

# Växtbäddar i Stockholms stad

– en handbok 2017



# Förord

Många av trädplanteringarna i Stockholm utfördes vid slutet av 1800-talet. På den tiden var markmaterialen i gatorna fortfarande öppna och rötterna kunde breda ut sig relativt fritt under mark. Sedan dess har gatorna asfalterats, en mängd ledningar förlagts i marken och trädens rotsystem har ofta fått stora skador av schakter och komprimerade återfyllning. Detta gör att stadens träd inte längre får luft och vatten för att kunna växa och leverera de ekosystemtjänster som de tidigare har gjort. När Trafikkontoret år 2001 gjorde en övergripande statusbedömning av gatuträden i Stockholm visade den att två tredjedelar av alla träd i innerstaden var döda eller döende. Man behövde därför finna en lösning för att få träden att återhämta sig. Under åren därefter har många olika tekniker och material testats.

Det system som idag används för att bygga växtbäddar i Stockholm har inspirerats av olika skelettjords- och växtbäddsprojekt i Europa.

De viktigaste inspirationskällorna är platser i Nederländerna, forskning om skelettjord som bedrivits vid universitetet i Hannover, Tyskland, och de olika projekt som letts av Klaus Schröder i Osnabrück. Dessa skelettjordar är växtbäddar uppbyggda med hjälp av stenar vilka ger bärlager för trafik och samtidigt skapar hålrum som ger träden möjlighet att sprida sina rötter. I en artikel i "Utemiljö" (1998) beskrivs ett luftningsskikt ovanpå den danska varianten av

skelettjord, så kallad gartnermakadam. Detta har tillsammans med häftet "The oxygen requirement of plant roots in relation to soil aeration" inspirerat Stockholmsmodellens utformning med luftigt bärlager och luftningsbrunnar. Den del av uppbyggnaden möjliggör gasutbyte för rotsystemet, samt intag av dagvatten för att tillgodose trädens behov av luft och vatten även i hårdgjorda ytor. Stockholmsmodellen strävar efter att använda så mycket förnyelsebara och lokala material i växtbädden som möjligt. Makadam från lokala infrastrukturprojekt används i de flesta uppbyggnaderna. Biokol som produceras lokalt av bland annat trädgårdsavfall används tillsammans med kompost blandat med makadam som växtsubstrat.

Stadens höga andel hårdgjorda ytor skapar stora flöden av dagvatten som måste hanteras på något sätt – bland annat för att ledningsnätet inte ska överbelastas. Olika typer av växtbäddar ger goda möjligheter till fördröjning av dagvatten genom att hålrummen i materialet utnyttjas samtidigt som dagvattnet bevattnar träden.

Tester utförda av Statens väg- och transportforskningsinstitut VTI under 2014 visar att skelettjordar ger god bärlager och kan användas under körfält på gator och parkeringsplatser, såväl som under trottoarer.

Stockholms stads trädspécialist Björn Embrén i ett upplyst ögonblick. Foto Magdalena Möne.



# Innehåll

Förord	2
Handbokens innehåll och användning	4
Begrepp som används i denna handbok	5

## 1 Växtbäddar i stadsmiljö 6

Vanliga problem för stadsträd	6
Rotutbredning	6
Utrymme för rötter och ledningar	7
Stockholmsmodellen	8
Skelettjord	8
Kolmakadam	9
Trädgropsfundament och utrustning	10
Luftningsbrunn och stödremsa	10
Fördröjning av dagvatten	10
Befintlig jord	10
Jordprovsanalys och jordförbättring	11
Biokol	11
Växtjord och växtsubstrat	12
Växtbäddar för träd i parkmark	12
Växtbäddar för gräs, buskar och perenner	12
Träd på bjälklag	13
Att tänka på vid planering och projektering	14
Princip för skelettjord	16
Att tänka på vid anläggning	17
Några goda råd	18

## 2 Åtgärder vid befintliga träd 19

Planering och utvärdering inför åtgärder	19
Skydd av rötter, stam och krona	20
Planering av skyddsåtgärder	20
Skydd av rotsystemet	20
Skydd av stam och krona	20
Schakt och beskärning av rötter	20
Återställning	21
Växtbäddsrenovering	22

## 3 Kontroll, vite och skötsel 24

Riktlinjer för kontrollprogram	24
Vitesbelopp vid skador	25
Garantiskötsel	25
Bevattning	27
Källor	28

## BILAGOR

### Utförandebeskrivningar:

Bilaga A	Träd i hårdjord yta: skelettjord
Bilaga B	Träd i hårdjord yta: kolmakadam
Bilaga C	Träd i stenmjölsyta
Bilaga D	Träd i vegetationsyta: kolmakadam
Bilaga E	Växtbäddsrenovering
Bilaga F	Träd i vegetationsyta: park

### Kornfördelningskurva för växtjord typ B

### Checklista för provgrävning

### Kontrollprogram

### Bedömningsmall – vid skada på träd (excel)

### Lathund relationshandling

### Typritningar

THVB020	Träd i hårdjord yta – skelettjord
THVB021	Träd i hårdjord yta – kolmakadam
THVB022	Träd i hårdjord yta – dagvattenfördröjning
THVB023	Träd i stenmjölsyta
THVB024	Träd i vegetationsyta – kolmakadam
THVB025	Träd i vegetationsyta – park

# Handbokens innehåll och användning

Handboken riktar sig till alla som planerar, bygger och förvaltar miljöer med träd åt Stockholms stad och ska vara ett stöd vid planering, projektering och anläggning av nya växtbäddar såväl som vid åtgärder nära befintliga träd. Växtbäddar i Stockholms stad är underordnad Trädstrategi för Stockholms stad och ska användas tillsammans med Teknisk handbok samt AMA Anläggning. Växtbäddar i Stockholms stad är samordnad med den AMA-version som beskrivs i Teknisk Handbok vad gäller AMA-koder. Handboken finns tillgänglig på Stockholms stads hemsida och uppdateras löpande.

## Översikt – innehåll

**1. Växtbäddar i stadsmiljö**

Handboken inleds med en beskrivning av stadsträdens förutsättningar och de problem som ofta uppstår. Här beskrivs även metoder för nyplantering av träd som utvecklats i Stockholm.

**2. Åtgärder vid befintliga träd**

Kapitel 2 beskriver vad som är viktigt att tänka på vid arbeten nära befintliga träd. Här beskrivs också hur växtbäddsrening går till.

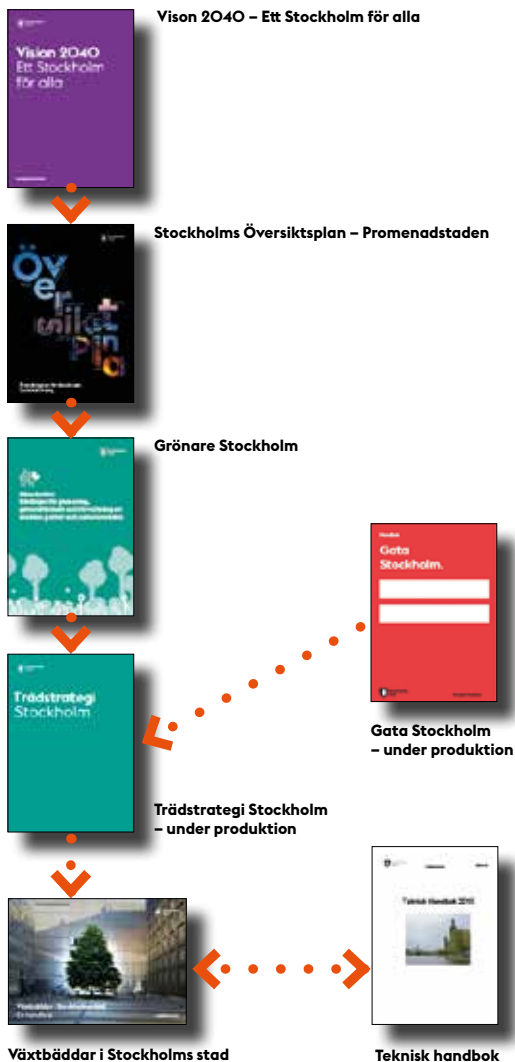
**3. Kontroll, vite och skötsel**

I kapitel 3 beskrivs rutiner för kontroll under arbetets gång, rutiner för garantiskötsel och bevattning samt Stockholms stads policy vad gäller viten vid skador.

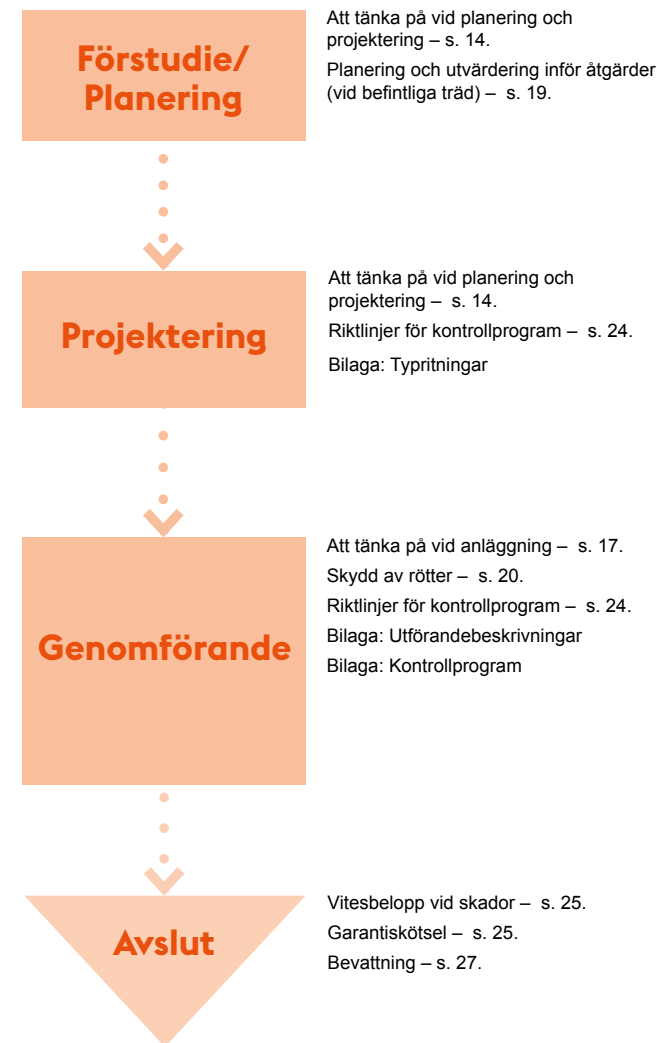
**Bilagor**

Till handboken hör bilagor som utförliga anläggningsbeskrivningar och typritningar. Dessa typritningar ska alltid användas i projekt med Stockholms stad som beställare.

## Översikt – styrande dokument



## När använder jag handboken?



# Begrepp som används i denna handbok

**Avjämningslager** läggs ut mellan geotextilen och luftigt bärlager för att skydda geotextilen från att nötas sönder.

**Biokol** består av organiskt material som hettas upp i en syrefri process, även kallad pyrolys.

**Dagvatten** är ytligt avrinnande regn och smältvatten.

**Dropplinjen** är den imaginära linje på marken runt ett träd som beskriver träd-kronans yttre gräns.

**Geotextil** separerar växtbädden från markbeläggningens överbyggnad, och förhindrar att små partiklar transporteras ned i det luftiga lagret under och sätter igen hålrummen.

**Geomembran** tätar och skyddar mot vatteninträning och kan utgöras av olika material såsom plast, gummi eller bentonitlera.

**Kolmakadam** är en blandning av makadam, näringsberikad biokol och kompost.

**Kornstorleksfördelning** är den procentuella fördelningen av mineralpartiklars storlek i en viss jord eller i stenmaterial, och redovisas ofta i en kornfördelningskurva, även kallad siktkurva, efter utförd jordprovsanalys.

**Luftig överbyggnad** eller luftigt bärlager som det också kallas garanterar att gasutbytet till växtbädden fungerar.

**Luftningsbrunn** är en brunn som leder syre och vatten till rötterna och släpper upp koldioxid ur marken. När brunnen fylls med dagvatten trycks vattnet in i det luftiga bärlagret och fördelas i skelettjorden. Vattnet trycker samtidigt ut ackumulerad koldioxid ur det luftiga bärlagret och lämnar plats för syre.

**Lövträflis** är flisat trä som används som marktäckning kring träd för att hålla fukt och hålla undan ogräs.

**Pimpsten** är ett luftigt material med god vattenhållande förmåga som används inblandat i växtsubstrat samt tillsammans med stenmjöl som slitlager.

**Pipelinerötter** är mycket grova rötter som står för huvudförsörjning av vatten och näring (se bild sid 7). Skador på pipelinerötter kan göra att träd dör.

**Rothals** placeras i samma nivå som i plantskolan. Höjdläget justeras vid behov med makadam i trädgroppens botten (se bild på sid 17).

**Rotzon** är det område där trädets rötter växer eller förväntas växa.

**Samkross** är sorterat bergkross med nollfraktion som ofta används i väganläggning. Samkross ska inte användas i växtbäddar då nollfraktionen gör att materialet packas allt för hårt.

**Skelettjord** är en anläggningsmetod som ger växtbäddar tillräcklig porvolym och förhindrar att växtbädden kompakteras.

**Stenmjöl** består av krossat berg med fraktionsgränserna 0-8 mm, vanligt förekommande fraktioner är 0/2, 0/4 och 0/8 mm. Stenmjöl ingår i det vidare begreppet samkross, som även förekommer i grövre fraktioner.

