



Åtgärder för vitalisering av träd

– en dokumentation och utvärdering av ståndortsförbättrande
åtgärder i Malmö stad

Mattias Thelander



SLU Alnarp
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept of Landscape Management and Horticultural Technology

Rapport 2006:13
Report

ISSN 1652-1552

I denna serie publiceras rapporter från Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik vid SLU Alnarp.

This is a publication from the Department of Landscape Management and Horticultural Technology at the Swedish University of Agricultural Sciences in Alnarp.

En lista på publicerade rapporter i serien finns på institutionens hemsida med adressen www.lt.slu.se

The issues in this series of publications are listed at the homepage www.lt.slu.se

Mattias Thelander är utbildad landskapsingenjör och arbetar idag på Drift & Underhållsavdelningen på Gatukontoret i Malmö Stad.

FÖRORD

Tack till följande personer:

Gatukontoret, Malmö stad, för att jag har fått möjligheten att genomföra denna trainee-utbildning och förkovring i ämnet.

Örjan Stål för ditt engagemang och din entusiasm i mitt arbete och för alla givande diskussioner.

Opponent Eva-Lou Gustafsson, för dina kloka synpunkter.

Handledare, Kaj Rolf för din förmåga att uttrycka dig så att även en forskningstraineé kan begripa.

Tim Delshammar, och mina trainee-kolleger Josefine, Anna, Annika och Henrik, för att ni varit mina bollplank och för givande och kritiska diskussioner på institutionen.

Prefekt Håkan Schröder och mina övriga kolleger på Institutionen för Landskapsteknik, SLU Alnarp, för vägledning och muntra tillrop.

Slutligen min flickvän, doktorand Maria Pålsson, för stöd och din hjälp med arbetsstruktur.

Foton är tagna av författaren där inget annat anges.

Alnarp den 28 februari 2006.

Mattias Thelander

SAMMANFATTNING

Denna studie utgör en del av en sex månaders forskningstraineet-utbildning på SLU Alnarp, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik. Studiens innehåll är beställt av Malmö stad, Gatukontoret och behandlar ämnet *träd i hårdgjorda ytor*.

Syftet med studien var att, med stöd av ämnesrelaterad forskning och andra mätmetoder, dokumentera och utvärdera fyra ståndortsförbättringar i anslutning till befintliga träd i hårdgjorda ytor i Malmö. Denna rapport är tänkt att ligga till grund för en kommande åtgärdsplan för de träd i Malmö som fortfarande har snarlika växtförhållanden som de behandlade träden hade innan åtgärderna utfördes. Beställarens tanke med studien är att kunna dra lärdom av om åtgärderna (utifrån de olika platsernas förutsättningar), var de rätta eller om det finns andra alternativ. Kan åtgärderna och hållbarheten i de nya anläggningarna motivera fler snarlika ståndortsförbättringar?

Fallstudien baserades på följande punkter och frågeställningar:

- En dokumentation, baserad på följande frågeställningar:
 - Varför har fyra olika ståndortsförbättringar blivit utförda i Malmö och vilka alternativ fanns?
 - Hur har dessa ståndortsförbättringar utförts?
 - Vad har åtgärderna kostat vid tillfället?
- En utvärdering av:
 - Vilken effekt har de olika åtgärderna haft på träden?
- En redogörelse av:
 - Vad krävs för att bibehålla trädens nyvunna vitalitet, beroende på åtgärdstyp och givna förutsättningar?

Urvalet i studien gjordes utifrån att de representerar vanligt förekommande, hårdgjorda miljöer i staden där även träd förekommer. De valdes också för att träden uppvisat tecken på hur träd kan reagera under dessa förutsättningar och för att träden vitaliserats på fyra olika sätt. Objekten fastställdes av gatukontoret i Malmö.

Dessa är:

Erikslustvägen, där träden genomgått substratbyte med en oförändrad växtbäddsvolym.

Augustenborgsgatan, där träden på en parkeringsyta fått förstörade, sammanhängande växtbäddar med infiltrationsmöjligheter och skelettjord.

Fersens väg, där träden på östra sidans gångbana fått utökade, sammanhängande växtbäddar med infiltrationsmöjligheter och skelettjord.

August Palms plats, där träden fått en utökad växtbädd, skelettjord och vegetationstäckning runt stammar och befintligt rotsystem.

Dokumentation av fallen, d.v.s bakgrunden och genomförandet av åtgärderna, gjordes genom intervjuer med personer med anknytning till fallstudien och studier av bygghandlingar för varje enskilt fall.

Registrering av eventuella förbättringar av trädens vitalitet gjordes med hjälp av tillväxtmätningar och vitalitetsbedömningar.

Litteraturstudien (kunskapsbakgrunden) syftar till att klarlägga vilka faktorer som dels har en negativ påverkan på träd i urban miljö, och dels till att belysa vilka kriterier man bör ta i beaktande vid användande av träd i sådana miljöer. Dessa fakta används som en del i utvärderingen av fallen men också i diskussionsdelen och i slutsatserna.

Resultaten från fallstudien visade att man kan lyckas att få äldre träd, som är väg att dö, att återigen börja må bra och få förnyad vitalitet. Beroende på de möjligheter som den omgivande miljön kring träden ger och på vilken metod man väljer att använda, ger ståndortsförbättringen olika lång hållbarhet.

I fallet Erikslust visade sig en smal, öppen list med utbytt jord som enda åtgärd, vara en tillräcklig behandling för att få förnyad vitalitet i träden i nästan 10 år. Den enda upprätthållande insats som är nödvändig är att, genom t ex nedfräsning, tillföra nytt organiskt material med 8-10 års mellanrum.

I fallet Augustenborgsgatan gav det permeabla ytskiktet och skelettjorden en kraftig förbättring av träden, som 5 år efter behandling inte visar några tecken på degenerering. Hållbarheten i denna anläggning beräknades till ca 10 år, varefter endast ny näring behöver tillföras genom ytskiktet.

Längs Fersens väg fick lindarna sådan nyvunnen kraft att rötterna utanför den behandlade ytan nu lyft beläggningen. Likaså gav träden ett mycket vitalt intryck i förhållande till de obehandlade referensträden. Hållbarheten i anläggningen beräknades vara lite kortare än i fallet ovan, beroende på att den behandlade ytan här är mindre än på Augustenborgsgatan. De upprätthållande insatserna kan utgöras av näringstillförsel genom det permeabla ytskiktet med 6-8 års intervall.

På August Palms plats skapades förutsättningar för att kunna tillföra ny näring kontinuerligt genom att användandet av markvegetation runt träden. Anläggningen var så ny (utförd 2004/2005) att det inte var möjligt att registrera ett tydligt resultat av åtgärden.

Slutsatserna av studien var att det går att skapa tillräckligt gynnsamma förhållanden för träd i situationer där det är svårt att fullt ut ta hänsyn till nödvändiga faktorer som luft, vatten, näring och rotutrymme. Trots en brist på någon av faktorerna kan en vitalitet upprätthållas, om än med mer eller mindre återkommande underhållsinsatser. Utan möjlighet till kontinuerlig tillförsel av organiskt material är anläggningarna hållbara i ca. 10 år.

Av fallstudiens olika objekt var det träden vid August Palms plats som hade bäst förutsättningar att utvecklas väl, utan några större upprätthållande åtgärder. Detta, tack vare väl tilltaget rotutrymme och en förhållandevis stor öppen yta med markvegetation i.

Utmed Augustenborgsgatan och Fersens väg har lindarna numera relativt bra förutsättningar. För att åtgärderna skulle ha blivit långsiktigt hållbara, utan några större underhållsinsatser, hade det behövts större möjligheter för kontinuerlig näringstillförsel. Fersens väg skulle också behövt en större infiltrationsyta.

Träden längs Erikslustvägen hade sämst förutsättningar, men hade också sämst markförutsättningar. Utifrån den situation som träden befann sig i behöver träden återkommande, stödjande insatser för att överleva.

Om utgångspunkten är att det även i framtiden ska finnas stora, äldre träd i staden är det många gånger både ekonomiskt och estetiskt försvarbart att välja ståndortsförbättrande åtgärder för befintliga träd istället för att ta bort dem och ersätta de med nya.

1 INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	8
1.3 Avgränsning	8
2 KUNSKAPSBAKGRUND	10
2.1 Allmänna förhållanden i den hårdgjorda staden och dess påverkan på träden	10
2.1.1 Påverkan ovan mark och av tekniska installationer.....	10
2.1.2 Allmänt förekommande jordförhållanden för träd i stadsmiljö	12
2.2 Ståndortsförbättrande åtgärder	15
2.2.1 För träden gynnsamma jordegenskaper	16
2.2.2 Skelettjord.....	20
2.2.3 Referenser med erfarenhet av ståndortsförbättrande åtgärder för träd i hårdgjorda ytor	23
3 METOD	26
3.1 Urval	27
3.2 Intervjuer	27
3.3 Tillväxtmätning	27
3.4 Vitalitetsbedömning	28
4 RESULTAT	30
4.1 Erikslust	30
4.1.1 Bakgrund.....	30
4.1.2 Genomförande av åtgärd.....	32
4.1.3 Resultat av mätningar	33
4.1.4 Utvärdering.....	36
4.2 Augustenborgsgatan	38
4.2.1 Bakgrund.....	38
4.2.2 Genomförande av åtgärd.....	40
4.2.3 Resultat av mätningar	42
4.2.4 Utvärdering.....	43
4.3 Fersens väg	46
4.3.1 Bakgrund.....	46
4.3.2 Genomförande av åtgärd.....	48
4.3.3 Resultat av mätmetoder	49
4.3.4 Utvärdering.....	51
4.4 August Palms plats	54
4.4.1 Bakgrund.....	54
4.4.2 Genomförande av åtgärd.....	55
4.4.3. Resultat av mätningar.....	58
4.4.4 Utvärdering.....	60
5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	63
6 KÄLLFÖRTECKNING	72
BILAGA 1. Data från tillväxtmätningar	75

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Många äldre träd i våra städers hårdgjorda miljöer lever idag under kärva förhållanden. I förhållande till träd i parkmiljö är tillståndet för allt fler träd i hårdgjorda ytor så mycket sämre att det krävs ansenliga och genomtänkta insatser för att även i framtiden kunna ha stora, välmående träd i dessa miljöer (Neely et al., 1998). Träden har en gång i tiden blivit planterade under helt andra förutsättningar än vad dagens samhälle ofta kan erbjuda dem och detta har lett till att många därmed börjat ta skada eller till och med dött. När man anlagt nya gatumiljöer, torgytor, eller förstärkt lednings- och kabelfsystem har de befintliga trädens levnadsvillkor glömts bort, ignorerats eller av okunskap fått ”anpassas” till förändringarna. De biologiska förutsättningar som träd kräver har således fråntagits dem för att istället tillgodose människans krav på bland annat tillgänglighet och bekvämlighet. Effekterna av ingreppen (som kan visa sig först efter 10-30 år¹) är inte bara att träden för en tynande tillvaro och degenererar utan också att det ofta uppstår problem med rotuppträngningar i markbeläggningar och i ledningar.

För att kunna ta hänsyn till både hårdgjorda ytor, ledningsdragningar och till vegetationens krav har kommunala förvaltningar, konsulter, forskare m.fl. provat en mängd åtgärder. Det är dock först de senaste cirka tio till femton åren man, med en större förståelse för orsak och verkan, har börjat titta på mer varaktiga åtgärder som tar hänsyn till både vegetationens och de tekniska installationernas hållbarhet och funktion.

Ståndortsförbättring för äldre träd är ett alternativ som blir allt mer nödvändigt om man även i framtiden vill ha stora, vitala träd i urbana miljöer. De äldre träden fyller en viktig funktion i en annars ganska monoton, hårdgjord miljö, och när det blir allt svårare att tillgodose tillräckliga utrymmen under mark åt nya träd kommer dessa därmed att få det svårt att utvecklas till samma storlek och ålder som de befintliga. Förutsatt att de gamla träden har en möjlighet att återfå sin vitalitet är det, ur både en ekonomisk som tidsbesparande aspekt, en fördel att genom olika ståndortsförbättrande åtgärder värna om deras bevarande istället för att satsa på en ersättning av dessa.

En metod för att kunna bevara vitala, äldre träd kombinerat med funktionella, hårdgjorda ytor är att byta ut befintlig jord och ersätta denna med t ex skelettjord. Denna metod bygger på att man framför allt försöker skapa större tillgängligt rotutrymme och tillgodose trädets behov av luft och vatten, samtidigt som man skapar en bärande trafikyta (Kristoffersen, 1998). Beroende på hur åtgärden är utförd och vilken typ av uppföljningsinsatser som krävs och efterlevs kan hållbarheten på de olika anläggningarna variera.

Det stora problemet med att skapa långsiktiga lösningar för träd i hårdgjorda ytor, oavsett om det gäller nya eller gamla träd, tror en del idag beror på att man inte lyckas tillgodose tillräckligt många aspekter till fördel för träden. Den faktor som är av störst betydelse för att ett träd skall kunna utvecklas väl är att man så långt som möjligt försöker tillgodose trädets naturliga förutsättningar i marken, d.v.s. tillräcklig jordvolym, gasutbyte (syre och koldioxid), näring (tillförsel av organiskt material) och vattentillgång (Arnold, 1993; Craul, 1992). När man studerar många av dagens skelettjordsanläggningar förefaller många av dessa att inte ta tillräcklig hänsyn till alla dessa nödvändiga faktorer.

¹ Schröder, Klaus, muntligen, 2004.

Förutom de ofta förekommande missbedömningarna av de rent biologiska aspekterna för trädens hälsa, kan en oförståelse för olika förvaltningars ansvarsområden få en negativ effekt eftersom arbetena många gånger berör både va-, trafik- och parkförvaltningar. Svenska Kommunförbundet, (2003), påtalar att ”god stadsbyggnad handlar om att väga samman olika funktioner till en helhet – att inte låta olika särintressen ta över”, vilket kan ses som en bra utgångspunkt när man eftersträvar en vital vegetation i kombination med hårdgjorda ytor.

Inom Malmö stad har det under cirka tjugo år provats olika ståndortsförbättrande åtgärder för ett antal äldre träd. Syftet med dessa åtgärder var att undersöka om den åtgärd man valde, utifrån de förutsättningar som gavs, skulle kunna leda till att träden fick förnyad vitalitet. Bedömningen gjordes också utifrån, att de befintliga träden hade mycket stor betydelse för platsen och att det inte skulle vara möjligt att återfå lika stora och gamla träd på samma platser med de förutsättningar som de olika platserna hade.

Redan på ett tidigt stadium var Malmö stad involverade i användandet av vakuumteknik som schaktmetod för jordsanering. På 1980-talet provade man, i samarbete med Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp, att byta jord runt befintliga träd. Bakgrunden till de olika testerna var att man på varje plats som ingått i testerna såg att träden mädde dåligt och att detta med största sannolikhet berodde på att det inte fanns några förutsättningar kvar för träden att på sikt överleva. Exempel på detta var minimala växtbäddar omgärdade av hårdgjorda ytor med ingen eller ringa tillgång till vare sig luft, vatten eller organiskt material.

I den inventering som gjorts över vilka träd i Malmö som har behov av någon form av ståndortsförbättrande åtgärd ingår över 2000 träd. Det är en förhoppning att denna studie skall utgöra ett bra underlag för att fastställa vilka arbetsmetoder och kriterier som behövs för att uppnå ett så fullgott resultat som möjligt för framtida ståndortsförbättrande åtgärder för träd.

1.2 Syfte

Studiens syfte var att sammanställa ett dokument som ger svar på följande frågor inom de tre följande punkterna:

- En dokumentation av:
 - Varför har fyra olika ståndortsförbättringar blivit utförda i Malmö och vilka alternativ fanns?
 - Hur har dessa ståndortsförbättringar utförts?
 - Vad har åtgärderna kostat vid tillfället?

- En utvärdering av:
 - Vilken effekt har de olika åtgärderna haft på träden?

- En redogörelse av:
 - Vad krävs för att bibehålla trädens nyvunna vitalitet beroende på åtgärdstyp och givna förutsättningar?

1.3 Avgränsning

Studien bygger på fyra fallstudier från Malmö som utvärderats med hjälp av aktuella, nationella och internationella forskningsrön, egna bedömningar och andra fakta såsom praktiska erfarenheter som berör ståndortsförbättrande åtgärder för träd i hårdgjorda ytor. Studien syftade dels till att studera effekterna och hållbarheten av de olika åtgärderna och dels till att stäl-

la de i relation till åtgärderna tillgodoser de för träden nödvändiga faktorerna luft, vatten, näring och rotutrymme.

Någon ingående beskrivning över klimatologiska förutsättningar, artval, jordars egenskaper eller detaljerade växtfysiologiska fakta behandlas inte utförligare utan berörs istället mer på ett grundläggande plan. När mer detaljerade fakta inom dessa ämnesområden krävs hänvisas till redan publicerad forskning (referensmaterial), alternativt ytterligare studier.

2 KUNSKAPSBACKGRUND

2.1 Allmänna förhållanden i den hårdgjorda staden och dess påverkan på träden

Både ovan och under mark förekommer många faktorer som påverkar träd i urban miljö negativt. Negativt, i den meningen att träden inte får sina behov av luft, vatten, näring och utrymme tillgodosedda i den omfattning de behöver. Bland dessa faktorer kan nämnas ytans karaktär som ofta består av ett tätt ytskikt, vars överbyggnad förhindrar gasutbyte och infiltration av dagvattnet. Ytan, som ofta belastas av fordon eller av gående, halkbekämpas vilket kan leda till en försvagad aggregatstruktur² i den omkringliggande jorden och detta kan då ge upphov till att jorden får en försämrad luft- och vattenhållande förmåga. Jorden som används till den ofta minimala planteringsgropen är ofta ditransporterad och lagrad vilket kan ge abrupta övergångar och strukturskillnader mellan jordlagerna som bl. a försvårar de kapillära krafterna samtidigt som man också kan ha förstört jordens egenskaper med resultatet att det bl a inte finns något större biologiskt liv i denna. Eftersom ytorna hålls rena från bl a löv så tillförs inte heller något nytt organiskt material vilket utarmar både jordens egenskaper men också livet i denna.

2.1.1 Påverkan ovan mark och av tekniska installationer

För att underlätta framkomligheten används diverse hårda, kompakta markbeläggningar som, genom beräknade fall, effektivt leder bort vattnet. Markbeläggningen vilar i sin tur på en kompakt överbyggnad som ska säkerställa att slitytan inte sätter sig. Under eller vid sidan av denna ligger diverse ledningar och kablar som ska tillgodose de krav vi har på tillgång till vatten, el, gas etc. I denna miljö skall också träden förse oss med grönska. Tyvärr är detta inte förenligt med trädens naturliga situation. Oavsett växtplats har träd samma fundamentala krav på levnadsvillkor. Studier av träd i denna typ av stadsmiljö påstår att livslängden hos t ex gatuträd i New York endast är ca 10 år (Kristoffersen, 1998). Annan forskning styrker detta genom att hävda att levnadsförhållandena i urbana miljöer kan förkorta livslängden hos träd som för t ex lind (*Tilia*) till 60 år i förhållande till kanske 1000 åriga träd i naturlig miljö (Sieghardt et al., 2005). Oavsett antalet år som träd lever i dagens urbana miljöer bör man vara medveten om att denna tid är avsevärt mycket kortare än vad den är för träd under naturliga förhållanden.

Den mest negativa, påverkande faktorn för träd i hårdgjord stadsmiljö är att rotmiljön är så ogynnsam. När markbeläggningen är tät förhindras dels trädets möjligheter att ha ett fungerande gasutbyte och dels tillgången till vatten och organisk tillförsel (Watson & Neely, 1994). Gasutbytet mellan jord och luft ovan jord behövs för markens avgång av koldioxid och för att jorden, och därmed rötterna, ska få tillgång till syre. Uteblivet gasutbyte kan skapa anaeroba³ förhållanden vilket medför att nedbrytningsprocesserna i jorden avstannar och att rötterna antingen dör eller söker sig högre upp i markprofilen (Wiklander, 1976) som då kan leda till ojämnheter/lyftningar i markbeläggningen (Figur 1). Att rötterna söker sig upp under markbeläggningen beror på att det här finns kondensvatten och syre.

² Aggregatstruktur: Motsats till enkelkornstruktur (t ex sand) där aggregerad jord består av partiklar som är förbundna till varandra i aggregat som skapar fina porer inuti aggregaten och större porer mellan aggregaten. Normalt är de fina porerna vattenfyllda och de grövre luftfyllda. (Wiklander, 1976)

³ Anaeroba förhållanden = syrefria

Vattnet, som borde komma trädets rötter tillgodo, leds istället bort i dagvattenledningar, avdunstar på grund av den hårdgjorda ytan, tillförs i så små mängder, eller i så ojämna intervall att de biologiska och fysiologiska egenskaperna i jorden rubbas (Stål, 2001). Träd som är omgärdade av hårdgjorda ytor får för lite vatten sommartid och för mycket andra perioder (Sieghardt et al., 2005). Effekterna av detta är att träden får symptom på vattenstress⁴ eller att de till och med dör. Om det finns för mycket vatten i jorden finns inget syre att tillgå och om det saknas vatten kan inte växtens växtfysiologiska egenskaper upprätthållas. Tillgången på vatten är också beroende av i vilket skick jorden är, vilket diskuteras mer ingående i kapitel 2.1.2. Förutom att vattnet antingen är tillgängligt för träden i för liten eller för stor mängd utgör den hårdgjorda ytan ett effektivt hinder för tillförseln av **organiskt material**. På grund av att ytan inte släpper igenom någon större eller jämn mängd vatten, men också för att den kontinuerligt städas, kan inte heller det organiska materialet, som löv, kvistar mm, brytas ned, eftersom det inte får någon kontakt med själva jordsubstratet och dess eventuella, biologiska liv. Markbeläggningen skapar på så sätt en ond cirkel ur trädhänseende eftersom den försvårar tillgången på vatten och näring samtidigt som jordens näringsförråd och biologiska liv då också utarmas (Aldentun et al., 1993).



Figur 1. Bilden visar en vanligt förekommande situation med kompakt och tät yta kring trädet. Ribevägen, Malmö.

De tekniska installationerna⁵ under mark kan påverka rötterna negativt om de placeras allt för nära träden, oavsett om det gäller nyplanterade träd eller äldre, befintliga träd. Initialt påverkas trädet när man gräver ner ledningarna, vilket ofta görs utan hänsyn till rotförekomst i den tänkta ledningsgraven och att rötterna därmed skadas. Antingen riskerar de att grävas av/bort eller så ligger de exponerade för väder och vind under allt för lång tid.

På längre sikt innebär förekomsten av ledningar att man då och då kan behöva reparera/byta ut dessa. Befinner de sig då i trädets närhet kan ytterligare rotpåverkan uppstå. Läggs ledningarna med en omslutande makadambädd söker sig gärna rötterna dit om den övriga växtbädden inte har de rätta egenskaperna (se kapitel 2.2.1), vilket medför att rötterna då kan åsamka ledningarna skada. En vanligt förekommande företeelse är att ledningar med luft och/eller vatteninnehåll i närheten av träd får rotinträngningar. Detta kan i och för sig härledas till att växt-

⁴ Vattenstress: För lite eller för mycket vatten som är tillgängligt för vegetationen.

⁵ Avser ledningar, rördragningar och kablar såsom VA, fjärrvärme, kabeltv, belysning, gas mm

substratet saknar just luft- och vattenhållande förmåga, alternativt att det tänkta rotutrymmet är allt för litet, men eftersom ledningarna ofta är lagda inom trädens rottillväxtområde blir konflikten ofta oundviklig.

2.1.2 Allmänt förekommande jordförhållanden för träd i stadsmiljö

Under denna rubrik belyses fyra mycket vanliga ståndortsfaktorer i stadsmiljö som har en negativ påverkan på trädens vitalitet. Dessa är *otillräckliga rotutrymmen*, *kompakterad jord*, *saltpåverkan* och *avsaknad av organiskt material*. Anledningen till att dessa valts är dels det som nämnts ovan men också för att faktorernas påverkan är/har varit så påtagliga i fallstudien. Gemensamt för alla fyra faktorerna är att de ger upphov till stress hos träden. Med stress menas en för växten ogynnsam omgivningsfaktor, till exempel vattenbrist, näringsbrist, markkompaktering etc. och det är framför allt rotmiljön som påverkas av dessa stressfaktorer (Pålstam, 2003). Man kan se stress som en störning som tillförts ett system och är främmande för detta eller naturligt för systemet men tillfört i överskott (Rolf & Moback, 1991).

Otillräckliga rotutrymmen

För att ett träd ska växa och trivas måste trädets rötter ges förutsättningar att försörja resten av trädets. Tillväxten av rötter sker således där omgivningen är fördelaktig, d.v.s. där det finns plats, näring, syre och vatten (Rolf, 1994). Detta, så att trädets som helhet skall nå en så god utveckling som möjligt. Trädets rötter kan därför t ex leta sig långt utanför droppzonen⁶ eller vara totalt ensidiga. Det innebär alltså att rötterna växer och formar sig efter rådande omständigheter i marken, vilket är viktigt att ha kännedom om när man initialt planerar för trädets placering och de markförutsättningar som ges (volym och jordegenskaper). På så sätt kan man minska risken för rotinträngningar i ledningar och lyftningar av beläggningar. Som tidigare nämnts tillgodoses den hårdgjorda ytans krav på bärlighet med hjälp av kompakterad makadam mm, vilket många gånger innebär att den jordvolym som träd i denna miljö får sig tillhanda är alldeles för liten för att kunna försörja trädets med tillräckliga mängder vatten, luft och näring. Detta betraktas generellt vara den största orsaken till att träd inte blir så långlivade i urbana miljöer enligt Arnold (1993).

Ett exempel på en vanligt förekommande jordvolym för träd i hårdgjorda ytor kan vara ca. 1,5 x 1,5 x 1 m. (2,25 m³). Denna jordvolym föreslås många gånger oavsett det valda trädets naturliga, vuxna storlek. Forskning baserad på ett större trädets vatten- och näringsbehov menar att den rottillgängliga jordvolymen bör vara mellan 10 och 20 m³ stor. Annan forskning anser att det behövs en rottillgänglig jordvolym för ett träd med förväntad kron diameter på 20 m² på mellan 6 och 15 m³ (Rolf & Moback, 1991). Teorierna bakom dessa påståenden diskuteras mer ingående under rubriken *Tillgängligt rotutrymme* på sidan 21 men utifrån dessa rekommendationer blir det tydligt att de jordvolymerna som många gånger föreslås idag är alldeles för små för att kunna tillgodose trädets behov.

