

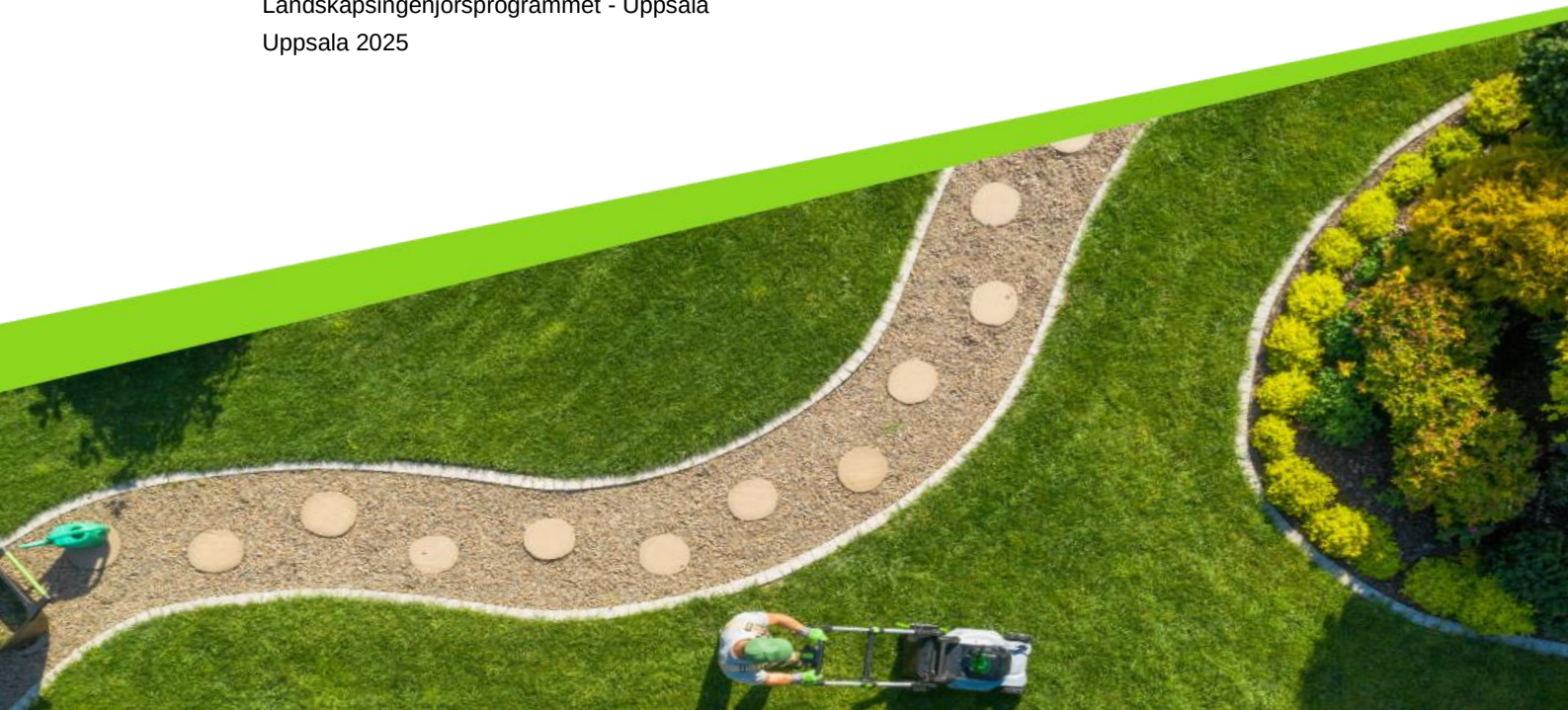


Kolbindning i gräsmattor

Hur skötselåtgärder påverkar kolbalansen i gräsmattor och hur denna kan förbättras

Emma Öberg

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Uppsala 2025



Kolbindning i gräsmattor. Hur skötselåtgärder påverkar kolbalansen i gräsmattor och hur denna kan förbättras

Carbon sequestration in lawns. How maintenance practices affect the carbon balance in lawns and how it can be improved.

Emma Öberg

Handledare: Daniel Valentini, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land
Bitr. handledare: Ishi Buffam, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur
Examinator: Sara Westerdahl, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod: EX1004
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2025
Omslagsbild: Illustration med licens via Canva
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

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

Nyckelord: Kolbindning, kolutsläpp, kolbalans, gräsmatta, trädgård, vegetation, skötsel påverkan, gräsklippning, gödsel, bekämpningsmedel

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institution för stad och land
Avdelningen för landskapsarkitektur

Förord

Uppsatsen är ett kandidatarbete på landskapsingenjörsprogrammet, institutionen för stad och land på Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng. Uppsatsens utförs under perioden 20 januari till 24 mars 2025.

Arbetets ämne utförs på uppdrag av Ishi Buffam för att lämna behjälplig information om organisk kolbindning i Storbritannien till *Garden Advice* verktyg/app-applikation. Verktöget utvecklas av team lett av Ben Kenward, docent på Uppsala universitet. Då verktöget riktar till privatpersoner om hur kolbindningen kan ökas i privata trädgårdar har denna uppsats avgränsningar och språkbruk anpassats därefter. Detta har gjorts med syftet att uppsatsen ska kunna läsas och förstås av privatpersoner.

Tack riktar till handledare Daniel Valentini på SLU Ultuna och Ishi Buffam på SLU Alnarp för värdefull handledning och tips för uppsatsens utformning och innehåll. Tack riktar även till familj och vänner som bidragit med hjälp och stöd genom kandidatuppsatsens process.

Sammanfattning

De ökade utsläppen av växthusgaser och de rådande klimatförändringarna är ett växande globalt problem. Ett ekonomiskt och hållbart alternativ för att minska koldioxidhalterna i atmosfären är att binda kol i jord och växtlighet. En mindre omnämnd kolbindningskälla är privata trädgårdar, där privatpersoner kan vara med och bidra till en ökad kolbindning i de privata gräsmattorna samt minska utsläpp relaterade till skötselmoment.

Uppsatsen syfte är att redogöra för kolbindning i gräsmattor, kolutsläpp från anknutna skötselmoment samt hur kolbindningen i trädgårdar kan förbättras. Fokus läggs på gräsmattor i trädgårdar i Storbritannien då uppsatsen ämnar till att bidra med information gällande kolbindning till ett verktyg (i form av en app) utformat för det aktuella landet.

Genom en semisystematisk litteraturstudie syntetiserar och redogör uppsatsen för aspekter som påverkar kolbindningen samt dess påverkan på biodiversitet, etiska problem och samhällsavtryck. Uppsatsens slutsats visar på ett behov av fler precisa studier för ett säkrare resultat, men att paralleller kan dras mellan det funna resultatet och trädgårdar i Storbritannien. Den allmänna informationen är applicerbar på trädgårdar i Storbritannien men kan även generaliseras till trädgårdar i andra länder.

Nyckelord: Kolbindning, kolutsläpp, kolbalans, gräsmatta, trädgård, vegetation, skötsel påverkan, gräsklippning, gödsel, bekämpningsmedel

Abstract

The increase in greenhouse gas emissions and the current climate change is a growing global problem. An economical and sustainable alternative to reduce carbon dioxide levels in the atmosphere is to sequester carbon in soil and vegetation. A less mentioned carbon sequestration source is private gardens, where private individuals can contribute to an increased carbon sequestration in the private lawns and reduce emissions related to maintenance tasks.

The purpose of this essay is to account for carbon sequestration in lawns, carbon emissions from associated management and how carbon sequestration in gardens can be improved. The focus is on lawns in gardens in the UK as the paper aims to contribute information regarding carbon sequestration to a tool (in the form of an app) designed for the country in question.

Through a semi-systematic literature review, the essay synthesizes and accounts for aspects that affect carbon sequestration and its impact on biodiversity, ethical problems and societal impact. The conclusions indicate a need for more precise studies for a more reliable result, but that parallels can be drawn between the findings and gardens in the United Kingdom. The general information is applicable to gardens in the United Kingdom but can also be generalized to gardens in other countries.

Keywords: Carbon sequestration, carbon emissions, carbon balance, lawn, garden, vegetation, maintenance impact, mowing, fertilization, pesticides.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	10
Ordlista	11
1. Introduktion	12
1.1 Syfte och frågeställning	13
1.2 Avgränsningar	13
1.3 Relevans för landskapsarkitektur	13
2. Bakgrund	14
2.1 Viktiga begrepp	14
2.1.1 Kol	14
2.1.2 Kolbindning	14
2.1.3 Kolutsläpp	16
2.1.4 Kolbalans	16
2.2 Trädgårdar	16
2.2.1 Kolbindning	16
2.2.2 Gräsmattor	17
2.3 Storbritannien	17
3. Metod	19
3.1 Sökning	20
3.2 Värdering	21
3.2.1 Källkritik	22
3.3 Sammanställning	22
3.3.1 Datainsamling och omvandling	22
3.4 Kritik av metod	23
4. Resultat och analys	24
4.1 Kolbindning i Storbritanniens trädgårdar	24
4.1.1 Gräsmattor	26
4.2 Förbättra kolbindningen i gräsmattor	28
4.2.1 Jord	28
4.2.2 Skötselåtgärder	29
4.2.3 Alternativ gräsmatta/Äng	37
4.3 Öka kolbindningen i trädgårdar	38
4.3.1 Buskar	40
4.3.2 Träd	40
5. Diskussion	42
5.1 Frågeställningar svar	42

5.1.1 Växsubstratets påverkan på kolbindningen	42
5.1.2 Hur mycket kol binder gräsmattor i Storbritannien	42
5.1.3 Hur påverkar skötselmomentet gräsklippning samt användning av gödsel och ogräsmedel kolbindningen och kolbalansen i gräsmattor?	42
5.1.4 Hur kan kolbindningen i trädgårdar förbättras av alternativa gräsmattor, buskar och träd?	43
5.2 Resultatets betydelse	43
5.3 Resultatets etik & hållbarhet	44
5.4 Kritisk reflektion	45
5.5 Framtida studier	46
Referenser.....	47
Bilaga 1.....	53
Bilaga 2.....	54
Bilaga 3.....	57

Tabellförteckning

Tabell 1. Vanliga jordar i Storbritannien	18
Tabell 2. Breda nyckelbegrepp och relaterade termer	20
Tabell 3. Breda sökfraser	20
Tabell 4. Avsmalnade söktermer	21
Tabell 5. Omvandling från Mg och g till kg.	22
Tabell 6. Omvandling mellan kol, koldioxid och koldioxidekvivalenter	23
Tabell 7. De vanligaste grässorter i Storbritannien/ vanliga gräs i USA med kolinlagring och rotsystem. Kolinlagrings siffror från Wang et al (2022). Källa vanliga grässorter i Storbritannien -Smith et al (2006). Källa vanliga grässorter i USA - De (2017).	27
Tabell 8. Skillnader mellan olika klipphöjder på gräs. Information taget från Wang et al (2022)	33
Tabell 9. Kolbalans efter olika skötselnivåer i kg/ m ² /år (Lustgas ej inräknat). Data taget från Zirkle et al (2011)	34
Tabell 10. Kolbalans i gräsmattor, kolutsläpp från skötsel och kolinlagring av gräs i kg kol/m ² /år. Respiration medräknat. Uträknat från inhämtad information i Flude et al (2022).	36
Tabell 11. Kolbalans utifrån åtgärder på exempelträdgård. Kolinlagringssiffror från Zirkle et al (2011).	43

Figurförteckning

Figur 1. Flödet av kol i ekosystem. Gröna linjer visar kolflöden där kol lagras i marken, blå linjer visar kolförluster från marken (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025).	15
Figur 2. Världens olika växtzoner graderade 1-13, inzoomad. USDA-växtzoner (Krause 2019).	17
Figur 3. Översikt över de steg som ingår i SALSA-metoden. (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025).	19
Figur 4. Möjlig genomsnittlig kolinlagring i Storbritannien och vanliga storlekar på trädgårdar i Storbritannien (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025)	25
Figur 5. Kvarlämning av gräsklipp på plats (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025)	34
Figur 6. Blomsteräng. Helmsley Walled Garden (Harris, A. 2018). [fotografit] CC BY-ND.	37
Figur 7. Gräsmatta. Paspalum notatum (Bahia grass). (Forest & Starr. K 2009). CC-BY [fotografi].	37
Figur 8. Exempel på arter för alternativa gräsmattor. Arter tagna från Ignatieva (2015), Smith & Fellowes (2017) och RHS (2021).	38
Figur 9. Förslag på trädgårdsutformning för ökad kolinlagring. Vänster bild visar trädgård före åtgärder, höger efter åtgärder. (Illustrationer: Emma Öberg)	39
Figur 10. Förenklad kolinlagring i olika vegetationstyper. (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025)	41

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
C	Kol
SOC	Organisk kolhalt i jorden (Soil Organic Carbon)
C/N-kvot	Kol/ kväve-kvot. Påverkar det organiska materialets nedbrytning

Ordlista

Rhizosfären	Jordskiktet närmast växternas rötter, hög mikrobiell aktivitet.
Biogena utsläpp	Koldioxidutsläpp som naturlig del av kolkretsloppet, ex vid nedbrytning av organiskt material, mikrobiell aktivitet i jorden.
Antropogena utsläpp	Utsläpp relaterade till mänsklig aktivitet, ex av trädgårdsredskap, gödsel, transport.
Biotiska faktorer	Levande faktorer till exempel sjukdom, insekter och svampar.
Abiotiska faktorer	Ej levande faktorer till exempel tork/ frostsador, luftföroreningar och andra klimatiska skador.

