



Biologiska kolsänkor i Helsingborg, Dnr 00080/2020

Beskrivning av ärendet

Helsingborg har som ambition att inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser 2035. Mer specifikt ska utsläppen av växthusgaser minska inom kommungränsen med minst 85 procent från 1990 till 2035. För att uppnå nettonollutsläpp kan utsläppsminskningar genom kompletterande åtgärder såsom ett ökat upptag av koldioxid i mark och vegetation tillgodoräknas.

Syftet med rapporten är att utreda hur mycket kol som skulle kunna bindas genom biologiska kolsänkor i Helsingborg år 2035 beroende på val av åtgärder, samt att beräkna hur kostnadseffektiva dessa åtgärder är.

Rapporten har korrigerats 2021-05-14.

Innehåll

Innehåll	2
Inledning.....	3
Kolsänkor och kolförråd	3
Åtgärder för ökad kolinlagring.....	5
Grönytor i stadsmiljö.....	6
Träd	7
Gröna tak	7
Gräsytor	8
Förändrad markanvändning.....	8
Skogsplantering.....	8
Betesmarker.....	9
Våtmarker	10
Jordbruksmetoder	10
Biokol.....	11
Scenarion.....	12
Summering	14
Appendix A: beräkningar av kolförråd och upptag i Helsingborg.....	16
A1. Kolförråden i levande biomassa.....	16
A2. Kolförråd i mark	16
A3. Kolupptag och nedbrytning	16
Appendix B. Beräkning av kolupptag för åtgärdsförslag.....	18
B1. Träd i stad.....	18
B2. Gräsytor.....	18
B3. Gröna tak.....	18
B4. Plantering av skog.....	18
B5. Betesmark	19
B6. Våtmarker.....	19
B7. Biokol	19
B8. Jordbruksmetoder	19
Appendix C. Scenarion	20
Stadsträd.....	20
Gröna tak	20

Gräsytor	20
Skog	20
Betesmark.....	21
Våtmark.....	21
Jordbruksmark.....	21
Biokol	22

Inledning

Den första januari 2018 trädde Sveriges nya klimatlag i kraft. Den specificerar bland annat att regeringen regelbundet ska ta fram en handlingsplan för hur klimatmålen ska uppnås. Enligt de nationella klimatmålen ska Sverige efter 2045 ha nått negativa utsläpp av växthusgaser. För att uppnå detta mål ska utsläppen vara 85 procent lägre än referensåret 1990. Resterande 15 procent kan uppnås med kompletterande åtgärder.

Helsingborg har i sin Klimat- och energiplan antagit en liknande målsättning. Ambitionen är att nå nettoutsläpp av växthusgaser under noll senast år 2035. Precis som för de nationella målen kan riktade åtgärder för ökade upptag av koldioxid i skog och mark räknas in, motsvarande maximalt 15 % av utsläppsminskningarna.

Syftet med den här rapporten är att ta fram ett underlag för vidare klimatarbete med aktiva åtgärder för att öka de biologiska kolsänkorna i Helsingborgs kommun. Genom att uppskatta olika åtgärders kostnadseffektivitet från ett klimatperspektiv, samt visa på vilka skalor man kan jobba med dessa åtgärder inom kommunen, vill rapporten ge en översikt över vilka satsningar som kan göras för att kolsänkorna ska kunna bidra till kommunens klimatmål.

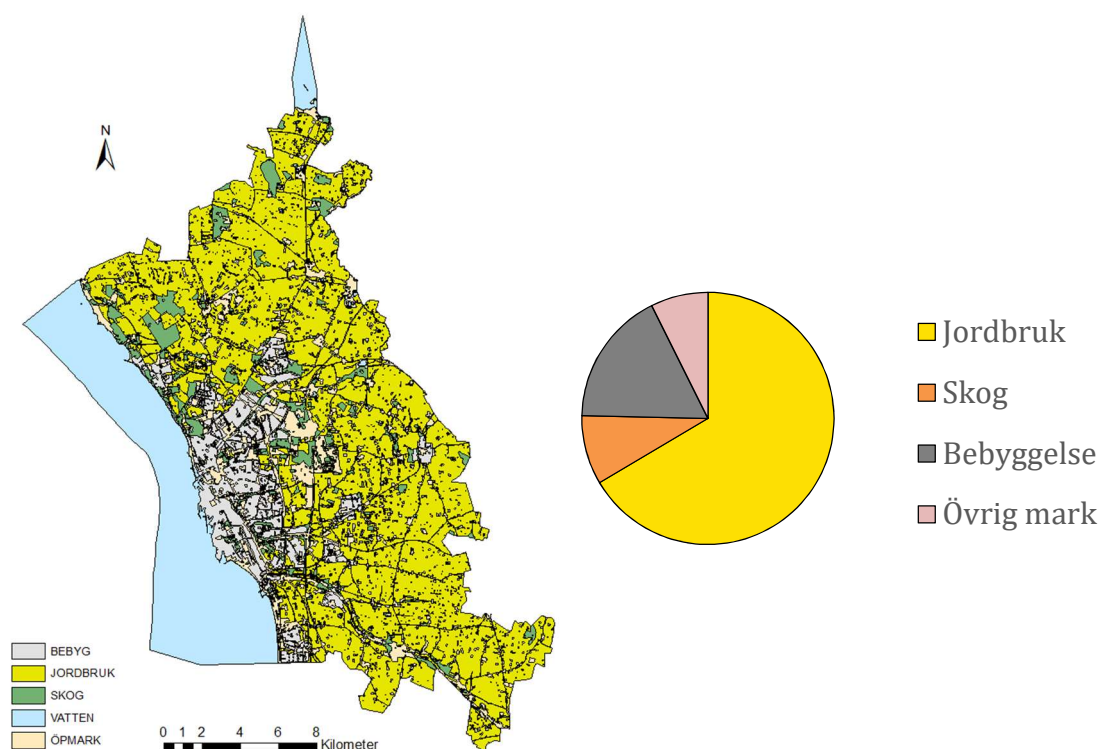
Rapporten har korrigerats 2021-05-14. Ett missförstånd hade lett till att angivet pris för biokol var 2 500 kr per ton, istället för mer korrekta 7 500 kr. Denna siffra har nu uppdaterats, samt de beräkningar där den ingår.

