

Växtsubstrat för en hållbar stad

Elias Gabrielsson

Victor Stål



Självständigt arbete • 15 hp

Landskapsingenjörsprogrammet

Alnarp 2020

Växtsubstrat för en hållbar stad

Plant substrate for a sustainable city

Elias Gabrielsson

Victor Stål

Handledare: Tobias Emilsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Examinator: Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt i arbete i landskapsarkitektur, G2E – Landskapsingenjörsprogrammet

Kurskod: EX0841

Program: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Victor Stål

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Växtsubstrat, pimpsten, biokol, växtbädd, skelettjord, kompaktering, vattenhållande förmåga.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Detta kandidatarbete är skrivet inom landskapsingenjörsutbildningen vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Alnarp. Arbetet är skrivet på C-nivå och omfattar 15 högskolepoäng.

I dagens städer som urbaniseras och utvecklas i en allt snabbare takt är det viktigt att utveckla goda och innovativa lösningar, för att kunna få in mer vegetation och grönska, vilket behövs för den allmänna hälsan och även för ökade ekosystemtjänster i städerna. Därför undersöker vi i detta arbete olika växtsubstrat som vi ställer mot varandra i olika undersökningar för att hitta vilket växtsubstrat som är bäst anpassat att använda sig av i skelettjordar och växtbäddar i urbana miljöer. Vårt arbete ger en grund för vidareutveckling av att hitta substratblandningar som är anpassade för urbana miljöer, samt hur dessa olika växtsubstrat påverkar tillväxten och utvecklingen hos olika perenner och lignoser som står i urbana miljöer.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Tobias Emilsson, tack för din tid, dina värdefulla synpunkter och din vägledning. De har varit guld värda! Vi vill även ta och rikta ett stort tack till Örjan Stål och Björn Embrén för er otroliga kompetens och kunskap som ni har delat med er till oss. Detta arbete hade inte varit möjligt utan oerhört viktig information som vi har fått från er! Även ett stort tack till Bengt Syrén på Bara Mineraler och Per Lennartsson på Hasselfors Garden. Utan era bidrag av de båda växtsubstraten så hade vi inte kunnat utföra de undersökningar som stora delar av vårt kandidatarbete kretsar kring. Också ett stort tack till Britt-Marie Alvem på Stockholm stad som har gett oss god och mycket viktig information om de olika skelettjords - och växtbäddsprojekten med biokol som har anlagts i Stockholm.

Sammanfattning

Syftet med arbetet är att undersöka två befintliga växtsubstratsystem som används för perenner och lignoser i urbana miljöer. Detta görs i syfte med att städerna utvecklas och förtätas i en allt snabbare takt. Förtätade städer kräver fler nya och innovativa gröna lösningar för att uppnå kvalitativa resultat. Arbetet genomfördes med olika tillvägagångssätt i hopp om att få fram olika infallsvinklar om de två olika växtsubstrat som analyseras i mindre skala i detta arbete.

Det finns och används nya växtsubstratsystem som ex. biokol och pimpsten, men de är varken verifierade eller utvärderade. Fältstudierna samt labbstudierna som görs är vidare studier för framtida forskning där det skulle behöva göras i en större skala för att få en mer trovärdig verifikation och utvärdering av växtsubstraten. De olika testerna gav fördel för de två olika växtsubstraten som kan vara ett argument till att använda dem i urbana miljöer. Genom en litteraturstudie togs det upp fördelar och nackdelar för både pimpsten och biokol.

Fördelarna med pimpsten är att den har god vattenhållande förmåga och att det är ett lätt växtsubstrat, vilket gör den lämplig att använda sig av på t.ex. gröna tak. Fördelarna med biokol är att den har lagringsförmåga av både vatten och näring, något som vi inte haft möjlighet att undersöka själva, samt att biokol kan binda tungmetaller från atmosfären ner i marken. Nackdelen med pimpsten är att den inte kan lagra och binda näring samt även miljöpåverkan då pimpsten måste importeras och utvinnas från Island, samt att det kan nybildas i viss mån men då det är så sällan förkommande, kan det anses som en ändlig resurs. Nackdelen med biokol är att det är dyrt, eftersom det inte är en etablerad vara på marknaden. På grund av att den generella kunskapen om biokol och dess egenskaper är väldigt liten.

Laborationer gjordes som ex. rotvolymen, infiltrationsförmåga och vattenhållande förmåga. Även ett platsbesök gjordes på Jaktgatan i Norra Djurgårdsstaden där en inventering av perenner och lignoser gjordes. Detta då gatan har två planteringar med liknande växtmaterial och samma förutsättningar när det kommer till vattentillgång och solexponering. Skillnaden var då vad för växtsubstrat som fanns i bäddarna. Inventeringen innehöll till exempel Growth Index, medelvärde och standardavvikelse. De sammanslagna resultaten visade på att biokol är ett mångsidigt växtsubstrat som i större utsträckning borde undersökas och testas mer i urbana miljöer. Likaså pimpsten är ett växtsubstrat som inte ska underskattas, som har sin plats på områden med specifika förutsättningar, och förtjänar att vara en etablerad produkt på marknaden

Abstract

Our main purpose of this study is to examine two different plant substrates that works for perennials and trees in urban environments. Because the cities develop and expands more rapidly than before. Therefore it needs more new and innovative green solutions in the cities. The study was performed with different approach in hope to get different angels about the two plant substrates that are analyzed in the study. The different tests gave a advantage for the two different plant substrates which can be an argument for to use them in urban environments. Through a study literature it took up advantages and disadvantages for both biochar and pumice. The advantages with pumice is that it has a good water capacity and also it's a light plant substrate. Which makes it suitable to use on for example green roofs. The advantages with biochar is that it has a good storability of both water and nutrition. Also that biochar can bind heavy metals from the atmosphere down in the ground. The disadvantage with pumice is that it can't store and bind nutrition and also it has a negative impact on the environment, because pumice needs to be imported and mined on Iceland. And it's also a finite resource. The disadvantage with biochar is that it's expensive because it's not a established product on the market. Mostly because in general we still don't know that much about biochar and how good capacity it actually has. Laborations where made on rootvolume, permability and water capacity. A visit where made at Jaktgatan in Norra Djurgårdsstaden there a inventory of perennials and threes where made. The inventory contained growth index, average value and standard deviation. The merged results showed that biochar is a more versatile plant substrate that advantageously should be examined and tested more in urban environments. Also that pumice is a substrate that should not be underestimated, because it has it's place in areas with specific prerequisites, and deserves to be a established product on the market.

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	4
Abstract.....	5
Begrepp.....	8
Bakgrund.....	9
Frågeställning.....	11
Syfte och mål.....	11
Avgränsning.....	12
Metod.....	12
Fältstudie Norra Djurgårdsstaden Stockholm stad.....	12
Labbstudie 1 Rotmätning.....	13
Mätning av bladens area.....	13
Labbstudie 2 vattenhållande förmåga och infiltration efter kompaktering.....	14
Förstudier.....	15
1.1 Biokol.....	15
1.2 Pimpsten.....	16
2.1 Fältstudie Norra djurgårdsstaden Stockholm.....	17
Resultat.....	18
Norra Djurgårdsstaden Stockholm.....	18
Inventering av enstammiga lignoser.....	22
Inventering av flerstammiga lignoser.....	22
Vägning av rotmassa och densitet.....	23
Resultat bladarea: perenner.....	23
Labresultat.....	25
Infiltrationstester.....	25
Resultat maximal vattenkapacitet.....	25
Ej användbara parametrar.....	26
Grävningundersökning.....	26

Uträkning av barmark	27
Diskussion	28
Slutsats.....	30
Källförteckning	31
Figurförteckning.....	32

Begrepp

Biokol består av organiskt material som hettas upp i en syrefri process som kallas för pyrolys (Stockholm stad, 2017).

Dagvatten är regnvatten samt smältvatten som har en yttlig avrinning (Stockholm stad, 2017).

Kolmakadam är makadam som blandas ner tillsammans med näringsladdad biokol och organiskt material. Ny princip som implementerats i Stockholm stad (Stockholm stad, 2017).
Användningsfördelar: I princip roto-gräsfri, ingen kompaktering och god infiltrationsförmåga. (Hasselfors Garden, u.å.)

Hekla® Lättjord TypC är en produkt från företaget bara mineraler och är en blandning av Hekla® Pimpsten 2–8, grönkompost och en mineralmix bestående av lera. Användningsområde är främst avsedd för uppbyggnad av växtbäddar på terrasser och betongbjälklag. (Bara mineraler, u.å)

Överbyggnad är den ordinarie delen av markanläggningen som man tillför till terrassen. I detta fall så syftas till den delen som adderas till växtbädden i skelettjordar (Stockholm stad, 2017).

Luftig överbyggnad eller luftigt bärlager är hålrum i överbyggnaden som ger garanterat gasutbyte i skelettjordarna (Stockholm stad, 2017).

Pimpsten är ett luftigt material med porer som har god vattenhållande förmåga detta substrat brukar blandas in i växtsubstrat samt i kombination med stenmjöl som slitlager. (Stockholm stad, 2017).

Struktur substratets struktur beskriver hur dess partiklar (organiskt och oorganiskt material) är formerade (Stockholm stad, 2017).

Skelettjord är en anläggningsmetod för stadsträd som använder stora fraktioner kross i överbyggnaden för att ge trädens rötter luft och utrymme, samtidigt som konstruktionen ska kunna klara av trafikbelastning (Stockholm stad, 2017).

Growth index (GI) räkning av en plantans totala volym [GI = bredd x bredd x höjd (cm³)]. (R.C Benson, Jr, 2006)

Växtbädd är ett samlingsbegrepp som omfattar anlagda planteringsytors hela volym. I detta arbete kommer begreppet växtbäddar inte involvera skelettjordar, utan enbart öppna växtbäddar. (Stockholm stad, 2017).

Turf är ett engelskt ord för gräs och jorden som hålls samman av dess rötter. (Cambridge Dictionary, u.å)

Bakgrund

De viktigaste inspirationskällorna för den skelettjordsmodell som har utvecklats och använts i Stockholm kommer främst från Nederländerna och Tyskland. I Nederländerna och Tyskland har skelettjordar brukats, där en större fraktion av sten har använts i högre utsträckning än användningen av mindre fraktioner. Dessa stenar ger bärighet för trafik och samtidigt skapar de hålrum där träden får en möjlighet att kunna sprida sina rötter (Stockholm stad 2017). Inspiration till utvecklingen av den skelettjordsmodell som nu används i Stockholm hittades i en artikel från Utemiljö (.Kristoffersen, .Nilsson, 1998). Där beskrivs ett luftningsskikt ovanpå den danska varianten av skelettjord, som kallas för gartnermakadam. Detta i kombination med häftet "The oxygen requirement of plant roots in relation to soil aeration" (Free, 1907) har inspirerat Stockholmsmodellens utformning och utveckling med luftigt bärlager och luftningsbrunnar. Denna del av utformningen av skelettjord möjliggör ett gasutbyte för rotsystemet, samt att kunna ta in dagvatten för att tillgodose trädens behov av luft och vatten i hårdgjorda ytor (Stockholm Stad 2017).

