

FoU - Biokull i vekstsubstrat til trær i bymiljø

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 895



Tittel

FoU - Biokull i vekstsubstrat til trær i bymiljø

Undertittel**Forfatter**

Ingjerd Solfjeld (NMBU), Trond Børresen (NMBU) og Erik Solfjeld (SVV)

Avdeling

Fagressurs, laboratorier og grunnboring

Seksjon

Teknisk planlegging sør

Prosjektnummer

C11648

Rapportnummer

895

Prosjektleder

Erik Solfjeld

Godkjent av

Torill Felde

Emneord

Biokull, vekstjord, gatetrær, trær

Sammendrag

Utrøving med biokull til gatetrær ble lagt til Norges landskapslaboratorium ved Norges landskapslaboratorium ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (NMBU) fra 2020 til og med 2022. Vekstjord beskrevet i Statens vegvesen Håndbok 761, prosesskode 74.44, ble sammenlignet med en biokullblanding bestående av finpukk (3-7mm), biokull og kompost i mengdeforholdet 6/1/1. Resultater viser at begge blandinger egner seg som vekstsubstrat til trær, men biokullblandingen har betydelig mindre evne til å lagre nyttbart vann. En konsekvens av dette vil være at behovet for nærvær og påpasselighet med vanning i etableringsperioden øker fordi blandingen er mindre robust mot uttørking.

Title

Biochar in Growth Substrate for Trees in Streetscape

Subtitle**Author**

Ingjerd Solfjeld (NMBU), Trond Børresen (NMBU) og Erik Solfjeld (SVV)

Department

O&M* Planning and Engineering Services

Section

Technical Planning Southern Norway

Project number

C11648

Report number

895

Project manager

Erik Solfjeld

Approved by

Torill Felde

Key words

Biochar, Street Trees and Growth Substrate

Summary

The trial was located at the Norwegian Landscape Laboratory at the Norwegian University of Life Sciences (NMBU). The soil substrate described in the Norwegian Public Roads Administration's Handbook 761, process code 1, was compared with a biochar mixture consisting of fine crushed stone (3-7mm), biochar and compost in the ratio of 6/1/1. Results show that both mixtures are suitable as growth substrates for trees, but the biochar mixture has significantly less ability to store usable water. The consequence of this will be that the need for care with irrigation during the establishment period increases because the mixture is less robust to dry.



Innhold

Sammendrag	2
Innledning.....	3
Metode.....	6
Forsøksdesign og plantemateriale	6
Vekstsubstrat.....	7
Skjøtsel	7
Måling og analyser	7
Vannretensjon - vannlagringsevne.....	8
Luftinnhold	8
Resultater	8
Tilvekst.....	8
Kjemiske jordprøver	9
Jordtetthet, porevolum, luftinnhold og nyttbart vann	9
Vannretensjon	10
Trykkfastheten.....	11
Diskusjon	12
Konklusjon	13
Referanser	15

SLUTTRAPPORT FoU	
Prosjektnavn:	<i>Anleggsjord med biokull</i>
Prosjektnummer:	<i>C11648</i>
Mimenummer:	<i>23/30494 Fou - Biokull i anleggsjord til trær</i>
Prosjekteier:	<i>Torill Felde</i>
Prosjektleder:	<i>Erik Solkjeld</i>
Samarbeidspartner I	Norges Miljø og Bioøkonomiske Universitet ved Institutt for landskapsplanlegging v/ Første amanuensis Ingjerd Solkjeld
Samarbeidspartner II	Norges Miljø og Bioøkonomiske Universitet ved Institutt for geovitenskap v/ Professor Trond Børresen

Sammendrag

I 2019 bevilget Statens vegvesen penger til å utføre en utprøving med biokull til gatetrær. Utprøvingen ble lagt til Norges landskapslaboratorium ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (NMBU) fra 2020 til og med 2022. Vekstjord beskrevet i Statens vegvesen Håndbok 761, prosesskode 74.44, ble sammenlignet med en biokullblanding bestående av finpukk (3-7mm), biokull og kompost i mengdeforholdet 6/1/1. Hensikten med å benytte biokullblanding bestående hovedsakelig av finpukk er å hindre komprimering og ugunstige vekstforhold i vei- og gatemiljø der det er stor trafikk av sykler og gående. Finpukk er sterk mot komprimering, men har store porer og dermed lite nyttbart vann tilgjengelig for planter. Ved å tilsette en andel biokull og park- og hageavfallskompost vil evnen til å magasinere og lede vann kunne forbedres. Spørsmålet vi stilte var om biokullblandingen, som er sterkere mot komprimering, vil være et like godt vekstsubstrat som jord slik som beskrevet i prosesskode 74.44. Vi plantet 8 rognetrær (*Sorbus 'Sunshine'*) med bunndekke av kattemynte (*Nepeta x faassenii 'Walkers Low'*) våren 2020. De mekaniske egenskapene til blandingene ble målt høsten 2020 og 2022 og analysert av Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning, seksjon jord- og vannfag. Resultater viser at begge blandingene egner seg som vekstsubstrat til trær, men biokullblandingen har betydelig mindre evne til å lagre nyttbart vann. En konsekvens av dette vil være at behovet for nærvær og påpasselighet med vanning i etableringsperioden øker fordi blandingen er mindre robust mot uttørking. I praksis betyr dette kortere intervaller mellom hver vanning og mer vann må tilføres hver gang det vannes da en del av vannet som tilføres vil renne raskt gjennom blandingen. Våre resultater er basert på målinger etter første og tredje vekstsesong og vi har derfor ikke hatt noe grunnlag for å se på eventuelle langtidseffekter. For å frembringe mer erfaring og kunnskap om langtidseffekter, er det behov for at det bygges flere fullskalaer treanlegg der metoden kommer til anvendelse. I Ulvenveien i Oslo er det allerede etablert ett slikt anlegg, men skal vi få noen sikre resultater trengs det flere.