**Skärv** är makadam i fraktionen 90 mm och uppåt.

**Struktur** – jordens struktur beskriver hur dess partiklar (organiskt och oorganiskt material) är ordnade.

**Ståndortsförbättring** avser hur trädets förhållanden under mark kan förbättras, det vill säga tillgången till luft, vatten och utrymme.

**Stödremsa** av makadam utan nollfraktion anläggs vid vegetationsytorna som angränsar till hårdgjorda ytor så att dagvatten leds in till växtbädden.

**Textur** – jordens textur är fraktionsfördelningen av dess oorganiska partiklar, det vill säga hur mycket grovt respektive fint material jorden innehåller.

**Växtbädd** är ett begrepp som omfattar anlagda planteringsytors hela volym. Växtbäddar kan byggas upp med olika metoder som till exempel skelettjord och kolmakadam eller specialanpassas för till exempel sumpväxter.

**Växtsubstrat** är en beteckning för material som ingår i en växtbädd.

**Överbyggnad** är vanligtvis den del av markläggningen som påförs terrassen. I detta sammanhang syftas dock på den del som påförs växtbädden.



De befintliga träden på den högra sidan har fått nya växtbäddar – Birger Jarlsgratan.

# 1. Växtbäddar i stadsmiljö

I staden skapar bebyggelse, grönstruktur och öppet vatten stora variationer för trädens livsmiljö. Luft- och markfuktigheten är ofta låg och många ytor är hårdgjorda vilket ger ojämn vattentillgång. Dagvattnet är en viktig resurs som kan användas för bevattning av träd och andra växter. Genom fördröjning av dagvatten i växtbäddar minskas dessutom belastningen på ledningssystemet.

## Vanliga problem för stadsträd

Staden som växtplats medför en rad problem som är hämmande för trädens tillväxt. Stor variation i vattentillgång mellan olika platser och över säsongen är ett sådant. Det kan råda brist på vatten, men när det plötsligt uppstår kraftiga flöden leds allt dagvatten bort via ledningssystemet. En skiktad markprofil påverkar också tillgången på vatten negativt.

Hårdgjorda, ogenomträngliga ytor och kompakta marköverbyggnader leder till syrebrist vilket gör att rötterna dör av koldioxidförgiftning. Ibland uppstår syrebrist när överskottsvatten inte leds bort på grund av att marken är dåligt dränerad.

Då många funktioner ska rymmas i gaturummet uppstår ofta utrymmesbrist med allt för små växtbäddsvolymer för rotsystemen. Detta ger dålig ut-

veckling hos trädet samt problem med rötter som lyfter markbeläggningen.

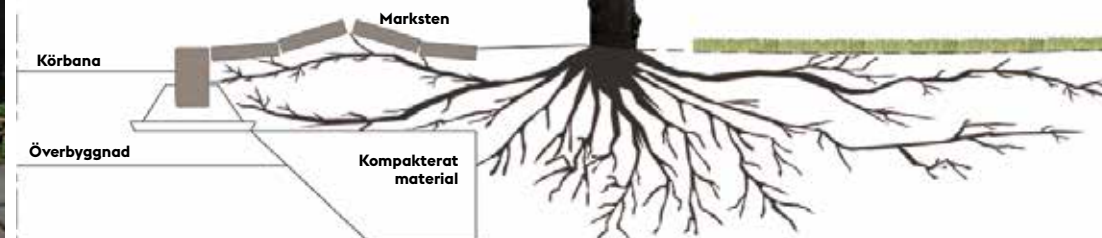
Schakter och belastning inom rotzonen genom trafik och upplag ger fysiska skador på rötterna. Påkörning och felaktig beskärning ger skador på stam och grenar. Saltskador kan uppstå om salt från halkbekämpning lagras i växtbädden. Lerjordar är särskilt känsliga, då de kompakteras av salt.

## Rotutbredning

Trädens rotutbredning är starkt beroende av platsen. Trädrötterna växer i den riktning där de får bäst växtförutsättningar, det vill säga utrymme och god syre- och vattentillgång. Därför skiljer sig stadsträdens rotsystem från träd i naturlika miljöer där trädrötterna generellt befinner sig i markens översta jordlager. I hårdgjorda ytor söker sig rötterna dels ner på djupet och dels ut i ledningsgravar och under markbeläggningar för att hitta syre och vatten.



Skador på beläggning orsakade av rötter.



En kompakt växtbädd med begränsad volym gör trädet utvecklas dåligt och kan ge problem med rötter som lyfter markbeläggningen.

Eftersom markförhållandena i staden varierar kraftigt kan större delen av ett stadsträds rötter finnas långt utanför trädkronans dropplinje eller ha en extremt ensidig utbredning. Träden kan utveckla grova rötter, så kallade ”pipelines”, vilka står för huvuddelen av trädets försörjning av vatten och näring.

### Utrymme för rötter och ledningar

Trädens behov av utrymme under mark kan påverka tekniska installationer. Trädens rötter söker sig in i det luftiga materialet i ledningsgravarna på grund av goda växtförutsättningarna där och orsakar stopp i avlopps- och dräneringsledningar. Det är också vanligt att befintliga träd skadas allvarligt vid schaktarbeten för anläggning eller underhåll av ledningar samt på grund av läckor från gasledningar. Detta gör att trädplacering i förhållande till ledningar är en viktig aspekt vid stadsplanering.

### Vanliga problem

- Växtbädden har för liten volym
- Tät markbeläggning eller kompakterad mark leder till syrebrist hos rötterna
- Tät markbeläggning och kompakterad mark leder till vattenbrist
- Saltskador och kompaktering av jordar
- Fysiska skador på rotsystem, stam eller grova grenar vid anläggningsarbete som leder till röt- och svampangrepp
- Konkurrens om utrymmet under mark mellan rötter och ledningar
- Läckande gasledningar



Träden i mittrefugen är planterade samtidigt som träden i parkmark till höger i bilden.



Stadsträd med dålig tillväxt – Odengatan.



Pipelinerötter som blottagts vid schakt.



Beläggning som ansluter allt för tätt mot stam.



Rötter och ledningar konkurrerar om utrymmet under mark.



Schaktskada.

## Stockholmsmodellen

För att lösa de problem som drabbar stadsträd har Stockholms stad utvecklat flera metoder för anläggning av växtbäddar och förbättring av befintliga växtbäddar.

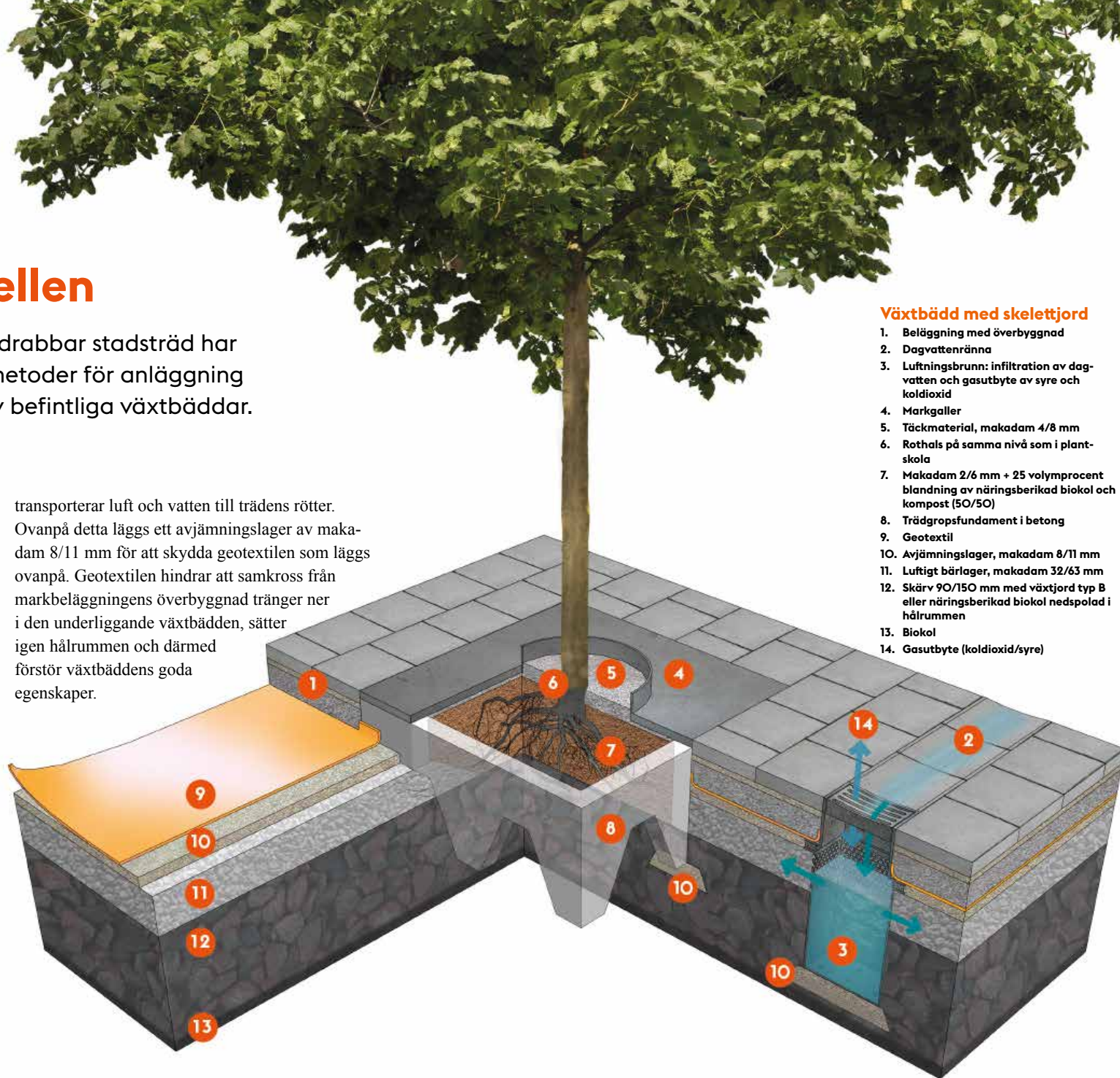
### Skelettjord

Denna metod är väl etablerad och utvärderad i Stockholm. Metoden skapar hålrum i växtbädden vilka medger gasutbyte för trädens rötter, samt en stabil struktur med en bärande förmåga vilket motverkar att växtbädden kompakteras. Skelettjorden har har testats av Statens väg- och transportforskningsinstitut VTI och har visat sig ha så god bärlighet att den kan användas under hårdgjorda ytor för körbanor och parkeringsytor.

Skelettjorden består av skärv i fraktionen 90/150 mm med växtjord nedspolad i mellanrummen. För att växtbädden ska få önskade egenskaper är det viktigt att skärven läggs ut och packas i lager. Jorden läggs ut i tunna skikt på varje lager och spolas ned i omgångar med en hård vattenstråle. För att detta skall kunna genomföras måste jorden ha en låg halt av lera och organiskt material (se Bilaga: Kornfördelningskurva för växtjord typ B).

Terrassytan i växtbädden täcks med ett tunt lager ogödsblad biokol. Detta lager är tänkt som ett filter för att rena dagvatten. Om växtbädden anläggs i en hårdgjord yta placeras luftningsbrunnar som, tillsammans med ett luftigt bärlager bestående av makadam med dimensionen 32/63 mm,

transporterar luft och vatten till trädens rötter. Ovanpå detta läggs ett avjämningslager av makadam 8/11 mm för att skydda geotextilen som läggs ovanpå. Geotextilen hindrar att samkross från markbeläggningens överbyggnad tränger ner i den underliggande växtbädden, sätter igen hålrummen och därmed förstör växtbäddens goda egenskaper.



### Växtbädd med skelettjord

1. Beläggning med överbyggnad
2. Dagvattenränna
3. Luftningsbrunn: infiltration av dagvatten och gasutbyte av syre och koldioxid
4. Markgaller
5. Täckmaterial, makadam 4/8 mm
6. Rothals på samma nivå som i plantskola
7. Makadam 2/6 mm + 25 volymprocent blandning av näringsberikad biokol och kompost (50/50)
8. Trädgropsfundament i betong
9. Geotextil
10. Avjämningslager, makadam 8/11 mm
11. Luftigt bärlager, makadam 32/63 mm
12. Skärv 90/150 mm med växtjord typ B eller näringsberikad biokol nedspolad i hålrummen
13. Biokol
14. Gasutbyte (koldioxid/syre)





Körsbärsträd (*Prunus avium*) planterade i en blandning av växtjord och träkol (50/50), 2:a växtsäsongen – Herrhagsvägen.

