd i närheten av ledningarna när dessa anläggs, alternativt att det kort efter anläggandet planteras träd i närheten av ledningarna. Detta kan vara en kurva som fortsätter att öka med tiden, men då undersökningen endast har baserats på ledningar som maximalt är 37 år går det inte att med säkerhet säga detta.

5 Växjö

Växjö är en medelstor stad och den 1 november 2008 hade Växjö 80 974 invånare (Statistiska centralbyrån, 2008). Växjö har haft andra förutsättningar än de övriga städerna eftersom de inte hade filmat så mycket ledningar med anläggningsår 1970 och senare. Ledningssträckor i nyare ledningar där det kunde finnas rotinträngningar, filmades speciellt för denna undersökning.

5.1 Metod

För att vidare undersöka konfliktsituationernas betydelse för den totala mängden rotinträngningar i en stad har ett urval ledningar med en tydlig konfliktsituation med träd undersökts. Urvalet gjordes genom en jämförelse mellan ledningar med anläggningsår 1970 och senare, där det ansågs finnas en konfliktsituation med träd. En konfliktsituation ansågs finnas när träd och ledningar fanns inom 50 meter från varandra.

Detta urval genererade totalt 28 ledningssträckor. Vegetationen runt ledningarna var ofta yngre än ledningarna, vilket gör att den faktiska tid som det har kunnat uppstå en rotinträngning på är kortare än de dryga 40 år som ledningarna har legat i jorden.

Samtliga 28 ledningssträckor filmades och filmprotokollen granskades sedan för att se om det fanns rötter som hade gett upphov till rotinträngningar. Detta kan ha lett till att filmningar har genomförts med större noggrannhet och således kan fler rötter ha upptäckts än om en ordinarie undersökning hade genomförts. Ledningarna filmades under två perioder. Den första filmningen genomfördes under våren 2008 och den andra under hösten 2008.

5.2 Resultat

Från de genomförda filmningarna kan det utläsas att av de 28 filmade ledningssträckorna hade 11 sträckor rotinträngningar (tabell 5-1). Av dessa rotinträngningar fanns det en betydande andel inträngningar per meter i PVC-ledningar. Endast en av de speciellt granskade PVC-ledningarna i det övriga materialet hade en rotinträngning som gick genom en hel ledningsfog. För Växjös del var det sex av totalt 14 stycken rotinträngningar.

Tabell 5-1 Redogörelse för samtliga av undersökningen filmade ledningar i Växjö.

	PVC	BTG	PEH	Totalt
Antal meter ledningar som har filmats	969,41	278,08	41,06	1 288,55
Antal undersökta ledningar	20	7	1	28
Antal ledningar med rotinträngningar	7	4	-	11
Antal rotinträngningar*	14	11	-	25
Antal rotinträngningar genom skarv	6	7	-	13
Antal rotinträngningar genom servis	4	2	-	6
Antal rotinträngningar genom annat än skarvar och serviser (exempel vid brunnar)	4	2	-	6
Antal rotinträngningar per meter ledning	0,040	0,014	-	0,026

* inkluderar även tre fall där det var misstänkt rotinträngning.

6 Syntes

Målsättningen med denna undersökning har varit att kartlägga de faktorer som kan påverka hur rotinträngningar uppstår i moderna avloppsledningar. Dessa fakta kan sedan ligga till grund för analyser och bedömningar vid såväl akuta som förebyggande åtgärder vid problem med rotinträngningar.

I rapporten har ett flertal teorier kring vad som påverkar rotinträngningar presenterats. Det är i dagsläget svårt att säga vad som har störst påverkan. Anledningen till detta är att det är svårt att värdera många av de variabler som kan påverka rotinträngningsförloppet, bland annat de biologiska parametrarna (träden och buskarna) samt att datamängden i projektet är mycket stor. Trots att studien inte har kunnat kartlägga alla orsaker kring varför rötter växer in i avloppsledningar har mycket ny och värdefull information framkommit som kan vara till stor hjälp vid framtida åtgärder och planeringar mot rotinträngningar. Nedan följer en sammanfattning och reflektioner av de viktigaste variablerna kring uppkomsten av rotinträngning i moderna avloppsledningar.