Jordkompaktering

I den urbana, hårdgjorda miljön är i stort sett alla beläggningsytor uppbyggda med en hårt komprimerad överbyggnad. Syftet är givetvis att skapa en bärlighet för den tänkta ytans funktion men den hindrar också effektivt rötterna hos gatuträden från att breda ut sig. Detta är en av de viktigaste orsakerna till gatuträdens dåliga tillväxt, enligt Kristoffersen & Nilsson (1998). Förutom den kompakterade bärlagerytan blir själva planteringsjorden också ofta kom-

⁶ Droppzon: Tänk cirkel utefter kronprojektionens diameter.

pakt. Det kan bero på att tyngre arbetsmaskiner belastat ytan eller att jorden har en olämplig struktur eller textur, eller organiskt innehåll.

Jordar med olika textur (olika jordarter ovanpå varandra) som t ex styv lera ovanpå en sandig jord ger en torr botten utan kapillärkraft med en topp av våt, tät jord, vilket försvårar för rötterna att sprida sig ut ur sin planteringsgrop⁷. Kompaktheten kan också bero på att ytorna utsatts för olika aktiviteter även när de varit våta. Stående ytvatten är ofta ett synligt bevis på dålig jordstruktur till följd av markpackning (Rolf & Moback, 1991).

De flesta urbana jordar har blivit transporterade vilket kan förstöra deras aggregatstruktur (Craul, 1992). Detta konstaterande bygger på att det oftast är lerjordar som används i urbana sammanhang⁸ men om en lerrik jord (> 15%) har god struktur är den mycket bra. Det är hanteringen som ska vara varsam (när den är så torr som möjligt) för att undvika aggregatsplittning (Pålstam, 2003). I jordar med bra textur/struktur⁹ är upp till 60 % porer, men för att förse rötterna med tillräcklig mängd syre ska åtminstone 10 % av porerna vara luftfyllda, helst 20-25 % enligt Sieghardt et al (2005). Craul (1992) hävdar att den nödvändiga mängden syreinnehåll i % av volym jord anses vara 5-10 % för rottillväxt. Oavsett porositetens exakta, rekommenderade procenttal resulterar en kompakt rotmiljö i en minimal rottillväxt bl a på grund av att jorden därmed då blir syrefri (Sieghardt et al., 2005, Kristoffersen, 1998). Rolf (1994), styrker detta påstående när han refererar till Hopkins och Patrick (1969), som säger att luftmängden i jorden är en mer begränsande faktor för rottillväxten än vad mekaniskt motstånd i finkorniga jordar är. Syrebristen förorsakar förutom detta, en låg nedbrytningshastighet av det organiska materialet (Troedsson & Nykvist, 1973), vilket diskuteras mer ingående nedan. Det växttillgängliga vattnet i kompakta jordar är minimalt eftersom de ofta antingen är torra (blir våta långsammare) eller för våta (torkar upp sakta) (Craul, 1992).

En annan påföljd är att en kompakt eller dåligt dränerad jord försämrar många träds förmåga att utveckla så bra vinterhärdighet som möjligt, med skador som följd (Bengtsson, 1998). Trädens reaktion på kompakterad rotmiljö är att de, om det är möjligt, söker sig upp i markprofilen för att få tillgång till mer syre. Detta gör med andra ord att de får ett ytligt rotsystem som på sikt skapar ojämnheter i ytbeläggningen (Vollbrecht, 1997). De metoder man ofta använder för förbättring av kompakterad jord är t ex lyftning av jord med grävmaskin eller luckring med tjältand. Trots diverse åtgärder för att återställa kompakterad jord anses det dock näst intill omöjligt att få tillbaka den ursprungliga, naturliga strukturen (Watson & Neely, 1998). Dessutom är marken mer packningskänslig efter en luckring än före. Det beror på att en luckrad jord har en mindre stabil struktur och återpackas snabbt om den utsätts för belastningar (Rolf, 1994).

Saltpåverkan

Användningen av vägsalt som halkbekämpningsmedel skadar träden. De höga natriumkoncentrationerna försämrar jordens struktur genom att aggregaten bryts ned. Detta leder till att porerna förändras och att jorden därmed blir kompakt, vilket gör det svårare för syre och vatten att tränga ner i jorden. Dessutom hämmar saltet även rötternas förmåga att ta upp näring.

⁷ Örjan Ståhl, muntligen, 2005-11.

⁸ Eva-Lou Gustafsson, muntligen, 2005-12-13

⁹ Textur: Avser mineraldelens kvantitativa kornstorleksfördelning i marken. Struktur: Det sätt, på vilket markens primärpartiklar är inbördes lagrade och förenade med varandra (Wiklander, 1976).

Denna negativa påverkan minskas vid användandet av jordar som innehåller organiskt material med hög aktivitet av mikro- och makroorganismer vilket berörs mer i kapitel 2.2.1. Natriumjonerna i saltet fäster vid jordpartiklarnas yta och tränger undan andra, för växten nödvändiga näringsämnen såsom kalium, magnesium, mangan, bor och kalcium (Lundquist, 1985).

Höga salthalter i rotnära jord kan också sänka markvätskans vattenpotential (vattentrycket). Detta leder till att vattenbalansen i växten påverkas negativt eftersom bladen måste ha ett lägre tryck än roten för att vattentransporten från rötterna till skotten ska fungera. När andelen joner är större i markvätskan än i roten eftersträvar roten en utjämning av jonkoncentrationen genom att släppa från sig vatten vilket alltså leder till att trädrötterna istället för att ta upp vatten från markvätskan avger vatten med torkskador som följd (Ahlbin, 2004). De estetiska effekterna av saltskador kan visa sig i form av enstaka döda grenar/grenpartier i en för övrigt vital krona (Sieghardt et al., 2005), minskad tillväxt eller genom att bladen får ett utseende som påminner om bladnekros (Svenska Kommunförbundet, 2003). Svårt skadade rotmiljöer kan behöva flera års kontinuerlig urlakning för att eventuellt återhämta sig. Detta kan göras med hjälp av att man vattnar eller gödslar jorden. I värsta fall kan man bli tvungen att byta ut jorden helt (Sieghardt et al., 2005).

Avsaknad av organiskt material

I kapitel 2.1.1 nämndes att markbeläggningen bli en försvårar tillgången på vatten och luft samt nybildandet av näring. Fleråriga växter kräver en helt eller delvis årlig förnyelse av sin bladsättning som åstadkoms genom att växten använder sina näringsreserver. Träd som lever under sådana villkor att inget material utifrån tillkommer, så att produktionen av organisk substans enbart räcker till för att förnya bladsättningen och för skotttillväxten, kommer inte att ha någon nämnvärd tillväxt i stam (Stålfelt, 1960). Förutom detta har det också nämnts att hanteringen av själva planteringsjorden kan försämra jordens egenskaper och därmed trädens förutsättningar, av olika anledningar. Den jord som används i planteringsgropen kan förvisso initialt ha ett innehåll av fördelaktiga komponenter och egenskaper för trädet såsom luft- vattenhållande förmåga och hög näringsstatus, men dessa egenskaper gäller såvida inte jorden blivit lagrad allt för länge eller att den inte blivit utsatt för jordkompaktering, vilket är vanligt förekommande. När inte jordens kvaliteter upprätthålls/underhålls kommer den så småningom dels att utarmas på näring och dels få en försämrad aggregatstruktur (Ek, 1990).

En anledning till att jorden behöver underhållas beror bl a på att jorden ofta är tillverkad enligt en AMA beskrivning eller liknande. Till exempel anger AnläggningsAMA 98 att en växtjord ska ha en mullhalt¹⁰ på 5-8 % oavsett om den är en naturligt bildad eller är en tillverkad jord. En naturlig jord består av levande humus som är väl integrerad med markpartiklarna medan en tillverkad jord består av tillförd torv, kompost eller annat organiskt material, som inte är biologiskt, kemiskt eller fysikaliskt förenat med mineralpartiklarna. Även om den naturliga jorden ”bara” skulle innehålla 4 % mull kommer den tillverkade jorden, i förhållande till den naturliga, att behöva lång tid på sig för att få samma homogena markegenskaper och bli lika stabil. Dessutom sjunker mullhalten snabbt i den tillverkade jorden vilket kan ge sättningsproblem. Under stadsmässiga förhållanden uppnås sällan jordegenskaper som genererar en organisk cykel med ett stadigvarande näringskretslopp. Jordar med god, beständig struktur skapas och bibehålls med hjälp av mångåriga biologiska och fysikaliska processer i jorden (Ashman & Puri, 2002) och dessa egenskaper försämras när jorden schaktas, transporteras,

¹⁰ Mullhalt: För åkerjord liktydigt med humushalt (Wiklander, 1976)

deponeras och tillsätts diverse material (kompost, sand, gödning mm). Om man inte, i den påförda jorden, försöker återskapa och bibehålla den organiska cykeln blir jorden således på sikt förändrad till det sämre. Bland annat är den kapillära förmågan¹¹ helt beroende av markens porsystem och kontinuiteten i detta porsystem (Bucht & Widgren, 1973).

Jordar som används för urbana förhållanden har allmänt ett lerinnehåll som klassificerar de som lerig till lättlera. Sådana lerjordar är beroende av ett aktivt markliv som ger ökad genomsläpplighet¹² (struktur). När man blandar jordar med olika kornstorlek blir porerna ofta mindre och för att få fler och större porer i lerjordar är det enda säkra sättet att tillföra organiskt material. Det är det biologiska livet i jorden som skapar porer och ser till att dessa består¹³.

En annan aspekt att ta hänsyn till vid användning av lerjordar i urbana miljöer är att lerjordar är packningskänsliga (Bucht & Widgren, 1973). Saknas det då organiskt material i denna typ av jord blir de därför mer uttalat aggregatsvaga¹⁴ vilket påverkar jordens vattenhållande förmåga och reducerar de luftfyllda makroporerna, som i sin tur leder till jordkompaktion. Som följd av en minskning av luften i marken går nedbrytningen av det organiska materialet först långsammare för att så småningom övergå till förruttnelse (Eskilsson, 1975). I takt med att det organiska materialet (födan) och luft-/vattenegenskaperna förändras reduceras också innehållet av markorganismer i jorden (Craul, 1992). I en jord som saknar aggregatstruktur reduceras alltså den mikrobiologiska aktiviteten och frigörandet/mineraliseringen av organiska substanser (Sieghardt m.fl., 2005). Ett exempel är kväve, som är ett speciellt viktigt näringsämne för träden. Det utgör inte någon del av mineralpartiklarna i jorden och därför är dess tillgänglighet beroende av mängden organiskt material och hur detta är mineraliserat (Rolf & Moback, 1991). För nyplanterade träd innebär näringsbrist t ex att de får svårt att etablera sig och för både äldre och unga träd kan det innebära att deras rötter tvingas söka sig till konstruktioner och komponenter som kan ge dem förutsättningar att överleva, med risk för att de påverkar funktionen hos dessa konstruktioner/komponenter (va-ledningar, närliggande otäta skikt etc.)

2.2 Ståndortsförbättrande åtgärder

Utifrån, de för träden, hämmande faktorer och förhållanden som belysts i tidigare kapitel grundar sig denna del av studien på att klarlägga vilka kriterier som bör eftersträvas och tas hänsyn till för att träden ska få mer och kontinuerligare tillgång till luft-, vatten- och näring via jordens egenskaper.

Eftersträvansvärt är en jord med stabil aggregatstruktur. Denna stabilitet ökar normalt sett med stigande halter av mull (humus) och ler (Johansson, 1994) men eftersom man inte använder jordar med alltför stort lerinnehåll¹⁵ i urbana miljöer behandlas inte lerjordars egenskaper närmare här. Fokus ligger istället på humusbildningen och dess positiva egenskaper eftersom humus (förutom lera) är jordmånens viktigaste vatten- och näringsförråd. Humuskolloiderna medverkar till de mest stabila aggregaten genom att bilda ler och humuskomplex som är uppbyggda av organomineraliska geler som håller samman markpartiklarna (Stålfelt, 1960).

¹¹ Den kapillära kraften lyfter vattenpelaren i en kapillär upp till en nivå, där vikten av vattenpelaren håller jämvikt med kapillärkraften (Wiklander, 1976)

¹² Eva-Lou Gustafsson, muntligen, 2005-12-13

¹³ Eva-Lou Gustafsson, muntligen 2005-11?

¹⁴ Eva-Lou Gustafsson, muntligen 2005-12-06

¹⁵ I kapitel 3.1.2 *Avsaknad av organiskt material* nämns användningen av lera-lättlera i urbana sammanhang. Dessa har en lerhalt under 25 %. De är lättbrukade men har ofta sämre egenskaper ifråga om tjälskjutning, instabilitet etc. Styvare leror komprimeras lätt. (Troedsson & Nykvist, 1973).

2.2.1 För träden gynnsamma jordegenskaper

Det är lätt att hindra rötter från att växa. De kan inte penetrera jordar som har en avsaknad av luftfyllda porer eller som är väl kompakterade. De kommer inte att växa där det inte finns syre. De kan inte heller penetrera välkonstruerade betongbarriärer eller noggrant installerade rörledningar som inte har sprickor eller fogar (Watson & Neely, 1994). Träd, liksom all annan vegetation, är oftast väldigt anpassningsbara till rådande omständigheter på växtplatsen men om tillgången till syre, vatten och näring försvinner kommer de att dö. Eftersom merparten av de träd vi använder i hårdgjord stadsmiljö har sin naturliga ståndort på platser där det i marken finns tillgång till de ovan nämnda faktorerna, även om de som sagt är anpassningsbara, är det nödvändigt att i så stor omfattning som möjligt försöka tillgodose dessa primära krav.

Hur jorden fungerar som fysiskt underlag för träden beror inte så mycket på själva jordstrukturen i sig som på de egenskaper och förutsättningar som strukturen skapar. Den utformning som porsystemet har (porernas storleksfördelning och kontinuitet) bestämmer hur mycket vatten som varaktigt kan lagras i jorden under olika förhållanden. Detta styr den luftvolym som då kan finnas, hur stor vattenmängd som är tillgängligt för trädet och hur mycket som inte är växttillgängligt. En av de viktigaste förutsättningarna är att jorden innehåller stora porer, s k makroporer, som oftast innehåller luft (Johansson, 1994).

Förna och humus

Det har tidigare i detta kapitel poängterats att träden i hårdgjorda, urbana miljöer ofta lider av otillräckliga mängder luft, vatten och näring. Den faktor som spelar den avgörande rollen för att vidmakthålla dessa tre komponenter i rotmiljön är bildandet av humus eftersom humusens egenskaper bidrar till att bevara aggregaten i jorden. Detta åstadkoms genom att attrahera markfaunan som producerar stabila aggregat (Sieghardt m.fl., 2005). För att de biologiska och kemiska markprocesserna ska fungera är markluften betydelsefull. Markluftens mängd och sammansättning är direkt kopplad till rötternas utbredning, andning och näringsupptag (Troedsson & Nykvist, 1973).

För att åstadkomma en beständig, luftinnehållande jord som innehåller ler krävs det ett biologiskt liv (bl a markorganismer) som ser till att de stora porerna¹⁶ finns och permanentas. För att det ska finnas markorganismer krävs det näring åt dessa. Näring som frigörs när det organiska materialet bryts ner (med hjälp av bl a markorganismerna) under humifieringen och som frigör oorganiska ämnen, s k mineralisering. Genom denna mineralisering återgår den växtnäring som förnan innehåller till jorden. Marken tillförs både organiska och oorganiska ämnen genom urlakning från trädskronorna och vissa ämnen kan t o m tillföras marken i större mängder än genom förnan (Troedsson & Nykvist, 1973). Denna tillförsel minskar drastiskt när de öppna markytorna kring trädet är minimerade som de ofta är i stadsmiljön.

Humusbildning av förna (Figur 2) förekommer i naturen bl a på de ståndorter där man hittar våra ädellövträd. Jorden där är en blandning av organogent och mineralogent material som är rikt på bakterier och djur, bl a dagmaskar, och med ett relativt högt pH (Stålfelt, 1960).

På trädens naturliga växtplatser samlas växtrester kontinuerligt på markytan och bildar ett förnaskikt på 5-10 cm. Denna förna bryts ned av svampar, bakterier, maskar och insekter och

¹⁶ Aggregaten i jorden skapar porositet. De stora porerna i marken kallas makroporer och oftast innehåller luft. De mindre kallas mesoporer och innehåller växttillgängligt vatten medan de allra minsta kallas mikroporer och innehåller vatten som ej är tillgängligt för växterna. (Wiklander, 1976)

omvandlas till humus som markorganismerna blandar in i den underliggande mineraljorden. Daggmaskarna har här en betydande roll eftersom det organiska materialet (förran) passerar maskarnas tarmkanal och blir till exkrement som består av både mineraljord och organisk substans. Födan påverkas i tarmkanalen av bakterier omgivna av en slemkapsel som är positiv för hopkittningen av markpartiklar till stabilare aggregat (Troedsson & Nykvist, 1973; Persson & Skoog, 1995). Ett annat förhållande med positiv inverkan i denna typ av miljö är symbiosen mellan träd och svamphyfer, s k mykorrhiza. Denna jordbundna svampinfektion på trädets rötter förbättrar trädets förmåga att ta upp vatten och näringsämnen samtidigt som svampen får socker och vitaminer från trädet. Dessutom förlänger infektionen rotens livslängd och upptagningsförmåga eftersom mykorrhizan har en vidare utbredning och förgrening i jorden och därmed ges trädet större mängd jord att komma i kontakt med. Aktuell forskning har visat att svamphyferna även kan fräta sig genom sten och hämta näringsämnen direkt därifrån¹⁷.



Figur 2. Naturlig ansamling av bladförna som blir till näring i marken.

I dessa två översta markskikt (till ca 30-50 cm djup) har träden sitt aktiva rotsystem (finrötterna) som förser trädet med vatten, syre och näring (Craul, 1992). Näringsupptagningen sker där i de unga cellerna nära rotspetsen (Troedsson & Nykvist, 1973). I ett sådant system cirkulerar på så vis näringen mellan marken och växterna i ett ständigt kretslopp samtidigt som jordens dränerande och genomluftande egenskaper bibehålls med hjälp av stabila aggregat (Aldentun et al., 1993; Ek et al., 1990). Denna effektiva genomluftning och aggregatbildning beror på de större markdjurens verksamhet som underlättar för de aeroba bakterierna att trivas samtidigt som resultatet ger en fullständigare syresättning av materialet.

Eftersom pH-värdet är relativt högt kommer humuskolloiderna¹⁸ att kitta samman jordpartiklarna och därmed får jorden också en kornig och lucker struktur (Stålfelt, 1960). Under det naturliga växttäcket växer rotsystemen så tätt, att varje del av jordmånen utnyttjas. Tack vare det organiska materialets halt av näringsämnen bildas levande aggregat på så sätt att svamphyfer mm genomväver jordmassan så att partiklarna hålls samman. Detta förhållande fortgår bara så länge det organiska materialet är nytt och oförbrukat. Som ett exempel kan nämnas de finaste rotgrenarna som har en relativt kort livslängd och omsätts snabbt. I och med detta får markförran ett tillskott av organiskt material som sannolikt har stor betydelse tack vare att rötterna innehåller mycket näring. Ju större förnproduktionen är, desto större blir produktionen av jordbildande energirika ämnen (Stålfelt, 1960).

¹⁷ www2.slu.se/forskning/fakta

¹⁸ Den minsta partikelklassen där humus utgör de organiska kolloiderna. (Wiklander, 1976)

I en hårdgjord stadsmiljö ges givetvis inte samma jord- och markförutsättningar som träden skulle ha haft under naturliga förhållanden. Det går dock att efterlikna den naturliga processen som nämnts ovan genom olika tillvägagångssätt. Även om den otäta ytan (runt trädet) inte är tillräckligt stor (Arnold, 1993) kan man hålla jordstrukturen stabil och samtidigt skydda den från väder och vind genom vegetationstäckning (ingen bar mark) (Johansson, 1994). Detta ger en snabbare vatteninfiltration och förhindrar skorpbildning av jorden. Den rotbildning som vegetationstäckning åstadkommer påverkar jordstrukturen positivt eftersom det då bildas sprickor och revor samtidigt som maskaktiviteten ökar och ger jorden en större genomluftning. Vegetationstäckningen skyddar också gödseln (blad mm), humuslager bildas som en naturlig strukturerad vegetation vilken minskar temperaturskillnader, ökar gasutbytet och ökar livsbetingelserna för mikrolivet (Sieghardt et al., 2005).

Ett vanligt sätt att tillföra organiskt material åt träd i stadsmiljö är att använda sig av någon form av undervegetation. Denna vegetation kan utgöras av perenner, buskar eller örter. Andra tillvägagångssätt kan t ex vara användning av årliga växter, bark/flistäckning, stallgödsling, grüngödsling eller kompostutläggning. På tillverkade jordar bör man tillföra multrämmen som kompost, stall- eller grüngödsel eller annan gödsel på ytan eftersom det lätt blir sättningar om de blandas ner i jordprofilen (Pålstam, 2003).

En metod som skulle leverera lämpligt organiskt material och samtidigt vara en billig metod är att låta trädens egen lövmassa bilda humus (Sieghardt et al., 2005), vilket diskuteras mer ingående senare. Om det inte ges utrymme för någon öppen yta runt trädet kan man via riktad rottillväxt styra rötterna till en gynnsammare rotmiljö via ledningar. Dessa tillväxtkanaler, s k rotkontrollbarriärer, fylls helt eller delvis med lucker, näringsrik jord som stimulerar rottillväxt och kan på så vis leda rötterna ut i en närbelägen grönyta eller liknande (Watson & Neely, 1998). Ledningens mest positiva effekt för rötterna är att det här finns syre och kondensvatten och om den skulle sakna tillräckliga mängder näringssubstrat kan rötterna, med hjälp av luft- och vattentillgången, bilda egen förna som omvandlas till näring när finrötterna efterhand dör. På så sätt ”göder” trädet sig själv¹⁹ (Stålfelt, 1960).

Samma princip som riktad rottillväxt utgör kan åstadkommas med skelettjord som är toppad med ett kompakt lager men som genom sin luftighet i skelettet kan leda rötter till lämpliga ytor (Pålstam, 2003).

LOD som vattentillgång

När rötter nått grundvatten är det normalt sett ingen avsaknad av vatten. Finns inget grundvatten lätt att tillgå är det jordens vattenhållande förmåga som är det mest avgörande (Sieghardt m fl, 2005). Eftersom vattentillgången för vegetation i hårdgjorda ytor ofta är begränsad eller ojämn kan man, förutom att tillse att jordens vattenhållande egenskaper är bra, använda sig av olika tekniker för att tillföra vatten. Enligt Couenberg (1998), finns det fem sätt att tillgodose trädens vattenbehov.

1. Grundvatten som är tillgängligt för trädet genom kapillär upptransport
2. Vatten lagrat i porsystemet runt rötterna
3. Vatten som infiltrerat genom beläggningen
4. Vatten som runnit in från sidorna, ibland genom infiltration genom omgivande beläggning

¹⁹ Örjan Ståhl, muntligen 2005-12-09

5. Bevattning

Den metod som belyses i detta arbete är användandet av sk LOD – Lokalt Omhändertagande av Dagvatten. Det motsvaras av punkterna 3 och 4 i Couenbergs (1998) lista. Fördelarna med LOD är att markvattenbalansen blir mindre störd samtidigt som eventuella föroreningar kan bindas i marken istället för att gå direkt ut i havet. LOD är också ett billigare alternativ än att leda vatten via traditionella rörbundna dagvattensystem, såväl vid anläggning som vid drift, oberoende av vinsterna för vegetation och miljö (Lind, 1991).

Det finns en stor mängd utformningsmetoder vid användandet av LOD och metoden som väljs är situationsanpassad, vilket gör att det är omöjligt att generellt beskriva hur lokal dagvattenhantering skall utformas. Allt beror på platsen och de förutsättningar som kan ges (Lind, 1991).

LOD bygger på att utnyttja regnvattnet som en resurs. Det vatten som avleds till vegetation bör komma från ytor som inte innehåller för mycket skadliga ämnen. Därför bör ytor som gator undvikas. Vattnet tas istället från tak, grönytor och gångbanor. Eftersom de hårdgjorda ytorna inte medger någon större infiltration får man antingen tillse att ytan blir permeabel²⁰ eller leda vattnet till den vegetation som har behovet av vatten.

Metoderna för detta är flera. För träd i hårdgjorda ytor går det att t ex använda sig av sk ”Pelle-plattor”²¹ eller annan öppen beläggning, skålade plattor som leder vattnet till växtbädden eller riktade fall till växtbädden som då ska vara av öppen karaktär (singel, dräneringsgrus, vegetation etc).

Tillgängligt rotutrymme

Ett flertal studier (se tidigare rubriker) menar att en av de största begränsningarna för träds vitalitet i hårdgjorda ytor är att den växttillgängliga ytan är för liten. Det är givetvis en rad olika faktorer som avgör hur stor jordvolym ett träd behöver såsom vilken art som avses, vilken jordart, struktur, humushalt jorden innehåller och hur lokalklimatet är på platsen²². Utifrån tidigare forskning, i syfte att beräkna lämpliga jordvolymen åt träd, anges volymen 0,3 till 0,75 m³ jord per m² kronprojektion. Detta baseras på vattenbalansen som beror på jordart och markstruktur. Med stöd av denna beräkning behövs då en rottillgänglig jordvolym för ett träd med förväntad kron diameter på 20 m² mellan 6 och 15 m³.

Resultatet skulle då kunna bli att trädet får en mer normal utveckling men resultat från studier visar också att ett relativt stort och frodigt träd i en grop på 10 m³ når en näringshaltsbegränsning efter 10 till 20 år (Rolf & Moback, 1991). Denna slutsats grundar sig dock troligen på en jord som inte får någon kontinuerlig tillförsel av organiskt material.

Baserat på ett större träds vatten- och näringsbehov är konklusionen av ovanstående att den rottillgängliga jordvolymen bör vara mellan 10 och 20 m³ (Rolf & Moback, 1991). Annan forskning menar att ett medelstort träd åtminstone behöver 5 m³ jord för att sörja för en god

²⁰ Permeabel är detsamma som genomsläpplig.