1. Introduktion

Klimatförändringarna är ett aktuellt problem av stor vikt. Mänskliga aktiviteter har ökat utsläppet av växthusgaser där bland annat koldioxid, metan, lustgas och freoner ingår. Koldioxid är den gas som bidragit mest till växthusgaserna i atmosfären (WWF 2021). Koldioxidutsläppen från fossila bränslen och industrier har mellan år 1990 och 2019 ökat med 167%. Samtidigt har utsläppen från ändrad markanvändning och skogsindustrin ökat med 133% mellan samma årtal (Lee et al 2021). Detta har förstärkt växthuseffekten och gett oss den högsta koldioxidhalten på två miljoner år (WWF 2021). De globala klimatförändringarna har lett till en global havsnivåhöjning på 8,2 cm mellan 1993 och 2018 (UN 2024) och en temperaturökning som förväntas överskrida 1,5 grader inom de kommande årtiondena beroende på hur effektivt utsläppen begränsas (WWF 2021). För att begränsa utsläppen av koldioxid krävs förändringar i flera delar av samhället.

Utöver minskade utsläpp kan inlagring av atmosfärisk koldioxid minska koldioxidhalterna. Inlagring kan göras genom abiotisk eller biotisk inlagring. Abiotisk inlagring innebär att koldioxid injiceras i geologiska skick, denna metod har stor potential men är mycket kostsam. Det andra alternativet är biotisk inlagring, som innebär att atmosfärisk koldioxid binds genom fotosyntes (Lal 2003).

Kolbindning genom fotosyntes innebär att atmosfärisk koldioxid binds och lagras i mark och växtlighet som stabilt kol eller humus (isof 2024). Detta är ett hållbarare alternativ ur ett ekonomiskt perspektiv och förbättrar jordens hälsa (Lal 2003). Jordbruksmark, skogar och betesmarker har en förmåga att binda kol (Bisgrove & Hadley 2002). En mindre benämnd kolbindningskälla är gräsmattor. En stor del av den urbana ytan består idag av trädgårdar, i Storbritannien upp till 47%, där gräsmattor är den dominerande vegetationstypen (Cameron et al 2012). Privata gräsmattor kan utgöra betydande kolförråd då jorden har en högre koltäthet jämfört med mark vid andra användningsområden (Wang et al 2022). Genom kolbindning kan gräsmattor minska växthusgaser i atmosfären och bromsa klimatförändringarna (Bisgrove & Hadley 2002). Uppsatsen riktar sig därav till att belysa hur individuella trädgårdsägare kan öka kolbindningen i sin gräsmatta.

Utöver kandidatarbetet utvecklar ett team lett av en docent vid Uppsala universitet en app där kolinlagringen i privata trädgårdar, med fokus på Storbritannien, lätt kan mätas och uppskattas av privatpersoner. Uppsatsen har även ett utökat syfte att bidra med kunskap om kolinlagringförmågan i trädgårdar till detta verktyg.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet är att redogöra för kolbindning i trädgårdar, specifikt i gräsmattor, samt hur skötselåtgärderna gräsklippning, gödsling och användning av ogräsmedel påverkar kolbindningen. Det övergripande målet med uppsatsen är att redogöra för hur kolbindningen kan ökas och vad privatpersoner kan göra för att öka kolbindningen i sin trädgård. Detta görs med fokus på trädgårdar i Storbritannien.

Övergripande frågeställning:

- Hur kan man öka kolbindningen i gräsmattor i trädgårdar?

Stödjande frågeställningar:

- Hur mycket kol binder gräsmattor i Storbritannien?
- Hur påverkar växtsubstratet kolbindningen i gräs?
- Hur påverkar skötselmomenten gräsklippning samt användning av gödsel och ogräsmedel kolbindningen och kolbalansen i gräsmattor?
- Hur kan kolbindningen och kolbalansen i trädgårdar förbättras av alternativa gräsmattor, buskar och träd?

1.2 Avgränsningar

Avgränsning görs till trädgårdar med liknande klimat som Storbritannien; tempererat klimat med liknande nederbörd. Detta på grund av att klimat och miljö har stor påverkan på effektiviteten och mängden kolbindning av gräsmattor och övriga växter som tas upp i kandidatarbetet. Arbetet kommer endast beröra ingrepp gällande trädgårdar av vanligt förekommande storlek i Storbritannien, där medelstorleken är 96 m² till 2290 m² enligt Loram et al (2007).

Biodiversitetens påverkan på gräsmattor nämns kort men kommer ej att behandlas mer ingående då detta skulle leda till ett alldeles för omfattande arbete.

Gräsmattans sociala, kulturella och historiska värden kommer ej behandlas i större utsträckning. Syftet hålls till att fokusera på aspekter runt kolbindning och kolbalans.

Arbetet kommer utföras under en 10 veckors tidsperiod.

1.3 Relevans för landskapsarkitektur

Ämnet är aktuellt för landskapsarkitektur då det är av stor vikt att utformning av gröna miljöer görs med hållbarhet i åtanke. Arbetet är relevant då det redogör för hur mängden koldioxid i atmosfären kan minskas genom medveten utformning och planering av gröna miljöer.

2. Bakgrund

Kapitlet kommer redogöra för grundläggande begrepp och funktioner av kolbindning för att ge läsaren en grundläggande förståelse inom ämnet. Grundläggande information om kolbindning applicerat i trädgårdar, information om gräsmattor samt förutsättningar i Storbritannien behandlas även.

2.1 Viktiga begrepp

2.1.1 Kol

Kol, kväve, syre och väte utgör de grundläggande byggstenarna för allt liv. Allt organisk koll härstammar i första hand från växter (Kumar et al 2006). Kolets ekosystem drivs av solen. Kol finns i atmosfären, haven och jorden. De delar av kolets ekosystem som kommer beröras i denna kandidatuppsats är kolbindning och kolutsläpp.

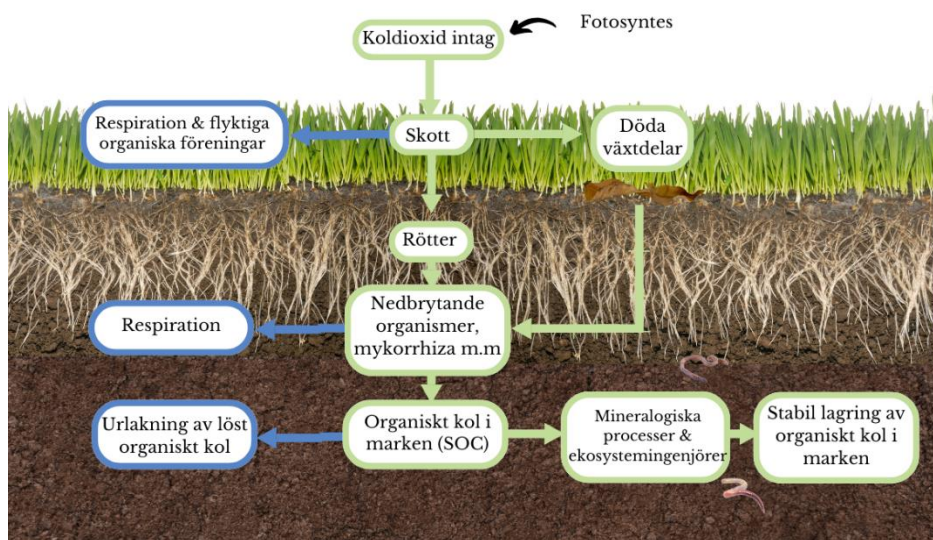
2.1.2 Kolbindning

Kolbindning innebär att kol binds in och lagras i mark och växtlighet på mineraliskt- eller mekaniskt vis, mängden koldioxid i atmosfären minskas då (SLU 2023). Det finns två huvudsakliga typer av kolbindning; organisk och biologisk (USGS 2024). Detta arbete kommer att behandla den biologiska kolbindningen. Kolbindning är en naturlig del av kolets kretslopp (fig. 1).

Genom fotosyntes tas koldioxid upp från luften. Mängden koldioxid som tas upp beror på växtens bladarea och stomatafunktion vilket i sin tur påverkas av flera miljöfaktorer (Ariluoma et al 2023). Koldioxid ombildas till glukos och stärkelse och används som näring i växten (SLU 2023). Det bundna kolet transporteras från källorganen, mogna löv och lagringsstrukturer, till rötter, unga blad, blommor och frukter (Ariluoma et al 2023). Vid ett intaget överskott av koldioxid binds ämnet i växtens ovanjordiska och underjordiska växtdelar (Tommila et al 2024). Kolet transporteras sedan ner i jordhorisonten där det börjar sin omvandling till organiskt material och humus. En av de huvudsakliga källorna till kolinlagring i marken är ackumulering av jordens organiska material genom humifiering efter växters död. Den andra huvudsakliga källan till kolinlagring är rotutsöndringar och frigöring av andra organiska ämnen från rötterna i rhizofären under växtens tillväxt (Kumar et al 2006).

Det organiska kolet i jorden binds i större utsträckning i de djupare jordlagren och bidrar till en långsiktigare kolinlagring. Växtarter med relativt hög tillväxthastighet tenderar generellt att ha en högre fotosyntetisk kapacitet, ett högre kolutsläpp via respiration och en kortare livslängd. En hög tillväxthastighet är även kopplat till stora och snabba kolflöden med en lägre torrmasa och lägre kolmängd i både ovanjordiska- och underjordiska växtdelar samt i marken. Motsatt till detta leder en långsam tillväxthastighet till långsamma flöden och mer stabila, svårnedbrytbara kollager (De Deyn et al 2008).

Flödet av kol i ekosystem



Figur 1. Flödet av kol i ekosystem. Gröna linjer visar kolflöden där kol lagras i marken, blå linjer visar kolförluster från marken (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025).

2.1.3 Kolutsläpp

Kol lämnar ekosystemet naturligt via respiration från bland annat växter, nedbrytande organismer och mykorrhiza, samt från urlakning av organiskt bundet kol (De Deyn et al 2008). När växter dör bryts växtmaterialet ned av mikroorganismer och kolet släpps ut i atmosfären igen. Kolutsläpp är alltså en naturlig del av fotosyntesen och kolets kretslopp i naturen. (Lerman & Contosta 2019).

Mänskliga aktiviteter stör detta naturliga kretslopp genom utsläpp av växthusgaser kopplat till bland annat skogsröjning, cementtillverkning, varutransport, köttproduktion och konsumtion av föremål och kläder. Vid aktiviteter som dessa ökar kolutsläppen samt mängden växthusgaser i atmosfären (Naturskyddsföreningen 2023).

2.1.4 Kolbalans

När kol binds i växtlighet och jord benämns det kolbindning och vid människodrivna utsläpp pratar man om kolutsläpp. Dessa två kan tillsammans skapa en kolbalans. Kolbalans innebär att utsläppen av koldioxid inte överstiger inbindningen av koldioxid i växtligheten. Vid en positiv kolbalans bidrar systemet alltså till att minska mängden koldioxid i atmosfären och på sikt även klimatförändringarna (Lerman & Contosta 2019).

2.2 Trädgårdar

2.2.1 Kolbindning

Kolbindningen i trädgårdar påverkas i hög grad av trädgårdens utformning och vilken miljö trädgården befinner sig i. Viktiga faktorer som påverkar är vegetationstypen och vilken täckning denna har, då olika växtarter tillför olika mängder kol till det mikrobiella livet (Ladygina & Hedlund 2010). Om ekosystemet utgör en kolkälla eller en kolsänka kan undersökas genom att mäta ändringar i markens organiska kol över en längre tidsperiod (Wang et al 2022).

Kolbindningens effektivitet skiljer sig mellan ovanjordiska och underjordiska växtdelar (Tommila et al 2024) samt utsöndringar från rötterna (De Deyn et al 2008). Rötterna står för 5–33% av de organiska ämnen som växten producerar genom fotosyntesen per dag (ibid.). Majoriteten av landlevande växter består till ca 40–50% av kol (torr biomassa) (Cameron et al 2012).

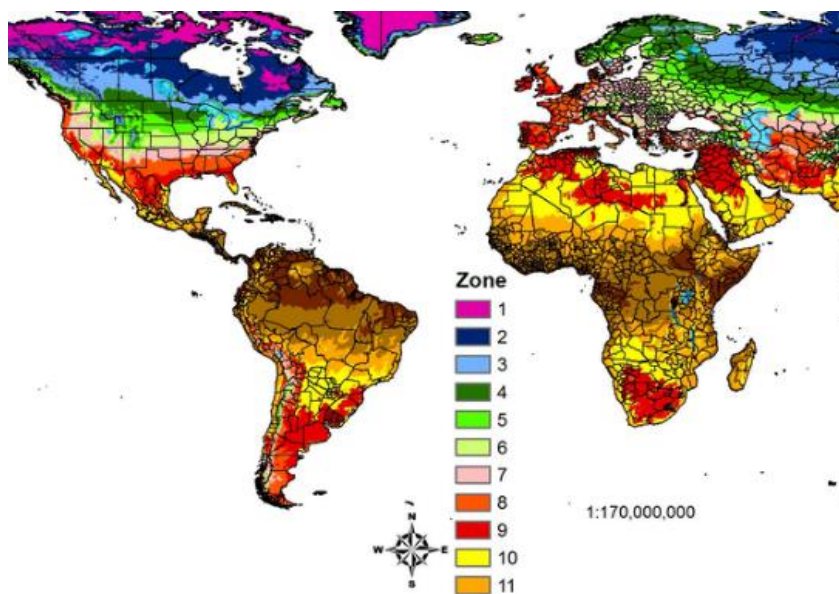
Utöver detta har faktorer som gödsel, bekämpningsmedel, substrat och skötsel en påverkan. Kolbindningssiffror har i uppsatsen valts att redovisas i kg per m², då denna enhet enklare appliceras på småskaliga trädgårdar.