I stockholmsmodellen är strävan och målet att använda sig av så mycket förnyelsebara och lokala material i växtbädden som möjligt. Makadam som kommer från lokala infrastrukturprojekt används i så stor utsträckning som möjligt. Biokol produceras lokalt av bland annat trädgårdsavfall som används tillsammans med kompost blandat med makadam som ett växtsubstrat (Stockholms stad, 2017).

Forskningen och den stegrande utvecklingen av skelettjordar har blivit en allt större nödvändighet för att kunna ställa rätt krav på hur man ska kunna kombinera träd och den hårdgjorda miljön och samtidigt ge träd i städerna goda förutsättningar för tillväxt och god vitalitet. De två vanligaste metoderna som har använts genom åren, har varit färdigblandad skelettjord och ett skelett av stenskärv med nedspolad jord. Bland de första skelettjordarna som anlades användes det endast vanlig växtjord mellan fraktionerna. Under de senaste åren har det börjats och experimenteras med olika typer av växtsubstrat som ex. biokol m.m. (Stockholms stad, 2017).

Ur handboken Växtbäddar i Stockholm stad (2009 och 2017) tas det upp hur livsvillkoren oftast ser ut för stadsträd och att förhållandena i de flesta fall är svåra. De förutsättningar och livsvillkor som träd i stadsmiljöer har, skiljer sig mycket i jämförelse med de träd som finns i naturliga miljöer. På grund av att det är flera olika faktorer som spelar in såsom exempelvis mikroklimat, tillgång på vatten, näring och luft. Även skötsel av träd i stadsmiljöer är svårare och i högre grad drabbas träden av skador som ex. påkörningar, vilket är en faktor som bla. påverkar stadsträdens tillväxt.

Växtbäddar i Stockholm stad (2009 och 2017) förklarar även om växtmiljön hos ett gatuträd definieras av de hårdgjorda ytor som ligger i absolut närhet in till trädet. Parkträden har överlag betydligt bättre markförhållanden än vad gatuträden har. Mycket av detta är på grund utav att befintliga parkytor som har en ostörd markprofil där transporten av vatten, näring och luft fungerar som det ska för att kunna ta och

ge en god tillväxt till träden. Vilket gör att träden då får goda förutsättningar att utvecklas (ibid).

Stål, Rolf & Ridgers (2005) och Stockholm Stad (2009) menar på att det finns många svårigheter som orsakar problem för träd i stadsmiljöer. Det största problemet är att det ofta blir utrymmesbrist för träden, där växtbäddar med för snålt tilltagen rotningsbar volym hämmar utvecklingen hos träden. Träd med för liten volym att sprida sina rötter kan även skada andra infrastrukturella konstruktioner, vanligtvis vattenledningar. Dagvattenledningarna ger konstant tillgång till tillgängligt vatten för träden, men dess rötter täpper oftast igen ledningarna och orsakar dyra och onödiga kostnader. Samtidigt kan man även se på äldre individer av träd hur deras jordvolym blivit minimerad efter markarbeten av i detta fall nya ledningar. Och konsekvensen kommer bli antingen ett friskt träd, med förtätade rör eller ett döende träd (Stål, Rolf & Ridgers, 2005; Stockholm Stad, 2009).

Stadsträd i en hårdgjord miljö står även för andra problem och många av träden lider av syrebrist. Träden är i behov av syre för sin rotandning. Markbeläggningar som är täta och stor strukturvariation i markprofilen bidrar till att det blir syrebrist och koldioxidförgiftning av trädrötterna. Kompakterad mark och strukturvariationerna kan även leda till att vatten blir stående vilket i sin tur leder till syrebrist (Stockholm stad, 2017).

Vattenbrist är också ett påtagligt problem för stadsträden i och med att hårdgjorda beläggningar ofta kringgärdar och omsluter träden. Framförallt under byggnation har ofta kompakterade horisonter och skarpa strukturella skillnader i marken skapats i närhet till träden, vilket försvårar vattentransporten i marken (Stockholm stad 2009).

Sedan har bristen på organiskt material en stor betydelse för välmåendet hos stadsträden, då den hårdgjorda beläggningen runt träden gör att det blir en kontinuerlig utebliven tillförsel av organiskt material som långsiktigt leder till näringsbrist. Detta leder även till att den biologiska aktiviteten i marken blir låg på platser som har brist på organiskt material (Stockholm stad 2009).

Lösken (1999), vid universitet i Hannover, Tyskland utförde ett forskningsprojekt med målsättning att kunna ge träd bättre växtförutsättningar i stadsmiljöer. Mellan åren 1989-1999 utfördes två olika forskningsprojekt. Forskningsupplägget gick ut på att konstruera olika typer av växtbäddar för träd med varierande växtsubstrat. Vissa av växtbäddarna var traditionellt uppbyggda, det vill säga där den djupare delen av växtbädden innehöll lägre mängd humus och där den övre delen var humusrik.

Dessa jämförde Lösken (1999) med ett antal andra varianter där de traditionella växtbäddarna kompletterades med volymer av sorterad sten. Vissa växtbäddar hade ytliga horisontella diken med sten mellan växtbäddarna och på andra placerades rör med sten vertikalt ned i växtbäddarna ned till 270 cm. Syftet med att applicera rena stenlager inom växtbäddarna var att se om att dessa kunde öka gastutbytet inom växtbäddarna och på så sätt bidra till ökad rottillväxt. Undersökningen omfattade 50 st solitärträd på två olika ståndorter i Hannover och med två olika trädarter. De två olika trädarterna var: *Quercus robur* och *Tilia x vulgaris 'Pallida'*. I Münster fanns tre

olika ståndorter med tre olika trädarter. *Quercus robur*, *Tilia x vulgaris* 'Pallida' och *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie'.

Vid utvärderingen av försöken där växtbäddarna grävdes upp och utbredningen dokumenterades genom mätning och fotodokumentation kunde det enligt Lösken (1999) konstateras att de växtbäddar som hade horisontella eller vertikala stendiken eller rör fyllda med sten hade större mängd rotmassa än träden som stod i traditionella växtbäddar. Det kunde konstateras att rötter hade nått ner till botten av de vertikala rören med fyllda stenar på ett djup av 270 cm.

Dessutom fanns det enligt Lösken (1999) en tydlig skillnad på att träd av samma art hade en betydligt större tillväxt gällande stamomfång, höjd och kron diameter vid de växtbäddar som hade försetts med antingen horisontella eller vertikala stenkanaler.

Dessa resultat som togs fram genom forskningsprojektet vid universitet i Hannover, inspirerade Stockholm stad till att ta fram ritningar av skelettjordar med luftigt bärlager, som sedan applicerades in i vad som numera har blivit vad som kallas för stockholmsmodellen (Björn Embrén, 2019).

Frågeställning

- Hur fungerar substrat baserat på biokol och pimpsten i urbana växtbäddar?
- Kan man undersöka deras påverkan på vegetation genom fältundersökningar i genomförda projekt?

Syfte och mål

På senare tid har pimpsten samt biokol blivit mer förekommande i både växtbäddar samt skelettjordar. Därför är det aktuellt att jämföra de två växtsubstraten med varandra samt att se hur de står sig mot den ursprungliga principen med planteringsjord.

Då skelettjordskonstruktionerna är anlagda under mark och hårdgjord ytbeläggning täcker över blir det en stor svårighet, eftersom det kräver en undersökning av de mer dyrare och omfattande provgrävningar, vilket gör det svårt att under en kort period kunna undersöka dessa. Samtidigt är försöken och anläggningarna av biokol i skelettjordar relativt nya vilket gör det svårt att hitta konstruktioner och information som rättvist går att jämföras med de äldre skelettjordar som endast bestod av planteringsjord. Därför har vi valt att lägga vårt fokus på öppna växtbäddar med både perenner och lignoser. Detta gör vi av anledningarna att växtsubstraten är ovan mark och enklare möjlighet att studera och analysera både växtmaterialen samt växtsubstraten.

Genom att granska perenner ger de oss en inblick av hur de står sig i de typerna av befintliga växtbäddar under kort tid. Syftet med arbetet är att få fram mer information om de olika växtsubstraten och se vilken som är bäst lämpad och anpassad för träd och perenner i hårdgjorda miljöer. Detta kommer göras genom olika typer av labbstudier. Syftet och målet med dessa labbstudier är att få en uppfattning om de

olika växtsubstratens kvaliteter under kontrollerade former som kan upprepas och även i andra studier.

Avgränsning

Detta arbete koncentrerar endast sig på växtsubstraten pimpsten och biokol (A-jord används som kontrollsubstrat), med anledning av tidsbrist och att vår fältstudie med liknande förutsättningar och växtmaterial endast har dessa två växtsubstrat inblandat. Detta är av samma anledning som vi valde endast en fältstudie på Jaktgatan vid Norra Djurgårdsstaden, Stockholm, för att vi visste om att växtbäddarna hade liknande förutsättningar samt växtmaterial att undersöka.

Litteraturstudien var även begränsad i dess referenser då dessa inte ska vara en tungt vägande punkt i vår studie utan mer ska finnas som komplement för de resultaten som vi fick fram i våra olika metodstudier.

Metodstudien hade olika moment som provades för att granska växtmaterialens egenskaper. Och om tiden funnits hade det varit intressant att kunna följa vår plats under fler år och växtsäsonger i mål att få ett bättre resultat på dess utveckling. Det hade även varit av intresse att så plantor i växthus under kontrollerade former för att undersöka hur stora de olika växtsubstratens potential är vid de mest optimala förutsättningarna.

Metod

Fältstudie Norra Djurgårdsstaden Stockholm stad

Bildanalys

För att få en helhetsuppfattning på vald plats har bilder tagits i perspektiv. Detta kan ge en snabb indikator på hur platsen etablerats och hur gemene man uppfattar ytan. Fyra perspektivbilder kommer att tas för att ge en helhetsuppfattning på platsen.

Efter att perspektivbilderna har tagits, görs en granskning på hur mycket barmark som finns på plats. Detta görs genom bildtagning vertikalt ner. En tumstock med en meter i vågrätt samt en meter lodrätt för att ge en tydlig indikator på hur mycket barmark det finns. Det tas 10 bilder slumpartat på varje plats. Metoden är tagen med inspiration från Grönatakhandboken (Capener et al. 2017)

Grävanalys

Grävanalys utfördes på Jaktgatan genom fyra slumpartade grävningar på plats. Dessa var 10x10 cm i bredd samt ner till ett djup på 15 cm.

Steg 1. Gräv ner till 5 cm från marknivå. Klipp av rötter för insamling. Ta bilder på horisonten, samt samla upp växtsubstratet i påse.

Steg 2. Gräv ytterligare till 10 cm djup från marknivå. Repetera samma procedur.

Steg 3. Gräv ner till 15 cm djup från marknivå. Repetera samma procedur.

Växtinventering

Granskning av individuella växter på plats.