Kolsänkor och kolförråd

Levande växter tar via fotosyntesen upp koldioxid från atmosfären och lagrar kolet i sina beståndsdelar, så kallad biomassa. Det finns artspecifika skillnader, men generellt gäller att mängden koldioxid som tas upp är proportionell mot bladytan. När växtdelar dör och hamnar på marken bidrar de till att bygga upp markens kolförråd. Växter med utvecklade rotsystem är ofta bättre på att överföra kol till marken på detta vis. I marken bryts kolet ned av mikroorganismer och återgår som koldioxid till atmosfären. Om upptaget av koldioxid via fotosyntesen är större än utsläppen på grund av nedbrytning är området en så kallad kolsänka och bidrar till att minska växthuseffekten. Nedbrytningen i marken är delvis proportionell mot mängden kol

som finns lagrat, vilket betyder att på lång sikt kommer alla områden att sträva mot ett jämviktsläge där upptag och nedbrytning är lika stora och kolförrådet är konstant.

Hur mycket kol som finns lagrat i biomassa och mark beror till stor del på markanvändningen. Skog och träd lagrar mycket kol i sin biomassa, för övriga vegetationstyper återfinns en betydande majoritet av kolet bundet i marken. Åker har generellt mindre kol lagrat i marken än exempelvis skog eller betesmark. Figur 1 visar en grov uppdelning av markanvändningen för Helsingborg¹. Jordbruksmark är den klart dominerande marktypen i kommunen med över 65 % av landytan, vilket betyder att en stor majoritet av kolet i Helsingborg finns i marken.



Figur 1. Markanvändning i Helsingborg.

I tabell 1 presenteras hur mycket kol som finns lagrat i Helsingborg i nuläget, uppdelat på olika markanvändningstyper. Värdena är mestadels enkla schablonvärden från litteraturen² över kolförråd för olika marktyper, multiplicerat med ytan i Helsingborg. För att få mer exakta siffror behöver man ta hänsyn till markens historia, vilka grödor och växtföljder som odlas, skogs- och jordbruksmetoder med mera, vilket ligger utanför omfattningen av den här rapporten. Den största mängden kol i Helsingborg, cirka 95 %, återfinns i marken. Av de fem procent som finns i levande biomassa är den största delen bundet i träd. Trots de stora arealer åkermark

¹SCB 2015

² Se appendix A för referenser och beräkningar

som finns i Helsingborg är mängden kol i biomassa här relativt liten eftersom växtligheten skördas varje år.

Tabell 1. Mängd kol lagrat i Helsingborg, angivet i ton C för olika typer av markanvändning.

Markanvändning	Areal (ha)	Kol i biomassa	Kol i mark	Total mängd kol
Skog	2 805	151 126	280 500	431 626
Åker	22 426	11 213	2 803 250	2 814 463
Gräsmark	794	1 111	62 989	64 100
Organogena jordar	272	-	40 800	40 800

Upptag och utsläpp av koldioxid från vegetationen är svårare att uppskatta eftersom dessa är starkt beroende av lokala förhållanden och hur de har förändrats över tid. Våldigt grovt räknat ligger upptaget av koldioxid (s.k. netto primär produktion, NPP) på ungefär 165 000 ton kol per år. Av detta försvinner ca 30 % via skördar och avverkning, och resterande bryts ner i marken och återgår till atmosfären.

Åtgärder för ökad kolinlagring

För att öka mängden kol som binds via biologiska kolsänkor finns det två alternativ:

1. Öka mängden grönytor och träd, inklusive omvandling från ytor med lågt kolupptag till ytor med högre kolupptag. Detta kan exempelvis innebära plantering av träd och gräs på tidigare hårdgjorda ytor eller omvandling av åker till betesmark.
2. Ändra brukningsmetoder och skötsel för att maximera kolinlagringen. Här kan man jobba med till exempel artsammansättning, odlingsföljder eller tillförsel av organiskt material till jorden.

Behovet av åtgärder för ökad kolinlagring är kopplat till målsättningen att Helsingborg ska vara klimatneutralt år 2035, vilken står formulerat i stadens klimat- och energiplan (KEP). Planen nämner specifikt åtgärder kopplat till kolinlagring, med ambitionen att kolinlagringen ska ha ökat mellan åren 2018-2024:

- Verka för en förändrad markanvändning med mer vegetation och långsammare nedbrytning för att binda mer kol i mark.
- Uppmuntra till klimatanpassat jordbruk som leder till ökad mullhalt i åkermark.
- Verka för att förbättra och vidareutveckla kolets kretslopp mellan stad och land.

Också i Helsingborgs grönstrukturprogram (2014) nämns vegetationens nytta för klimatet, även om varken kolsänkor eller klimatförändringar finns listade under programmets riktlinjer. Däremot ges konkreta målsättningar för hur åkermark ska omvandlas till naturtytor som skog, gräs- och våtmarker. Andelen åkermark behöver minska med 5 % för att istället låta andra naturtyper öka.

- Arealen trädbevuxen mark bör öka med 600 hektar.
- Arealen betade eller slåttade gräsmarker bör öka med 600 hektar.
- Arealen våtmarker bör öka med 300 hektar.
- 20 kilometer grönstråk bör anläggas i landskapet.

I den här rapporten studeras åtgärder som aktivt kan öka kolinlagringen, delvis baserat på texterna i ovanstående styrdokument. Åtgärderna har delats in i fyra huvudkategorier: grönytor i stadsmiljö, förändrad markanvändning, jordbruksmetoder och biokol. Syftet är att kvantifiera åtgärdernas potential att bidra till klimatmålet. Detta görs genom att studera två aspekter hos åtgärderna: deras kostnadseffektivitet för att öka kolinbindningen, samt hur stort utrymme det finns att genomföra åtgärderna i Helsingborg. Både kostnader och upptag av kol blir olika för åtgärderna beroende på vilket tidsperspektiv man har. Att tillföra biokol till marken ger en direkt kolsänka, medan plantering av träd ger ett upptag över längre tid vilket dessutom varierar med trädens ålder och storlek. För att möjliggöra en rättvis jämförelse mellan olika metoder används därför scenarion i vilka kostnader och kolupptag beräknas över en period av 20 år.