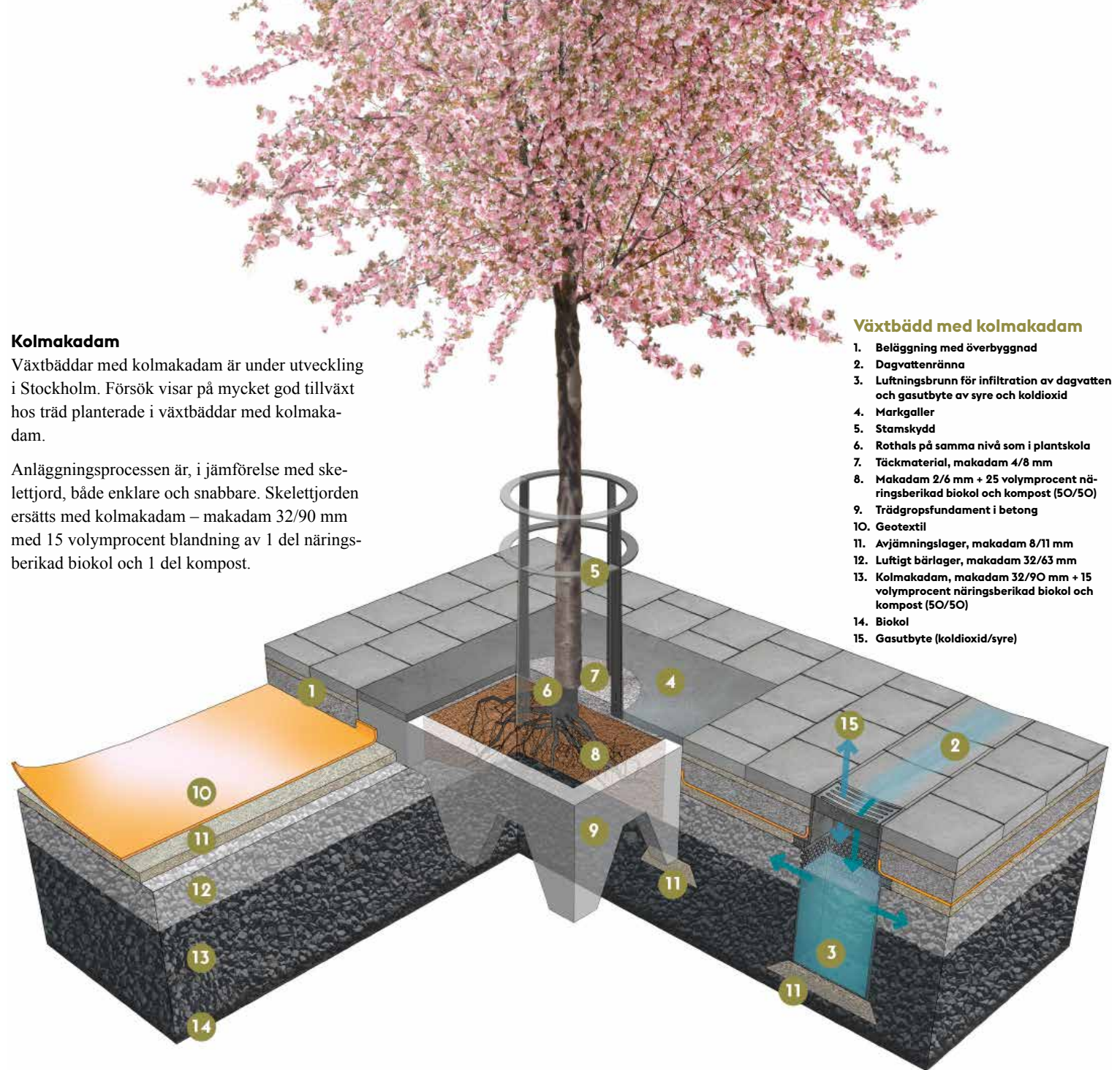


Ginkgo (*Ginkgo biloba*) i växtbädd med skelettjord – Hornsgatan.

### Kolmakadam

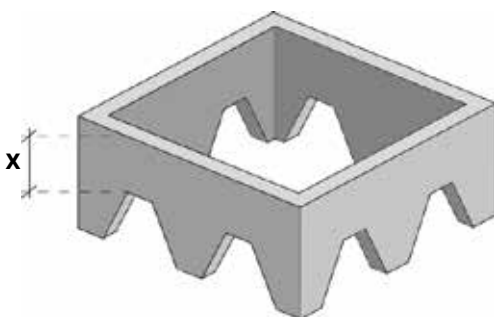
Växtbäddar med kolmakadam är under utveckling i Stockholm. Försök visar på mycket god tillväxt hos träd planterade i växtbäddar med kolmakadam.

Anläggningsprocessen är, i jämförelse med skelettjord, både enklare och snabbare. Skelettjorden ersätts med kolmakadam – makadam 32/90 mm med 15 volymprocent blandning av 1 del näringsberikad biokol och 1 del kompost.



### Växtbädd med kolmakadam

1. Beläggning med överbyggnad
2. Dagvattenränna
3. Luftningsbrunn för infiltration av dagvatten och gasutbyte av syre och koldioxid
4. Markgaller
5. Stamskydd
6. Rothals på samma nivå som i plantskola
7. Täckmaterial, makadam 4/8 mm
8. Makadam 2/6 mm + 25 volymprocent näringsberikad biokol och kompost (50/50)
9. Trädgropsfundament i betong
10. Geotextil
11. Avjämningslager, makadam 8/11 mm
12. Luftigt bärlager, makadam 32/63 mm
13. Kolmakadam, makadam 32/90 mm + 15 volymprocent näringsberikad biokol och kompost (50/50)
14. Biokol
15. Gasutbyte (koldioxid/syre)



Trädgropsfundamentets slutna övre del (höjdmått x) ska vara anpassat till tjockleken på beläggningens överbyggnad för att förhindra att samkross i överbyggnaden faller in i trädgropen och blandas med växtsubstratet.



Skärv som faller in i fundamentets öppningar gör att fundamentet fixeras.

**Tänk på att...** skilja mellan viktprocent och volymprocent vid beräkning av mängder.

### Trädgropsfundament och utrustning

Trädgropsfundament kan vara prefabricerade eller byggas upp med hjälp av granitkantstöd eller betongsyllar som en ram kring trädets rotklump. Trädgropsfundamentet ger rotklumpen utrymme vid plantering samt stabiliserar och separerar markbeläggningens överbyggnad och dess finpartiklar från växtbädden. Ramen fylls med växtsubstrat och kan täckas med ett markgaller eller makadam. Markgaller ska vara av hållbart material som till exempel segjärn eller corten. Typ av fundament och tillhörande utrustning (markgaller och stamskydd) väljs utifrån projektets förutsättningar. Speciallösningar, där flera sektioner byggs ihop till större lådor, måste konstrueras så att de klarar belastning av exempelvis trafik. Det är viktigt att trädgropsfundamentets överkant är tillräckligt hög för att skilja samkross från växtbädden, samtidigt som trädrötterna ges möjlighet att nå ut till omgivande växtbädd. Trädgropsfundamentet placeras på skelettjord respektive kolmakadam och materialet tillåts falla in i fundamentets öppningar. Detta gör att fundamentet fixeras och förhindrar marksättningar.

### Luftningsbrunn och stödremsa

Växtbädden måste utformas med dränering och god infiltrationskapacitet. I hårdgjorda ytor placeras luftningsbrunnar i lågpunkter för att leda dagvatten till växtbädden och skapa utbyte av syre och koldioxid till trädrötterna. Luftningsbrunnen ska vara perforerad i höjd med det luftiga bärlagret, samt ha hål i botten. En brunn med volym 60 l placeras per träd. För att optimera vattenintaget kan brunnar med sidointag användas i kantsten

mot körbana. För vegetationsytor som angränsar till hårdgjorda ytor anläggs en stödremsa av makadam så att dagvatten leds in till växtbädden.

### Fördröjning av dagvatten

Flera tekniker är under utveckling och utvärdering för att utforma projektspecifika lösningar för fördröjning av dagvatten och bevattning av träden.

Flera grundförutsättningar är dock gemensamma:

- god infiltrationskapacitet hos växtbädden
- god dränering / breddning som motverkar stående vatten
- växtbäddsvolym som kan hantera den mängd dagvatten som förväntas
- rimlig drift- och skötselnivå

**TYPRITNING** THVB022

### Befintlig jord

Parker och naturmiljöer med, sedan många år tillbaka, naturligt bildad jord är en resurs som bör hanteras med försiktighet så att marken inte blir kompakterad. Det finns flera fördelar med att använda befintlig jord med ostörd struktur för växtbäddar som anläggs i befintlig park- och naturmiljö.

Att tillvarata befintlig jord, lagra och återanvända, är det näst bästa alternativet. Risk finns dock att jordens mikroliv skadas och aggregatstrukturen förstörs.

Genom jordförbättring av befintlig eller tillvaratagen jord minskar transporter och resursförbrukning. Tillverkad växtjord förefaller med tiden kräva mer omfattande gödning, och saknar det mikroliv som tillför jorden goda egenskaper.



Brunnsbeteckning med sidointag.



Dagvattenränna med luftningsbrunn kopplad till växtbädd.



Perennplantering under träd utförd i samband med växtbäddsrenovering efter två växtsäsonger – Norr Mälärstrand.



Perenner i växtbädd med kolmakadam vid plantering och efter en växtsäsong.



Perenner och träd i växtbädd med kolmakadam – Räcksta. Foto Hildegun Varhelyi.



Perenner i växtbädd med kolmakadam vid plantering och efter två växtsäsonger – Pilgatan.

### Jordprovsanalys och jordförbättring

Jordprovsanalys ska alltid utföras innan växtjord påförs växtbädden, oavsett om det rör sig om tillverkad eller befintlig jord. Provet analyseras i laboratorium och ska resultera i en kornfördelningskurva, mullhalt, pH-värde och näringsstatus enligt AL-metoden. Jorden i växtbädden ska vara homogen i hela profilen, utan avskiljande packade skikt eller lager av material med andra kornstorleksfördelningar.

Jordförbättring utförs med utgångspunkt från jordprovsanalysen och med hänsyn till de planterade växternas krav. Vid plantering av träd och buskar ska mullhalten i växtbäddens översta 400 mm motsvara 5-8 viktprocent. Perennplanteringar kan ha en högre mullhalt, medan gräsytor klarar en mullhalt som är lägre än 2 viktprocent. Under 400 mm djup ska mullhalten alltid vara lägre än 2 viktprocent.

När man använder kompost eller liknande organiskt material för att höja mullhalten finns risk att växtbädden på sikt sjunker och att den närings- och vattenhållande förmågan försämras om inte nytt organiskt material kontinuerligt tillförs. Genom att istället blanda i näringsberikad biokol eller pimpsten får växtjorden liknande egenskaper, men kan samtidigt, på sikt, behålla en god struktur.

Om befintlig jord endast jordförbättras före plantering måste entreprenadarbetena planeras så att dessa ytor kan spärras av. Inga upplag eller maskiner som kompakterar marken är tillåtna inom området.

### Biokol

Biokol består av organiskt material som hettas upp i en syrefri process som kallas pyrolysis. Biokolen binder kol från atmosfären, minskar näringsläckage och binder tungmetaller. Biokol innehåller till skillnad från träkol en viss fukthalt, vilket gör det enklare att hantera. Biokol som används av Stockholms stad ska vara certifierad enligt European Biochar Certificate (EBC) eller ha motsvarande egenskaper.

Syftet med användningen av biokol är att skapa hållbara växtbäddar med lång livslängd, som är uppbyggda av material som kan produceras lokalt.

Biokol kan också blandas med växtjord för att förbättra jordens struktur och ge den bättre vatten- och näringshållande förmåga. Fördelen, jämfört med att blanda in torv eller mull vilka har liknande egenskaper, är att biokol bryts ned långsammare.

Biokol har i sig ingen gödslande effekt och vid anläggning ska växtbädden därför grundgödslas med mineralgödsel eller organiskt gödsel.



Biokol. Foto Kari Kohvakka för Stockholm Vatten och Avfall.



Japanskt körsbär (*Prunus 'Umineko'*) i växtbädd med skelettjord – Kocksgatan.



Metasequoia (*Metasequoia glyptostroboides*) i växtbädd med skelettjord – Grindsgatan.



Lind (*Tilia x vulgaris 'Pallida'*) i växtbädd med skelettjord – Oden-gatan.

### Växtjord och växtsubstrat

För nedspolning av växtjord i skelettjord används tillverkad växtjord typ B. Denna växtjord ska efter jordprovsanalys ha kornfördelningskurva som får plats inom det gröna fältet i Bilaga: Kornfördelningskurva för växtjord typ B. Växtjorden ska uppfylla allmänna krav för näringsstatus enligt AMA Anläggning 13 tabell RA DCL.23/1. För att att jorden lättare ska spolras ned ska mullhalten vara lägre än 2 viktprocent och lerhalten 4-8 viktprocent.

Runt rotklumpen, används ett växtsubstrat som tillgodoser det nyplanterade trädets behov av luft- och fuktighetshållande material. Detta gäller för såväl växtbäddar i hårdgjorda ytor som i parkmark och oavsett om det rör sig om en skelettjord eller kolmakadam. Växtsubstratet kan bestå av en blandning av makadam 2/6 mm och 15 till 25 volymprocent blandning av näringsberikad biokol och kompost, alternativt pimpsten och kompost. Lägre biokol- respektive komposthalt ger en torrare och magrare situation medan en högre halt ger motsatsen, det vill säga fuktigare och mer näringsrik. Ovanstående gäller också för perenner och buskar – alternativt kan makadam 4/8 mm användas i blandningen. Även för gräsytor rekommenderas ovanstående växtsubstrat, men för högre stabilitet kan makadamfraktion 2/8 användas i blandningen.

Komposten ska vara välhumifierad och biokolen näringsberikad med hygieniserad organisk gödsel eller mineralgödsel NPK 5-1-4 med mikronäringsämnen.

### Växtbäddar för träd i parkmark

Om markprofilen är störd – till exempel på grund av kompaktering, genomförd marksanering eller uppfyllnad – måste växtbädden dimensioneras med motsvarande volym som för ett gatuträd, det vill säga minst 15 kubikmeter. Om det nyplanterade trädets rötter på sikt kan breda ut sig i en större vegetationsyta med naturlig profil kan växtbädden vid plantering vara mindre.

**TYPRITNING** THVB025

### Växtbäddar för gräs, buskar och perenner

Uppbyggnad av växtbäddar för buskar och perenner anpassas till växternas behov vad gäller näringsinnehåll, pH och vattentillgång. Det är viktigt att ta hänsyn till skötselaspekten. Vid gestaltning och projektering ska planteringar som kräver bevattnings efter etablering undvikas. Tag också hänsyn till förväntad nivå vad gäller till exempel ogrärensning och behov av beskärning.