²¹ Pelle-platta: Pelleplattan fungerar som stabilisering av grus- och gräsytor, samtidigt som den släpper igenom vatten och luft. Plattan är tillverkad i återvunnen hårdplast (HDPE). Plattan tål belastning samtidigt som den är elastisk. (<http://vegtech.se/>)

²² Kaj Rolf, muntligen, 2005-09

tillväxt (Watson & Neely, 1994). Det bör tilläggas att avdunstningen hos ett träd i hårdgjord yta är ungefär 1,5 ggr så stor som hos ett skogsträd (Rolf och Moback, 1991).

Vid situationer då flera träd planteras eller befinner sig intill varandra utvecklas träden bättre om de får en sammanhängande växtbädd än att om de står var för sig. D.v.s. 5 träd i 20 m³ utvecklas bättre än 5 träd i vardera 4 m³. En viss konkurrens kommer att uppstå mellan träden i den sammanhängande växtbädden men fördelarna med ett samutnyttjande är större än nackdelarna med en för liten grop (Rolf, 1994). Försök har också visat att träd i små ytor, men med bra växtbetingelser i övrigt, utvecklade en stor krona i förhållande till roten. (Kristoffersen & Nilsson, 1998).

Minskad saltpåverkan

För att begränsa saltpåverkan på träd och rotmiljö som är belägna i/intill hårdgjorda ytor finns det ett antal metoder. Beroende på det klimat som råder på platsen (maritimt eller kontinentalt påverkat) används salt eller andra metoder för att förhindra halka. I områden med hög luftfuktighet och temperaturer som oftast håller sig kring +/- 0⁰ Celsius används framför allt salt eftersom det här gäller att sänka fryspunkten (återkommande påfrysningar på våta vägbanor) och inte bara skapa friktion²³ på körytan som man kan använda sig av när man har en beständig snötäckt, kall och torr vägbanan. I områden med temperaturer som ofta understiger ca. -7 grader Celsius har inte heller saltet någon större verkan.

Ett annat alternativ är att använda sig av saltstänksskydd runt träden. Skyddet kan utgöras av vassmattor eller liknande som returnerar saltet ut i vägbanan så att saltet inte får någon kontakt med jordytan runt träden.

Valet av träd för gatumiljö är också viktigt eftersom det finns arter som mer eller mindre tolererar salt. För fördjupning i detta ämne hänvisas till redan publicerade studier om gatuträd.

2.2.2 Skelettjord

Skelettjordar är tänkta att fungera som ett rotvänligt bärlager/förstärkningslager. Substratet är en kompromiss mellan kraven av att markytan skall ha bärande egenskaper och att skapa bättre förutsättningar för träd i hårdgjorda ytor. Skelettjord består av en bärande del – skelett i form av krosskärv, och av jord som finns i skelettets porsystem. Jorden i skelettjorden är bara tänkt att delvis fylla porerna för att underlätta luftgenomströmning för rötternas transpiration, fungera som näringstillgång (jordinnehållet) och för att tillåta rötterna att växa utan större motstånd (Watson & Neely, 1998).

Jordinnehåll

Eftersom skelettjorden bl. a. är tänkt att fungera som substrat för rotutveckling under hårdgjorda ytor och bara till en viss del innehåller jord, bör egenskaperna hos denna jord således ha bra vatten- och näringshållande förmåga (Bassuk et al. 2005; Sieghardt et al., 2005; Pålstam, 2003). En vidhäftning av jorden mot stenarna skall eftersträvas (Kristoffersen 1998). För att uppnå denna förmåga hos en jord bör en ler- eller humusrik jord användas (Johansson, 1994). En naturlig lerjord med bra struktur har ofta bra vatten- och näringshållande förmåga men det finns en risk att egenskaperna fördärvas när man transporterar och gräver upp den²⁴.

²³ Friktion skapas t ex med hjälp av grus alt. singel.

²⁴ Eva-Lou, Gustafsson, muntligen 2005-10

Bevarandet av jordens egenskaper är det väsentligaste vid användning av skelettjord (Kristoffersen, 1998) och för att behålla strukturen i jorden måste man därför vara noga vid hanteringen från tillverkning till trädgrop (Costello & Jones, 2003). En sandjord blandad med humus riskerar också den att utarmas på sina vatten- och näringshållande egenskaper. Detta, eftersom den hårdgjorda ytan ovanpå substratet förhindrar tillförsel av organiskt material, vilket skulle gynna upprätthållandet av aggregat i jorden. Detta leder till att skelettjordar har en begränsad livslängd oavsett ler- eller humus innehåll (www.gfk.stockholm.se).

Fraktioner

Beroende bl. a. på utläggningsmetod och på siktningen vid framtagandet av olika fraktioner kan stenfraktionen i blandningen variera men utgångspunkten anses vara att den ska vara så jämn i storlek som möjligt (Kristoffersen, 1998) eftersom störst porvolym då åstadkoms. En blandning av olika fraktioner skulle täta igen och därmed minska porutrymmet. Själva stenen ska vara kantig eftersom denna typ av sten erbjuder mer kompaktion och strukturmöte än vad runda stenar gör (Bassuk et al., 2005). Vanligt förekommande fraktioner i Sverige är 70-130, alt. 100-150 mm medan man utomlands förespråkar mindre fraktioner. I Danmark förespråkas exempelvis 63-125 mm (Kristoffersen, 1998) medan man i USA använder t ex 20-40 mm (Bassuk et al. 2005). I Sverige rekommenderas mindre stenfraktioner 35-70 eller 40-80 mm endast när man ståndortsförbättrar för befintliga träd som har ytliga rötter (till ett djup av max 40 cm)²⁵.

Fördelning mellan jord och sten

Förhållandet mellan skelettet (krosskärven) och jorden är viktigt eftersom för mycket jord i blandningen innebär att jorden packas och lyftutrymmet därmed försvinner (Bassuk et al., 2005). Kristoffersen (1998) anser att ca 80 % av hålrummen mellan stenarna skall jordfyllas för att säkerställa att det inte sker någon komprimering av jorden. En packad jord gör att steninnehållet (skelettet) inte kommer att skapa tillräcklig bärighet (Kristoffersen, 1998). Proportionerna 1/3 jord och 2/3 sten alternativt 1 på 4 anges ofta som lämplig fördelning mellan sten och jord.

Mängder

Vid användandet av ren jord som växtsubstrat åt träd har det under rubriken *Tillgängligt rotutrymme* (sid.22) nämnts lämpliga volymtal på mellan 10 och 20 m³ jord åt ett relativt stort träd. För att rötterna i en skelettjord ska upptaga samma mängd vatten och näring som i en ren jord måste de genomväxa en större totalvolym (Kristoffersen, 1998) vilket i så fall leder till att växtbädden bör vara större än för växtbäddar bestående enbart av jord. Kristoffersens påstående styrks av att man i skelettjordar bara har 1/3 så mycket jord som vid traditionella planteringar. I övrigt följer rekommendationerna för skelettjord samma principer som för ren jordplantering avseende djup och växtbäddsutformning (Costello & Jones, 2003; Kristoffersen, 1998; Bassuk et al., 2005; Stål, 2005).

För befintliga träd som ståndortsförbättras genom substratbyte utgår man ifrån det befintliga rotsystemets utbredning och där större andelar finrötter upptäcks, tillförs nytt substrat.

²⁵ Örjan Stål, muntligen 2005-11.

Tillverkning och utläggningsmetoder av skelettjord

Eftersom skelettjorden är ett konstruerat substrat kan den antingen blandas på plats eller transporteras dit färdigblandad. Om man använder sig av färdigblandad skelettjord är det viktigt att säkerställa att jord och sten är väl blandade eftersom det annars finns risk att jorden komprimeras i hålrummen (Kristoffersen, 1998) och att blandningen har de rekommenderade proportionerna. Den färdiga blandningen läggs ut i lager om 150-300 mm för att sedan komprimeras innan ett nytt lager fylls på. Om jordinnehållet är torrt kan det vara lämpligt att vattna blandningen innan utläggning så att jorden får en bättre vidhäftning mot stenen²⁶. Färdiga skelettjordar är inget de flesta jordleverantörer i Sverige har på lager utan tillverkas efter kundens önskemål²⁷. Metoden är rationell i förhållande till att blanda på plats men behöver ha blivit tillverkad och hanterad på rätt sätt för att fylla sin funktion fullt ut. Beroende på väderlek, jordsammansättning och jordkonsistens används olika utläggningsmetoder vid blandning på plats. Det primära syftet är att stenarna får kontakt med varandra och skapar bärighet samtidigt som jorden har vatten- och näringshållande förmåga och tillförs i sådana mängder att luftutrymmet mellan stenarna inte blir förtätat av jorden. Liksom i den färdigblandade metoden läggs substratet ut i lager som var för sig komprimeras. Anledningen till att man lägger i lager om ca 150-300 mm är för att säkra en effektiv komprimering (Kristoffersen, 1998; Stål 2005).

Ovanpå det första lagret av sten läggs jorden ut heltäckande (ca 50 mm²⁸) för att sedan antingen vibreras, vattnas eller borstas ner mellan stenarna för att därefter täckas med ett nytt lager sten etc. Eventuell gödsling av den påförda jorden sker i samband med utläggningen och läggs lagervis tillsammans med jorden. Detta görs i alla lager från terrass till topp²⁹. För att säkerställa lufttillgången i skelettjorden kan man, mellan skelettjorden och den hårdgjorda ytan, lägga ett lager av sten utan nollfraktion och en geoduk (för att undvika att skelettjordens porer fylls ovanifrån) ovanpå skelettjorden. Detta lager kan ha en förbindelse med luften via luftrör som går ner i skelettet (Smith, 1998).

En annan metod för att möjliggöra lufttillgång är att använda sig av s k ”Pelle-platta”³⁰ istället för betong- eller sten som slitlager. Plattan vilar på t ex 8-16 mm sten och fylls med sten utan nollfraktion, t ex 4-8 mm.

Substratbyte till befintliga träd

För att undvika allt för stora skador på befintliga träds rötter när man behöver gräva inom rotzonen kan vakuumschaktning användas. Denna metod används också när man vill förbättra rotmiljön runt befintliga träd genom att byta ut den ursprungliga jorden mot ny.

Vakuumschaktning (Figur 3) vid träd utförs med hjälp av en vakuumsug i kombination med tryckluft. Tryckluften trycks ner i marken med en metallans som via en stark luftström avger en tryckvåg som ”spränger” jorden så att massorna lättare kan sugas upp av vakuumsugen. Metallansen används också för att luckra terrassen genom att lansens trycks ned ett par decimeter häri (Stål, 1998; Rolf, 1994). Vakuumsugtekniken åstadkoms genom att ett undertryck i vacuumaggregatets container skapas. Undertrycket gör att luften pressas in i en

²⁶ Örjan Stål, muntligen 2005-11, <http://www.gfk.stockholm.se>

²⁷ Olofsson, Ronny, muntligen 2005-10-10

²⁸ Örjan Stål, muntligen 2005-11

²⁹ Örjan Stål, muntligen 2005-11

³⁰ Pelle-platta nämns under rubrik *LOD som vattentillgång*, sid. 21.

vacuumaggregatets container skapas. Undertrycket gör att luften pressas in i en anslutande slang som då får en uppsugande förmåga³¹.

Vakuumsugning ställer en del krav på väder- och jordförhållanden. Bästa tidpunkt för arbetet är på våren eller hösten då jorden ofta uppnått fältkapacitet och temperaturen inte understiger -5°C ³². Den minst dåliga tiden för att störa rötter anses vara innan trädet får en aktiv rottillväxt, dvs vintern. Likaså bör rotbeskäring undvikas innan lövsprickning (Costello & Jones, 2003), vilket ofta blir nödvändigt trots den skonsamma schaktmetoden. Om jorden skulle vara för torr måste den vattnas upp för att mjukna och är den för fuktig riskerar sugslangen att sätta igen och då måste arbetet utföras med kontinuerlig vattentillförsel³³.

Vid substratbyte på befintliga träd är syftet att frilägga delar av rotsystemet så att man runt dessa kan tillföra nytt substrat (www.gfk.stockholm.se). Varje enskilt träd har, utifrån rotmiljön, anpassade rötter vilket gör att man får anpassa schaktmängderna efter rådande omständigheter vid varje träd. Schakten är tillräckliga när man fått fram en större mängd finrötter, som oftast hittas på 30-50 cm djup men som också kan påträffas på över 1 meters djup. De frilagda rötterna skall skyddas genom att hållas fuktiga och kontinuerligt bevattnas till dess att det nya substratet är påfört³⁴.



Figur 3. Vakuumsugning på Augustenborgsgatan, Malmö. (Foto Ö. Stål, 2001)

2.2.3 Referenser med erfarenhet av ståndortsförbättrande åtgärder för träd i hårdgjorda ytor

På hösten 2001 genomfördes ett studiebesök i Tyskland, anordnat av Örjan Stål (då medarbetare hos Veg-Tech), för att lyssna, och ta del av de erfarenheter man har i Tyskland av ståndortsförbättrande åtgärder för träd. Föreläsare var bl a Dr Meyer-Spasche, föreståndare för institutet för Boden Pflansen Wasser, Klaus Schröder, stadsträdgårdsmästare i Osnabrück och Professor Gilbert Lösken, universitetet i Hannover.³⁵

³¹ Jönsson, Stål, muntligen 2005-10-17

³² Jönsson, Stål, muntligen 2005-10-17

³³ Jönsson, I., Stål, muntligen 2005-10-17

³⁴ Jönsson, I., Stål, muntligen 2005-10-17

³⁵ Stål, muntligen 2005-10-17

Redan 1980 fick Meyer-Spasche i uppdrag att i Hamburg undersöka markförhållandena för ett flertal träd i gatumiljö som mår dåligt. Samtliga träd visade sig stå i en steril, saltskadad jord med ett väldigt lågt eller obefintligt innehåll av organiskt material. Ståndortsförbättrande försök startades genom att man bytte ut den befintliga jorden med hjälp av vakuumsugning. Ytan som blev behandlad var begränsad till mellan 4 och 10 m². De översta 0,4-0,5 m byttes ut och samtidigt luckrades och rensades (tvättade ur Na- och Cl-joner från vägsaltet) terrassen. Den jord man använde innehöll en hög halt organiskt material (inte nedbruten kompostjord) som gödslades med ett fullgödselmedel. Ovanpå jorden lades ett lager bark eller flis.³⁶

Effekterna av metoden visade sig vara väldigt positiva, med synbara tecken redan efter någon växtsäsong. Resultatet av att byta jord, fastän den yta man behandlade var relativt liten, har genomgående varit positivt på både kort och lång sikt. På de träd där det inte kontinuerligt tillförts nytt organiskt material har man upprepat åtgärden efter ca 10 år, medan de träd som haft naturlig tillförsel av organiskt material, i form av marktäckande vegetation, inte har behövt någon upprepad åtgärd. På vissa ställen har man låtit ogräs växa ohämmat, och på sätt bidragit till den kontinuerliga tillförseln av organiskt material.³⁷

Problem har dock uppkommit på en del platser eftersom trädens tillväxt varit så bra att hållfastheten minskat, då tidigare skador i form av som t ex håligheter i stammarna, gjort att träd-kronorna blivit för stora och tunga. Detta har medfört att man blivit tvungna att beskära träden och därmed fått en merkostnad.³⁸

I Osnabrück hade man också konstaterat att träden i de hårdgjorda ytorna inte mår så bra. Även här användes vakuumteknik för att byta ut den befintliga jorden och ersätta den med ny jord. Det arbetssätt man jobbar efter i Osnabrück är att eftersträva en naturlig skogsprofil i den växtbädd som träden ska växa i. Det innebär att man delar upp jordprofilen i två delar, där de översta 0,4-0,5 m jord innehåller humus och den undre är av alvkaraktär utan innehåll av humus. Växtbäddarna skall så långt det är möjligt tillföras organiskt material, antingen med hjälp av markvegetation eller genom kontinuerlig tillförsel av barkmull. Resultaten av åtgärderna och dess hållbarhet från Osnabrück är, liksom de från Hamburg, mycket positiva.³⁹

Gilbert Lösken (Hannover) föredrag behandlade trädrötters utveckling i olika växtbäddar. För att kunna utvärdera rottillväxten hade man grävt fram rötter för hand. Slutsatserna efter dessa studier var att ju större växtbädd man lyckats åstadkomma, desto bättre tillväxt fick träden. Vidare kunde konstateras att rötter växer bäst utanför växtbädden där de får bäst tillgång till gasutbyte, t ex i ren makadam eller i rör. Slutsatsen av detta försök var att det skulle vara ganska lätt att styra trädens rottillväxt utanför växtbädden i t ex rör för att på så sätt undvika asfalt- eller plattlyftningar.⁴⁰

I Hannover jobbar man efter 3 standardmodeller för växtbäddar:

För träd i parkmiljö: Naturlig jordprofil, översta lagret humusberikad och underliggande opåverkad. Man försöker använda befintlig jord och så stor volym som möjligt.

³⁶ Stål, muntligen 2005-10-17

³⁷ Stål, muntligen 2005-10-17

³⁸ Stål, muntligen 2005-10-17

³⁹ Stål, muntligen 2005-10-17

⁴⁰ Stål, muntligen 2005-10-17

För träd i gatumiljö: All jord byts ut till 1 m djup med måtten 2x1,8 m. Här använder man, i hela gropen, en speciell jordmix "Hannover special", som innehåller en låg halt av organiskt material.

För träd i trånga gatumiljöer: All jord byts ut till 1m djup och 1,6x1,8 m. Även här används "Hannover special".

I gatumiljöer skall träden, enligt den tyska modellen, ha minst 6 m² öppen yta och skelettjord. Går det inte att få till stånd 6 m² använder man sig av speciella åtgärder som t ex rotkanaler eller långsträckta ytor som då ska vara minst 2 m. breda. De öppna ytorna skall täckas med markvegetation eller barkmull.⁴¹

⁴¹ Stål, muntligen 2005-10-17

3 METOD

Malmö stads arbete med ståndortsförbättringar av befintliga träd i hårdgjorda ytor startade som ett test för att se om det var möjligt att få någon positiv effekt på de berörda träden. Var det överhuvudtaget möjligt att få förnyad vitalitet hos de döende träden (Figur 4)?



Figur 4. Bild från Augustenborgs-gatan som visar trädens dåliga vitalitet innan åtgärd. (Foto Ö. Stål. 1997).

I resonemanget kring vad som kunde göras åt trädens tillstånd stod det klart att det, utifrån de förutsättningar som gavs på de olika platserna, inte skulle vara möjligt att återfå lika stora, gamla och värdefulla träd igen om man valt att fälla de befintliga träden och ersätta dessa med nya. De ursprungliga växtförutsättningarna hade under årens lopp förändrats till det sämre för träden genom att man omfört de öppna ytorna (ej hårdgjort) till någon form av belastningsbar yta som t ex gata, parkeringsyta eller gångbana. De öppna ytorna hade reducerats till ett minimum och till stor del ersatts av asfalt eller plattor som vilade på en kompakt överbyggnad, och det tillgängliga rotutrymmet hade reducerats vid nybyggnationen. Utöver detta, utsattes träden för vägsalt som ytterligare spädde på den försämrade vitaliteten. Skulle man låta de döende träden stå kvar utan något försök till förbättrande livsmiljö skulle enligt bedömningar som gjordes, träden inom några fåtal år vara helt döda.

Eftersom trädens storlek och ålder bedömdes vara av stor betydelse för flera av de olika platsernas karaktär valde man att försöka förbättra förutsättningarna för träden istället för att försöka återplantera nya. Förutom att nya träd bedömdes få svårt att bli lika gamla, och att man även sparade tid avseende stor kronvolym och karaktär genom att behålla redan stora träd, skulle objektens olika åtgärdstyper, ekonomiskt sett, visa sig inte vara nämnvärt mycket dyrare än om man ändå valt att plantera nya träd av sådan storlek att man direkt hade haft något så när ansenliga kronvolym. För detta ändamål avses träd av storlek minst 30-35 cm i omkrets. (I fallstudien redovisas de kostnader man lagt ner för varje enskilt träd som jämförelsetal till att använda sig av nyplanterade träd).

Förhoppningen med testerna var att man dels skulle lyckas öka vitaliteten hos träden och dels lyckas förlänga livslängden med 10-20 år. För träd i denna typ av miljö ansågs 10-20 års utökad levnadstid som en långsiktig lösning utifrån de åtgärder och förutsättningar som gavs, och även om det skulle krävas återkommande åtgärder för att bibehålla den eventuellt, nyvunna vitaliteten bedömdes vinsterna som större än om man valt att nyplantera⁴².

⁴² Avser hela avsnittet under *Fallstudie*, Arne Mattson, muntligen 2005-10 och 2006-01

I takt med att olika åtgärder provats har det också tydliggjorts vilka kriterier och arbetsmetoder som bör eftersträvas för att få en så långsiktig hållbarhet som möjligt. Utvärderingsresultatet av fallstudiens olika objekt förtydligar också det arbetssätt som kan möjliggöra en så varaktig lösning som möjligt utifrån den kunskap som finns att tillgå när denna rapport skrivs.

3.1 Urval

Urvalet i studien gjordes utifrån att de representerar vanligt förekommande, hårdgjorda miljöer i staden där även träd förekommer. De valdes också för att träden uppvisat tecken på hur träd kan reagera under dessa förutsättningar och för att träden vitaliserats på fyra olika sätt. Objekten fastställdes av gatukontoret i Malmö. Träd som ingår i studien är uteslutande arter/sorter av släktet lind (*Tilia*).

1. Erikslustvägen

Bakgrund: Inom det utvalda området på Erikslustvägen finns 27 st. lindar, varav 9 st. ståndortsförbättrats.

Metod: Substratbyte - jord till ny jord med oförändrad storlek på växtbädden.

Fallstudie: Totalt 6 st. lindar, varav 3 behandlade (ståndortsförbättrade) och 3 st. obehandlade som referensträd.

2. Augustenborgsgatan

Bakgrund: På Augustenborgsgatan står 8 st. lindar, varav 7 st. blivit vitaliserade.

Metod: Byte av jord till skelettjord med "Pelle-platta" och förstorade växtbäddar med infiltrationsmöjligheter på parkeringsyta.

Fallstudie: Totalt 5 st. lindar, varav 3 st. behandlade och 2 st. obehandlade som referensträd.

3. Fersens väg

Bakgrund: Längs Fersens väg står 46 st. lindar, där 22 st. ståndortsförbättrats.

Metod: Substratbyte jord till skelettjord med "Pelle-platta" och utökad växtbädd med infiltrationsmöjligheter på gångyta.

Fallstudie: Totalt 8 st. lindar, varav 4 st. referensträd.

4. August Palms plats

Bakgrund: August Palms plats står 3 st. silverlindor, varav 2 har blivit ståndortsförbättrade.

Metod: Förstorad växtbädd med markvegetation och utökad rotutrymme med skelettjord.

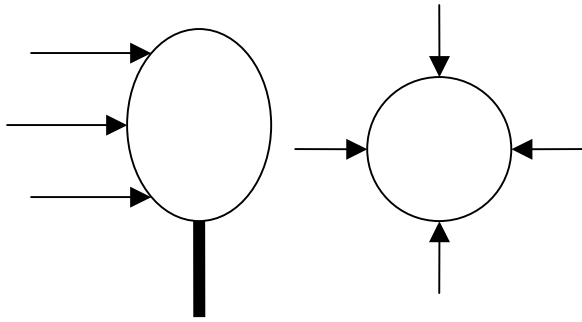
Fallstudie: Totalt 2 st. lindor och 1 st. referensträd.

3.2 Intervjuer

Eftersom mycket bakgrundsfakta och bakomliggande tankar kring åtgärdsförslagen finns hos de personer som varit involverade men inte alltid finns nedskrivet är denna metod nödvändig för att få fram ytterligare fakta. Personer med kännedom om de valda fallen är Arne Mattsson, Gatukontoret Malmö och Örjan Stål, SWECO VBB. Muntliga fakta anges i text med fotnot.

3.3 Tillväxtmätning

Tillväxtmätningar gjordes för att studera hur åtgärderna har påverkat de behandlade trädens tillväxt och för att avgöra om det förekommer tillväxtskillnader i förhållande till referensträden. I fallstudien användes 12 mätpunkter per träd. Fyra mätpunkter (alla väderstreck) i övre, mellersta och nedre kronpartierna enligt Figur 1.



Figur 5. Tillväxtmätningar gjordes i olika delar av kronan. Vänstra delen av figuren visar kronan i snitt och den högra visar kronan i plan.

Anledningen till att detta mätförfarande valdes var dels för att Malmö stad även tidigare använt sig av denna metod⁴³. I de fallstudier där mer än ett träd behandlats, valdes två till fyra mätträd slumpvis ut⁴⁴. I de fall där det fanns mer än ett obehandlat referensträd valdes minst två slumpmässigt ut. Mätningen är gjord på de tre senaste årens skotttillväxt och är mätt från senaste års toppknopps underdel till föregående års avslutande tillväxt. Mätningen är gjord på respektive grenpartis huvudgrens toppskott.

Mätdata biläggs separat (se bilaga 1) medan de enbart presenteras i stapeldiagramform i själva studien för att förtydliga redovisningen.

Tillväxtmätning genomfördes på alla fallstudieobjekt 2005-11-15.

3.4 Vitalitetsbedömning

Vitalitetsbedömningar gjordes för att komplettera tillväxtmätningen genom att tillföra en mer allmän bedömning på hur träden mår. I studien kom slutligen tyngdpunkten att ligga på dessa bedömningar. Bedömningen gjordes också för att se om det finns någon tydlig skillnad mellan behandlade träd och referensträd avseende t ex bladtäthet i olika delar av kronan. Detta, eftersom stressade träd (referensträden) ofta har en större tillväxt i de nedre kronpartierna i förhållande till välmående träd som har en tydligare friskhet och bladtäthet i det övre kronpartiet⁴⁵. I Malmö har Gatukontorets träd vitalitetsbedömts ett antal gånger. Under de senaste 10-15 åren har denna bedömning gjorts av samma personer så att en likvärdig bedömning gjorts för varje enskilt träd⁴⁶. För att förstå hur bedömningen på de träd som ingår i denna studie gjorts, redovisas här den mall som vitalitetsbedömningarna grundade sig på. Under varje fall redovisas bedömningen för behandlade träd respektive referensträd.

Vitalitetsbedömningen utfördes 2005-10-03.

Kronan: För alla kategorier i bedömningen har en visuell besiktning som utgår från % av kronan gjorts. Det finns i denna undersökning tre kvaliteter: A = 100-66 %, B = 65-33 % och C = 32-0 %. Undantag är toppskottet, där kvaliteterna inte indelas efter % och där även ordet "obefintlig" finns med.