Grönytor i stadsmiljö

Att arbeta med grönytor i stadsmiljö är omständligt. Det finns ofta ingen naturlig växtgrund bland stadens hårdgjorda ytor utan odlingsjord måste transporteras och anläggas. Dessutom tävlar växtligheten om utrymme med andra intressen. Plantering av träd kräver marginaler mot trafik och husfasader. Utrymmet under markytan delas med rör och andra ledningar. Konkurrensen om utrymmet blir intensivare med pågående förtätning av staden. Människor, miljö och föroreningar bidrar också till en hög stressnivå för växterna. Detta leder till anläggnings- och skötselkostnader blir höga, möjliga anläggningsytor begränsade, och växternas förväntade livslängd kortare.

Å andra sidan är fördelarna med grönytorna just i stadsmiljö också stora. De begränsade grönytorna är viktiga för stadens djur- och insektsliv. Växtligheten och dess vattenhållande förmåga underlättar hanteringen av dagvatten, vilket är extra viktigt bland stadens hårdgjorda ytor. Luften renas från skadliga partiklar och grönskan skapar en trevlig miljö med tillfällen för avkoppling och rekreation för stadens invånare. Dessa fördelar är gemensamma för alla kategorier av grönytor i stadsmiljö som behandlas nedan. Däremot kan det finnas en viss intressekonflikt eftersom mycket grönska kan bidra till minskat ljusinsläpp och ökad känsla av otrygghet.

Efter jordbruk är bebyggelse den största kategorin markanvändning i Helsingborg. Därför är det viktigt vilka åtgärder man kan göra för klimatet inom detta utrymme. Nedan beskrivs tre sorters grönytor i stadsmiljö: träd, gräsytor och gröna tak.

Träd

Träd är intressanta ur ett klimatperspektiv eftersom de har förmågan att lagra stora mängder kol i sin biomassa. I Helsingborg finns, beroende på hur man räknar och avgränsar, uppskattningsvis 100 000 -300 000 träd i stadsmiljö. Dessa träd lagrar tusentals ton kol, renar luften från skadliga partiklar, hanterar dagvatten, utjämnar temperaturen och ger möjlighet till rekreation och avkoppling.

Mängden träd i en stad är begränsad av utrymme och kostnader. För att överleva sina första känsliga år efter plantering köps de in som relativt stora träd från plantskolor. Det krävs bäd-
dar av anpassad växtjord för att hantera trädens behov av näring och vatten. Tillsammans leder detta till stora kostnader för plantering i stadsmiljö, cirka 10 000 - 40 000 kr per träd.

Hur mycket koldioxid som tas upp varierar med olika arter, men beror framför allt på trädets bladyta. Ju större trädet blir, desto mer koldioxid tar det upp varje år och ett gammalt träd som tillåtit växa stort kan ta upp många gånger mer koldioxid än nyplanterade. På grund av stress och skador lever många träd i stadsmiljö inte längre än 30-40 år. Ett sätt att öka koldioxidupptaget per träd kan därför vara att värna om trädens livsmiljö och hälsa, samt att ge dem större utrymme att växa på.

Varje år planteras ungefär 300 nya träd längs väg och i park i Helsingborg. Kolupptaget varierar mellan 5-30 kg C per år, beroende på art och ålder, och lagras i trädens biomassa. Till skillnad från träd i skog kan man anta att träd i stadsmiljö inte bidrar nämnvärt till ökad kolinlagring i marken, då grenar och löv generellt städas upp och transporteras bort.

Gröna tak

Intresset för tak som en outnyttjad resurs i stadsmiljö har ökat de senaste årtiondena. Att använda ytan för plantering av gröna växter ger liknande fördelar som att plantera träd, men utan att ta värdefullt utrymme på marken i anspråk. Koldioxidupptaget för gröna tak är relativt lågt sett till kostnaden, men inte försumbart.

Gröna tak finns i flera olika skalor. De enklaste taken har ett tunt lager substrat och är planterade med marktäckande vegetation, ofta varianter av sedum. De mer intensiva gröna taken är i princip parkmiljö med gräs och träd. Gröna tak ställer krav på fastigheten gällande till exempel hållfasthet och tätskikt. Ju intensivare vegetation, desto högre krav. Intensiva gröna tak kräver dessutom regelbunden skötsel med vattning och gödsling. Upptaget av koldioxid beror på vegetationen, för sedum ligger upptaget runt 85 g C/m² per år³. Precis som träd bidrar gröna tak

³Heusinger and Weber, 2017, Extensive green roof CO₂ exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements.

med luftrening och vattenhållande förmåga. De kan dessutom hjälpa till att reglera temperaturen i byggnaden, genom att isolera på vintern och kyla av på sommaren. Vegetationen lockar också till sig diverse insekter.

Livslängden för ett grönt tak är generellt samma som för andra sorters tak, cirka 20-40 år. Eventuellt kan hållbarheten vara något längre då den isolerande effekten gör att tätskiktet slits mindre. Eftersom taken ställer krav på byggnaden är de lättast att anlägga i samband med nybyggnation. Detta nämns också i grönstrukturplanen för Helsingborg, där en övergripande riktlinje är att gröna tak bör övervägas just vid nyexploatering och ombyggnad. Gröna tak kan med fördel kombineras med solceller, eftersom den avkylande effekten från gröna tak kan hjälpa solcellerna att producera el effektivare.

Gräsytor

Som gräsytor räknas gräsklädda områden som inte brukas för produktionsändamål, exempelvis gräsmattor och golfbanor. Även om gräsytor inte binder så mycket kol i sin biomassa så kan de lagra mycket kol i marken tack vare sitt rotsystem. Eftersom alternativet till en gräsmatta ofta är en hårdyta helt utan inlagringspotential kan det relativa upptaget av en gräsyta bli stort över tid, cirka 100 g C/m² och år.