För gräsytor ska hänsyn tas till ytans funktion, förväntade slitage och planerad skötselnivå. En pryd-nadsgräsmatta som ska klippas ofta, en bruksgräsmatta med högt slitage eller en torräng med mycket låg skötselnivå ställer olika krav på växtbädden och den behöver därför anpassas efter respektive förutsättningar.

**TYPRITNING** THVB025

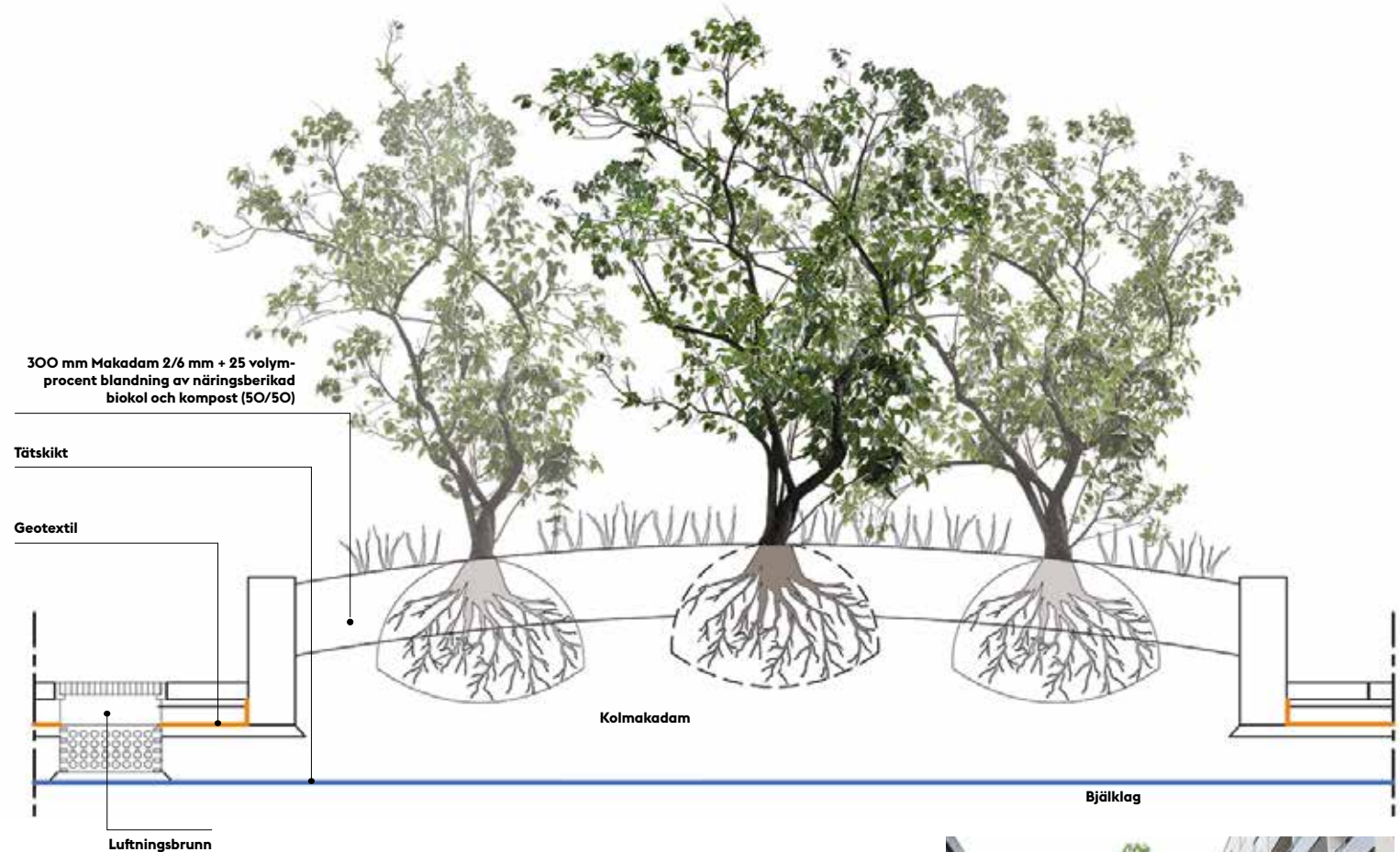
### Träd på bjälklag

I staden förekommer bjälklag ofta under torgytor och gator som är underbyggda med till exempel garage eller tunnelbana. Förutsättningarna för planering och projektering av växtbäddar på bjälklag är projektspecifika. Målet med växtgestaltningen, växtbäddarnas uppbyggnad och bjälklagets konstruktion anpassas till varandra. Därför ges inga principlösningar i denna handbok. Detaljerade lösningar finns beskrivna i ”Grönatakhdboken” (Pettersson Skog, A. et al. 2017.) som finns tillgänglig på nätet – [www.gronatakhdboken.se](http://www.gronatakhdboken.se).

I de allra flesta fall krävs ett växtsubstrat med inblandade lättviktsmaterial, i kombination med växtjord, för att ge tillräcklig porvolym och minska belastningen på bjälklagskonstruktionen.

Rekommenderade substratdjup, det vill säga växtbäddsdjup, för olika typer av vegetation finns beskrivna i tabell 5 i ”Grönatakhdboken” (Pettersson Skog, A. et al. 2017.).

För små träd och buskträd är minsta substrathöjd 600 mm. För större träd krävs höjd som är över 1000 mm. Växtbäddens djup i kombination med substratets porvolym styr balansen för vegetations tillgång till syre, vatten och näring. Grunda växtbäddar kräver relativt hög andel porvolym för att överskottsvatten ska dräneras bort.



*i gatumiljöer där det finns begränsat utrymme finns möjligheter att göra upphöjda växtbäddar med luftigt bärlager under den omgivande markbeläggningen (se ovan). Dagvatten förs in via flera, grunda luftningsbrunnar. Bilden ovan är en illustration över en möjlig situation och beskriver inte en teknisk lösning.*

I en grovkornig grus- eller sandbaserad jord blir den vatten- och näringshållande förmågan begränsad. Utan kontinuerlig bevattning och näringstillförsel kan endast växter anpassade till torra och näringsfattiga miljöer överleva.

Genom inblandning av pimpsten eller biokol i grövre fraktioner åstadkoms en hög porvolym och

en förhållandevis hög vattenhållande förmåga. Dessa materials egenskaper gör att jorden kan tillgodose växterna med växttillgängligt vatten och samtidigt vara väl-dränerad med god syresättning. Det gäller dock att ta med i beräkningen den extra vikt som vattnet utgör på bjälklaget.



Upphöjd växtbädd – Hornstull.

# Att tänka på vid planering och projektering

## Planering

Plats för träd ska planeras redan i tidiga skeden. Redan under detaljplaneskedet måste träden ges utrymme i gatusektionen, både under och över mark. Samordning med ledningar, parkering och angöring, belysning, balkonger, kollektivtrafik med mera måste utföras. Man ska även fundera över hur höjdsättningen av gatan kan skapa möjligheter att utnyttja dagvattnet som en resurs för bevattning av träden. Detta är viktigt för en god utformning och rimlig drift- och skötselnivå.

Möjligheten att bevara befintlig vegetation måste vägas mot om det är genomförbart i anläggningsskedet. En sådan bedömning kan göras först efter att trädens krona och rotzon inventerats och undersökts. Metoder för trädlytt behandlas inte i denna handbok.

## Projektering

Under projekteringen fortsätter samordningen från planeringsskedet på en mer detaljerad nivå. Eftersom den tekniska beskrivningen är överordnad ritningarna i kontraktshandlingarna är det viktigt att dessa levereras tillsammans för granskning och att de är samstämmiga.

Växtbädden måste vara tillräckligt stor – skelettjordens volym ska utgöra minst 15 m<sup>3</sup> per träd – och hela växtbädden ska vara sammanhängande. Markens höjdsättning och disposition måste tillåta att vatten leds till växtbädden. I hårdgjorda ytor

sätts en luftningsbrunn per träd och dessa placeras i låglinjer, exempelvis i veck i beläggningen eller i ränn达尔. Därför måste växtbädden utformas på ett medvetet sätt med dränering och god infiltrationskapacitet. Det är viktigt att ta reda på var vatten leds och var det hamnar i slutändan. Om skelettjorden blir vattenfylld måste överskottsvattnet kunna flöda ner i det ordinarie dagvattensystemet. Vid kraftigt lutande terrass ska dämmen anläggas för att hindra att vatten allt för snabbt transporteras bort från växtbädden.

Luftningsbrunn placeras på ett sådant avstånd från träd att skador från rötter som tränger in i brunnen undviks.

Vid anläggning av växtbädd i tidiga skeden och i samband med arbetsgata för byggt trafik ska lufttillförsel till växtbädden säkras, för att hindra att syrebrist skadar växtbädden under tiden fram till montering av luftningsbrunnar, färdigställande av överbyggnad samt plantering.

## VAL AV TRÄDART

Anpassa artvalen efter de förutsättningar som platsen ger, till exempel utrymme i gaturummet, vattentillgång och ljusförhållanden. Nyplanterade träd i offentlig miljö bör hålla en viss storlek och stamhöjd för att förhindra vandalism, samt tillåta trafik att passera förbi dem. Generellt rekommenderas ett stamomfång på minst 30-35 cm vilket mäts 1 m över marken. Stamhöjden bör vara mel-

lan 180-220 cm. Med tiden stammas de allra flesta gatuträd upp till 450 cm stamhöjd för att trafik ska kunna passera under kronorna.

## ROTKLUMP

Rotklumpen på ett träd med stamomfång 30-35 cm är ca 100 cm i diameter och ca 60 cm djup. Rotklumpen måste få plats inuti trädgropsfundamentet – ett trädgropsfundament av standardstorlek 1400x1400 mm har ett innermått på 1200x1200 mm. Det är bra att ha ca 100 mm marginal på samtliga sidor eftersom rotklumpen kan vara mycket oregelbunden. För att undvika att trädet planteras för djupt ska rothals illustreras så att den ligger i nivå med färdig markyta på ritningen.



Rotklumpen på ett träd med stamomfång 60-70 cm.



Ett smalkronigt träd passar för läget nära fasad. Foto Lovisa Hell.



Dämmen av geotextil i luftigt bärlager.



Alla träd är inte möjliga att spara vid nybyggnation. Detta träd har ingen chans att överleva.

Var uppmärksam på att vissa konstruktioner kan innebära att rothalsen hamnar för djupt. Välj i sådant fall en annan lösning.

#### GEOTEXTIL

Geotextilen ska förhindra att samkrossen i det obundna bärlagret blandas med det luftiga bärlagret. Avjämningslagret förhindrar att geotextilen nöts sönder mot det luftiga bärlagret. Därför placeras geotextilen ovanpå avjämningslagret och viks upp mot kanten av trädgropsfundament och luftningsbrunnar med mera. På ritningen ska tydligt framgå var geotextilen ska ligga. Det vanligaste ritningsfelet är att geotextilen inte är tillräckligt tydligt markerad eller ritad med så tunn linje att ritningen blir svårtolkad.

När växtbäddar placeras i direkt anslutning till befintliga ledningar kan ledningarna skyddas med geotextilbruksklass N2 eller N3 (se principsektion på s. 16).

För växtbäddar nära fasad läggs ett 0,5 mm tjockt LDPE-geomembran mot schaktkanten på fasadsidan.

#### KANTSTEN

Kantstenar som skär igenom en växtbädd får inte skapa avbrott – växtbäddens alla lager ska vara sammanhängande.

#### ÅTGÄRDER I BEFINTLIG VEGETATIONSYTA

Om arbetet sker inom rotzonen för befintliga träd ska hänsyn tas till rötterna och upplag inom rot-

zonen undvikas. Om rotzonen ändå berörs, föreskrivs försiktig schakt och återställning med lämplig växtbädd. Se vidare i kapitel 2.

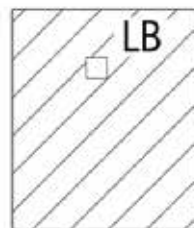
#### RELATIONSHANDLING

Relationshandling ska utföras och levereras till Trafikkontoret för arkivering enligt Teknisk Handbok del 1 och för inläggning i stadens anläggningsregister för parkdata enligt Teknisk Handbok del 2, bilaga 7.