2.2.2 Gräsmattor

Gräsmattor är ofta en dominerande vegetationstyp i urbana trädgårdar (Ariluoma et al 2023). I Storbritannien består 60% av trädgårdar av gräsmattor (Cameron et al 2012). Gräsmattor har många olika användningsområden och används bland annat för rekreation och sociala möten. De ska uppfylla en praktisk funktion, men även vara estetiskt tilltalande (De 2017). Förekomsten av gräsmattor förväntas öka med den ökade urbaniseringen (Wang et al 2022). Arealen på trädgård och gräsmatta minskar dock med ökad urbanisering (Cameron et al 2012). En gräsmatta består av flera olika grässorter (Smith et al 2006).

2.3 Storbritannien

Kandidatuppsatsen fokuserar på kolbindningen av gräsmattor i trädgårdar med samma/ jämförbart klimat som uppvisas i Storbritannien. Klimatzonerna i Storbritannien är mellan 7 och 9, där en övergripande del av landet är i zon 8 (fig. 2). Klimatet i Storbritannien är mildt med relativt små temperaturskillnader mellan sommar och vinter (Bisgrove & Hadley 2002). Mycket av informationen kring kolinlagring, specifikt om kolinlagring i gräsmattor, är utförda i USA. Dessa studier har efter beaktning av liknande USDA växtzonerna (fig. 2) valt att inkluderas.



Figur 2. Världens olika växtzoner graderade 1-13, inzoomad. USDA-växtzoner (Krause 2019).

Temperatur

Medeltemperaturen i Storbritannien de senaste 30 åren var 9,3 grader. Med den lägsta medeltemperaturen i januari på ca 7 grader och den högsta i juni på strax under 19 grader (Climate Change Knowledge Portal u.å).

Regn

Genomsnittlig årlig nederbörd på 800 till 1400 mm regn per år (Climate Change Knowledge Portal u.å).

Jordarter

Det finns 6 vanliga typer av jord i Storbritannien (W 2024) som förekommer i olika utsträckning och besitter olika vattenhållande förmågor, se Tabell 1.

Tabell 1. Vanliga jordar i Storbritannien

Jord	Procent %	Vattenhållande förmåga
lermark	30	måttlig
lera	25	hög
sand	20	låg
siltjordar	15	hög
kalkjord	5	låg
torvjord	5	hög

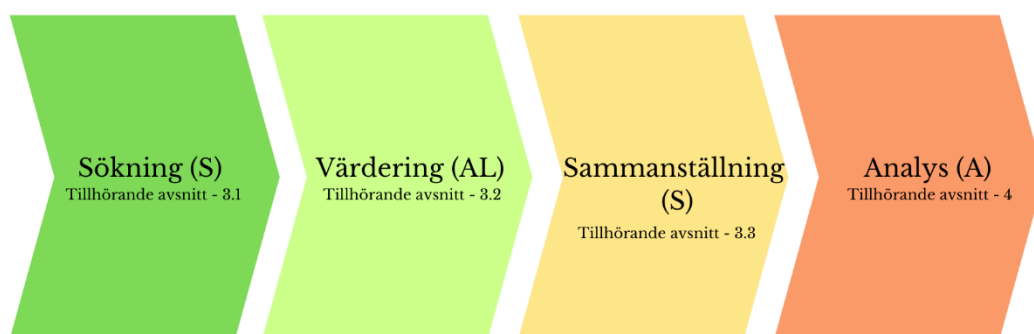
3. Metod

Uppsatsen har utförts med semisystematisk litteraturstudie som metod. En semisystematisk litteraturstudie är enligt Snyder (2019) en metod för att analysera och syntetisera forskning när ämnet är brett, tvärvetenskapligt eller svårdefinierat. Denna typ av litteraturstudie passar även bättre för att kartlägga forskning, identifiera teman och forskningsluckor snarare än att sammanställa alla tillgängliga studier. En semisystematisk litteraturstudie är mer flexibel än en systematisk litteraturstudie, men skall ändå utföras transparent och strukturerat. En semisystematisk litteraturstudie är lämplig att använda i detta arbete då forskning sträcker sig över flera discipliner (ekologi, agronomi, stadsplanering) och syftar till att identifiera teman, motstridiga resultat och underutforskade aspekter i litteraturen (Snyder 2019). Arbetet syftar genom denna metodik till att ge behjälplig information till verktyget *Garden Advice* samt göra informationen lättillgänglig och förståelig för privatpersoner.

Den semisystematiska litteraturstudien har gjorts enligt SALSA-metoden. SALSA-metoden är en förkortning och består av stegen Search, Appraisal, Synthesis och Analysis (Mengist et al 2020). Kapitlet kommer redogöra för SALSA-metodens olika steg, översatta till svenska, enligt figur 3.

Litteratur som använts är vetenskapliga artiklar samt information om ämnet från myndigheter för att skapa grundläggande förståelse.

Avgränsningar gjordes efter kapitel 1.2 efter hand i skrivprocessen. Buskar och träd minskades till att ha en mindre inblandning i uppsatsen och fokus lades på gräsmattor.



Figur 3. Översikt över de steg som ingår i SALSA-metoden. (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025).

3.1 Sökning

Sökning (S) är den första delen i SALSA-metoden och redovisar för vart sökningar gjorts samt vilka sökord och sökfraser som används.

Sökningar har gjorts på Google Scholar, Scopus och Web of science. Databaserna har valts ut då de genererat flest relevanta resultat med de valda sökorden. Sökord har tagits fram baserat på uppsatsens ämnesval och avgränsningar. Sökord har även tagits från tidigt funna relevanta arbeten. Se breda nyckelbegrepp och relaterade termer i tabell 2. Sökningar på databaser har gjorts på engelska för att öka mängden åtkomliga resultat.

Tabell 2. Breda nyckelbegrepp och relaterade termer

Nyckelbegrepp	Relaterade termer
Kolinlagring	Carbon sequestration, carbon storage
Trädgård	Garden (residential, private, urban), tree*, bushes, grass, vegetation

Sökfraser skapades sedan efter nyckelbegrepp och relaterade termer. Ändringar av söktermerna gjordes efter databas. Detta då användning av ” * ”AND”, och ”OR” ej fungerar på databasen Google Scholar. Till det bredare resultatet användes sökfraser från tabell 3.

Tabell 3. Breda sökfraser

Google Scholar	Web of Science & Scopus
Carbon sequestration in gardens	”Carbon sequestration” AND garden
Carbon sequestration trees shrubs grass	”Carbon sequestration” AND tree*/ shrubs/ grass
Carbon sequestration grasslands	”Carbon sequestration” AND grasslands
relationship between tree type and carbon sequestration UK	”Tree types” AND ”Carbon sequestration” AND UK
The effect of soil fertilizer on carbon storage	”soil” AND ”fertilizer” AND ”carbon sequestration” OR ”carbon storage”
Plants for carbon sequestration garden	”Carbon sequestration” AND plants OR garden OR ”gardenplants”

Nya sökfraser användes efter avgränsningar av uppsatsens syfte. Avsmalnade söktermer efter utförda avgränsningar, med fokus på gräsmattor, gjordes därav efter följande, tabell 4:

Tabell 4. Avsmalnade söktermer

Google Scholar	Web of Science & Scopus
Carbon sequestration garden lawn UK	Lawn AND Carbon AND UK "carbon sequestration" AND lawn AND uk "carbon sequestration" AND grass AND uk "carbon sequestration" AND grass AND garden
Soil carbon sequestration	"soil" AND "carbon sequestration" OR "carbon storage"
SOC carbon storage	SOC AND "carbon sequestration" OR "carbon storage"
Mowing-/pesticides-/fertilizing and carbon sequestration	Mowing-/pesticides-/fertilizing AND "carbon sequestration"

Ovan nämnda söktermer gav trots sin precision stundtals breda resultat. Vid upprepade resultat innehållande ej önskade termer lades NOT till i söktermen, termen som användes var "NOT gröna tak".

Utöver ovan nämnda sökfraser användes kedjesökning av referenser. Kedjesökning innebär att källor letas upp i referenslistor hos andra relevanta publikationer (Luleå tekniska universitet 2025).

3.2 Värdering

Värdering (AL) är den andra delen av SALSA-metoden, i detta steg inkluderas eller exkluderas de tidigare funna studierna. Värdering och exkludering har initialt utförts efter följande steg, genomläsning av titel, abstract och översikt av tabeller/diagram/figurer. Dessa delar har gjorts för att skapa en snabb uppfattning om källans innehåll och information. Ytterligare gallring av valda vetenskapliga studier har utförts efter genomläsning, där irrelevanta studier filterats ut. Inkludering av studier gjordes efter relevant innehåll, till exempel kolbindning, kolbalans och kolutsläpp av gräsmattor, trädgårdar och de valda skötselmomenten. Exkludering utfördes av studier om skog, åkermark, våtmark och övriga relevanta miljöer för uppsatsen.

3.2.1 Källkritik

Källorna har av författaren bedömts vara trovärdiga. Källor har huvudsakligen betraktas som trovärdiga baserat på förekomsten av vetenskaplig granskning. De traditionella källkritiska kriterierna *tid*, *beroende*, *äkthet* och *tendens* (Leth & Thurén 2000) har utöver förekomst av vetenskaplig granskning lagt grund för källkritiken i kandidatuppsatsen. Ej vetenskapligt granskade källor som populärvetenskapliga artiklar har bedömts utifrån förekomst av sammanstämmande information med trovärdiga källor, utifrån *beroendekriteriet*. Information har utöver detta verifierats genom användning av flertalet källor. Källor har vid överensstämmande information bedömts vara trovärdiga enligt de källkritiska kriterierna (ibid.).

3.3 Sammanställning

Sammanställning (S) är det tredje steget i SALSA-metoden. För att få en bred kunskap och utvecklad förståelse för kandidatuppsatsens ämne valdes, efter gallring, 33 vetenskapliga studier. Data från dessa kategoriserades och sammanställdes i verktyget Excel. För sammanställning av data och valda vetenskapliga studier se bilaga 2.

För övrig information användes 16 övriga källor, varav 8 webbsidor, 4 rapporter, 1 handbok, 1 faktablad, 1 bok och 1 broschyr. För sammanställning av övriga källor se bilaga 3.

3.3.1 Datainsamling och omvandling

Omvandlingar har gjorts, för till uppsatsen relevant enhet. Enheten som används är kg/m² och kol. En del av de insamlade vetenskapliga studierna har använt sig av andra enheter, omvandlingar här därav gjorts efter tabell 5 och 6.

Tabell 5. Omvandling från Mg och g till kg.

Enhet från studie:	Förklaring	Omvandling
kg C m ²	Används ofta i urbana miljöer eller mindre ekosystem ex, trädgårdar.	-
Mg C ha	Vanlig enhet för att mäta kolinlagring i skogar, jordbruksmark och större grönområden.	1 Mg C ha = 0,1 kg C m ²
g C m ²	Används för att mäta kolinlagring i vegetation och mark.	1 g C m ² = 0,001 kg C m ²

Tabell 6. Omvandling mellan kol, koldioxid och koldioxidekvivalenter.

Ämne	Förklaring	Omvandling
Kol	Det elementära kolet i en förening	1 kg kol = 3,67 kg koldioxid
Koldioxid	Gas som består av kol och syre	1 kg koldioxid = 0,273 kg kol
Koldioxidekvivalenter	Mäter den sammanlagda effekten från olika gaser (Koldioxid, lustgas, metan)	Beror på gasens GWP (Global Warming Potential)

3.4 Kritik av metod

Nackdelen med en semisystematisk litteraturstudie är, i och med dess mindre strikta struktur, att den är svårare att replikera (Snyder 2019). Risk finns även för att urvalet av studier blir subjektivt om processen inte tydligt dokumenteras.

Utöver detta har de valda sökorden haft en påverkan på träffarna de olika databaserna genererat och resultatet har oundvikligt vinklats efter de valda sökorden. För att få ett objektiva resultat har värdeord utelämnats och studier har inte exkluderats vid motsägande data. De valda databaserna har gett tillgång till en bred och stor mängd information, detta är positivt ur aspekten att resultatet ej är vinklat efter en mindre mängd information. Nackdelar med stora mängder tillgänglig information kan dock ses i att viss relevant information för uppsatsen kan ha undkommit.

Även frågeställningarna har påverkat resultatet och vilken information som fokus lades på. Vid andra formuleringar av frågeställningarna hade resultatet blivit annorlunda, därmed får läsaren ha i åtanke att uppsatsen är utformad efter den valda metoden, sökorden och avgränsningar samt den kunskap som besatts av skribenten vid början av arbetet. Uppsatsens syfte har genomgående varit att visa många aspekter som påverkar kolbindningen i gräsmattor samt framföra informationen på ett passande sätt med de givna tids- och omfattningsbegränsningarna.

4. Resultat och analys

Vid insamling och sammanställning av data visades att många studier där kolinlagring i gräsmattor undersöks är gjorda i USA. De studier som undersöker kolinlagring i Storbritannien har ej specifika siffror på kolinlagringen i gräsmattor. Dessa fokuserar mer på trädgårdar i helhet eller på vedartad vegetation som träd och buskar. Vissa delar av USA har liknande väder och nederbörd som Storbritannien samt till viss del överensstämmande grässorter (tabell 5). Jämförelser mellan studier utförda i ovan nämnda delar av USA kan därav göras. När det gäller jordarter skiljer sig länderna från varandra. Jordarter diskuteras ej i studierna men har stor påverkan på den kolbindning som kan uppnås. Detta behöver hållas i åtanke vid jämförelser. Inlagringen av kol i marken kan ses variera mycket även inom samma land (Flude et al 2022).

Sammanställning av data från de insamlade studierna, steg fyra ”Analys (A)” i SALSA-metoden, visar att aktuella platser måste bedömas efter dess individuella förutsättningar för att ge korrekta kolbindningsvärden. Då de påverkande faktorerna är för många. Önskvärda förutsättningar för att ge en plats bästa möjliga kolbindningsförutsättningar kommer redogöras i kommande underkapitel.