För gräsmattor spelar skötseln stor roll. Klippningsfrekvensen och eventuell gödsling kan vara avgörande för om en gräsmatta har en sammanlagd positiv eller negativ påverkan klimatet över tid. Bruksgräsmattor som klipps med normal frekvens (10-15 gånger per år) har en större produktion av biomassa jämfört med ängstyper som bara klipps en gång om året, och lagrar därför mer kol i marken om gräsklipppet lämnas kvar. Nettoeffekten för klimatet av klippningen kan vara positiv på kort sikt, men efterhand som mängden kol i marken blir mättat så avtar klimatnyttan. På lång sikt kan därför äng vara att föredra framför skött gräsmatta.

Priset för anläggning av gräsmatta varierar kraftigt, 30-230 kr/m² beroende på förutsättningarna⁴, framför allt hur mycket markberedning som behöver genomföras.

Förändrad markanvändning

Skogsplantering

Att plantera skog är det mest kostnadseffektiva sättet att öka den biologiska kolsänkan på lång sikt. Storskalig skogsplantering på lågproduktiv jordbruksmark eller mark som tagits ur produktion ses av många som en möjlighet att nå de nationella utsläppsmålen. Problemet för Helsingborg är brist på utrymme, då den omkringliggande marken generellt är bördig och används till stor del för produktion av livsmedel.

⁴ Rapport Boverket, HALBYG 18

Att anlägga en skog är betydligt billigare än att plantera stadsträd eftersom små plantor kan användas och ingen strukturjord behöver konstrueras. Däremot tar det flera år innan tillväxten tar fart och kol börjar lagras i mark och vegetation. De första 5-10 åren kan därför nyplanterad skog vara en källa till utsläpp av kol. Som störst är tillväxten när skogen är ca 20-30 år gammal. Då kan den nå en kolinlagring på 3500 kg C/ha per år i biomassa och 400 kg C/ha i mark⁵. Inlagringen avtar sedan sakta, men fortsätter tills skogen är en bit över 100 år gammal.

Vid val av planterad skog är ofta lövskog att föredra. Tät planterad granskog kan ha något högre tillväxthastighet än lövskog. Å andra sidan bidrar dessa skogar mindre till markkolsinbindning än lövskogar, är mindre lämpliga som rekreationsområden och för biologisk mångfald. Dessutom har barrskog lägre reflektion av solljus jämfört med lövskog, vilket också bidrar till den globala uppvärmningen. Störst nytta för klimatet är att plantera skog på jordbruksmark. Skog på gräs- eller betesmark ökar lagringen av kol i biomassa, men effekten av skogsplantering på markkolet är obetydlig.

Att plantera snabbväxande energiskog ger en tidigare positiv kolbalans jämfört med traditionell skog, både för biomassa och i mark⁶. Långsiktigt sett har energiskog likartad potential som skog att öka markens kolförråd. Men istället för att lagra stora mängder kol i levande biomassa så skördas energiskog med några års mellanrum. Den skördade biomassan kan i sin tur användas som substitution för fossila bränslen eller som råmaterial till framställning av biokol. Däremot har energiskog lägre möjlighet att bidra till värden som rekreation och biodiversitet.

Gödsling av skog kan vara intressant ur klimatperspektiv eftersom ökad tillförsel av kväve leder till högre tillväxt och därmed mer kol som binds både i biomassa och i marken⁷. Dessutom leder en minskad kol/kväve-kvot till att nedbrytningen av organiskt kol i marken sker långsammare. Viktigt är dock att gödslingen sker måttligt för att inte bidra till näringsläckage eller ökade utsläpp av lustgas. Dessutom kan gödsling inverka negativt på den biologiska mångfalden.

Betesmarker

Omställning av åker till naturbetesmark sker oftast i naturvårdssyfte, men leder också till en ökad inlagring av kol i marken då flerårigt gräs har betydligt mer utvecklat rotsystem jämfört med odlade ettåriga grödor⁸.

Naturbetesmarker i Sverige har relativt sett en låg kolinlagring jämfört med mer intensivt brukade gräsmarker i övriga Europa, då fokus ligger på naturvård och biologiska värden istället för intensivt brukade i produktionssyfte. Medelupptaget i Sverige ligger mellan 30-60 kg C/ha

⁵ Axelsson et al., 2005, Carbon sequestration rates in organic layers of boreal and temperate forest soils — Sweden as a case study

⁶ Bolinder et al., 2017, Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet

⁷ LUSTRA, 2008, Kolet, klimatet och skogen – Så kan skogsbruket påverka

⁸ Kätterer et al., 2008, Long-term impact of chronosequential land use change on soil carbon stocks on a Swedish farm

per år, vilket kan jämföras med upptag för intensivt skötta gräsmarker på 1 000 kg C/ha per år⁹. Åker som är nyligen omvandlad till naturbetesmark har ett upptag som är högre än klassiska naturbetesmarker, men betydligt lägre än intensivt brukade gräsmarker. De produktionshöjande åtgärder som kan införas, exempelvis gödsling och insådd av gräs, har en negativ påverkan på biodiversiteten. Inslag av buskar och träd ökar inte inlagring av kol i mark nämnvärt, men bidrar ändå positivt genom att lagra kol i sin biomassa.

Våtmarker

Våtmarker är ett vitt begrepp som kan omfatta både dagvattendammar, vattenreningsytor i anslutning till jordbruksmark, och torvmark. Ur ett klimatperspektiv är våtmarker en komplex fråga. Anledningen till att torvmark kan lagra stora mängder kol är inte att upptaget är snabbt, utan för att uppbyggnaden pågått ostört under lång tid och att nedbrytningen sker långsamt då vattenytan begränsar tillgången på syre. Trots den stora kolinlagringen blir klimatnyttan mindre eftersom begränsningen av syre gör att utsläppen av kol i form av metan blir större, vilket är en starkare växthusgas än koldioxid. Vegetationen spelar stor roll för mängden metan som avges från våtmarker. Rotsystemen bidrar till att syresätta sin omgivning, transportera kol och näring, samt verkar som grogrund för mikroorganismer.