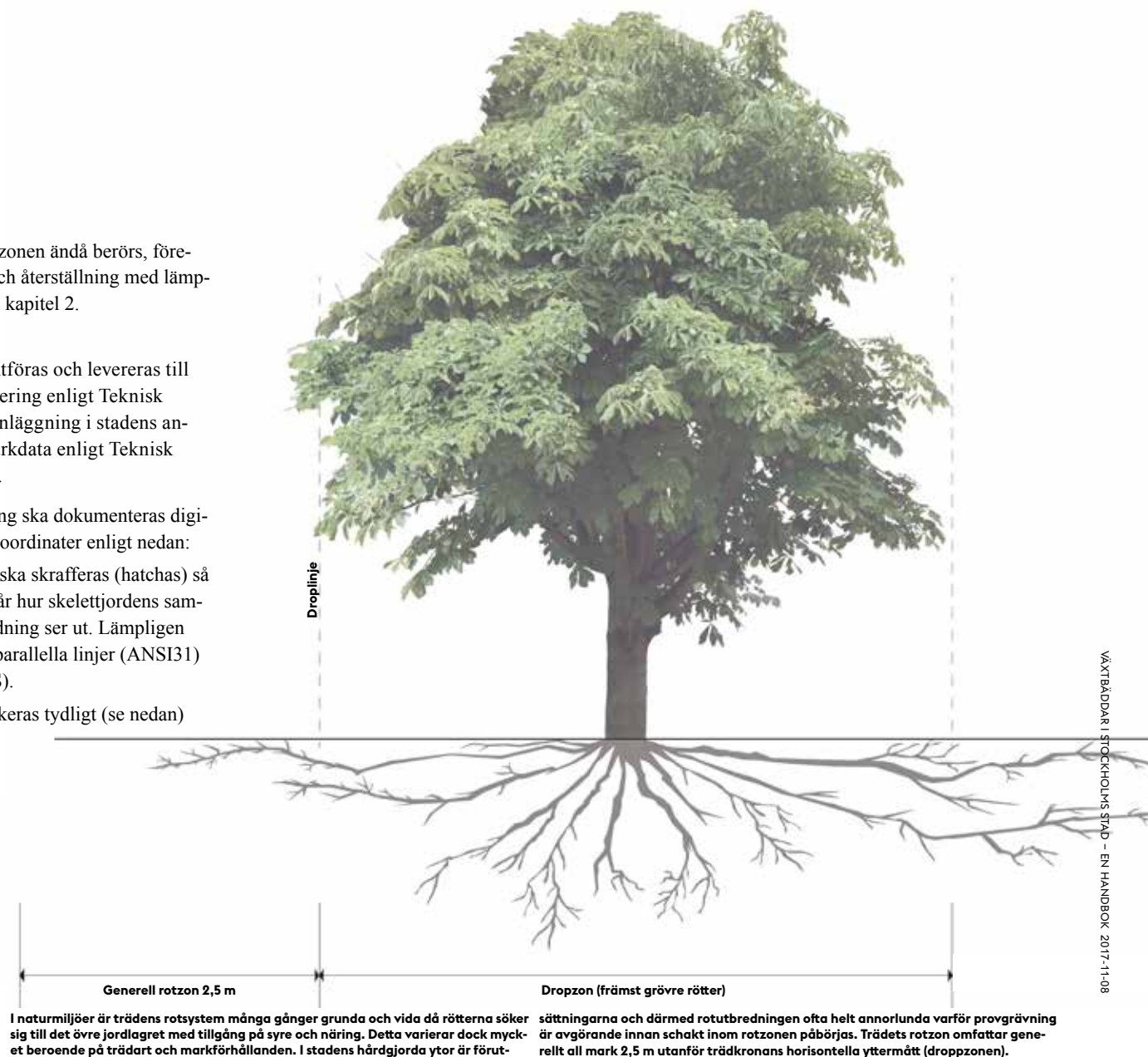
Växtbäddarnas utbredning ska dokumenteras digitalt och redovisas med koordinater enligt nedan:

- Yta med skelettjord ska skrafferas (hatchas) så att det tydligt framgår hur skelettjordens sammanhängande utbredning ser ut. Lämpligen skrafferas den med parallella linjer (ANSI31) eller punkter (DOTS).
- Luftningsbrunn markeras tydligt (se nedan)

AMA BJB.29



Redovisning av växtbädds utbredning i relationshandling med luftningsbrunn (LB) markerad.



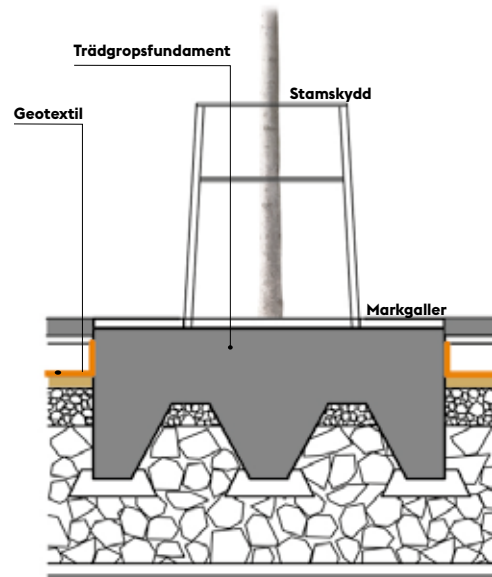
# Princip för skelettjord



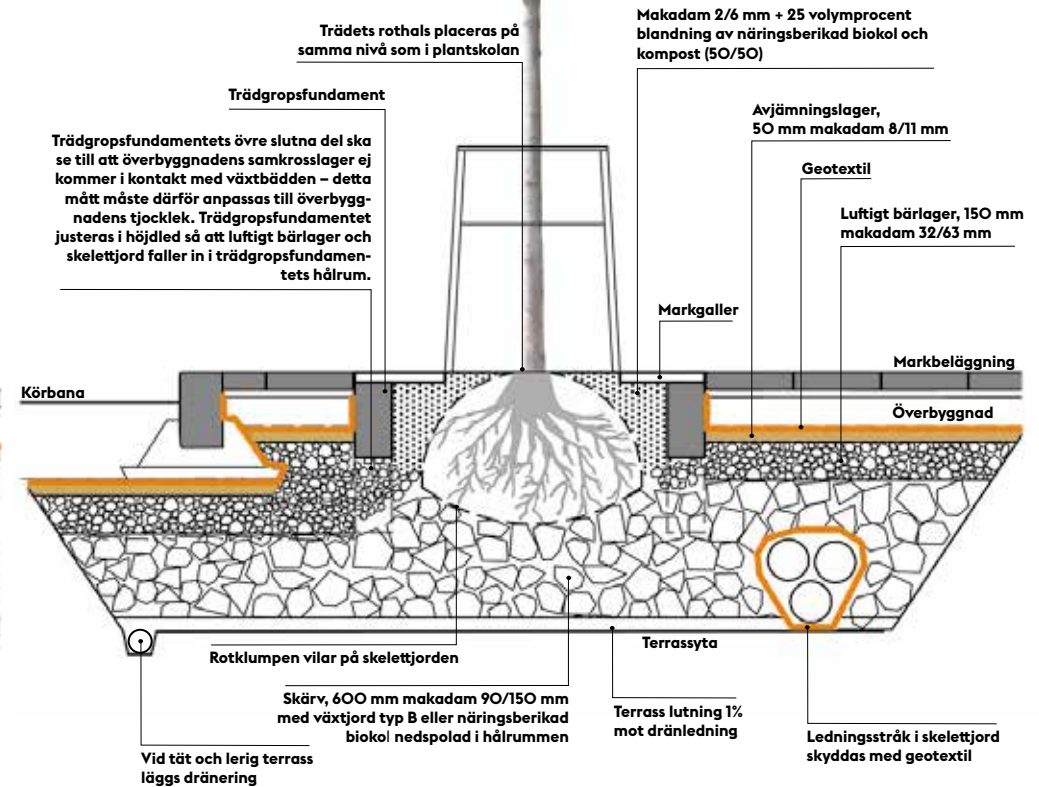
Nyplanterade träd med skelettjord efter cirka åtta växtsäsonger – Erik Dahlbergs allén.



Lager i en växtbädd med skelettjord.



Princip för skelettjord





# Att tänka på vid anläggning

## Inledande arbeten och dokumentation

Vid schakt ska terrassens beskaffenhet kontrolleras. Terrassen kan visa sig vara svår eller olämplig att luckra på det sätt som handlingarna föreskriver. Täta terrassytor måste dräneras och alltför genomsläppliga terrasser måste tätas – till exempel med hjälp av lera.

Komplett dokumentation av utförandet under anläggningsarbetet är avgörande för resultatet. Kontrollplan beskrivs närmare på s. 24.

## Anläggning

För att få tillräckligt med hålrum för trädens rötter men ändå behålla en stabil konstruktion ska skärven i en skelettjord ha en jämn storlek. Spannet brukar ligga mellan 90 och 150 mm. Det är viktigt att kontrollera att alla fraktioner som används i växtbädden stämmer med det som föreskrivits.

Ett allvarligt fel är att samkross (med nollfraktion) används. Samkross är vanligt i väganläggning men i växtbäddar fungerar det inte eftersom nollfraktionen gör att materialet packas för hårt.

Färdigblandad skelettjord som levereras från jordleverantörer får heller inte användas. Vid transport av färdigblandad skelettjord förändras egenskaperna hos materiet. När skelettet sedan kompakteras blir växtbädden för tät. Denna typ av skelettjord har inte heller den bärighet som krävs, vilket medför risk för framtida sättning.

Färdigblandad kolmakadam och pimpstensskelett påverkas inte på samma sätt av transport och går därför bra att använda.

## NEDSPOLNING AV VÄXTJORD

Momentet då jorden spolans ner i skelettet är tidskrävande. För att optimera utförandet läggs jorden ut i mycket tunna lager (ca 2 cm tjocklek) och spolans ned med hård stråle. Om lagren är för tjocka slammar skelettet igen och det blir svårt att spola ner jorden i hålrummen.

## TRÄDGROPSFUNDAMENT / LUFTNINGBRUNNAR

Trädgropsfundament och luftningsbrunnar nivåjusteras med makadam 2/6 eller grövre. Samkross (med nollfraktion) får inte användas.

Vid anläggning ska skärv från skelettjord och luftigt bärlager rasa in i trädgropsfundamentets sidoöppningar i en stadig rasvinkel. Om man försöker hindra att stenen trillar in i lådan med hjälp av olika skivor eller genom att linda in lådan i geotextil kan det orsaka framtida sättningar i den omgivande beläggningen.

Underkant på betongmarkplatta ska sättas lägre än trädgropsfundamentets överkant för att undvika sättningar och för att rötter inte ska leta sig ut i sättsanden. Alternativt sätts betongmarkplattorna i betong.

Luftningsbrunnen ska ta emot dagvatten och placeras därför i lågpunkter. Luftigt bärlager ska

täcka hela den perforerade delen på sidan av luftningsbrunnen.

## GEOTEXTIL

Det vanligaste felet vid anläggning av skelettjordar är att geotextilen läggs mellan fel lager. Geotextilen ska förhindra att samkrossen i det obundna bärlagret blandas med det luftiga bärlagret. Avjämningslagret förhindrar att geotextilen nöts sönder mot det luftiga bärlagret. Därför placeras geotextilen ovanpå avjämningslagret. Geotextilen viks upp mot kanten av trädgropsfundament, luftningsbrunnar och kantsstöd, också detta för att förhindra att samkross tränger in i växtbäddskonstruktionen. Kantskår därför geotextilen efter att obundet bärlager lagts ut.

## PLANTERING

Trädplantering ska i normalfallet utföras under sen höst. Vid plantering är det viktigt att växtmaterialen planteras omgående efter leverans. Trädets rothals ska placeras i samma nivå som i plantskolan.

## ANLÄGGNING I BEFINTLIG VEGETATIONSYTA

När växtbäddar anläggs i befintliga vegetationsytor uppstår ofta kompakteringsskador genom byggtrafik och upplag. Det är också vanlig att befintliga träd får skador i krona eller stam. Detta beror ibland på okunskap hos entreprenören och ibland på otillräcklig planering av arbetsytornas disposition. Se vidare i kapitel 2.

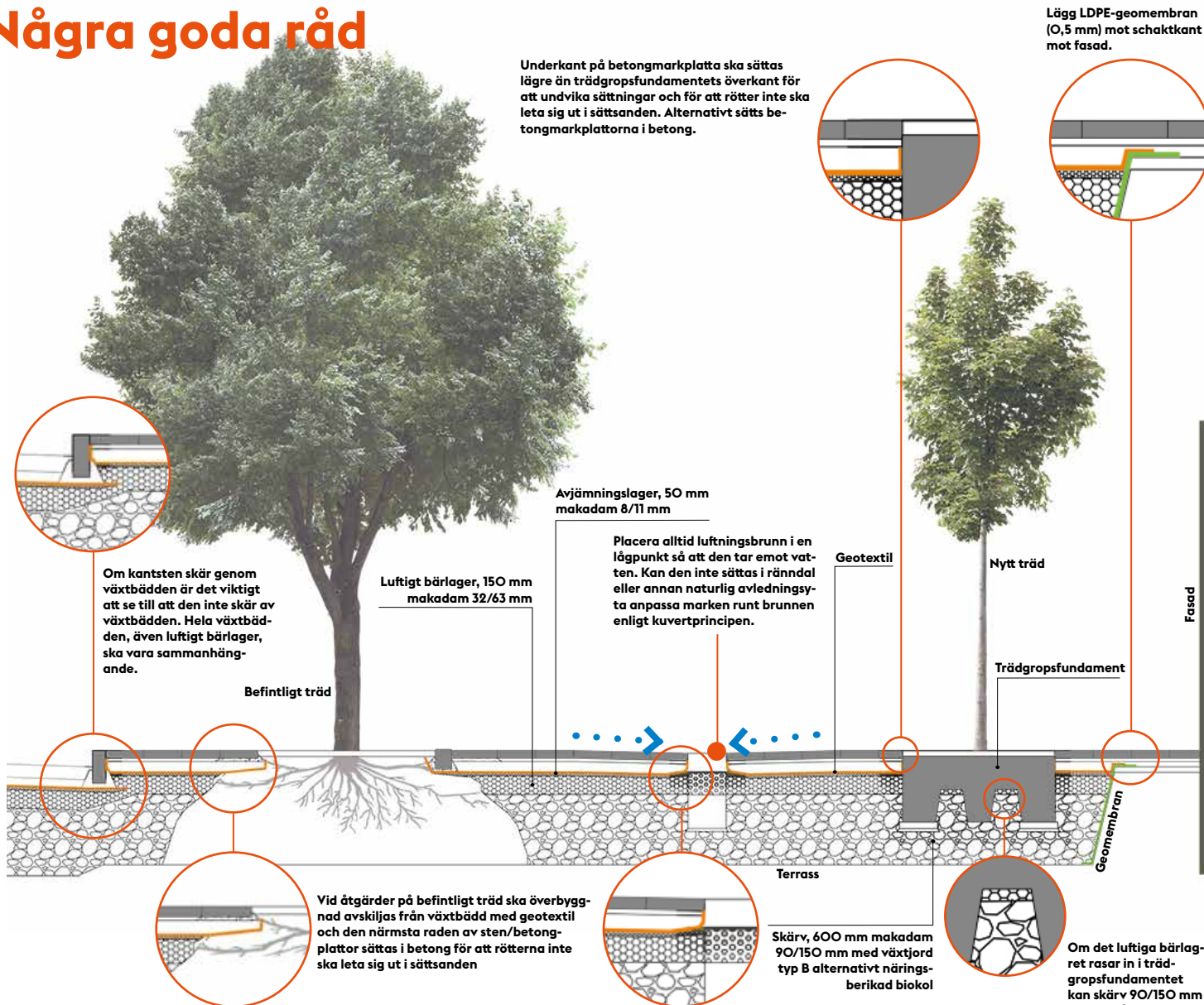


Geotextil bredds ut över avjämningslagret och hela växtbädden. Det är viktigt att geotextilen viks upp mot trädgropsfundament, brunnar och kantsstöd för att förhindra att obundet bärlager blandas med luftigt bärlager.