Perenner

- Vetenskapligt namn
- Mätning av höjd samt bredd på två led, lodrätt och vågrätt.
- Insamling av blad för vidare mätningar av dess area.

Träd flerstammiga

- Vetenskapligt namn
- Antal stammar
- Mätning av stamomfång på grövsta stammen 1,3m från markhöjd
- Kronbredd

Träd enstammiga

- Vetenskapligt namn
- Mätning av stamomfång 1,3m från markhöjd
- Kronbredd

Material: Sekator, sax, tumstock, måttband, plastpåsar 8 st, papperspåsar 8 st och liten planteringsspade.

Labbstudie 1 Rotmätning

1. Alla rötter som hittas i medtagna växtsubstrat separeras för vidare mätning och vägning. Det görs genom avsköljning och försiktigt dra av växtsubstratet med pincett.
2. Rötterna läggs i vägda metallbehållare och sätts in i torkskåp för att få fram dess torrsvikt.
3. Slutgiltig vägning av behållare med torrsviktsrötter.

Material

Mätvåg, sex st aluminiumformar, en skål med vatten och allt uppsamlat växtsubstrat.

Mätning av bladens area

Bladen som insamlats under fältstudien skannas in i en vanlig datorskanner. Mätning av bladets area görs med programmet ImageJ – Fiji bladanalys.

Labbstudie 2 vattenhållande förmåga och infiltration efter kompaktering

Dessa tester görs enligt metod från Appendix 2 - Normativ Bestimmung von Rohdichte (Volumengewicht), maximaler Wasserkapazität, Wasserdurchlässigkeit und Abflussbeiwert/Abflusskennzahl sowie der jährlichen Wasserrückhaltung av Jorg Breuning & Katrin Sholz-Barth (2002) för att få en tydlig bild på växtsubstratens egenskaper vid kompaktering, samt att se hur bra vattenhållande förmåga och infiltration av vatten de olika växtsubstraten har.

Genom att såga tre PVC- rör till ett mått på 20cm höjd och en diameter på 15cm. Botten skall borras hål i för att vattnet ska kunna filtreras igenom. Det ska finnas tillräckligt med hål att rinnande kranvatten ska obehindrat kunna infiltreras utan risk för läckage av växtsubstratet. Ett nät läggs även i botten av varje rör för att säkerställa minimalt läckage. Varje rör fylls upp mellan 12–14 cm med ett av de tre växtsubstraten som undersöks i denna studie. Varje växtsubstrat skall vara någorlunda fuktig vid nästa steg i testet.

Växtsubstraten skall därefter kompakteras med hjälp av en proktorhammare med en diameter på 14,8 cm. Vikten släpps från en konstant höjd på 450 mm sex gånger per växtsubstrat. Därefter vägs och mäts de olika växtsubstraten för att ta fram variabler för nästkommande steg.

Cylindrarna sätts ner i en balja som fylls underifrån med vatten, upp ovanför växtsubstraten. Dessa fylls underifrån för att vattenstrålen inte ska förstöra strukturen hos växtsubstraten. Cylindrarna skall vara vattendränkta i ett minimum på 24 timmar. Detta görs för att alla porer skall vara vattenfyllda. Efter 24 timmar tas cylindrarna upp för avrinning i 2 timmar.

Material: 3 st PVC-rör med 20 cm höjd och 15 cm bred, Ca 2,2 liter vardera av växtsubstraten Hekla® lättjord TypC, citykross 4–8 (kolmakadam) och A-jord från hasselfors användes som kontrollsubstrat, nät, balja med vatten, torkskåp med värmekapacitet på 105 grader Celsius, våg samt en proktorhammare med magnetisk vikt på 4,5 kg och en diameter på 14,8 cm.

Infiltrationstester

Infiltrationstesterna görs för att se hur god infiltrationsförmåga de olika växtsubstraten har efter att de har kompakterats och legat i blöt i minst 24 timmar.

Infiltrationstesterna utförs genom att cylindrarna fylls upp med vatten upp till 4,5 cm från där växtsubstratet slutar. Därefter tas tiden och räknas i sekunder för att se hur lång tid det tar för vattnet att rinna igenom det kompakterade växtsubstratet, ner till 3,5 cm.

Formel: $K_f = 1/t \times h/h+4,0$ (cm/s)

h= växtsubstratets höjd efter kompaktion i cm

t= tid i sekunder tagen från att vattennivån sjunker från 4,5 cm över växtsubstratet till 3,5 cm

Maximal vattenkapacitet

Den totala kapaciteten av vatten som kan tas upp från de kompakterade växtsubstraten. Räknas efter de 24 timmar i vattendränkt tillstånd som sedan ska tas upp och rinna av i 2 timmar. Efter vägning av de vattenmättade växtsubstraten ska de läggas på tork i ett torkskåp på 105 grader celsius tills total torrsvikt uppnås. Därefter vägs torrsvikten.

$$\text{Formel: } WK_{\max} = \frac{(m_{wk} - m_f) \times 100}{V} \text{ [Vol. -\%]}$$

WK_{\max} = Maximal vattenkapacitet

m_{wk} = massa (vikt) i g ($^{\wedge}cm^3$) med maximal vattenkapacitet

m_f = massa (vikt) i g torrlagt

V = volym i cm^3 kompakterad.

Alla resultat sammanställs sedan i programmet Excell för tydlig möjlighet för uppföljning och kontroll.

Förstudier

1.1 Biokol

Biokol är ett växtsubstrat som har börjat introduceras mer i växtbäddar i Sverige där Stockholm stad står i framkant. Biokol går även under andra namn, såsom Terra preta och den svarta jorden. Växtsubstratet i sig är inte ett nytt fenomen inom hortikultur. I regnskogarna i Amazonas hittades fläckar av extremt bördig jord som är en ovanlighet då dessa skogar har hög näringsupptagningsförmåga och mineraliserings processer sker under kort tid, där även tecken på högre genetisk agrobiodiversitet har hittats i jämförelse med närliggande regioner (Komang, Ralebitso-Senior & Orr, 2016) Det visade sig att invånarna i djungeln använt sig av biokol vars egenskaper att hålla vatten och näring gav dåtidens odlare en bördig jord att så i (Wallander, u.å)

Biokol är producerad genom pyrolys där biologisk massa hettas upp i en temperatur mellan 300–1000 grader Celsius i en syrefri/syrefattig miljö (Komang, Ralebitso-Senior & Orr, 2016). Komang, Ralebitso-Senior & Orr (2016) menar även att då biokolen kan vara ett potentiellt alternativ som växtsubstrat till ett mer långvarigt och hållbart lantbruk. Liknande argument för introduktionen av biokol i form av kolmakadam i planteringarna har även uppstått i Stockholm där staden vill nyttja biokol för sin långvariga livslängd i jämförelse med t.ex. torv och mull samt att biokol går att producera lokalt (Stockholm stad, 2017).

Biokol testades först i kombination med vanlig jord för att se vad det kunde ge för utveckling och resultat för perenner och träd i hårdgjorda miljöer. Senare har det att makadam i kombination med biokol och organiskt material ger mycket goda förutsättningar för träd liksom perenner att hantera hårdgjorda miljöer. Första biokolsbädden anlades år 2009 på Herrhagsvägen i Stockholm. Då blandades biokol tillsammans med vanlig planteringsjord (Embrén, 2019). Detta gjordes som

ett försök till att få gräs att växa i ett tunt jordlager ovanpå ren makadam. I det första försöket användes fuktskadad grillkol som blandades med vanlig planteringsjord som var gödslad. Gräset frösåddes på grund av att minska risken för kapillärbrytande skikt mellan grästurf och växtsubstrat (Alvem, 2019). Biokol har en mängd positiva egenskaper där dess främsta är dess höga porositet som ökar substratets totalyta. Det ger biokol en god vattenhållande förmåga. Biokolens höga katjonbyteskapacitet (CEC) har även visats vara effektiv och ökat utbytet av näring till växterna i proportion till endast organiskt material. Detta då totalytan är större hos biokol (Komang, Ralebitso-Senior & Orr, 2016). Det har även visat att biokolen har en näringsupptagande förmåga, vilket kan ge ett minskat näringsläckage i marken. Detta ger då i sin tur en bättre näringsutdelning under en längre period (ibid.).

Biokol har visats sig potentiellt vara effektivt till att binda tungmetaller (Lyu, Gong, Gurav & Tang 2016). Rapporten *Chapter 9: Potential Application of Biochar for Bioremediation of Contaminated Systems*, Amsterdam: Elsevier Science & Technology visar på att effektiviteten är hög hos biokol att ta bort tungmetaller från marken och sedan ta och binda det i biokolen. Vid tillförsel av biokol i marken bildas en elektrisk attraktion mellan biokol och tungmetaller. Detta ger en positiv effekt och bidrar till en ökad upptagningsförmåga av tungmetaller (ibid.).

Det riktas dock en viss kritik till användningen av biokol. Komang, Ralebitso-Senior & Orr (2016) påpekar om den lilla informationen som finns om substratets slutgiltiga påverkan på jordens fysikaliska egenskaper. Exempelvis även om det bevisats om de positiva egenskaper den har som ger goda möjligheter till växter, är det dess påverkan på grundvattnet där osäkerheter väcks (ibid.). Sedan är testerna som gjorts varit mestadels på extremt problematiska jordar för växtlighet att etablera sig i. På de platserna har biokol gett goda resultat, men däremot kan det inte representera ett liknande resultat för bördigare jordar (ibid.). Andra negativa aspekter är vikten hos kolmakadam, där vikten kan gå upp mot 1400 kg m³ (Embren, 2019). Det gör att när det kommer till anläggningar på bjälklag/gröna tak, blir all belastning väsentligt. Då ett grönt tak med träd kan uppnå en totalvikt på ca 4000 kg m² kan det bli en säkerhetsfråga om det går att nyttja kolmakadam i de typerna av planteringar (Capener et al., 2017).

1.2 Pimpsten

Pimpsten är en produkt framställt under naturliga processer när en aktiv vulkan får en eruption. Materialet förekommer då den lilla procent vatten som finns i magma utsätts för en tryckskillnad när det tar sig upp till atmosfären. Detta gör att materialet expanderar och slutligen resulterar till det porösa material som vi kallar pimpsten (Adalsteinsson & Pettersson, 1996). Pimpsten kan gå att finna vid områden som har eller har haft riklig vulkanisk aktivitet som exempelvis: Island, Japan, Nya Zeeland, samt portugisiska Azorerna (Raviv & Lieth, 2008). Karaktäristiska drag för pimpsten är framförallt dess porösa och lätta vikt. Raviv & Lieth (2008) nämner att pimpsten har upp till 85% porositet, men att dess fysiska och kemiska egenskaper påverkas även baserat på storleken hos dess aggregat.