Under utprøvingen og ved observasjoner i eksisterende anlegg viser vekstjordsubstrat med biokull stor evne til å motstå komprimering. For Statens vegvesen er dette en egenskap som vil være nyttig å ta i bruk i ulike typer grøntanlegg der komprimering av vekstjorda er en utfordring.

Videre ville det være av stor interesse å se nærmere på bruk av pukk iblandet biokull og kompost som vekstsubstrat i rotvennlig forsterkningslag. Skulle dette la seg gjøre med et godt resultat ville det bidra til en vesentlig forenkling og besparelse ved byggingen av slike anlegg.

Innledning

I 2019 bevilget Statens vegvesen (SVV) midler til et FoU-prosjekt som skulle se nærmere på muligheten for bruk av biokull i vekstsubstrat til trær. Biokull har vist seg å ha flere positive egenskaper for plantevekst, men bruken av biokull i vei- og gatetreanlegg har til nå en kort historie og det er inntil nylig lite dokumentasjon å finne på effekten.

Prosjektet som ble initiert av Statens vegvesen region sør ved Mari Dørssdal, ble senere plassert i divisjon Drift og vedlikehold – Fagressurser, Teknisk planlegging sør med prosjektleder Erik Solfjeld.

For å kunne gjennomføre prosjektet ble det inngått en samarbeidsavtale med Norges miljø og biovitenskaplige universitet, Institutt for landskapsarkitektur, med Ingjerd Solfjeld som prosjektleder. Hjelp til måling og analyser av de mekaniske egenskapene til vekstmedie tilsatt biokull og kontrollen som besto av en ordinær vekstjordblanding, ble innhentet fra Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning, seksjon jord- og vannfag ved professor Trond Børresen.

Forsøk og utprøving av biokull til landbruksformål har allerede pågått en god stund og fordelene er velkjente, men bruk av biokull til trær og andre grøntanleggplanter har i liten grad blitt utprøvd inntil Stockholm kommune rundt 2015 begynte å ta i bruk biokull i et nytt vekstsubstrat beregnet for trær i gatetreanlegg.

For med egne øyne se hvordan treanlegg med biokull i vekstsubstrat ble bygget opp og hvordan trærne etter noen år i anlegg hadde utviklet seg, ble det i samarbeid med Gatekontoret i Stockholm representert ved Bjørn Embrem, organisert en studietur med deltakere fra både Statens vegvesen og Oslo kommune. Bjørn Embrem regnes for å være den som var først ute med ideen om å utvikle et eget vekstsubstrat til trær og andre grøntanleggplanter med tilsetning av biokull. Resultatet var så lovende at Stockholm kommune i dag har etablert sitt eget pyrolyseanlegg for produksjon av biokull basert på innsamling av rester etter beskjæring og felling av trær og busker.

Etter de gode erfaringene som ble høstet fra de første forsøkene med bruk av biokull i grøntanlegg i Sverige har interessen for tilsetning av biokull i vekstsubstrat til treanlegg også bredt seg til Norge. Først ute her var Sandnes kommune som allerede har etablert egen pyrolyseovn for produksjon av biokull til kommunens egne nyanlegg. Andre kommuner som har vist interesse for biokull som tilsetning i vekstsubstrat til trær er Oslo kommune og Trondhjem kommune, men foreløpig i begrenset omfang.

Den økende interessen for bruk av biokull har en klar sammenheng med at både produksjonsprosessen og produktet i seg selv har flere positive egenskaper. I tillegg til å kunne bidra til å redusere klimautslippene har biokull også god kationbyttekapasitet (evne til å holde på og avgi plantenæringsstoffene) og samtidig god evne til å holde på og avgi vann til planterøttene. Med stor spesifikk overflate og porøse struktur rikelig forsynt med hulrom gir biokull også gode forhold for mikrobiell aktivitet.

Vekstjord til trær i vei- og gatetreanlegg har alltid vært en utfordring. Trær har gjennom evolusjonsperiode på mer enn 200 000 000 år utviklet og tilpasset seg innenfor mange økologiske miljøer, men veimiljø er ingen av disse. Til tross for dette har mange treslag en økologisk tilpasningsevne som muliggjør at de på visse vilkår likevel vil kunne overleve

mange år under utfordrende vekstforhold. Moderne veibygging stiller betydelig strengere krav til hvordan veikroppen må bygges opp i forhold til hvordan gater og veier ble bygget opp under siste halvdel av 1800 tallet da det store gjennombruddet for planting av vei- og gatetrær fant sted. Siden den tid har det blitt mindre og mindre plass til det jordvolumet trærne trenger for å vokse og utvikle seg normalt over lengre tid. Når jordvolumet trærne har til rådighet krymper, reduseres også trærnes livspotensial. Grunnen til dette er at jordas evne og kapasitet til å lede og lagre vann er sterkt knyttet til jordvolumets størrelse. Andre viktige faktorer som gjør seg gjeldende her er jordas tekstur og struktur som i tillegg til å sørge for å sikre god vannhusholdning også er viktig for gassutvekslingen i vekstjorda. Gatetreanlegg bygget med beskjeden plass til god vekstjord vil være lite robust i tørkesituasjoner. Veien til alvorlig tørkeskade vil være kort. I nedbørrike perioder vil vannlagringskapasiteten raskt fylles opp med fare for at røttene kveles av oksygenmangel om nedbøren vedvarer og vannet ikke dreneres vekk i passe tempo.