⁴³ Lindkvist, Gerry. Muntligen 2005-09-27

⁴⁴ Slumpvis: Genom att i förväg, ovetande om placering, bestämma sig för att mäta och bedöma ett antal av de berörda träden, t ex nr 2,4 och 7 av 9 st. sett träden söder.

⁴⁵ Dirk Dujisiefken, muntligen 2005.

⁴⁶ Lindkvist, Gerry. Muntligen 2005-09-27

Toppskottet: bedöms som antingen vitalt (A), tillbakasatt (B), dött (C) eller obefintligt.

Blad yttre grenar: Bedömning av hur mycket av kronan som har blad längst ut på grenarna i %.

Bladkanter: Kontroll om, och i så fall, hur mycket av bladen som har bruna bladkanter i %.

Grenar: Hur mycket döda grenar det eventuellt finns i kronan i %.

Bladmassa: Mängden bladmassa i %. Ger en bedömning om eventuell gleshet i kronan.

Bladfärg: Bedömningen används bara om det är stor skillnad mellan de aktuella träden. I denna kolumn räknas inte eventuella bruna bladkanter, endast invintringsymptom.

Sjukdomsangripna blad: Eventuella sjukdomsangrepp på bladen från exempelvis svamp eller skadeinsekter i % av bladen.

Stammen: Påkörningsskador/trimning: Träden bedöms som A-, B- eller C-kvalitet där A innebär att stammen är helt fri från påkörningsskador.

Beskärning: Granskar eventuella beskärningssnitt. Om det inte förekommit någon beskärning eller om den utförts fackmannamässigt, bedöms trädet i denna kategori som A. Om trädet inte beskurits på ett fackmannamässigt sätt, d.v.s. om det finns ”flush-cuts” eller liknande bedöms träden antingen som B eller C.

Sjukdomsangrepp: Beroende på vilken typ av sjukdomsangrepp som drabbat stammen eller hur stort angreppet är, bedöms det som antingen B eller C. En sjukdomsfri stam bedöms som A.

Skador av etableringsskydd: Skador orsakade av felanvända eller bortglömda etableringsskydd, stöd och liknande. Utifrån skadans allvar bedöms trädet som antingen B eller C. Ett träd fritt från skador orsakade av något av ovanstående bedöms som A.

Totalt:

Helheten: Utifrån vilka resultat som visats i de olika kategorierna, görs slutligen en helhetsbedömning.

4 RESULTAT

Redovisningen av resultaten görs inom varje delrubrik (fall) i detta kapitel. Först presenteras bakgrunden till varför en ståndortsförbättrande åtgärd blivit nödvändig och vilka alternativ som funnits. Därefter följer en redovisning av den åtgärd som valts och vad detta kostat. Resultatet av mätmetoderna presenteras därefter. Slutligen utvärderas åtgärdernas effekt, dess hållbarhet och vad som krävs för att upprätthålla den eventuellt nyvunna vitaliteten hos varje enskilt fall.

I utvärderingen bedöms även de enskilda åtgärderna i förhållande till vad forskningen (kunskapsbakgrunden) anger som viktiga faktorer att ta hänsyn till för träd i hårdgjorda miljöer. De faktorer jag tar hänsyn till vid utvärderingen är:

- Om det finns möjligheten till gasutbyte och infiltration i anläggningen.
- Om rotmiljön fortfarande är kompakt.
- Om man har använt sig av LOD i anläggningen.
- Om någon yta kring träden medger tillförsel av näring.
- Om närliggande yta halkbekämpas med salt.
- Om det finns tillräckligt med rotutrymme åt träden.
- Om det utbytta substratet är av sådan kvalité att luft-, vatten- och näringstillgång tillgodosetts, och om dessa egenskaper i så fall kan bibehållas.

Dessa frågor kan relateras till de faktorer som forskningen har visat är problematiska för träd i hårdgjorda ytor:

- Otillräckligt rotutrymme
- Gasutbyte och infiltrationsmöjligheter
- För träden ogynnsamma jordegenskaper
- Saltpåverkan
- Möjligheter till organisk tillförsel

4.1 Erikslust

4.1.1 Bakgrund

Erikslustvägens ståndortsförbättring ingick i en fallstudie inom ett forskningsprojekt vid Institutionen för lantbruksteknik, avd. för Park- och Trädgårdsteknik, Alnarp 1997. I projektet, vars mål var att utveckla tillämpningen av vakuumbekämpning och att utvärdera dess biologiska effekter, deltog också DISAB VACCUM TECHNOLOGY AB i Lund, SYDVAC och bland andra kommuner, Malmö stad.

Erikslustvägen är en huvudgata mellan Slottsstaden och Limhamn i Malmö (Figur 6). Längs den östra delen utmed kvarteret ”Stjärnhusen” finns en långsmal list som separerar gatan från parkeringsplatserna för de boende i kvarteret. I listen, som är cirka 1,5 m. bred står 28 st. skogslindor (*Tilia cordata*), planterade 1921 (Figur 7), som innan någon åtgärd gjordes var i dåligt skick. Detta berodde på att trädens ursprungliga växtförutsättningar hade förändrats radikalt när man utökat vägytorna. Träden planterades ursprungligen i grönyta, som avskil-

jande trädrad mellan åkrar och väg⁴⁷ (Figur 8). På grund av denna förändring har träden kommit att utsättas för stora mängder vägsalt och fått sitt rotutrymme så pass reducerat att detta fått negativa konsekvenser för trädens möjligheter att få sitt luft-, vatten- och näringsbehov tillgodosett i tillräckliga mängder. Träden ansågs vara så viktiga för stadsbilden att något behövde göras för att förbättra deras förhållanden och skulle de dö ansågs det inte vara möjligt att återfå lika stora träd på grund av de omständigheter som tidigare nämnts. Bedömningen gjordes att träden under rådande omständigheter, skulle klara sig i kanske 10-20 år men att, om man kunde förbättra förutsättningarna genom jordbyte, så skulle de kanske kunna klara sig i ytterligare 20-30 år. Att inkräkta på vägbanebredden eller parkeringsplatserna var aldrig aktuellt när man diskuterade en lämplig åtgärd utan det man fick begränsa sig till var enbart utbyte av jord. Den fråga som ställdes var, om det med så enkla medel som att byta ut den befintliga jorden var möjligt att få förnyad vitalitet i de döende träden. Tack vare detta åtgärdsförslag utgjorde Erikslustvägen en lämplig testyta för forskningsprojektets syfte samtidigt som Malmö stad kunde prova ett sätt att försöka att vitalisera de tillbakasatta lindarna.



Figur 6. Erikslustvägen är en huvudgata mellan Slottsstaden och Limhamn (Web-info Malmö stad)



Figur 7. Träd ingående i fallstudien: Nr 1, 2 och 3 från syd, behandlade; Nr 5, 10, 16 från syd, referensträd.

⁴⁷ Malmö stads Web-info fakta, orto-foto från 1940.



Figur 8. Ursprunglig växtplats (Web-info Malmö stad, orto-foto 1940.)

Metoden som föreslogs var att, genom vakuumsugning, byta jorden runt rotsystemen på 9 st. träd utan att skada rötterna och därefter påföra ny, humus- och näringsrik jord. Resterande, obehandlade träd skulle utgöra referensträd för framtida vitalitetsjämförelser. Visade sig testresultatet vara lyckat kunde man då upprepa åtgärden även på dessa träd. På delar av trädlisten planterades en mängd olika perenner dels för att kunna utröna vilka arter som lyckades etablera sig och dels för att kunna tillföra kontinuerligt med organiskt material åt träden ⁴⁸ (Stål, 1998).

4.1.2 Genomförande av åtgärd

Metodval: Substratbyte av befintlig jord till ny jord med oförändrad storlek på sammanhängande växtbädd.

Tidpunkt: Tidig vår 1997 innan bladsprickning.

Kostnad per träd: 4555:- (1997 års priser)

Träden, med ett c/c på ca 10 m, delades in i parceller om 3 och 3 där de 3 första behandlades medan nästa 3 träd lämnades obehandlade. Totalt skulle 9 st. träd behandlas. I samband med utförandet skulle även packningsgrad och salthalt i den befintliga jorden kontrolleras. Dessa uppgifter har inte gått att frambringa inom ramen för denna studies avsatta tid.

Med hjälp av en lastbilsburen gripskopa grävdes det översta stenmjölslagret (15 cm) bort. Resterande jordlager runt lindarna vakuumsögs (Figur 9, till vänster) sedan bort till ett djup av 60 cm, förutom ca 1 m runt trädens stammar som man lät vara. Själva sugningsarbetet assisterades av personal som lösgjorde jorden med hjälp av spade och grep. Om och när man råkade skada någon rot justerade man dessa skador med såg eller sekator. Det visade sig att det inte fanns några vitala finrötter i de översta 50 cm. Djupare ner i jordprofilen påträffades dock delar av rötterna och dessa rötter vattnades omgående (Figur 9 mitten) och kontinuerligt för att undvika torkskador. Innan den nya jorden lades ut vattnades rötterna rikligt för att urlaka eventuellt kvarvarande salter. När jordlagret hade sugits bort till föreslaget djup, luckrades den kompakta terrassen med hjälp av bensindriven mejselhammare.

⁴⁸ Örjan Stål och Arne Mattsson muntligen 2005-10.



Figur 9. Arbetets genomförande: Vacuumschakt t v, vattning mitten, ny jord t h. (Foto Ö. Stål 1997)

Det nya växtsubstratet (Figur 9 till höger) bestod av 50 % matjord (moränlera med 15 % ler-innehåll) blandat med 50 % grov kompost (synliga ved- och grenrester). Vikt lades vid att komposten inte skulle innehålla allt för mycket kväve eftersom detta i så fall skulle ge en tillväxt i de ovanjordiska delarna i förhållande till rötterna. Med hänsyn till att denna typ av jord sätter sig lades det ut så pass mycket jord att den skulle ligga i nivå med kantstenen när den väl satt sig. Tanken var att man framöver skulle hålla ytan under uppsikt för att kunna fylla på mer jord efterhand. Om trädens ovanjordiska delar inte skulle uppvisa tydliga tecken på tillväxt skulle det vid den sista utläggningen tillföras en extra kvävegiva i form av välbrunnen naturgödsel. Därefter rekommenderades det att man skulle lägga på en "permanent" ytbeläggning i form av fiberduk med slitlager av ensartad, mindre makadam typ 10-30 mm⁴⁹ (Stål, 1998).

4.1.3 Resultat av mätningar

Tillväxtmätning

3 st. behandlade träd och 3 st. referensträd.

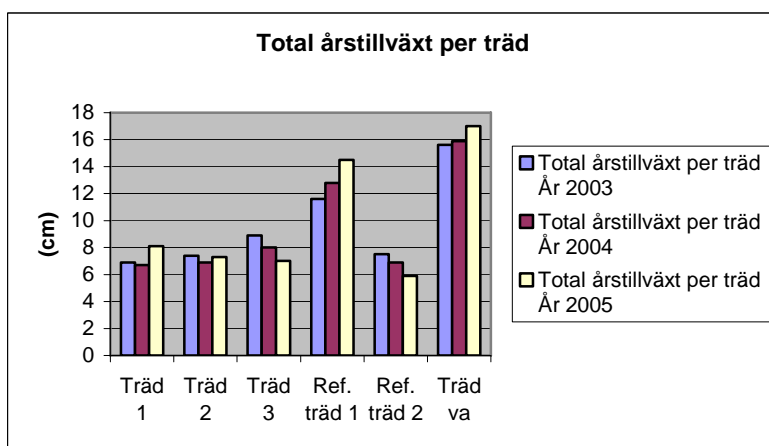
Figur 10 visar alla trädens grenpartiars och riktningars medeltillväxt per år fördelat mellan behandlade träd och referensträd, där 1 st referensträd benämns träd va eftersom detta med all sannolikhet har sina rötter i dagvattenledningen utmed planteringslisten⁵⁰.

Diagrammet visar att referensträden har en snarlik och/eller högre tillväxt än de behandlade träden och detta skulle dels kunna förklaras av att träden blev beskurna under vårvintern 2003⁵¹ med efterföljande skotttillväxt och att just två av de slumpmässigt utvalda referensträdens rötter har letat sig ned i dagvattenledningen. De behandlade träden har både en dalande, jämn och ökande tillväxt liksom referensträden.

⁴⁹ Örjan Stål och Arne Mattsson muntligen 2005-10.

⁵⁰ Nilsson, Kenneth, Va-verket Malmö. Ledningsfilmning utmed sträckan utförd 1999 och 2003 visar att ledning utmed berört träd är fullt av rötter. Det är dock inte konstaterat att det är just detta trädets rötter som trängt in i ledning men tillväxtdata pekar på stor tillgång på vatten och luft för just detta träd i förhållande till de andra.

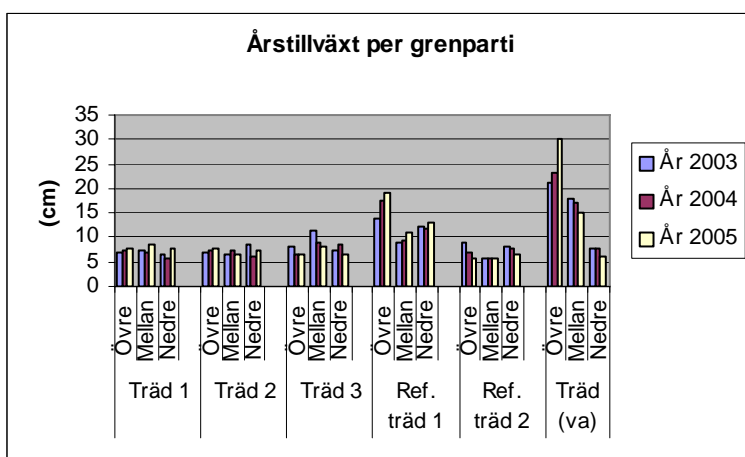
⁵¹ Alfons, Alexandra. Driftsledare Kommunteknik, muntlig källa 2006-01-17.



Figur 10. Den totala årstillväxten för varje träd på Erikslustvägen.

Figur 11 visar att de behandlade träden har en jämnare grenpartitillväxt i förhållande till referensträden även om tillväxtlängden inte är större än på referensträden. Visuellt ger de behandlade träden också ett tätare och jämnare kronintryck än referensträden.

De behandlade träden har lägre tillväxt i alla väderstreck i förhållande till referensträden (se figur 12). Trädet, som misstänks ha rötter i va-ledningen har en tillväxt i alla väderstreck som är påtagligt större än hos något av de andra träden i mätningen.



Figur 11. Årstillväxten per grenparti, Erikslustvägen

Vitalitetsbedömning

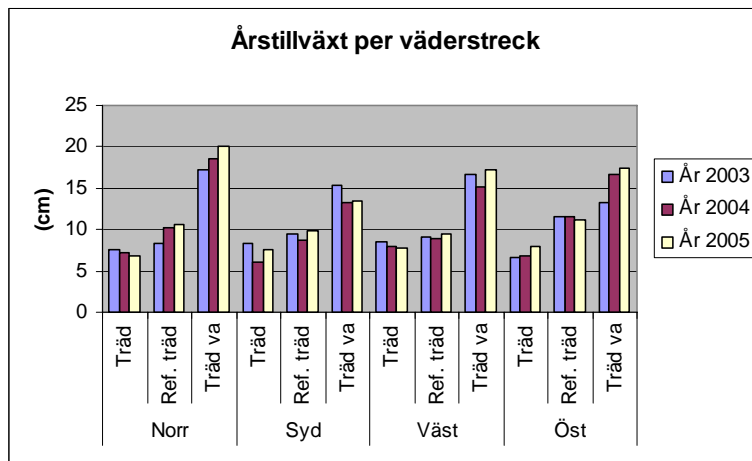
Behandlade träd

För kronorna i de behandlade träden bedömdes de ha täta, friska och gröna, frodiga bladverk utan större sjukdomsangrepp (Figur 13). Bedömning: A

För kronorna i övrigt hade de låg andel döda grenar och vitala, alternativt obefintligt toppskott. Bedömning: A

Stammarna hade inga synliga skador. Ett flertal både nya och äldre beskärningsnitt efter både stamskott och i grenverk var utförda både fack- och icke fackmannamässigt. Bedömning B

Helhetsbedömning: A



Figur 12. Årstillväxt uppdelat per väderstreck, Erikslustvägen.

Referensträd

Kronorna i referensträden hade ett glesare bladverk (Figur 13) med tidigare invintringsymptom och med stor andel bruna bladkanter. Bedömning: B

Kronorna innehöll ett flertal döda grenar och tillbakasatt, alternativt obefintligt toppskott. Bedömning: B

Stammarna hade inga synliga skador. Ett flertal både nya och äldre beskärningssnitt efter både stamskott och i grenverk var utförda både fack- och icke fackmannamässigt. Huvudgrenar i kronor felaktigt beskurna. Bedömning: B

Helhetsbedömning: B



Figur 13. Erikslust oktober 2005. Behandlat träd närmast och referensträd i bakgrunden.

4.1.4 Utvärdering

Effekt av åtgärd

”Redan efter sex månader kunde man se positiva resultat på de behandlade träden (Figur 14). Jämför man de behandlade träden med de obehandlade så såg man en klar skillnad i färgsättning och skottbildning. När det gällde mätningarna av tillväxten på grenarna efter behandlingen kunde man även här se en skillnad på behandlade och obehandlade träd. Först mätte man 1996 års tillväxt därefter 1997 års tillväxt på samma grenskott. Resultaten av skottmätningarna visar att de behandlade träden har ökat sin skotttillväxt med i genomsnitt 1,73 cm/skott i förhållande till referensträden. Observationen av rottillväxten visade en klar skillnad mellan behandlade och obehandlade träd. Vid grävningar i parcellen där ny jord lagts ut mellan träden fann man en stor mängd finrötter i det översta jordlagret (Figur13) och där fann man även spår av att det finns ett levande makro,- och mikronäringsliv. Till skillnad mot jorden mellan referensträden där man endast fann en steril jord utan några rötter i det översta jordlagret.



Figur 14. Till vänster ses nybildade finrötter i det översta jordlagret. I mitten ses ett behandlat träd och till höger några referensträd. Bilder från september 1997 (Foto Ö. Stål)

Orsaken till samtliga, ovanstående resultat har till största delen med att man bytt ut den gamla jorden mot ny. Den befintliga jorden som byttes ut visade sig ha dåliga förutsättningar att tillgodose trädens näringsbehov. Framför allt hade jorden en låg humushalt och brist på upp-tagbart kalium för rötterna. (kalium är det ämne som stimulerar rottillväxt hos träd). Den nya jord som lades ut hade ett betydligt bättre näringsinnehåll och en högre mullhalt, vilket kan förklara den positiva reaktionen på de behandlade träden. Det är dock svårt att förutspå de långsiktiga effekterna av en sådan här behandling efter bara två växtsäsonger. Någon form av underhåll och skötsel av de förbättrade markytorna kring träden är dock nödvändig för att kunna bibehålla nödvändig status på jorden som växtresurs för träden som t ex regelbunden tillförsel av organiskt material och minskad infiltration av vägsalt på markytorna”. (Stål, 2005)

Vid bedömning åtta år efter åtgärden konstateras att försöket med att enbart byta ut jorden men att bibehålla samma, smala växtbädd som enda åtgärd, gav resultatet att de behandlade träden fortfarande ger ett vitalare intryck än referensträden. De behandlade träden har ett tätt och grönt bladverk med täta och friskt, fylliga kronor med mindre andel döda grenar i förhållande till referensträden. De har inte heller de för tidiga invintringssymptom som referensträden uppvisar. Data från tillväxtmätningen är inte relevant att använda som mätinstrument för bedömningen av åtgärdens effekt då träden blivit beskurna och för att vissa träds rötter letat sig in i dagvattenledningen. Beträffande planteringen av perenner som undervegetation finns i

stort sett bara partier av strandråg kvar idag. Planteringarna har med all sannolikhet försvunnit på grund av att ytan utsatts för slitage av gående men även på grund av saltpåverkan.

Hänsynstagande till viktiga faktorer (se sidan 30)

Finns möjligheter till gasutbyte och infiltration? Ja, om än i mindre omfattning. Den yta som avsatts för att tillföra luft, vatten och näring är liten i förhållande till de träd som finns. Den smala listen som rotutrymme, har gjort att rötterna hos träden sökt sig till dagvattenledningen för att där få tillgång till mer luft och vatten.

Är jorden vid träden kompakterad? Ja, till stor del. All yta, utom den smala list (Figur 15) i vilken träden står i är kompakt. Den öppna ytan som initialt var lucker har kompakterats p.g.a tryck från fordon och gående men också p.g.a att ytan utsätts för vägsalt som påverkar strukturen i jorden och rötternas näringsupptag.

Har man använt sig av LOD i anläggningen? Nej. På Erikslustvägen finns enbart den smala listen att tillgå som infiltrationsyta och denna har en upphöjd kantsten runt sig, vilket hindrar vatten från andra ytor att ledas dit.

Kan näring tillföras träden via den behandlade ytan? Ja. Den öppna, smala listen möjliggör kontinuerlig näringstillförsel.

Bli r träden utsatta för vägsalt? Ja.

Är rotutrymmet tillräckligt? Nej. Rent teoretiskt har träden tillgång till vardera 9 m³ okomprimerat rotutrymme men detta i form av en smal list, vilket omöjliggör rotutveckling i omkringliggande ytor. Trots detta har åtgärden på den smala ytan medfört en förbättrad vitalitet hos träden.

Har det påförda substratet luft,- vatten,- och näringshållande kvaliteter, och går dessa att upprätthålla? Både ja och nej. Initialt innehöll jorden dessa egenskaper men eftersom ytan är öppen och humushalten minskar, krävs upprepade tillförsel av nytt material, vilket lätt kan göras.



Figur 15. Till höger den smala listen och till vänster brunn för dagvattenledning dit trädens rötter sökt sig.

Hållbarhet och upprätthållande

Innan åtgärd beräknade man att insatsen skulle förlänga trädens levnad med 20-30 år. Redan två år efter åtgärd konstaterades att någon form av organisk tillförsel skulle behövas som underhållsinsats för att bibehålla de, för träden, positiva jordegenskaperna, och därmed trädens vitalitet. En minskning av saltpåverkan var också önskvärd. Någon tidsangivelse för dessa åtgärder nämndes dock inte, utan det var förmodligen ett åtgärdsförslag som fick anpassas efter hur trädens fortsatta utveckling skulle vara.

Även om ingen jordkontroll gjordes vid bedömningen 2005 kunde det konstateras att detta resonemang var riktigt eftersom den jord som lades ut 1997 nu var hårt packad. Eftersom den påförda jorden initialt innehöll 50 % mull som kräver en kontinuerlig komplettering av organiskt material för att behålla sina luft-, vatten och näringshållande egenskaper, och detta inte blivit utfört, har jorden därmed också förlorat en stor del av sina tidigare, positiva egenskaper. Exempel på andra faktorer som påverkat jordegenskaperna i negativ riktning är t ex att vägsalt fortfarande hamnar i den öppna listan och att ytan används som gångyta. Det organiska material som tillförs utan någon riktad insats (lövförna) är minimal då detta inte blir kvarhållet på ytan. De behandlade träden uppvisade ingen degenerering 2005 men för att inte inom några år återgå till snarlika jordförhållanden som innan behandling, bör en åtgärd göras inom några år. Vid detta tillfälle borde även referensträden åtgärdas på samma vis som man gjorde 1997.

För att bibehålla trädens vitalitet under de förutsättningar som ges krävs inga större insatser. Åtgärderna under rådande omständigheter är både enkla och billiga. Det som krävs är att man tillför organiskt material genom att helt enkelt fräsa ner t ex kompostmaterial. Den rotmatta som finns i det översta jordlagret påverkas inte negativt av denna metod⁵². Vidare borde någon form av saltskydd placeras runt träden. Om det inte går att använda sig av marktäckande vegetation för att underlätta tillförseln av organiskt material behöver detta regelbundet tillföras på annat vis med maximalt tio års mellanrum. Referensuppgifter från Hamburg tyder på att detta åtgärdsintervall behövs.

Behandlingen 1997 var billig och enkel att utföra (4555:-/träd). Åtgärden är applicerbar på många liknande platser med snarlika förhållanden (smala men sammanhängande rotutrymmen) och bör, om det är möjligt, kompletteras med markvegetation för en mer långsiktig hållbarhet.

4.2 Augustenborgsgatan

4.2.1 Bakgrund

Utmed Augustenborgsgatan (Figur 16 och 17) finns en parkeringsyta som tidigare var asfaltbelagd. I denna yta står åtta stycken lindar (*Tilia sp.*) som, innan någon vitaliseringsåtgärd gjordes 2001, uppvisade tydliga tecken på stress och dålig kondition. Träden hade asfalt i stort sett ända in till stammarna och ytan i övrigt hade ingen större genomsläpplighet för vatten och luft. Den yta rötterna hade till sitt förfogande bestod till stor del av bärlager för överbyggnaden av asfaltytan. Denna, för träden ogästvänliga miljö, påverkade trädens vitalitet negativt. Det visade sig i form av många döda och torra grenar, gles bladsättning, tidigt bladfall och försämrad motståndskraft mot yttre påverkan (vägsalt, fysiska skador).

⁵² Örjan Stål, muntligen 2006-02

I en grönyta på samma gata står också en lind av samma ålder. Denna uppvisade inte alla samma stressymptom, dess blad var friskt gröna, kronan var tät och det fanns inga större mängder döda, torra grenar. Det är troligt att alla lindarna längs Augustenborgsgatan har haft liknande förhållanden när de en gång blev planterade.



Figur 16. Fallstudiens parkeringsyta ligger på Augustenborgsgatan, parallellt med Ystadvägen (Web-info Malmö stad)



Figur 17. Träd ingående i fallstudien: Nr 2, 3 och 4 från öst, behandlade; Nr 1 och 5 (vid entré) från öst, referensträd.

Om ingen åtgärd hade vidtagits bedömdes lindarna (Figur 18) i den hårdgjorda ytan vara döda inom en 10-års period. Det fanns två alternativ att ta ställning till om man även i framtiden ville ha levande träd på denna yta. Det ena alternativet var att fälla de befintliga träden, schakta ur för en större växtbädd och plantera nya träd. Det andra var att försöka ståndortsförbättra för de befintliga lindarna i form av substratbyte och att skapa en dagvatteninfiltration i beläggningen. Eftersom de befintliga träden var av sådan storlek och ansågs viktiga för gatubilden valde man att försöka förbättra levnadsförhållandena för träden istället för att plantera nytt⁵³. (Stål, 2002)

⁵³ Örjan Stål och Arne Mattsson muntligen 2005-10



Figur 18. Träden innan behandling (Foto: Ö. Stål 2001).