Trädets rothals placeras i samma nivå som i plantskolan. Höjdläget justeras vid behov med makadam i trädgropsens botten. Foto Lovisa Hell.

# Några goda råd



Underkant på betongmarkplatta ska sättas lägre än trädgropsfundamentets överkant för att undvika sättningar och för att rötter inte ska leta sig ut i sättsanden. Alternativt sätts betongmarkplattorna i betong.

Lägg LDPE-geomembran (0,5 mm) mot schaktkant mot fasad.

Om kantsten skär genom växtbädden är det viktigt att se till att den inte skär av växtbädden, även luftigt bärlager, ska vara sammanhängande.

Luftigt bärlager, 150 mm makadam 32/63 mm

Avjämningslager, 50 mm makadam 8/11 mm

Placera alltid luftningsbrunn i en lägpunkt så att den tar emot vatten. Kan den inte sättas i rännedal eller annan naturlig avledningsyta anpassa marken runt brunnen enligt kuvertprincipen.

Geotextil

Nytt träd

Trädgropsfundament

Fasad

Vid åtgärder på befintligt träd ska överbyggnad avskiljas från växtbädd med geotextil och den närmsta raden av sten/betongplattor sätts i betong för att rötterna inte ska leta sig ut i sättsanden

Terrass

Skärv, 600 mm makadam 90/150 mm med växtjord typ B alternativt näringsberikad biokol

Om det luftiga bärlagret rasar in i trädgropsfundamentet kan skärv 90/150 mm staplas så att öppningarna täcks

Luftigt bärlager ska täcka hela den perforerade delen av luftningsbrunnen. Om överbyggnaden bygger mer än betäckningen kan förhöjningsringar användas. Alternativt minskar man det obundna bärlagrets tjocklek lokalt runt brunnen för att ge plats för det luftiga bärlagret. Uppbyggnadens bärrighet försämrars inte av denna åtgärd

Utförande för respektive växtbädd redovisas i detalj i Bilaga: Utförandebeskrivningar.

## Vanliga fel

- Fel fraktion används t.ex. samkross med nollfraktion
- Färdigblandad skelettjord används
- Anpassning till terrassens beskaffenhet har inte gjorts
- Växtjorden läggs i för tjocka lager när den ska spolas ner i skelettet
- Luftningsbrunnar har inte placerats i lågpunkter
- Geotextil läggs mellan fel lager
- Makadam hindras från att falla in i trädgropsfundamentet med hjälp av skivor eller geotextil
- Träd placeras på fel nivå

## 2. Åtgärder vid befintliga träd

Det finns många anledningar att utföra arbeten inom rotzonen på befintliga träd – nya hårdgjorda ytor, nya byggnader eller ledningsomläggningar är några exempel. Ibland utförs åtgärder i rotzonen helt enkelt för att ge träden bättre förhållanden. För att minska påverkan på träden måste särskilda rutiner följas.

### Planering och utvärdering inför åtgärder

Vid arbeten på en plats med befintliga träd ska en bedömning av trädens värde och kondition utföras, redan tidigt i planeringsskedet, för att fastställa om gestaltning och projektering ska anpassas efter trädens lägen. Sådana undersökningar ska utföras redan i detaljplaneskedet.

Typen av åtgärd har stor betydelse för om trädet kan sparas eller inte. Grundläggning av byggnader med djup schakt kräver till exempel större avstånd till träd än mindre ledningsläggningar. Därför måste genomförbarheten av planerade åtgärder bedömas.

Trädinventeringen ska utföras på ett fackmässigt sätt av exempelvis en arborist. Det omfattar en okulär besiktning av stamskador, tidigare beskärningsskador, bedömning av ålder, tecken på sjukdomar och vitalitet. En systematisk bedömning av trädets bevarandevärde görs därefter av flera olika kompetenser.

Provgrävning och rotkartering utförs för att ta reda på rötternas utbredning och kondition, samt exakt läge på befintliga ledningar. Projektets förutsättningar avgör i vilken omfattning provgrävningen utförs. Provgrävningen dokumenteras med bilder och protokoll (se checklista s. 22).

Olika arter av träd är olika känsliga vad gäller schakt, kapning av stora rötter och andra arbeten inom rotzonen. Förändrade förhållanden i vatten- och ljusstillgång kan också påverka träden negativt.

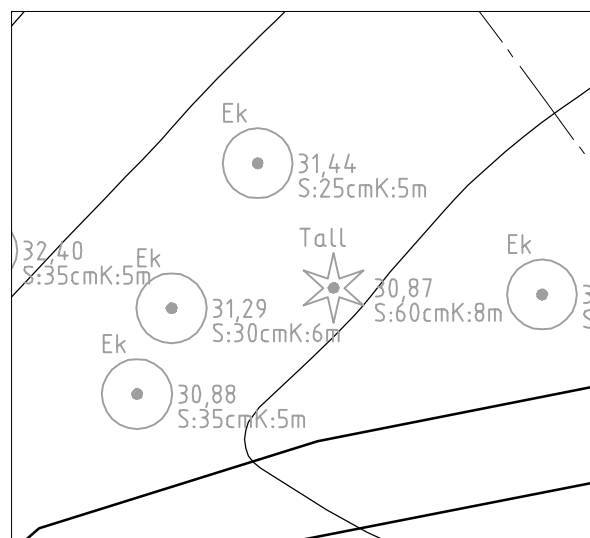
### Kunskapsunderlag

Underlag som kan vara till hjälp vid projektering och/eller anläggning:

- Fastighetsgränser
- Bestämmelser i befintliga detaljplaner
- Förekomst av befintliga ledningar
- Inmätning av träd; dess stamdiameter, krondiameter, markhöjder samt förekomst av berg och eventuellt rotkartering
- Grundvattennivå
- Kontroll av markens textur (fraktionsfördelning) och eventuell kompaktering



Provgrävning i skelettjord för utvärdering av rotutbredning.



Inmätning av träd med plushöjd (S=stamdiameter, K=krondiameter).



Trädinventering. Foto Anders Ohlsson Sjöberg.

# Skydd av rötter, stam och krona

## Planering av skyddsåtgärder

Träds rotsystem är känsligt för både schaktning och kompaktering. Krona och stam måste också skyddas vid såväl schakt som upplag. Material får till exempel på inga villkor lutas eller förankras mot stam eller grenar. Kontakt med stadens representant för planering av skyddsåtgärder för rötter, stam och krona ska tas i god tid före arbetet påbörjas.

Innan anläggningsarbeten startar ska alla skyddsanordningar ha monterats av personal med kunskaper om trätskydd både ovan och under mark. Kontroll av skyddsanordningar för träden genomförs enligt uppgett intervall av fristående kontrollant som inte är knuten till entreprenaden. Vite för skador på träd och överträdelse av skyddsåtgärder ska skrivas in i avtal med entreprenören enligt stadens vitesmall. Uppstår skador ska dessa omedelbart anmälas till ansvarig kontrollant för skyddsåtgärder.

## Skydd av rotssystemet

Trädets rotzon omfattar i teorin marken under trädets krona ut till 2,5 m utanför trädkronans yttermått (droppzonen), men varierar beroende av trädart, markförhållanden och ytbeläggning (se illustration på s. 15). Det mest effektiva sättet att skydda rotzonen under byggtiden är att hålla avstånd genom att sätta upp en avspärning (se fig. 1). Detta görs för att hindra att fordon kör över eller parkeras inom rotzonen eller att upplag sker inom rotzonen. Avspärningen görs med ett minst 2 me-

ter högt byggstängsel, vilket förankras i marken, utan att det skadar rötterna, så att det inte går att flytta. Skyltar som informerar om att detta är en skyddad zon för träd och vilka regler som gäller ska fästas på stängslet.

Vidare bör mindre maskiner användas vid anläggning nära befintliga träd och avjämning av jordtytor får aldrig utföras med hjälp av grävmaskinens skopa. Om fordon måste passera över rotzonen ska beräkning av fordonets belastning ligga till grund för val av skyddsåtgärd. Ett exempel på skyddsåtgärd för att motverka kompaktering är geotextil täckt med ett lager makadam, avjämnat med samkross 0/32. Alternativt kan specialanpassade markskyddsplattor användas. Efter avslutat arbete ska marken besiktigas av fristående kontrollant. Vid uppkommen kompaktering ska en åtgärdsplan för återställande upprättas.

## Skydd av stam och krona

Skydd av trädstam sker med korta sektioner av byggstängsel med däck monterade på insidan. I undantagsfall kan inbrädning med eftergivligt material närmast stam krävas. Fastsättning i stam med hjälp av spik eller dylikt får inte ske.

För att undvika skador i kronan orsakade av kranar, grävarmar, bodar eller höga fordon kan beskärning göras före arbetets start. Vid schakt nära befintliga träd är det till exempel viktigt att grävskopans arm inte går in i trädens kronor. Eventuella beskärningar utförs av stadens utsedda representant.



Ingen avspärning och inget skydd mot markkompaktering



Ingen avspärning: upplag och entreprenadstaket inom rotzonen.



Ingen avspärning: uppställning av bil och fordon som vid upprepade tillfällen kört i rotzonen.



Träd skyddat med täckmatta och brädor vid växtbäddrensning. Foto Lovisa Hell.



Fig. 1. Staket placeras i träden dropplinje. Inga upplag får förekomma innanför staket. Ingen trafik eller maskiner får röra sig innanför staketet.

### Schakt och beskärning av rötter

När schakt måste utföras inom rotzonen där ytliga rötter, täta rotmattor och grova rötter kan förekomma, minimeras rotskador med hjälp av försiktiga schaktmetoder. Handschakt kan användas vid mindre arbeten, men för större schakter är vakuumschakt och tryckluftslans mer effektivt. Markförhållanden och väder påverkar också valet av metod, vilket bör beaktas såväl vid projektering som anläggning.

Schaktskador på rotsystemet kan leda till röta längre fram. Undvik därför att skrapa, slita av eller kapa grova rötter. Om rötter måste beskäras ska det utföras med ett rakt snitt med såg eller sekator så att roten snabbt kan läka och bilda nya rötter i snittet. För att stimulera nybildande av rötter krävs också bra växtförutsättningar genom en växtbädd med god uppbyggnad.

Vid anläggande av kabelgrav inom rotzon utförs kanalisering genom tunnling under rötterna med handschakt, vakuumschakt eller tryckluftsschakt för att undvika att rötterna skadas.

Finrötter är mer känsliga för köld- och torkskador än de grövre rötterna. Rötter som friläggs under schaktarbetet ska därför alltid hållas fuktiga och vattnas. Om trädrötter är fritt exponerade i mer än en timme, ska rötterna täckas, med presenning eller liknande för att hålla fukten. Om arbetet utförs i starkt solljus, vind eller minusgrader ska täckning av exponerade rötter utföras redan inom femton minuter. En annan skyddsmetod är ett rottraperi, uppbyggt av en kokosmatta monterad mot träpålar samt fuktig jord vilket beskrivs i Teknisk Handbok typritning TH0002 (se även fig 3).

Bevattning ska utföras så att vattnet infiltrerar ned mellan rötterna eller i terrassbotten. Skyddsanordningarna tas bort innan återfyllning sker.

**TYPTRITNING** THVB025

**AMA** BCB.4 och BCB.5 (med underkoder)

### Riktlinjer vid beskärning

- All kapning av trädrötter ska ske i samråd med beställaren
- Inom 3 m radie från stammen skall inga rötter tjockare än 30 mm kapas.
- Utanför 3 m radie från stammen kan rötter som är 30-50 mm tjocka kapas med sekator/grensax. Rötter tjockare än 50 mm kan, i undantagsfall, kapas med såg.

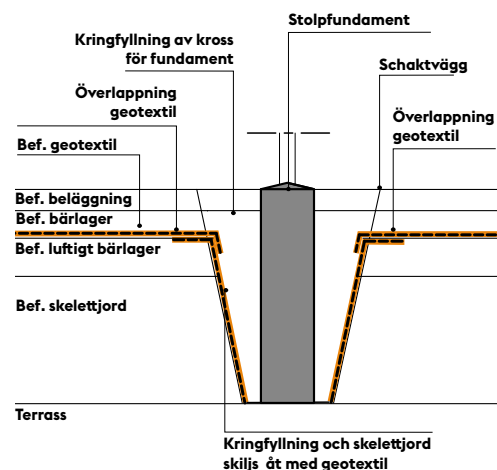


Fig. 2. Återställning vid sättnings av fundament i befintlig skelettjord.