Når plassen til vekstjord er begrenset, blir egenskapene til den jorda det er plass til enda viktigere. Sand bidrar med dreningsevne og sikrer gassutvekslingen i vekstjorda, silt gir jorda god vannhusholdningsegenskaper og leirpartiklene sammen med organisk materiale sørger for god kationbyttekapasitet slik alle de fleste plantenæringsstoffene treer trenger blir tilgjengelige for opptak gjennom røttene sammen med vann. Organisk materiale bidrar også til en velfungerende vekstjord med et balansert innhold av levende organismer fra de minste bakterier, protozoer, hyfer og nematoder, til litt større organismer som midd, spretthaler skolependere og mark med mer. De fysiske egenskapene utfordres når vekstsubstratet blir komprimert og det fører til dårligere forhold for biologisk liv og plantevekst.

Komprimert jord er en utfordring i treanlegg i bymiljø, delvis på grunn av tråkk og kjøring over beplantet areal, men også på grunn av forurensing av salt som påvirker strukturen i jorda negativt. Det har vist seg at knust stein i vekstsubstratet kan forbedre infiltrasjonsraten og redusere problemer med kompaktering i treanlegg (Bretzel m. fl. 2020). Finpukk (knust stein med størrelser mellom 4 til 22 mm) vil ha hulrom med luftfylte porer selv om det blir komprimert, men porene er store og dreneres raskt, noe som kan gi vannmangel i rotsonen. For å kompensere for rask drenering er en blanding med, biokull og kompost i finpukk brukt i treanlegg slik vi kjenner det fra Stockholm. Biokull og kompost skal forbedre de fysiske og kjemiske forholdene, tilføre næringsmineraler og øke mengden av nyttbart vann tilstrekkelig til å gi et godt nok vekstmedium til trær i by i blanding med finpukk.

Biokull er kjent for å bedre vannhusholdningen for planter og danner aggregater som forbedrer jordstruktur. Lufttilgang i jorda bedres ved at aggregatene blir større og mer stabile og jordtettheten reduseres. Dette bidrar til økt mikrobiell aktivitet og bedre rotvekst (Joseph m.fl.2021, Kim m.fl. 2021). Det er også vist at tilsetning av biokull forbedrer vekstforholdene til trær i etableringsfasen etter omplanting (Piccolo m.fl. 2022), men i hvilken grad biokull kan kompensere for det økte volumet av store porer som et substrat bestående av hovedsakelig finpukk er ikke klarlagt.

Biokull er ikke et ensartet produkt. Produksjon av biokull foregår ved at organisk materiale forbrennes ved høy temperatur og redusert oksygeninnhold (Pyrolyse). Egenskapene til det ferdige biokullet vil variere med ulikt råstoff som er brukt og temperatur, samt tidsrom for

forbrenningen. I tillegg kan gjødselprodukter tilsettes i en etterbehandling (Joseph m fl 2021). Siden egenskapene til biokull og blant annet gjødseleffekten kan variere (Schaffert m. fl. 2022) vil det ikke være likegyldig hvilke kvaliteter biokull som brukes i vekstsubstrat til trær og en må forvente at ulike kvaliteter kan gi ulike resultater. For tilsetning i vekstsubstrat til trær har vi i likhet med andre (for eksempel Kim m.fl. 2021 og Piccolo m.fl. 2022) i vår utprøving valgt å bruke biokull fra treverk.

I de siste årene har Statens vegvesen hatt en egenutviklet beskrivelse av vekstjord (Statens vegvesen 2018, Håndbok R761 Prosesskode 1). Dette er en vekstjordblanding med egenskaper som understøtter varige akseptable vekstforhold for trær over en lengre tidshorisont. I blandingen er det lagt særlig vekt på at sammensetning skal ha et porevolum som både sikrer at vekstjorda har god tilgang på nyttbart vann og samtidig en tilfredsstillende gassutvekslingskapasitet.

For å finne ut mer om gode vekstsubstrat til trær i bymiljø etablerte vi et forsøksfelt der vi sammenlignet fysiske egenskaper i to vekstsubstrater, biokullblanding (BB, finpukk, biokull, kompost) og vekstjordblanding (VJ, i henhold til Statens vegvesen beskrivelse). Vi sammenlignet nyttbart vann (vann som planter kan nyttiggjøre seg etter at fritt vann er drenert.) Jordtetthet og porevolum. I tillegg ble det analysert for næringsmineraler og målt tilvekst.

Spørsmålet vi ønsket å få svar på var om biokullblandingen, som er sterk mot komprimering kan fungere like godt som vekstsubstrat for trær som vekstjordblandingen beskrevet av Statens vegvesen i håndbok 761.

Bruk av biokull i vekstjordblandinger tas stadig oftere frem som et klimatiltak for å redusere utslippene av karbondioksid i atmosfæren. Dette er en interessant vinkling, men et område som ligger utenfor vårt kompetansefelt og det har derfor ikke vært noe vi kunne gå nærmere inn på i denne utprøvingen.

Metode

Forsøksfeltet er lokalisert i Norges landskapslaboratorium ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) i Ås, Viken.



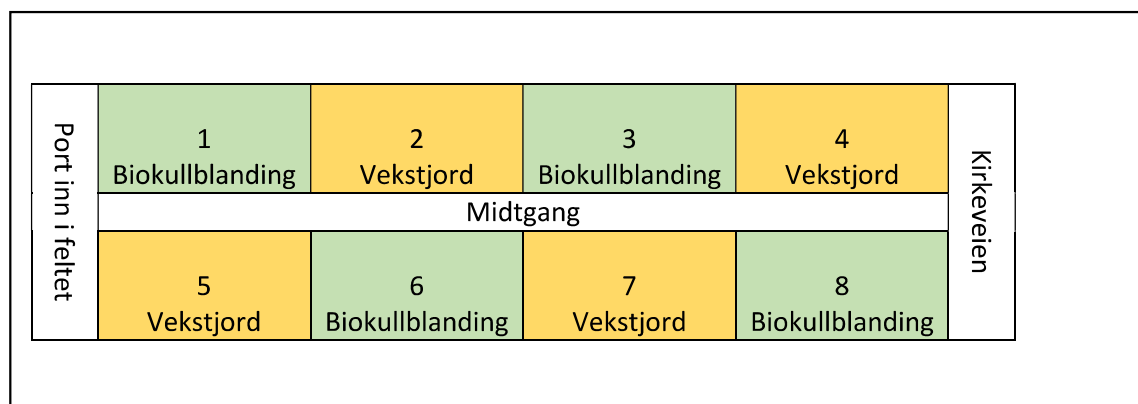
Figur 1 Prøvefeltet i august 2022, tre vekstsesonger etter planting. Sorbus 'Sunshine' E med bunndekke av *Nepeta x faassenii* 'Walkers Low'. Foto: Ingjerd Solfeld.