4.2.2 Genomförande av åtgärd

Metodval; Byte av jord till skelettjord med ”Pelle-platta” och förstörade växtbäddar med infiltrationsmöjligheter på p-yta.

Tidpunkt: Hösten 2001 innan bladfall.

Kostnad per träd: 25714:- (2001 års priser)

För att åstadkomma så bra förhållanden som möjligt för träden ville man ta hänsyn till en rad punkter.

- Infiltrationen av dagvattnet skulle förbättras samtidigt som avdunstningen skulle minska.
- Förbättrade förutsättningar för gasutbyte i marken.
- Tillgång till en större jordvolym för trädens rötter.
- Organiskt material skulle ges förutsättningar att tillföras jorden.
- Saltpåverkan närmast träden skulle minska.
- I pedagogiskt syfte ville man också visa vikten av att ge träd rätt förutsättningar oavsett i vilken yta de står.

Bedömningen gjordes att om man lyckades genomföra dessa punkter så skulle trädens livslängd förlängas med 30-40 år. Liknande tyska försök låg bakom detta antagande.

I de nya planteringsytorna (befintlig rotzon), använde man sig av vakuumenteknik för att undvika skador på rötterna (Figur 19). Man använde denna sugmetod på en utökad yta av 2 x 5 m. runt varje träd. Djupet bestämdes till 600 mm eller tills man stötte på en tät rotmatta. Runt två av träden lade man skelettjord i hela denna yta medan man för resterande träd bara lade skelettjord i fram- och bakkant och fyllde resten av ytan med enbart jord. Detta som ett test att använda som referens mellan enbart jord och skelettjordsblandning.

Eftersom asfalten hindrat vatteninfiltrationen och gasutbytet togs denna beläggning bort mellan träden. Detta gjordes på konventionellt vis med traktorgrävare som bröt upp asfalten. Bär-lagret under asfalten var så pass grov (samkross) att man lät denna ligga kvar orörd. Förhoppningen var att lagret skulle vara så pass genomsläppligt att infiltrationen skulle fungera bra. För att skapa en genomsläpplig yta på den tidigare asfaltytan lades ett lager med 8-16 mm

sten ut. Denna avjämnades och belades med "Pelle-Plattor" som fylldes med 4-8 mm singel (Figur 20).



Figur 19. Vacuumsug och urschaktad yta. (Foto: Ö. Stål, 2001).

Skelettjorden bestod av 2/3 35-70 mm sten och 1/3 matjord. Vid genomförandet upptäcktes inga finrötter i de översta 50-60 cm av jordprofilen och för att försöka få upp rötterna så ville man även garantera att det fanns luft tillgängligt och denna stenfraktion ansågs då lämplig när den enbart skulle fungera som porbildare. Jorden som användes i skelettblandningen skulle ha ett lerinnehåll på mellan 5-10 vikt % och ha en humushalt på ca 2-3 vikt % med ett inte allt för lågt pH (inte låghumifierad sphagnumtorv). Innan jordblandningen lades ut vattnades de frilagda rötterna rikligt för att laka ur eventuellt kvarvarande salter och om terrassen befanns vara alltför hårt packad eller bestå av bärlager skulle denna antingen luckras med luftlans eller ersättas av ny jord (gäller bärlager). Ovanpå det nya jordlagret lades 8-16 mm sten med täckning av Pelle-plattor och 4-8 mm singel som på övriga ytor. Arbetet utfördes av Kommunteknik och Sydvac under ledning av Örjan Stål och Arne Mattsson, Gatukontoret, Malmö⁵⁴. (Stål, 2001)



Figur 20. Fyllning av Pelle-plattor. I bakgrunden syns trädet som står kvar under ursprungliga förhållanden. (Foto: Ö. Stål, 2001)

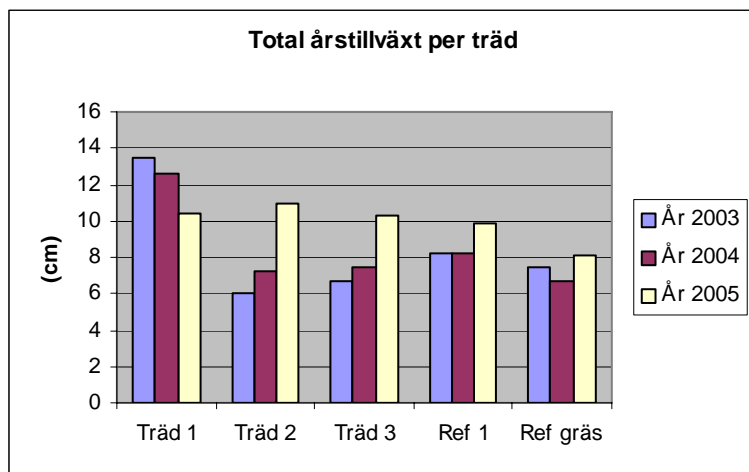
⁵⁴ Örjan Stål och Arne Mattsson muntligen 2005-10

4.2.3 Resultat av mätningar

Tillväxtmätning

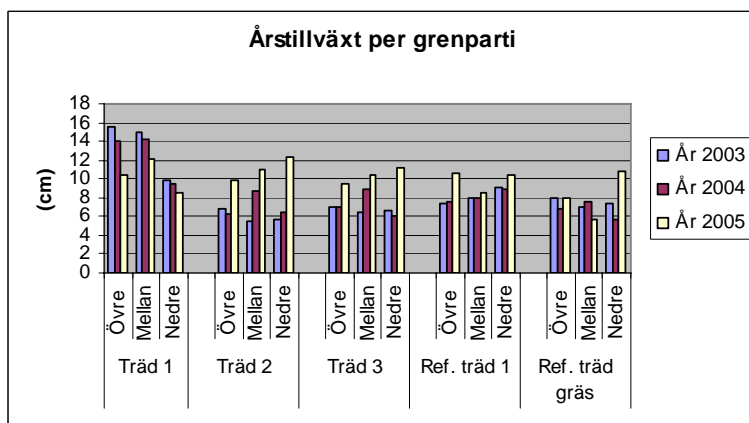
3 st. behandlade träd och 2 st. referensträd.

Uppmätta tillväxtvärden för Augustenborgsgatan är starkt påverkade av beskärningsåtgärder utförda vintern 2004/2005⁵⁵ vilket gör tolkningen av värdena svårbedömda. Diagrammen redovisas dock för att visa trädens tillväxtreaktioner oberoende av om orsaken beror på ståndortsförbättring, beskärning eller något annat.



Figur 21. Varje träds totala årstillväxt på Augustenborgsgatan.

Figur 21 visar alla trädens grenparti- och riktningars medeltillväxt per år fördelat mellan behandlade träd och referensträd, varav det ena står i ursprunglig yta (ref. gräs). Att det är så stor skillnad i tillväxten mellan de behandlade träden kan bero på att träd 1 fick en utökad växtbädd i förhållande till nr 2 och 3. Dock visar mätresultatet att detta träd har en tillbakagång medan de båda andra har en ökande tillväxt, vilket förvisso inte behöver bero på storleken på rotutrymmet. Referensträd 1 har en underplantering av sommarblommor vilket kan ha påverkat mätresultatet eftersom det då kontinuerligt blivit bevattnat.



Figur 22. Årstillväxten i varje grenparti på Augustenborgsgatan.

Figur 22 visar att alla träd utom träd 1 har störst tillväxt av alla mätpunkter i det nedre grenpartiet 2005. Detta är troligen en reaktion på att de året innan blivit beskurna genom att man i

⁵⁵ Ingvar Sjöstrand, Kommunteknik, muntlig källa 2006-01-17.

första hand höjde kronorna för fri höjd (se kommentar nedan). En anledning till att träd 1 inte har en kraftig tillväxt i det nedre partiet 2005 kan vara att behovet av kronhöjning inte bedömts som nödvändigt här.

Vitalitetsbedömning

Behandlade träd

Kronorna i de behandlade träden bedömdes ha täta, friska, gröna, frodiga bladverk, dock med visst angrepp av honungsdagg⁵⁶. Bedömning: A

Kronorna i övrigt hade låg andel döda grenar och då framför allt i inre delar av kronorna. Toppskotten bedömdes som vitala. I ett träd förekom dubbeltopp, i ett annat fanns ett tydligt toppskott medan det för det tredje trädet var obefintligt. Bedömning: A.

Stammarna hade inga synliga skador. Det fanns ett flertal både nya och äldre beskärningssnitt med tydlig övervallning. Större mängd stamskott på alla träden. Bedömning: A

Helhetsbedömning: A

Referensträd

Kronan i referensträd 1 hade tidiga invintringsymptom, mycket bruna bladkanter och otätt bladverk medan referensträd 'gräs' uppvisade samma bladverk som de behandlade träden.

Bedömning: B (ref. träd 1), A (ref. träd 'gräs')

Kronan i referensträd 1 innehöll ett flertal döda grenar och kvistar däribland även toppskottet. I referensträd 2 hade ingen större andel döda grenar eller kvistar och tydligt toppskott.

Bedömning: B (ref. träd 1), A (ref. träd 'gräs')

Stammarna hade inga synliga skador. Ett flertal både nya och äldre beskärningssnitt efter både stamskott och i grenverk var utförda men dessa läkte bra. Större mängd stamskott på alla träden. Bedömning A (ref. träd 1), A (ref. träd 'gräs')

Helhetsbedömning: B (ref. träd 1), A (ref. träd 'gräs')

4.2.4 Utvärdering

Effekt av åtgärd

Vid en inspektion efter två växtsäsonger konstaterades att den tidigare helt rotfria jordprofilen nu var full av aktiva rötter. Till och med i "Pelle-plattorna" fann man finrötter och även mykorrhizaförekomst⁵⁷ (Figur 23). Således lyckades man skapa en gynnsam rotmiljö under en parkeringsyta. Det permeabla skiktet medger infiltration och gasutbyte, och skelettjorden bär upp fordonen utan att skapa kompakta jordförhållanden. Rotutrymmet är väl tilltaget men det är inte klarlagt hur mycket organiskt material som tillförs substratet och på så vis kan underhålla rötterna. Detta är dock enkelt avhjälpt (se *Hållbarhet och upprätthållande*). Träden har haft en sådan tillväxt att man tvingats klippa in och höja kronorna för att inte skugga fastigheterna intill och för att grenar inte ska slå i bilarna.

⁵⁶ "Honungsdagg": Svamp som koloniserar sekret, som under våren producerats av blad- och barklöss som färglöst, glänsande, kletigt överdrag på bladen (Hartmann, et al., 1989).

⁵⁷ Örjan Stål, muntligen.



Figur 23. Till vänster, Mykorrhiza och till höger ses rotutbredningen i skelettjorden (Foto Ö. Stål 2002).

Behandlingen utfördes 2001 och vid besök hösten 2005 var det allmänna intrycket att de behandlade träden och referensträd 'gräs' (i ursprunglig yta) ger ett friskt, och vitalt intryck medan det obehandlade trädet ger ett glest, ojämnt och mindre vitalt intryck (Figur 24 och 25).

De uppmätta tillväxtvärdena är starkt påverkade av beskärningsåtgärder vilket enbart indikerar att träden haft en kraftig tillväxt, samtidigt som värdena då inte kan ge ett exakt och tillförlitligt svar som kan härledas till hur stor tillväxten varit tack vare vitaliseringsåtgärden.

Filmning av ledningar utmed träden, gjorda 1999 och 2005, visade att det inte fanns några rötter alls i ledningarna⁵⁸.



Figur 24. Behandlat träd till vänster och referensträd till höger (Foto Ö. Stål).

⁵⁸ Nilsson, Kenneth, Va-verket Malmö.



Figur 25. Bladjämförelse mellan referensträd och behandlat träd. (Foto Ö. Stål).

Hänsynstagande till viktiga faktorer (se sid. 30)

Finns möjligheter till gasutbyte och infiltration? Ja. Hela p-ytan omfördes från kompakt, tät asfaltyta till infiltrationsyta med skelettjord och ”Pelle-plattor”.

Har man använt sig av LOD i anläggningen? Ja. P-ytan består av ett enda stort permeabelt skikt som underlättar vattentillgången

Är jorden vid träden kompakterad? Nej. Rotmiljön har fått hela den kompakta asfaltytan ersatt av ett luftigt bärlager (befintlig överbyggnad med infiltrationsmöjligheter) och av skelettjord närmast träden.

Kan näring tillföras träden via den behandlade ytan? Ja, till viss del. Det permeabla skiktet medger att näring kan komma rötterna till godo.

Blir träden utsatta för vägsalt? Ja. Det permeabla skiktet bidrar till att salt infiltreras i rotmiljön.

Är rotutrymmet tillräckligt? Troligtvis. Den vacuumsugna och utbytta rotmiljö utgör 6 m³, men eftersom bädden är sammanhängande har rötterna möjlighet att ”använda” sig av rotutrymmet för träden intill.

Har det påförda substratet luft,- vatten,- och näringshållande kvaliteter, och går dessa att upprätthålla? Ja, till viss del. Det permeabla skiktet medger att en viss del av t ex bladförna från träden kan brytas ned och bli till näring, alternativt att det tillförs för hand.

Hållbarhet och upprätthållande

Åtgärdens hållbarhet beräknades förlänga trädens levnad med 30-40 år, i annat fall skulle de vara döda inom en 10-års period. Den utökade livslängden förutsatte dock bl a att organiskt material skulle kunna tillföras jorden och att saltpåverkan skulle minska. Tyvärr har ingen markvegetation lyckats etablera sig runt träden eftersom denna yta utsätts för slitage från bilar och gående. Infiltration av salt har underlättats eftersom ytan numera är permeabel men själva ytan saltas inte utan det salt som hamnar på parkeringsytan är enbart sådant som stänker från gatan eller kommer med bilarna som parkeras. Utifrån de tyska referenserna, där man menar att ytor som inte har tillgång till kontinuerlig organisk tillförsel behöver en underhållsåtgärd vart 10:e år för att upprätthålla goda jordegenskaper, är det troligt att även Augustenborgsgatans träd behöver samma underhållsinsats så småningom. Fyra år efter åtgärden syntes inga tecken på degenerering hos de behandlade träden men det troliga är att ”Pelle-plattornas” ge-

nomsläpplighet inte medger tillräckliga mängder organiskt material, vilket i så fall skulle innebära att någon form av upprätthållande insats behöver göras de närmaste 5-6 åren. Denna åtgärd är dock inte särskilt dyr eller komplicerad. Genom att suga upp singeln i plattorna⁵⁹ kan man lätt tillföra näring som t ex höns gödsel el.dyl. för att sedan åter lägga ut singeln. Vidare skulle den optimala, långsiktiga lösningen kunna vara att åstadkomma en undervegetation runt träden alternativt att man kontinuerligt lägger ut mulch som marktäckning. Ytan under träden är starkt beskuggad, vilket kan göra det svårt att etablera någon markvegetation, detta gör att alternativ två är det mest pålitliga. För att förhindra bilar och gående från att packa jorden runt träden skulle ett staket behövas. Detta staket skulle kunna kompletteras med ett nätstängsel som förhindrar löv att blåsa bort. På så vis kan en organisk nedbrytning komma till stånd utan underhållsinsats och dessutom hade jordens upprätthållande egenskaper mot salt blivit bättre. Fortsätter träden att växa som de gjort hittills lär återkommande beskärningsinsatser vara nödvändiga (Figur 26). De åtgärder man behöver genomföra är således inga större och intensiva åtgärder.

Åtgärden 2001 var ganska dyr (25714;./träd) men då får man betänka att arbetet var ganska omfattande. Tippavgifter för asfalten är ett exempel på en dyr post, liksom att hela ytan belades med "Pelle-plattor". Plattorna kostar 160:-/m² och utöver det tillkommer själva monteringen som kräver två man och en lastbil med gripklo.

Åtgärden är applicerbar på många liknande platser. Genom att själva parkeringsytan går att utnyttja för skelettjord blir rotutrymmet också väl tilltaget. Det som bör eftersträvas för ännu mer optimala förutsättningar är att kunna använda sig av markvegetation i den öppna ytan runt träden. I annat fall bör man tillse att organiskt material går att tillföra på annat sätt.



Figur 26. Till vänster ses behandlade träd och till höger träden efter kronhöjning. Foto taget 2005.

4.3 Fersens väg

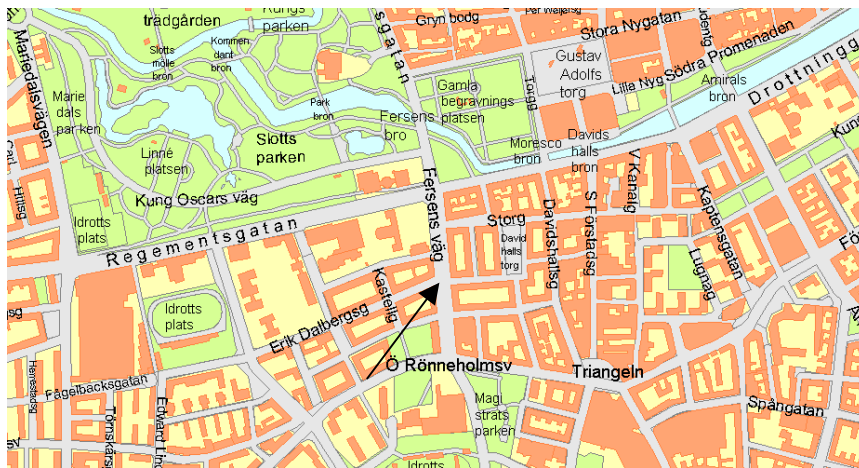
4.3.1 Bakgrund

Rotvitaliseringen längs Fersens väg ingick som en del i en plan för ståndortsförbättring av träd längs denna gata och en annan paradgata i Malmö, Drottninggatan. Detta var ett samarbete mellan Malmö stad och Veg Tech AB, genom Örjan Stål. Rotvitaliseringen längs Drottninggatan har ännu ej blivit utförd men Fersens väg genomfördes 2003. De 46 lindarna, (*Tilia cordata*), som planterades 1950, har med årens lopp fått sina växtmöjligheter reducerade och de bedömdes ha de sämsta växtförutsättningarna av de båda objekten. Detta berodde på att

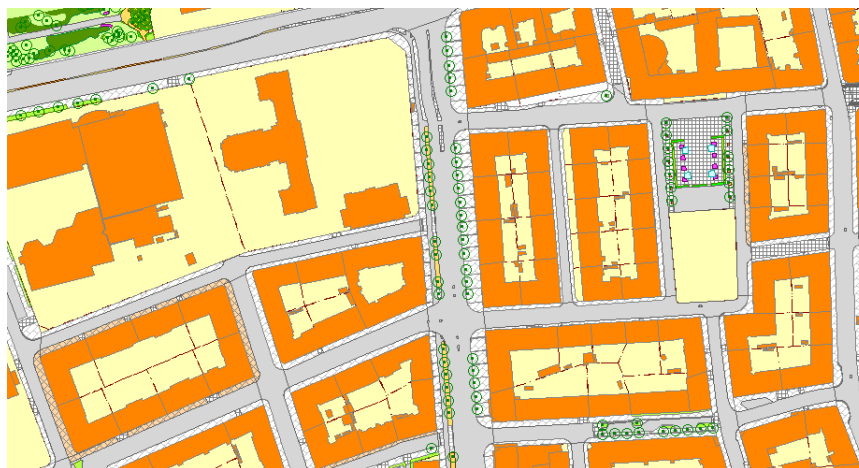
⁵⁹ Med hjälp av ett munstycke som kopplas till vakuumslangen fungerar detta redskap på samma vis som en bred dammsugare.

ytbeläggningen här inte medgav några infiltrations- eller gasutbytesmöjligheter. Om ingen ståndortsförbättrande åtgärd genomfördes bedömdes trädens kvarvarande livslängd till 10-15 år.

På ena sidan står träden i en grusad stensmjölsyta och på den andra låg betongplattor nästan ändå intill stammarna. Utöver dessa förhållanden var träden utsatta för vägsalt vintertid och föroreningar på grund av den täta trafiken. Båda sidor hade ett behov av någon form av ståndortsförbättring. Eftersom det handlade om totalt 46 träd valde man att ta en sida i taget, dels för att kunna se hur resultatet skulle bli av en åtgärd och därefter kunna ta ställning till den västra sidan, och dels för att fördela kostnaderna. Argumentet för en ståndortsförbättring var att Malmö stad ville spara träden och bibehålla en stor kronvolym till ungefär samma kostnad som om man bytt ut träden fast då med mycket mindre kronvolym. Dessutom skulle projektet då kunna ingå som en del i de tester som under årens lopp genomförts avseende ståndortsförbättringar för träd och därmed skulle man lättare kunna jämföra denna åtgärds resultat med de föregående. Det man ville skapa var en luft-, - och vattengenomsläpplig yta och ett nytt växtvänligt substrat åt träden⁶⁰.



Figur 27. Fersens väg i Malmö (Web-info Malmö stad).



Figur 28. Träd ingående i fallstudien: Nr 4, 10, 15 och 20 från norr på östra sidan var behandlade. Träd nr 5, 12, 14 och 19 från syd, västra sidan utgjorde referensträd.

⁶⁰ Bakgrundsfakta hämtad från uppdragsunderlag: SwecoVBB, Örjan Stål, FFU och Mängdbeskrivning 2002-10-23 Malmö stad, Örjan Stål muntligen 2005-10 och Arne Mattsson 2005-10.

4.3.2 Genomförande av åtgärd

Metodval; Substratbyte av befintlig jord till skelettjord med ”Pelle-platta” och utökad växtbädd med infiltrationsmöjligheter på gångyta.

Tidpunkt: mars-April 2003

Kostnad per träd: 22500:- (2003 års priser)

För att öka infiltrationsförmågan i markytan för såväl vatten som luft, var man tvungen att lyfta bort alla betongplattor och all kompakterad stenmjöl och byta ut detta mot en permeabel, belastningsbar beläggning (Figur 29) som skulle tåla snöröjning och annan lättare trafik. Detta gick att uppnå genom att öppna upp en remsa med 2,5 meters bredd mellan träden, som står med ett c/c på 8,5 m. I denna remsa byggdes en lastbärande konstruktion med skelettjord till ett djup av ca 40 cm. All schakt inom 3 m. från träden, eller där rötter större än 3 cm i diameter påträffades vakuumsögs. Resterande ytor schaktades på konventionellt sätt med traktorgrävare. Den kompakta terrassen luckrades med tryckluftslans.

Skelettjorden (Figur 30) bestod av att bärande stenmaterial av 100-150 mm storlek. Denna lades ut i lagertjocklek på 200 mm, med komprimering av varje lager. Växtjorden hade ett lerinnehåll på max 8 vikt% och en humushalt på max 5 vikt% (ej höghumifierad kompost eller torv). Jorden lades ut heltäckande på varje lager av krossmaterialet och spolades/vibrerades ned mellan stenarna. I jorden hade man blandat i långtidsverkande Multicote 8 med en gödselgiva av 2 kg/m³ jordvolym (10 kg/träd). Ovanpå skelettjorden lades sedan 30-50 mm makadam 8/16 mm som komprimerades och avjämnades med ca 10-20 mm makadam 4/8 mm. Ovanpå denna bädd monterades ”Pelle-plattor” som fylldes med 4/8 mm makadam. Totalt behandlades 22 träd⁶¹.



Figur 29. Markytan före (till vänster) och efter behandling. (Foto Ö. Stål 2003 och 2004).

⁶¹ Bakgrundsfakta hämtad från uppdragsunderlag: SwecoVBB, Örjan Stål, FFU och Mängdbeskrivning 2002-10-23 Malmö stad, Örjan Stål muntligen 2005-10 och Arne Mattsson 2005-10.



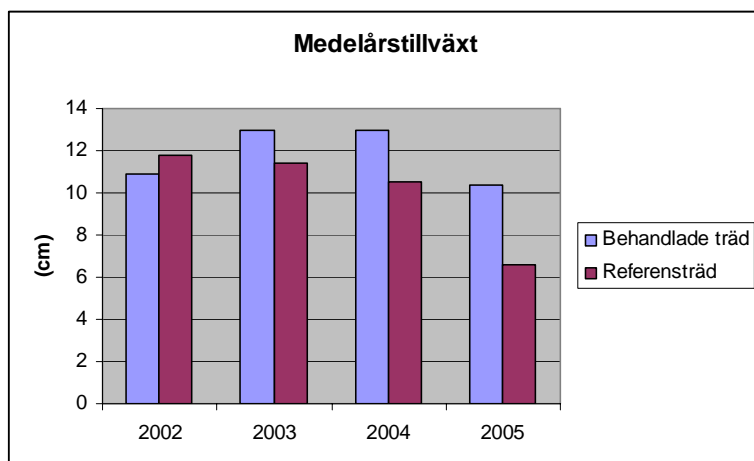
Figur 30. Skelettjord (till vänster) och skydd av rötter närmast träden. (Foto A. Mattsson, 2003).

4.3.3 Resultat av mätmetoder

Tillväxtmätning

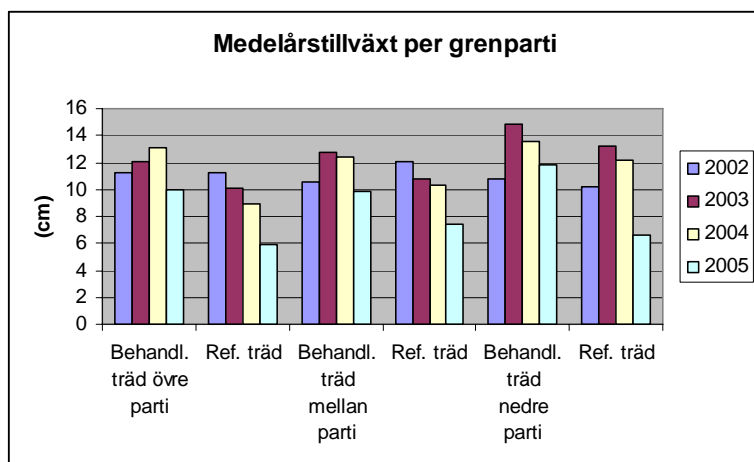
4 st. behandlade träd och 4 st. referensträd.