Om våtmarken dräneras, exempelvis för att ge möjlighet att odla marken, ökar tillgången på syre och nedbrytningen av det i marken lagrade kolet accelererar. Växthusgaser från odlingar på organogena marker står för nästan 10 % av jordbruksrelaterade utsläpp i Helsingborg. Ur klimatperspektiv är därför den mest intressanta åtgärden att förhindra fortsatt nedbrytning av kol från utdikade organogena marker genom återvätning av marken. Här kan man förväntas uppnå minskade utsläpp från nedbrytning motsvarande 5,75 ton C/ha per år för återvätning av dikad åker och 1,4 ton C/ha per år för återvätning av dikad skogsmark¹⁰. Varaktigheten på utsläppsminskningarna är beroende av torvlagrets tjocklek, varför områden med mycket kvarvarande torv bör prioriteras för återvätning.

Generellt för våtmarker vill man ha en stabil vattennivå ur ett klimatperspektiv, då tillfälliga ökning/sänkning har en tendens att bidra till högre utsläpp av växthusgaser. Sänkning av vattenytan bidrar till syresättning och därmed nedbrytning av de kollager som byggts upp under längre tid. Tillfälliga höjningar av vattenytan leder till att lättnedbrytbar vegetation bildar metan istället för koldioxid. Avgång av metan vid höjning av vattenytan är ofta tillfällig och avtar när tillgången på lättnedbrytbart växtmaterial minskar. Nedbrytningen av kollager vid en sänkning av vattenytan pågår under längre tid, så länge det finns organiskt material kvar att tillgå. Vattenmättnaden styr också produktionen av lustgas, vilken kan vara stor i våtmarker anlagda i syfte att agera näringsfällor i anslutning till jordbruksmark.

Jordbruksmetoder

⁹ Jordbruksverket, Rapport 2010:25

¹⁰ Jordbruksverket, Rapport 2018:30 samt Rapport 2014:24

Jordbruket i Sverige är kopplat till stora utsläpp av växthusgaser. Intensiv gödsling leder till utsläpp av lustgas, och djurhållning orsakar metanutsläpp. Dessutom är åkermark med odling av ettåriga grödor sämre än andra marktyper på att lagra kol, eftersom grödornas rotsystem blir väldigt begränsat.

Åtgärder för att öka kolinlagringen i åkermark är kopplade till odlings- och skötselmetoder. Generellt gäller att ju större del av året åkern kan hållas bevuxen, desto mer kol binds i marken. Störst klimatnytta ges av att öka andelen vall och fånggrödor i växtföljden. Tillförsel av organiskt material, från exempelvis stallgödsel eller genom att lämna kvar skörderester, leder också till ökad kolhalt i marken. Här verkar fastgödsel ha bättre effekt än flytgödsel. Tillförsel av rötslam har stor potential för att öka markens kolförråd, men mängden tillåtet slam är kraftigt begränsat i Sverige. Plöjningsfritt jordbruk påverkar också markens kolförråd. Dock verkar det inte ha någon effekt på det totala kolförrådet, eftersom mängden kol i de nedre marklagren minskar lika mycket som ökningen av kol i de övre lagren.

Ökad mullhalt, dvs. mängden organiskt kol i jorden, är även intressant ur ett produktionsperspektiv då det leder till bördigare mark och större skördar. En ökning av markens kolinnehåll med 0,1 procentenhet ger ungefär 5 % ökad skörd.

Det är svårt att göra en kostnadsuppskattning för åtgärder inom jordbruket eftersom detta till stor del styrs av tillgång och efterfrågan, samt vilka växtföljder som används för tillfället. Exempelvis finns det studier som pekar på att införandet av vall i växtföljden vid spannmålsodling i Skåne kan vara lönsamt, under förutsättning att man kan avyttra vallen till marknadsmässiga priser. Att det finns visst intresse hos markägarna visas bland annat av en enkät som delats ut i samband med en workshop om alternativa jordbruksmetoder i Ängelholm¹¹. 60 % av de svarande angav att de var intresserade att prova de föreslagna metoderna och ytterligare 19 % att de kanske var intresserade.

Åtgärder inom jordbruket och deras kolupptag¹²:

Odling av vall:	645 kg C/ha per år
Fastgödsel:	545 kg C/ha per år
Fånggrödor:	320 kg C/ha per år
Rötslam:	80 kg C/ha per år (potentiellt 3470 kg C/ha utan begränsningar)
Ingen halmskörd:	50 kg C/ha per år

Biokol

Majoriteten av utsläpp från mänskliga aktiviteter kommer från förbränning av fossila bränslen. Tillverkning av biokol ger en möjlighet att vända den processen, genom att omvandla biomassa till stabilt kol. Omvandlingen sker genom så kallad pyrolys, en process där biomassa

¹¹ Konferens arrangerad 2020-02-28 av Energi- och klimatrådgivarna i nordvästra Skåne

¹² Bolinder et al., 2017, Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet

upphettas i en syrefri miljö. Fördelen med biokol är att det är stabilt, med en varaktighet på upp emot 1000 år. Det kan blandas i jord där det hjälper till att binda näring och vatten, och dess porösa struktur ger en luftig jordstruktur. Samtidigt fungerar det som en i princip permanent kolsänka.

Lämpliga applikationer för biokol är som jordförbättrare i anläggningsjord, exempelvis vid plantering av gatuträd eller gröna tak. Effekten av att blanda biokol i jordbruksmark varierar beroende på jordtyp, men effekten kan antas vara mindre i de redan bördiga jordarna runt Helsingborg jämfört med andra områden. Biokol kan även blandas i djurfoder. Där hjälper det både till att minska djurens metanproduktion och absorberar gifter i kroppen. Biokol följer med avföringen och höjer därmed kolhalten i gödslet.