Forsøksdesign og plantemateriale

Feltet er delt inn i 8 ruter a 3 x 4 meter, 4 felt på hver side av et midtfelt beregnet til gange (figur 2). Høyden over undergrunnsjord er ca. 80 cm. Det er landbruksjord rundt feltet. Rutene er skilt med fiberduk i vertikalt hele jordprofilen. Nettinggjerdje av metall ble satt opp rundt hele feltet for å unngå skader fra vilt (rådyr og hare).

Femte og syvende mai 2020 ble det plantet rognetrær, *Sorbus* 'Sunshine' E (sertifikat nummer: 10-037423) stammeomkrets 12-14 levert av Mellbyes planteskole. I feltene rundt trærne ble det plantet bunndekke av kattemynte, *Nepeta x faassenii* 'Walkers Low' 19. mai 2020. Trærne ble støttet opp med 3 rundstokker og flettet kokosfibertau.

Musegnagbeskyttelse av perforert plast ble satt på stammene.



Figur 2. Feltet inneholder to ulike vekstmedier, biokull og vekstjord. Vekstsubstratene er fordelt som figuren viser.

Vekstsubstrat

Biokullblandingen består av en blanding av finpukk i størrelse 3-7 mm, kompost laget av park og hageavfall (Oslokompost) samt biokull laget av bøkeflis (tabell 1). Blandingsforholdet i volum er 6/1/1 (6 deler, 1 del biokull og 1 del kompost).

Vekstjordblandingen består av siltig sand blandet med kompost laget av park- og hageavfall (Oslokompost). Denne jorda er laget med den oppskriften som Statens vegvesen har i sine kontrakter (Håndbok R761 Prosesskode 1_2018).

På jordoverflaten er det 14 mai 2020 lagt et ca. 5 cm tykt lag av park- og hageavfallskompost (Oslokompost).

Tabell 1. Data for biokull innkjøpt i storesekk via Opplandske bioenergi. Kolonne 1 viser deklarasjon på biokull brukt i utprøvingen, kolonne 2 viser tall fra ulike forsøk samlet i tabell 1 i reviewartikkel, (Schaffert m.fl. 2022). Tomme celler der opplysninger mangler.

Deklarasjon på biokull	Brukt i vår utprøving	Fra samletabell 1 i Schaffert m.fl. (2022)
Merke:	Novo Carba	
Råstoff:	Bøk	Avfall av løvtrær
pH:	9	6,8 - 9,7
Dersom pH >7 (CaCO ₃)		
Densitet kg/m ³	250-400	
Overflate m ² /g	225	
C/N forhold		60,4 - 138
CEC kationebyttekapasitet Cmol [·]kg ⁻¹		30
EC (dSm ⁻¹)		2,6
Askeinnhold		19,8
karboninnhold	90	
Vanninnhold %	20-40	
Finstoff mm	0-20	
Pyrolysetemperatur grader C	Trolig mellom 600-650 (usikkert)	

Skjøtsel

Gjødsel: Det ble tilført økologisk, pelletert hønsegjødsel (merke Green viking, NPK 4-1-2) på overflaten. I mai 2020 ble det gjødslet med 8 liter per rute. I mai 2021 er det gjødslet med 5 liter per rute. Det er ikke gjødslet i 2022. Staudene ble skåret ned og avskjær fjernet våren 2021 og våren 2022. Oppbinding på trærne ble fjernet mars 2022. Feltet er vannet med spredde i tørkeperioder alle vekstsesonger.

Måling og analyser

Stammeomkrets er målt med måleband en meter over jordoverflaten, 4 mai 2022 og 15 desember 2022.

Prøver av vekstmediene ble levert til analysesenteret 10 august 2022. Prøver fra hver rute med biokullblanding ble blandet i en bøtte og 0,5 liter tatt ut til analyse. På tilsvarende måte ble vekstjordprøvene blandet i en bøtte og 0,5 liter tatt ut til analyse. De kjemiske analysene er levert av Eurofins.

Fysiske jordanalyser er utført ved Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning. Penetrometer resistens ble målt fra 0 og ned til 70 cm med Eijkelkamp Penetro Viewer Vs. 6.08, høsten 2020, etter en vekstsesong (Eijkelkamp 2222b). Det ble tatt gjennomsnitt av 10 målinger fra hver rute ned til 60 cm dybde og med registrering hver centimeter, Vanninnholdet i topplag (0-10 cm and 10-20 cm) ble målt med TDR (Thetaprobe ML3). På grunnlag av disse målingene og gjennomsnittlig nedbør i perioden kunne man forvente at vanninnholdet var tilsvarende feltkapasitet i jordblandingen på måletidspunktet.

Vannretensjon - vannlagringsevne

Jordas evne til å holde på vann (vannretensjon) ved ulike matrikspotensial ble målt ved å bruke sandboks og keramiske plater i ett trykkammer (Richards 1948). Sandboksen ble brukt til et sug på 20 hPa og keramiske platene ble kjørt ved trykk på 100 hPa (feltkapasitet), 1000 hPa og 15000 hPa (visnegrense) (Eijkelkamp 2222a). Nyttbart vann (vol%) er definert som differansen mellom vanninnholdet ved feltkapasitet (100 hPa) og visnegrense (15000 hPa). Nyttbart vann i mm for et sjikt er definert som nyttbart vann (vol%) multiplisert med dybden på sjiktet i desimeter.