Figur 31 visar trädens grenparti- och riktningsmedeltillväxt per år fördelat mellan behandlade träd och referensträd. Innan åtgärd hade de nu behandlade träden sämst tillväxt av de båda sidorna längs gatan. Efter åtgärd syns tydligt vilken effekt behandlingen haft på träden. Tillväxten är betydligt högre hos de behandlade träden och även om tillväxten är nedåtgående år 2005 så är den avsevärt mycket större än hos referensträden.



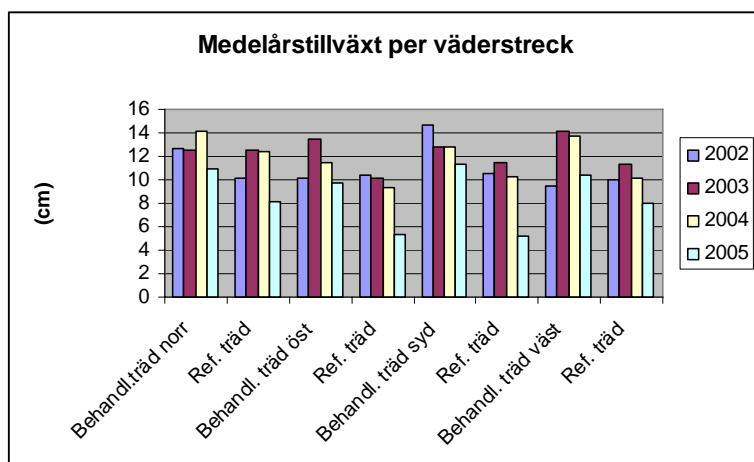
Figur 31. Trädens årsmedeltillväxt på Fersens väg

De behandlade träden har en jämnt fördelad tillväxt sedan ståndortsförbättringen gjordes (Figur 32). Alla grenparti- och riktningsmedeltillväxt är högre än hos referensträden. Mätresultaten från säsongen 2005 visar på sjunkande tillväxt men detta kan bero på andra faktorer såsom klimat, vattentillgång eller någon annan faktor som inte gått att påvisa i denna studie.



Figur 32. Medeltillväxten per år och grenparti på Fersens väg.

I alla väderstreck och i alla grenpartier har de behandlade träden större tillväxt efter behandling. Figur 33 visar att de obehandlade har också en ojämna tillväxt vilket gör att de ger ett mindre frodigt intryck.



Figur 33. Medeltillväxten per år och väderstreck på Fersens väg.

Vitalitetsbedömning

Behandlade träd

Kronorna i de behandlade träden uppvisar täta, friska, gröna, frodiga bladverk med få procent blad med bruna bladkanter eller tidiga invintringsymptom (Figur 43). Bedömning: A

Kronorna i övrigt hade låg andel döda grenar och friska toppskott alternativt obefintliga. Bedömning: A.

Stammarna hade inga synliga skador. Det fanns ett flertal både nya och äldre beskärningsnitt som läkt bra. Bedömning: A

Helhetsbedömning: A



Figur 34. Fersens väg, östra sidan efter åtgärd. (Foto taget 2005).

Referensträd

Kronorna i referensträden uppvisar tidiga invintringsymptom, mycket bruna bladkanter och otätt bladverk i förhållande till de behandlade träden. Bedömning: B

Kronorna hade en relativt stor andel döda grenar ,framför allt avseende mindre kvistar och i en hel del toppskott. Bedömning: B

Stammarna hade inga synliga skador. Ett flertal både nya och äldre beskärningssnitt efter både stamskott och i grenverk var utförda men dessa har läkt bra. Bedömning A

Helhetsbedömning: B

4.3.4 Utvärdering

Effekt av åtgärd

Resultatet är uppenbart efter ståndortsförbättringen (Figur 35). Eftersom träden längs den västra sidan av gatan fortfarande är obehandlade kan man tydligt skillnaden mot de behandlade träden, där den östra sidans träd ger ett mycket frodigare och vitalare intryck i förhållande till de obehandlade på västra sidan av gatan.



Figur 35. Vänstra bilden visar till vänster behandlade träd till höger och referensträd till vänster. Bilden till höger visar behandlade träd i bakgrunden och närmast kameran syns referensträden. (Foto tagna 2005)

Ersättningen av den täta plattytan med sin kompakta överbyggnad till en luftinnehållande skelettjord och ett permeabelt ytskikt har, tillsammans med en uppgödsling av rotmiljön, gett positiva effekter. Framför allt syns detta genom att invintringstidpunkten för de behandlade träden är så mycket senare än hos referensträden. Ett annat tydligt bevis för åtgärdens positiva effekt är hur täta och frodiga de behandlade träden upplevs i förhållande till de obehandlade träden. En mindre positiv effekt är att de behandlade trädens rotsystem nu lyfter den obehandlade ytan intill skelettjorden (Figur 36). Om detta beror på en ökande rotaktivitet eller något annat kräver ytterligare undersökning men som nämnts i kapitel 2.1.1. kan ett uteblivet gasutbyte skapa sådana förhållanden att rötterna söker sig högre upp i jordprofilen (Wiklander, 1976).

En annan effekt av behandlingen är att träden nu har en sådan tillväxt att grenar inom en snar framtid riskerar att börja slå mot de intilliggande husens fasader och fönster, vilket kommer leda till någon form av beskärningsinsatser. Tillväxtvärden visar också en tydlig tillväxt efter behandlingen, där referensträden visar en påtaglig tendens till tillbakagång. Mätvärden för 2005 visar på en tillbakagång även hos de behandlade träden men dessa värden kan inte uteslutas bero på t ex växtsäsongens klimat, avseende temperatur och nederbörd.



Figur 36. Rotskador på intilliggande plattytan året efter rotvitaliseringen. (Foto tagna 2005).

Hänsynstagande till viktiga faktorer (se sid. 30)

Finns möjligheter till gasutbyte och infiltration? Ja. Man åstadkom ett sammanhängande, permeabelt ytskikt på 2,5 m bredd under trädraden. Resterande, intilliggande ytor består av asfalt och plattor.

Har man använt sig av LOD i anläggningen? Ja. Vatteninfiltration möjliggörs genom att man använt sig av permeabelt skikt och fall mot denna yta. Avvattningsytan är den gångbana som löper utmed träden.

Är jorden vid träden kompakterad? Till viss del. Den tidigare kompakta överbyggnaden är ersatt av skelettjord på en bredd av 2,5 m. längs/under träden. I övrigt är ytan obehandlad.

Kan näring tillföras träden via den behandlade ytan? Ja, till viss del. Det permeabla skiktet medger att näring kan komma rötterna till godo.

Blir träden utsatta för vägsalt? Ja. Det permeabla skiktet bidrar till att salt infiltreras i rotmiljön.

Är rotutrymmet tillräckligt? Nej. För Fersens väg lyckades man åstadkomma en sammanhängande bädd med utrymmet 8,5 m³ per träd, men eftersom bädden är sammanhängande har rötterna möjlighet att ”använda sig” av rotutrymmet för träden intill. I efterhand har det uppstått rotsprängning i obehandlad yta vilket kan tolkas som att behandlad yta är för liten.

Har det påförda substratet luft,- vatten,- och näringshållande kvaliteter, och går dessa att upprätthålla? Ja. Det permeabla skiktet medger att en viss del av t ex bladförna från träden kan brytas ned och kan bli till näring åt träden.

Hållbarhet och upprätthållande

Om ingen åtgärd skulle gjorts, bedömdes träden ha en kvarvarande livslängd på 10-15 år. Åtgärden har gett träden en förnyad vitalitet, men eftersom arbetet utfördes för mindre än tre år sedan är det för tidigt att, utifrån tillväxtnättningsdata och vitalitetsbedömningar, kunna se tydliga tendenser på hur lång hållbarheten i anläggningen är. Utifrån de referenser som redovisats i denna studie är det dock troligt att man även på Fersens väg, liksom på Augustenborgsgatan, behöver tillföra ny näring i det permeabla skiktet inom en 10-års period. Med tanke på hur rötterna lyft den obehandlade ytan intill skelettjorden kan det finnas skäl att utöka skelettjordsvolymer så att en dubbelt så bred list åstadkoms. Det finns tillräckliga ytor för att åstadkomma detta utan att hindra gångtrafiken.

Det mest optimala, ur långsiktig syvinkel, hade varit att kunna använda sig av undervegetation runt träden för att tillse att det kontinuerligt tillförs organiskt material och för att minska vägsaltets negativa påverkan på jordegenskaperna. Det skulle också vara lämpligt att komplettera ytan närmast träden med någon form av saltskydd för att ytterligare hindra saltpåverkan. Just någon form av avgränsning runt träden kunde också vara lämpligt för att kunna hålla kvar löv och andra växtdelar som kan brytas ned till humus. I dagsläget städas ytorna noga, vilket bidrar till att den organiska tillförseln är minimal.

Vägen utgör en av Malmös paradgator, vilket är viktigt att ta hänsyn till vid beslut om vidmakthållande av stora träd. Längs denna typ av huvudgator kan det vara motiverat att satsa extra resurser och pengar för att hålla en hög standard. Användandet av annueller och lök som underplantering som alternativ till perenner skulle kunna gynna både trädens vitalitet men också den estetiska aspekten. Den ganska höga åtgärds-kostnaden (22500:-/träd) känns motiverad på en plats som denna. Ser man sedan resultatet fram till dags datum motiveras åtgärden ännu mer.

Åtgärden bör användas på resterande träd längs den västra sidan av Fersens väg. I samband med en eventuell åtgärd där, bör även infiltrationsytans/skelettjordens bredd utökas på den östra sidan.

För båda sidor bör man eftersträva någon form av kontinuerlig, organisk tillförsel, antingen med perenner eller med sommarblommor som är omgärdade med någon form av räcke/stängsel så att det organiska materialet hindras från att blåsa bort. I annat fall kommer en gödningsåtgärd inom en 10-års period att vara nödvändig för att upprätthålla trädens vitalitet.

I Malmö, liksom i det flesta andra kommuner finns denna typ av huvudgator. Har man gamla träd i samma typ av miljö är denna åtgärdsmetod en bra lösning för att kunna behålla träd med stor kronvolym.

4.4 August Palms plats

4.4.1 Bakgrund

Utanför stadshuset, på August Palms Plats i Malmö (Figur 37 och 38) planterades 1987 tre stycken silverlindor (*Tilia tomentosa*). Ytbeläggningen kring träden utgjordes av betongplattor som lades i stort sett ändå in mot stammarna och den jordvolym som gavs till träden hade måtten 2 x 2 x 1m. Jordblandningen bestod av 300 mm mineraljord som toppades med 400 mm harpad matjord och för att få en bärande plattyta lades sedan en geoduk, 200-300 mm kompakterat bärlager och sättsand ovanpå⁶². Ytan bär inte någon kontinuerlig, tyngre trafik mer än enstaka leveransfordon och renhållningsmaskiner, inkluderat halkbekämpning, vilket inneburit att de, vintertid utsatts för saltpåverkan.

Träden har uppvisat minimal tillväxt och hade efter 18 år en kron diameter på 3 m. En ganska stor andel mindre kvistar och grenar i kronorna, inkluderat toppskotten, var döda och det glesa bladverket i yttergrenarna gjorde att träden gav ett mindre vitalt intryck. Vid planteringsstillfället kom träden att planteras för djupt, vilket också påverkat vitaliteten (se bild nedan)



Figur 37. August Palms Plats i Malmö (Web-info Malmö stad).

Med tanke på trädens kondition och att platsen utgör en väldigt central plats för både Malmöbor och för besökande, att stadens tätaste cykelstråk ligger intill⁶³ och att stadshuset är välbesökt, beslutades 2004 att trädens levnadsförhållanden skulle bli bättre, antingen genom att byta ut träden och nyplantera med bättre markförhållanden, eller genom att rotvitalisera de befintliga.

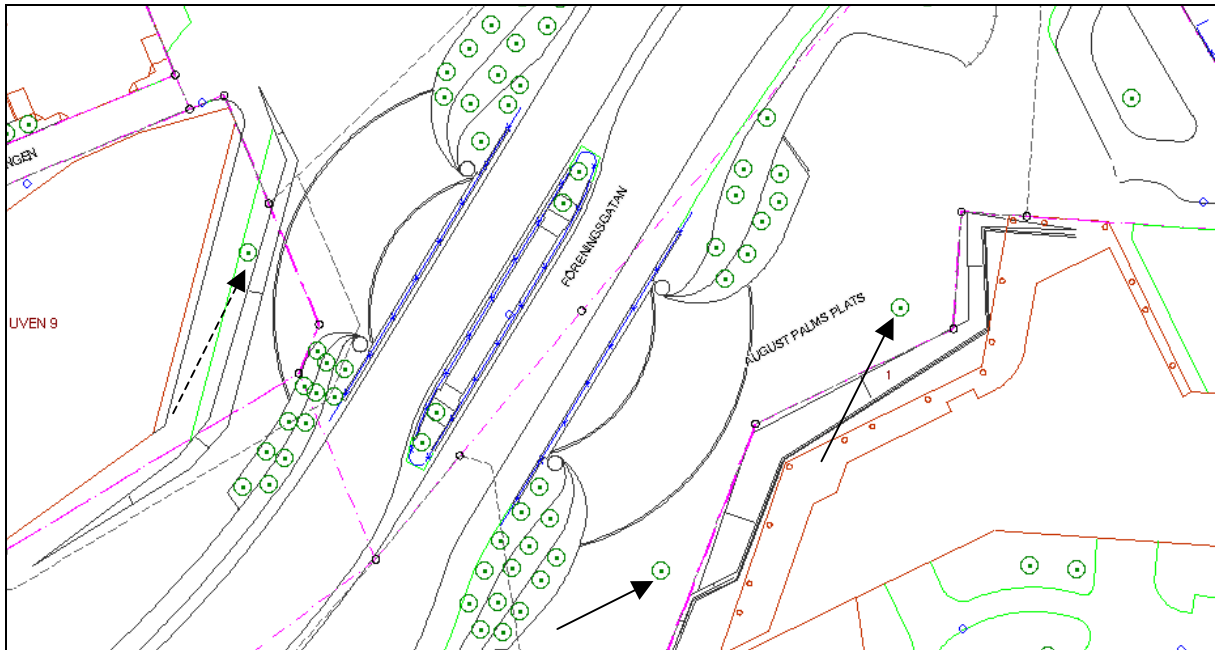
Eftersom en tredje silverlind vid samma tillfälle (1987) planterades i närheten men med en helt annan utveckling⁶⁴, ville man se om man genom olika ståndortsförbättrande åtgärder på

⁶² Jansson, Arne, muntligen 2005-10-10

⁶³ Jönsson, Leif, muntligen 2005-11-14

⁶⁴ Varför denna silverlind mår så mycket bättre än de två som redovisas här har inte närmare undersökts i denna studie. Däremot nämns ett antal troliga orsaker som kan ha bidragit till dess utveckling (se kommentar nedan).

sikt kunde få ett snarligt resultat med dessa två lindar. En annan aspekt man tog hänsyn till var att man istället för att bara fälla och plantera nytt ville visa allmänhet och beslutsfattare att man värnar om de befintliga träden och att man genom vitaliseringsåtgärder faktiskt kunde få goda resultat⁶⁵.



Figur 38. August Palms Plats . Pilarna visar var de i studien ingående träden är placerade. Heldragen pil visar behandlade träd och den streckade pilen pekar på referensträdet.

4.4.2 Genomförande av åtgärd

Metodval; Förstorad växtbädd med markvegetation och utökat rotutrymme med skelettjord.

Tidpunkt: November 2004 (perennkomplettering våren 2005)

Kostnad per träd: 30942:-(2004 års priser)

Efter att tidigare ha provat olika metoder för att förbättra andra trädets levnadsvillkor ville man nu att använda sig av markvegetation under träden i form av perenner. Detta, för att kunna få till stånd en kontinuerlig, organisk tillförsel med hjälp av nedbrytningen av bladmassan från perennerna. En annan anledning till att använda sig av perenner var att en del av den tidigare, kompakta plattytan nu skulle ersättas av en öppen yta för att kunna underlätta ett gasutbyte och att man då ville täcka denna yta med någon typ av vegetation. Måtten för den öppna ytan blev 2 x 2 m och jorden som användes till denna yta närmast träden var s k "Resursjord" (lövkompost).

Metoden valdes också för att det rent estetiskt skulle höja den gråa betongytans utseende om man kunde införa mer blomsterprakt i denna. Perennerna som användes var flocknäva (*Geranium macrorrhizum* 'Ingversen's variety') som samplanterades med Tidlösa (*Colchicum autumnale*).

Under den hårdgjorda ytan skulle bärlager och sättsand ersättas med en utökad bädd av skelettjord och fortsättningsvis vara hårdgjord. För de två träden revs vardera 30 m² plattytta och

⁶⁵ Mattsson, Arne, muntligen 2005-10.

smågatsten (Figur 39 och 40). Denna yta vakuumsögs till 0,4 m djup för att kunna åstadkomma en ny växtbädd på 12 m³ ⁶⁶. Det visade sig att man hade kunnat schakta på traditionellt vis ända fram till ca 2 m från träden eftersom det inte fanns en enda rot utanför 2 meters radie från trädens stammar. Inom denna omkrets handschaktades och borstades rotsystemet fram för att undvika skador i största möjliga mån. De rötter som ändå skadades, renklipptes med sekator.



Figur 39. Den vänstra bilden visar ytan före åtgärd och den högra bilden visar när rothalsen exponeras i samband med åtgärderna. (Foto M. Thelander, 2004 och A. Mattsson 2004)



Figur 40. Rotsystem på en av silverlindarna vid schaktningstillfället. (Foto M. Thelander 2004). På den högra bilden syns den lilla rotmassan och de ogästvänliga markförhållandena som rådde på platsen före åtgärden. (Foto A. Mattsson, 2004)

Skelettjorden som användes bestod av färdigblandat substrat. Beståndsdelarna i denna är 2/3 70-130 mm sten och 1/3 jordblandning där 20 % består av återanvänd *Hasselfors E-jord* och resterande andelar är siktad matjord⁶⁷ och sjösand alternativt 0-8 mm sand. Inbördes mängder blandas av tillverkaren. Lerinnehållet i den siktade matjorden låg på ca. 7 %, vilket ofta är ett max-värde för den återvinningsjord som leverantören använder⁶⁸.

⁶⁶ 12 m³ är den minimivolym rotutrymme träd skall ha vid nyplantering för Gatukontorets träd.

⁶⁷ Siktad återvinningsjord från diverse ställen runt Malmö. Kan vara från trädgårdar, åkerjord, byggtomter.

⁶⁸ Olofsson, Ronny, Malmö lastbilcentral, muntligen 2005-10-10. Avser faktadel om färdigblandad skelettjord

Skelettjorden lades ut i lager om 200 mm som komprimerades innan det andra lagret påfördes och vibrerades. I samband med utläggningen gödslades substratet med ca. 2,5 kg per träd (12 m³) långtidsverkande Osmocote.

Ovanpå skelettjorden lades en geoduk som skulle förhindra finmaterial att fylla porsystemet i skelettjorden. Finmaterialet var stensmjöl som fungerade som avjämningsbädd för plattorna. I den utökade växtbädden tillfördes ny växtjord (Figur 41). Träden (Figur 42) hade nu fått nya förutsättningar som mer liknade referensträdets (Figur 43).



Figur 41. Utläggning ny växtjord i den förstörade bädden och avjämningsmaterial till plattytan. (Foto taget 2004).



Figur 42. Behandlad silverlind vid Stadshuset 2005. Innan behandling fanns i stort sett ingen möjlighet att medge något gasutbyte. Inte heller gavs någon chans till organisk tillförsel (Foto tagna 2004).



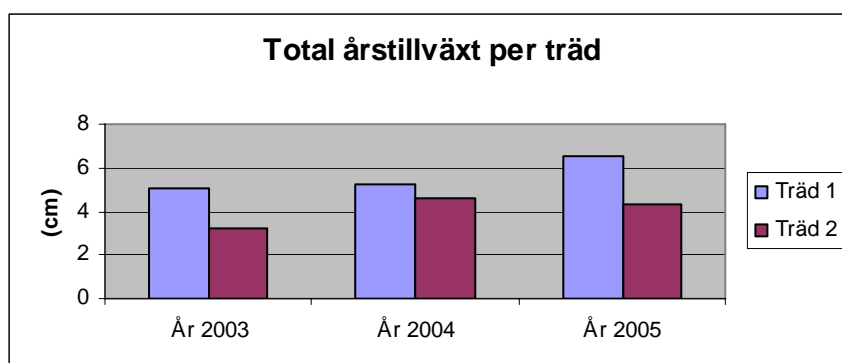
Figur 43. Referensträd, planterat samtidigt som de behandlade träden. Den yta som detta träd står i medger bättre infiltrations- och gasutbytesmöjligheter då smågatsten med bred fogning satts direkt i matjord. Det kan också vara möjligt att trädet rötter nått någon dagvattenledning och här kunnat hitta bättre förhållanden. Detta är dock inte dokumenterat.

4.4.3. Resultat av mätningar

Tillväxtmätning

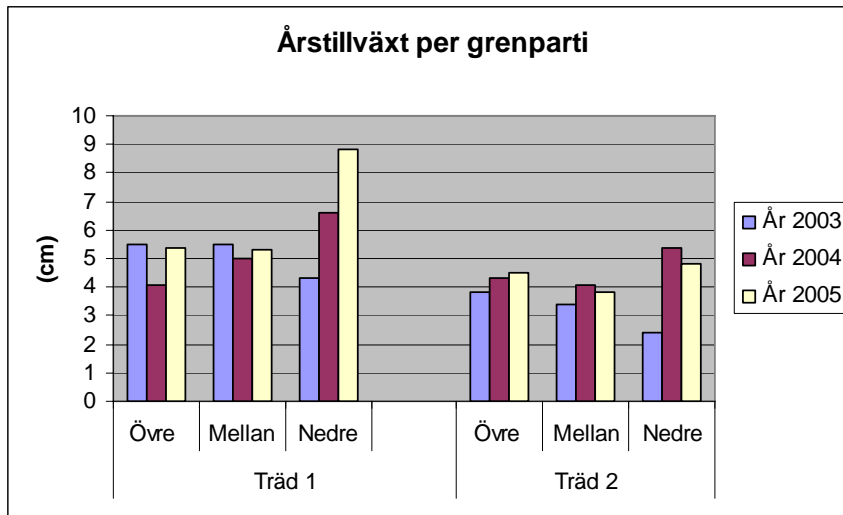
2 st behandlade träd. Referensträdet har inte tillväxtmäts eftersom detta träds utveckling i förhållande till träden som ingår i detta fall är i så uppenbart mycket bättre vigör och att jämföra mätdata mellan detta träd och de behandlade inte är relevant för studiens syfte.

Träd 1 står i skyddat läge i förhållande till nr 2 som också har påkörningsskador och är utsatt för större saltpåverkan då detta är planterat intill cykelstråk. Eftersom åtgärden vidtogs 2004 finns det bara 1 års mätdata efter åtgärd, vilket gör mätresultaten irrelevanta. Anledningen till att de ändå redovisas är att man utifrån de två trädens olika placeringar eventuellt kan dra någon slutsats eller antydning.



Figur 44. Den totala årstillväxten i varje träd på August Palms Plats.

Åtgärden genomfördes 2004 och träd 1 visar, enligt Figur 44, en något större tillväxt än träd nr 2 men för att kunna dra någon slutsats eller för att kunna se någon tendens behövs fler årliga mätdata.



Figur 45. Årstillväxten för varje grenparti på August Palms Plats.

Träd 1 har överlag något högre tillväxt i alla grenpartier (se Figur 45) men som nämnts ovan behövs fler mätdata.

Vitalitetsbedömning

Träd 1

Bladverket i kronan hade en hög andel bladmassa utan större mängd brunkantade blad. Inte heller fanns tecken på tidiga invintringsymptom. Bedömning: A

Kronan i övrigt hade en del mindre, döda grenar, däribland toppskottet. Bedömning: B

Stammen hade inga synliga skador och det fanns inga tecken på beskärning. Bedömning: A

Helhetsbedömning: A

Träd 2 (närmast cykelstråk)

Bladverket i kronan hade en mindre andel bladmassa än träd 1. Andelen bruna bladkanter i detta träd var större men inte heller här fanns tecken på tidiga invintringsymptom. Bedömning: B

Kronan i övrigt hade en del mindre, döda grenar, däribland toppskottet. Bedömning: B

Stammen hade synliga skador efter påkörning som inte hade övervallats på ett tydligt sätt. Det fanns inga tecken på beskärning. Bedömning: B

Helhetsbedömning: B

Referensträd

Kronan ger ett kompakt och tätt, frodigt intryck. Vid bedömningstillfället fanns inga döda grenar eller några synliga sjukdomsangrepp i trädet.

På stammen finns enstaka, mindre skador men inte av sådan karaktär att de utgör någon fara för trädets hälsa. I kronan finns en del beskärningsingrepp. Dessa är inte fackmannamässigt utförda och är inte utförda av Malmö stad eftersom trädet står på kvartermark.

Helhetsbedömning: A

4.4.4 Utvärdering

Effekt av åtgärd

Att kunna göra en utvärdering av hur träden reagerat bara en växtsäsong efter åtgärd är inte meningsfullt. Den metod som användes bedöms ändå som lyckad när man vill kunna tillföra näring via nedbrytbart växtmaterial runt träden. De två träden är 19 år gamla men deras rotsystem visade sig inte ha kunna ta sig ut ur den ursprungliga planteringsgropen. Nu har rotsystemet en möjlighet att sprida sig ut i skelettjorden. Denna möjlighet har inte de andra fallstudieträden haft eftersom man här vacuumsgutit fram befintliga rötter som redan befunnit sig i det ogästvänliga substratet. Viss forskning (Kristoffersen, 1998) menar att man ska använda samma jord i både skelettjorden och i själva planteringsgropen för att undvika barriärzoner. I detta fallet användes en jord med lerinnehåll på 7 % i skelettjorden medan ytan närmast träden fylldes med kompostjord. Om det finns anledning att misstänka att rötterna inte kan eller få svårt att sprida sig ut i skelettjorden av denna anledning får en kontrollschakt för detta ändamål göras.

Objektet bör följas upp de kommande åren för att det ska vara möjligt att bättre kunna värdera åtgärdens effekt. Metoden och de förbättrade förutsättningarna efter åtgärd, bör med stöd av referenser och forskningsrön, leda till en kraftigt ökande tillväxt och vitalitet hos träden.