Applisering av biokol har inga kända negativa konsekvenser, så länge inte biomassan som används vid framställningen innehåller skadliga ämnen som i så fall kan föras vidare via biokolet till odlingsjorden. Den begränsande faktorn är kostnad för framställning och tillgång på råvara. Det är även intressant att ta med i beräkningarna vad råvaran alternativt kan användas till. Exempelvis kan det vara olämpligt ur klimatsynpunkt att tillverka kol av biomassa om det i slutändan leder till ökade utsläpp från fossila bränslen på grund av minskad tillgång till biobränslen.

Nordvästra Skånes Renhållnings AB har påbörjat konstruktionen av en anläggning för pyrolys vid Filborna i Helsingborg. Anläggningen beräknas vara startklar våren 2021. Produktionskapaciteten är 1 500 ton biokol om året med ett utpris på 7 500 kr per ton. Råvaran för tillverkning är insamlat trädgårdsavfall, som i nuläget transporteras till förbränning i Falkenberg. Biokolen kommer ha en kolhalt på 75 %.

Scenarion

Scenariona visar hur de åtgärder som beskrivits ovan kan bidra till kolinlagring i Helsingborg. Kolupptag och kostnader för åtgärderna har beräknats över en period av 20 år för att underlätta jämförelse mellan metoder. Omfattningen av de föreslagna åtgärderna i scenariona är baserad på siffror som kan vara relevanta för Helsingborg. Ytan för omvandling av åkermark till skog och betesmark är exempelvis hämtad från formuleringar och målsättningar i grönstrukturprogrammet. Scenariona sammanfattas nedan i tabell 2 och beskrivs mer detaljerat i appendix C. Det totala upptaget av åtgärderna blir 91 480 ton C under en tidsperiod av 20 år. Omräknat till koldioxid och på årsbasis motsvarar detta 16 900 ton CO₂ per år.

Enligt klimatmålet får kolsänkor stå för upp till 15 % av utsläppsminsningarna, relativt 1990 års utsläpp. Dessa 15 % motsvarar 134 000 ton CO₂ per år¹³. Upptaget av koldioxid från åtgärderna i scenariona motsvarar alltså 2 av dessa 15 procent, så det finns utrymme att

¹³ Utsläpp för Helsingborg år 1990 hämtat från nationella emissionsdatabasen

arbeta med kolsänkor i Helsingborg i en omfattning som är upp till åtta gånger större än exemplena från scenariona.

Tabell 2. Sammanfattning av åtgärdsscenario för Helsingborg, sett över 20 år.
Kostnaden anges i miljoner kronor, upptaget i ton C, och effektiviteten i g C/kr.

Scenario	Omfattning	Kostnad	Upptag	Effektivitet
Planterad skog	600 ha	36	26 400	733
Åker till betesmark	600 ha	33	4 800	145
Återfuktad torvmark	200 ha	19	12 560	661
Stadsträd	6 000 st	120	1 380	11,5
Gräsytor	80 ha	128	1 600	12,5
Gröna tak	80 ha	320	1 360	4,25
Biokol	20 000 ton	150	15 000	100
Odlad vall	2 000 ha	?	28 380	-

Summering

För att öka de biologiska kolsänkorna i Helsingborg finns det tre möjligheter: plantera mer grönt i stadsmiljö, omvandla åker till skog, betesmark eller våtmark, och gynna metoder inom jordbruket som bidrar till kolupptag. Dessa möjliga åtgärder har både för och nackdelar.

- Grönt i stadsmiljö är dyrt om man bara ser till kolupptaget, men bidrar med många andra nyttor. Det kan vara svårt att motivera projekt inom denna kategori enbart ur klimatsynpunkt, men det bör vara en invägande faktor man tar med i beräkningen.
- Omvandling av åker är kostnadseffektivt ur klimatsynpunkt, men jordarna runt Helsingborg är bördiga och viktiga för matproduktion.
- Klimatpositiva jordbruksmetoder har potential då de kan genomföras över stora ytor. Men det är upp till markägaren att besluta om de utförs. Flera åtgärder kan även bidra positivt till markens bördighet, och bör därför vara intressanta även ur ett produktionsperspektiv.

Åtgärderna har olika potential att bidra till utsläppskompensering. Alla områden kan bidra med relevanta siffror och klimataspekten bör därför alltid räknas in när man jobbar med dessa. Men om man vill nå ett upptag som närmar sig utrymmet för de 15 % av utsläppsminskningarna man kan kompensera för så krävs storskaliga förändringar i markanvändning kombinerat med en omställning av jordbruket.

En viktig aspekt att reflektera över när man jobbar med kolsänkor är varaktigheten över tid. För skog och träd sker den största kolinlagringen i biomassa. Kolsänkans varaktighet är därför

beroende av vad som händer med biomassan efter att träden dött eller blivit avverkade. Dessutom strävar ekologiska system efter jämvikt. Det betyder att efter en viss tid kommer upptaget avta och närma sig noll. Det sker exempelvis när mängden kol i marken ökat så mycket att nedbrytningen blivit lika stor som tillförseln från växterna. Hur snabbt jämvikt uppnås beror både på de tidigare förutsättningarna och den nya vegetationen, men man kan förvänta sig att nettoupptaget i mark har minskat betydligt efter 20-40 år. Därför är det viktigt med ett kontinuerligt arbete med kolsänkor om man vill fortsätta att kompensera för utsläpp med ett ökat upptag.

Fokus i den här rapporten har varit på kolsänkor och åtgärder som ökar upptaget eller minskar utsläppet av växthusgaser från mark och växtlighet. Däremot har det inte räknats med de utsläpp eller upptag vilka genereras som en konsekvens av åtgärderna. Här kan man exempelvis tänka sig ökade utsläpp kopplade till anläggning och skötsel, men också ökat upptag i mark till följd av förändrad bördighet eller minskade utsläpp från uppvärmning/nedkylning av byggnader. Dessa utsläpp och upptag är generellt små i jämförelse med kolsänkorna, men kan ändå vara relevanta och bör tas i beaktning när man beräknar klimatnyttan av specifika projekt. Utöver de åtgärder som beskrivits i denna rapport finns det också flera andra man kan tänkas jobba med för ökad kolinlagring, exempelvis havsvegetation, användning av trä som byggnadsmaterial, läplanteringar med mera.