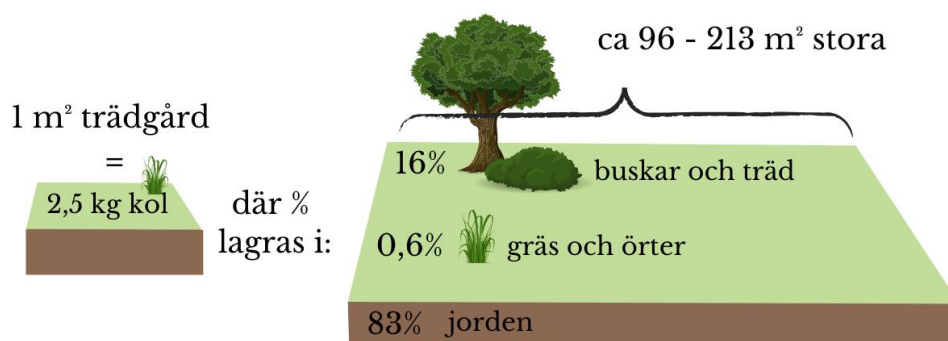
4.1 Kolbindning i Storbritanniens trädgårdar

I Storbritannien finns 30 miljoner trädgårdar på totalt 700 000 hektar med upp till 400 000 olika sorters växter (RHS 2021). Medelstorleken på trädgårdar i 5 städer i Storbritannien var mellan 96 m² and 213 m² i studie av Loram et al (2007) där den minsta trädgården man studerade var 3.6 m² och den största 2290 m². Trädgårdar förekommer alltså i många storlekar. Vid undersökning av dessa 267 trädgårdar av Loram et al (2011) var majoriteten, ca 50%, av trädgårdsåtgårderna var relativt nya (0–9 år). Detta kan vara kopplat till att de flesta husägare i undersökningen bott i bostäderna i 0–9 år (ibid.). Många människor bor idag i städer och 21,8–26,8% av den urbana ytan i Storbritannien är beräknat vara trädgårdar (Loram et al 2007).

I genomsnitt lagras 2,5 kg kol per m² i trädgårdar, där 83% av detta kol lagras i jorden (ned till 600 mm:s djup), 16% i träd och buskar och 0,6% i gräs- och örtväxter (fig.4) (Cameron et al 2012). Majoriteten av kol i trädgårdar finns alltså i jorden. I en studie av Bradley et al (2005) kan ännu högre siffror ses, detta kan kopplas till att studien undersökte djupare jordhorisonter och utfördes i en annan miljö. Studien redovisade att det, ned till 100 cm i jorden i Storbritannien, är en kolinlagring på 7 kg kol/ m² i jorden där 4 kg av kolet ses i det översta jordlagret

(0–30 cm). Detta är långt över de 2,1 kg kol som de 83% av 2,5 kg Cameron et al (2012) redovisar. Från detta kan dock utläsas att jorden är en mycket viktig kolbindningskälla jämfört med övrig vegetation i trädgårdar, oavsett effektivitet. En ökad mängd organisk kol i jorden ger många fördelar, bland annat förbättrad vattenhållande förmåga och vatteninfiltrationshastighet samt minskad jordpackning, erosion och saltmängd i jorden (Nathan et al 2020).

Kolinlagring genomsnittlig Brittisk trädgård



Figur 4. Möjlig genomsnittlig kolinlagring i Storbritannien och vanliga storlekar på trädgårdar i Storbritannien (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025)

Ett relativt simpelt sätt att utreda gräsmattors kolavtryck kan göras genom att undersöka 3 olika faktorer (Zirkle et al 2011). Mer om dessa går att läsa i följande tillhörande avsnitt;

- Gräsarternas förmåga att fixera och binda kol, ”4.1.1 Gräsmattor”
- Markens kapacitet att lagra kol, ”4.2.1 Jord”
- Kolutsläppet av skötselmetoderna, ”4.2.2 Skötselåtgärder”

4.1.1 Gräsmattor

I följande kapitel kommer gräs och dess rötters förmåga att fixera och binda kol i sin massa och i jorden samt gräsmattornas roll i kolbindningen redogöras.

Gräsmattor generellt är kolneutrala eller kolsänkor, med undantag för intensivt skötta system som golfgreenar och sportfält. Gräsmattor odlas inte för en stor ovanjordisk massa (Wang et al 2022). En stor andel av biomassan hos gräs finns under jord, detta bidrar till en långsiktig kolinlagring (De Deyn et al 2008). Den långsiktiga kollagringen under marken finns i jorden som organiskt kol och inte i rötterna då gräsrötter har en hög omsättningshastighet (ca 2 år) (Wang et al 2022). Grästyper med djupare rotzoner kan öka jordens organiska kolhalt (Cameron et al 2012) då kolet har möjlighet att transporteras och avläggas längre ner i jordhorisonten. Ett utbrett rotsystem är även viktigt för att gräsmattan ska kunna klara av abiotiska och biotiska stressfaktorer. Det är därför viktigt att välja grästyper som är anpassade till klimatet då de har välfungerande rotsystem samt kan undvika stressresponser som släpper ut koldioxid (Wang et al 2022). Genom att plantera perenna gräs hinner den underjordiska rotmassan även byggas upp under längre tid. Vid växtens död bidrar rötterna då med mer organiskt material (De Deyn et al 2008).

Den totala nettokolbindningen i gräsmattor sågs vara mellan 0,025–0,204 kg kol/m²/år beroende på underhåll (Zirkle et al 2011). Andra studier visar stor variation på kolbindningen i privata gräsmattor där kolbindningen låg på mellan 0,021 kg kol/m² till 0,14 kg kol/m² (Wang et al 2022). När Flude et al (2022) gjorde en metastudie med jämförelser av flertalet studier i USA sågs den genomsnittliga organiska kolinlagringen i jorden per år vara medel 0,258 kg kol/m²/år för privata gräsmattor (Flude et al 2022). Om endast de amerikanska stater med ett klimat jämförbart med Storbritanniens inkluderades sjönk denna siffra till 0,016 kg. Kolbindningen i gräsmattor kan ses vara betydande under gräsmattans första år men minskar sedan för att i genomsnitt ligga på 0 kg kol/m² efter 50 år (Phillips et al 2023).

Grässorter

Utöver ovan nämnda viktiga kolbindningsavgörande faktorer finns gräsgrupper med olika fotosynteskapaciteter. Fotosyntesen skiljer sorterna C3 "kallvädersgräs" och C4 "varmvädersgräs" från varandra. Grässorter med C3-fotosyntes trivs i svalare och fuktigare klimat och benämns som "kallvädersgräs". De förekommer i boreala och tempererade områden, exempelvis Storbritannien. Grässorter med C4-fotosyntes trivs i motsatts till detta i varma, torra klimat och benämns "varmvädersgräs" (Cletah 2016). Dessa trivs i tropiska områden. Aktuella gräs för Storbritannien och denna uppsats är C3-grässorter. Ytterligare skillnader mellan grässorterna C3 och C4 är deras frosttolerans, tillväxtsäsong och temperaturanpassning. Kallvädersgräs växer bäst i svalare klimat på 10–25 grader och börjar växa tidigare på vår och höst. Kallvädersgräs kan också ses växa bättre vid ökade koldioxidnivåer (Shoko et al 2016). Skillnader i kolbindning inom de funktionella grupperna är generellt små (se exempel på kolinlagring av olika C3 sorter i tabell 7) medan skillnaderna mellan de funktionella grupperna är väsentligare (ibid.).

Båda sorterna förekommer i gräsmattor i USA (De 2017) medan C3 gräsen förekommer i gräsmattor i Storbritannien (Shoko et al 2016). De vanligaste grässorterna i Storbritannien kan ses i Tabell 5. Där kan ses att många av dessa även förekommer i USA.

Tabell 7. De vanligaste grässorterna i Storbritannien/ vanliga gräs i USA med kolinlagring och rotsystem. Kolinlagrings siffror från Wang et al (2022). Källa vanliga grässorter i Storbritannien -Smith et al (2006). Källa vanliga grässorter i USA - De (2017).

Latin	Svenskt namn	Vanlig i	Kolinlagring kol/ m ² /år	Rotsystem
<i>Festuca rubra</i>	Rödsvingel	UK, USA	0,074	Rhizomatiskt
<i>Lolium perenne</i>	Engelskt rajgräs	UK, USA	0,032	Grunt (stort rotsystem)
<i>Agrostis stolonifera</i>	Krypven	UK, USA	0,078	Grunt, rhizomatiskt
<i>Agrostis capillaris</i>	Rödven	UK, USA	-	Grunt
<i>Poa trivialis</i>	Kärrgröe	UK, USA	-	Rhizomatiskt
<i>Poa annua</i>	Vitgröe	UK, USA	-	Grunt (ogräs)
<i>Poa pratensis</i>	Ängsgröe	UK, USA	-	Rhizomatiskt
<i>Holcus lanatus</i>	Luddtåtel	UK	-	Rhizomatiskt

4.2 Förbättra kolbindningen i gräsmattor

För att förbättra kolbindningen i gräsmattor kan substrat, skötselåtgärder och växtval ses över och optimeras. Hur detta ändrar kolbindningen och hur optimering kan utföras redovisas i följande kapitel.

4.2.1 Jord

Vilken jordart som finns på platsen och markens kapacitet att lagra kol har påverkan på kolinlagringen.

Den historiska markanvändningen har stor påverkan på hur jordens lager av organiskt kol och humus ser ut. När organiskt kol lagrats och sedan brutits ned under lång tid omvandlas det slutligen till humus (Zirkle et al 2011).

Kolinlagringen i marken minskas när markhorisonterna störs. Därav är det viktigt att göra minimala ingrepp för att det organiska materialet inte ska oxidera (Cameron et al 2012). Etablerade gräsmattor bestående av perenna arter har en relativt ostörd markprofil och gynnar kolinlagringen. Gräsmattans ekosystem kan jämföras med fleråriga gräsmarker eller No-Til jordbrukssystem (Zirkle et al 2011), där jorden lämnas ostörd och ej plöjs. I sådana gräsmarker i Storbritannien kan en kolbindning på 0,004–0,04 kg / m²/ år ses, beroende på tidigare markanvändning, skötsel med mera (Ostle et al 2009).

En jord med mycket markliv i form av till exempel daggmaskar, myror och termiter påverkar kolinlagringen genom att bilda stabila jordaggregat och blanda det organiska materialet (De Deyn et al 2008). Enligt studie av Breeveld et al (2024) påverkas även förekomsten av daggmaskar negativt när markhorisonter störs. Det mikrobiella livet och dess aktivitet bidrar till koldioxidutsläpp via respiration. Bakterier trivs vid högkvalitativ och lättnedbrytbart organiskt material och bidrar till snabbare kolförluster genom sin låga kolanvändningseffektivitet. Svampar har i kontrast till detta ett högre kolanvändningseffekt, gynnas av näringsfattig och svårnedbrytbar biomassa samt bidrar till en stabilare kolinlagring (De Deyn et al 2008). Mykorrhizasamarbeten mellan svampar och växter kan spela en viktig roll för kolstabiliseringen i marken. De ökar kolinlagringen i marken genom att immobilisera kol i sin biomassa och skapa stabila jordaggregat (ibid.).

Jord lagrar stora mängder kol i det undre jordlagret (under 20 cm). Det som har störst påverkan på inlagringen av kol i djupare jordlager är rotproduktivitet, rhizodeposition (organiska föreningar som utsöndras från rötterna, energikälla för mikroorganismer) och mikrobiell nedbrytning. Utöver dessa påverkar advektiva-

och diffusa processer. Advektiva processer är förflyttning av kol med hjälp av vatten, där löst organisk kol förflyttas ned i jordprofilen där det organiska materialet hålls stabilare samt bryts ned långsammare. Diffusa processer innebär att jordens lager blandas (omblandning kan utföras av maskar och insekter), frysnings- och upptiningscykler i kalla klimat och mänsklig jordbearbetning (till exempel plöjning) (Sierra et al 2024). Endast en mindre andel av jordens kol når de djupare kollagren och stabiliseras över 50 år. För att lagra kol under en längre tid bör man, utöver att öka koltillförseln, fokusera på mekanismer som kan öka stabiliseringen av kol i jorden (ibid.). Vegetation med djupa rotsystem är viktigt för att bibehålla en permanent källa av organiskt material ned till djupare jordlager (Lal 2003).

Studier har visat att fintexturerade jordar med hög lerhalt är bättre på att stabilisera organiskt kol i marken och minskar även nedbrytningshastigheten. Detta har dock inte alltid en betydande påverkan på de organiska kolförråden i privata gräsmattor (Wang et al 2022).

4.2.2 Skötselåtgärder

Den bränsleförbrukning och relaterade kolutsläpp som associeras med gräsklippning och annan skötsel- och bevattningsutrustning samt produktion och transport av dessa kan motverka gräsmattans kolinlagringsfördelar. Transport och produktion av gödsel och bekämpningsmedel för områden med en hög skötselnivå bidrar också till att motverka gräsmattans fördelar (Wang et al 2022). Av gräsmattans bundna koldioxid beräknas 32% åter släppas ut i samband med gödsling och gräsklippning (Philips et al 2023). Bevattning och gödsling släpper även ut lustgas vilket bidrar avsevärt till nettoutsläppen av växthusgaser (Wang et al 2022). Lustgas är en växthusgas som är 298 gånger skadligare än koldioxid (Flude et al 2023). Begränsning av dessa underhållsåtgärder samt användandet av effektiva och genomtänkta underhållsmetoder kan minska de relaterade utsläppen och förbättra kolbalansen (ibid.).

Gödsel

Gödsling är en relativt vanlig skötselåtgärd. I en undersökning av Loram et al (2011) med 265 personer svarade 58% att de använde gödsel. Användandet och produktionen av konstgödsel har en direkt påverkan på klimatet då produktionen av dessa konstgjorda medel släpper ut växthusgaser (Cameron et al 2012). Utsläpp på i genomsnitt 0,021 kg kol/ m²/år är förknippat med gödselproduktion (Flude et al 2022).