6.1 Träden och buskarna

Det kan konstateras att de flesta trädarter verkar kunna orsaka rotinträngning. Även trädarter som i tidigare studier benämnts harmlösa har i denna undersökning konstaterats ge upphov till rotinträngning. Bland dessa kan nämnas gran och tall, samt ett stort antal buskarter såsom oxbär, spirea och rosor (figur 6-1). Det verkar inte gå att vara så kategorisk och säga att pil/vide, poppel/asp och björk är mer benägna att åstadkomma rotinträngningar än andra arter. Vilka arter som orsakar rotinträngningar verkar inte heller vara generellt geografiskt.



Figur 6-1 Bild på rosor där rotinträngning har konstaterats.

En hypotes när det gäller träd och buskars förmåga att växa in i avloppsledningar är sedan tidigare att snabbväxande arter leder till rotinträngningar uppstår snabbare än om arten har en lägre tillväxthastighet. Detta kan vara en orsak till att snabbväxande trädarter som pil och björk anses som mer problematiska. Vilket alltså inte har kunnat styrkas av undersökningen. Att rosor orsakar rotinträngningar är ett uppseendeväckande resultat. Detta kan bero på att många rosor växer i sanddynor, och därmed skulle ha djupa rötter.

6.2 Växtplatsen

Frågan om växtplatsens påverkar på rotinträngningsförloppet är svårt att ge något definitivt svar på. Några ingående undersökningar kring trädens växtförutsättningar kring avloppsledningarna genomfördes inte då det är svårt att genomföra noggranna markundersökningar på grund de stora variationerna i markens beskaffenhet.

Vid tidigare undersökningar har diskussioner förts kring att tillräckligt goda växtförutsättningar för träden skulle reducera risken för rotinträngningar. Vad som är goda växtbetingelser går emellertid inte alltid att bedöma visuellt, som exempelvis näringsstatus, vattentillgång eller kompaktering. Genom att undersöka parkliknande miljöer visar denna studie emellertid att många träd och buskar som växer i miljöer som anses ha goda växtbetingelser trots detta har gjort upphov till rotinträngningar. Frågan är därför vad det är som gör avloppsledningar så attraktiva för träd och buskars rötter. En förklaring kan vara att rötterna föredrar de växtförhållanden som finns i avloppsledningar vilka bland annat innehåller luft, kondens, vatten och näring framför de som finns i parkmiljö. Luft finns även utanför ledningen i rörgravarna och det grus som används för återfyllnaden av dessa. Det kan vara så att rötterna först utvecklas i ledningsgraven för att sedan ge upphov till rotinträngning. Denna teori styrks även av Streckenbach & Stützel (2009) och Bosseler, Stützel & Bennerscheidt (2008). När rötterna sedan har trängt in i ledningen ökar rottillväxten på grund av de goda växtförhållanden som finns i ledningen.

6.3 Ledningarna

I undersökningen kan inga tydliga skillnader i andelen rotinträngningar för olika dimension eller ledningsmaterial uppvisas. Det ser ut som om mindre dimensioner har fler rotinträngningar men vad detta beror på är svårt att säga utan att samla in mer data.

När det gäller jämförelse av rotinträngningars omfattning i dag- respektive spillvattenledningar syns en tydlig tendens att dagvattenledningar är mer drabbade av rotinträngningar än spillvattenledningar. Orsaken kan vara att dagvattenledningar har lagts med sämre precision och därmed är ledningarna mindra täta. Det kan även bero på att miljön inne i dagvattenledningar är mer fördelaktig för rottillväxt än miljön i spillvattenledningar. En teori är att dagvattenledningar innehåller mer luft än spillvattenledningarna, men det kan även bero på olika

förekomst av näringsämnen, kemikalier i spillvattnet, metanproduktion och så vidare.