Då Raviv & Leith (2008) påpekar att pimpstenens vattenhållande förmåga är relativt låg i jämförelse med exempelvis stenull och organiskt material. Det kom de fram med under tester gjorda för tomatodling under kontrollerade förhållande, där det kommer konstant vattentillförsel till växterna. Däremot anser Bara mineraler (u.å.) att pimpsten ändå har en god vattenhållande förmåga i dess mindre porer och samtidigt har god lufttillgång i de större. Även Adalsteinsson & Pettersson (1996) anser att genom mindre volym i bevattningen vid fler tillfällen kan pimpsten uppnå goda vattenförhållanden.

I Malmö har Malmö stad använt sig av pimpsten i en viss typ av modell i skelettjordar. Där fylls skelettets håligheter med pimpsten istället för att spola eller blanda ner jord. Denna modell har visats sig vara effektiv i anläggningsskedet och funktionell över tid. Genom att ta och använda sig av Hekla pimpsten 2–8 i skelettets undre lager fås en effektiv vattenbuffring och en säkrad syretillgång. Bädden kan också ta emot stora mängder dagvatten utan att den blir syrefattig, samt vid torra perioder så fördelas vatten genom den effektiva kapillärkraften som finns i pimpstenens små porer (Bara mineraler, u.å.).

2.1 Fältstudie Norra djurgårdsstaden Stockholm

Norra Djurgårdsstaden är ett av Europas mest omfattande stadsutvecklingsområden. Totalt planeras det för minst 12 000 nya bostäder och 35 000 nya arbetsplatser. Vilket gör Norra Djurgårdsstaden till ett av Stockholms mest utpekade hållbarhetsprofilområden (Norra Djurgårdsstaden, 2019). Växtbädden med pimpsten anlades och var färdig 2014, i denna växtbädd är det en pimpstensbaserad växtjord. Växtbädden med biokol anlades och var färdig 2017. Bädden är en biokolsbaserad växtjord bestående av endast biokol och planteringsjord. I växtbädden med biokolsbaserad växtjord som var färdig 2017, är det också pimpsten iblandat i botten av växtbädden (bilaga, 1 & 2).

Dag 1

Fältstudien utfördes i Norra Djurgårdsstaden i Stockholm. Det började med att det gjordes en grävning i två olika växtbäddar på fyra olika ställen i varje växtbädd.

Gropar pimpsten: En stor mängd finrötter hittades i samtliga gropar. Inga tydliga horisontskillnader. Även nyttodjur i formdagmask hittades i en av groparna. Växtsubstratet hade en fuktig textur i alla gropar.

Gropar biokol: En liten mängd finrötter hittades i samtliga gropar. Inga tydliga horisontskillnader hittades. Inga nyttodjur kunde hittas i någon av groparna. Växtsubstratet hade även en fuktig struktur i samtliga gropar.

Dag 2

Inventering av växtmaterial gjordes i båda växtbäddarna. Tre olika sorters perenner undersöktes. De tre olika sorters perenner som inventerades var *Alchemilla mollis*, *Rudbeckia fulgida* var. *sullivantii* 'Goldsturm' och *Lysimachia clethroides*. Fem

individer per växtgrupp och växtbädd. Fyra olika arter av lignoser som fanns i båda växtbäddar har även inventerats. Antalet varierade mellan arterna i respektive växtbädd. Se Bilaga.1. Lignoserna som var planterade i växtbädden med biokol hade en markant tillväxtskillnad i jämförelse med likartade arter i växtbädden med pimpsten. Dock var skillnaden mellan perennerna inte lika markant och med en viss fördel till pimpstenen i individernas storlek.

Dag 3

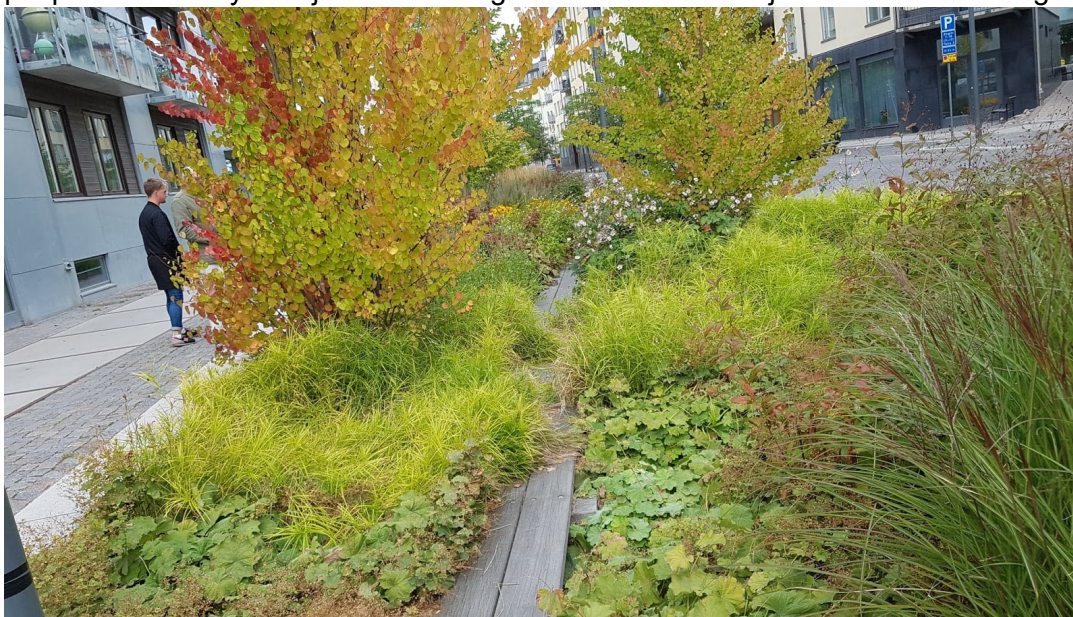
Fortsättning av inventeringen gjordes på lignoser i båda växtbäddarna. Arterna som inventerades var *Cercidiphyllum japonicum*, *Magnolia kobus* och *Amelanchier lamarckii* samt *Gleditsia triacanthos*. Inventeringen utfördes i form av mätning av stamomfång på enstammig art från 1,3m, stamomfång på största individ av flerstammig art, antal stammar samt krondiameter. Dessa var de parametrar som användes i inventeringen av lignoser.

Resultat

Norra Djurgårdsstaden Stockholm

Okulär besiktning Norra Djurgårdsstaden

På Jaktgatan i Norra Djurgårdsstaden fanns stora skillnader på de två växtbäddarna som jämfördes. Området där de båda växtbäddar finns är ett hårdgjort område med nybyggda lägenhetshus närliggandes till en förskola men även bil, gång och cykelvägar ligger precis bredvid. Detta gör att det är ett livligt område med mycket folk i rörelse. På plats gick det att se hur växtbädden som bestod av jord och pimpsten hade mycket ljusare bladfärg och hade redan börjat att få sina höstfärger.



Figur 1. Växtbädd med pimpsten på Jaktgatan Stockholm



Figur 2. Växtbädd med biokol på Jaktgatan Stockholm

Medan växtbädden som bestod av jord och inblandad biokol var mer frodig och grönare i bladen och visade inga tecken på höstfärger. Det märktes att båda växtbäddar har god tillväxt och utveckling men att i växtbädden med biokol var utvecklingen och frodigheten hos växterna bättre än hos växtbädden med pimpsten. I växtbädden med biokol var det tätare växtlighet och mindre tecken på bar mark, i jämförelse med pimpstensbädden. Detta är dock enbart det man kunde observera och inte gjord av en mer genomgående granskning. Bilderna som togs vertikalt ner för granskningen av bar mark var mycket svårtydliga och gick inte att få ut något resultat av värde från.

Inventering perenner:

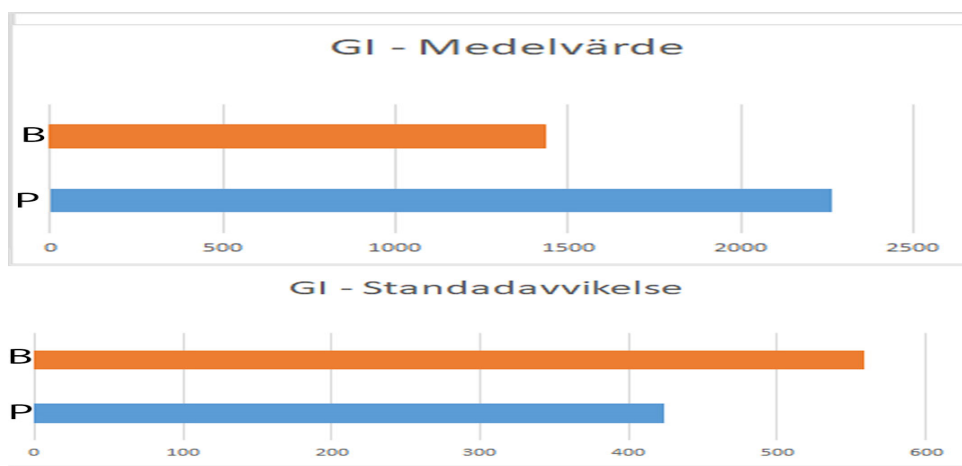
Figur 3–6 och tabell 1–3 visar sammanställning av resultatet av inventeringen på de arter av perenner som tidigare nämnts. Det framkommer då att det finns tydliga skillnader på särskilda individer i de respektive växtbäddarna, medan att om en gemensam jämförelse görs på alla inventerade växter framgår inga markanta skillnader i den totala tillväxten.

Tabell. 1 Inventering av jättedaggkäpa, höjd, bredd vågrätt och bredd lodrätt.

Art: *Alchemilla mollis* - Jättedaggkäpa

individ	Höjd		Bredd vågrätt		Bredd lodrätt	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	72	36	39	44	56	39
2.	46	38	51	35	48	30
3.	66	41	60	52	57	46
4.	44	41	58	51	59	53
5.	67	38	53	37	54	34
Medelvärde	59	38,8	52,2	43,8	54,8	40,4
Standardavvikelse	13	2,16	8,22	7,79	4,2	9,23

Figur 3. Jättedaggkäpa med totala uträkning på individernas Growth Index.

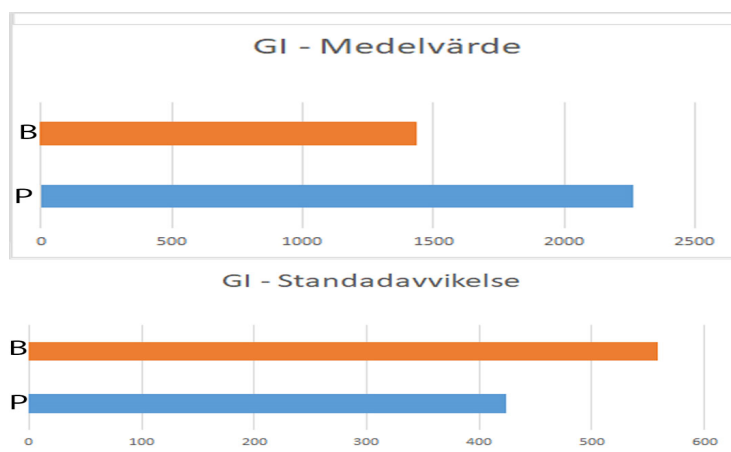


Tabell. 2 Inventering av Vitlysnig, höjd, bredd vågrätt och bredd lodrätt.

Art: *Lysimachia clethroides* - Vitlysnig

individ	Höjd		Bredd vågrätt		Bredd lodrätt	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	97	123	52	48	51	67
2.	135	105	61	25	45	28
3.	104	100	59	44	54	38
4.	112	90	45	101	56	95
5.	120	103	60	33	50	45
Medelvärde	113,6	104,2	55,4	50,2	51,2	54,6
Standardavvikelse	14,7411	11,98749	6,80441	29,81197	4,207137	26,74509

Figur 5. Vitlysnig med totala uträkning på individernas Growth Index.

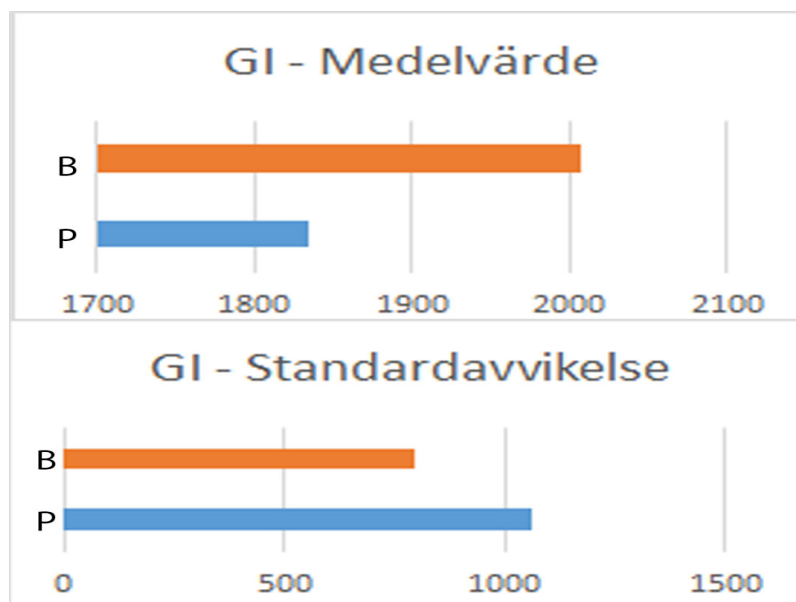


Tabell 3. Vitlysnig mätt med 3 olika parametrar och en total uträkning av individers GI

Art: *Rudbeckia fulgida* var. *sullivantii* 'Goldsturm' - Praktrudbeckia

individ	Höjd		Bredd vågrätt		Bredd lodrätt	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	84	85	30	40	29	35
2.	91	90	58	59	42	57
3.	55	79	38	47	32	36
4.	85	87	59	52	48	60
5.	99	103	68	70	62	50
Medelvärde	82,8	88,8	50,6	53,6	42,6	47,6
Standardavvikelse	16,649	8,8994	15,8997	11,5022	13,259	11,6319

Figur 6. Praktrudbeckia med totala uträkning på individernas Growth Index



Inventering av enstammiga lignoser

Tabell 4. Korstörne inventerat i 2 parametrar. Stamdiameter och krondiameter.

Art: *Gleditsia Triacanthos* - korstörne

individ	Stamdiameter (cm)		Krondiameter (m)	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	12,1	14,5	4	8
2.	12,4	14,3	6	8
3.	11,1	15,6	6	10
Medelvärde	11,86666667	14,8	5,3333333	8,6666667
Standardavvikelse	0,555777733	0,571547607	0,942809	0,942809

Tabell 5. Japansk magnolia inventerat i 2 parametrar. Stamdiameter och krondiameter

Art: *Magnolia Kobu s* - Japansk magnolia

individ	Stamdiameter (cm)		Krondiameter (m)	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	13	13,3	6	7
2.	13	13	5	5
3.	13	12,7	5	5
Medelvärde	13	13	5,3333333	5,6666667
Standardavvikelse	0	0,244948974	0,471405	0,942809

Inventering av flerstammiga lignoser

Tabell 6. Katsura inventerad i 3 parametrar. Stamdiameter, krondiameter och stamantal.

Art: *Cercidiphyllum japonicum* - katsura

individ	Stamdiameter största individ (cm)		Stamantal		Krondiameter (m)	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	4,4	9,5	6	7	7	6
2.	4,1	8,9	9	11	5	8
3.	3,8	7,3	6	10	4	7
Medelvärde	4,1	8,566666667	7	9,3333333	5,3333333	7
Standarsavvikelse	0,244948974	0,928559218	1,414214	1,699673	1,247219	0,816497

Tabell 7. Prakhäggmispel inventerad i 3 parametrar. Stamdiameter, krondiameter och stamantal.

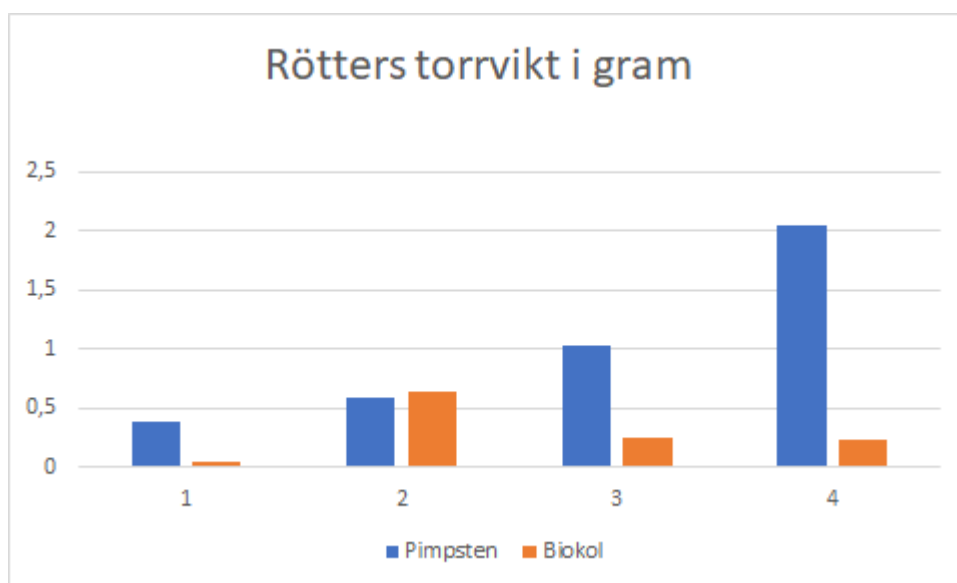
Art: *Amelanchier Lamarckii* - prakhäggmispel

individ	Stamdiameter största individ (cm)		Stamantal (st)		Krondiameter (m)	
	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol	Pimpsten	Biokol
1.	4,7	6,3	6	10	7	6
2.	4,7	5,7	7	8	7	5
3.	4,4	7,9	7	7	7	7
Medelvärde	4,6	6,633333333	6,666667	8,333333	7	6
standardavvikelse	0,173205081	1,137248141	0,57735	1,527525	0	1

Vägning av rotmassa och densitet

Redovisning av den totala viktmassan av rötter från de grävda groparna som utfördes under exkursionen i Norra Djurgårdsstaden.

Figur 7. Rötters torrsvikt efter rensning och sköljning av jord och torkning. Y-axel= vikt, X-axel= gropnummer. Pimpstensbädden medelvärde hade ett överlägset medelvärde på 1,01 gram per grop medan biokolsbädden inte hade mer än 0,145 gram i medelvärde. Dock hade pimpstensbädden ett högre standardavvikelse på 0,937 mot biokolens 0,415.



Resultat bladarea: perenner

Diagrammet över perennerna visar att det totala medelvärdet är större hos växtbädden med pimpsten än vad det är hos den med biokol. Resultatet tyder på att blad tillväxten är bättre i växtbädden med pimpsten än med biokol. Generellt sett är även standardavvikelsen högre hos pimpsten än biokol.

Tabell 8. Jämförelse på bladarea på jättedaggkåpa i de olika växtbäddarna.

Art: *Alchemilla mollis* - Jättedaggkåpa

Blad	Area	
	Pimpsten	Biokol
1.	148,1	145
2.	76,1	90,5
3.	148,9	102,5

Medelvärde	124,3667	112,6667
Standardavvikelse	22,12758	70,09872

Tabell 9. Jämförelse på bladarea av Rudbeckia i de olika växtbäddarna

Art: *Rudbeckia fulgida* var. *sullivantii* "Goldsturm" -
Praktrudbeckia

Blad	Area	
	Pimpsten	Biokol
1.	171,1	63
2.	84,6	58,2
3.	32,3	22,5
4.	21,9	29,1
5.	60,2	16,8

Medelvärde	74,02	37,92
Standardavvikelse	59,54937	21,22444

Tabell 10. Jämförelse på bladarea av vitlysing i de olika växtbäddarna

Art: *Lysimachia clethroides*- Vitlysing

Blad	Area	
	Pimpsten	Biokol
1.	28	16,6
2.	9,3	12,6
3.	5,8	14
4.	21,3	27,2
5.	8,2	15,3
6.	24,3	37,4

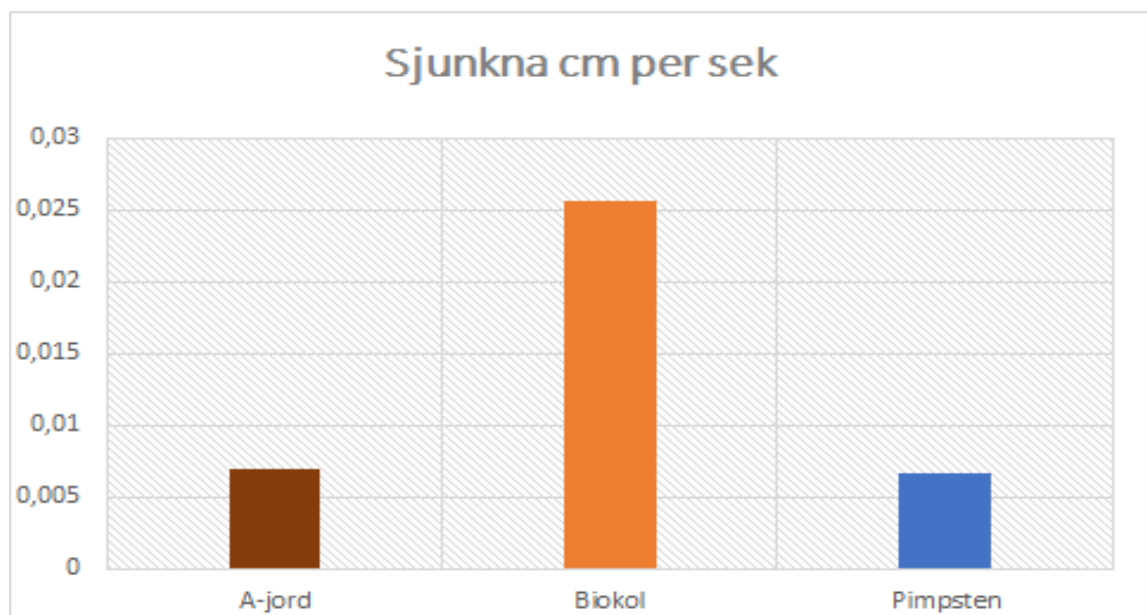
Medelvärde	14,52	17,14
-------------------	-------	-------

Labbresultat

Infiltrationstester

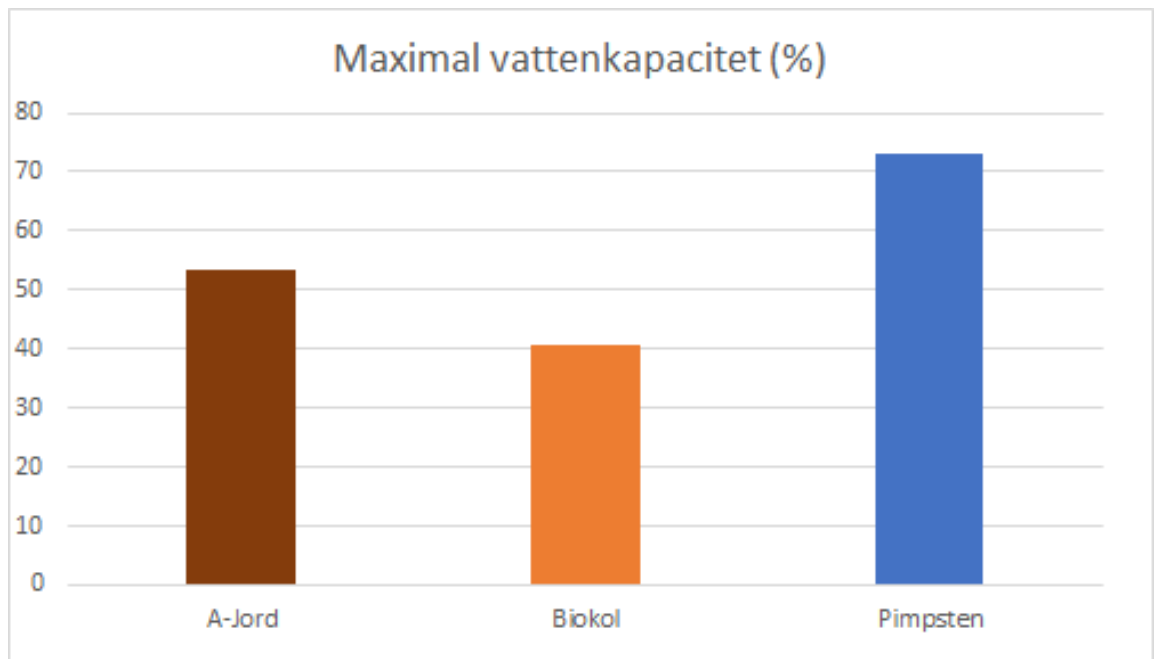
Samtliga växtsubstrat visar tecken på att vattnet inte dränerar bort direkt. Däremot om man skulle ta och kompaktera en anläggningsjord, parkmark eller lerjord så skulle man ta och ha vatten i timmar (Tobias Emilsson, 2019-12-20). Hekla® Lättjord TypC och A-jord visar mycket liknande resultat, medan kompakterad kolmakadam påvisar en bättre infiltrationsförmåga.

Figur 8. Infiltrationskapacitet av kompakterat substrat per sekund räknat i cm. Y-axel= tid per sekund, X-axel= Växtsubstrat



Resultat maximal vattenkapacitet

Den maximala vattenkapaciteten visar sig vara olika mellan växtsubstraten. Det visar sig att pimpstenen är det växtsubstrat som har störst vattenhållande förmåga av de olika växtsubstraten på över 70 %. Kontrollsubstratet A-jord med 53 % hade också en högre vattenkapacitet än vad kolmakadam hade som hade den lägsta med 40 %. Det är ändå bra resultat totalt sett för de olika växtsubstraten.



Figur 9. Maximal vattenkapacitet av kompakterat substrat. Räknat i procentenhet. Y-axel= Volymprocent vatten, X-axel= Växtsubstrat

Icke användbara parametrar

Grävningsundersökning

Vid grävningsundersökningarna gick det inte att tolka någon horisontskillnad i groparna och bilderna som togs gav inga tydliga resultat. Inga av groparna gav heller få tecken på mikroliv utom daggmask i en grop. Det var inte tillräckligt för att ta med i denna studie.



Figur 10. Grop av pimpsten, ingen horisontskillnad eller tecken på mikroliv



horisontskillnad eller tecken på mikroliv

Figur 11. Grop av pimpsten, ingen

Uträkning av barmark

Försöken till granskning av växtbäddarnas barmark gav inga resultat som är lämpade till vår studie. Vid försöken togs bilder, men då individerna var så pass höga och täta fanns det ingen möjlighet att granska hur många procentenheter barmark som fanns i dess växtbäddar.



Figur 12. Växtbädd av pimpsten, icke möjligt att räkna på barmark.



Figur 13. Växtbädd av biokol, icke möjligt att räkna på barmark

Diskussion

Under den **okulära** besiktningen kunde vi upptäcka att det fanns markanta skillnader mellan de växtbäddar med de olika växtsubstrat som vi undersökte i Norra Djurgårdsstaden. Växtbädden med pimpsten är tre år äldre än växtbädden med biokol. De tydligaste skillnaderna var att växtbädden som innehöll biokol hade en vegetation som påvisade lite till inga tecken på att få sina höstfärger. Detta blir då en distinkt skillnad från växtbädden med pimpsten vars vegetation visade tydliga tecken på förberedelser för invintring. Denna upptäckt visar på att vegetationen i biokolsbädden potentiellt har mer näringstillförsel vilket kan påverka att lignoserna och perennerna får en längre växtperiod och därmed kan få en större tillväxt per år. Samtidigt var biokolsplanteringen visuellt mer tätvuxen än pimpstensplanteringen och påvisade mindre tecken på öppen jord. Vilket beror på att biokolsplanteringen är nyare och har inte blivit utsatt för samma slitage som pimpstensplanteringen. Dock var det svårt att få en mätning på perspektivbilderna som togs. Det som måste tas i beaktning och för oss att se kritiskt på är att vi enbart var på platsbesök i några dagar och har inga tidigare tester eller information som kan visa på hur det har sett ut innan för de respektive bäddarna som vi besökte. I och med att tiden inte räcker till för vidare uppföljning av platsen, vet vi inte hur platsen potentiellt kommer att utvecklas framöver.

Under närmare **inventering** av perennerna fanns ett generellt mönster att individerna som var planterade i växtbädden med pimpsten hade ett större GI i växtbädden med pimpsten än i den med biokol. Vad vi tror kan vara en del av orsaken till att det är större GI hos perennerna som stod i växtbädden med pimpsten än var det var i växtbädden med biokol, är att växtbädden med pimpsten är 3 år äldre än växtbädden med biokol. Detta kan vara anledningen att perennerna som står i växtbädden med pimpsten har haft några extra år på sig att växa till sig i jämförelse med perennerna i växtbädden med biokol. Att lignoserna hade fått en kraftigare tillväxt i bädden med biokol tros ha att göra med kombinationen av att längst ner i bädden finns en hög porositet med inblandad pimpsten, vilket tillför både syre och tillgängligt vatten längst ner i bädden som bara lignoserna kan nå. Genom att ha en längre näringstillgång med hjälp av biokol, som binder kvar näringen (se bilaga 1 & 2).

Närmare undersökning av **rötterna** påvisade en högre volym finrötter i samtliga gropar i växtbädden med inblandad pimpsten. Det kan ha sin förklaring med pimpstenens höga porositet som ger både en vattenhållande förmåga och samtidigt ger utrymmer för rötterna. Biokolen i detta fall ger näring till växtbädden och har också en vattenhållande förmåga. Fast då Jaktgatans planteringar är anlagda med vanlig planteringsjord har biokol mindre möjlighet att utnyttja dess potential som den t.ex. gör i kolmakadam där det redan finns en stor dränerande förmåga hos makadamen som ger syre och utrymme till rötterna. Dock har vi inte tillräckligt med belägg för att veta detta med säkerhet, utan en noggrannare undersökning skulle krävas för att veta med säkerhet.

Resultaten av **bladarean** visar att växterna i pimpstensjorden hade generellt större area hos sina individer, som kan jämföras mot biokolsjorden där bladarean inte vara lika stor hos sina individer. Kan bero på att som tidigare nämnt att vegetationen som är planterad i växtbädden med inblandad pimpsten är 3 år äldre och har fått längre tillväxtpotentialer. Däremot tror vi att perennerna med inblandad biokol kommer att växa ikapp och möjligtvis växa sig större, än perennerna i växtbädden med inblandad pimpsten. I och med att planteringen med inblandning av biokol troligtvis urlakas långsammare än växtbädden med inblandad pimpsten.

Resultaten från **infiltrationstesterna** där vi undersökte växtsubstratens infiltrationsförmåga genom att räkna hur snabbt vattnet sjunker per sekund i cm i de kompakterade växtsubstraten, visade på att kolmakadamen är det växtsubstrat som har bäst infiltrationsförmåga. Det man kunde utläsa i figur 8 var att kolmakadamen hade den bättre tiden då vattnet sjönk 0,25 mm per sekund, medan hos A-jorden och pimpstensjord hade liknande tider och vattnet sjönk 0,05 mm per sekund hos respektive växtsubstrat. Varför kolmakadamen verkar ha en bättre infiltrationsförmåga när den utsätts för kompaktion, beror högst troligt på att det bara är det organiska materialet i kolmakadam som kan kompakteras, vilket gör att risken för kompaktion minimeras. Då kolmakadamen består av mellan 20–25% biokol och organiskt material, resten är krossat stenmaterial utan nollfraktioner. Växtsubstratet går dock att kompaktera trots Hasselfors Gardens påstående om att deras Citycross ska vara okompakterbar. Värt att notera är att den kompakteringsgrad som vi använde i våra tester är att betrakta som betydande.

Den **maximala vattenkapaciteten** hos de olika växtsubstraten visade på att pimpstensjord med sina 70 % hade en överlägsen vattenhållande förmåga i kompakterat tillstånd och även om det blir tyngre under den tid som vattnet blir stående kvar på bjälklaget, är fördelarna större än nackdelarna. A-jorden hade även den en hög vattenhållande förmåga med ett resultat över 50 %. Det är viktigt med strävan efter att ha växtsubstrat med så mycket vattenkapacitet som möjligt till vegetationen, dock måste växter få tillgång till syre. Om infiltrationen är dålig och vatten står under längre tid kan det ge allvarliga konsekvenser för vegetationen. Det måste finnas en balans mellan tillgängligt vatten i växtsubstratet och möjlighet till gasutbyte för att växter ska kunna överleva. Något som i detta fall kolmakadam har genom en markant högre infiltrationsförmåga och samtidigt ha en tillräckligt god vattenkapacitet.