Oreglerad användning av kemiska gödningsmedel stör markens naturliga mikrobiella liv (Nathan et al 2020). Att utesluta gödsling är dock ej en hållbar strategi för att öka kolbindningen i gräsmattan, då gräsmattor som ej vattnas och gödslas gradvis förlorar sitt organiska kolförråd (Wang et al 2022). Utsläppen från de konstgjorda medel som Flude et al (2022) redovisat kan undvikas genom att lämna kvar fallförna och grenar som kan agera som naturligt gödsel (De Deyn et al 2008).

De Deyn et al (2008) beskriver att beroende på material kan det naturliga gödselmaterialet antingen kategoriseras som lågkvalitativt- eller högkvalitativt material. Löv och rötter är exempel på lågkvalitativt material med hög C/N kvot, (påverkar det organiska materialets nedbrytning) och en långsam nedbrytningstakt vilket bidrar till en långsiktig kolinlagring. Andra exempel på lågkvalitativa material är lignin och suberin. Gödsling eller kvarlämning av fallförna som grupperas som högkvalitativt material med låg C/N kvot leder till en snabbare nedbrytning och frigöring av markkol. Exempel på sådana material är blad från lövträd, baljväxter och snabbväxande buskar. Även örter och gräs som är snabbväxande och har en låg ligninhalt räknas till högkvalitativt material (De Deyn et al 2008).

Den organiska halten i jorden sågs öka med 100% över 144 år vid användning av gödsel och kompost i en studie i Storbritannien (Lal 2003). Genom att lämna kvar gräsklippen på gräsmattan efter klippning ökar motståndskraften mot brunfärgning av gräsmattan under torka (Trudgill et al 2010). Att lämna kvar gräsklipp påskyndar även gräsmattans återhämtning efter torka (ibid.). Vid gödsling kan störningar av jordhorisonten undvikas genom att lämna komposten ovanpå jorden och låta materialet brytas ned naturligt (Riksförbundet Svensk Trädgård 2023).

Gödsling med kväve har begränsade fördelar för gräsets kolbindning och minskningen av växthusgasutsläpp, speciellt när gräsmattan är äldre (mogen) (Wang et al 2022). Man bör därav dra ner på gödselgivan i takt med att gräsmattan blir äldre. Vid för höga gödselnivåer ökar även de naturliga lustgasutsläppen från marken (Flude et al 2023).

Ökade tillskott av kompost till marken kan öka jordens respiration (Wayn et al 2008) då det organiska materialet fungerar som en kolkälla som mikroorganismerna i jorden kan bryta ned, vilket leder till koldioxidutsläpp genom jordandning. Ett tjockare lager av organiskt material under gräsmattan kan å andra sidan sammankopplas med högre kolinlagring då en större horisont av organiskt material i jorden kan främja växttillväxt och öka kolupptaget i biomassa. Detta kan leda till en mer balanserad kolcykel över tid (Shchepeleva et al 2017).

Exakt hur gräset reagerar på gödsel varierar mellan gräsarterna. Wang et al (2022) redovisar att vissa aggressiva rhizomatösa gräs (rödsvingel, ängsvingel) lagrar kolhydrater i rhizomer och ökar tjockleken på jordens översta halmskickslager, istället för att bidra till ökade organiska kollager i jorden. Halmskickslagret är en samling av organiskt material bestående av döda och levande stjälkar som ansamlas mellan gräs och jord. Lagret ackumuleras snabbare än det bryts ned och utgör med tiden en allt tjockare barriär. Halmskickets kolhalt är jämförbart med jordens och är en potentiell kolbindningskälla, trots detta ingår halmskicket vanligtvis inte i beräkningar av kol i marken. I studier där lagret är medräknat grupperas det ibland med rötter och underjordisk vegetation och ibland med den ovanjordiska vegetationen (Wang et al 2022). Kvarlämningen av halm sågs i en studie uppgå till 0,4362 kg torrsvikt/m² (Quian et al: Wang et al 2022).

Bekämpningsmedel

Det finns olika typer av bekämpningsmedel (pesticider);

- Insektsmedel (insekticider)
- Svampmedel (fungicider)
- Ogräsmedel (herbicider)

Uppsatsen fokuserar på kolbindningspåverkan av kemiska bekämpningsmedel. Bekämpningsmedel används för att kontrollera skadedjur och ogräs samt upprätthålla gräsmattans estetiska och funktionella roll (Flude et al 2022). Bekämpningsmedel kan störa de processer som hjälper jorden att lagra koldioxid (Nathan et al 2020). De kan även ha en negativ påverkan på klimatet och klimatförändringarna (ibid.). Användning av bekämpningsmedel är relativt vanligt och 53% av 265 tillfrågade hushåll använde bekämpningsmedel i tidigare nämnda studie gjord i Storbritannien (Loram et al 2011).

Bekämpningsmedel (specifikt 2,4-D, vanlig och bred användning) hämmar karbonanhydras som är ett viktigt enzym vid kolbindning genom dess påverkan på bakterierna som producerar detta enzym samt enzymets aktivitet. Kolbindningen i

jorden minskade vid användande av detta bekämpningsmedel med cirka 2,38% (Nathan et al 2020). Bekämpningsmedlet 2,4-D är ett av de äldsta ogräsmedlen och används på gräsmarker och grödor (PAN UK 2023). Medlet kan potentiellt orsaka skador på den mänskliga hälsan, vattenlevande arter, daggmaskar och bin (ibid.).

Bekämpningsmedels påverkan på mikrolivets kolbindningsfunktion är starkt sammanlänkat med vilken typ av bekämpningsmedel som används, dess dos och vilket jordsubstrat som finns på platsen. Insektsmedel påverkade kolcykeln avsevärt, Cbhl och chiA var de mikrobakterier som var känsligast mot förekomsten av bekämpningsmedel (Sim et al 2022). En högre koncentration av bekämpningsmedel kunde kopplas till en lägre kolinlagringskapacitet (Nathan et al 2020). Utsläppen från produktion av bekämpningsmedel är i sammanfattningen i tabell 10 inräknat i lustgasutsläppen.

Gräsklippning

Utsläpp vid gräsklippning och uppbyggnad av gräsmattor kan vara större än de kolbindande fördelarna de för med sig (Ariluoma et al 2024). De dolda koldioxidkostnaderna påverkas av användningsområdet för gräsytan, artval och antalet klippningar (Flude et al 2022). Med rätt skötsel kan gräsmattor bidra till kolbindningen, där mindre intensiv skötsel kan öka kolbindningen och högintensiv skötsel kan minska den (Wang et al 2022). En skötselintensiv gräsmatta sågs gå från att vara en kolsänka till att bli en kolkälla på cirka 30 år. Om allmän skötsel inte utförs kan detta ta mellan 79 och 409 år (Flude 2022).

Gräsklippning är väldigt vanligt. Vid enkätundersökning med 265 trädgårdsägare svarade 83% att gräsklippning utfördes, resterande saknade gräsmatta. 65% av dessa klippte gräset en gång varannan vecka (1 gång/ 2 veckor) (Loram et al 2011). Med en växtsäsong på exempelvis 7 månader resulterar detta i 14 klippningar per år. Liknande siffror sågs i studien av Smith & Fellowes (2014) där en konventionell gräsmatta klipptes 13 respektive 15 gånger per år. Jämfört med detta behövde en alternativ gräsmatta av örter endast klippas mellan 7 och 11 gånger per år beroende på den valda höjden (2 eller 4 cm) (Smith & Fellowes 2014).

Enligt Lilly et al (2015) påverkade klipphöjd biomassaallokeringen där lägre klipphöjd resulterade i mer kol i klippmassan och mindre i stubb och rötter (Lilly et al 2015). Gräsmattor som klipptes på en högre höjd (7,6 cm) visade ökade kolinlagringskapaciteter genom fotosyntes jämfört med lägre klipphöjd (3,8 cm). Generell påverkan av olika klipphöjder redovisas i tabell 8 nedan.

Tabell 8. Skillnader mellan olika klipphöjder på gräs. Information taget från Wang et al (2022).

Område/ Klipphöjd	Högre klipphöjd (7,6 cm)	Lägre klipphöjd (3,8 cm)
Skott	Mer bladmassa	Mindre bladmassa
Rötter	Djupare rötter	Grundare rötter
Gräsklippning / tillväxtstimulation	Minskat behov / mindre tillväxtstimulation	Högre behov / ökad tillväxtstimulation
Näringsämnen	Ökat behov för att bibehålla starkt gräs	Normal mängd
Ogräs	Ökad ogräsmängd	Hålls under kontroll
Respiration	-	Högre respiration från marken
Stress	-	Högre pga. gräsklippning
SOC	Stort bidrag via rötter	Stort bidrag via lämning av klippt gräs

Gräsklippning har setts vara den mest energikrävande skötseln (Wang et al 2022). Endast tre minuters körning av bensindrivna gräsklippare släpper ut lika mycket som en timmes bilkörning i 100km/h (Olofsson u.å.). Eldrivna gräsklippare har bevisats sänka koldioxidutsläppen med 49,9% för manuella gräsklippare och 32,3% för eldrivna åkergräsklippare (Philips et al 2023). Ett annat alternativ är cylinderklippare, en "handjagare", som saknar motor och i stället förs framåt med mankraft. Dessa har även fördelen att de klipper av grässtrået i stället för att slå av det. De orsakar en finare snittyta och mindre skada på grässtrået, som kräver mindre näring och vatten för att repareras (Olofsson u.å.).

De antropogena (människodrivna) utsläppen kan ses öka vid gräsklippning medan de biogena utsläppen (naturliga) inte påverkas av gräsklippning (Lilly et al 2015). Utsläppen vid skötselåtgärder är dock enligt Lerman och Contosta (2019) orsakade av biogena markprocesser och inte av koldioxidutsläpp från gräsklippare. Årliga respirationsutsläpp av kol från jorden kunde ses ligga på 1,05, 0,92 respektive 0,458 kg/ m², år i tre olika studier (Wang et al 2022).

Minskad skötselintensitet kan minska de relaterade (människodrivna) netto-utsläppen av lust- och växthusgaser, men då minskade som tidigare nämnt även SOC förrådet (Wang et al 2022). Vid jämförelse av olika nivåer av åtgärder, klippning, gödsling och användande av bekämpningsmedel sågs följande kolbindning (respiration inräknat) (Tabell 7). Gräsmattor som endast klipptes (minimala åtgärder) hade en lägre kolbindningsgrad medan en något högre skötselnivå (medelåtgärder) av privatpersoner, där vattning och gödsling ingick,

ökade kolbindningen. Bästa resultat sågs vid maximala åtgärder baserat på industristandarder, där intensiv hantering med alla rekommenderade åtgärder; vattning, gödsling, mätning, med mera, utfördes. De olika åtgärdsnivåernas kolutsläpp sågs öka vid en högre skötselnivå enligt tabell 9.

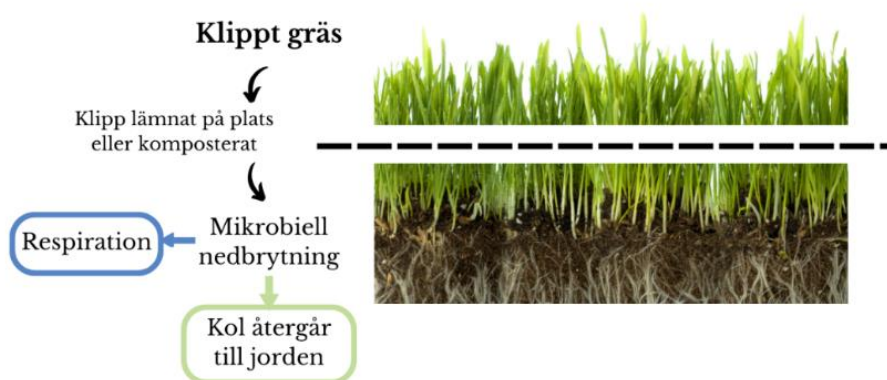
Tabell 9. Kolbalans efter olika skötselnivåer i kg/ m²/år (Lustgas ej inräknat). Data taget från Zirkle et al (2011)

Skötselnivå	Minimala åtgärder	Medelåtgärder	Maximala åtgärder
Kolbindning	0,02–0,11	0,08–0,18	0,05–0,20
Kolutsläpp	0,01–0,02	0,02–0,04	0,02–0,13
Kolbalans	0,1–0,09	0,06–0,14	0,03–0,07

Av tabellen kan ses att minimala och maximala åtgärder får den lägsta resulterade kolbalansen. Den högre tillväxten och kolinlagringen av den maximala skötseln dras bort av det högre associerade kolutsläppet.

Att låta gräsklippen ligga kvar på platsen bidrar till jordens översta organiska innehåll och markens kolinlagring, då det klippta gräset snabbt bryts ned (Wang et al 2022). Om gräsklipp tas bort från platsen kan detta leda till signifikanta kolförluster (ibid.). En metaanalys av Philips et al (2023) visade att många studier, dock inte alla, redovisade en ökning av organiskt kol vid lämnat gräsklipp. En av studierna visade på en ökning av organiskt kol med så mycket som 28–58% vid kvarlämning av gräsklipp (fig.5) (Philips et al 2023).

Kvarlämning av gräsklipp



Figur 5. Kvarlämning av gräsklipp på plats (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025)

Bevattning

Vattentillgång har stor betydelse för växters tillväxt. Bevattningsmängden behöver anpassas efter de naturliga förutsättningarna på platsen och dess nederbörd. Vid otillräcklig bevattning kan påverkan från värme och torka ha en negativ påverkan på växtens funktion (Loka et al 2018).