Hänsynstagande till viktiga faktorer (se sid. 30)

Finns möjligheter till gasutbyte och infiltration? Ja. Den täta ytan minskades så att träden fick tillgång till 4 m² vegetationstäckt jord mot att den var obefintlig innan åtgärd. Resterande ytor runt träden lades tillbaka med plattor.

Har man använt sig av LOD i anläggningen? I viss mån. På August Palms plats tar endast den öppna ytan mot vatten direkt ovanifrån eftersom ytan kantas av upphöjd storgatsten.

Är jorden vid träden kompakterad? Nej. Den tidigare kompakta rotmiljön har ersatts av skelettjord och ren växtjord närmast träden.

Kan näring tillföras träden via den behandlade ytan? Ja. Det finns möjligheter för den marktäckande vegetationen att brytas ned till humus och på så vis mineraliseras till näring åt träden.

Blir träden utsatta för vägsalt? I liten mängd. Den relativt stora (2x2m.) vegetationstäckta, öppna ytan möjliggör att saltet inte får samma verkan på jordstrukturen som den skulle ha haft utan vegetation. Den upphöjda storgatstenskanten hindrar också en del av det saltinnehållande smältvattnet att rinna ut i den öppna ytan.

Är rotutrymmet tillräckligt? Ja. Rotutrymmen på 12 m³ finns, varav 4 m³ utgör enbart jord.

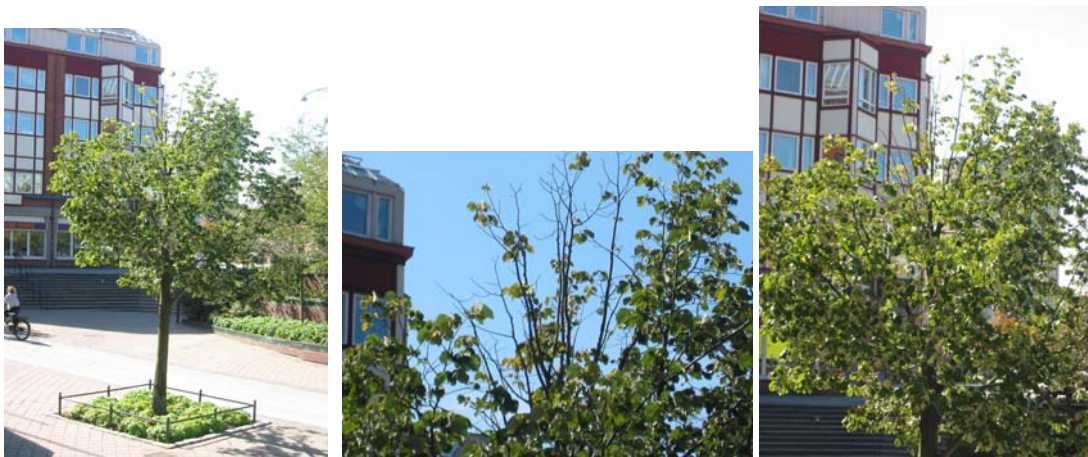
Har det påförda substratet luft,- vatten,- och näringshållande kvaliteter, och går dessa att upprätthålla? Ja. Den marktäckande vegetationen runt träden möjliggör en organisk nedbrytning av sina ovanjordiska växtdelar.

Hållbarhet och upprätthållande

Enligt tyska erfarenheter innebär den valda metoden att anläggningen har förutsättningar att ha en långsiktig hållbarhet (>20-30 år). Rotutrymmet är ganska stort (~12 m³), den organiska tillförseln, vatteninfiltrationen och gasutbytet är säkrade, dessutom är den hårdgjorda ytan runt träden uppbyggd med skelettjord. Här fanns förvisso utrymme att göra den öppna ytan ännu större, vilket skulle ha gynnat träden mer när de växer till i kronomfång. Här finns i nuläget möjlighet för vatten att tillföras träden eftersom kronan inte hindrar regn att tillföras den öppna ytan. Likaså bör ett fungerande gasutbyte numera vara möjligt. När trädens rötter når utanför den öppna 2x2 m stora planteringsgropen har de tillgång till en icke kompakt rotmiljö i form av skelettjord. På sikt kan man försöka tillföra näring till skelettjorden genom t ex luftrör som placeras i denna yta. Denna framförhållning skulle man ha haft vid åtgärdstillfället för att undvika fördyrande moment i ett senare skede.

Saltpåverkan kvarstår men dock i reducerad mängd eftersom planteringsytan dels är så pass utökad att saltet inte hamnar nära träden och dels för att det nu finns marktäckande vegetation som minskar risken för bl a aggregatupplösning.

Vid åtgärdstillfället stödgödslades substratet med 2,5 kg multicote per träd. Denna mängd anses vara för liten och i så fall bör ytterligare tillföras ytan under våren 2006. På så sätt förväntas trädens tillväxt påskyndas⁶⁹. Under vårvintern 2006 bör även en utrensning av döda kvistar och grenar göras (Figur 46).



Figur 46. Behandlade träd 1 år efter åtgärd. Behov finns att rensa bort döda grenar som inte togs bort vid åtgärden. (Foto tagna 2005).

Angående tillväxtnättningsresultaten behövs det uppföljande mätdata för att kunna få ett bättre underlag att kommentera. Träden uppvisade under bedömningstillfället ingen större skillnad i förhållande till innan åtgärd.

Kostnaden för arbetet med de två lindarna slutade på 61884:-, alltså över 30000:- per träd. Kostnaden kan tyckas hög, men man får betänka att summan per träd med all sannolikhet blivit mindre om arbetet omfattat ett större antal träd. Om man istället valt att plantera nya träd

⁶⁹ Örjan Stål, muntligen 2005-12. Normalt sett används ca 10 kg/träd i Malmö.

av lite större kvalité, 25-30, 30-35, hade summan ändå blivit snarlik. Träd av den storleken kostar ungefär 10-15000:-/st. och utöver denna kostnad, ska också läggas arbetet med skelettuppbyggnad och skötseln av träden. Detta diskuteras mer ingående i sista kapitlet.

Där det finns utrymme i hårdgjorda ytor bör denna metod användas i större utsträckning. Lyckas man ge trädens rötter liknande storlekar på rotutrymmet, en så pass stor öppen yta med markvegetation (Figur 47) och en skelettjord under den hårdgjorda ytan tyder mycket på att denna metod kan ge bra, långsiktiga förutsättningar åt träden.



Figur 47. Nyplanterad yta, och efter en växtsäsong. (Foto tagna 2005)

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Sammanfattningsvis visar resultaten från fallstudien att man kan lyckas få äldre träd som är på väg att dö till att återigen börja må bra och få förnyad vitalitet. I något fall har den enda insatsen bestått av att jorden bytts ut mot ny, näringsrik jord, och att detta som enda åtgärd givit sådana positiva effekter att träden idag (nio år senare i Erikslustfallet) fortfarande ger ett frodigt och välmående intryck om än med behov av upprepade, mindre åtgärder. I andra fall har mer omfattande åtgärder provats, vilket lett till en klar förbättring av trädens hälsa, men även till att trädens livslängd förlängts med kanske 20-30 år utan att man blir tvungen att utföra några större underhållsåtgärder under tiden.

I fallet Erikslust visade sig den smala rottillgängliga, öppna ytan, efter byte av jord, kunna förse träden med luft, vatten och näring i åtminstone 10 år efter behandling. Träden ger idag ett vitalt och friskt intryck. Två växtsäsonger efter åtgärd var det översta jordlagret fullt av finrötter och även mykorrhizasvampar.

I fallet Augustenborg har träden, efter åtgärd, visat en kraftig tillväxt och stark vitalitet. Användningen av ett permeabelt ytskikt i kombination med skelettjord som sammanhängande växtbädd tycks kunna tillföra tillräckliga mängder luft, vatten och viss näring och den enda återkommande åtgärden man behöver göra är att ge en stödgödsling efter ca 10 år för att upprätthålla vitaliteten.

Längs Fersens väg fick lindarna sådan nyvunnen kraft att rötterna utanför den behandlade ytan lyft beläggningen. Likaså ger träden ett oerhört vitalt intryck i förhållande till referensträden. Hållbarheten bör vara lite kortare än i Augustenborgs-fallet eftersom den behandlade ytan är betydligt mindre, men genom en utökning av skelettjorden, och återkommande gödsling kommer träden att behålla sin vigör.

På August Palms plats togs hänsyn till en stor del av de rekommendationer som forskningen menar att man bör eftersträva vid liknande åtgärder. Denna åtgärd är så nyligen utförd att några tydliga vitalitetsreaktioner ännu inte kunnat utrönas. Åtgärden har inneburit att träden numera har tillgång till en stor rottillgänglig volym, både i form av öppen jord och av skelettjord under den hårdgjorda ytan. I den öppna ytan finns det möjligheter för trädens rötter att, via nedbrytning av det organiska materialet (perennerna), få tillgång till näring, men också till luft och vatten.

Malmö stads syn på träd är att ”de ska vara vackra”⁷⁰. För att definiera vad ett ”vackert träd” är har jag jämfört detta uttryck med att trädet ska se vitalt ut och fylla sin funktion. Utifrån denna definition och att Malmös syfte med sina ståndortsförbättringar är att träden återigen ska ge ett vitalt intryck kan det konstateras att åtgärderna givit det resultat man önskat, om än med behov av återkommande, mindre åtgärder för att kunna bibehålla resultatet.

Den tidigare forskning som presenterats i denna rapport är tänkt att klargöra vad som anses vara viktiga faktorer att ta hänsyn till, eller att eftersträva, när man vill ha vitala och funktionella träd i hårdgjorda ytor.

Till exempel anser Arnold (1993) och Craul (1992) att man så långt som möjligt ska försöka tillgodose trädets naturliga förutsättningar i marken, d.v.s. jordvolym, gasutbyte (syre och

⁷⁰ Arne Mattsson, muntligen 2006-01

koldioxid), näring (tillförsel av organiskt material) och vattentillgång för att ett träd skall kunna utvecklas väl.

Fallstudiens resultat visar att man även med åtgärder som inte alltid kunnat tillgodose alla ovan nämnda faktorer fullt ut, t ex tillräckliga jordvolymen eller kontinuerlig tillförsel av organiskt material, så kan resultatet bli bra. Dock kommer detta att kräva återkommande, upprätthållande åtgärder. På så vis kan man inte påstå att fallstudiens träd i alla fallen har getts möjlighet att utvecklas väl på egen hand, men att de, med upprepade underhållsinsatser kan bibehålla den nyvunna vitaliteten. Det fall som har bäst förutsättningar att efterleva Arnold's och Craul's rekommendationer, utan allt för tätt återkommande underhållsåtgärder, är ståndortsförbättringen på August Palms plats, då träden på denna yta har gott om rotutrymme och tillgång till en, i nuläget, stor öppen yta med markvegetation i. Augustenborgsgatans stora, permeabla ytskikt och dess sammanhängande växtbädd ger också goda förutsättningar att fungera som en hållbar ståndort. Med enkla medel går det att tillgodose näringsbehovet kontinuerligt. För både Fersens väg och Erikslust har man använt sig av sammanhängande växtbäddar, vilket, enligt Rolf (1994) ger träden bättre utvecklingsmöjligheter än om de stod i separata växtbäddar.

Träden längs Erikslustvägen har sämst hållbarhetsförutsättningar. Listen de står i är väldigt smal och resterande ytor kring träden är kompakta och inte medger tillräckligt gasutbyte eller infiltration. På grund av dessa förutsättningar har trädens rötter därför sökt sig in i de intilliggande dagvattenledningarna för att där kunna tillgodose sina behov av luft och vatten och utrymme. Precis som Rolf (1994) påstår att "tillväxten av rötter sker där omgivningen är fördelaktig, d.v.s. där det finns plats, näring, syre och vatten", så har alltså träden, trots en åtgärd som givit ny vitalitet ändå sökt efter ännu bättre rotförhållanden, vilket kan antas bero på att listen utgör en för liten jordvolym för att kunna försörja de stora träden. För nyplanterade träd skulle utrymmet kanske räcka en tid men de skulle knappast ha någon möjlighet att bli lika stora och gamla som träden längs Erikslustvägen är idag utan att hitta alternativa rotutrymmen såsom dagvattenledningar eller liknande.

Watson & Neely (1993) menar att "rötter inte kan penetrera jordar som har en avsaknad av luft eller som är väl kompakterade". För fallen Erikslust och Fersens väg har det nya rottillgängliga utrymmet inte varit tillräckligt för de stora träden, vilket visat sig i rotåverkan på intilliggande beläggningar och tekniska installationer. Det rotsystem som befunnit sig utanför den behandlade ytan har haft så dåliga förutsättningar att de sökt efter luft och vatten under plattorna där de funnit kondensvatten och syre. Belägenheten för dessa träd kan liknas vid situationen för en växt i en kruka där man kontinuerligt nödgas byta ut jorden och tillföra ny näring för att växten ska överleva. Jag menar inte att åtgärden varit felaktig eller att resultatet inte varit bra. Lösningen har trots allt givit ett fördelaktigt resultat på träden men man måste vara medveten om att så små rotutrymmen kräver återkommande upprätthållande insatser. För Fersens väg skulle rotutrymmet kunnat göras dubbelt så brett utan att ha påverkat gångtrafiken, men för Erikslust fanns inte dessa möjligheter. Båda metoderna har som sagt givit en positiv reaktion hos träden och har man liknande situationer är metoderna således väl så befogade för att vitalisera stora, gamla träd där utrymme egentligen inte finns i tillräckliga mängder men där man bedömt att träden är så viktiga för platsen att de måste bevaras.

Rolf & Moback (1991) menar att ett relativt stort och frodigt träd som har ett växtutrymme på 10 m³ när en näringshaltsbegränsning efter ca 10 till 20 år. Jag har tolkat detta påstående som att träden då inte har någon tillförsel av organiskt material. Från de tyska referenserna har man angett 10 år som hållbar, vital livslängd för träd om de inte har tillgång på nedbrytbart

organiskt material. Alla objekt i fallstudien har åtgärdats för mindre än tio år sedan, vilket gör att man i dessa fall inte med säkerhet kan säga att någon kompletterande åtgärd behöver göras de närmaste åren. Med erfarenhet från bl a Tyskland och utifrån tidigare forskning kan man dock anta att det är rimligt att samma hållbarhetsindikationer gäller för Malmös ståndortsförbättringar, som i Tyskland.

Många referenser som använts i denna studie har poängterat vikten av att skapa jordegenskaper som genererar luft, vatten och näringshållande egenskaper. Bland andra Johansson (1994), Stålfelt (1960) och Sieghardt et al, (2005) hävdar att humusbildningens betydelse för upprätthållandet av stabila aggregat i jorden är en förutsättning för att skapa goda markförutsättningar under lång tid åt träden. Utifrån dessa fakta och med praktiska referenser från Tyskland, kan man då anta att om Malmös ståndortsförbättringar även framgent skall uppvisa samma goda utveckling hos träden som de gör i nuläget bör man tillse att de då får tillgång till organiskt material i någon form för långsiktig hållbarhet. I fallstudien är det bara August Palms plats som medger en naturlig, kontinuerlig bildning av humus med hjälp av sin markvegetation. I de andra fallen behöver detta tillföras genom underhållsinsatser, vilket i sig inte gör anläggningarna mindre lyckade, bara mindre hållbara om denna insats inte utförs.

Trots vad forskningen säger om vägsaltets skadlighet på vegetationen har de valda åtgärderna för objekten i fallstudien inte i någon större utsträckning tagit hänsyn till detta. Det är framför allt Lundquist's (1985) påpekande om hur saltet försämrar jordens struktur jag här hänvisar till. Även om man, som på Erikslust, tagit med detta i beräkningarna genom att använda sig av en jord med hög halt av humus, har det inte gjorts några uppföljande eller ytterligare skyddande åtgärder i övrigt. Med tanke på att träden är placerade i hårdgjorda miljöer som utsätts för vägsalt och att vitaliseringsåtgärderna har medfört en mer eller mindre stor kostnad är det förvånande att man i diskussionen om vad som ska ingå i en ståndortsförbättring inte valt att skydda träden och deras rotmiljö bättre ifrån saltet. Till exempel skulle ett stänkskydd runt planteringsgropen varit applicerbart på alla objekten.

Kristoffersen (1998) nämner att livslängden hos gatuträd i bl a New York är ca 10 år. Med detta som bakgrund är motivet för en ståndortsförbättring av stora, gamla träd i urban miljö befogad. I framtiden är det troligt att det blir allt svårare att åstadkomma så gynnsamma växtförhållanden åt stora träd och att därmed riskerar de att på sikt försvinna från denna typ av omgivning.

Om man vill behålla äldre träd, som fått sina växtbetingelser inskränkta på grund av utbyggnad av t ex hårdgjorda ytor, och lyckas förlänga livslängden med 20-30 år får detta då anses som en långsiktig vinst i dessa situationer. Eftersom träden inte lever under naturliga förhållanden, där tillgången på luft, vatten, näring och rotutrymme oftast finns i tillräckliga mängder, behöver dessa faktorer skapas och underhållas på ett konstgjort vis. Man kan använda formuleringen "konstgjord andning", men i en positiv mening, när man diskuterar vidmakthållande av äldre trädets vitalitet i hårdgjorda ytor. Positiv, därför att man faktiskt kan lyckas behålla stora, äldre träd i dessa miljöer. Det som krävs för ett så fullgott resultat som möjligt är då att man tar hänsyn till just luft, vatten, näring och rotutrymme. Går det inte att tillgodose alla dessa faktorer genom att markegenskaperna kring trädet på egen hand kan ombesörja detta, måste man också vara beredd på att då och då underhålla dessa egenskaper.

I diskussionen om långsiktighet bör man också väga in alternativet att ta bort det befintliga, stora trädet och nyplantera. Om möjligheten inte finns att kunna tillgodose trädens krav i till-

räcklig omfattning utan ständiga underhållsåtgärder, kommer det nya trädet dels kräva mycket insatser för att växa och dels kräva lång tid innan det eventuellt nått samma dimensioner som det gamla trädet. Man måste således ta med i beräkningarna att det kan bli både dyrt och ta lång tid innan man kan få tillbaka samma trädstorlek på platsen.

Tittar man på vad Malmös ståndortsförbättringar kostat kan man se att det, beroende på åtgärdens omfattning, kostat från 4500:- till drygt 30000:- per träd. Om man ställer det i relation till vad det skulle kosta att fälla träden och plantera nya träd med syfte att få tillbaka lika omfångsrika och gamla träd, ger en grov beräkning för en nyplantering 2006 i denna typ av omgivning kostnaden 15000 – 20000:-/träd (gäller Malmö) och då har man många år av krontillväxt (och även driftskostnader) att vänta innan de nya träden nått samma dimensioner som de befintliga.

Ett nytt träd med kvalitet 20-25 kostar ca 5000:-. För arbetet med att plantera och etableringssköta trädet tillkommer ungefärliga kostnaden 3000-3500:-. I kostnaden ingår då schakt och jord till planteringsgropen, men för dessa ytor hade det krävts skelettjordsuppbyggnad runt den ordinarie gropen, vilket givit en merkostnad på mellan 3000-5000:-/m³. Dessutom tillkommer kostnader för beläggningen på mellan 160:- ("Pelle-platta") och 220:-/m² (35x35 plattor).

Utifrån kostnadsaspekten och hållbarhetsperspektivet vid ståndortsförbättringar av befintliga träd bör man alltid ställa sig frågan om det finns några andra alternativ. Metodalternativen vid ståndortsförbättringar kan vara många och är situationsanpassade. Med skiftande kostnad, hållbarhet och omfattning kan ett förbättrande resultat oftast skapas som fallstudien visat. Utifrån fallstudien framgår det att den enklaste och billigaste åtgärden (Erikslust) gav ett positivt resultat men att den även kräver återkommande insatser. Det finns dock anledning att tro, baserat på ett teoretiskt resonemang, att den mest omfattande och dyraste (August Palms plats) åtgärden kommer att ge det mest hållbara resultatet.

Vid bevarandet av äldre, befintliga träd bör följande punkter besvaras och ge ett positivt svar, i annat fall bör man överväga alternativet att ta bort trädet:

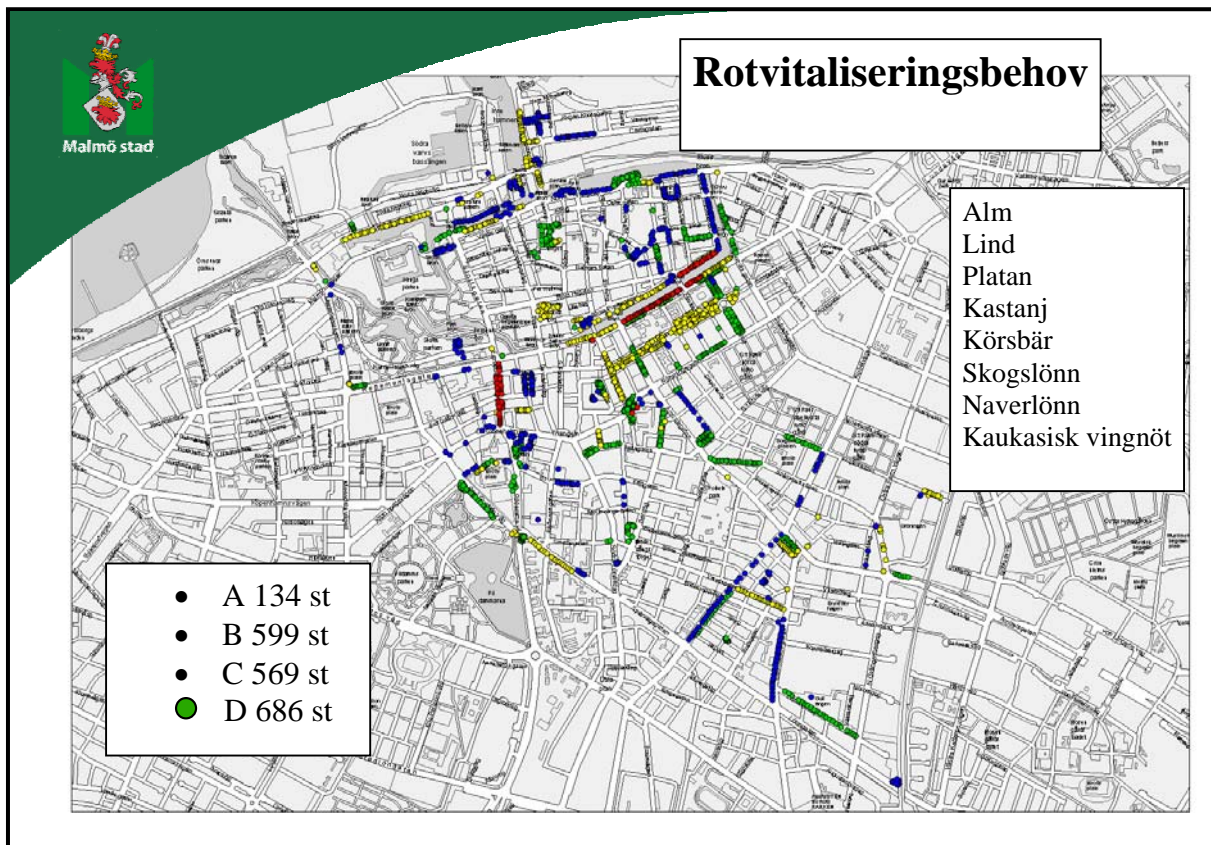
Det befintliga **trädets status** (finns det möjlighet till överlevnad?) hur **utrymmet i marken** är (finns det möjligheter att ge bra markförutsättningar?) och **trädets estetiska och historiska värde** (ska trädet bevaras ur dessa perspektiv?).

Kan man lyckas förlänga levnadstiden för träden med 20-30 år eller mer och jämföra denna hållbarhetsvinst och kostnad mot en nyplanteringskostnad och uppväxttid innan man nått samma krondimensioner och trädkaraktär är det ofta mer försvarbart att rotvitalisera de befintliga träden.

Om det befintliga trädet inte behandlas genom någon form av rotvitalisering är chanserna små att det ska överleva någon längre tid (20-30 år) och under denna tid kommer dess funktion att minska.

Om man tar bort de gamla träden och nyplanterar träd utan att ta hänsyn till de faktorer som forskningen säger är väsentliga att ta hänsyn till går det inte att åstadkomma några gamla och stora träd av de nyplanterade träden.

Malmö stad har i dagsläget behov av någon form av ståndortsförbättrande åtgärd för ca 2000 träd i liknande situationer som objekten i fallstudien. En inventering som gjorts för några år sedan visar att behovet framför allt finns i de centrala delarna av staden (Figur 48). Detta är en vanligt förekommande situation även i andra städer eftersom det är dessa träd som oftast har högst ålder av gatuträden. I de centrala delarna av våra städer har också träd en viktig roll genom att kunna erbjuda grönska, i en annars betong- och asfaltdominerad miljö. Utifrån de fakta som lagts fram i studien angående träds livslängd i gatumiljö är det angeläget att kunna bibehålla många äldre, men också vitala träd i dessa miljöer.

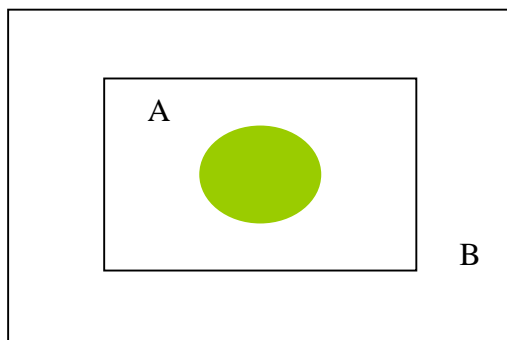


Figur 48. Rotvitaliseringsbehov i centrala Malmö (Web-Info baserad temakarta, Malmö stad).

För att kunna ta ställning till hur man bör gå tillväga för att eventuellt ståndortsförbättra dessa träd kan dels fallstudiens dokumentering och utvärdering ligga till grund, men även utifrån vad presenterad forskning och praktiska erfarenheter anger som relevanta modeller, kan andra metoder användas, eller komplettera de olika sätt man valt att åtgärda fallstudiens träd på.

Följande gradering av metodval, för hur träd i hårdgjorda ytor kan planteras eller komma att bli placerade i, utgår ifrån optimala förutsättningar i denna typ av miljö till sämsta tänkbara. Detta, för att ha kännedom om vilka konsekvenser olika metoder får i form av kostnader, hållbarhet och nödvändiga underhållsinsatser.