När det kommer till **ej användbara parametrarna** i studien fanns det delar av metoden som inte blev som förväntat. Om man skulle gjort om grävningsundersökningen hade det varit lämpligt att gräva större gropar som hade varit djupare än de som gjordes i denna studie. Det hade då gjort stora håligheter i planteringen och skadat växtmaterialet runtomkring. Även granskningen av barmark var inte lämplig i denna studie. Metoden togs från Grönatakboken (Capener et al. 2017) och lämpar sig troligen mer till att undersöka lågväxande växtmaterial som till exempel sedum – och fetbladssläktet.

Slutsats

Det som vi ska ha i åtanke och som vi har lärt oss är att alla de tre olika växtsubstraten har olika egenskaper som passar i olika förhållanden och miljöer. I en skelettjord eller en växtbädd som är anlagd i städer med hårdgjort material runt omkring/ i gatumiljöer, där det kommer att vara trafik både i form av fotgängare, cyklister, bilar och lastbilar, samt där det även finns en högre risk för kompaktering. Då är det kanske i de flesta lägen mer lämpat att använda sig av kolmakadam i skelettjordar och växtbäddar. Medan istället vid anläggning av gröna tak eller en växtbädd på ett bjälklag med tunt lager för växtsubstrat är det bättre att använda sig av pimpsten som har den goda vattenhållande förmågan som behövs, samt att det är ett lättare material som är bättre anpassat att använda sig av än till exempel kolmakadam eller vanlig planteringsjord. Planteringsjord i sig är bäst lämpat att använda sig av i parkmiljöer där risken för kompaktering och belastning av fordon inte alls är lika hög som i gatumiljöer. Vi har även kommit fram till att det finns oerhört mycket mer information och forskning som kan göras inom detta område. Detta arbete skrapar bara på ytan över vad för information och slutsatser som finns att få fram för den som skulle gå vidare och utveckla detta arbete ytterligare. Något som också ska tilläggas är att man behöver inte heller ställa substraten i fråga emot varandra. Som Bara mineraler AB (2019) erbjuder, går det alldeles utmärkt att kombinera substraten som vi granskat i denna studie med varandra för att försöka hitta det recept som passar till en specifik växtbädd.

Källförteckning

Adalsteinsson, Sveinn & Pettersson, Cathrin (1996). Pimpsten - naturligt odlingsmedium i växthus. *Fakta trädgård*: nr 7

Alvem, Britt-Marie, Landskapsarkitekt, Trafikkontoret Stockholm. Intervju: 2019-10-02

Bara Mineraler AB (u.å.). Bara Mineraler ABs hemsida [Elektronisk]. Tillgänglig 2019-09-24: <https://www.baramineraler.se>

Benson, Jr, R.C. (2006) Relationship of Plant Growth and Actual Evapotranspiration to Irrigation Frequency Based on Management Allowed Deficits for Container Nursery Stock, *Journal of the American Society for Horticultural Sciences* 131(1): 140–148

Breuning, J & Sholz-Barth, K, FLL (Forschungsgesellschaft-Landschaftsentwicklung-Landschaftsbau-E.V.). 2002. Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau E.V.

Capener, C.M., Emilsson, T., Jägerhök, T., Malmberg, J., Pettersson Skog, A (2017) *Grönatakhandboken*

Embrèn, Björn, f.d. Trädansvarig, Gatukontoret Stockholm. Intervju: 2019-09-19

Emilsson, Tobias, lärare, SLU. Intervju: 2019-12-20

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

Hasselfors Garden AB (u.å.). Hasselfors Garden AB:s hemsida [Elektronisk]. Tillgänglig 2019-10-22: <https://www.hasselforsgardenpark.se/produkter/citykross-2-6/>

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

Lyu, H., Gong, R., Gurav & Tang, J. (2016) Biochar application: essential soil microbial ecology, *Chapter 9: Potential Application of Biochar for Bioremediation of Contaminated Systems*, Amsterdam: Elsevier Science & Technology

Lösken, Gillbert (1999) Sammanfattande rapport av "Ståndortsoptimering av stadsträd - mellanresultat av långtidsförsök", *Fritt översatt av Johan Öster*

Norra Djurgårdsstaden (2019) [Elektronisk] Tillgänglig 2019-09-09: <https://vaxer.stockholm/omraden/norra-djurgardsstaden/>

Ralebitso-Senior, Komang, Theresia, Orr, Caroline H. (2016) Biochar application: essential soil microbial ecology, Chapter 1: Microbial Ecology Analysis of Biochar-Augmented Soils: Setting the Scene, Amsterdam: Elsevier Science & Technology

Raviv, M. & Lieth, J. H. (2008). *Soilless Culture: theory and practice*. Amsterdam: Elsevier Science & Technology

Stockholm Stad (2017) Växtbäddar i Stockholm stad - en handbok

Stockholm Stad (2009) Växtbäddar i Stockholm stad - en handbok

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

Turf (u.å.) Cambridge dictionary [Elektronisk]. Tillgänglig 2019-10-21:
<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/turf>

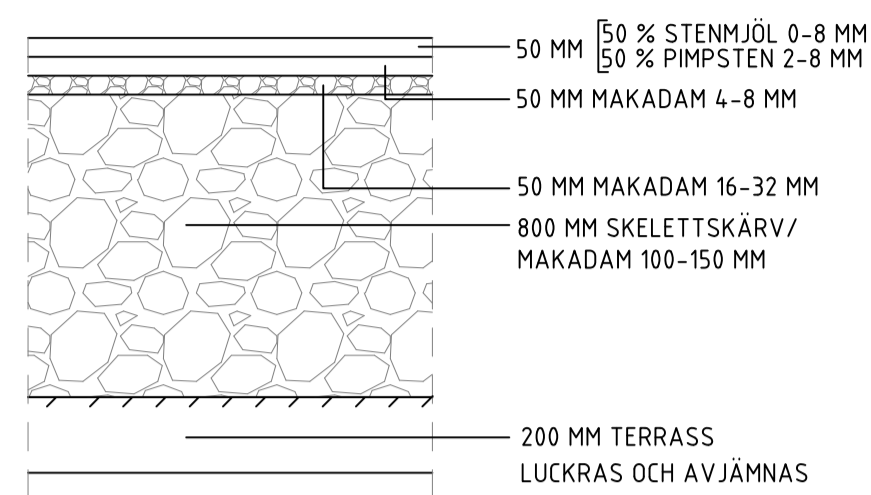
Wallander. H (u.å.) Gröna rader hemsida [Elektronisk]. Tillgänglig 2019-09-09:
<https://gronarader.se/tradgard/biokol/>

Figurförteckning

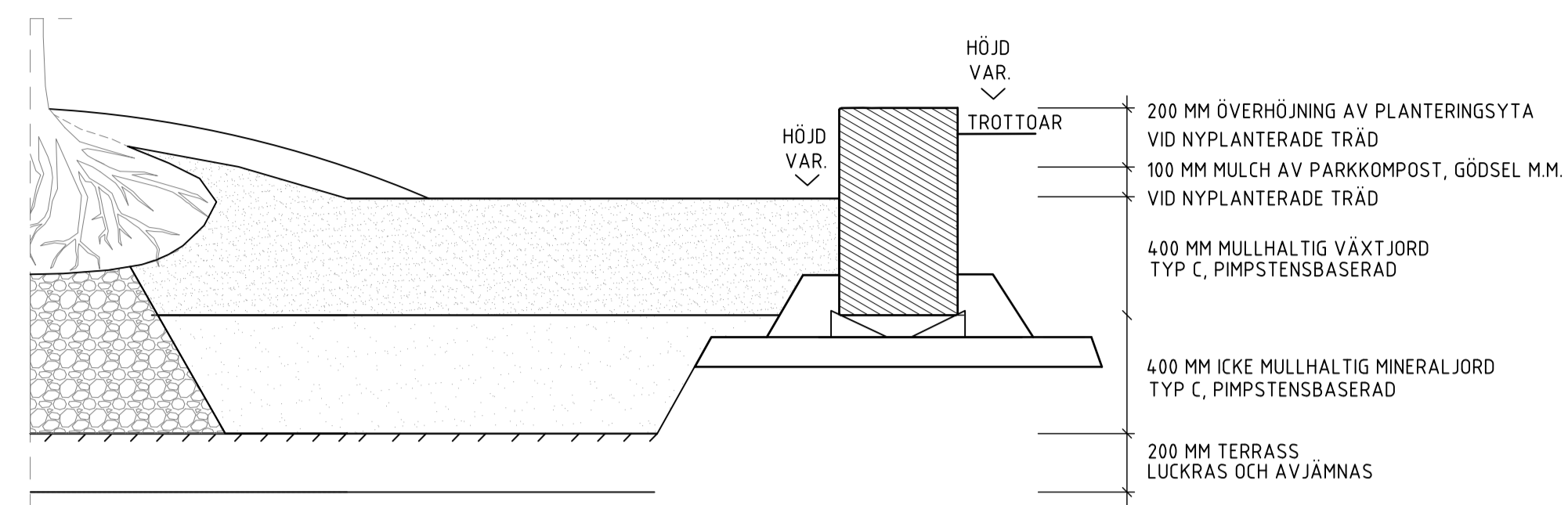
Figurnummer: källa, datum för mottagande:

- Bilaga 1. AJ Landskap (Fredrik Dunér), 2019-10-23
- Bilaga 2. Ramboll Sverige (Eva Pestmalis), 2019-09-24

Övriga figurer är illustrerade eller fotografier tagna av arbetets författare.

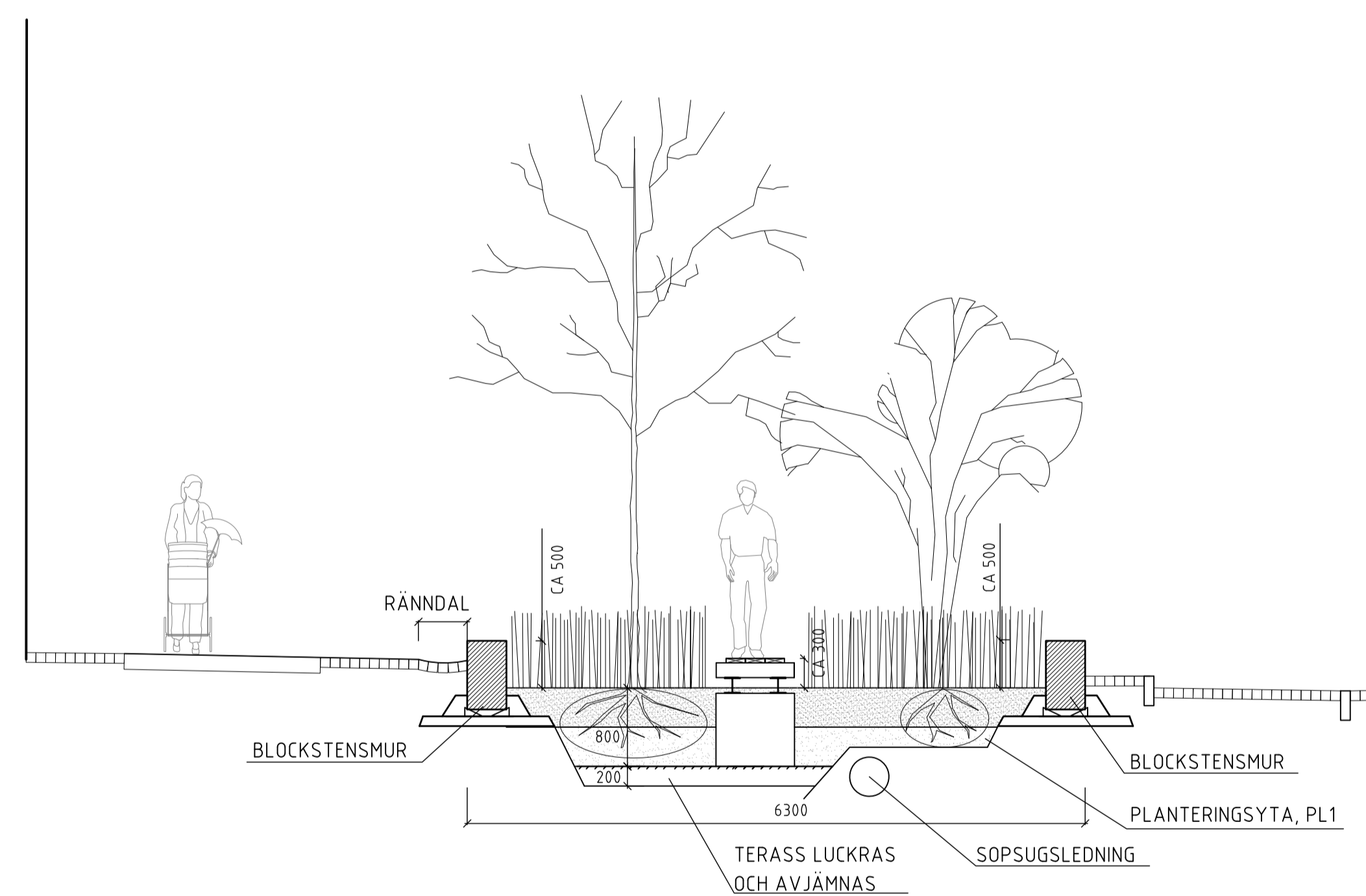


G2, GRUSYTA VID TRÄD
SKALA 1:20



PL1, PLANTERINGSYTA FÖR TRÄD/PERENNER I VEGETATIONSYTA
SKALA 1:20

ANM 1: TRÄDGROP ϕ 4,0 M, TRÄD PLANTERAS MED ROTHALS I NIVÅ MED ÖK VÄXTJORD UNDER TRÄDKLUMP MAKADAM 32-63 FYLLED MED NEDBORSTAD VÄXTJORD, TJOCKLEK CA 600 MM, SE TRAFIKKONTORETS TYPRITNING THVB002
ANM 2: UTFÖRANDE ENLIGT TRAFIKKONTORETS TYPRITNING THVB002, DOCK SKALL VÄXTJORDEN VARA AV TYP C



PRINCIPSEKTION PARKSTRÅK, JAKTGATAN
SKALA 1:50

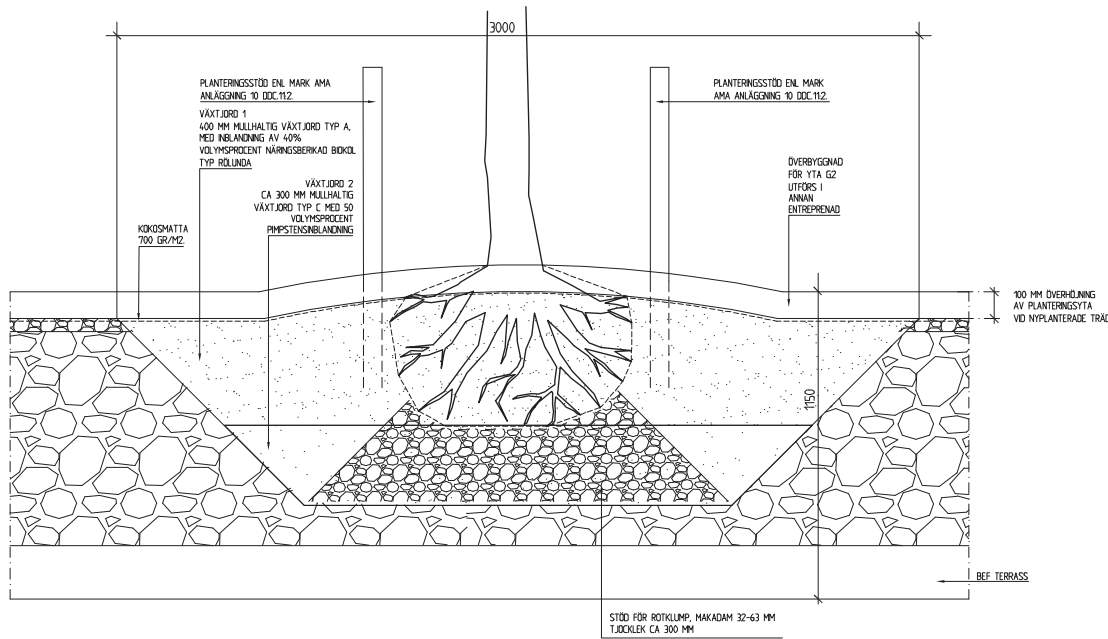
RELATIONSHANDLING 2015-12-21

Hövisning	Nummer	Bet.	Ant.	Revideringen avser	Dat.	Proj.	Gr	Godk.
Projektleddare/Programansvarig Projekt nr. Brajournal nr. K nr.								
 NORRA DJURGÅRDSSTADEN E-341 PLANTERING NORRA 1 GATA OCH PARKSTRÅK PRINCIPSEKTIONER								
Godkänd datum Byrå (mån) Sign Slutgranskad Godkänd 20 - - 20 - -								
Arbetet utfört enligt ritn. utan/med ändringar Datum Nummer 2013-04-12 A. ENGLUND L17450 6582-154SOG-0146								

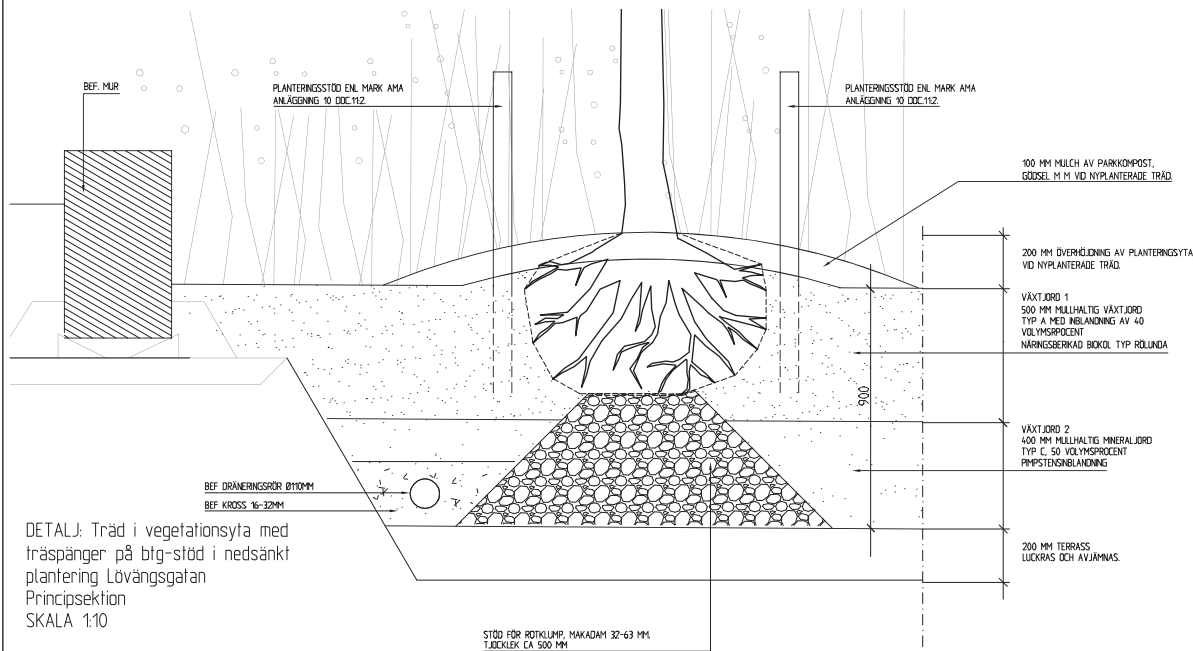
 Andersson Jönsson Landskapsarkitekter AB Södermannag. 5 • 116 23 Stockholm • Tel. 08 442 19 90 • www.ajlanskap.se		
UPPDRAG NR	RITAD /KONSTR./GRANSKAD	HANDLÄGGARE
2009-779	AN/AE	AE
DATUM	ANSVARIG	RITNING
2013-04-12	A. ENGLUND	L17450

XREF:XXX.dwg 06-xx-xx

Bilaga, 2



DETALJ: TRÄD I ECOYTA/ GRUSYTA G2
Princip, tvärsektion
SKALA 1:10



DETALJ: Träd i vegetationsyta med tråspänger på bet-stöd i nedsänkt plantering Lövängsgatan
Principsektion
SKALA 1:10

FÖRESKRIFTER

ALLMÄNT
ALLA MÅTT I MM

ANMÄRKNING

TRÄD PLANteras MED ROTHALS I MVA MED ÖVERKANT VÄXTJORD.

FORM PÅ TRÄDGROPAR I YTOR G2 ANPASSAS TILL G2-YTANS
UTBREDDNING/FORM. MINIMIVOLYM TRÄDGROP SKALL VARA 3M³.

TRÄDGROPAR SCHARKTAS

RELATIONSHANDLING

Ändring	Nummer	Bet.	Ant.	Revidering över	Dat.	Proj.	Dr.	Gr.	Ösk.
Projekt nr. / Brojournal nr. / K nr.									
 EXPLOATERINGS KONTORET <small>Box 17009, 104 82 Stockholm, Tel 08-609 27 800</small>									
NORRA DJURGÅRDSSTADEN E-342 Plantering Västra PRINCIPSEKTIONER TRÄDGROPAR I GRUSYTA OCH VEGETATIONSYTA ÖVERBYGGNADER GRUSYTA, EKDYTA OCH GRÄSYTOR DETALJRTNING									
Skala: 1:10 (A1)									
Nummer: 6582_1555VP_271									
Bet. Foto Rep.									

Ramboll Sverige AB Krumkorgsgatan 21 Box 17009 104 82 STOCKHOLM Tfn: 010-615 60 00 Fax: 010-615 20 00 www.ramboll.se	
UPPRAG NR 61251254109000	RTAD/KONTR./GRANSKAD E.P.
ORUM 2017-12-01	HANDLAGGARE A.C. Eva Pestmajs