Vid otillräcklig bevattning stängs växtens bladöppningar (stomata) för att minska vattenförlust. Detta är dock negativt för kolinlagringen då det begränsar koldioxidupptaget. Vattenbristens påverkan på växten beror på svårigheten och varaktigheten av vattenbristen samt vilket utvecklingsstadium växten är i och dess genetiska egenskaper. Exempel på torktåliga gräs där koldioxidupptaget ej begränsas vid torka är rödsvingel och krypven (ibid.).

I tempererade klimat där gräset är väl anpassat till sin miljö krävs minimal bevattning. Vatten kan både främja och minska kollagringsförmågan i gräsmattor. Vid låg jordvattentillgång ($<0,15 \text{ m}^3$) kan gräsets förmåga att omvandla atmosfärisk koldioxid vara begränsat medan gräset vid adekvata vattenförhållanden ($>0,15 \text{ m}^3$) ökade den nettoprimära produktionen (båda dessa undersöktes vid hög ljusintensitet). När klimatet är varmt kan bevattning även främja den mikrobiella aktiviteten i jorden som bryter ned organiska ämnen och bildar SOC (Wang et al 2022). Bevattning ökade rotbiomassan och försköt kolflödet från ovanjordisk biomassa till rötter vid undersökning av grässorten rödsvingel (Lilly et al 2015).

Utsläpp på i genomsnitt $0,004 \text{ kg kol/ m}^2/\text{år}$ är förknippat med bevattning i USA (Flude et al 2022) i stater med klimat relativt likt Storbritanniens (WorldData u.å.). Bevattning kan göras hållbarare genom att samla in regnvatten (RHS 2021), minska behovet av att använda kranvatten och därmed minska onödig förbrukning av renat vatten. Detta är även ett hållbart alternativ för framtiden när vattenbrister kan bli påtagligare pga. klimatförändringarna (Bisgrove & Hadley 2002).

Sammanfattning skötselavsnitt

Växterna bör ur ett kolbalansperspektiv ha låga underhållskrav, då ett lågt behov av konstbevattning, gödsling, beskärning, med mera minskar koldioxidutsläpp vid skötsel (Chu et al 2022). Studier av Lily et al (2015) visar att skötselmetoder kan förändra när och hur kol färdas genom mark och gräsmatta. De menar att den totala kolinlagringsmängden inte nödvändigtvis påverkas av skötselmetoder, men att skötsel kan vara ett verktyg för att anpassa urbana grönområden för att nå klimatmålen (Lilly et al 2015).

Tabell 10. Kolbalans i gräsmattor, kolutsläpp från skötsel och kolinlagring av gräs i kg kol/m²/år. Respiration medräknat. Uträknat från inhämtad information i Flude et al (2022).

Faktorer	Kolbindning	Kolutsläpp
Gräsmattor	0,169	-
Gödselproduktion		0,0142
Gräsklippning (24 st)		0,016
Bevattning		0,004
Lustgasutsläpp & bekämpningsmedelsproduktion		0,0195
Totalt:	0,169	0,0537
Kolbalans: (kolbindning-kolutsläpp)		0,1153

Om du utför skötseln från fig.10 på en medeltomt i Storbritannien på 154,5 m² innebär det, teoretiskt sett, att din gräsmatta binder 17,8 kg kol eller 65 kg koldioxid per år. Dock finns många osäkerheter, genomgått i tidigare kapitel, som kan påverka resultatet.

4.2.3 Alternativ gräsmatta/ Äng

Ett annat sätt att förbättra kolinlagringen i gräsmattor är att ändra artsammansättningen. I detta avsnitt diskuteras alternativa gräsmattor och ängsplanteringar som kan ersätta och hålla liknande funktion som klassiska gräsmattor.

Majoriteten, 97%, av Storbritanniens semi-naturliga betesmarker har försvunnit de senaste 50 åren, vilket har påverkat kolinlagringen. För att återlagra detta kol uppmanas bland annat trädgårdsägare att omvandla sina gräsmattor till blomsterängar (Breeveld et al 2024). Perenner har djupare rotsystem, långsammare nedbrytning av organiskt material och bidrar till ökad kolinlagring i marken (Zirkle et al 2011). Vid jämförelse av gräsmatta och ängsplantering sågs att den kortsiktiga kolbindningen i de ovanjordiska växtdelarna var densamma. Utsläppen kopplade till gräsklippning och gödsel minskade med 0,037 kg kol/m²/år (Marshall et al 2023). Markens organiska material ökar vid plantering av djuprotade gräs som prärie- och ängsvegetation med 3–4 gånger mer än vanliga gräsmattor (Cameron et al 2012).

Vid undersökning vid King's College Cambridge i England redovisades att 83% av studenterna föredrog ängars estetiska och miljömässiga intryck och fördelar över gräsmattans (se fig. 6 & 7 för exempel på utseende). Fler ansåg även att ängarna hade större positiv inverkan på den mentala hälsan och 30% av deltagarna ville ersätta alla områdets gräsmattor med ängar. Majoriteten (68%) ville dock hellre se en blandning av konventionella gräsmattor och ängar (Marshall et al 2023).



Figur 6. Blomsteräng. Helmsley Walled Garden (Harris, A. 2018). [fotografit] CC BY-ND.



Figur 7. Gräsmatta. *Paspalum notatum* (Bahia grass). (Forest & Starr. K 2009). CC-BY [fotografi].

En gräsmatta av perenner sågs ha en liknande täckning som konventionella gräsmattor och behöver ej omplanteras (Smith & Fellowes 2014). Inhemska växter sågs även ha bäst marktäckning, öka artrikedomen samt öka diversitet av insekter och pollinatörer (ibid.). Vid ökad temperatur (3 grader) på grund av till exempel klimatförändringar klarar sorter som klöver, röllicka och rödven sig bättre än den klassiska grässorten ängsgröe (Bisgrove & Hadley 2002). För att inte störa markhorisonten vid anläggning av äng kan ”scarifying”, en teknik där man skär upp jorden, utföras istället för att ta bort det översta jordlagret (Breeveld et al 2024).

Följande arter (fig. 8) passar för skapandet av alternativa gräsmattor som till exempel örtgräsmattor, inhemska ängar och tapetgräsmattor.

Exempel arter för alternativa gräsmattor	
Revmörblomma <i>Ranunculus repens</i>	Renfana <i>Tanacetum vulgare</i>
Tusensköna <i>Bellis perennis</i>	Prästkrage <i>Leucanthemum vulgare</i>
Grässtjärnblomma <i>Stellaria graminea</i>	Åkervädd <i>Knautia arvensis</i>
Gråfibbla <i>Pilosella officinarum</i>	Gulmåra <i>Galium verum</i>
Vitklöver <i>Trifolium repens</i>	Röllicka <i>Achillea millefolium</i>
Revfingerört <i>Potentilla reptans</i>	Blåklint <i>Centaurea scabiosa</i>
Germader veronika <i>Veronica chamaedrys</i>	Gökblomster <i>Lychnis flosculi</i>
Brunört <i>Prunella vulgaris</i>	Svartklint <i>Centaurea nigra</i>
Luktviol <i>Viola ordata</i>	Brudbröd <i>Filipendula vulgaris</i>
Kamomill <i>Chamomilla</i>	Äkta johannesört <i>Hypericum perforatum</i>
Kryptimja <i>Thymus serpyllum</i>	Gullviva <i>Primula veris</i>

Figur 8. Exempel på arter för alternativa gräsmattor. Arter tagna från Ignatieva (2015), Smith & Fellowes (2017) och RHS (2021).

4.3 Öka kolbindningen i trädgårdar

Som alternativ till större gräsmattor kan planteringar med annan vegetation göras för att öka kolbindningspotentialen i trädgårdar. Växtvalet kan göra stor skillnad och öka kolinlagringen i trädgårdar upp till 5 gånger (Riksförbundet Svensk Trädgård 2023). Att plantera högre kolbindande vegetation/ vegetation som kräver mindre intensivt underhåll kan vara ett kraftfullt sätt att både minska koldioxidutsläpp från skötselmaskiner (Lerman & Contosta 2019) samt binda mer kol i växtlighet och jord. En kombination av olika växtslag och utformning av vegetationen i strategiska mönster kan maximera kolbindningen och effektivisera skötseln. Man kan plantera olika sorters växter i flera lager (träd, buskar och örter) för att binda mer kol i sin trädgård (Chu et al 2022) (fig. 9). Genom att samplantera växter med olika mängd ovanjordisk och underjordisk massa kan biomassan ovan och under jord optimeras (Riksförbundet Svensk Trädgård 2023).

Vilka växtsorter som planteras har påverkan på om kolkällan blir kort- eller långsiktig (De Deyn et al 2008). För att optimera kolinlagringen vid nybyggnation rekommenderas en blandning av snabbväxande och långsamväxande växter. Den snabbväxande växtligheten kan då bidra med ett ökat kolupptag till en början och efter tid assisteras av långsamväxande, exempelvis större träd (Ariluoma et al 2024).

För en högre kolinlagring på ett begränsat markutrymme kan klättrande växter användas (Chu et al 2022). Växter som växer på höjden, gröna väggar, kan binda upp till 0,68kg kol/ m² per år (RHS 2021) medan andra studier menar på att de kan binda upp till 3,18 kg kol/ m² och år (Chu et al 2022). Växter som har stor kolbindningsförmåga och kan användas till gröna väggar är till exempel thunbergia laurifolia, klätterfikus och rådhusvin (ibid.).



Figur 9. Förslag på trädgårdsutformning för ökad kolinlagring. Vänster bild visar trädgård före åtgärder, höger efter åtgärder. (Illustrationer: Emma Öberg)

4.3.1 Buskar

Enskilda buskar, buskage och häckar utgör en alternativ vegetationsgrupp som kan användas i privata trädgårdar. Buskar lagrar cirka 0,3 – 4 kg kol/ buske eller 0,5–2 kg kol/ m², beroende på storlek av busken. Buskar blir även fullvuxna innan träd, den totala kolinlagringskapaciteten i ovanjordiska växtdelar uppnås därav snabbare (Tommila et al. 2024). Att välja häck i stället för staket ökar också kolinlagringen, en 30% kolinlagringsökning kunde ses i exempel från Riksförbundet Svensk Trädgård (2023). Unga häckar under 12 år binder 0,22 kg kol/ m²/år och mogna häckar (39 år) binder 0,043 kg kol/ m²/ år när kolbindningen stannat på grund av ålder och beskärning (Biffi 2023). För förenklad bild av kolbindningen se fig.10.

4.3.2 Träd

Träd är de växter i våra trädgårdar som blir störst och lever längst (Bisgrove & Hadley 2002) och de har en stor kolbindningskapacitet (Chu et al 2022). Träd lagrar mycket kol i sin biomassa, benämnt i kg kol/ m² samt binder en mängd kol till markens organiska kolförråd genom sina rötter, benämnt i kg kol/m²/år.

Urbana träd utanför skogar blir alltmer uppskattade för sitt substantiella tillskott till kolinlagringen (Zellweger et al 2022). Träd utanför skogar i Storbritannien står för 17% av den totala kolinlagringen i träd (i biomassa) och 21% av den totala kolinlagringshastigheten av träd i Storbritannien (ibid). Träd i urbana miljöer har en bra kolbindning per träd då den lägre planteringsdensiteten ökar tillgången till ljus, koldioxid med mera (Ariluoma et al 2024).

Kol i biomassa

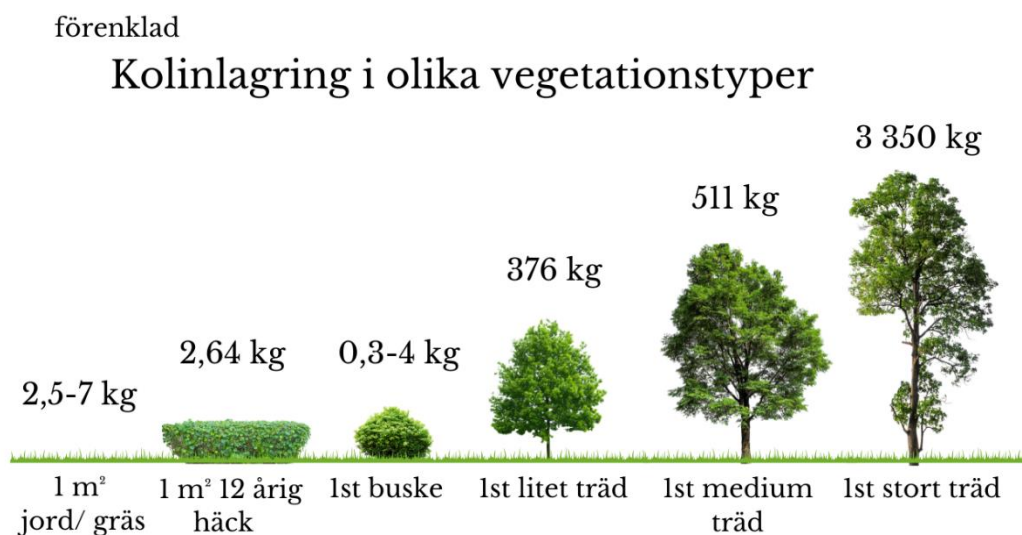
Ett fullvuxet, litet träd lagrar upp till 376 kg kol, ett mediumstort träd lagrar 511 kg och ett stort träd lagrar upp till 3 350 kg kol i biomassan under sin livslängd. Träd binder 40,38 kg koldioxid ur luften/ m² enligt RHS (2021) vilket motsvarar 11,01 kg kol. Jämförbart med siffror från studie av Zellweger et al (2022) där ett medelvärde på 8,97 kg lagrat kol/ m² redovisades, med ett intervall från 0,005–30,43 kg kol/ m². Från detta kan den generella slutsatsen dras att ju större träd – desto mer kol kan lagras. Detta kan även ses i studie av Johnson & Gerhold (2003) där träd med en brösthöjdsdiameter på 3,8–11,9 cm innehöll 1,7–54,5 kg kol i hela trädet. Resultaten visade på att de överjordiska växtdelarnas bundna kol ökade med en ökad diameter (Johnson & Gerhold 2003). Det bundna kolet i de studerade träden av Johnson och Gerhold (2003) fanns till endast 16–33% i rötterna, resterande del av kolet fanns i de överjordiska växtdelarna.