1. För trädet optimala förhållanden i hårdjord miljö



- (A) En så stor öppen yta som möjligt, t ex 3x5x0,7 m. (10,5 m³) som planteras med markvegetation.
- (B) Slitlagerytan runt markvegetationsytan vilar på skelettjord med ett permeabelt ytskikt. Mått, så tilltagna att det totala rotutrymmet uppnår 20 m³. För anläggningar med mer än ett träd ska sammanhängande växtbädd eftersträvas.

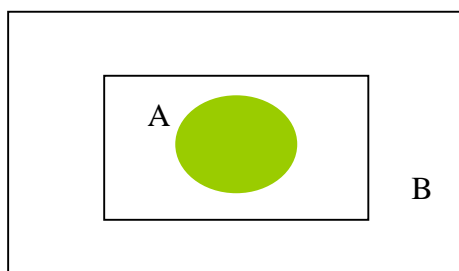
Ekonomi: Dyr anläggningsmetod men kräver minimal underhållsinsats.

Hållbarhet: > 25 år.

Applicerbar: Stora, breda ytor såsom torg, parkeringsytor och breda gångbanor utan krav på hårdjord beläggning.

Kommentar: Goda förutsättningar finns för att trädet/träden ska förbli vitala och fylla sin funktion. Denna modell är en kombination av fallen August Palms plats och Augustenborgsgatan. Att ha använt sig av permeabelt ytskikt på August Palms plats hade dock inte varit praktiskt tillämpbart då ytan utgör entré och används flitigt av gående.

2. För trädet bra förhållanden i hårdjord miljö



- (A) En öppen yta med måtten 2,5x2,5x0,7 (4,4 m³) där barmarken täcks med mulch, typ barkflis.
- (B) Slitlagerytan runt planteringsgropen består av plattor eller gatsten som vilar på skelettjord. Mått: Mindre än ovan men mer än 10 m².

Ekonomi: Medeldyr metod som kräver återkommande marktäckning eller annan tillförsel av näring om man inte byter ut flis el.dyl. till markvegetation.

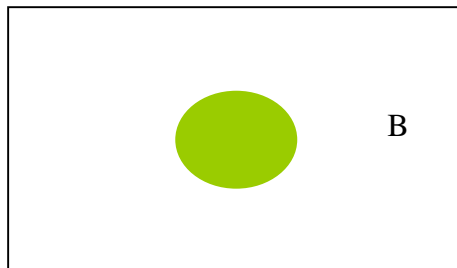
Hållbarhet utan insats: ca 10 år.

Applicerbar: Mindre utrymmen, t ex gångbanor eller delar av torgytor.

Kommentar: Bör vara en vanligt förekommande modell vid rotvitaliseringar. Fall Fersens väg skulle kunna stå som modell för denna metod om slitlagret varit annorlunda. Fördelen på Fersens väg i förhållande till denna metod är att man där skapade en sammanhängande växtbädd.

Modellen hade inte heller varit praktisk eftersom ytan används som gångyta och att man då inte kunnat använda sig av mulchtäckning av praktiska skäl.

3. För trädet ganska bra förhållanden i hårdgjord miljö



- (B) Ren jord närmast trädet ($1,5 \times 1,5 \times 0,7 = 1,5 \text{ m}^3$). Resterande yta av genomsläppligt material typ grusyta. Mått: Mindre än ovan men mer än 10 m^2 .

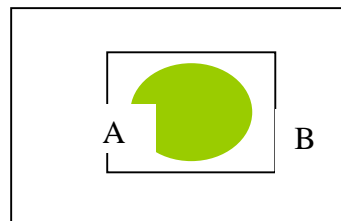
Ekonomi: Billig metod som kräver återkommande åtgärder beroende på ytans funktion.

Hållbarhet utan insats: < 10 år.

Applicerbar: Mindre utrymmen, t ex gångbanor och parkeringsytor.

Kommentar: Bör vara en vanligt förekommande modell innan rotvitalisering blir aktuell. Även om ytan är genomsläpplig finns risk att marken är packad. Påminner inte om något av objekten i fallstudien men är, som angivet, en vanligt förekommande situation utan att man genomfört någon ståndortsförbättring.

4. För trädet dåliga förhållanden i hårdgjord miljö



- (A) En planteringsgrop med måtten $1 \times 1 \times 0,7$ ($0,7 \text{ m}^3$) som täcks med trädgaller.
- (B) Slitlagerytan runt planteringsgropen består av plattor eller gatsten som vilar på traditionell överbyggnad Mått: Mindre än 10 m^2 .

Ekonomi: Medeldyr metod som kräver återkommande tillförsel av näring.

Hållbarhet utan insats: < 10 år.

Applicerbar: Mindre utrymmen, t ex gångbanor och utmed gator

Kommentar: Denna modell kan motiveras där träden inte förväntas bli gamla eller ge ett så fulländat vitalt och funktionellt intryck. Träd med denna rotmiljö kommer föra en tynande tillvaro. Ingen fallstudiekoppling, men vanligt förekommande i övrigt.

Reflektioner över studien och dess resultat

Att använda sig av tillväxtmätning som en av metoderna för att eventuellt kunna konstatera om de behandlade träden har en större tillväxt än referensträden visade sig vara en osäker metod. Önskvärt, hade varit att ha mätvärden för alla objekt som visade tillväxt både före och efter behandling. I fallstudien är det bara Fersens väg och August Palms plats som detta har varit möjligt på, eftersom dessa är så nyligen utförda så att man med tydlighet kunde urskilja

de senaste, årliga tillväxtlängderna. För de äldre fallen, Erikslust och Augustenborgsgatan var detta inte möjligt.

Många faktorer spelar in för tillväxten och i en del av fallen har faktorer som beskärning och rotinträngning i dagvattenledningar påverkat mätresultaten. Exempelvis kan en kraftig beskärning, som varit aktuellt i tre av fallen, stimulera träd med dåliga växtförutsättningar till stark skotttillväxt, vilket då ger vilseledande mätresultat. Med vetskap om detta, och att mätning endast skett på de tre senaste årens tillväxt, kan man inte tolka mätresultaten som att ett visst tillväxtsresultat/mönster enbart beror på ståndortsförbättringens åtgärd⁷¹.

Utifrån Malmö stads syfte med behandlingarna, – Att se om det överhuvudtaget varit möjligt att få förnyad vitalitet i träden. – har vitalitetsbedömningen utgjort en bra mätmetod för att rent visuellt kunna bilda sig en uppfattning om hur de behandlade träden upplevs i förhållande till referensträden. Läsaren får dock förlita sig på mina bedömningar men kan förvisso också skapa sig en egen uppfattning genom det bildmaterial som finns i studien.

Som komplement till de valda metoderna hade det varit intressant att, genom provgröpar, se hur rötterna växt i de nya substraten. Studien får förlita sig på uppgifter, en till två växtsäsonger efter behandling, men för att bättre ha kunnat utvärdera hållbarheten i anläggningarna hade denna metod varit önskvärd. Likaså hade det kunnat tillföra studien mycket om det funnits tillgång till någon anläggning som var äldre än 10 år för att inte enbart förlita sig på tyska referenser om hållbarhet för ståndortsförbättringar av träd i gatumiljö. För att, med större säkerhet, kunna ge en fullständig utvärdering av de valda fallen krävs det längre tid mellan utförandet och bedömningstidpunkten. Således, bör någon uppföljning göras de närmaste 5-10 åren.

Jag valde att lägga stor vikt vid litteraturstudien som metod för att kunna använda dokumenterad fakta som instrument för en del av utvärderingen av fallstudien. Utifrån dessa fakta belyser studien alltså även vilka faktorer som bör eftersträvas och tas hänsyn till när den urbana, hårdgjorda miljön utgör ståndort för träd rent generellt. Utgångspunkten för Malmös specifika, ståndortsförbättrande åtgärder har inte utgått ifrån att fullt ut efterleva de faktorer som berörts i kunskapsbakgrunden, vilket inte varit realistiskt i många fall, men indirekt är det samma faktorer man velat förbättra – Att träden ska få större tillgång till luft, vatten, näring och rotutrymme för att få förnyad vitalitet.

En större förståelse för träds, många gånger prekära, situation i hårdgjorda ytor har vuxit fram under studietiden, och även en del frågor och funderingar.

Min uppfattning om att det inte alltid går att kombinera vitala träd med vissa ytor och situationer har stärkts. Som komplement till att plantera träd i den typen av ytor tror jag att man bör överväga att istället använda sig av tex träd i större kärl som gör dem flyttbara eller att använda sig av klättrväxter på högre konstruktioner som substitut för träd. Andra funderingar är att utnyttja 1-åriga utplanteringsväxter runt träden istället för att ha dessa i urnor eller liknande. På det viset skulle träden få både vatten och näring i större omfattning. För att kunna skapa förutsättningar för en långsiktig hållbarhet hos träd tror jag en enkel metod skulle kunna vara att man i större omfattning använde sig av låga nätstängsel runt träden som, genom sin kvarhållande förmåga, kunde möjliggöra för löv, kvistar och andra växtdelar att förmultna.

⁷¹ Torkel Welander, muntligen 2006-01-10

De frågor som väckts är hur man på ett rationellt vis ska kunna tillföra organiskt material till skelettjord under hårdgjorda ytor. Att tillföra näring genom gödselbevattning åt rötterna i skelettjorden bör rimligtvis kunna göras genom t ex Aquadrain-system eller liknande, men hur man underlättar för en kontinuerlig, organisk cykel i skelettjordar under icke-permeabla ytskikt är mig veterligen inte klarlagt.

Jag har däremot fått klara bevis för att det går att förbättra döende träds förutsättningar med både små och stora medel så att de återigen ser vitala ut. Tack vare min litteraturstudie har jag också sett ett tydligt sammanhang mellan träds utveckling och de förutsättningar som krävs för detta.

6 KÄLLFÖRTECKNING

- Ahlbin, S. 2004. Utdrag ur tidningen Hemträdgården nr 6.
- Aldentun, Y., Drakenberg, B., och Lindhe, A. 1993. *Naturhänsyn i skogen*. Skogsforsk. Uppsala.
- Arnold, F.H., 1993. *Trees in urban design*. Van Nostrand Reinhold, New York
- Ashman, M.R. and Puri, G. 2002. *Essential soil science*. Blackwell Science Ltd. Oxford
- Bassuk, N., Grabosky, J. and Trowbridge, P. 2005. *CU-structural soil™ in the urban environment*. Urban Horticulture Institute, Cornell University. N.Y.
- Bengtsson, R. 1998. *Stadsträd från A-Z*. Movium. Alnarp.
- Bucht, E., och Widgren, R. 1973. *Träd i bebyggelse*. Statens institut för byggnadsforskningen, Rapport. Byggtjänst, Stockholm
- Costello, L.R. and Jones, K.S. 2003. *Reducing infrastructure damage by tree roots, A compendium of strategies*. University of California, San Fransisco.
- Couenberg, E. 1998. *Urban Tree soil and tree pit design*. I Watson, Gary.W., Neely, Dan. (ed). *The Landscape below ground II*, International Society of Arboriculture, San Fransisco, USA.
- Craul, P.J. 1992. *Urban soil in landscape design*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Craul, P. J. 1999. *Urban soils, applications and practices*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Ek, B. 1990. *Rikare skog*. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Eskilsson, R. 1975. *Växtnäring, gödning*. LT's förlag. Borås.
- Hartmann, G., Nienhaus, F., och Butin, H. 1989. *Skador och sjukdomar på träd*. Svensk utgåva, Institutionen för miljövard. Göteborg.
- Hopkins, R.M, and Patrick, Jr., W.H. 1969. *Combined effect of oxygen content and soil compaction on root penetration*. Soil Science 108:408-413.
- Pålstam Y. 2003. *Träd i stadsmiljö. Goda exempel för fler och friskare träd i våra tätorter*. Svenska kommunförbundet, Stockholm.
- Johansson, W. 1994. *Markstruktur, porsystem och växttillgängligt vatten i odlade jordar*. Kungliga Skogs - och Lantbruksakademiens tidskrifter, årgång 133. nr 5.
- Kristoffersen, P. 1998. Nye etableringsmetoder for traer i befaestade arealer. Den Kgl. Veterinaer- og Landbohøjskole. Institut for økonomi, skov, landskab, Sektion for Landskab, Forskningscentret for Skov & Landskab.

- Kristoffersen, P. och Nilsson, K. 1998. *Lyckade försök med rotvänlig vägbyggnad*. Utemiljö
- Lind, Bo (1991). *LOD - Det lokala alternativet*. VA-forsk. Meliva miljökon.sulter, Göteborg
- Lundquist, K. 1985. *Saltets miljökon.sekvenser*. Rapport från MOVIUMs Saltseminarium i Alnarp 1985. SLU Alnarp.
- Persson, P-O, och Skoog, P-A. 1995. *Ekologi*, Kompendium i miljöskydd, del 1. Institutionen för miljöskydd och arbetsvetenskap (IMA), Stockholm.
- Rolf, K. 1994. *Recultivation of compacted soils in urban areas*. Rapport D6/1994. Byggnadsforskningrådet, Stockholm.
- Rolf, K och Moback, U. 1991. *Trädgropar i gatumiljö*. Gröna Fakta C1. Movium. SLU, Alnarp.
- Schröder, K. 2004 *Rooting zones underneath traffic lanes, replacing substrate at the rooting zones of trees, examples of the city of Osnabruck*.
- Sieghart M., Mursch-Radlgruber E., Paoletti E., Couenberg E., Dimitrakopoulos A., Rego F., Hatzistathis A., and Randrup B.T. 2005. The Abiotic Urban Environment: Impact of Urban Growing Conditions on Urban Vegetation. In Konijnendijk C.C., Nilsson, K., Randrup, B. T. and Schipperijn, J., *Urban forests and trees*. Springer Verlag: Berlin Heidelberg New York.
- Smith, I.G.N. 1998. *Elements of soil mechanics*. Blackwell Sciences. Cambridge
- Stål, Ö. 1998. *Utveckling av vakuumtekniken som schaktningsmetod inom ämnesområdet – vegetation och infrastruktur*. Bygg & Teknik 1-09. P 56-63.
- Stål, Ö. 2001. *Träd i urban miljö*. Trädbladet, Svenska Trädföreningen, sid. 17-20.
- Stål, Ö. 2002. *Dagvatteninfiltration och markförbättring för träd, Augustenborg*. Malmö Stad.
- Stål, Ö. 2005. *Slutrapport av vakuumtekniken som schaktningsmetod*, Opublicerad rapport. Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Alnarp
- Stålfelt, M.G. 1960. *Växtekologi – Balansen mellan växtvärldens produktion och beskattning*. Norstedts förlag, Stockholm.
- Troedsson, T. och Nykvist, N. 1973. *Marklära och markvård*. Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Vollbrecht, K. 1997. *Träd, deras biologi och vård*. Reprotryck, Alnarp
- Watson, G.W. and Neely, D. 1994. *The Landscape below ground I*, International Society of Arboriculture, Illinois, USA
- Watson, G.W. and Neely, D. 1998. *The Landscape below ground II*, International Society of Arboriculture, San Fransisco, USA

Wiklander, L. 1976. *Marklära*. Repro, SLU, Uppsala

Elektroniska källor:

www2.slu.se/forskning/fakta/faktatradgard/pdf99/Tr.99-04.pdf

<http://www.gfk.stockholm.se/tekniskhandbok/info.gfk/html/gfkmanual.htm>

Malmö stads Gis-baserade kartmaterial, Web-Info.

Muntliga källor:

Alfons Alexandra, Driftsledare V. Innerstaden, Malmö, Kommunteknik, Malmö stad.

Dujisiefken, Dirk, Dr. Föreståndare för Institut für Baumpflege, Hamburg.

Gustafsson, Eva-Lou, Universitetsadjunkt, Landskaps- och trädgårdsteknik (LT) SLU, Alnarp

Jansson, Arne. Tidigare Trädkonsulent, Gatukontoret, Malmö stad.

Jönsson, Ingemar, Sydvac, Södra Sandby. Utförare av vakuumsugning åt Malmö stad.

Jönsson, Leif, Ansvarig cykelfrågor, Gatukontoret, Malmö stad.

Lindkvist, Gerry, Trädkonsult, Mark & Miljö, Malmö. 2005-09-27

Mattsson, Arne, Bitr. avd. chef. Drift- och Underhållsavd. Malmö stad.

Nilsson, Kenneth, VA-verket Malmö

Olofsson, Ronny, Malmö Lastbilcentral, leverantör av skelettjord åt Malmö stad

Parnefält, Alf, Vinterentreprenadansvarig (Kommunteknik), Malmö stad

Rolf, Kaj, Universitetsadjunkt, Landskaps- och trädgårdsteknik (LT), SLU, Alnarp

Schröder, Klaus. Dipl. Ing. Stadt Osnabruck, Tyskland.

Sjöstrand, Ingvar, Ansvarig grönytefrågor, Kommunteknik, Malmö stad.

Stål, Örjan, Trädgårdstekniker, Sweco VBB

Welander, Torkel, Forskare, Sydsvensk skogsvetenskap, SLU Alnarp

BILAGA 1. Data från tillväxtmätningar

Erikslust

Behandlat träd

1		2003	2004	2005
Översta	Syd	6,5	7	7
	Väst	7	7	6
	Öst	6,5	8	10
	Norr	7,5	7	8,5
Mellersta	Syd	7	6,5	6
	Väst	9	7,5	10
	Öst	7	6,5	9,5
	Norr	7	8	8,5
Nedre	Syd	8,5	2,5	11,5
	Väst	6,5	5	9
	Öst	4	6,5	3,5
	Norr	7	9	7,5

Behandlat träd

2		2003	2004	2005
Översta	Syd	7	7	6,5
	Väst	6	7	7
	Öst	6,5	8	10
	Norr	8,5	7	7,5
Mellersta	Syd	7	6,5	6
	Väst	6	7	6,5
	Öst	5	8,5	6,5
	Norr	8,5	8	7
Nedre	Syd	11,5	2,5	8,5
	Väst	9	7	7,5
	Öst	6,5	5,5	7
	Norr	7,5	9	7

Behandlat träd

3		2003	2004	2005
Översta	Syd	7	6	7
	Väst	10	6,5	7
	Öst	10	6	9
	Norr	6	7	3
Mellersta	Syd	12	7	7,5
	Väst	13	12	11
	Öst	10	7,5	8,5
	Norr	10	10	5
Nedre	Syd	8	9,5	7
	Väst	10	13	5
	Öst	5	5	7
	Norr	6,5	7	7,5

Referensträd 1		2003	2004	2005
Översta	Syd	17	18	27
	Väst	10	15	14
	Öst	13	14	15
	Norr	15	22	21
Mellersta	Syd	12	14	11
	Väst	8	9	11
	Öst	7	9,5	10
	Norr	8	5	12
Nedre	Syd	7,5	6,5	7
	Väst	12	9	11
	Öst	23	21	20
	Norr	7	11	14,5

Referensträd 2		2003	2004	2005
Översta	Syd	7	5	5
	Väst	7,5	5	6
	Öst	16,5	14	9
	Norr	4	4,5	3
Mellersta	Syd	5	3,5	4
	Väst	8	7,5	7
	Öst	5,5	6	8
	Norr	4,5	6	3,5
Nedre	Syd	8	5,5	4,5
	Väst	9	8	7,5
	Öst	4,5	5	4,5
	Norr	11	13	9,5

Referensträd 3 (vid brunn)		2003	2004	2005
Översta	Syd	15	19	23
	Väst	24	22	25
	Öst	22	24	32
	Norr	24	27	40
Mellersta	Syd	20,5	14	13
	Väst	18	16,5	19,5
	Öst	11	17,5	16
	Norr	22	20,5	12
Nedre	Syd	10,5	7	4,5
	Väst	8	7	7
	Öst	6,5	8,5	4,5
	Norr	5,5	8	8

Augustenborg

Behandlat träd 1		2003	2004	2005
Översta	Syd	15,5	14,5	11
	Väst	9	7,5	7,5
	Öst	9	9,5	6
	Norr	28,5	25	17
Mellersta	Syd	11	16	9
	Väst	12	14	13
	Öst	11	6	15
	Norr	26	21	11,5
Nedre	Syd	15	16	16
	Väst	7	9	8
	Öst	6,5	9	7
	Norr	11	4	3,5

Behandlat träd 2		2003	2004	2005
Översta	Syd	4	5	7
	Väst	9	2	9
	Öst	4	5	9
	Norr	10	13	14
Mellersta	Syd	3	4	6
	Väst	6	9	6
	Öst	4	6	8
	Norr	9	16	24
Nedre	Syd	5	4	11
	Väst	4	6	7
	Öst	7,5	5	17
	Norr	6	11	14

Behandlat träd 3		2003	2004	2005
Översta	Syd	5,5	5	7
	Väst	8,5	4	7
	Öst	5	7	9
	Norr	9	12,5	15
Mellersta	Syd	4	4,5	5,5
	Väst	6	9	6
	Öst	5,5	7,5	9
	Norr	10,5	15	21
Nedre	Syd	7	3,5	9
	Väst	3,5	5,5	5
	Öst	9	5	16,5
	Norr	7	10,5	14

Referensträd 1		2003	2004	2005
Översta	Syd	5	8	8
	Väst	9	9	11
	Öst	9	5	16,5
	Norr	6,5	8	7
Mellersta	Syd	8	4	5,5
	Väst	8	15	15
	Öst	8	7	9
	Norr	8	6	4,5
Nedre	Syd	18	19	17
	Väst	5	5	12
	Öst	7,5	7	10
	Norr	6	5	3

Referensträd i		2003	2004	2005
gräs				
Översta	Syd	6	7,5	8
	Väst	9	7	6,5
	Öst	6	8	9
	Norr	11	5	8,5
Mellersta	Syd	7	6,5	5
	Väst	9	8,5	5,5
	Öst	7	8	6,5
	Norr	5	7	5,5
Nedre	Syd	8	3	12
	Väst	6	8	9
	Öst	5	4,5	15
	Norr	10	7	7

Fersens väg		2002	2003	2004	2005
Behandlat träd 1					
Översta	Syd	12	12	12	9
	Väst	8	9	12	7,5
	Öst	9	15	16	18
	Norr	3	4	4	6
Mellersta	Syd	18	11	8	7
	Väst	8	12	17	7
	Öst	11	11	8	6
	Norr	5	3	4,5	11
Nedre	Syd	8	23	28	22
	Väst	7	7	13,5	7,5
	Öst	3	7	6	12
	Norr	27	20	17	5
Behandlat träd 2					
Översta	Syd	26	21	16	17
	Väst	7	7	10	5
	Öst	13	20	13	8
	Norr	14	14	16	10
Mellersta	Syd	5	8	8,5	7
	Väst	5	29	22	17
	Öst	18	30	17	16,5
	Norr	14	24	12,5	13
Nedre	Syd	3,5	8	8	7
	Väst	8	15	16,5	22
	Öst	7	12	12	7,5
	Norr	11	13	17	18
Behandlat träd 3					
Översta	Syd	6	10	8	10
	Väst	9	9	12	6,5
	Öst	10	9	6	7
	Norr	7	8	19	5
Mellersta	Syd	17	15	12	7
	Väst	6	11	9	4
	Öst	7	8	13	6
	Norr	17	10	16	15
Nedre	Syd	8	20	14	12
	Väst	28	30	14	11
	Öst	18	17	9	13
	Norr	18	23	18	15
Behandlat träd 4					
Översta	Syd	8	9	10	10
	Väst	25	19	18	19
	Öst	8	11,5	14,5	7
	Norr	14	16	23	17
Mellersta	Syd	6	10	22	20
	Väst	10	12	12	10
	Öst	9	7	7,5	4
	Norr	12,5	4,5	10	7
Nedre	Syd	4	6	7	8
	Väst	4	10	9	8
	Öst	8	14	16	12
	Norr	10	12	12,5	9

Referensträd 1

Översta	Syd	11	8	8,5	6
	Väst	8,5	9	6,5	5
	Öst	12	9	12	5
	Norr	13	7	15	7
Mellersta	Syd	2	9	6	5
	Väst	26	17	17	16
	Öst	6,5	8	9	7
	Norr	32	22	30	18
Nedre	Syd	3	12	12	10
	Väst	11	9	10	5
	Öst	2	4	5	5
	Norr	26	29	26	8

Referensträd 2

Översta	Syd	6,5	8,5	6	3
	Väst	13	13	9,5	8
	Öst	13	12	13	8
	Norr	24	24	15	12
Mellersta	Syd	11	11	10	3
	Väst	5	8	11	7
	Öst	5	4	4,5	4
	Norr	6,5	6,5	4,5	5
Nedre	Syd	4	6	5	4
	Väst	7	4	9	6
	Öst	9	12	20	3
	Norr	4	6,5	8,5	4

Referensträd 3

Översta	Syd	8	9	6	4
	Väst	4,5	5	4,5	4
	Öst	10	8	6	6
	Norr	20	7	6	8
Mellersta	Syd	14	12	10	3
	Väst	25	27	21	17
	Öst	15	10	9,5	6
	Norr	5	5,5	3	5
Nedre	Syd	15	25	28	8
	Väst	4	17	11,5	9
	Öst	4	6	4	4
	Norr	24	19	20	9

Referensträd 4

Översta	Syd	15	10	8	3
	Väst	4	5	3	2
	Öst	14	23	18	6
	Norr	4	5	6	7
Mellersta	Syd	18	13	13	6
	Väst	10	5	5	6
	Öst	4	4	4,5	3
	Norr	8	11	7,5	8
Nedre	Syd	6	14	10,5	7
	Väst	2	18	13	11
	Öst	33	22	6	6
	Norr	9,5	8	7	6

August Palms plats

Behandlat

träd 1

		2003	2004	2005
Översta	Syd	6	2,5	8
	Väst	4	3	2
	Öst	7	7	7
	Norr	5	4	4,5
Mellersta	Syd	4,5	4	5
	Väst	7	5	4,5
	Öst	6,5	6	6
	Norr	4	5	5,5
Nedre	Syd	4	6	9,5
	Väst	2	5,5	6
	Öst	7	10	14
	Norr	4	5	5,5

Behandlat

träd 2

		2003	2004	2005
Översta	Syd	3	5	4
	Väst	4	3	4
	Öst	6	5	5
	Norr	2	4	5
Mellersta	Syd	2	3	5
	Väst	4	3,5	3
	Öst	3	4	4
	Norr	4,5	6	3
Nedre	Syd	3	7	6
	Väst	2,5	5	6
	Öst	2	4,5	3
	Norr	2	5	4