Med hjälp av insamlad data har undersökningar kunnat göras som visar att PVC-ledningar har färre rotinträngningar genom skarvarna än betong. Däremot har PVC-ledningar mer rotinträngningar per meter ledning. Detta beror troligen på att rötterna kommer in genom serviser och i materialmötet mellan PVC och andra material. Orsaken till att PVC har färre rotinträngningar i skarvar än betongrör kan även vara att skarvtätheten är betydligt lägre hos PVC-ledningar än betongledning- ar. En lägre skarvtäthet minskar sannolikheten för rotinträngningar i skarvar. Undersökningen visade vidare att ledningar som renoverats med infodringsmetod hade fått problem med rotinträngningar efter en relativt kort tid efter åtgärden. Rotinträngningarna i renoverade ledningar kan ha uppstått vid brunns- eller vid servisanslutningar.

De rotinträngningsdrabbade ledningarna som ingår i undersökningen är en liten andel av det totala ledningsnätet i de undersökta städerna. Detta bör emellertid, som i studien i Växjö, jämföras med den totala mängd ledningssträckor som återfinns i en konfliktsituation. Det är självklart att det inte finns rotinträngningar på sträckor som saknar konfliktsituationer. Framtida undersökningar bör därför inriktas mer åt ledningar med konfliktsituationer som ska jämföras med ledningar där inga rotinträngningar finns för att få fram mer relevanta siffror på den totala procentuella andel ledningar med rotinträngningar där det faktiskt finns möjlighet för rotinträngningar att uppstå. Om Växjös ledningsnät är representativt för Sverige finns rotinträngningar i 40 % av alla ledningar som är anlagda från 1970 och framåt och som ligger på platser där det råder en konfliktsituation mellan ledningar och träd.

7 Slutsats

Tidigare antaganden har ibland saknat vetenskaplig grund, då de har baserats på observationer. De kan med anledning av detta behöva omprövas. Två tydliga exempel på detta är om, och hur, trädens och buskarnas växtplats påverkar rotinträngningsförloppet. Det andra exemplet är om spillvattenledningar verkligen skulle vara mer åtråvärda för rötterna. I denna undersökning finns det mer rotinträngningar i dagvattenledningarna, detta gäller även om resultaten kompenseras för fördelningen av de olika ledningstyperna hos de undersökta ledningsägarna.

Följande rekommendationer kan användas vid planering, drift och underhåll där träd och ledningar finns i närheten av varandra:

- Samtliga träd- och buskarter har potential till att kunna åstadkomma rotinträngningar oavsett typ av dimension, material eller ledningsdjup. Däremot bör träd och buskarter som har en snabb tillväxthastighet eller har rötter anpassade för att gå djupt användas med viss försiktighet då dessa troligen snabbare når fram till en ledningsgrav och därmed ledningar än arter med lägre tillväxthastighet.
- Att ge träd en god jordvolym verkar inte förhindra att rotinträngning sker. Möjligen kan uppkomsten av rotinträngningar fördröjas vid optimala växtförhållanden, men det är viktigt att komma ihåg att goda växtförhållanden inte enbart beror på jordvolymen utan även på dess innehåll av exempelvis näring, vatten och humus.
- Det avstånd på minst tre meter för att minska risken för rotinträngningar som tidigare har rekommenderats anses med bakgrund av undersökningarna i denna rapport som för litet. För att få en ökad säkerhet bör avståndet vara minst sju meter. Detta kommer att skapa utmaningar för projektörerna, men det är viktigt om det i framtiden ska gå att minska antalet rotinträngningar. I vissa fall måste det troligen accepteras att trädplanteringen ger högre risk för rotinträngning och att i vissa fall kanske få eller inga träd kan planteras utmed ledningssträckan.
- När en åtgärd väl ska göras på en rotinträngningsdrabbad ledning är det viktigt att det görs en helhetssyn för hela det angränsande ledningssystemet. Rotinträngningarna kan många gånger härledas till brunnar eller serviser, vilka kan vara de delar av ledningarna som egentligen behöver åtgärdas för att huvudledningen ska vara i funktionsdugligt skick.