Appendix A: beräkningar av kolförråd och upptag i Helsingborg

A1. Kolförråden i levande biomassa

För skog har mängden biomassa beräknats med hjälp av SLU skogskarta 2010. Angiven biomassa har summerats för Helsingborg och därefter multiplicerats med 0,5 för att få fram kolinnehållet.

För biomassa på åker har en genomsnittlig maximal biomassa på 8500 kg per hektar antagits baserat på uppgifter om skördestorlekar från Jordbruksverket. Biomassan har multiplicerats med 0,35 för att få fram kolinnehållet, och därefter multiplicerats med 0,3 för att få fram ett snittvärde över året.

För bebyggelse antas ingen vegetation och alltså inget upptag alls. Betesmark och övrig mark antas vara gräsbevuxen med 1,4 ton C/ha i snitt i levande biomassa (Davies 2011, Mapping an urban ecosystem service: Quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale).

A2. Kolförråd i mark

Mängden kol lagrat i mark för olika sorters markanvändning baseras på litteraturvärden enligt följande lista. Värdena är en grov uppskattning och tar inte hänsyn till exempelvis markhistoria och de förhållanden som gäller för Helsingborg. Dessutom är de inte jämförbara med varandra då de baseras på olika mätningar över varierande markdjup. Intentionen har enbart varit att ta fram en uppskattning för hur mycket kol som finns totalt i Helsingborgs kommun.

Markanv.	Kolförråd	Källa
Betesmark:	86,8 ton C/ha	Jordbruksverket rapport 2010:25
Skog:	100 ton C/ha	SLU Skogsdata 2017
Åker:	125 ton C/ha	Naturvårdsverket rapport 6349
Gräsytor:	70 ton C/ha	Poeplau 2016, Effect of grassland cutting frequency on soil carbon storage – a case study on public lawns in three Swedish cities

A3. Kolupptag och nedbrytning

Kolupptaget baseras på satellitdata, MODIS produkt MOD17A3 som beräknar årliga värden för netto primär produktion (NPP). Summerat inom Helsingborg ligger totalt NPP på 165 000 ton C för år 2015.

Skördad biomassa uppskattas till 7 ton per hektar. Ett kolinnehåll på 35 % ger 2,4 ton C per hektar. Siffrorna är något lägre än i stycke A1 beroende på att här avses skördad biomassa exklusive skörderester som lämnas kvar.

Nedbrytningen antas motsvara upptag minus skörd, då siffrorna inte är tillförlitliga nog för att beräkna netto-förändringar av kollagret för Helsingborg. Den beräknade nedbrytningen stämmer rimligt överens med modellresultat där nedbrytningen uppskattats till storleksordningen 5 ton C per hektar för södra Sverige.

Appendix B. Beräkning av kolupptag för åtgärdsförslag

B1. Träd i stad

Upptag av koldioxid baseras på resultatet av en I-Tree simulering som utförts för Helsingborg 2019. Enligt simuleringen varierar upptaget för individuella träd mellan 5-30 kg C/år, beroende på bland annat art och ålder, med ett medelvärde på 11,5 kg C/år. Dessa simuleringar inkluderar träd i park som kan vara ganska små. Då nyplanterade träd i stadsmiljöer generellt är stora (20-30 cm diameter) kan man anta att medelvärdet på 11,5 kg C/år är representativt för dessa.

B2. Gräsytor

Upptag av koldioxid för anlagda gräsmattor varierar mellan 25-200 g C/ m²per år, med ett representativt medelvärde på 100 g. Utsläpp relaterade till skötsel har inte tagits med i beräkningarna, men kan uppskattas till 6 g C/ m²per år. Källor:

Townsend-Small, 2010, Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf

Zirkle et al., 2011, Modeling Carbon Sequestration in Home Lawns

Bartlett and James, 2011, A model of greenhouse gas emissions from the management of turf on two golf courses

Qian and Follet, 2012, Soil Organic Carbon Input from Urban Turfgrasses

Wesström, 2015, Energy use and carbon footprint from lawn management

B3. Gröna tak

Upptag av koldioxid för Sedumtak varierar mellan 45-188 g C/ m²per år. 85 g C/ m²per år har valts ut som ett representativt värde. Källor:

Taylor, 2015, Sedumtaks kolinlagringspotential på årsbasis

Heusinger and Weber, 2017, Extensive green roof CO₂ exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements.

Getter et al, 2009, A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective

B4. Plantering av skog

Vesterdal et al. (2007, Carbon Sequestration in Soil and Biomass Following Afforestation: Experiences from Oak and Norway Spruce Chronosequences in Denmark, Sweden and the Netherlands) visar på värden för koldioxidupptag vid återskogning som ligger mellan 2,7-4,6 ton C/ha per år för

biomassa och 0-1,3 ton C/ha per år för kol i mark. Dessa värden har legat som riktlinjer för fortsatta undersökningar.

Biomassa för skog vid 20 års ålder har beräknats från värden hämtade från riksskogstaxeringen via taxwebb.slu.se. Uppskattningen för 20-årig skog beräknades som ett medelvärde för skog i åldern 0-40 år, vilket ger 88 ton biomassa per hektar. Detta värde delas med 20 för att få fram årlig tillväxt och multipliceras därefter med 0,5 för att få fram det slutliga kolupptaget: 2,2 ton C/ha per år.

För upptag i mark anger Axelsson et al. (2005, Carbon sequestration rates in organic layers of boreal and temperate forest soils — Sweden as a case study) 400 kg C/ha per år som möjligt upptag för lövskog i södra Sverige. För scenariot reducerades detta värde till 200 kg C/ha per år, med antagandet att planterad skog i snitt tar upp hälften av detta under sina första 20 år.