Kolbindningen är som störst när trädet är runt 30 år (Zellweger 2022). För att öka kollagringen i biomassa bör träd med hög biomassaproduktion och lång livslängd väljas. En lång livslängd innebär att kolet hålls bundet i trädets biomassa under en längre tid (Chu et al 2022).

Kolbindning av träd

Träd tar upp runt 25 kg koldioxid per år. För att få en mer exakt siffra behöver trädets storlek, art, ålder med mera tas i beaktning. I en undersökning i Storbritannien genom provtagning av jord ned till 1 meters djup upptäcktes följande; SOC inlagringen sågs ligga på 14–26 kg C/ m² under de undersökta trädarterna ask, lönn och ek, där ask hade den högsta nivån på 26 kg C/ m². Detta är 11 kg mer per m² än de angränsande gräsmarkerna och kan kopplas till askens större och snabbare utvecklade rotmassa jämfört med de andra träden samt anpassningen till platsens lerhaltiga jordar (Edmondson et al 2014). Förenklad bild av kolbindningen kan ses i fig. 10.

Genom att blanda långsamväxande och snabbväxande träd i skogsliknande strukturer uppnås en bättre kolinlagring än vid plantering av flera individer av samma art (ibid.). Plantering av fler träd, ökat antal små träd och mellanstora träd stod för 60% ökning av kolinlagring i trädgårdar enligt Riksförbundet Svensk Trädgård (2023).



Figur 10. Förenklad kolinlagring i olika vegetationstyper. (Illustration: Emma Öberg, skapad med element från Canva, 2025)

5. Diskussion

5.1 Frågeställningar svar

I följande kapitel utvärderas och besvaras frågeställningarna, dess kapitel och identifierade teman.

5.1.1 Växtsubstratets påverkan på kolbindningen

För att maximera kolinlagringen i marken bör man undvika jordstörning, använda djuprotade växter och gynna biologisk aktivitet. Kombinationen av dessa faktorer kan bidra till en mer långsiktig och stabil kolbindning i marken.

Ett substrat som ger växtligheten bästa möjliga förutsättningar till välmående och tillväxt kommer öka kolbindningen. Detta då kol binds i växtens biomassa, en ökad biomassa innebär därav en ökad mängd bundet kol.

5.1.2 Hur mycket kol binder gräsmattor i Storbritannien

Gräsmattor kan fungera som kolsänkor men kolinlagringen varierar beroende på gräsart, skötsel och jordens egenskaper. Djuprotade och perenna arter är bäst för att öka långsiktig kolbindning. Kolbindning i gräsmattor inom länder samt inom Storbritannien varierar. Resultatet av kolbindningen varierar även beroende på hur långt ner i jordlagret man mäter, tidigare jordanvändning och jordstörning, utförda skötselåtgärder och om halmskiktet inkluderas. En exakt siffra går därav inte att bestämma utan exakta studier utförda i den aktuella miljön utefter ovan nämnda faktorer.

5.1.3 Hur påverkar skötselmomentet gräsklippning samt användning av gödsel och ogräsmedel kolbindningen och kolbalansen i gräsmattor?

Minskad skötselintensitet kan minska utsläppen från gräsmattor, men det kan också påverka kolinlagringen negativt. Den bästa strategin som denna uppsats funnit och utifrån kolbalansen är en balanserad skötsel. En balanserad skötsel innebär att;

- Användning av naturliga gödningsalternativ för minimeras utsläpp
- Begränsning av kemiska bekämpningsmedel
- Kvarlämning av gräsklipp för att gynna markens organiska material
- Skonsam bevattning genom att samla regnvatten
- Val av eldrivna eller handdrivna gräsklippare.

Rätt skötsel kan göra att gräsmattor blir en nettokolsänka istället för en kolkälla, vissa studier uppger dock motstridiga resultat och pekar istället på att minimala skötselåtgärder är det bästa för kolbalansen.

Nedan visas exempel på kolbalans i trädgårdar utifrån olika skötselåtgärdsnivåer där medelåtgärder kan ses ge den högsta kolbalansen (tabell 15). Medel av en trädgård i Storbritannien har satts till 154,5 m², detta innebär en kolbindning på; (beroende på skötselnivå) Kg kol/tomt/år:

Tabell 11. Kolbalans utifrån åtgärder på exempelträdgård. Kolinlagringssiffror från Zirkle et al (2011).

	Minimala åtgärder	Medelåtgärder	Maximala åtgärder
Kolbalans ex. trädgård	1,93–14,46	8,80–20,66	3,23–19,62

Det ger omvandlat till koldioxid en inlagrad koldioxidmängd på 7–53/32,3–75,8/11,8–72 kg för respektive skötselnivå.

5.1.4 Hur kan kolbindningen i trädgårdar förbättras av alternativa gräsmattor, buskar och träd?

Att anpassa växtval och trädgårdsstruktur är ett effektivt sätt att öka kolinlagringen. Ökning av kolbindningspotential i trädgårdar kan göras genom bland annat; plantera träd, buskar och vertikal växtlighet, kombinera snabb- och långsamväxande arter, bevara äldre träd med stora kolförråd, minska hårdgjorda ytor och öka växttillgänglig mark. Att ersätta en del eller hela gräsmattan med ängsvegetationen minskar även kolutsläppen från skötselåtgärder och de djuprotade ängsarterna ökar kolbindningen i jorden. Genom dessa ändringar kan kolbindningen och kolbalansen i trädgårdar ökas och bidra ytterligare till klimatmålen.

5.2 Resultatets betydelse

Kandidatuppsatsen har inte kunnat ge exakta siffror på kolbindningen i gräsmattor i Storbritannien då resultatet visat att kolbindningen skiljer sig markant mellan olika jordarter, grössorter, artsammansättningar, miljö, skötsel med mera. Resultatet visar att utökade studier genomförda i Storbritanniens klimat med Storbritanniens jordar och specifika förutsättningar behöver utföras för att kunna göra en säkrare uppskattning av dessa gräsmattors kolbindande effekter. Separat data som behandlar ett fåtal av faktorerna i olika länder har analyserats, men resultaten anses ej vara tillräckligt specifika (till exempel i fråga om jordart, tidigare markanvändning, nederbörd, skötsel) för att en jämförelse mellan alla faktorer ska vara försvarbar. För att få en specifik siffra på kolinlagring i

gräsmattor i Storbritannien behöver alla dessa moment överensstämma med studier gjorda i USA.

Resultatet redogör för flera olika delar av kolsänkor och kolkällor i trädgårdar samlade på en plats med avsikten att kolinlagringen i privata trädgårdar kan uppmärksammas och effektiviseras vid planering av anläggning och ingrepp i trädgårdar.

Genom en sammanfattning av påverkande faktorer på kolbindningen har uppsatsen belyst hur kolbindningen i gräsmattor kan ökas. Med den samlade informationen kan trädgårdsägare få en uppfattning av kolbindningsförmågan i sin trädgård och vilka åtgärder som kan utföras för att påverka trädgårdens kolbindning. Genom att göra informerade trädgårdsåtgärder kan privata trädgårdar utgöra en stor kolbindningskälla och minska klimatförändringarna.

Då sammanställningen av gynnsamma miljöer är applicerbar världen över kan råden även användas av trädgårdsägare i andra länder än Storbritannien.

5.3 Resultatets etik & hållbarhet

Gräsmattan är ett omdiskuterat trädgårdsfenomen. Avgränsningar har därav behövt göras. De sociala-, kulturella- och etiska faktorerna har bland många andra inte behandlats av uppsatsen. De är trots detta av stor vikt vid diskussioner om gräsmattor i allmänhet.

Att så många studier är gjorda i USA kan ses vara kopplat till den starka kulturella och sociala kopplingen som kan göras till gräsmattor. USA:s bostadsförmedlingar drar i vissa stater gräsmattans intryck till höga höjder där trädgårdsägaren måste uppehålla ett visst utseende av en grön och ordentlig trädgård för att undvika böter från myndigheter. Att gräsmattor har så stort fäste kan kopplas till dess historiska förekomst, något som ej tas upp i denna uppsats men som har stor betydelse för gräsmattor i samhället.

Att behålla sin gräsmatta kortklippt kan även ifrågasättas ur ett etiskt perspektiv då ängar har en större betydelse och värde för biodiversiteten av växter, insekter och djur. Ängar bidrar även i större utsträckning till klimatmålen då de binder mer kol.

I och med att gräsmattors skötsel även kan kopplas till substantiella utsläpp, kan den etiska hållbarheten kring skötseln diskuteras - är det etiskt hållbart av människan att fortsätta bruka denna sorts skötsel på gräsmattor som inte

nödvändigtvis håller en stor praktiskt eller kulturell betydelse? Bör man istället ifrågasätta den sociala normen och gynna diversiteten av växter och djur genom att sluta sätta standarden för gräsmattor till kortklippta, fattiga miljöer?

Resultatets hållbarhet kan även ifrågasättas efter förekomsten av klimatförändringar. Klimatförändringar har inte tagits i åtanke i litteraturstudien eller vid övervägning mellan olika arter. Risken finns att vissa växter lämpar sig sämre för Storbritanniens klimat i framtiden. I framtiden kanske grästypen behöver ändras till C4 gräs som är mer anpassat till varmare klimat. Detta är något som inte behövs innan 2080 enligt Bisgrove och Hadley (2002) i en rapport om klimatförändringar i Storbritannien. Källans aktualitet kan dock ifrågasättas.

En ökad urbanisering kan ses innebära att framtida urbana trädgårdar kommer minska i storlek. Med mindre trädgårdsstorlekar behöver all mark optimeras ytterligare, för bästa möjliga kolinlagringsförutsättningar, detta kan göras genom användning av växter som växer på höjden och bildar gröna väggar.

5.4 Kritisk reflektion

Resultatet pekar mot att utförligare studier behöver utföras för att jämföra de olika faktorernas påverkan i olika miljöer och hur förändringar av dessa faktorer påverkar kolbindningen. För att utvecklat och precisare svar på frågeställningarna hade skribenten velat gå djupare i de olika faktorerna, genom till exempel en studie om hur olika jordsorter påverkar kolbindningen och hur dessa jordsorter fungerar i olika miljöer. Det skulle även behövas utförligare studier av skötselmetoder och gräs i varierande miljöer.

Vissa studier visar motsägande resultat, detta är något som behöver utredas i större sammanhang, då skillnader i miljöförutsättningar kan vara en bidragande faktor till detta.

För att ytterligare stödja privatpersoner i skötsel och ökade kolbindningsmöjligheter i deras gräsmattor och trädgårdar är det möjligt att mer praktisk information skulle vara nödvändig. Detta kan uppnås genom fler praktiska och specifika tips om arter som passar trädgårdens miljö, hur just dessa arter trivs, deras specifika skötsel samt vilka tider och vilken mängd gödsel och ogräsmedel som ska användas vid olika säsonger. Dessa tips finns med stor säkerhet redan att hitta, men att sammanfatta även detta i en och samma uppsats skulle göra det ännu enklare för privatpersoner att hitta informationen och agera rätt för bästa möjliga kolbindning.

5.5 Framtida studier

Det finns ett stort behov av framtida studier då ämnesområdet är mångfacetterat och komplext. Förslag på möjliga framtida studier:

- Fler studier om utsläpp från gräsmattor genom hela dess livstid
- Specifika studier om utsläpp från gräsmattor i privata trädgårdar
- Fler studier om specifika jordarters påverkan på kolbindningen i olika miljöer

Överlag var studier av kolbindning specifikt i privata trädgårdsmiljöer få och större fokus lades på rurala marker som ängar, åkrar och skogar.

Referenser

- Ariluoma M, Kinnunen A, Lampinen J, Hautamäki R and Ottelin J. (2024). Optimizing the co-benefits of biodiversity and carbon sinks in urban residential yards. *Frontiers in Sustainable Cities*, 6.
<https://www.researchgate.net/publication/380435667>
- Ariluoma, M., Leppänen, P.K., Tahvonen, O., Hautamäki, R. Ryymin, A. (2023). A framework for a carbon-based urban vegetation typology - A thematic review. *Environmental Development*, 47. DOI:10.1016/j.envdev.2023.100899
- Bisgrove, R. and Hadley, P. (2002) Gardening in the Global Greenhouse: The Impacts of Climate Change on Gardens in the UK. Technical Report. UKCIP, Oxford.
- Bradley, R.I., Miljne, R., Bell, J., Jordan, C., Higgins, A. (2005). A soil carbon and land use database for the United Kingdom. *Soil Use and Management*. 21 (4), 363–369 <https://doi.org/10.1079/SUM2005351>
- Breeveld, A. A., Pagella, S., & Fisher, J. (2024). Converting grassland to wildflower meadow: impact on soil quality indicators for carbon sequestration. *Academia Environmental Sciences and Sustainability*, 1(2).
<https://doi.org/10.20935/AcadEnvSci6238>
- Cameron, R.W.F, Blanuša, T., Taylor, J.E., Salisbury, A., Halstead, A.J., Henricot, B. & Thompson, K. (2012). The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*. 11 (2), 129-137.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.01.002>.
- Chu, Z., Guan, Y., Ma, J. & 2 Yuan, Y. (2022). The Ways to Improve the Ecological Benefits of Carbon Sequestration of Garden Green Space. *E3S Web of Conferences*. 350 (01027). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235001027>
- Climate Change Knowledge Portal. (u.å). *United Kingdom*. [United Kingdom - Summary | Climate Change Knowledge Portal](#) [2025-02-10]
- De, L.C. (2017). Lawn grasses-a review, *International Journal of Horticulture*, 7(11), 82-94. DOI: 10.5376/ijh.2017.07.0011
- De Deyn, G.B., Cornelissen, J.H.C. & Bardgett. R.D. (2008). Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. *Ecology letters*. 11 (5), 516–531. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01164.x>

Edmondson JL, O'Sullivan OS, Inger R, Potter J, McHugh N, Gaston, K.J. & Leake, J.R. (2014). Urban Tree Effects on Soil Organic Carbon. *PLoS ONE*, 9 (7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101872>

Flude, C., Ficht, A., Sandoval, F. & Lyons, E. (2022). Development of an Urban Turfgrass and Tree Carbon Calculator for Northern Temperate Climates. *Sustainability*, 14 (19). <https://doi.org/10.3390/su141912423>

Ignatieva, M. (2017). *En handbok alternativ till gräsmatta i Sverige från teori till praktik*. SLU, Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för stad och land. ISBN 978-91-85735-42-6

Isof, Institutet för språk och folkminnen (2024). *Kolinlagring*. [kolinlagring | Institutet för språk och folkminnen](https://www.kolinlagring.se) [2025-02-21]

Johnson, A.D. & Gerhold, H.D. (2003). Carbon storage by urban tree cultivars, in roots and above-ground. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2 (2), 65-72. <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00024>.