För att nå bra helhetslösningar på rotinträngningsproblemet utifrån samtliga aspekter såsom estetik, ekologi, teknik och ekonomi är det viktigt att en dialog och ett samarbete förs mellan de involverade yrkesgrupperna. Många gånger kan problemen undvikas, fördröjas eller ske i mindre omfattning om planering och arbete samordnas i ett tidigt skede. Då det idag finns tillgång till olika typer av GIS-applikationer där information kring trädinventering och TV-inspekterade avloppsledningar finns är det relativt enkelt att få fram underlagsinformation för beslut gällande intressekonflikter mellan träd och ledningar.

7.1 Metoddiskussion

En felkälla som alltid finns i de här sammanhangen är att träd har tagits bort. När den kompletterande trädinventeringen har gjorts kan trädet redan ha tagits bort, och eventuellt även stubben. Detta kan leda till att de kvarvarande träden misstänks för en rotinträngning som ett borttaget träd har gjort upphov till. Detta är främst ett problem i Malmö där en stor del av almpopulationen har tagits bort i och med almsjukan.

Det går ibland att ifrågasätta noggrannheten i vissa filmprotokoll. Vid granskningen av ett urval filmningar kunde ett flertal brister uppmärksammas. Exempelvis att filmningarna har gått fort förbi skarvar där det fanns tecken på bland annat rotinträngningar. Det förekom även att markering gjordes där rötterna började och sedan en markering där de slutade. Det är här omöjligt att veta om rötterna har gått igenom samtliga skarvar eller om det endast är rötter som flyter i ledningens nedkant. Detta blev speciellt tydligt när en jämförelse gjordes med de filmningar som genomfördes i Växjö, vilka hade en betydligt större noggrannhet än de övriga filmningarna. Filmningarna i Växjö hade visserligen en tydligare målsättning av att hitta trädrötter, men samtidigt borde filmningar på alla sträckor där det råder en konfliktsituation mellan träd och ledningar bedrivas med stor noggrannhet.

7.2 Framtida forskning

Genom den fortsatta forskningen kring rotinträngningar i VA-ledningar har hela tiden kunskapen inom området ökat. Det finns fortfarande många studier kvar att göra, speciellt med det stora material som har samlats in genom detta projekt. De undersökningar och beräkningar som har presenterats i rapporten är bara en bråkdel av de försök som har gjorts, och som skulle kunna göras.

Det finns bland annat behov av vidare undersökningar kring vad det är som gör att området i och omkring avloppsledningar är så attraktivt för rottillväxt och om det stämmer att antalet nya rotinträngningar är det samma i nya som gamla ledningar. Försök bör även göras för att undersöka om det går att förändra själva ledningsgraven så den blir mindre attraktiv för rötter.

Litteraturförteckning

- Ahrens, J. F., Leonard, O. A., & Townley, N. R. (September 1970). Chemical Control of Tree Roots in Sewer Lines. *Water Pollution Control Federation*, vol. 42(9), 1643–1655.
- Bennerscheidt, C., Stützel, T., Streckenbach, M., & Schmiedener, H. (2009). Unterirdische Infrastruktur – Bauteile, Bauverfahren und Schäden durch Wurzeln. i D. Dujesiefken, *Deutsche Baumpflegetage* (ss. 23–32). Augsburg: Haymarket Media GmbH & Co. KG.
- Bosseler, B., Stützel, T., & Bennerscheidt, C. (2008). Root penetration in sewers: Causes, Tests and Prevention. i H. Schroeder, *COST Action C15 Improving relations between technical infrastructure and vegetation*. Alnarp: COST office.
- Burn, L. S., Lu, J. P., & Whittle, A. J. (Oktober 2000). Elastomeric joint performance of PVC, VC and FRC pipes. *Polymer engineering & science*, 2217–2226.
- Groninger, J. W., Zedaker, S. M., & Seiler, J. R. (September 1997). Herbicides to control tree roots in sewer lines. *Journal of Arboriculture*, vol. 23(5), 169–172.
- Orvesten, A., Kristoffersson, A., & Stål, Ö. (2003). *Trädrötter och ledningar – goda exempel på lösningar och samverkansformer*. Stockholm: VA-Forsk nr 31.
- Pfeffer W. (1893). *Druck und arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen*. Abhandlungen der Koniglich Sachsischen Gesellschaft der Wissenschaften 33:235–474.
- Pohls, O., Bailey, N., & May, P. (2004). *Study of Root Invasion of Sewer Pipes and Potential Ameliorative Techniques*. Richmond, 3121, Victoria, Australia: School of Resorce Management, Institute of Land and Food Resorces, University of Melbourne.
- Randrup, T. (2000). Occurrence of tree roots in danish municipal sewer systems. *Arboricultural Journal*, vol. 24, 283–306.
- Ridgers, D., Rolf, K., & Stål, Ö. (2006). Management and planning solutions to lack of resistance to root penetration by modern PVC and concrete sewer pipes. *Arboricultural Journal*, vol. 29, 269–290.
- Ridgers, D., Rolf, R. K., & Stål, Ö. (2005). *Trädrötter och ledningar – nya rön om rotinträngning i moderna VA-ledningar*. Stockholm: VA-Forsk nr 2005-11.
- Statistiska centralbyrån*. (den 4 Februari 2008). Hämtat från [www.scb.se: http://www.scb.se/Pages/Product____12991.aspx?produktkod=MI0810&displaypressrelease=true&pressreleaseid=226686](http://www.scb.se/Pages/Product____12991.aspx?produktkod=MI0810&displaypressrelease=true&pressreleaseid=226686) den 10 september 2009
- Stone, E., & Kalisz, P. (1991). On the maximum extent of tree roots. *Forest Ecology and Management*, vol. 46, 59–102.

Streckenbach, M., & Stützel, T. (2009). Durch Wurzel verursachte Schäden an Rohrleitungen und vergleichbaren Bauwerken. i D. Dujesiefken, *Jahrbuch der Baumpflege* (ss. 41–51). Augsburg, Tyskland: Haymarket Media GmbH & Co. KG.

Stål, Ö. (1996). *Rotinträngning i avloppsledningar – En undersökning av omfattning och kostnader i Sveriges kommuner*. Stockholm:

VA-Forsk. Stål, Ö. (1992). *Trädrötter och ledningar*. Alnarp: Stad & Land. Movium.

(2006). Svenskt Vatten P93: ”TV-inspektion av avloppsledningar i mark”. Svenskt vatten.

Bilaga 1

Informationskällor för de olika städerna

Malmö stad och Malmö stadsfastigheter

Malmö stad:

- Koordinater kommer från Christer Brogårdh, Malmös VA-verk (numera VA-SYD)
- Markhöjder har förmedlats av Tommy Persson, Stadsmättningsavdelningen, uttaget av Håkan Kristersson, Stadsmättningsavdelningen.
- Brunnshöjder för Malmö stad har förmedlats av Christer Brogårdh, Malmös VA-verk (numera VA-SYD)
- Filmprotokoll för ledningarna kommer från Leif Malmström på Malmös VA-verk (numera VA-SYD)

Malmö stadsfastigheter:

- Koordinater kommer från Ewa Källman, Puls.
- Markhöjder har förmedlats av Tommy Persson, Stadsmättningsavdelningen, uttaget av Håkan Kristersson, Stadsmättningsavdelningen.
- Brunnshöjder har fått av Ewa Källman, Puls. Samt en komplettering av Joakim Mattsson, Puls
- Filmprotokoll har fått av Ewa Källman, Puls.

Skövde

- Koordinater kommer från Birgitta Jansson, GIS-samordnare, med en komplettering av Tina Ljungberg.
- Ledningskoordinater är framtagna av Birgitta Jansson, GIS-samordnare i Skövde.
- Filmprotokoll har fått av Ewa Källman, Puls.
- All träddata har tagits fram genom projektet.