B5. Betesmark

400 kg C/ha per år vid omvandling av åker till betesmark, baserat på Kätterer et al. (2008, Long-term impact of chronosequential land use change on soil carbon stocks on a Swedish farm).

B6. Våtmarker

Jordbruksverket rapport 2018:30 om återställning av dikad jordbruksmark samt rapport 2014:24 om utsläpp av växthusgaser från torvmark. Åtgärderna leder inte till ökade upptag utan istället till minskade utsläpp av växthusgaser. Här har även gaser som metan och lustgas räknats in.

B7. Biokol

Kolhalt på 75 % för biakolen. En kostnad på 2 500 kr per m³, vilket motsvarar ungefär 7 500 kr/ton. Uppgifterna baseras på muntlig information från Ludvig Landen, NSR.

B8. Jordbruksmetoder

Värdena som presenteras i rapporten är hämtade från Bolinder et al. (2017, Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet).

Appendix C. Scenarion

C1. Stadsträd

Varje år planteras uppskattningsvis runt 300 gatuträd i Helsingborg. Sett över 20 år blir det 6 000 nya träd. Upptaget av koldioxid per träd baseras på resultat från den I-Tree modellering som gjorts för Helsingborgs stad. Då träden köps in och planteras relativt stora, 20-30 cm i diameter, kan upptaget förväntas ganska snabbt motsvara medelupptaget för simuleringen på 11,5 kg C per år.

Plantering av 6 000 nya träd. Kostnad per träd: 20 000 kr. Upptag av koldioxid: 11,5 kg C per år.

Total kostnad: 120 Mkr

Totalt upptag: 1380 ton C

Effektivitet: 11,5 g C/kr

C2. Gröna tak

I stads- och översiktsplanen finns 700 hektar mark planerad som ny bebyggelse. Av denna yta kan 25 % antas utgöra bebyggelse, baserat på täckningsgraden för befintliga områden. Siffran 800 000 m² utgår från att något mindre än 50 % av alla tak kan ses som lämpliga.

Den billigaste varianten av gröna tak, med vegetation bestående av sedum, används med en anläggningskostnad på 300 kr per m². Skötselkostnaderna uppgår till ca 5 kr per kvadratmeter och år. Koldioxidupptaget beräknas till 85 g C/m² och år. Endast upptaget av koldioxid från atmosfären räknas in, inte eventuellt kol som kommer med växtbädden vid montering.

Anläggning av 80 hektar gröna tak. Kostnad per m²: 300 kr. Underhåll: 5 kr per år. Upptag av koldioxid: 85 g C/m² per år.

Total kostnad: 320 Mkr

Totalt upptag: 1360 ton C

Effektivitet: 4,25 g C/kr

C3. Gräsytor

Här avses anläggning av bruksgräsmattor som klipps ca 10-20 ggr per år.

Anläggning av 80 hektar gräsmattor. Kostnad per hektar: 1Mkr. Underhåll: 30 000 kr/ha och år. Upptag av koldioxid: 1 ton C/ha per år.

Total kostnad: 128 Mkr

Totalt upptag: 1600 ton C

Effektivitet: 12,5 g C/kr

C4. Planterad skog

I grönstrukturplanen nämns behovet av 600 hektar ny skogsmark. Antagandet görs att det rör sig om mestadels lövskog i rekreationssyfte, inte produktionsskog.

Plantering av skog på 600 ha åkermark. Kostnad per ha: 10 000 kr. Löpande kostnader: 2 500 kr/ha per år. Upptag av koldioxid: 2,2 ton C/ha per år.

Total kostnad: 36 Mkr

Totalt upptag: 26 400 ton C

Effektivitet: 733 g C/kr

C5. Åker till betesmark

Arealen 600 ha är hämtad från grönstrukturprogrammet.

Omvandling av 600 ha åkermark till betesmark. Kostnad per ha: 5 000 kr. Löpande kostnader: 2 500 kr/ha per år. Upptag av koldioxid: 400 kg C/ha per år

Total kostnad: 33 Mkr

Totalt upptag: 4800 ton C

Effektivitet: 145 g C/kr

C6. Återfuktad torvmark

En GIS-analys baserad på SGUs jordartskarta visar att det finns 272 ha organogen jord i Helsingborg. Av denna är 86 ha åker och 128 ha skogsplantering. Resterande yta återfinns på kategorin övrig mark där möjligheten för återvätning kan tänkas vara mindre.

Återfuktning av utdikad organogen jord på 80 ha jordbruksmark och 120 ha skogsmark. Kostnad: 60 000 kr per ha för åker, 25 000 kr per ha för skog. Löpande kostnader på 7000 kr per ha för åker. Upptag av koldioxid: 5,75 ton C/ha per år för åker, 1,4 ton C/ha per år för skog.

Total kostnad: 19 Mkr

Totalt upptag: 12 560 ton C

Effektivitet: 661 g C/kr

C7. Odlad vall

I Helsingborg odlades vall på 2 200 hektar jordbruksmark under 2019. Scenariot antar en fördubbling av detta till 4 400 hektar. Eftersom kostnaden för genomförandet är oklar tas detta inte med i beräkningarna.

Ökad odling av vall på 2 200 ha jordbruksmark varje år. Upptag av koldioxid: 645 kg C/ha per år

Totalt upptag: 28 380 ton C

C8. Biokol

Scenariot förutsätter ett inköp av 1000 ton biokol årligen från NSR. Kolet kan användas som jordförbättring och strukturmaterial i plantbäddar, samt fördelas på åkermark. Då kolet har en beräknad halveringstid på flera hundra år kan nedbrytningen över 20 år anses försumbar.

I beräkningarna är endast inköp av biokol inkluderat. Övriga faktorer att ta hänsyn till kan vara exempelvis kostnader och utsläpp i samband med transporter.

Inköp av 1 000 ton biokol per år. Kostnad per ton: 7 500 kr. Upptag av koldioxid: 750 kg C per ton biokol.

Total kostnad: 150 Mkr

Totalt upptag: 15 000 ton C

Effektivitet: 100 g C/kr