Krause, T. (2019). *A very useful map for determining world hardness zones*. [Bild]. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Hardiness_Zones.png (Public domain) [2025-03-10]

Kumar, R., Pandey, S. & Pandey, A. (2006). Plant roots and carbon sequestration. *Current Science*, 91 (7), 885-890. <https://www.jstor.org/stable/24094284>.

Luleå tekniska universitet. (2025). *Söktips*. [Söktips | Luleå tekniska universitet](https://www.lulea.se/soktips) [2025-02-21]

Ladygina, N. & Hedlund, K. (2010). Plant species influence microbial diversity and carbon allocation in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*. 42 (2), 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.10.009>.

Lal, R. (2003). Global Potential of Soil Carbon Sequestration to Mitigate the Greenhouse Effect. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22:2, 151-184. <https://doi.org/10.1080/713610854>

Lee, J.Y., J. Marotzke, G. Bala, L. Cao, S. Corti, J.P. Dunne, F. Engelbrecht, E. Fischer, J.C. Fyfe, C. Jones, A. Maycock, J. Mutemi, O. Ndiaye, S. Panickal, & T. Zhou. (2021). *Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-*

Term Information. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 553–672.
doi: [10.1017/9781009157896.006](https://doi.org/10.1017/9781009157896.006).

Leth, G & Thurén, T. (2000). *Källkritik för internet*. (177). Styrelsen för psykologisk försvar, Stockholm. ISSN 1401-2383

Lilly, P.J., Jenkins, J.C. & Carroll, M.J. (2015). Management alters C allocation in turfgrass lawns. *Landscape and Urban Planning*, 134, 119-126.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.011>

Loka, D., Harper, J., Humphreys, M., Gasior, D., Wootton-Bear, P., Gwynn-Jones, D., Scullion, J., Doonan, J., Kingston-Smith, A., Dodd, R., Wang, J., Chadwick, D., Hill, P., Jones, D., Mills, G., Haey, F. & Robinson, D. (2018). Impacts of abiotic stress on the physiology and metabolism of cool-season grasses: a review. *Food and Energy Security*. 8 (1).
<https://doi.org/10.1002/fes3.152>

Loram, A., Warren, P., Thompson, K., Gaston, K. (2011). Urban Domestic Gardens: The Effects of Human Interventions on Garden Composition. *Environmental Management*. 48, 808-824. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9723-3>

Loram, A., Tratalos, J., H. Warren, P. & J. Gaston, K. (2007). Urban domestic gardens (X): the extent & structure of the resource in five major cities. *Landscape Ecol*, 22, 601-615. DOI:[10.1007/s10980-006-9051-9](https://doi.org/10.1007/s10980-006-9051-9)

Mengist, W., Soromessa, T. & Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*. 7, 100777. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777>

Nathan, V.K., Jasna, V. & Parvathi, A. (2020). Pesticide application inhibit the microbial carbonic anhydrase-mediated carbon sequestration in a soil microcosm. *Environmental Science Pollution Research*. 27, 4468–4477.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06503-1>

Naturskyddsföreningen. (2023). *Kolets kretslopp och människans påverkan*. [faktablad]. Naturskyddsföreningen. [Kolets kretslopp och människans påverkan - Naturskyddsföreningen](#) [2025-02-26]

Olofsson, C. (u.å). *Så gör du ett klipp för miljön. Sveriges Natur 1999-2017*. [Så gör du ett klipp för miljön – Sveriges Natur](#) [2025-02-11]

Ostle, N.J., Levy, P.E., Evans, C.D. & Smith, P. (2009). UK land use and soil carbon sequestration. *Land Use Policy*. 26 (1), S274-S283.
doi:10.1016/j.landusepol.2009.08.006

PAN UK. (2023). *Pesticide use in the UK: A snapshot of changes since 2016*. Pesticide Action Network UK. [Pesticide Use in the UK - a snapshot of changes since 2016 by PAN UK - Issuu](#)

Phillips, C.L, Wang, R., Mattox, C., E, T.L., Trammell, Young, J. & Kowalewski, A. (2023). High soil carbon sequestration rates persist several decades in turfgrass systems: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 858 (3), 159974.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159974>.

RHS. (2021). *RHS Sustainability Strategy: Net Positive for Nature and People by 2030: Planet-Friendly Gardening Campaign, the RHS and Gardeners tackling the climate and biodiversity crisis together*. Royal Horticultural Society, London, UK.
[\(PDF\) The RHS Sustainability Strategy Net Positive for Nature and People by 2030](#) [2025-01-25]

Riksförbundet Svensk Trädgård. (2023). *Trädgårdens klimatnytta och betydelse för biodiversiteten*. Stockholms Lito Grafiska AB. [rst_tradgardens_klimatnytta-2023.pdf](#)

Shoko, C., Mutanga, O. & Dube, T. (2016). Progress in the remote sensing of C3 and C4 grass species aboveground biomass over time and space. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 120, 13-24.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.08.001>

Shchepeleva, A.S., Vasenev, V.I., Mazirov, M.I., Vasenev, I.I., Prokhorov, I.S. & Gosse, D.D. (2017). Changes of soil organic carbon stocks and CO2 emissions at the early stages of urban turf grasses' development. *Urban Ecosyst*, 20, 309–321. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0594-5>

Sierra, C.A., Ahrens, B., Bolinder, M.A. Braakhekke, M.C., Fromm, S.v., Kätterer, T., Luo, Z., Parvin, N. & Wang, G. (2024). Carbon sequestration in the subsoil and the time required to stabilize carbon for climate mitigation. *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.17153

Sim, J.X.F., Drigo, B., Doolette, C.L., Vasileiadis, S., Kapouzas, D.G. & Lombi, E. (2022). Impact of twenty pesticides on soil microbial functions and community composition. *Chemosphere*, 307, 135820.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135820>

SLU. (2023). Kolinlagring i jordbruksmark – finns skillnader mellan ekologiska och konventionella jordar? [Kolinlagring i jordbruksmark – finns skillnader mellan ekologiska och konventionella jordar? | Externwebben](#) [2025-01-25]

Smith, L.S. & Fellowes, M.D.E. (2014). The grass-free lawn: Management and species choice for optimum ground cover and plant diversity. *Urban Forestry & Urban Greening*. 13 (3), 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.008>

Smith, R.M., Thompson, K., Hodgson, J.G., Warren, P.H. & Gaston, K.J. (2006). Urban domestic gardens (IX): Composition and richness of the vascular plant flora, and implications for native biodiversity. *Biological Conservation*, 129 (3), 312-322. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.10.045>.

Snyder, H. (2019). Litterature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*. 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

Tommila, T., Tahvonen, O. & Kuittinen, M. (2024). How much carbon can shrubs store? Measurements and analyses from Finland. *Urban Forestry & Urban Greening*. 101. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128560>

Trudgill, S., Jeffery, A. & Parker, J. (2010). Climate change and the resilience of the domestic lawn. *Applied Geography*. 30 (1), 177-190. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.002>

UN. (2024). *Surging seas in a warming world: The latest science and present-day impacts and future projections of sea-level rise*. [slr technical brief 26 aug 2024.pdf](#)

USGS. (2024). *What is carbon sequestration?* USGS science for a changing world. [What is carbon sequestration? | U.S. Geological Survey](#)) [2025-02-15]

Wang, R., Mattox, C.M., Philips, C.L. & Kowalewski, A. (2022). Carbon Sequestration in Turfgrass-Soil Systems. *Plants*, 11(19), 2478. <https://doi.org/10.3390/plants11192478>

W. M (2024). *Soil Types – A Complete Guide to UK Garden Soils*. [Soil Types - A Complete Guide to UK Garden Soils](#) [2025-02-12]

WWF. (2021). *Klimatförändringarna*. [Klimatförändringar - Vad är det? Världsnaturfonden WWFS](#) [2025-02-10]

WorldData. (u.å). *Climate comparison*. [Climate comparison: United Kingdom / Kansas](#) [2025-02-28]

Zellweger, F., Flack-Prain, S., Footring, J., Wilebore, B. & Willis, K.J. (2022). Carbon storage and sequestration rates of trees inside and outside forests in Great Britain. *Enviromental Research Letters*. 17 (7). DOI 10.1088/1748-9326/ac74d5

Zirkle, G., Lal, R., & Augustin, B. (2011). Modeling Carbon Sequestration in Home Lawns. *HortScience horts*, 46 (5), 808-814. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.5.808>

Bilaga 1

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Emma Öberg har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Bilaga 2

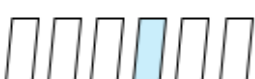
Teckenförklaring			
Kolbindning	Skötselåtgärder	Miljö	Övriga
 Jord	 Gräsklippning	 Klimatförändringar	 Grästyper
 Gräs	 Gödsling	 Ekosystemtjänster	 Mikrobiell påverkan
 Äng	 Ogräsmedel/ Bekämpningsmedel	 Biodiversitet	 Markanvändning
 Buskar	 Bevattnings	 Växtdiversitet	 Privata trädgårdar
 Träd			
 Urbana grönytor			

Referenser kategoriserade efter innehåll: *Studien specificerar ej studiens plats.

**Information från studier utförda över flera länder. UK kort för Storbritannien.

Författare	År	Land	Resultat			
			Kolbindning	Skötselåtgärder	Miljö	Övrigt
Ariluoma, et al	2024	.*				
Ariluoma, et al	2023	.*				
Bradley et al	2005	UK				
Breeveld et al	2024	UK				
Cameron et al	2012	USA/ UK/ Nya Zeeland				
Chu et al	2022	.*				
De, L.C.	2017	USA				
De Deyn et al	2008	.*				

Edmondson et al	2014	UK				
Flude et al	2022	USA				
Johnson et al	2003	USA				
Kumar et al	2006	.*				
Ladygina et al	2010	.*				
Lal, R.	2003	.**				
Lilly et al.	2015	USA				
Loka et al	2018	USA/ UK				
Loram et al	2011	UK				
Loram et al	2007	UK				
Nathan et al	2020	.*				
Ostle et al	2009	UK				
Phillips et al	2023	USA				
Shoko et al	2016	.*				
Shchepeleva et al	2017	Ryssl and				
Sierra et al	2024	.*				
Sim et al	2022	Austr alien				

Smith et al	2014	UK				
Smith et al	2006	UK				
Tommila et al	2024	Finland				
Trudgill et al	2010	UK				
Wang et al	2022	USA				
Zellweger et al	2022	UK				
Zirkle et al	2011	USA				

Bilaga 3

Sammanställning av övriga källor:

Författare	År	Typ av källa	Titel
Bisgrove & Hadley	2002	Rapport	<i>Gardening in the Global greenhouse: The Impacts of Climate Change on Gardens in the UK</i>
Climate Change Knowledge Portal	u. å	Webbsida	<i>United Kingdom – Summary.</i>
Ignatieva	2017	Handbok	<i>En handbok alternativ till gräsmatta i Sverige från teori till praktik</i>
Isof, Institutet för språk och fornminnen	2024	Webbsida	<i>Kolinlagring</i>
Lee et al	2021	Rapport	<i>Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information.</i>
Naturskyddsföreningen	2023	Faktablad	<i>Kolets kretslopp och människans påverkan</i>
Olofsson	u. å	Webbsida	<i>Så gör du ett klipp för miljön</i>
PAN UK	2023	Rapport	<i>Pesticide use in the UK: A snapshot of changes since 2016</i>
RHS	2021	Bok (online-version)	<i>RHS Sustainability Strategy: Net Positive for Nature and People by 2030: Planet-Friendly Gardening Campaign, the RHS and Gardeners tackling the climate and biodiversity crisis together.</i>
Riksförbundet Svensk Trädgård	2023	Broschyr	<i>Trädgårdens klimatnytta och betydelse för biodiversiteten</i>
SLU	2023	Webbsida	<i>Kolinlagring i jordbruksmark – finns skillnader mellan ekologiska och konventionella jorðar?</i>
UN	2024	Rapport	<i>Surging seas in a warming world: The latest science and present-day impacts and future projections of sea-level rise.</i>

USGS	2024	Webbsida	<i>What is carbon sequestration?</i> USGS science for a changing world.
W. M	2021	Webbsida	<i>Soil Tpes – A Complete Guide to UK Garden Soils.</i>
WWF	2021	Webbsida	<i>Klimatförändringar</i>
WorldData	u. å	Webbsida	<i>Climate Comparison: United Kingdom/ Kansas</i>