Luftinnhold

Luftfylte porer ved -100 hPa matrikspotensial (feltkapasitet) ble målt med luftpyknometer (Torstensson & Eriksson 1936), og den totale porøsiteten ble regnet ut som summen av luftfylte porer og volum av vann ved et matrikspotensiale på -100 hPa. Målingene av luft ble utført etter at prøvene hadde stått ved 100 hPa trykk på de keramiske platene.

Resultater

Tilvekst

Det er gjennomsnittlig noe bedre tilvekst i de trærne som står i vekstjorda, men forskjellen er i underkant av 3 mm i stammeomkrets (tabell 2). Tatt i betraktning at det er målt med måleband rundt trestammer kan en ikke utelukke at dette skyldes tilfeldige variasjoner i utføring av målingene. Vi kan heller ikke utelukke at forskjellen i tilvekst skyldes bedre vannhusholdningsegenskaper i vekstjordblandingen sammenlignet med biokullblandingen, slik de øvrige resultatene viser.

Tabell 2. Stammeomkrets målt en meter opp på stammen. Kolonnen til høyre viser tilvekst i den siste av tre vekstsesonger

Rute		Stammeomkrets (cm)		
		2022 (5 apr.)	2022(14 des.)	Tilvekst 2022
1	Biokullblanding	13,0 (12,5 - 13,5)	14,9 (14,5 – 16)	1,9
2	Vekstjord	13,0 (12,5 - 14,0)	15,2 (14,5 – 15,8)	2,2

Kjemiske jordprøver

Vekstjord- og biokullblandingen har små forskjeller i innhold av næringsmineraler. Nivåene i begge blandingene er middels for Fosfor og Kalium og under giftige nivåer for Kadmium og Kvikksølv. For Magnesium og Kalsium er verdien høy i begge blandingen (tabell3). Det samme gjelder for Krom målt i biokullblandingen. pH verdien ble målt til å være lik (7,5) for begge blandingene, det er derfor ikke på grunnlag av denne undersøkelsen grunnlag for å si at biokullet påvirker pH.

Tabell 3. Resultater fra kjemiske jordanalyser

	Jordart	Glødetap %TS	pH	Fosfor mg/100g	Kalium mg/100g	Magnesium mg/100g	Kalsium mg/100g	Natrium mg/100g
Biokullblanding	Siltig mellomsand*	6,9	7,5	7 middels	8 middels	19	190	2
Vekstjord	Siltig finsand	5,2	7,5	7 middels	9 middels	14	300	2

*Siltig mellomsand er en karakteristikk som er satt av Eurofins som analyserte jordprøvene. Karakteristikken er satt etter at steinfraksjonen (pukk3-7mm) var fraskilt.

	Arsen mg/kgTS	Bly mg/kgTS	Kadmium mg/kgTS	Kobber mg/kgTS	Krom mg/kgTS	Kvikksølv mg/kgTS	Nikkel mg/kgTS	Sink mg/kgTS
Biokullblanding	<5	<2	<0,1	28	110	<0,07	24	49
Vekstjord	<5	7,5	0,28	21	21	<0,07	20	72

Jordtetthet, porevolum, luftinnhold og nyttbart vann

I 2020, etter første vekstsesong, ble det målt tydelig forskjell på både jordtetthet, porevolum og luftinnhold ved feltkapasitet i disse to vekstsubstratene (tabell 4). Det er lavere tetthet og høyere porevolum i vekstjord sammenlignet med blandingen med biokull. Forskjellene er ikke så store at de vil ha innvirkning på vekstforholdene for trær i grøntanlegg (tabell 6).

Ser vi på lagringen av nyttbart vann i 2020 så er bilde et annet. Det er veldig lite nyttbart vann i biokullblandingen, men relativt høyt i vekstjord. Vanningsbehovet vil være veldig forskjellig i disse to blandingene. I 50 cm dybde lagrer biokullblandingen bare 70 mm, mens vekstjord lagrer 145 mm vann som er tilgjengelig for plantevekst.

Tabell 4. Forskjeller i jordtetthet, porevolum, luftinnhold og nyttbart vann ved feltkapasitet etter første vekstsesong.

2020	Jordtetthet	Porevolum	Luft (100hPa)	Nyttbart vann
	g/cm ³	Vol%	vol%	vol%
Biokullblanding	1,29	53,4	38,	13,8
Vekstjord	1,14	58,5	25,	28,9

I 2022, etter tre vekstsesonger (tabell 5), ser vi fortsatt tydelig forskjell på både jordtetthet, porevolum og luftinnhold ved feltkapasitet i disse to vekstsubstratene. Det er lavere tetthet og høyere porevolum i vekstjord sammenlignet med blandingen med biokull, og forskjellen har ikke endret seg vesentlig fra 2020. Forskjellene er innenfor normalområdet for jord til

plantedyrking (tabell 6) og er ikke så store at de vil gi forskjeller i vekst og utvikling for trærne i utprøvingen.

Det er også i 2022, etter tre vekstsesonger veldig lite nyttbart vann i biokullblandingen, men relativt høyt i vekstjord (tabell 5). Vanningsbehovet vil fremdeles være veldig forskjellig i disse to blandingene. I 50 cm dybde lagrer biokullblandingen bare 64 mm, mens vekstjord lagrer 116 mm vann som er tilgjengelig for plantevekst.

Tabell 5. Forskjeller i jordtetthet, porevolum, luftinnhold og nyttbart vann ved feltkapasitet etter tre vekstsesonger.