Katrineholm

- Koordinater kommer från Helene Kall på Katrineholms Tekniska förvaltning
- Ledningsinformationen är framtagna av Helene Kall.
- Inmätta träd är framtagna av Helene Kall på Katrineholms Tekniska förvaltning. Inventeringen är gjord inom projektet.

Växjö

- Samtliga VA-filmningar har genomförts inom projektet.

Bilaga 2

Träd runt ledningarna och rotinträngningarna

Tabellen visar en summering av den vanligast förekommande trädarten 10, 20 och 30 meter runt ledningarna. Summeringen är gjord för samtliga städer.

Art	Förekomst 10 meter runt ledningarna	Förekomst 20 meter runt ledningarna	Förekomst 30 meter runt ledningarna
Al	14	34	52
Alm	255	437	587
Äpple/apel	104	142	164
Ask	70	122	161
Lind	107	196	264
Linguster	26	30	30
Lönn	170	289	358
Magnolia	4	4	4
Murgröna	3	3	3
Olvon	1	2	2
Pagodträd	-	11	19
Paradisbuske	13	13	13
Päron	17	21	25
Pil/Vide	526	723	818
Platan	33	62	102
Poppel	253	389	476
Prakttry	12	12	13
Robinia	15	32	42
Rönn/Oxel	150	212	238
Rönsumak	4	4	4
Ros	30	40	40
Snöbär	2	2	2
Spirea	55	65	68
Syren	81	81	82
Tall	60	79	81
Thuja	56	65	74
Tok/Ölandstok	1	1	1
Try/Kaprifol	16	16	16
Valnöt	5	9	11
Vinbär/Måbär/Rosenrips	2	2	2
Vingnöt	1	2	2
Katsura	1	1	1
Kornell	7	8	8
Körsbär	162	223	263
Lärk	6	11	11
Lind	107	196	264
Linguster	26	30	30
Lönn	170	289	358
Magnolia	4	4	4
Murgröna	3	3	3
Olvon	1	2	2
Pagodträd	-	11	19
Paradisbuske	13	13	13
Päron	17	21	25
Pil/Vide	526	723	818
Platan	33	62	102
Poppel	253	389	476

Art	Förekomst 10 meter runt ledningarna	Förekomst 20 meter runt ledningarna	Förekomst 30 meter runt ledningarna
Praktry	12	12	13
Robinia	15	32	42
Rönn/Oxel	150	212	238
Rönsumak	4	4	4
Ros	30	40	40
Snöbär	2	2	2
Spirea	55	65	68
Syren	81	81	82
Tall	60	79	81
Thuja	56	65	74
Tok/Ölandstok	1	1	1
Try/Kaprifol	16	16	16
Valnöt	5	9	11
Vinbär/Måbär/Rosenrips	2	2	2
Vingnöt	1	2	2

Tabellen visar en summering av den vanligast förekommande trädarten 10, 20 och 30 meter runt rotinrängningarna. Summeringen är gjord för samtliga städer.

Art	10 meter runt rotpunkterna	20 meter runt rotpunkterna	30 meter runt rotpunkterna
Al	6	24	55
Alm	233	762	1370
Äpple/Apel	123	285	392
Ask	50	152	347
Avenbok	136	341	558
Benved	-	4	4
Berberis	4	4	5
Björk	269	649	1003
Bok	10	65	133
Buxbom	-	-	1
Ceder	-	3	5
Cotoneaster	17	37	51
Cypress	5	14	30
Doftschersmin	7	29	44
Ek	38	103	191
En	12	17	22
Fjärilsbuske	-	2	4
Fläder	19	34	48
Forsythia	17	35	44
Ginko biloba	-	3	7
Gran	22	94	144
Gullregn	4	13	22
Hagtorn	129	400	602
Hassel	50	79	106
Hästkastanj	70	155	258
Idegran	7	17	35
Järnek	-	-	2
Karangan	4	11	13
Katalpa	-	-	2
Katsura	-	-	1
Kornell	7	18	34
Körsbär	153	433	729
Lärk	3	9	28
Lind	135	359	681
Linguster	59	145	221
Lönn	174	537	989