### Återställning

Återställning i befintligt i skelettjord sker med arbetsgång som motsvarar befintlig situation. Ur-schaktad skelettjord ska aldrig tippas tillbaka i växtbädden. Då bildas skiktningar med olika porstorlek. Grövre rötter skyddstäckas med makadam 2/6 och 25 volymprocent blandning av 1 del näringsberikad biokol och 1 del kompost (se även fig. 4 på sid. 23). För återställning efter sättnings av fundament se fig. 2 (ovan).



Rötter skurna med sekator.



Rötter som bildat nya finrötter efter korrekt beskärning.



Bevattning av frilagda rötter.



Fig. 3. Rottraperi av kokosmatta monterad mot träpålar samt fuktig jord. När återfyllnadsarbeten ej kan utföras omgäende skyddar rottraperiet trädrötterna från uttorkning.



Tunnling av ledning under rötter med hjälp av vakuumschakt.



Årtäckning av rötter med kolmakadam.

# Växtbäddsrenovering

Många av stadsträden har med tiden fått kraftigt försämrade förhållanden för rotsystemen. Efter undersökning och värdering av träden kan en renovering av växtbädden vara att föredra framför ersättning med nya träd och växtbäddar. En renovering bidrar till att trädets livslängd förlängs och kan bestå av:

- anläggning av luftig växtbädd för träd med dålig tillväxt på grund av kompakterad mark
- ökning av rotutrymmet för träd med ytligt rotsystem som lyfter markbeläggningen
- byte till luftigare material kring en trädstam som sedan tidigare står i uppfylld mark

Efter att nödvändiga undersökningar utförts tas ett förslag på ny växtbädd fram. Djup och uppbyggnad av växtbädden påverkas av utbredningen av trädets rotsystem, den rådande problematiken och platsens gestaltning. Arbetsgången vid växtbäddsrenovering skiljer sig därför från fall till fall. Generellt genomförs den på detta sätt:

- Med försiktig schakt friläggs delar av det befintliga rotsystemet så att det kan få kontakt med den nya luftiga växtbädden. Schakten avslutas när man får fram en större mängd finrötter. Normalt sker detta vid schaktdjup på 500-600 mm, men ibland finns dessa direkt under markytan och i andra fall måste man schakta till över en meters djup innan rötter påträffas.

- Frilagda rötter skyddas omgående (se ”Skydd av rötter” på s. 20).
- Beskärning av rötter sker endast i undantagsfall (se ”Riktlinjer vid beskärning” på s. 21).
- Där rötter inte påträffas, luckras terrassen till ett djup av 200 mm.
- Den nya växtbädden läggs ut. Den kan bestå av skelettjord eller kolmakadam, alternativt ett luftigt bärlager bestående av makadam 32/63

mm eller pimpsten 2/8 mm. Grövre rötter skyddstäcks med makadam 2/6 och 15-25 volymprocent blandning av 1 del näringsberikad biokol och 1 del kompost (se fig. 4 på s. 23).

- Gödsling utförs med långtidsverkande gödsel 100gr/m<sup>2</sup> mellan utbredda och packade lager.



Lindar i dålig kondition på Kungsbroplan, före växtbäddsrenovering 2002.



Samma träd efter växtbäddsrenovering 2013.

## Utredning inför växtbäddsrenovering

Växtbäddsrenoveringar är kostsamt och det är därför viktigt att först avgöra om trädets kondition kommer att förbättras av arbetet eller inte. Ett första steg är en okulär konditionsbedömning. Finns det utrymme för en ny växtbädd och plats för trädet när det börjar växa efter renoveringen? Finns det restriktioner för hur platsen får förändras? Gator och kantstenar, markägarförhållanden, ledningar och andra underjordiska installationer måste därför kartläggas.

Genom provgrävning samlas viktig information om rötternas utbredning och andra förhållanden på platsen. Växer trädet i parkmiljö kan tre till tio handschaktade gropar ge svar på hur marksituationen ser ut samt på hur rötterna växer. För hårdgjorda miljöer väljs en till två gropar på cirka en kubikmeter var. Läge för provgropar beror bland annat på trädets storlek.

### Checklista inför provgrävning

- Vitalitet och skador
- Ålder och tillväxt de senaste åren (skotttillväxt).
- Trädart (arter är olika känsliga för rotskador).
- Markens textur/struktur (påverkar valet av schaktmetod vid efterkommande arbeten).
- Jordvolym och växtplats (finns utrymme för en ny växtbädd?)
- Rotsystemets utbredning



Provgrävning vid ek på Fiskartorpssvägen – rötangripna och döda grova rötter upptäcktes på 60-70 cm djup.

Står trädet i en hårdgjord yta sätts minst en luftningsbrunn per träd och växtbädden täcks med geotextil innan markbeläggnings överbyggnad läggs ut. Lösningar där dagvatten fördelas med infiltrationsrör kan också vara ett bra alternativ

**TYPRITNING** THVB020 / THVB021 / THVB022

Står trädet i en vegetationsyta leds dagvatten till växtbädden från omgivningen via en luftig stödremsa bestående av makadam 4/8 mm utan inblandning av biokol. Vegetationsytan planteras med fördel med perenner eller buskar framför en klippt gräsyta, då den senare stjäl en större andel näring och vatten från trädet.

**TYPRITNING** THVB024



Växtbäddsrening på Birger Jarlsgratan.



Vakuumschakt / friläggande av rotsystem på vuxna träd med tryckluftslans.

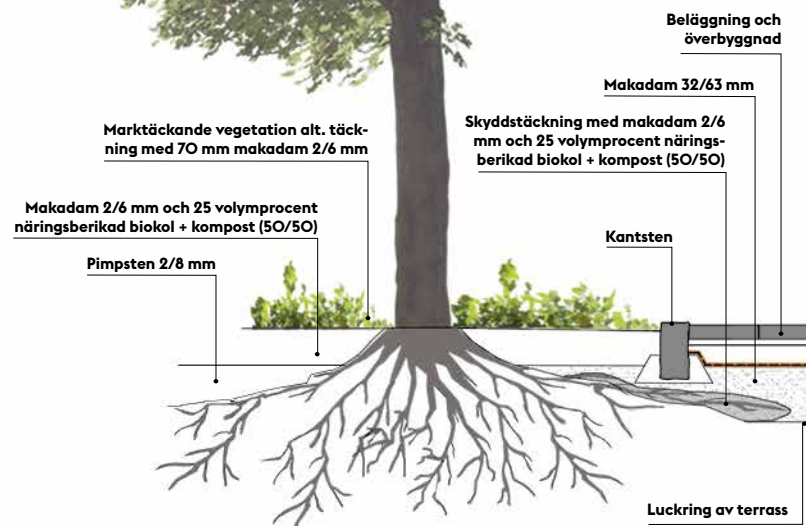


Fig. 4. Återställning efter schakt i rotzonen.

# 3. Kontroll, vite och skötsel

Garantiskötsel och kontroll är viktiga vid etablering av träd och växter. Kontrollen säkrar att alla moment i byggnationen utförs på rätt sätt och i rätt ordning. Det är fördelaktigt för beställare såväl som utförare att kontrollprogrammen följs och dokumentation sker.

## Riktlinjer för kontrollprogram

Kontrollprogrammen är till för att tydliggöra och kvalitetssäkra byggprocessen. De används för att kontrollera och dokumentera hur växtbäddarna konstruerats samt hur plantering och skötsel utförs. Kontrollprogrammet blir en trygghet både för beställare, byggladare och entreprenör. För att en växtbädd ska godkännas av utsedd besiktningsperson måste entreprenören kunna redovisa en tydlig dokumentation av byggprocessen.

Entreprenören ska mäta in växtbädden (terrassyta, avjämningslager, luftningsbrunnar) och leverera som underlag till relationshandling (se sid 15).

Jordanalys med kornfördelningskurva och näringsanalys för all växtjord ska lämnas till beställaren. Detta gäller för såväl befintlig som tillverkad jord.



Dokumentation av nedvattning av kolmakadam i skelettskärv. Foto Hildegun Varhelyi.

Checklistor och kontrollprogram ska vara påskrivna av entreprenör och byggladare, för att godkännas av beställaren.

## NYCKELSKEDEN

Viktiga skeden under byggprocessen så kallade nyckelskeden ska redovisas till beställaren löpande under byggnationen. Nyckelskeden fotodokumenteras och levereras som digitalt underlag till beställaren. Byggladaren ska övervaka byggnationen på plats. Den löpande informationen tillåter beställaren eller byggladaren att reagera på felaktigheter och korrigera dessa innan växtbäddarna är färdigställda.

## Nyckelskeden vid växtbäddsrenovering

### I HÄRDGJORD YTA

- Uppvisande och kontroll av jordprovsanalys och sikt-kurva för stenmaterial
- Friläggning av rötter med försiktig schakt
- Skydd och bevattning av framschaktat rotsystem
- Kontroll och eventuella åtgärder av terrass
- Utläggning och packning av skelettskärv alternativt ut-läggning av kolmakadam.
- I förekommande fall: nedvattning av växtsubstrat i skärv (redovisas för varje skikt)\*
- Sättning av luftningsbrunn
- Utläggning av luftigt bärlager
- Utläggning av avjämningslager
- Utläggning av geotextil
- Bevattning

\* Avser växtbädd med skelettskärv

## Nyckelskeden vid nyplantering

### TRÄD I HÄRDGJORD YTA

- Uppvisande och kontroll av jordprovsanalys och sikt-kurva för stenmaterial
- Schakt
- Kontroll och eventuella åtgärder av terrass
- Utläggning packning av skelettskärv alternativt ut-läggning av kolmakadam.
- I förekommande fall: nedvattning av växtsubstrat i skärv (redovisas för varje skikt)\*
- Sättning av trädgropsfundament
- Sättning av luftningsbrunn
- Utläggning av luftigt bärlager
- Utläggning av avjämningslager
- Utläggning av geotextil
- Leveranskontroll av växtmaterial och förvaring
- Plantering med växtsubstrat och vattning
- Stamskydd, uppbindning och markgaller

### TRÄD I VEGETATIONSyta

- Uppvisande och kontroll av jordprovsanalys
- Schakt
- Kontroll och eventuella åtgärder av terrass
- I förekommande fall: utläggning av kolmakadam\*\*
- I förekommande fall: utläggning av luftigt bärlager\*\*
- I förekommande fall: utläggning av avjämningslager\*\*
- I förekommande fall: skälning av överyta\*\*
- Leveranskontroll av växtmaterial och förvaring
- Plantering med växtsubstrat och vattning
- Trädstödet och uppbindning

## Egenkontroll vid anläggning

Checklistan nedan ska ses som ett stöd för byggladare i dialog med entreprenör.

- Kontrollera och gå igenom bygghandlingarna. Var uppmärksam på specialritade detaljer som exempelvis trädgropsfundament. Kontrollera minimimått och jämför med föreslagen trädstorlek så att rotklumpen ryms i föreslaget trädgropsfundament.
- Gå igenom väsentliga delar i entreprenaden med entreprenörens personal, t.ex. trädplantering, bevarande av befintlig vegetation, uppbyggnad av skelettskärv och växtbäddsrenovering med vakuumschakt
- Ta jordprov och kontrollera allt stenmaterial inklusive skelettskärv och luftigt bärlager.
- Upprätta rutin för leverans av bildokumentation av överenskomna nyckelskeden.
- Kontrollera löpande utförande av nyckelskeden på plats.
- Leveranskontrollera växtmaterial. Kontrollera förvaring av växter. Detta är särskilt viktigt vid kall väderlek med temperaturer nära noll grader.
- Kontrollera färdigställandeskötsel och garantiskötselarbeten. (se sid 25-26)

AMA BJB.29

AMA DCL.131 och DCL.149

AMA YCQ.1112

\*\* Avser växtbädd med kolmakadam



### Vitesbelopp vid skador

Vegetation som berörs av entreprenad ska skyddas enligt anvisningar i SLUs rapport ”Standard för skyddande av träd vid byggnation” (Östberg, J och Stål. Ö. 2015).

Om ett träd ska bevaras sätts alltid ett vitesbelopp. Det fastställda vitesbeloppet ska tydligt framkomma i bygghandlingar så att alla involverade har tillgång till denna information. Det betyder att vitet måste sättas innan arbetena påbörjas. Vitet bestäms av markägaren. Vitesbeloppet förs in i Stockholms stads vitesmall. Skada som uppstår på trädets stam, rötter eller krona bedöms av en av beställaren utsedd arborist. Vite utfaller procentuellt i förhållande till skadans omfattning.

Om skador uppstår på vegetation som inte berörs av arbetet och därför inte har förutbestämt vitesbelopp beräknas skadorna med hjälp av en beräkningsmodell för urbana träd, enligt SLUs rapport Ekonomisk värdering av återanskaffningskostnaden för träd, den så kallade ”Alnarpsmodellen” (Östberg, J, Sjögren J, Kristoffersson A. 2015).

Om kompaktering av mark skett gör beställaren en bedömning av skadeklass och hur det bör återställas. Om skadan i trädets rotzon bedöms vara stor kan annat material väljas till återställning för att reparera skadan.

Vite vid skada på träd				Stockholms stad	
<b>Basinfo</b>					
Art	Am				
Skad.	I				
Vite vitesbelopp	250000	Sek			
<b>Vitesberäkning för grenskador</b>					
			Skadestämman		
			Antal skadade		
Skadade grenar	% av vitesbelopp	Sek	grenar	Summa	
Gren $\geq 3$ cm	0,5%	1250	0	0	
Gren $\geq 5-10$ cm	10,0%	25000	0	0	
Gren $\geq 10$ cm	20,0%	50000	0	0	
Vid skada $>10\%$ av alla grenar $\geq 5$ cm utfaller vite via.				0	
<b>Vitesberäkning för stamskador</b>					
			Antal skador på stam		
Skada på stam, endast barkskada	% av vitesbelopp	Sek			
1-10 cm <sup>2</sup> skadad bark	1,00%	2500	0	0	
10-200 cm <sup>2</sup> skadad bark	5%	12500	0	0	
200-400 cm <sup>2</sup> skadad bark	40%	100000	0	0	
$>400$ cm <sup>2</sup> skadad bark	100%	250000	0	0	
Skada på stam, bark- och vedskada					
0-10 cm <sup>2</sup> skadad bark, skadad ved	2%	5000	0	0	
10-200 cm <sup>2</sup> skadad bark, skadad ved	15%	37500	0	0	
200-400 cm <sup>2</sup> skadad bark, skadad ved	50%	125000	0	0	
$>400$ cm <sup>2</sup> skadad bark, skadad ved	100%	250000	0	0	
<b>Vitesberäkning för rotskador</b>					
			Antal skadade rötter		
Skadade rötter	% av vitesbelopp	Sek			
Rot $\geq 3-4$ cm	0,5%	1250	0	0	
Rot $\geq 5-10$ cm	10,0%	25000	0	0	
Rot $\geq 10$ cm	20,0%	50000	0	0	
<b>Vitesbelopp: 0 Sek</b>					

Vite vid skada på träd.



Exempel på skada: trädet har sågats av vid montering av ställning.

### Garantiskötsel

Allmän och kontinuerlig tillsyn av skötselområdet ingår i entreprenörens åtaganden både vid nyplantering och växtbäddrenovering. Träd, växter och grönytor ska skötas på ett fackmässigt sätt och anläggningen ska se välstädd och allmänt tilltalande ut. Växterna ska uppvisa god skottillväxt och utveckling. Ogrärensning, städning och vattnings ska utföras löpande. I samband med att vattnings påbörjas för säsongen utförs vårstädning, och vid avslut genomförs höststädning. Uppbindning av träd ska hållas i gott skick och får inte skada trädet. Trädstöd tas bort i anslutning till garantibesiktningen.

Ogrärensning utförs mekaniskt på ett sådant sätt att växterna inte skadas. Puts av gräs med trimmer utförs med försiktighet för att undvika barkskador.

Beskärning utförs alltid i samråd med beställaren och ska utföras på ett fackmässigt sätt av personal med dokumenterad kunskap om växtvård. Eventuella döda och skadade grenar avlägsnas kontinuerligt, liksom rot- och stamskott.

### ÖVERTAGANDEBESIKTNING

Garantiskötseln utförs oftast under två år och avslutas med en övertagandebesiktning då anläggningen lämnas över till respektive förvaltning. Vid garantiskötselns utgång ska anläggningen ha ett väletablerat utseende.

Vid övertagandebesiktning ska:

- gräsytor vara jämnt etablerade täta och välklippta.
- buskage och perennrabatter vara fullt etablerade, väl slutna och ge ett friskt, frodigt och tilltalande uttryck.
- träd visa full etablering och tillväxt och ge ett friskt och frodigt intryck. De ska ha fullt utvecklade blad och ledande årsskott ska ha en för arten tillfredställande tillväxt. För nyplanterade träd i gräsyta ska ett 10 cm tjockt lager av lövträflis ligga i en radie av 50 cm från stammen. Observera att ingen träflis får användas under garantiskötseltiden då detta påverkar växternas etablering negativt.



Fullt etablerad buskyta. Foto Lovisa Hell.



Fullt etablerad perennyta. Foto Lovisa Hell.



Fullt etablerat stadsträd.



För flerstammiga träd kan det vara svårt att montera vattensäckarna runt stammarna. Det är enklare att montera dem mot en stör. Foto Lovisa Hell.

### Checklista skötselmoment

Checklistan nedan ska ses som ett stöd för bygglidare i dialog med entreprenör.

- Kontroll av uppbindning – uppbindning ska vara i gott skick och inte skada trädet
- Mekanisk rensning av ogräs
- Bevattning och gödsling
- Beskrning av rot- och stamskott
- Avlägsning av döda och skadade grenar
- Gräsklippning
- Kontinuerlig städning och avlägsning av främmande föremål
- Vårstädning
- Höststädning

AMA DHB.31 (med underkoder)

### Bevattning

För att nyplanterade träd snabbt ska etablera sig krävs att fotosyntesen fungerar. Att bilda nya rötter är tidskrävande. Det kan ta en till två säsonger innan rotsystemet hos ett nyplanterat träd kan försörja trädets löpande behov av vatten och näring.

En välfungerande fotosyntes är beroende av god tillgång på vatten och samtliga nödvändiga näringsämnen. Den vanligaste förekommande orsaken till dålig utveckling vid trädplantering är brist på vatten eller kväve.

### VÄXTNÄRING

Vid planteringsstillfället och lång tid framöver befinner sig de flesta näringsupptagande rötterna i rotklumpen. Det räcker därför inte att anläggningsjorden har en bra näringsstatus från början.

Upptaget av de olika näringsämnena från marklösningen sker i mineralisk form. I organiska gödselmedel måste näringsämnena först överföras till mineralisk form med hjälp av mikroorganismer. Denna mineraliseringsprocess är beroende av ett väl fungerande mikroliv och denna mikroflora kan ta tid på sig för att utvecklas i nya planteringsbäddar.

Genom att tillföra näringen i flytande form via vattensäck har de befintliga rötterna inledningsvis goda möjligheter att få tillgång till både vatten och näringsämnena. Ett flytande mineraliskt gödselmedel är att föredra.

Ett flytande gödselmedel ska innehålla samtliga växtnäringsämnen i en balans som motsvarar trädets behov. Ämnen i överskott att ge upphov till onödigt läckage och brister kan störa fotosyntesen. Näringsinnehållet i gödselmedel anges normalt som det procentuella innehållet av Kväve (N), Kalium (K) och Fosfor(P), det så kallade NPK värdet. Forskning utförd vid SLU visar att växters mineralnäringsbehov är mycket likartat. Samma gödselrecept, NPK 5-1-4, kan användas till alla arter (se Tabell 1), och gödselmedel vars näringsproportioner kraftigt avviker från de som är angivna i tabellen bör inte användas, dock är 25% avvikelser acceptabel.

Beroende på typen av gödselmedel, om preparatet är fast eller flytande och om ämnen förekommer i organisk eller mineralisk form, varierar NPK värdet. Genom att räkna om NPK värdet till viktsproportioner blir det enklare att jämföra olika preparat. Se exempel nedan:

Räkneexempel för NPK 11-2-5.

%		Proportion
N11		100*
P2	$2/11 \times 100$	=18
K5	$5/11 \times 100$	=45

\*Kväve utgör basen i jämförelsen och ges värdet 100

### UTFÖRANDE

Bevattning ska utföras från 15 april till 30 augusti. Träd med ett stamomfång på 20-25 cm eller större bevattnas med 140 l varje vecka. Detta motsva-

rar två hopmonterade bevattningssäckar. I vattnet tillsätts 2 promille växtnäring under de två första växtsäsongerna. Bevattningen kan, beroende av väderlek, behöva förlängas till 30 september men utförs i sådant fall utan näringstillsats.

Bevattningsfrekvens ska anpassas efter väderlek – växtbädden får aldrig bli torr och ska vara tydligt fuktig ner till 300 mm djup. Vattnet ska infiltreras i växtbädden. Bevattningssäcken placeras därför direkt över rotklumpen – aldrig ute på träflisen. Säckerna ska tas bort när den är tömd efter varje bevattningstillfälle, för att motverka problem med skadedjur och för att den inte ska användas som skräpkorg.

Entreprenören rapporterar när vattning skett för att bygglidaren ska kunna kontrollera att arbetet utförts korrekt.



Träd i stensjösyta med vattensäck

AMA DHB.31 (med underkoder)

AMA YCQ.1112

MAKRONÄRINGSÄMNEN	Proportion	MIKRONÄRINGSÄMNEN	Proportion
Kväve (N)	100	Järn (Fe)	0.7
Fosfor (P)	13-19	Mangan (Mn)	0.4
Kalium (K)	45-80	Bor (B)	0.2
Svavel (S)	8-9	Zink (Zn)	0.06
Magnesium (Mg)	5-15	Koppar (Cu)	0.05
Kalcium (Ca)	5-15	Klor (Cl)	0.03
		Molybden (Mo)	0.003
		Nickel (Ni)	värde saknas

Tabell 1. Nödvändiga näringsämnena och deras ideala inbördes förhållanden. Kväve bildar basen i denna jämförelse och ges värdet 100. Övriga näringsämnena anges i procent av kväveinnehållet. 20% avvikelser från dessa värden är acceptabla.

# Källor



Vad finns i marken – berg, grus, sand eller lera?

*Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok* (2017) är framtagen på initiativ av Stockholms stad genom Björn Embrén och Britt-Marie Alvem. Handboken är en revidering av *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok* (2009).

Referensgrupp: Örjan Stål, VIÖS; Tom Ericsson, SLU; Lovisa Hell och David Zinders, Infrakonsult.

Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok. 3:e uppl. 2017.

Texter: Britt-Marie Alvem, Trafikkontoret och Rebecka Grönjörd, Sweco Architects

Textbearbetning, layout och illustrationer: Hildegun Varhelyi, Varhelyi + Varhelyi

Typritningar: Rebecka Grönjörd och Sara Brundin, Sweco Architects

Foto (där inget annat anges): Björn Embrén för Stockholms stad

Andersson, T. & Stål, Ö. 2015. Hur mår våra stadsträd. Stockholm: Vinnova.

Berger, C. 2012. Biochar and activated carbon filters for greywater treatment – comparison of organic matter and nutrients removal. Master thesis, Statens lantbruksuniversitet, Uppsala.

EBC foundation. 2013. The European Biochar Certificate. <http://www.european-biochar.org/en>

Embrén, B., Alvem, B. M., Stål, Ö. Orvesten, A. 2009. Växtbäddar i Stockholms stad – En handbok. Stockholm: Trafikkontoret Stockholms stad

Folkesson, A. 2016. Jordkokboken. Stockholm: Svensk Byggtjänst

Free, E.E. 1907. The oxygen requirement of plant roots in relation to soil aeration. London: Forgotten Books.

Klotet. Stadsträd för ett tuffare klimat. 2016. Sveriges radio, P1, 28 september.

Kristoffersen, P. & Nilsson, K. 1998. Lyckade försök med rotvänlig vägbyggnad. Utemiljö 1998 nummer 8. ss. 8-12.

Lösken, G. et al. 1999. Standortoptimierung für die Pflanzung von Strassenbäumen – Zwischenergebnisse von Langzeitversuchen, Institut der Grünplanung und Gartearchitektur in Hannover, Jahrbuch der Baumpflege, Augsburg Deutsche Baumpflegetage.

Pettersson Skog, A. Malmberg, J. Emilsson, T. Jägerhök, T. Capenar, C. 2017. Grönatakhåndboken – växtbädd och vegetation. Rapport/Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer. Stockholm: Vinnova.

Sjöman, H., Sjöman, J. & Johansson, E. 2015. Staden som växtplats. Träd i urbana landskap Sjöman, H. & Slagstedt, J (red.). Lund: Studentlitteratur

Stadsledningskontoret i Stockholms stad. 2017. Grönare Stockholm – Riktlinjer för planering genomförande och förvaltning av stadens parker och naturområden. Rapport/ Stadsledningskontoret: 171-1292/2016. Stockholm: Stockholms stad.

Staten väg- och transportforskningsinstitut (VTI). 2015. Dränerande hårdgjorda ytor i stadsmiljö – nedbrytningstester med HVS-utrustning hos VTI. Rapport/Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer: 2012-01271. Stockholm: Vinnova.

Stockholm Vatten och avfall. 2017. Biokol för ett grönnare Stockholm. <http://www.stockholmvattnochavfall.se/biokol>  
Svenskt Vatten: P105. 2011. Hållbar dag- och dränvattenhantering – råd vid planering och utformning. Solna: Svenskt Vatten AB.

Sörelius, H. Andersson, L. Fransson, A-M. Stål, Ö. Fridell, K. Bodin Sköld, H. Boström, C. Rosenlund, H. Alvem, B-A. Embrén, B. 2017. Klimatsäkrade systemtyper för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö. Rapport/Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer: 2012-01271. Stockholm: Vinnova.

Thelander, M. 2006. Åtgärder för vitalisering av träd- en dokumentation och utvärdering av ståndortsförbättrande åtgärder i Malmö stad. Rapport/Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik: 2006:13. Alnarp: SLU.

Trees and Design Action Group. 2014. Trees in Hard Landscapes - A Guide for Delivery. <http://www.tdag.org.uk/>  
Trees and Design Action Group. 2012. Trees in the Townscape - A Guide for decision makers. <http://www.tdag.org.uk/>

Östberg, J. Sjögren J. Kristoffersson A. 2015. Ekonomisk värdering av återanskaffningskostnaden för träd - Alnarpsmodellen 2.2. Rapport/Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, LTV-fakulteten Sveriges lantbruksuniversitet: 2015:24. Alnarp: SLU.

Östberg, J. & Stål, Ö. 2015. Standard för skyddande av träd vid byggnation. Rapport/Sveriges lantbruksuniversitet: 2015:15. Alnarp: SLU.