2022	Jordtetthet	Porevolum	Luft (100hPa)	Nyttbart vann
	g/cm ³	Vol%	vol%	vol%
Biokullblanding	1,21	56,7	40,5	12,7
Vekstjord	1,05	60,6	30,1	23,2

Tabell 6. Fysiske parametre. Grenseverdier for «god nok jord»

Normalverdier for Plantevekst	Jordtetthet (g/cm ³)	Porevolum Vol%
	1,2-1,5 dyrka mark (sand)	40-60 (toppjord)

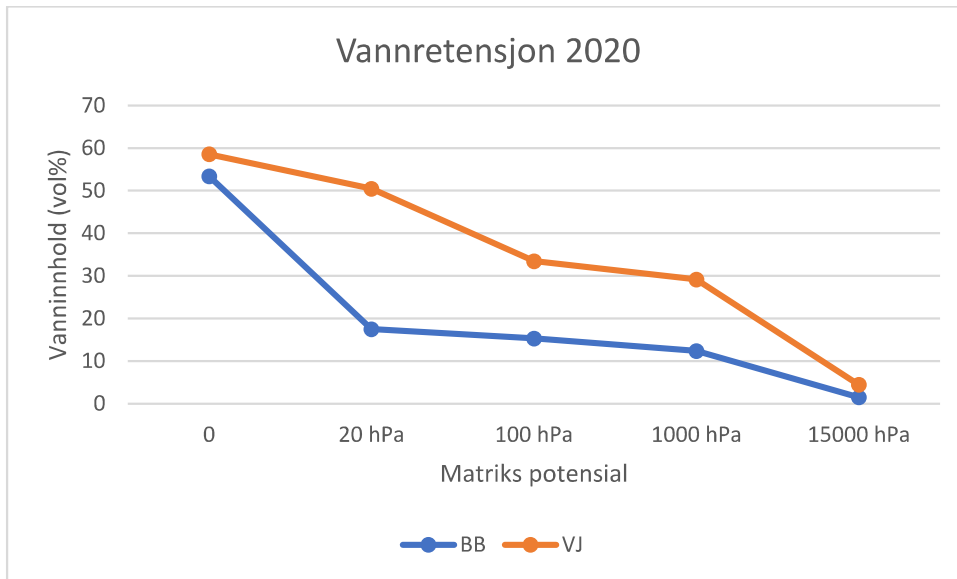
Vannretensjon

Kurven for vannretensjon (vannholdingsevne) (fig. 3 og 4 nedenfor) viser både i 2020 og 2022, klart at det er veldig mye store porer som slipper vannet lett i biokullblandingen (BB) og dertil lite porer i det området som lagrer nyttbart vann 100-15000 hPa.

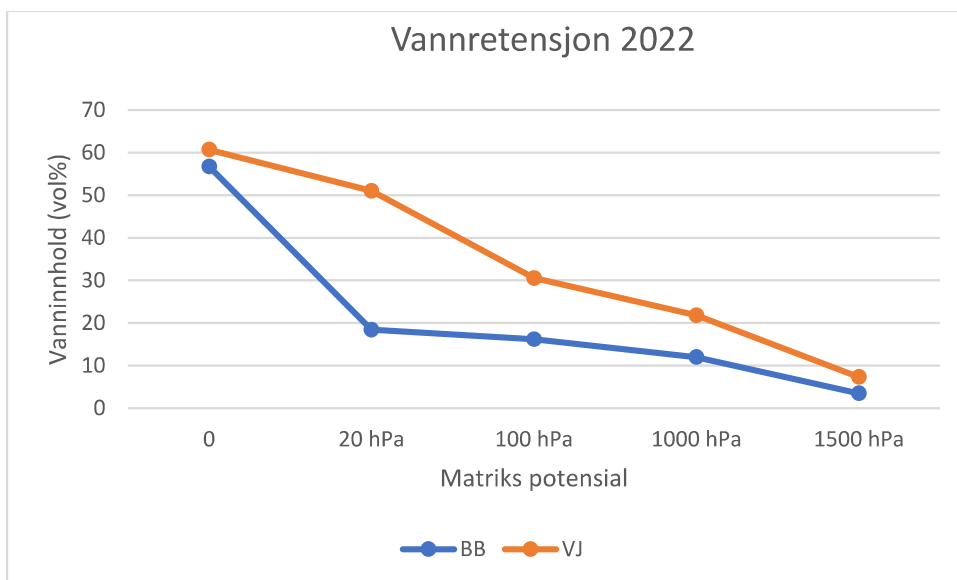
Vekstjordblandingen (VJ) har flere porer i dette området og mye av de porene er i området 1000 hPa til 15 000 hPa det vil si det vannet er noe sterkere bundet, men fortsatt tilgjengelig. Sammenheng mellom matrikspotensial og porestørrelse er vist i tabell 7.

Tabell 7. Nyttbart vann for plantevekst sett i sammenheng med porestørrelse i (µm). Matrikspotensialet angir sug i hPa og viser kreftene som holder tilbake vann i vekstmediet.

Matrikspotensial (hPa)	Porestørrelse (µm)	
20	150	Lett drenerbart vann
50	60	Lett drenerbart vann
100	30	Feltkapasitet, nyttbart vann
1000	3	Nyttbart vann, noe sterkere bundet
15000	>0,2	Visnegrense, bundet vann, utilgjengelig for plantevekst



Figur 3. Vannretensjon i biokullblanding (BB) og vekstjord (VJ) målt etter første vekstsesong.