Art	10 meter runt rotpunkterna	20 meter runt rotpunkterna	30 meter runt rotpunkterna
Magnolia	1	3	5
Murgröna	4	7	20
Pagodträd	-	8	23
Paradisbuske	12	21	24
Päron	15	34	85
Pil/Vide	716	1872	3013
Platan	43	166	608
Poppel/Asp	400	1060	1752
Praktry	13	30	38
Robinia	18	42	67
Rönn/Oxel	151	395	642
Rönnsamak	1	10	22
Ros	94	193	243
Snöbär	-	3	6
Spirea	119	219	289
Syren	58	147	226
Tall	47	151	257
Thuja	24	88	162
Tok/Ölandstok	1	1	1
Try/Kaprifol	28	39	50
Valnöt	2	8	13
Vinbär/Måbär/Rosenrips	1	1	7
Vingnöt	1	1	1

Bilaga 3

Fördelning av kombinerade ledningar, dag- och spillvattenledningar

Fördelning av ledningslängd i mellan kombinerade ledningar, dagvatten- och spillvattenledningar. Värdena visas procentuellt (%) samt som kilometer ledning.

	Malmö stad	Malmö stadsfastigheter	Skövde	Katrineholm	Totalt
Det totala ledningsnätet					
Kombinerande	23,3 % (347,22 km)	8,2 % (9,49 km)	-	¹	17 % (356,49 km)
Dagvatten	41,0 % (611,96 km)	63,9 % (74,25 km)	43,9 % (233,25 km)	²	43 % (919,50 km)
Spillvatten	35,7 % (553,05 km)	27,9 % (32,44 km)	56,1 % (297,85 km)	³	40 % (863,29 km)
Totalt	1 512,23 km	116,18 km	531,1 km	-	2 139,28 km
Undersökta ledningar inkl. de lagda innan 1970					
Kombinerande	5,4 % (0,75 km)	13,6 % (1,89 km)	-	-	5,9 % (2,63 km)
Dagvatten	62,5 % (8,67 km)	67,3 % (9,36 km)	39,5 % (5,66 km)	45,1 % (1,28 km)	55,5 % (24,87 km)
Spillvatten	32,1 % (4,45 km)	19,1 % (2,65 km)	60,5 % (8,67 km)	54,9 % (1,56 km)	38,6 % (17,36 km)
Totalt	13,87 km	13,90 km	14,33 km	2,84 km	44,84 km
Undersökta ledningar exkl. de lagda innan 1970					
Kombinerande	5,1 % (0,70 km)	1,4 % (0,1 km)	-	-	2,4 % (0,80 km)
Dagvatten	62,7 % (8,57 km)	79,4 % (5,75 km)	42,2 % (5,42 km)	-	58,4 % (19,70 km)
Spillvatten	32,2 % (4,40 km)	19,2 % (1,39 km)	57,8 % (7,43 km)	-	39,2 % (13,23 km)
Totalt	13,87 km	7,24 km	12,85 km	-	33,73 km

¹ De kombinerade avloppen finns ej särredovisade för Katrineholm utan är sammanräknade med spillvattenledningarna.

² Ungefär 127 kilometer.

³ Ungefär 229 kilometer inklusive de kombinerade ledningarna.

Bilaga 4

Rotinträngningar per material

Antalet rotinträngningar per meter fördelat på material, förtydligande med uträkningar.

Material	Totalt i antal meter ledningslängd	Antal rotinträngningar	Antal rotinträngningar per meter
PE	71	2	0,028
PEH	383	16	0,042
POL + STR	568	32	0,056
BTG	30128	1914	0,064
GJJ	90	6	0,067
PP	74	5	0,068
PVC	2469	205	0,083

PE = Polyeten

PEH = Polyeten med hög densitet

POL + STR = Strumpade ledningar (förkortningarna skiljer mellan Skövde och Malmö)

BTG = Betong

GJJ = Gjutjärn

PP = Polypropen

PVC= Polyvinylklorid



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
E-post svenskvatten@svenskvatten.se
www.svenskvatten.se