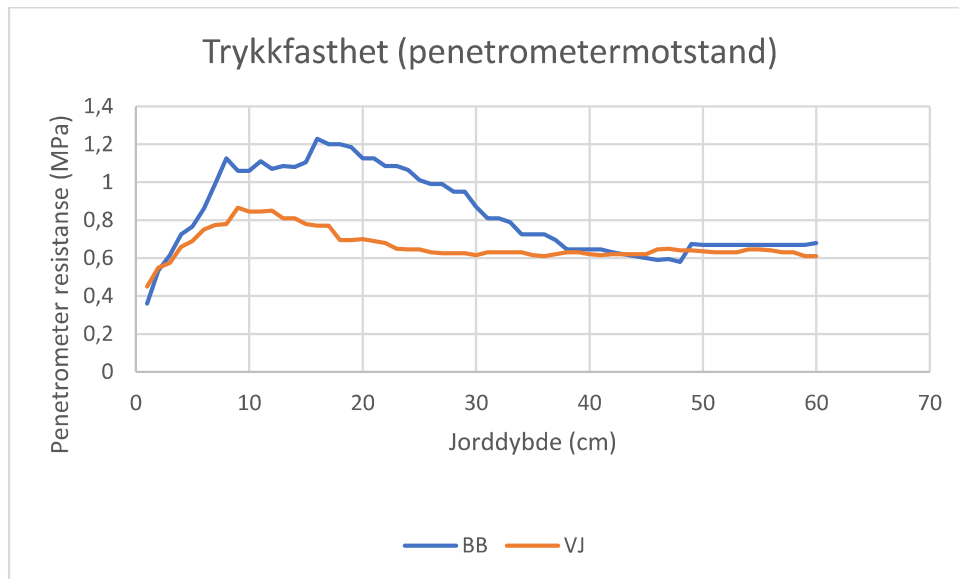


Figur 4. Vannretensjon i biokullblanding (BB) og vekstjord (VJ) målt etter tre vekstsesonger.

Trykkfastheten

Trykkfastheten (penetrometermotstanden) (figur 5 nedenfor), er målt etter en vekstsesong, høsten 2020. Det var relativt fuktig når målingene ble utført. Det var begge steder noe høyere vanninnhold enn ved feltkapasitet (100 hPa), men i vol% vann var forskjellen stor. Likevel kan en si at målingene er utført under relativt like forhold som i praksis etter mye regn og noen dager med oppholdsvær så det drenerbare vannet har drenert ut. Det er tydelig forskjell, biokullblandingen (BB) har høyere trykkfasthet enn vekstjord (VJ) i jorddybde fra 10-30 cm under jordoverflaten, men det er ikke så høy trykkfasthet at det hindrer rotvekst.

Penetrometermotstand fra 2 MPa kan hindre rotvekst (Sinnett et al.). Måling med penetrometer bør eventuelt senere også utføres under noe tørrere forhold.



Figur 5. Trykkfasthet i biokullblanding (BB) og vekstjord (VJ) målt i starten av utprøvingen

Diskusjon

I biokullblandingen fant vi at det var mange store porer og lite nyttbart vann tilgjengelig. Et slikt vekstsubstrat vil være lite tørkerobust. Riktignok har biokullet i seg selv mange hulrom og stor overflate som egner seg godt til både å holde på vann og avgi vann til planterøtter, men det hjelper ikke så mye når andelen biokull er forholdsvis liten i forhold til andelen pukk.

Hensikten med å bruke finpukk blandet med biokull og kompost er i første rekke å hindre at vekstmediet i plantebed utsatt for tråkk komprimeres. Ulempen er at dette medfører et høyere skjøtselsnivå fordi vann må tilføres oftere i perioder uten tilstrekkelig nedbør. I denne sammenheng viser våre funn at ordinær vekstjord er et fordelaktig valg der det ikke er fare for komprimering fra gange og/eller sykkeltrafikk.

Biokull har også flere egenskaper som kan gi grunnlag for god plantevekst. Som tilslagsmateriale i et vekstsubstrat vil biokull kunne bidra til god aggregatdannelse, økt kationebyttekapasitet og mikrobiell aktivitet (Joseph m. fl. 2021, Schaffert m.fl. 2022). I hvilken grad det er behov for tilsetning av biokull i vekstjord som allerede i utgangspunktet har gode fysiske egenskaper er ikke helt avklart, men noen undersøkelser viser til gode resultater med tilsetning av biokull (Kim m.fl. 2021 og Piccolo m.fl. 2022). Det er viktig å merke seg at resultatene i disse referanse-kildene er basert på tilsetning i ordinær vekstjord og ikke som i vår utprøving, der hovedingrediensen i vekstsubstratet er finpukk.

Mengden biokull vi brukte i vår utprøving er relativt liten (1/8 del). Vi har fulgt oppskrifter vi har fått gjennom informasjon fra Sverige (Björn Embrem Gatukontoret Stockholm kommune). Det er mulig at en større andel biokull i vekstmediet vil kunne bedre vannmagasineringssevne i forhold til det som vi fant i denne undersøkelsen, men det vil samtidig gjøre vekstjorda vesentlig dyrere og det vil med stor sannsynlighet også påvirke de

kjemiske egenskapene. Det er behov for videre forskning og utprøving for å se om andelen biokull kan økes slik at vekstsubstrat til trær i grøntanlegg blir mer robust mot uttørking.

Biokullet som ble brukt i vår utprøving var produsert av råmateriale fra bøk der innholdet av næringsmineraler og aske var lavt, men med noe høy pH verdi.

Da innholdet av næringsmineraler, tungmetaller og pH verdien i stor grad vil være påvirket av opprinnelsesmaterialet, er det ikke likegyldig hva biokullet er laget av. Etter vår vurdering er det naturlig å bruke biokull produsert av tre eller blandet avfall fra grøntanlegg som sammen med park- hageavfallskompost blandes inn i vekstsubstrat til trær. Biokull produsert av organisk materialer som kan inneholde høye verdier av tungmetaller og andre miljøgifter er i dag mindre egnet til bruk i grøntanlegg generelt fordi arealene i økende grad også benyttes til dyrking av spiselige vekster. Sannsynligheten for at arealene rundt trær langs gater og veier i offentlige veianlegg blir tatt i bruk som dyrkingsarealer for grønnsaker er nok liten, men planting av frukttrær i slike arealer på privat initiativ er noe som likevel forekommer og som vi ser mere av. Istandsettelse av sidearealer i forbindelse med veibygging kan også omfatte arbeider på privat grunn. I slike tilfeller er det særlig viktig at vegvesenet ikke benytter forurensede vekstmasser da vi ikke kan vite om arealene kommer til å bli brukt til dyrking av spiselige vekster.

Dersom biokull produseres av lokalt råstoff og samtidig brukes lokalt som jordforbedringsmiddel, eller i produksjon av ny vekstjord, vil dette være et tiltak som fremmer en bærekraftig sirkulær ressursutnyttelse.

Konklusjon

Etter tre vekstsesonger er konklusjonen at både vekstjord, slik den er beskrevet i Statens vegvesen sin håndbok R 761 prosesskode 74.44 og et vekstsubstrat bestående av 6 deler finpukk, en del biokull og en del kompost, er godt egnet som vekstmedium til trær i grøntanlegg. En viktig forskjell er at behovet for ekstra tilførsel av vann, spesielt de første årene etter planting, vil være mye mer kritisk i biokullblandingen enn i den ordinære vekstjordblandingen som utgjorde sammenlikningsgrunnlaget i utprøvingen. Effekter over lengre tid er usikkert. De kjemiske egenskapene til de to vekstsubstratene er tilfredsstillende for trær og det var så langt vi kan vurdere ingen forskjeller av betydning som vil kunne påvirke normal vekst og utvikling.

Det var i utgangspunktet ventet at vekstsubstratet med biokull skulle være vesentlig bedre enn den ordinære vekstjorda, spesielt når det gjaldt vannhusholdningen, men her viste måleresultatene det motsatte. Utprøvingen viser at vekstjordblandingen slik den er beskrevet i R761, prosesskode 74.44 er minst like god som vekstsubstratet med biokull. På et viktig område er likevel vekstsubstratet med biokull overlegent best og det er når det kommer til evnen til på å motstå komprimering. Mens makroporene i den ordinære vekstjordblandingen lett lar seg komprimere når den utsettes for tråkk vil vekstsubstratet med biokull umulig la seg komprimere på tilsvarende måte. Dette er en egenskap som Statens vegvesen og andre kan dra nytte av ved bygging av tråkkutsatte planterabatter i urbane miljøer.

Den potensielle nytteverdien ved bruk av biokull i vekstjordblandinger har fått stor oppmerksomhet fordi lagring av stabilt bundet karbon i jorda over svært lang tid vil bidra til å redusere klimautslippene. Det understrekes at dette er en side vi er fullt klar over, men betydningen av denne effekten har ikke vært en del av denne utprøvingen.

Forsøksfeltet i planteskolen kommer til å bli stående på ubestemt tid slik at det vil være mulig å følge med på trærnes vekst og utvikling over tid. Om noen fortsetter å måle og beskrive trærnes vekst og utvikling i årene fremover, vil det genereres et verdifullt statistisk materiale som etter 10-20-30 år, kan gi et oss enda sikrere svar på om trær plantet i vekstsubstrat med biokull vil vokse og utvikle seg bedre enn trær i en ordinær vekstjordblanding.

Det vil også være av stor interesse å se nærmere på bruk av pukk iblandet biokull og kompost som vekstsubstrat i rotvennlig forsterkningslag. Skulle dette la seg gjøre med et godt resultat kan det bidra til en vesentlig forenkling og besparelse ved byggingen av slike anlegg.

Referanser

- Bretzel, F., Vannucchi, F., Pini, R., Manuele, M., Marradi, A. og Cinelli F. (2020) *Use of coarse substrate to increase the rate of water infiltration and the bearing capacity in tree plantings*. Ecological Engineering 148:2-7.
- Eijkelkamp, S. W. (2022a). <https://www.royaleijkelkamp.com/products/lab-testing-equipment/soil-physical-research/pf-determination/>
- Eijkelkamp, S. W. (2022b). <https://www.royaleijkelkamp.com/products/field-measuring-equipment/resistance-to-penetration/electronic-with-datalogger/>
- Joseph, S., Cowie, A.L., Zwieten, L.V., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., Cayuela, M.L., Graber, E.R., Ippolito, J.A., Kuzyakov, Y. Luo, Y., Ok, S.Y., Palansooriya, K.N., Shepherd, J., Stephens, S., Weng, Z(H) og Lehmann, J. (2021) *How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar*. Research review, Vol.13/11: 1731-1764. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12885>
- Kim, Y.J., Hyun, J., Yoo, S.Y. og Yoo. G. (2021) *The role of biochar in alleviating soil drought stress in urban roadside greenery*. Geoderma 404:1-10.
- Piccolo, E.L., Becagli, M., Lauria, G., Cantini, V., Ceccanti, C., Cardelli, R., Massai, R., Remorini, D., Guidi, L. og Landi, M. (2022) *Biochar as a soil amendment in the tree establishment phase: What are the consequences for tree physiology, soil quality and carbon sequestration?* Science of The Total Environment. Vol. 844:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157175>
- Richards, L. (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science*, 66 (2): 105-110.
- Schaffert E., Lukac M., Percival G. and og Rose G. (2022) *The influence of Biochar soil amendment on tree growth and soil quality: A review for the arboricultural industry*. Arboricultural and urban forestry 48(3):176-202. <https://doi.org/10.48044/jauf.2022.014>
- Sinnott D., Morgan G., Williams M. og Hutchings T. R. (2008) *Soil penetration resistance and tree root development*. Soil Use and Management, 24, 273–280.
- Statens vegvesen 2018, Håndbok R761 Prosesskode 1. Vegvesen.no
- Torstensson, G. & Eriksson, S. (1936). A new method for determining the porosity of the soil. *Soil Science*, 42 (6): 405-414.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag