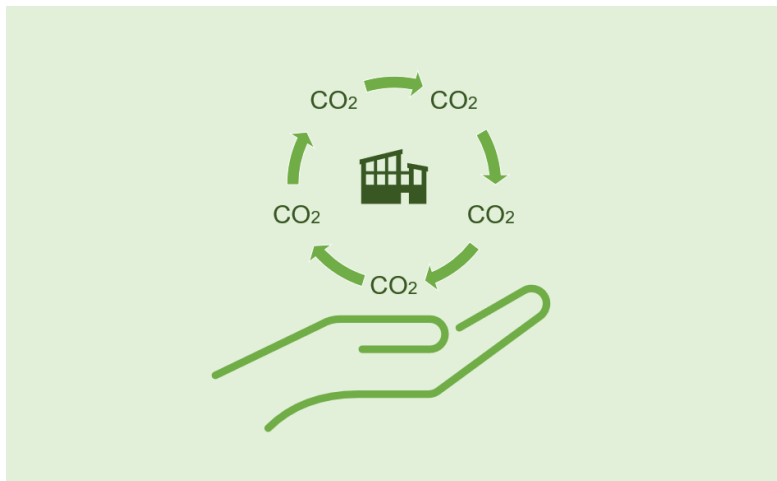


Klimatkompensationer i byggbranschen

- Kostnader och klimateffektivitet



Thea Remison
Filippa Åberg



LUNDS
UNIVERSITET

Klimatkompensationer i byggbranschen

Kostnader och klimateffektivitet

Thea Remison
Filippa Åberg

Examensarbete

Avdelningen för Installationsteknik och Byggproduktion
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Thea Remison och Filippa Åberg

ISRN LUTVDG/TVIT—24/5106—SE(167)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

Byggproduktion idag, innebär bland annat en hög energianvändning, utsläpp av växthusgaser, användning av miljöfarliga ämnen samt stora mängder avfall som måste hanteras. Detta är aspekter som samtliga behöver minskas för att reducera branschens stora miljöpåverkan. Inom byggsektorn har klimatarbetet fått en alltmer ökad uppmärksamhet med införandet av olika klimatkrav på nationell och EU-nivå. I och med ökat fokus har miljöcertifieringar som NollCO₂ och lokala initiativ som LFM30 i Malmö skapats, vilka strävar efter klimatneutralitet genom att minska utsläppen i och med byggnation och även kompensera för kvarvarande utsläpp. Genom användning av miljöcertifieringar, miljöinitiativ och klimateffektiva byggmetoder och genom det välja miljömässigt fördelaktiga material, återbrukat material och materialsnåla konstruktioner, kan byggsektorn bidra till minskade utsläpp. Som en påbyggnad på detta mer initiala klimatarbete, har köp av klimatkompensationer, eller andra former av klimatåtgärder, blivit allt vanligare i byggbranschen, samt därtill för stater och företag. Dessa är åtgärder som ämnas balansera ut och kompensera för de utsläpp som är svåra att undvika – men vilka åtgärder är det man talar om, hur effektiva är de egentligen och hur kostsamma är dem?

Den huvudsakliga bakgrunden till att detta examensarbete uppförts är att det i dagsläget saknas sammanställd information och undersökningar avseende klimatkompensationsåtgärder, kopplat till dess kostnader samt det övriga klimatarbetet i byggbranschen. Syftet med arbetet är därför att bidra med en kunskapssamling som kan användas i det fortsatta klimatarbetet inom branschen, speciellt avseende användandet av olika klimatkompensationsåtgärder. I denna undersökning har en litteraturstudie, fallstudie, samt enstaka intervjuer och samtal genomförts för att ta fram grunden till det resultat som tagits fram. Fallstudien som genomförts gjordes av byggnaden Kvartetten i Malmö, vilken visar hur medvetna materialval och materialutbyten, samt installation av solceller, används för att minska klimatpåverkan som genereras av byggprojektet. Byggnaden har genom optimeringar i utformning, användning av klimatförbättrat och återbrukat material samt installation av solceller, påvisats ha ett nettonoll-utsläpp under dess livstid. Detta baserat på miljöcertifieringen NollCO₂:s beräkningsmetodik vilket på så vis gjort byggnaden preliminärt NollCO₂-certifierad. Vidare undersöks det genom litteraturstudien vad klimatkompensation innebär, vilka klimatkompensationsåtgärder som finns, hur de genomförs och vilka kostnader kompensationserna innebär. Användandet av klimatkompensationsåtgärder studeras, och diskuteras i förhållande till andra klimateffektiva arbetssätt som kan tillämpas inom byggbranschen.

Klimatkompensationer är åtgärder som minskar eller undviker utsläpp, alternativt avlägsnar växthusgaser från atmosfären. Åtgärden som tillämpas behöver inte nödvändigtvis ske på samma plats eller tid som utsläppet som ämnas kompenseras för, uppstår. En kompensation kan omfatta införandet av energieffektiva lösningar för att minska utsläpp, investeringar i förnybar energi, eller åtgärder som bidrar till bindning och lagring av koldioxid. Klimatkompensationer kan ske genom köp av så kallade koldioxidkrediter, där en kredit motsvarar en utsläppsminskande effekt på ett ton

koldioxid. Köpen kan göras av privatpersoner och företag genom en frivillig marknad. Nationer och företag som omfattas av krav avseende utsläpp handlar med krediter genom reglerade system. Den reglerade marknaden inkluderar även EU:s utsläppshandelssystem som syftar att kontrollera och minska växthusgasutsläpp. För att klimatkompensationerna ska kunna anses vara tillförlitliga måste dessa uppfylla kriterier som bland annat studerar åtgärdens effektivitet och permanens, gällande vilket även en verifiering av en oberoende tredje part inkluderas. Klimatkompensationsåtgärder som behandlas och beskrivs i detta arbete omfattar bland annat Carbon Capture and Storage (CCS), bio-CCS, köp inom projekt avseende naturbaserade lösningar, trädplanteringar och investeringar i förnybar energi. Dessa åtgärder kan leda till en utsläppsminskande effekt eller så kallade negativa utsläpp, alltså en bortförsel av utsläpp från atmosfären. Kostnaderna för klimatkompensationsåtgärder varierar beroende på typ av åtgärd exempelvis beroende på om åtgärden avser ett externt köp i klimatkompensterande projekt eller en direkt implementering av biokol på den fastighet byggnationen uppförs.

Klimatkompensationer spelar en roll i klimatarbetet avseende att minska utsläpp och uppnå satta klimatmål. Det konstateras dock att dessa bör användas som ett kompletterande verktyg utöver ett grundläggande arbete med klimatmedvetna val och beteendeförändringar. På grund av dagens låga priser på klimatkompensationers marknad, finns det en risk för ett minskat incitament gällande en verksamhets arbete för att uppnå egna utsläppsminskningar. Det finns även ytterligare risker med användningen av klimatkompensationer, då de olika åtgärdernas tillförlitlighet kan variera och ibland ifrågasättas. Grundliga granskningar och verifieringar av kompensationerna är därför en vital del i säkerställandet kring åtgärdernas lämplighet som en del av ett klimatarbete. Inom byggsektorn kan användning av miljöcertifieringar, miljöinitiativ och klimateffektiva byggmetoder vara ett tillvägagångssätt för att genom olika mål och standarder bidra till minskade utsläpp. Certifieringar och branschinitiativ kan vara vägledare gällande den klimatomställning som samhället står inför om de används i rätt syfte. Användning av klimatkompensationsåtgärder kan fortsättningsvis vara en kompletterande del av detta. Betydande är dock att utvecklande av miljömässigt positiva arbetssätt i byggbranschen, trots användningen av klimatkompensationer, fortskrider. Klimatkompensationer ska inte användas som en enkel utväg för att köpa sig fri från sina klimatskulder då detta kan leda till ett bristande grundläggande miljöengagemang.

Titel:	Klimatkompensationer i byggbranschen – kostnader och klimateffektivitet
Författare:	Thea Remison och Filippa Åberg
Handledare:	Ulla Janson Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära
Examinator:	Rikard Sundling Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Byggproduktion
Bakgrund:	Inom byggsektorn har klimatarbetet fått ökad uppmärksamhet i samband med införandet av olika klimatkrav på nationell och EU-nivå. Branschen strävar efter att finna metoder som minskar utsläpp och även sådana som kompenserar för kvarvarande utsläpp. Hur detta kan genomföras i form av klimatkompensationsåtgärder, effektiva byggmetoder och vilka kostnader dessa innebär undersöks i detta examensarbete.
Syfte:	Syftet med examensarbetet är att undersöka vad klimatkompensation innebär, vilka klimatkompensationsåtgärder som finns, hur de genomförs och vilka kostnader kompensationerna innebär. Även det praktiska klimatarbetet med dessa och andra klimateffektiva byggmetoder inkluderas för att skapa en gemensam kunskapsbas med syftet att underlätta klimatarbetet inom byggbranschen.
Metod(er):	Examensarbetet baseras på litteraturstudie samt fallstudie, med kompletterande dokumentstudie, intervju och samtal.
Slutsatser:	Klimatkompensationer identifieras som ett verktyg för att balansera utsläpp. De olika klimatkompensationernas tillförlitlighet kan diskuteras med avseende på deras effektivitet och risker. Osäkerhet kring klimatnytta och kostnader samt behovet av branschutveckling för att minska klimatpåverkan, är något som behöver tas hänsyn till i klimatarbete inom byggbranschen. Medvetna val och beteenden, miljöcertifieringar och lagstiftning har betydelse för att utveckla en mer hållbar byggsektor. Användningen av klimatkompensationer inom branschen behöver ytterligare forskning.
Nyckelord:	Klimatarbete, livscykelanalys, miljöcertifiering, klimatkompensation, klimatkompensationsåtgärder, klimateffektiva byggmetoder

Abstract

Carbon offsets, essential in climate-related aspirations for governments and businesses, entail reducing, avoiding, or extracting greenhouse gases from the atmosphere, even if not contemporaneous with emissions. They include, among others, energy-efficient solutions and renewable energy investments. These compensations, voluntary or regulated, must meet reliability criteria. Actions, such as Carbon Capture and Storage and tree planting, aim at negative emissions or emission reductions, their costs varying. In construction, climate focus has surged with national and EU climate requirements. Certifications like NollCO₂ and local initiatives like LFM30 in Malmö pursue emission reduction and climate neutrality. Through certifications, initiatives, and efficient methods, like material reuse, the sector can reduce its emissions. The studied case, Kvartetten, exemplifies emission reductions via material selection and solar panel system installation, showcasing the path to net-zero emissions through the use of specific calculation methods. In essence, carbon offsets are a contributing factor in emission reduction aspirations, with the construction sector's adoption of certifications and efficient methods driving emission reduction.

Förord

Detta examensarbete avslutar vår fem år långa utbildning på civilingenjörsprogrammet i Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har gjorts i samarbete med Institutionen för Bygg- och miljöteknologi, samt med stöd från PE Teknik & Arkitektur och det lokala initiativet LFM30 i Malmö. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Ulla Janson för hennes stöd, inspiration och positivitet genom hela arbetsprocessen. Bakgrunden till frågeställningarna grundades genom föreslagna forskningsfrågor, framtagna inom LFM30, och uppmärksammades av Ulla vid uppstart av examensarbetet. Hållbarhetsfrågor och klimatarbete inom byggbranschen är något som både driver och intresserar, utöver att vara högst aktuellt, vilket gjort detta arbete till en väldigt lärorik och spännande uppgift. Ulla har varit en betydelsefull resurs med sina värdefulla kontakter och sin erfarenhet och har motiverat oss genom hela arbetet med sin nyfikenhet och sitt driv.

Ett stort tack riktas också initiativet LFM30 som bidragit med givande information till det undersökta ämnet. Ett speciellt tack riktas till Andreas Eggertsen Teder, inom initiativet LFM30, som ställt upp på intervju och delat med sig av sin tid och expertis inom ämnet. Vidare vill vi även tacka Catrin Heincke från PE Teknik & Arkitektur för bidrag med resurser och givande diskussioner. Denna tid har präglats av utveckling och glädje och vi lämnar LTH med nyfikenhet för nya äventyr som civilingenjörer inom Väg- och vattenbyggnad!

Lund i maj 2024

Thea Remison och Filippa Åberg

Begrepp och förkortningar

Begrepp

Additionalitet – En åtgärd, som är avsedd att fungera som klimatkompensation, genomförs genom så kallad klimatfinansiering och med klimatnytta som huvudsakligt skäl.

Baseline – Ett referensscenario som används vid jämförelser.

BIM-modell – Byggnadsinformationsmodell i digital form.

Beräkningsperiod – En avgränsad tidsperiod med start då byggnaden tas i drift. Tillämpas i beräkningar gällande byggnadens användning.

Bio-CCS – Carbon Capture and Storage, en teknik för att avskilja, transportera samt lagra koldioxid från organiskt material. Det benämns även BECCS.

Biogent kol – Utsläpp från förbränning alternativt förmultning av biologiskt material.

Bruttoarea – Arean av samtliga våningsplan, begränsad av omslutande byggnadsskikt utsida, summerat.

Ex-Ante – Begrepp som beskriver att en klimatkompensationsåtgärds nytta kommer att ske i framtiden.

Ex-Post – Begrepp som beskriver att en klimatkompensationsåtgärds nytta redan skett vid inköp.

Funktionell enhet – En standardiserad måttenhet med hänsyn till funktion och användning som nyttjas vid jämförelse av miljöpåverkan från produkter, material eller tjänster.

Generiska klimatdata – Klimatdata baserad på genomsnittliga data, representativ i Sverige.

Gränsvärde – Lägsta eller högsta nivå på prestanda enligt bestämd skala.

Klimatarbete – Arbetssätt och åtgärder som tillämpas med syftet att minska klimatpåverkan, vilket omfattar såväl politiska beslut och verksamhetsstrategier som individuella handlingar, samt exempelvis införande av tekniska utformningar.

Klimatdata – Växthusgasutsläpp redovisat i kilogram koldioxidekvivalenter per resursenhet. Resursenheter kan vara kg material, MWh energi och tkm transport.

Klimat effektivitet – Begrepp som indikerar på åtgärd eller arbete som i förhållande till andra åtgärder eller arbetssätt innebär en minimal klimatpåverkan i form av minskade växthusgasutsläpp.

Klimatkompensation – Åtgärd med syfte att väga upp en produkts klimatpåverkan i form av minskning, förebyggande och eller upptag av växthusgasutsläpp utanför produktens systemgräns.

Klimatkredit – Mätbara utsläppsminskningar i klimatåtgärdsprojekt som, vid köp, fungerar som en form av klimatkompensationsåtgärd.

Klimatneutral – Nettonoll balans mellan växthusgasutsläpp och upptag av koldioxid i atmosfären under en viss tidsperiod.

Klimatnytta – Positiva eller fördelaktiga effekter, med avseende på klimatet, erhållna genom projekt eller åtgärder som exempelvis genererar minskade växthusgasutsläpp.

Klimatpåverkan – Utsläpp av växthusgaser och dess upptag i atmosfären.

Koldioxidekvivalent – Samlad enhet för klimatpåverkan orsakad av utsläpp från flera olika växthusgaser.

Kolsänka – Process som beskriver upptaget av koldioxid från luften och dess långvariga lagring.

Koldioxidkredit – En enhet som motsvarar en utsläppsminskning av ett ton koldioxidekvivalenter, i syfte att nå klimatmål eller kompensera utsläpp på annan plats.

Konservativt satta klimatdata – Klimatdata där ett påslag på 25 procent i klimatpåverkan har gjorts.

Livscykelanalys – En metodik för att studera en produkts eller tjänsts miljöpåverkan under hela dess livscykel.

Livscykelkedje – Uppdelning av en byggnads livscykel, enligt standarden EN 15978, till produktskede (A1-A3), byggproduktionsskede (A4-A5), användningsskede (B1-B7) samt slutskede (C1-C4).

Ljus bruttoarea – Den bruttoarea i en byggnad som är exponerad för dagsljus, det vill säga total bruttoarea exklusive komplementbyggnader såsom garage eller byggnad under marknivå.

Miljömässig integritet – En klimatåtgärd uppnår miljömässig integritet om miljö och samhälle gynnas till samma grad som i det fall då, köparen av klimatåtgärden, minskat egna utsläpp med den mängd koldioxidekvivalenter som åtgärdens utsläppsminskande effekt motsvarar.

Miljöpåverkan – Positiva eller negativa effekter på miljö eller människohälsa som kan verka direkt eller indirekt, vara på kort eller lång sikt, fungera adderande eller icke adderande, eller vara temporära eller permanenta.

Mörk bruttoarea – Den bruttoarea i en byggnad som inte är exponerad för dagsljus, exempelvis under marknivå, eller komplementbyggnader såsom garage.

Negativa utsläpp – Växthusgaser som avlägsnas från atmosfären med avsikten att lagras permanent. I den uppskattade utsläppsmängden ska utsläpp som uppstått i samband med processen räknas med. Den totala mängd som avlägsnas och lagras ska vara större än mängden som eventuellt släpps ut.

Nettonoll – Begrepp beskrivande perfekt balans mellan utsläpp och borttagande eller upptag av växthusgaser.

NollCO₂ – En svensk påbyggnadscertifiering med syfte att markant sänka klimatpåverkan och balansera återstående utsläpp till nettonoll.

Off-site – Annan plats än den som åsyftas vara ”on-site” där aktiviteter eller processer kan äga rum.

On-site – Primär plats för eventuella aktiviteter och processer, exempelvis byggande.

Permanens – Varaktighet och beständighet hos en produkt eller tjänst, där effekterna kvarstannar på lång sikt.

SS-EN 15804:2012+A2:2019 – Standard avseende hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler.

SS-EN 15978:2011 – Standard avseende hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod.

SS 21054:2009 – Standard avseende area- och volym för husbyggnader – Terminologi och mätregler.

Tredjepartsgranskning – Oberoende part granskar en process, aktivitet eller produkt. Den oberoende, även kallad tredje, parten är inte direkt involverad i det som ligger som föremål för granskning. Syftet med tredjepartsgranskning är att öka tillförlitlighet och förtroende.

Förkortningar

BSAB 96 – Byggandets Samordning AB, från 1996. Det är ett klassningssystem bland annat för uppdelning och strukturering av byggdelar i en byggnad, med syftet att hantera byggprojekt på ett enhetligt och effektivt sätt.

BTA – Bruttoarea är, enligt standarden SS 21054:2009, definierat som bruksarea och omslutande konstruktionsarea summerat. Samtliga våningsplans boarea ingår alternativt lokalarea, biarea samt övrig area.

CCS – Carbon Capture and Storage och på svenska, koldioxidavskiljning och lagring.

CDM – Clean Development Mechanism

CER – Certified Emission Reductions

CO₂e – Koldioxidekvivalenter

GHG – Green House Gases och på svenska, växthusgaser, som bidrar till den globala uppvärmningen.

GWP – Global Warming Potential och på svenska, Global uppvärmningspotential. Utgör ett mått på effektiviteten hos en växthusgas i förhållande till koldioxid, avseende klimatförändringar under en bestämd tidsperiod.

EPD – Environmental Product Declaration, på svenska, Miljövarudeklaration. En sammanfattad livscykelanalys av en produkt, med redovisning av påverkan i olika miljöpåverkanskategorier, med fokus på klimatpåverkan i form av bland annat GWP samt resurs- och energianvändning.

ERU – Emission Reduction Unit

EU – Europeiska Unionen

FN – Förenta Nationerna

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. FN:s klimatpanel.

IVL – (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning) Svenska Miljöinstitutet

LCA – Livscykelanalys

MWh – Megawattimme

SGBC – Sweden Green Building Council

tkm – Tonkilometer, även förkortat tonkm. Beskriver mått på arbetet för förflyttning av gods och beräknas genom multiplikation av godsvikt [ton] och transportsträcka [km]. Vanligt förekommande vid beräkning av miljöpåverkan till följd av transport.

UNFCCC – United Nations Framework Convention for Climate Change

UNEP – United Nations Environment Programme

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	v
Förord	vii
Begrepp och förkortningar	ix
Begrepp	ix
Förkortningar	xiii
1 Inledning	1
1.1 Idé bakom examensarbetet	1
1.2 Bakgrund	1
1.3 Nulägesanalys	2
1.4 Syfte och frågeställningar	3
1.5 Avgränsningar	3
2 Metod	5
2.1 Litteraturstudie	5
2.1.1 Hantering av källor	5
2.3 Verktyg	8
2.4 Kalkylmetod	8
2.2 Intervjumetod	8
2.3 Fallstudie	10
3 Teori	13
3.1 Politik	13
3.1.1 Kyotoprotokollet	13
3.1.2 Parisavtalet	14
3.1.3 Agenda 2030	14
3.1.4 EU:s klimatarbete och riktlinjer	15
3.1.5 Marknad för klimatkompensationer	17
3.2 Synsätt och metodik för klimatarbete inom byggbranschen	19
3.2.1 Livscykelanalys (LCA)	19
3.2.2 EPD – Environmental product declaration	21
3.2.3 Klimatdeklaration	21
3.2.4 Miljöcertifiering av byggnader	24
3.2.5 Lokala initiativ – LFM30	32
3.3 Klimatarbete i projektering och byggskede	37
3.3.1 Bygghandlingar och dess klimatpåverkan	38
3.4 Klimatkompensationsåtgärder	41
3.4.1 Kolinlagring – CCS och bio-CCS	42
3.4.2 Nature-Based Solutions (NBS)	48
3.4.3 Storskalig trädplantering	54
3.4.4 Biokol	56
3.4.5 UN Carbon Offset Platform	61
3.4.6 Klimatkompensationer och dess tillförlitlighet	62
3.5 Kostnader relaterade till klimatkompensations-åtgärder	66
3.5.1 Kostnader utsläppsrätter, EU-ETS	67
3.5.2 Kostnader – bio-CCS	67

3.5.3	Kostnader – NBS	68
3.5.4	Kostnader – storskalig trädplantering	68
3.5.5	Kostnader – biokol	68
3.5.6	Kostnader – UN Carbon Offset Platform	68
4	Fallstudie – projekt Kwartetten	71
4.1	Introduktion	71
4.2	Översikt av klimatarbete	72
4.2.1	Arbete för att nå LFM30:s kriterier	73
4.2.2	Arbete för att nå NollCO ₂ :s kriterier	73
4.2.3	Klimat effektiva byggmetoder	73
4.2.4	Klimatkompensationsåtgärder	76
4.3	Beräkning klimatpåverkan	76
4.3.1	Beräkning NollCO ₂	76
4.3.2	Beräkning LFM30	80
4.4	Kostnader i klimatarbetet	80
4.4.1	Klimat effektiva materialval	81
4.5	Erfarenhet	82
4.5.1	NollCO ₂	82
5	Resultat	83
5.1	Resultat av litteraturstudie	83
5.1.1	Vad är en klimatkompensation?	83
5.1.2	Hur undersöks en klimatkompensations tillförlitlighet?	83
5.1.3	Vilka typer av klimatkompensationsåtgärder finns det?	84
5.1.4	Vad kostar det att klimatkompensera?	86
5.1.5	Hur ser klimatarbetet ut inom byggbranschen?	87
6	Analys	93
6.1	Påverkan genom utbyte till ECO-betong	93
6.2	Kostnader för klimatkompensation	96
6.3	Klimatkompensation av stommens klimatpåverkan i Kwartetten	99
7	Diskussion	101
7.1	Klimatkompensation	101
7.1.1	Marknad och kostnader för klimatkompensationer	102
7.1.2	Klimatkompensationers tillförlitlighet	104
7.1.3	Klimatkompensationsåtgärder	107
7.2	Klimatarbete i byggbranschen och diskussion av fallstudie	113
7.3	Diskussion av analys	116
8	Slutsatser	119
8.1	Framtida forskning	120
	Litteraturlista	123
	Bilagor	141

1 Inledning

Bygg- och fastighetssektorn är en bransch som idag bidrar till en stor del av samhällets klimatpåverkan. Branschens påverkan är inte bara nationell genom inhemska utsläpp utan innebär även en påverkan internationellt sett, genom import av byggmaterial och dess medföljande utsläpp. Samtliga delar i en byggnads livscykel måste ses över för att klimatavtrycket ska reduceras (Boverket, 2023d). Utöver en utsläppsminskning genom klimateffektivt byggande, framställs även klimatkompensation som ett alternativ för att kompensera utsläpp. En klimatkompensations syfte är att ett utsläpp på en plats kan kompenseras med en utsläppsminskning på en annan plats (Naturskyddsföreningen, 2021b). Om detta är en användbar metod, hur hög effektivitet olika kompensationsalternativ har och hur mycket kompensationen kostar är något som behöver undersökas närmare för att skapa tillräckligt underlag inför det framtida klimatarbetet.

1.1 Idé bakom examensarbetet

Idén bakom examensarbetet uppkom i samband med samtal med Ulla Janson, universitetslektor på avdelningen för Installations- och klimatiseringslära på Lunds universitet. Ulla är koordinator för Lunds Tekniska Högskolas profilområde Cirkulär byggindustri och sitter med i det lokala initiativet LMF30:s utskott gällande just cirkularitet. LMF30 hade, till Ulla, presenterat ett antal frågeställningar som de önskade undersöka och det är dessa som idag utgör grunden för examensarbetet. Ulla tog sig an rollen som handledare och Rikard Sundling, biträdande universitetslektor inom avdelningen för Byggproduktion, rollen som examinator. I och med en tidigare praktikplats fanns även kontakt med företaget PE Teknik & Arkitektur - ett företag som är medlem i LMF30 och som också visade sig intresserade av frågeställningarna. På företaget tog Catrin Heincke, sektionschef för avdelningen Energi och Miljö Syd, på sig rollen som biträdande handledare.

1.2 Bakgrund

Byggproduktion idag innebär en hög energianvändning, utsläpp av växthusgaser, kväveoxider och partiklar, användning av miljöfarliga ämnen och stora mängder avfall som måste hanteras. Detta är aspekter som alla behöver minskas för att reducera branschens stora miljöpåverkan. Byggbranschen har upprättat en färdplan för att skapa en värdekedja innebarande nettonollutsläpp och klimatneutralitet, där Fossilfritt Sverige, ett nationellt initiativ, är samordnare. För att målen satta i Färdplanen ska bli till verklighet krävs det att effektiva metoder utvecklas och att rätt styrmedel införs (Boverket, 2023d).

Arbetet med en minskad klimatpåverkan i byggbranschen ges idag fokus genom olika lagkrav (Boverket, 2023d), miljöcertifieringar (Boverket, 2019d) och branschinitiativ (LMF30, u.åa). Ett styrmedel, som infördes den 1 januari 2022, är lagen om klimatdeklaration för byggnader. Denna innebär att byggherrar krävs redovisa alla nya byggnaders klimatpåverkan under byggskedet (Boverket, 2023g). Med ett mer

heltäckande fokus, inkluderande en byggnads hela livscykel, har EU tagit fram en taxonomiförordning, kallad just, EU-taxonomin. Denna har till syfte att främja hållbara investeringar genom att fungera som ett gemensamt verktyg för EU:s alla aktörer inom finansmarknaden (Boverket, 2023d). Miljöcertifieringar som NollCO₂ innebär ett klimatarbete som medför en avsevärd minskad klimatpåverkan med målet att uppnå en nettonoll klimatpåverkan för en certifierad byggnad. Balansering av kvarvarande utsläpp kan inom certifieringen, göras genom klimatkompenserande åtgärder, däribland köp av klimatkompensationer (SGBC, u.åi). Vidare är Lokal färdplan Malmö - LFM30 är ett svenskt lokalt initiativ i Malmö (LFM30, u.åa). De har som mål att sänka byggsektorns klimatpåverkan i Malmö men även att, i ett större perspektiv, bidra till en klimatneutral bygg- och anläggningsbransch och främja arbetet gällande FN:s globala mål i Agenda 2030. Detta initiativ sätter bland annat olika klimatkompensationer i fokus vilka bidrar till minskande av utsläpp inom byggbranschen (Holmgren & Erlandsson, 2022).

Detta examensarbete kommer att undersöka hur klimatarbetet i byggbranschen kan se ut med fokus på åtgärder som agerar klimatkompenserande. Även hur klimateffektiva arbetssätt kan tillämpas för att minska byggsektorns stora klimatavtryck. Detta kopplat till de styrmedel och riktlinjer som finns att förhålla sig till idag. För att undersöka hur arbetet kan se ut i praktiken, kommer undersökningen att kompletteras med en fallstudie.

1.3 Nulägesanalys

För att göra en nulägesanalys av den vetenskap som finns tillgänglig kring ämnet, ligger främst frågeställningarna nedan som grund. Gällande vad klimatkompensationer är och vilka åtgärder som finns att tillämpa, existerar bland annat tidigare genomförda examensarbeten som behandlar detta och beskriver, åtminstone kortfattat, vad de går ut på. Exempel på ett examensarbete av denna typ är "Klimatkompensationsåtgärder i byggbranschen" av Ebba Lejonklev och Ebba Persson år 2022, där bakgrund till klimatkompensationerna tas upp samt vilka kriterier och standarder som tillämpas angående dessa. De ställs också i relation till ett par olika miljöcertifieringar, och hur dessa bemöter användandet av olika typer av åtgärder. Vidare finns det rapporter avseende främst de samhällskostnader som klimatförändringarna och dess konsekvenser medför, dock avser inte dessa direkta kostnader i byggsammanhang. Det finns spridda källor som redovisar data för själva klimatkompensationens kostnad, men utan paralleller eller jämförelser med förebyggande metoder och åtgärder, särskilt för byggsektorn. Gällande byggmetoder och vilka tillvägagångssätt som utvecklats för att minska klimatpåverkan i byggskedet finns det relativt omfattande utredningar. Bland annat finns det rapporter från Boverket såsom "Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan" av Anders Sjelvgren från 2018, och IVL Svenska Miljöinstitutets rapport "Byggandets miljöpåverkan" från 2015. Fortsättningsvis behandlar bland annat initiativet för klimatneutralitet i byggbranschen i Malmö, LFM30, metoder och bedömningar kring kompensationer och negativa utsläpp, vilka kan vägleda vid beslutsfattande och andra ageranden.

Det som, i samband med nulägesanalysen, bedöms saknas och som därmed kan studeras mer ingående, är vilka klimatkompensationsåtgärder som finns, och dessutom grundligt förklara vad dessa innebär. Ytterligare en aspekt att titta närmre på är kostnadsbilden

kring åtgärderna, samt hur beslut tas kring dessa och hur processen ser ut i ett projekt där klimatkompensationer används. Parallellt kan användandet av klimatkompensationerna även ställas i förhållande till vilka byggmetoder som används, som i sin tur kan jämföras mot ett mer klimateffektivt byggande. Metoder, vilka i vissa fall bör kunna medföra ett mindre behov av kompensation. Hur det hela förhåller sig till klimatarbete och i synnerhet, till olika miljöcertifieringar och riktlinjer, är också något som det i nuläget uppfattas finnas bristande undersökningar om.

1.4 Syfte och frågeställningar

Syftet med examensarbetet är att undersöka vad klimatkompensation innebär, vilka klimatkompensationsåtgärder som finns, hur de genomförs och vilka kostnader kompensationerna innebär. Vidare är syftet att studera användandet av klimatkompensationsåtgärder i förhållande till andra klimateffektiva arbetsätt som kan tillämpas inom byggbranschen. Studien baseras på följande frågeställningar.

- Vad är klimatkompensation?
- Hur undersöks en klimatkompensations tillförlitlighet?
- Vilka olika klimatkompensationsåtgärder finns det (nationellt/internationellt)?
- Vad kostar det att klimatkompensera?
- Hur ser klimatarbetet ut inom byggbranschen?

1.5 Avgränsningar

Studien avgränsas till bygg- och anläggningsbranschen inom Sverige och metoder, tekniker och åtgärder som är möjliga att tillämpa för svenska byggaktörer. Tillåtna återbetalningsmetoder, alltså metoder för att generera negativa utsläpp, baseras på de som i svenska lagar, myndigheter, organisationer och initiativ beskrivs tillåtna. Krav enligt miljöcertifieringar som tillämpas i Sverige, avgränsas till certifieringen NollCO₂. Rapporten kommer behandla aspekter avseende klimateffektivt byggande, studerande och användning av klimatkompensationsåtgärder samt undersökning av dessa aspekters kostnader. Historien bakom dagens klimatpolitik kommer att studeras ytligt men inte på ett djupare plan. Synsätt inom ett lokalt miljöinitiativ, LFM30, behandlas också, andra initiativ behandlas inte. Frågeställningarna appliceras på en studerad fallstudie. Klimatarbete inom byggbranschen avser byggmetoder samt arbete med klimatdeklarationer och miljöcertifiering. Gällande de kostnader som länkas till klimatarbete inom byggsektorn tas enbart data fram för det som har relevans i förhållande till genomförd fallstudie. Kostnader kopplat till certifieringar undersöks ej. Kostnader länkat till klimatkompenserande åtgärder avgränsas till de åtgärder som behandlas. De klimatkompensationsåtgärder som undersöks är CCS och bio-CCS, naturbaserade lösningar, trädplanteringar, biokollagring samt förnybar energi och teknik som genererar mindre utsläpp.

2 Metod

I detta avsnitt redovisas allt ifrån hur idén bakom examensarbetet uppkom, till involverade handledare, organisationer och företag. Det förklaras hur litteraturstudien genomförts och i vilken mån källkritiskt tänkande har tillämpats. Även dokumentstudie- och intervjumetodik samt användandet av fallstudie beskrivs nedan.

2.1 Litteraturstudie

Arbetet inleddes med en litteraturstudie för att sätta sig in i ämnet och kunna bygga upp ett innehåll och en disposition tillräckligt tydlig för att besvara frågeställningarna. En nulägesanalys gjordes parallellt för att undersöka vilka fakta som var bristfälliga inom ämnet för att kunna säkerställa examensarbetets kunskapsbidragande syfte. Nulägesanalysen baserades bland annat på det, år 2022, publicerade examensarbetet ”Klimatkompensationsåtgärder i byggbranschen” av Ebba Lejonklev och Emma Persson samt på rapporter skrivna av LFM30, Boverket och IVL. Gällande litteraturstudien erhöles ett antal källor från LFM30, dessa blev naturligt de första att studera. Dessa källor bestod av rapporter och webbsidor som behandlade allt från statistik gällande kostnader till ramverk, metoder och kriterier. Under fortsatt litteraturstudie användes sökmotorerna LUBsearch och Google. Projektinformation kopplat till fallstudie hämtades från PE Teknik & Arkitekturs databas samt initiativet, LFM30:s, intranät.

2.1.1 Hantering av källor

2.1.1.1 Bakgrund – källor och analys

En källa kan både definieras som ”en skrift som åberopas för en viss uppgift och som utgör grunden för denna uppgifts auktoritet” (Torstendahl 1966) eller kort som ”skriftligt nedtecknat material” (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997). En källa blir dock först en källa då det skriftliga materialet används. Filtrering av källor styrs systematiskt men frågeställningar som ämnas undersökas, har också inverkan på filtreringen. Även tillfälligheter som vilken information som finns att tillgå, hur mycket som skrivits ned av vad som hänt, hur mycket som har bevarats och vilka källor som, sedan tidigare, känts till, har påverkan. Det är av stor vikt att förstå de begränsningar som kan finnas i källmaterialet, så att rätt frågor kan ställas och därmed rätt information kan fås ut. Det är även viktigt att känna till den tidshistoriska situation då källan blev till, så att rätt tolkning av innehållet kan göras (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

Källor kan utifrån den information de ämnar förmedla, beskrivas som normativa och kognitiva. Normativa källor är värderande och kognitiva är berättande. Inte sällan, innehåller en och samma källa båda delar. En källa av berättande karaktär kan exempelvis vara utformad på så vis att den indirekt vill framhäva normativa ställningstaganden. Det finns även källor där det kognitiva dominerar, exempelvis statistik och där det normativa dominerar, exempelvis lagar. Beroende på frågeställningens karaktär och det svar som önskas, kan de olika typerna vara olika fördelaktiga. Om en allmän uppfattning om en faktisk situation är av intresse, kan kognitiva källor vara att föredra, medan normativa källor med fördel kan användas då

information önskas om stundande förhållningssätt och riktlinjer. En historisk eller framtidsinriktad källa kan respektive vara mer eller mindre kognitiv och normativ. En kognitiv källa om något föregånget är beskrivande och om något framtida, förutsäggande. En normativ källa, om något föregånget är värderande och om något framtida, målinriktad (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

Källans utformning är också beroende av vem som avses läsa och nyttja den, om källan är offentlig eller konfidentiell. Källans karaktär bestäms ofta av vilken relation som råder mellan upphovet av källan och den som ämnas mottaga informationen och kan beskrivas ha antingen en institutionell eller personlig prägel. Konfidentiella källor är av personlig typ, till exempel privata brev, medan institutionella källor av konfidentiell karaktär är till exempel interna arbetsdokument. Offentliga källor med personlig prägel är till exempel tidningsartiklar och av institutionell karaktär exempelvis rapporter. Det är viktigt att förstå en källas karaktär för att urskilja värderingar, vilken information som faktiskt är relevant och vad som bidrar med bättre förståelse av den undersökta frågan. Det kan exempelvis vara fördelaktigt att få tillgång konfidentiell information för att skapa en förståelse för processen bakom det som ledde fram till en offentlig källa (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

Granskningen av en källa kan delas upp i de fyra delarna observation, ursprung, tolkning och användbarhet. Först sker en källobservation över vilka källor som finns att tillgå och vilken information de innehåller. Observationen kan ofta resultera i att svar på de viktigaste frågorna inte finns att hitta men att annan, mindre relevant, information finns i ett överflöd. Det är ett omfattande arbete som krävs för att kunna skapa sig en överblick om tillgängliga data och för att undvika att ge en partisk bild av ett ämne genom att endast använda källor från en part i en konflikt (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

För att skapa sig en klar bild om vad ursprunget är till källan, måste sambandet mellan källan och dess innehåll studeras. Detta för att ta reda på hur man ska använda källan, mer specifikt om den ska uppfattas som en del av en helhet, som ett följdresultat av en specifik orsak eller som ett enkelt meddelande. För att skapa en uppfattning om detta måste det undersökas tidpunkt då källan blev till, vem eller vilka som har skrivit källan, vilka huvudsyften källan har och hur källan har hittats. En fråga som kan ställas är om källan är äkta på så vis att den är det den påstår sig vara. Det är ofta svårt att få fram ett klart svar på denna fråga då många faktorer, så som tid och plats, upphovsman, innehåll, upphovsmannens koppling till innehåll och språkstil, spelar in. Detta ger klarhet i hur stor tilltro som kan sättas i en beskrivande källas innehåll. Fördelaktigt är även att kunna jämföra källor med källor som beskriver en mer allmän uppfattning kring en situation (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

För att kunna tolka källan på ett riktigt vis måste innehållet analyseras ur perspektivet av vad upphovsmannen ämnat att förmedla med informationen. Källan måste sättas in i ett tidssammanhang och en kontext i vilken källan upprättades. Det är minst lika intressant att förstå sig på hur källans innehåll tolkas av läsaren och vilka budskap läsaren mottagit. Det är inte en självklarhet att upphovsmannens avsikter är de som faktiskt når fram till läsaren. Det är därför viktigt att samla information från flera källor för att komplettera med tilläggsinformation, för att skapa en så omfattande uppfattning som möjligt om

innehållet. Det är även viktigt att undersöka flera källor av anledningen att en enda källa sällan är perfekt utformad för att besvara en specifik frågeställning. Källan har troligen skapats av andra anledningar än besvarande av just den frågeställningen som undersöks, vilket skapar ett behov av att använda ett flertal källor för att få ut den information som har innebörd av det som är av intresse och är relevant (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

För att värdera källans användbarhet i förhållande till undersökningens syften, måste det studeras hur nära koppling källan har till undersökt situation och hur omfattande den kan beskriva relevanta faktorer i situationen på ett trovärdigt sätt. Trovärdigheten kan undersökas från två olika synvinklar, genom en yttre analys och genom en inre. Yttre analys görs genom att jämföra information från olika källor, fördelaktigt här är att jämförande källor ska vara oberoende av varandra i så stor utsträckning som möjligt. Trovärdigheten i en källa kan förstärkas genom att andra källor förklarar innehållet på samma vis. En inre analys görs genom att undersöka den använda källan i form av inre överensstämmelse, generell säkerhet på innehåll, möjligheten av att ta in och återge informationen på ett riktigt sätt och upphovsmannens eventuella subjektivitet. För att trovärdigheten ska stärkas genom en inre analys gäller det att källans innehåll inte är motsägelsefullt eller starkt subjektivt. Det är även av vikt att kunna fastställa avståndet mellan källans innehåll och den faktiska situationen som innehållet behandlar. Primärkällor föredras framför sekundärkällor då dessa ofta ger en mer sann uppfattning om den faktiska situationen. Det som dock ska tas hänsyn till är källförfattarnas förutsättningar gällande moral och intellektualitet, kunskap, noggrannhet, förmåga att beskriva och återge information och viljan att framhäva sanningen i innehållet. Om dessa krav kan uppfyllas ökar källans trovärdighet. Idealsituationen för en källanalys beskrivs sammanfattat som ”flera olika källor som inbördes oberoende av varandra, utförliga och samstämmiga med varandra, nedskrivna på plats av kompetenta och ”neutrala” vittnen eller av vittnen, som har motsatta värderingar beträffande det som beskrivs.” (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997). Hänsyn till ovan har tagits genom användandet av källor från myndigheter, EU och organisationer som FN som anses trovärdiga och kunniga avseende beskrivna aspekter.

2.1.1.2 Källhantering i rapport

I detta examensarbete har webbaserade sidor och rapporter noga valts ut och hanterats med hänsyn till publikationsår och objektivitet respektive subjektivitet. Kvaliteten på innehåll har granskats genom jämförelse av samma innehåll mellan olika typer av källor och då subjektiva källor använts har dessa ställts emot andra subjektiva källor, som har motsatt synsätt för att presentera data på ett så objektivt vis som möjligt (Krohn Solvagn & Magne Holme, 1997).

För att sortera bland och presentera rätt information, har fokus lagts på validitet och reliabilitet, två viktiga begrepp inom den vetenskapliga metodiken. Validiteten avgör en datas relevans i förhållande till frågeställning och om metodiken för framtagande av data ger svar på det den ämnat besvara (Mälardalens universitet, 2023b). Reliabiliteten avser i stället att genomförandet av studien och datainsamlingen är pålitlig och att författarna av använda datakällor har tillräcklig kompetens (Mälardalens universitet, 2023a).

2.3 Verktyg

För datainsamling till litteraturstudie har sökmotorerna LUBsearch och Google använts. Sökord som använts är exempelvis "Klimatkompensation", "Carbon offset", "CCS", "bio-CCS", "Nature-based solutions", "Biokol", "Trädplantering klimatkompensation", "Klimatpolitik", "LFM30", "NollCO2", "Klimatdeklaration", "Livscykelanalys", "Hållbart byggande", "Klimatförbättrad betong", "Kostnader kolkrediter", "Carbon offset pricing", "Koldioxidkrediter" och "Kvartetten". Utöver datainsamling från publikt material, användes även PE Teknik & Arkitekturs databas för information kopplad till studerad fallstudie. Även initiativet, LFM30:s, intranät gav kompletterande information gällande fallstudie. För utförda beräkningar gällande klimatvärde av solcellsinstallation i fallstudie, användes kalkylbladsprogrammet Excel.

2.4 Kalkylmetod

Kalkylmetoder som användes i examensarbetet utgörs av handberäkningar samt beräkningar med hjälp av verktyget Excel. Värden som användes i beräkningar avseende fallstudien har varit framtagna bland annat genom standarden EN15978 för livscykelanalys. Metodiken bakom standarden redovisas i teorikapitel. I samband med beräkning av klimatvärden användes linjärinterpolering, detta enligt formel som redovisas i berört avsnitt. Det togs även fram olika generella kostnadsdata genom enklare beräkningar, vilka samtliga redovisas vid respektive delmoment.

2.2 Intervjumetod

För att få en djupare insikt i det praktiska klimatarbetet inom byggbranschen utförs ett flertal intervjuer. Intervjufrågorna behandlar studerad fallstudie och fungerar även kompletterande för tolkning av riktlinjer och bestämmelser inom klimatarbetet i LFM30. I styckena nedan beskrivs maktrelationen mellan intervjuare och intervjuperson samt vad denna innebär. Det redovisas även tillvägagångssätt kring frågeformulering och förhållningssätt till intervjuresultat. Slutligen beskrivs vilken intervjuform som används och hur denna är utformad.

En forskningsintervju är inte att betrakta som en fullständigt fri och öppen dialog mellan två helt jämställda parter. Det är ett professionellt samtal som innebär en maktasymmetri mellan intervjuaren och den intervjuade. Alltså, trots att en intervju innebär en personlig interaktion som kan innehålla både empati och samförstånd, är det grundliga maktskillnader. Ett fåtal exempel listas nedan (Brinkmann & Kvale, 2015):

- Intervjun är inget vardagligt samtal mellan två personer. Den som intervjuar har vetenskaplig kompetens varefter denne initierar och formar intervjun genom intervjusituation, tema och frågor. Denne bestämmer också de frågor och svar som följs upp och är också den som bestämmer när samtalet ska avslutas.
- Intervjun är en dialog i enkelriktat format. Den kan beskrivas som en enkel utfrågning där intervjuaren ställer frågor som den intervjuade förväntas besvara.
- Intervjun är en dialog i instrumentellt format. Huvudmålet med intervjun är inte ett bra samtal utan snarare en metod för att intervjuaren ska erhållas

beskrivningar och berättelser som kan tolkas och redovisas i överensstämmelse med dennes intressen.

- Intervjun kan vara en dialog av manipulativt format. Frågorna kan innehålla en dold agenda - intervjuaren kan vilja få ut information utan att den intervjuade förstår vilken information som egentligen efterfrågas.
- Den som intervjuar har tolkningsföreträde. Intervjuaren har ensam rätt om att tolka den intervjuades ord och sedan redovisa sin tolkning av de erhållna svaren.
- Intervjun kan skapa motreaktion. Den intervjuade kan, då denne uppfattar intervjuaren som dominant, medvetet hålla viss information hemlig eller välja att prata runt frågor. Det kan också ske att intervjuaren blir ifrågasatt kring sina frågor och tolkningar, till den grad att den intervjuade drar sig ur intervjun.
- En intervjuare kan försöka minska den asymmetriska maktfördelningen genom så kallade, samarbetsintervjuer för att framställa frågor, tolkning samt rapportering.

Den ojämna maktasymmetrin är något som lätt förbises då fokus endast läggs på den personliga interaktionen som sker mellan intervjuaren och den intervjuade. Något avsett maktutövande får inte förekomma från den som intervjuar och det är därför viktigt att denne reflekterar kring etiken bakom den kunskap som kommer ut från intervjun (Brinkmann & Kvale, 2015).

En professionellt genomförd intervju anses uppfylla vissa krav om tillräcklig reliabilitet och validitet, därtill ska resultatet i form av slutsatser kunna granskas av andra. Reliabiliteten innebär att intervjun behöver kunna ge tillförlitliga resultat, validiteten syftar på att resultaten som erhålls ska vara giltiga. Vidare ska resultaten vara användbara, vilket bland annat bygger på att lämpliga och korrekt formulerade frågor ställs under rätt form av intervju (Lantz, 1993).

Arbetet med att formulera frågor inför en intervju är en central del i att få konkreta svar som inte på något vis grundas i någon form av missförstånd och följaktligen är det viktigt att definitioner och begrepp används rätt och således kommer fram på ett korrekt sätt. Att ställa frågor som antingen kan besvaras med ja eller nej, alternativt frågor som kan anses laddade samt uppfattas eller fungera ledande, ska användas i rätt kontext och med förståelse för vilka resultat de kan framleda. Generellt strävas det därmed efter att undvika laddade och ledande frågor, eller frågor som enbart ger en begränsad skara svarsalternativ. Det gäller även att, i så liten utsträckning som möjligt, ge skäl eller anledningar till olika svar genom att presentera frågor med särskild attityd och ledande ordval. Hypotetiska frågeställningar, samt frågor i ett återblickande perspektiv kan också vara något som, med fördel, hanteras med viss försiktighet för att bästa möjliga resultat ska fås. Därtill kan även den ordning som frågor ställs i, ha betydelse för intervjupersonens respons (Wärneryd, 1993).

Intervjuformen som används inom denna undersökning är den, så kallade, halvstrukturerade formen. Denna innebär att ämnena och begreppen som behandlas i intervjuerna är fördefinierade, där omfattning och kontext avgränsas av den eller de som intervjuar, och frågorna betraktas som objektivt besvarade där det personliga

förhållningssättet bortses ifrån. Huruvida begreppen och frågorna är meningsfulla för den intervjuade personen kan tas i viss beaktning. Det förutsätts att de ord och termer som används i samband med intervjuerna, är av likartad betydelse för samtliga personer (Lantz, 1993). För att delvis minska risken för överrapportering, kan frågorna ställda i intervjuerna komma att utformas med en viss mängd bakgrundsinformation. En bakgrund ger personen förutsättningar för att skapa sig en strukturerad bild av vad som efterfrågas, vilket på ett likartat sätt kan förebygga risken att få ett svar som inte fullständigt besvarar den ställda frågan (Wärneryd, 1993).

2.3 Fallstudie

I examensarbetet genomfördes det en fallstudie för att koppla teori och insamlat underlag till ett verkligt exempel. Via PE Teknik & Arkitektur samt via LFM30 erhöles tillgång till information om det genomförda byggprojektet Kvarteren. Studien inleddes genom att uppsöka all tillgänglig information via källor som kan nås av allmänheten på olika webbplatser, därefter användes interna dokument från PE Teknik & Arkitektur samt LFM30:s intranät. Data sammanställdes på ett sätt som fick fallstudien att fungera som ett underlag för resultatet, i vilket frågeställningarna stod i fokus. Vidare kunde studien även utgöra föremål för diskussion avseende olika aspekter som behandlas parallellt i den teoretiska studien.

En fallstudie är en undersökning av ett utvalt avgränsat system, vilket väljs med syftet att tillföra kunskap inom ett visst ämne, och eller för att en företeelse bedöms vara särskilt intressant (Merriam, 1994). Observationer och intervjuer är metoder som ofta kommer till användning i samband med fallstudier (Bell, 2016). Fallstudier kan göras i olika former, däribland kvalitativ eller kvantitativ (Merriam, 1994). Den kvantitativa forskningen fokuserar på statistiska analyser och använder sig av förutbestämda forskningsfrågor, till vilka slutsatserna inte sällan är generaliserbara (Bell, 2016). I den kvalitativa forskningen ligger emellertid fokus på innebörd, förståelse och process, och beskrivningar görs i denna med text och bilder. I stället för att pröva befintliga teorier, utvecklas nya teorier, hypoteser och begrepp i samband med forskningen. Om en fallstudie är genomförd med en kvalitativ metod innebär det att den kan utmärkas av att den är deskriptiv, heuristisk, partikularistisk och induktiv. Att studien är deskriptiv innebär att den baserar sig på grundlig information och fullständiga beskrivningar av föremålet som ska studeras. Det framgår tydligt att flertalet parametrar har betydelse för resultatet och information kan hämtas från många källor såsom intervjuer och tidningsartiklar. Vidare innebär heuristik att läsaren av fallstudien får ett utvidgat perspektiv och en vidgad uppfattning om det som behandlas. Fallstudien är även i regel partikularistisk, det vill säga den fokuserar på ett särskilt fall som har betydelse för ämnet som undersöks samt för vad resultatet kan innebära. Att fallstudien är induktiv syftar till att utgångspunkten ligger hos insamlad information, vilken i sin tur ligger till grund för sökande efter en teori som kan förklara erhållna resultat (Merriam, 1994).

Tillvägagångssätt i samband med en fallstudie kan indelas utifrån kategorierna abduktiv, induktiv och deduktiv. Ett induktivt förfarande förklaras i ovan stycke. Till skillnad från en induktiv metod, undersöks det i deduktiv forskning, information som passar in och kan bekräfta en redan existerande teori, i stället för att söka efter teorier som stämmer in

på erhållit resultat. Deduktiv analys är ett utmärkande drag, anknyttande till kvantitativ forskning, då statistiska metoder används (Merriam, 1994). Den abduktiva varianten innebär att det finns en dynamik mellan teori och empiri, där fokus ligger på oväntade delar i empirin, som vidare försöker förklaras genom att formulera hypoteser. Metoden betraktas som ett sätt att ständigt formulera frågor i en undersökning (Jacobsson, 2010).

I samband med fallstudier finns det ett antal aspekter att ta hänsyn till, som tas upp då fallstudie som forskningsform kritiserar. Det kan finnas risker för att studier av enskilda fall kan leda till misstolkningar och felaktiga slutsatser om hur verkligheten ska tolkas, vilket kan orsaka skeva resultat och vinklade fakta. Det kan dessutom vara riskabelt att dra generaliserade slutsatser med enskilda undersökningar som grund, om inte samtliga parametrar som kan ha haft betydelse, redovisas. Fallstudien som forskningsmetod ska följaktligen i det enskilda fallet avgöras om det är passande för studiens syfte, eftersom det trots riskerna går att studera vissa aspekter och företeelser från fall till fall (Bell, 2016).

I denna undersökning användes en kvalitativ form av fallstudie, eftersom dess syfte var att ge insikter och underlag för resultat och slutsatser, medverkande till det teoretiska resultat som togs fram genom intervju och litteraturstudie. Ett deduktivt tillvägagångssätt användes för att resultatet i fallstudien skulle kunna återkopplas, om så delvis, till teorier som presenterats i samband med genomförd litteraturstudie, och samma gäller för den information som samlats in med hjälp av intervju och annan kommunikation.

3 Teori

Under denna rubrik redovisas insamlade data från genomförd litteraturstudie. Innehållet behandlar kortfattat den klimatpolitiska bakgrunden till dagens riktlinjer för miljöarbetet inom bygg- och anläggningsbranschen. Vidare redovisas alternativ och kostnader till klimateffektiva byggmetoder samt klimatkompensationsmetodik, tillämpningsbar, inom Sveriges gränser. Därtill behandlas även de presenterade klimatkompensationsåtgärdernas kostnader.

3.1 Politik

Under slutet av 80-talet resulterade konstaterandet, att klimatfrågor borde ligga inom mänsklighetens intresse, i ett allt större klimatengagemang samt uppmärksamhet riktat åt klimatpolitiken. Följderna blev bland annat målsättningar om att klimatförändringar som anses farliga skall förhindras, vilket i sin tur ledde fram initiativ och ansatser till internationella klimatavtal (Joelsson & Karlsson Andrews, 2016). Under 1992 antogs ramkonventionen om klimatförändringar (FN-förbundet, u.å), på engelska United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (Naturvårdsverket, u.åa). Den har sedan den trädde i kraft, år 1994, nu omkring 190 underskrifter, alltså är nästan samtliga medlemsstater i FN konventionsstater (FN-förbundet, u.å). Konvektionen grundar sig i att problematiken med klimatförändringar är något som samtliga länder i världen bidrar till, men att påföljderna i olika länder och hur ansvarsfördelningen ser ut, kan skilja sig (Naturvårdsverket, u.åa). Framtagandet av konvektionen var inte en simpel process, och följaktligen lämnades många frågor öppna för tolkning, så att det kunde ske en viss anpassning till enskilda stater. Ett flertal forskare och organisationer uttryckte därför konvektionen ha en viss inbyggd vaghet, varför ytterligare förhandlingar om tilläggsprotokoll initierades (FN-förbundet, u.å).

3.1.1 Kyotoprotokollet

Kyotoprotokollet som förhandlades fram 1997 och trädde i kraft 2005 kom att bli resultatet av den första förhandlingsprocess som grundat i konventionens, UNFCCCs, diskuterade bristfälligheter. Något som, under förhandlingstid, ytterligare främjade arbetet med protokollet var klimatpanelens publikation av deras andra bedömningsrapport, år 1995. Denna påvisade vetenskapligt människans påverkan på klimatet. Målet med protokollet var att ta fram mer specifika åtagandeperioder och utsläppsmål för länder i nord, och med dessa även behjälpliga mekanismer för att nå målen. Att det undertecknades år 1997 men trädde i kraft först år 2005 berodde på att Ryssland först undertecknade protokollet år 2004, vilket gjorde att ett av de satta kriterierna i protokollet uppfylldes först vid den tidpunkten. Kriteriet i fråga var kravställandet att samtliga parter i protokollet ska stå för åtminstone 55 procent av den reglerade utsläppsminskningen (FN-förbundet, u.å). Alla länder i protokollet är inte kravställda att minska sina utsläpp (Naturvårdsverket, u.åa) och de länder som omfattas av krav, tillåts göra detta via utsläppsminskande åtgärder i annat land. I det avseendet, bildades, i samband med Kyotoprotokollet, Clean Development Mechanism (CDM) och Joint Implementation (JI), två samarbets typer med implementering av köp av utsläppskrediter internationellt (Energimyndigheten, 2023b). Enligt CDM tillåts ett land

reducera sina egna utsläpp genom implementering av utsläppsminskande projekt i utvecklingsländer. Dessa projekt kan erhålla certifierade utsläppskrediter, på engelska certified emission reduction (CER) credits, motsvarande ett ton koldioxid som kan säljas och köpas av länder med reduktionskrav på utsläpp. I systemet har det sedan implementeringen år 2006, registrerats 1650 olika projekt och mellan åren 2008–2012 uppskattas en utsläppsminskning på omkring 2,9 miljarder ton koldioxidekvivalenter ha skett (United Nations, u.å.d). Den andra samarbetstypen, JI, tillåter länder med krav på utsläppsminskning att reducera dessa genom att erhålla så kallades emission reduction units (ERUs), reduktionsenheter, från projekt i andra länder som också, enligt protokollet, är kravställda att minska sina utsläpp. En ERU motsvarar precis som en utsläppskredit (CER), ett ton koldioxid (United Nations, u.å.e).

3.1.2 Parisavtalet

Parisavtalet fastställdes i oktober år 2015, då ett klimattoppmöte ägde rum i Paris för de till klimatkonventionen anslutna staterna, och överenskommelsen gjordes formellt giltig i november 2016. I stort sett, har alla världens länder tagit på sig ansvar gällande åtgärder som ska bidra till att avtalets mål kan uppnås, vilket bland annat handlar om att begränsa den globala uppvärmningen till långt under två grader Celsius, mer specifikt strävas det efter max en och en halv grad (Naturvårdsverket, u.å.c). Detta gäller samtliga länder, men mest ansvar har ålagts världens mer välbärgade länder. De allra rikaste har även plikten att ge stöd åt nationer med mindre ekonomiska möjligheter för att alla ska kunna hjälpas åt att nå målen. Utsläpp redovisas av samtliga länder och mätningar sker innanför varje enskilt lands gränser. Gällande förbättringar skall alla ha nationella planer, gällande hur utsläppen ska kunna begränsas, därtill ska planerna även uppdateras och göras mer strikta vart femte år. Avtalet har i sin helhet inget slutdatum, dock gäller det för år 2100 att mänskligheten ska ha slutat släppa ut alla typer av växthusgaser (Joelsson & Karlsson Andrews, 2016).

3.1.3 Agenda 2030

Grundande, men även kompletterande till det desto mer klimatfokuserade Parisavtalet, växte det också fram krav och mål för annan sorts utveckling på en global nivå – Agenda 2030. Denna utgör, precis som Parisavtalet, en målsättning för samtliga av världens länder (Karlsson Andrews, 2017), och framtagandet har letts av Förenta nationernas, FNs, medlemsländer (United Nations Development Programme, u.å). Agendan avser inte enbart mål som är klimatrelaterade, utan fokuserar på hållbarhet i ett större perspektiv i vilket även mänskliga värden inkluderas (Karlsson Andrews, 2017). Som övergripande vision visar Agenda 2030 hur framtidens värld ska se ut, vilket vidare utvecklats till de mer detaljerade och konkreta hållbarhetsmålen. Detta grundar sig i 17 olika mål, med 169 delmål för hållbar utveckling, som handlar om människors liv i fred och välbästand samt strategier för hur planeten ska skyddas. Mål nr 13 har benämningen ”Bekämpa klimatförändringarna”, och kan direkt anknytas till Parisavtalet gällande till exempel gränserna för den globala uppvärmningen samtidigt som det även behandlar mål om hantering av klimatförändringarnas konsekvenser (United Nations Development Programme, u.å).

På FN:s hemsida om mål 13, är ett förslag, för att bidra till målet att klimatkompensera mer i samband med bland annat resande, att stödja klimatpositiva projekt (United Nations Development Programme, u.å). Klimatkompensationsprojekt kan innebära exempelvis trädplanteringar eller investeringar i bland annat förnybar energi, vilka inte i samtliga fall, är projekt som etableras i samma länder som det ekonomiska stödet kommer ifrån (Berglund, 2023).

3.1.4 EU:s klimatarbete och riktlinjer

Med bland annat Parisavtalet som grund har den Europeiska unionen (EU) utvecklat strategier för att nå klimatmålen, och därmed beslutat om en rad mål där samtliga av unionens medlemmar omfattas. Sveriges medlemskap innebär att hänsyn ska tas till EU:s mål, vilket är en av orsakerna som lett till Sveriges nationella klimatmål. Bland annat strävar EU efter att vara helt klimatneutralt till 2050, vilket innebär ett omfattande arbete med utsläppsminskningar och åtgärder relaterat till klimatarbetet. I detta avsnitt behandlas följaktligen några av de riktlinjer och metoder som EU arbetar efter (Naturvårdsverket, 2023c).

3.1.4.1 The European Green Deal

Inom EU finns målsättningen om att medlemsländerna i unionen ska vara klimatneutrala till år 2050. Strategin för att uppnå detta kallas ”The European Green Deal”, i vilken det ingår en rad politiska initiativ vars syfte är att vägleda till slutmålet om klimatneutralitet (Europeiska rådet, 2023). Ett flertal övergripande sektorer såsom byggbranschen, energisektorn och sektorer som arbetar med bevarandet av naturliga miljöer har hittills arbetat fram omkring 50 olika initiativ för klimatneutralitet. Genom detta är intentionen att Europa ska bli den första klimatneutrala kontinenten 2050, vilket är en del av arbetet med de tidigare nämnda målen, fastställda av Agenda 2030 (Christiansen, u.å). Sedan april 2021 finns det även en övergripande förordning inom EU, 55 %-paketet, som för medlemsnationerna är rättsligt bindande och innebär att nettoutsläppen av CO₂e 2030 ska ha minskat med 55 procent i förhållande till utsläppsnivåerna året 1990. Kompletterande till detta ska länderna bland annat även se till att utveckla ett system för redovisning av utsläpp, och samtidigt se till att alla åtgärder håller en effektivitet gällande kostnad och dessutom är socialt rättvisa. Inom byggsektorn finns det en strategi kring den gröna omställningen avseende att renovera byggnader för en högre energieffektivitet, främst för att minska på sektorns energianvändning och klimatpåverkan (Europeiska rådet, 2023). För Sveriges del påverkas klimatpolitiken av EU och i synnerhet The European Green Deal bland annat gällande hantering av mark, skogsområden, energiutvinning, vatten och biologisk mångfald (Christiansen, u.å).

3.1.4.2 EU-taxonomin

Som ett resultat av EU:s tillväxtstrategi och The European Green Deal, togs EU-taxonomin fram. Taxonomin är ett verktyg för att förenkla arbetet med jämförande och bedömning avseende hållbara investeringar. Syftet är att, genom ett gemensamt och övergripande klassificeringssystem, kunna avgöra vilka investeringar som kan betraktas som hållbara. Detta genom att ställa dem i relation till sex olika mål, vilka formuleras enligt nedan (Finansdepartementet, 2022):

1. Begränsning av klimatförändringar
2. Anpassning till klimatförändringar
3. Hållbar användning och skydd av vatten och marina resurser
4. Övergång till en cirkulär ekonomi
5. Förebyggande och kontroll av föroreningar
6. Skydd och återställande av biologisk mångfald och ekosystem

I de fall där investeringarna bidrar till ett eller ett flertal av miljömålen, samt anses ta hänsyn till social hållbarhet och dessutom inte innebär någon skada för något av de resterande målen, kan de klassificeras som hållbara (Finansdepartementet, 2022). Gällande hållbarhet ur ett socialt perspektiv hänvisas det till minimikraven avseende mänskliga rättigheter samt arbetsrätt enligt de globala konventionerna. Totalt är det hittills elva olika branscher som inkluderas i taxonomin, där bygg- och fastighetsbranschen konstaterats vara en av de med stor miljöpåverkan. Krav ställs inom byggsektorn i fråga om nyproduktion, ombyggnation, renoveringar och befintliga fastigheter. För nya byggnader ska exempelvis energiprestandan ligga tio procent under de lagstiftade energikraven enligt BBR, och genomförs det en renovering eller ombyggnation så ska byggnadens energiprestanda förbättras med minst 30 procent. Det finns även allomfattande krav såsom att förorenad mark måste kartläggas, 70 procent av avfallet från bygg- och rivningsarbeten skall återbrukas alternativt återvinnas, samt, till exempel, att enbart snålförbrukande vatteninstallationer får användas (SGBC, u.åg).

Till följd av klimatkraven har det i Sverige införts ett antal lagar, bland annat lagen om klimatdeklaration för byggnader. Från och med den 1 januari 2022 har byggherren till en ny byggnad skyldighet att upprätta en klimatdeklaration för byggnaden och lämna in denna till en av regeringen bestämd myndighet, Boverket. Detta gäller dock med vissa undantag, såsom projekt med tidsbegränsade bygglov, begränsade omfattningar, eller exempelvis byggnader med särskilda ändamål inom bland annat industri, jordbruk och försvar (Sveriges Riksdag, 2021). Läs mer om klimatdeklaration under rubrik 3.2.3. År 2022 började lagar och direktiv i linje med taxonomin gälla, främst till fördel för de två första miljömålen – begränsning av, samt anpassning till, klimatförändringar. Från årsskiftet 2023 gäller dessutom granskningskriterier och lagar som berör de fyra resterande målen (Sjelvgren, 2022).

3.1.4.3 EU-ETS (handelssystem för utsläppsrätter)

Sedan 2005 har EU använt ett handelssystem avseende utsläppsrätter, med syftet att underlätta arbetet med de, inom unionen, satta klimatmålen. Systemet kallas EU ETS – *European Union Emissions Trading System*, och har enligt europeiska kommissionens hemsida minskat utsläppen från industrier och energianläggningar med 37 procent sedan start (Europeiska kommissionen, u.åb). Systemet inkluderar även omkring 1500 flygbolag, och i sin helhet skall det täcka cirka 40 procent av utsläppen inom EU. Samtliga medlemsländer i EU omfattas av systemet, i vilket var och en blir tilldelade ett utsläppstak, det vill säga hur många utsläppsrätter, motsvarande ett ton CO₂e, som får användas (Energimyndigheten, 2022). Användandet av en utsläppsrätt innebär alltså att

företaget får släppa ut ett ton koldioxid, eller motsvarande mängd i koldioxidekvivalenter, för vilka en årlig redovisning måste göras. Ifall det, jämfört med det av EU avgjorda antalet, redovisas färre utsläppsrätter än den gräns som tillåtits, kan rätterna sparas för egen framtida användning. Rätterna kan även säljas vidare till en annan deltagare i systemet, som redovisat ett högre antal än vad som tilldelats, och på så sätt kan systemet medverka till begränsningar av utsläpp inom EU. Det förekommer även böter och avgifter som konsekvens för de deltagare som inte förhåller sig till bestämmelser angående exempelvis tidsgränser för redovisning, eller i de fall då det redovisade antalet av brukade utsläppsrätter inte motsvarar rapporterade utsläpp (Naturvårdsverket, u.åd).

Årligen minskas antalet utsläppsrätter för deltagarna, vilket ska göras i linje med klimatmålen, samtidigt som minskandet i viss mån även bidrar till att behålla rätternas marknadsvärde. I sin tur bidrar detta till ett ekonomiskt incitament för företagen att minska utsläppen, och intäkterna från handelssystemet går bland annat till medlemsnationernas investeringar i förnybar energi, samt teknik som innebär minskade utsläpp och energieffektiviseringar (Europeiska kommissionen, u.åb). Incitamenten och bestämmelserna innebär dock delvis en nackdel för ETS, eftersom de kan utgöra motiv, för vissa företag med större utsläpp, att flytta sina verksamheter till andra länder där lägre krav gällande utsläpp ställs. Detta har av EU valts att benämnas med termen koldioxidläckage, eller ”Carbon Leakage”. För att tackla problemet tilldelas det därav utsläppsrätter gratis, årligen, särskilt inom de sektorer och industrier där det anses finnas en betydande risk för läckage (Europeiska kommissionen, u.åa). Med anledning av detta har den Europeiska kommissionen tagit fram en lista av sektorer samt underordnade sektorer och industrier som bedöms ligga i riskzonen för det så kallade CO₂-läckaget. Exempel på industrier som kan inkluderas i byggsektorn är producenter av material, där produkter som exempelvis fanerskivor och träbaserade paneler, glasfiber, glasprodukter, cement, gips, kakel, aluminium samt tegel ingår (Europeiska unionen, 2019).

Främst är det industri-, energi- och flygbolag som berörs av och använder handelssystemet, men det kan även nyttjas av utomstående företag och därtill privatpersoner, samt köpas av till exempel miljöorganisationer som vill ta bort utsläppsrätter. Inte sällan betraktas utsläppsrätterna av företag och privatpersoner som en metod för att kompensera utsläpp och klimatpåverkan inom sin enskilda verksamhet. Dessa kan köpas av deltagande företag med överskott, eller på den allmänna marknaden som utvecklats och består av mellanhänder såsom mäklare och börser (Finansdepartementet, 2016). Utsläppsrätterna utgör dock enbart rätten att släppa ut motsvarande ett ton CO₂, och, utöver den indirekta effekten till följd av finansieringen av förnybar energi och effektiviseringar, innebär det inte att helt begränsa utsläppen eller genomföra åtgärder som medför ett ökat upptag av utsläpp (Friström, 2021).

3.1.5 Marknad för klimatkompensationer

För att skapa förståelse om hur en klimatkompensation kan användas beskrivs initialt dess marknad. Mer detaljerat om vad en klimatkompensation innebär beskrivs under rubrik 3.4.

Klimatkompensation kan ske på ett flertal olika vis (Utsläppsrätt.se, u.å) och det finns två huvudsakliga typer av koldioxidmarknader (FAO, u.å). Dels den reglerade marknaden, dels den frivilliga marknaden. Den reglerade marknaden brukas av länder och företag som, enligt lagkrav, måste redovisa sina utsläpp och den frivilliga används i stället på självmant initiativ i utsläppsminskande syfte. Marknadsanvändningen skiljer sig åt och Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) presenterar att 119 miljarder US-dollar omsattes år 2008 på den reglerade marknaden jämfört med 704 miljarder US-dollar på den frivilliga (FAO, u.å). Senare siffror visar dock en utvecklad frivillig marknad i och med ett ökat intresse för klimatåtgärder som en följd av arbetet för att nå målen i Parisavtalet. Marknaden uppskattades ha ett värde på upp mot två miljarder US-dollar år 2021 (ClimateSeed, 2023).

De, av FN:s konvention UNFCCC, initierade systemen CDM och JI är en del av den reglerade marknaden och innebär försäljning av utsläppskrediter (CER) (FAO, u.å) och reduktionsenheter (ERU) (United Nations, u.åe), se rubrik 3.1.1. Ett gemensamt begrepp för båda är så kallade Kyotoenheter (Utsläppsrätt.se, u.å) då systemen etablerades i samband med Kyotoprotokollet (Energimyndigheten, 2023b). EU:s utsläppsrättsystem, EU-ETS, är också en av Kyotoprotokollets mekanismer och ingår även som en del av den reglerade marknaden (FAO, u.å), se rubrik 3.1.4.3. I den frivilliga marknaden kallas utsläppsrätter i stället för Verified Emission Reductions och eller Voluntary Emission Reductions (VER) (Utsläppsrätt.se, u.å).

CDM-systemet innebär som tidigare nämnt, att ett så kallat Annex I-land, ett land som, enligt Kyotoprotokollet, är kravställda att minska sina utsläpp, kan göra detta genom att reducera utsläpp i ett utvecklingsland som inte har krav på utsläppsminskningar, ett så kallat icke Annex I-land. Principen innebär att de länder som, enligt Kyotoprotokollet har uppfyllt sina krav, kan sälja vidare kvarvarande utsläppskrediter till de länder vilka ännu inte uppnått sina krav. Till följd av övergången från Kyotoprotokollet till Parisavtalet har distinktionen mellan länder som har utsläppskrav och de som inte tidigare varit kravställda blivit mer otydlig. Enligt Konsumentverket kan detta leda till att utvecklingsländer kan komma att behålla fler av sina utsläppsminskningar för att tillgodoräkna dem i sina egna nationella mål (Konsumentverket, 2021).

CDM-projekt med försäljning av CER-krediter är exempelvis projekt inom beskowning, förnybar energi och energieffektivisering (FAO, u.å). För att projekt ska bli certifierade enligt CDM krävs en komplex registreringsprocess och utredning gällande projektets tillförlitlighet i form av additionalitet, permanens och carbon leakage, på svenska, läckage, och därav är det svårt för många projekt att kvalificera sig för certifieringen (FAO, u.å). Additionalitet innebär att projektet inte skulle genomförts oberoende av finansiering som gjort i klimatkompensationssyfte (AtmozConsulting, 2024). Permanens bedöms genom att studera utsläppsminskningarnas varaktighet och risker kopplade till denna. Läckage syftar på oväntade utsläpp till följd av ett projekt, exempelvis när jordbruksmark beskowas och jordbrukare som tidigare arbetat med marken förflyttar sig till annan plats och avverkar skog där i stället (FAO, u.å). Av den anledningen utesluts många projekt inom jord- och skogsbruk och även så kallade Reducing Emissions from Deforestation and Degradation (REDD)-projekt (FAO, u.å) och Agriculture, Forestry, and Other Land Use (AFOLU)-projekt (Verra, u.å).

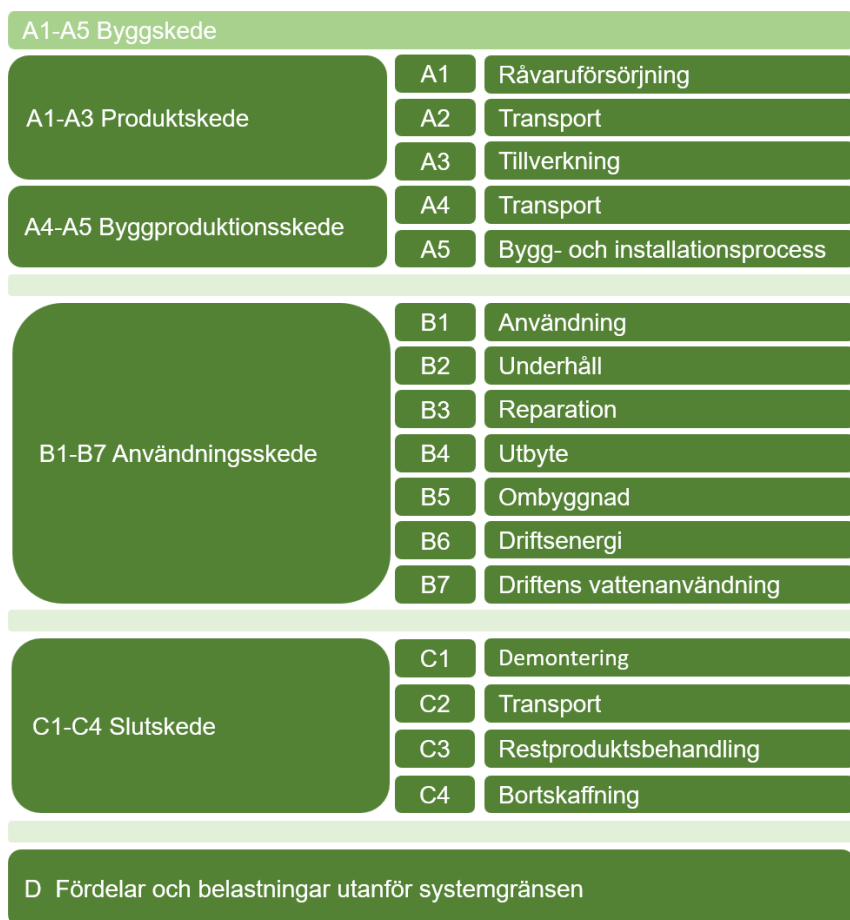
För ovan nämnda typer av projekt är den frivilliga marknaden av betydelse, där flertalet sådana projekt initierats (FAO, u.å). Även projekt inom förnybar energi, energieffektivisering, bränsleutbyte, avfallshantering och vattenförvaltning är etablerade på den frivilliga marknaden. Dessa projekt certifieras enligt internationella standarder som Gold Standard och VCS och tredjepartsgranskas (ClimateSeed, 2023), till skillnad från projekt på den reglerade marknaden som i stället kontrolleras av bland annat CDM-styrelsen och UNFCCC (Utsläppsrätt.se, u.å). För mer information om certifieringssystem på den frivilliga marknaden samt bedömning av klimatkompensationsåtgärders tillförlitlighet och miljömässiga integritet, se rubrik Klimatåtgärder och klimatkompensationer enligt NollCO₂.

3.2 Synsätt och metodik för klimatarbete inom byggbranschen

För att kunna påverka en produkts klimatpåverkan måste delprocesserna av produktens livscykel noga studeras. Detta visar tydligt i vilka skeden av produktens liv som störst påverkan sker. Dessa skeden blir områden där extra fokus kan läggas för att få ned produktens totala klimatavtryck (Boverket, 2019b). Ett klimatpolitiskt styrmedel som införts från och med den 1 januari 2022 är lagen om klimatdeklaration för byggnader. Enligt lagen ska det, för alla nya byggnader, redovisas en klimatdeklaration där en klimatpåverkan från byggskede beräknats. Byggskedet är den inledande delen av en byggnads livscykel, följt av användningsskede och slutskede (Boverket, 2023c). Trots att inte hela livscykeln studeras ger ändå deklARATIONEN en bild av byggnadsmaterialens påverkan och på så sätt en möjlighet att påverka i tidigt skede genom miljövänligare materialval (Boverket, 2019b). För att skapa förståelse kring klimatberäkningar och klimatarbete, presenteras synsättet och metodiken livscykelanalys, följt av Boverkets klimatdeklaration och miljöcertifieringen NollCO₂ i kommande stycken.

3.2.1 Livscykelanalys (LCA)

En livscykelanalys är en metodik för att studera en produkts eller tjänsts hela livscykel och innebär att varje delprocess från råvaruutvinningen till avfallshanteringen ses över. För en byggnad innebär detta initialt, att för varje ingående byggmaterial undersöks utvinning av de naturresurser som materialet kräver, följt av materialproduktion och därefter bygg- och installationsprocess av material i byggnad. Detta kallas sammanfattat för produktskede och inkluderar även de transporter som krävs i samband med delprocesserna till tillverkningsfabrik samt till byggarbetsplats. Vidare undersöks den färdiga byggnadens användningsskede innebärande drift och underhåll i olika avseenden. I användningsskede inkluderas både energi- samt vattenanvändning. Till sist undersöks byggnadens slutskede med demontering och avfallshantering av alla ingående byggprodukter och material. Här inkluderas även möjlig återanvändning och återvinning av material. Sammanfattat, delas byggnadens livscykel upp i tre skeden; byggskedet (A), användningsskedet (B) och slutskedet (C). Varje skede specificeras genom ytterligare uppdelning i informationsmoduler (A1-A5), (B1-B7) och (C1-C4) (Boverket, 2019b). Ingående skeden och moduler presenteras i Figur 1 nedan.



Figur 1. Ingående skeden och moduler i en livscykelanalys enligt EN15978.

Resultatet av en livscykelanalys (LCA) presenteras i form av miljöpåverkan inom olika kategorier. Ofta läggs fokus på miljöpåverkanskategorin klimatpåverkan, uttryckt i koldioxidekvivalenter, men även exempelvis övergödning, försurning, stratosfärisk ozonnedbrytning och marknära ozon kan undersökas och uttryckas i lämpliga enheter (Boverket, 2019b). Resultaten från olika livscykelanalyser kan jämföras, men det är då väsentligt att analysen har samma omfattning och är baserad på samma metodik och datakvalitet. Vid jämförelse av byggnader bör byggnaderna vara avsedda att ha samma grundläggande funktioner, i LCA-terminologi benämnt, samma funktionella enhet. För en hel byggnad är det vanligt att uttrycka klimatpåverkan per kvadratmeter (Boverket, 2019f).

Mer detaljerat visar ett LCA-resultat miljöpåverkan dels från olika skeden och informationsmoduler, se Figur 1, dels från olika byggdelar och byggnadsmaterial. Resultatet indikerar vilka områden som kan fokuseras på för att minska klimatavtrycket. Exempelvis kan två material med liknande funktion ha stor skillnad i påverkan, information som kan vara behjälplig vid val av material och leverantör (Boverket,

2019a). Vid genomförande av en LCA inventeras material och energianvändning kopplat till vilka utsläpp de innebär, detta kallas resurssammanställning. För ett byggnadsmaterial kan det exempelvis handla om mängd material kopplat till koldioxid- och eller växthusgasutsläpp som bidrar till miljöpåverkanskategorin klimatpåverkan. Resurssammanställningen utgår ofta från någon form av BIM-modell eller byggkostnads kalkyl. Det finns program som direkt kan sammanställa kostnad, mängd material och klimatpåverkan vilket ger en tydlig sammanställning. I annat fall behöver materialmängder konverteras till generiska resurser för att sedan kunna kopplas till passande miljödata (Boverket, 2019e).

En LCA kan ge nytta i flera delar av byggprocessen - i tidigt skede, vid upphandling av entreprenör, vid uppföljning och vid eventuell ombyggnad. Beroende på avsedd användning av livscykelanalysen ställs olika krav på datakvalitet och metodval. Nedan presenteras tre användningsområden, det första med högst krav på kvalitet och det sista med lägst (Boverket, 2020).

- I jämförelsesyfte med andra byggnader eller med krav
- För en förbättring av byggnadens miljöprestanda
- För att urskilja väsentliga miljöaspekter i byggnadens skeden och material

3.2.2 EPD – Environmental product declaration

För att bedöma en produkts eller tjänsts klimatpåverkan och vidare kunna jämföra denna med påverkan orsakad av andra liknande produkter, kan så kallade miljövarudeklarationer, EPD:er, Environmental Product Declaration, användas. Detta är information som produkttillverkare tar fram, i vilket metodiken för LCA tillämpas, som vidare leder till att det i deklARATIONEN visas både positiva och negativa egenskaper hos produkten kopplat till miljöpåverkan. Det finns även specifika regler för produkten då deklARATIONEN framställs, så kallade PCR eller product category rules, vilka avser olika kriterier inom exempelvis metodval och avgränsningar, som kan se olika ut beroende på produkttyp. Genom att produkter av samma typ har samma PCR, blir påverkan jämförbar genom dess EPD (Boverket, 2019c). För att handlingarna ska vara giltiga ska EPD:n oberoende granskas och verifieras av en tredje part, vilken måste vara godkänd av EPD International, och därefter publiceras all data i den internationella portalen för deklARATIONER (EPD International, u.å). DeklARATIONERNA är som standard giltiga i tre till fem år, och dokumenten som ingår är produktdatablad, val av metod, samt resultatet från en miljöpåverkansbedömning (Boverket, 2019c).

EPD är en del av de till miljöarbetet relaterade komponenter som används i samband med till exempel klimatdeklARATIONER, och avseende byggsektorn gäller så kallade specifika klimatdata för byggprodukter. De specifika klimatdata avser granskade EPD:er (Boverket, 2023b). Läs mer om klimatdeklARATION för byggnader i avsnittet nedan.

3.2.3 KlimatdeklARATION

Som tidigare nämnt, studerar en klimatdeklARATION för byggnader i enlighet med Boverkets krav endast en del av livscykeln, det så kallade byggskedet (A1-A5).

Klimatkalkylen för denna redovisning påbörjas, med fördel, i ett tidigt skede, närmare bestämt redan under förstudien. Därefter utvecklas kalkylen kontinuerligt under program- och projekteringsskede samt en bit in under produktionsfasen. Den slutförs först i produktionskedet för att avspegla den färdiga produkten i så stor utsträckning som möjligt. Störst nytta, gällande en minskning av klimatpåverkan, erhålls dock från kalkylen under tidig planering- och projekteringsfas. Möjligheten att ändra till klimatbesparande materialval, utformning och byggmetoder är då som enklast (Boverket, 2023e).

De ingående delar som i en klimatdeklaration enligt Boverkets krav studeras är, som nämnt, byggskedet (A1-A5). Modulerna är desamma som i standarden EN 15978, bortsett från en ytterligare uppdelning av modul A5 till A5.1 byggspill och A5.2 energi. Se Figur 2 nedan (Boverket, 2023c).



Figur 2. Ingående informationsmoduler i en klimatdeklaration enligt standard EN 15978, med tillägg enligt Boverkets klimatdeklaration, se modul A5.1 och A5.2.

Utöver uppdelningen, enligt Figur 2, skiljer sig även klimatdeklarationens omfattning från den presenterade i EN 15978. Ingående byggmaterial- och produkter som enligt deklARATIONEN obligatoriskt ska studeras, avgränsas till byggnadens konstruktion, klimatskärm och innerväggar. Ingående moduler och dess omfattning presenteras nedan (Boverket, 2023c).

- A1-A3: Klimatpåverkan som kommer med råvaruförsörjning, transport till produkttillverkningsplats och tillverkning för material i bärande konstruktion, klimatskärm samt innerväggar.
- A4: Klimatpåverkan som kommer med transport av produkter, från tillverkningsplats till byggarbetsplats, ingående i bärande konstruktion, klimatskärm samt innerväggar.
- A5.1: Klimatpåverkan avseende (A1-A3) för material ingående i bärande konstruktion, klimatskärm samt innerväggar, som utfaller som spill på byggarbetsplats.
- A5.2 Klimatpåverkan avseende all energi-, värme- och bränsleanvändning på byggarbetsplats. Energi- och bränsleanvändning för markarbete bortses från.

I kategorin innerväggar inkluderas även andra icke-bärande, rumsbildande delar som exempelvis inner- och undertak, undergolv och innerdörrar. För invändiga lager ska miljöpåverkan beräknas till och med byggskiva och i bärande stomme inkluderas stommaterial, även isolering under bottenplatta. Figur 3 visar vilka delar som enligt Boverkets deklARATION ska ingå, klimatpåverkan från övriga byggprodukter kan således bortses från (Boverket, 2023a).



Figur 3. Ingående byggnadsdelar i en klimatdeklARATION.

Vid framtagning av klimatdata för ingående delar tas ingen hänsyn till upptag av växthusgaser, som exempelvis biogent bundet kol i trämaterial. Detta motiveras med att redovisningen av den biogena kollagringen ännu inte är tillräckligt utredd och definierad (Boverket, 2023c), med utsläpp och upptag av biogen koldioxid exkluderat. I klimatdata uttrycks detta vanligtvis som GWP-GHG där GWP-värde står för total klimatpåverkan med hänsyn till både utsläpp och upptag och GHG-värde för upptaget av växthusgaser. Det gemensamma värdet GWP-GHG innebär att det biogena koldioxidupptaget tas bort från den totala klimatpåverkan (Boverket, 2023c). GWP, står för *Global-warming potential* och beskriver en växthusgas bidrag till den globala uppvärmningen. GHG, står för *Greenhouse gases* och begreppet inkluderar en grupp växthusgaser som är bidragande till den globala uppvärmningen (Boverket, u.å).

I en klimatdeklARATION tillåts inte användning av alla typer av klimatdata. Den data som är tillåten är generiska data från Boverkets klimatdatabas samt produktspecifika klimatdata från en miljövarudeklARATION (EPD) (Boverket, 2023b). Den generiska klimatdata från Boverket som får lov att användas är den konservativt satta, vilket innebär att klimatpåverkan är uttryckt 25 procent högre än det egentliga genomsnittet. Detta är, enligt Boverket, för att främja användningen av specifika data (Boverket, 2023f) och på så vis skapa en deklARATION som speglar byggnaden baserat på dess faktiska materialval. Om specifika data finns tillgänglig får denna användas om EPD:n är utförd

enligt standarden EN 15804 samt är tredjepartsgranskad. I de fall varken generiska eller produktspecifika data finns, bildas en, så kallad, datalucka (Boverket, 2023b). Dataluckan har i senare skede påverkan på klimatdeklarationens täckningsgrad som även den ska redovisas. Täckningsgraden är ett mått på hur stor andel av byggnadens totala klimatpåverkan som varit utförbar att kalkylera och därmed ett kvalitetsmått på beräkningen (Boverket, 2023h).

3.2.4 Miljöcertifiering av byggnader

En miljöcertifiering av en byggnad belyser hållbarhetsfrågorna i arbetsprocessen (SGBC, u.åa). Byggnaden kontrolleras utifrån olika miljökrav (Boverket, 2019d) och kräver för en fulländad certifiering tredjepartsgranskning av dess miljöprestanda (SGBC, u.åa). Det finns idag ett flertal olika varianter av miljöcertifieringar för byggnader som utifrån olika metodik och riktlinjer ger olika certifieringsbetyg och bedömningar. Flera av systemen innehåller en LCA-beräkning inkluderande samtliga livscykelkedan och andra utgår från klimatdeklarationens beräkningsmetodik med fokus på byggskedet. Några vanligt förekommande certifieringssystem i Sverige är Miljöbyggnad, NollCO₂, BREEAM och LEED (Boverket, 2019d). Även det amerikanskt ägda systemet WELL Building Standard finns i en svenskanpassad version, som liksom NollCO₂ är en påbyggnadsstandard men till skillnad från övriga, har huvudsakligt fokus på välmående och hälsa för de som tänkts visats i byggnaden (SGBC, u.åk). Nämnade system skiljer sig sinsemellan vad gäller genomförande, mål och betygssättning, men gemensamt för alla är att de genomförs privaträttsligt och i ett kommersiellt syfte. Det är alltså inget myndighetskrav att genomföra en miljöcertifiering (Boverket, 2019d).

3.2.4.1 NollCO₂

NollCO₂ är ett certifieringssystem vars metodik går ut på att markant minska byggnaders klimatpåverkan och balansera kvarvarande utsläpp ned till nettonoll (SGBC, u.åh). Till skillnad från andra certifieringssystem utmynnar inte certifieringen i något betyg utan arbetar utifrån gränsvärden (Boverket, 2019b). Gränsvärden bestäms projektspecifikt och baseras på referensvärden, så kallade baselines (SGBC, u.åc). NollCO₂ är en påbyggnadscertifiering och fungerar därför som en komplettering till de ovan nämnda certifieringssystemen Miljöbyggnad, LEED och BREEAM. Systemet är framtaget av *Sweden Green Building Council* (SGBC) (SGBC, u.åh), som även sköter certifieringsprocessen i Sverige (SGBC, u.åb), och är uppbyggd utefter två huvudsakliga spår (SGBC, u.åh):

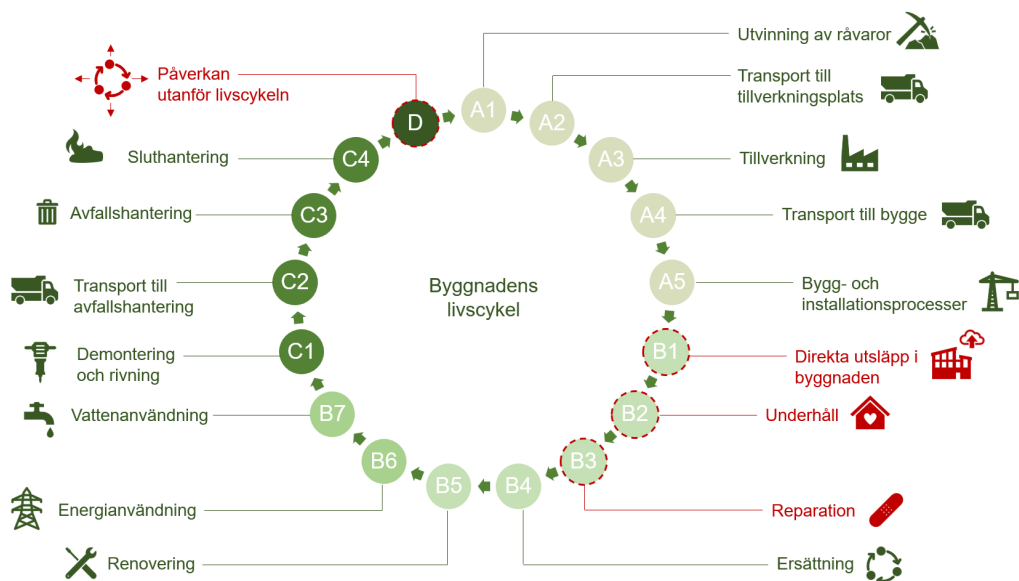
- Reduktion av växthusgasutsläpp genom anpassning till byggnadstypiska baselines.
- Balansering av återstående utsläpp med hjälp av klimatåtgärder.

För reduktion av växthusgasutsläpp, ligger fokus på tillverkningsmetoder av byggprodukter och material, byggprocesser och den uppförda byggnadens energianvändning (SGBC, u.åi). Som steg två balanseras kvarvarande utsläpp till nettonoll, och detta genomförs med så kallade klimatåtgärder. Enligt NollCO₂:s modell är tillåtna åtgärder produktion samt installation av förnybar el och energieffektiviserande

åtgärder i befintlig byggnation, men även klimatkompensationsåtgärder utanför projektets systemgräns får lov att tillämpas. Förnybar el räknas som åtgärd genom produktion och installation både off- och onsite och klimatkompensationer räknas som åtgärd om de lever upp till certifieringens kriterier gällande social och miljömässig integritet (SGBC, u.åi). Mer om detta beskrivs i avsnittet Klimatåtgärder och klimatkompensationer enligt NollCO₂.

Livscykelkedan och moduler i NollCO₂

För en certifiering krävs en redovisning av samtliga livscykelkedan för byggnaden, med start i råvaruförsörjning och avslut i sluthantering efter att byggnadens funktionella livstid på 50 år nåtts. I Figur 4 nedan redovisas samtliga ingående skeden och informationsmoduler (SGBC, u.åh). Vissa av modulerna exkluderas ur certifieringens beräkningar motiverat av dess, i jämförelse med andra modulers, mindre klimatpåverkan och svåra prognostisering, se rödmarkerade delar i figuren nedan. Exempelvis utesluts skede D i NollCO₂ då den enligt SGBC anses abstrakt och spekulativ (SGBC, 2023c).



Figur 4. Ingående moduler i en byggnads livscykel enligt NollCO₂-certifiering.

A1-A3 beräknas enligt standarden SS-EN 15804:2012+A2:2019 där klimatpåverkan redovisas i form av råvaruförsörjning, transport av råvaror till material- eller produkttillverkningsplats och tillverkning från råvara till material eller produkt. A4 beräknas enligt EN 15978 och redovisar klimatpåverkan för transport av byggmaterial- eller produkt från tillverkningsplats till byggarbetsplats. Även påverkan från transport av maskiner, byggbodas och annan byggutrustning inkluderas. Modul A5 inkluderar den påverkan (A1-A4 och C3) som kommer med det byggmaterial som blir till spill (A5.1), samt det material som endast används som hjälpmaterial under byggprocessen (A5.2).

A5 inkluderar även byggarbetsplatsens energianvändning (A5.3) och vattenanvändning (A5.4) (SGBC, u.åe).

B1 beskriver utsläpp direkt från byggnaden, exempelvis från trämaterial som bryts ned eller från karbonatisering av betong, men då detta är så små mängder vilka även är svåra att prognosticera, exkluderas hela modul B1. B2, beskrivande skötsel och underhåll i form av exempelvis målning och rengöring samt B3, beskrivande lagning av byggnadsdelar, exkluderas också på grund av dess, i jämförelse med B4 och B5, minimala klimatpåverkan. Modul B4 behandlar klimatpåverkan till följd av ersättning och avfallshantering av material och produkter med en livstid kortare än den 50-åriga beräkningsperioden för byggnaden. B5 beskriver i stället påverkan från planlagd ombyggnation inom byggnadens beräkningsperiod. I denna inkluderas påverkan (A1-A5) för nya byggdelar och eller material som installeras i byggnaden samt avfallshantering av de utbytta delarna. I modul B6 redovisas byggnadens energianvändnings klimatpåverkan i [kgCO₂e/MWh producerad energi], detta enligt standarden SS-EN 15978:2011. Här ingår inte användning av verksamhetsenergi. Gällande de byggdelar som integreras i byggnaden i ett energiproducerande syfte, exempelvis fönster med film av solceller, delas klimatpåverkan upp i både A1-A3 och B6. I A1-A3 redovisas påverkan kopplad till själva byggdelsfunktionen, fönstret, och i B6 påverkan kopplad till energiproduktion, solcellsfilm och annan tillhörande teknik. NollCO₂ har som krav att minst energiklass B ska uppnås för byggnaden och att den energi som, på fastigheten, produceras till byggnaden ska komma från en förnybar energikälla. Byggnadens vattenanvändning presenteras i B7 och hanterar enbart vattenanvändning i form av värme-, kyl- och ventilationssystem samt ångprocesser. Klimatpåverkan i B7 beräknas genom multiplikation av den livscykelbaserade klimatpåverkan från den, för vattenanvändning behövda, infrastruktur utanför periferin av byggnaden i [kgCO₂e/m³ vatten] och vattenanvändningen i [m³] (SGBC, u.åe).

Slutskedet, C, innehåller klimatpåverkan från nedmontering och rivning on-site (C1), transport av demonterade produkter- och material samt avfall (C2), eventuell avfallshantering innan sluthantering (C3) och själva sluthanteringen i form av exempelvis deponi eller förbränning (C4). Klimatpåverkan från skede C1-C4 exkluderas dock i certifieringen. Detta grundat i att Sverige, enligt regeringsbeslut, år 2045 ska ha en 100 procent förnybar elproduktion och helt fossilfria transporter. Det innebär att utsläpp från sluthanteringsprocesser år 2045 endast kommer bestå av de utsläpp som kommer i och med förbränning av fossilt avfall i värmeverk. Riksdagen har även beslutat att Sverige, senast samma år, inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser, vilket då, enligt organisationen Avfall Sverige, inkluderar att även avfallsförbränning måste bli fossilfri. Då beräkningsperioden för ett NollCO₂-projekt är 50 år (SGBC, u.åe) och certifiering skapades år 2020 (SGBC, u.åf), infaller inte sluthanteringsskede förrän tidigast år 2070, vilket innebär att processerna i detta skede, enligt bestämmelser, ska vara helt fossilfria (SGBC, u.åe). Om fallet skulle vara sådant att sluthantering av byggnaden sker innan 2045 tillämpas uppskattade värden. Dessa värden baseras på beräkning utifrån byggnadens klimatpåverkan till följd av ersättning (B4) och renovering (B5) i användningsskedet, vilka linjärinterpoleras ned till nettonoll-värdet år 2045. Värden som används är då motsvarande värde för året då sluthantering sker (SGBC, 2023c).

Certifieringsprocess

NollCO₂:s certifieringsprocess sammanfattas av stegen registrering, preliminär certifiering, verifiering och återrapportering. Initialt registreras projektet i Building Green Online (BGO), ett digitalt verktyg framtaget av SGBC. Vid detta steg avgörs vilken version av manualen som byggnadsprojektet ska granskas utifrån. Registreringen innebär även en kostnad för administration samt framtagning av baseline och gränsvärde (SGBC, 2023c). Projektspecifika gränsvärden sätts med anledning att minska klimatpåverkan i och med byggprodukters produktion. Värdet baseras på en så kallad baseline som fungerar som ett referensvärde, antingen med utgångspunkt i medelvärde av byggdelars klimatpåverkan i liknande projekt eller från modellering av byggnadstypen i fråga. Baseline-värdet ska vara representativt för klimatpåverkan med hänsyn till dagens byggnadstypiska sätt och uttrycks som klimatpåverkan för byggdelar ingående i mörk bruttoarea (mörk BTA) med ytterligare 70 procent tillägg för byggdelar ingående i ljus bruttoarea (ljus BTA) (SGBC, u.åc). Vid registrering av certifieringsprojekt behöver därför väsentliga nyckeluppgifter lämnas för beräkning av nödvändiga parametrar. Specifika gränsvärden sätts för A1-A3, statistiska gränsvärden för A4-A5, även ett gränsvärde gällande energianvändning i B6 sätts. Godkänd registrering tillhandahåller baseline, gränsvärde och, av SGBC framtagna, redovisningsverktyg vilka gäller i tre år (SGBC, 2023c).

Efter registrering påbörjas nästa steg, preliminär certifiering. Detta steg kräver en redovisning av ett flertal olika indikatorers redovisningskrav. Redovisningskraven enligt de sex olika indikatorerna presenteras i den NollCO₂-manual vilken projektet ska granskas efter. Indikatorerna delas upp i underkategorierna Bas, Klimatpåverkan och Klimatåtgärder i vilka syfte, bedömning, kriterier, metod och krav på redovisning presenteras. Redovisningskraven ser olika ut beroende på steg i certifieringsprocessen. Viss redovisning krävs under preliminär certifiering men ytterligare redovisning krävs under nästkommande steg, verifiering. Innan projektet kan gå vidare till verifiering måste den preliminära certifieringen blivit godkänd. En godkänd preliminär certifiering är från det datum byggnaden tas i drift, giltig i tre år (SGBC, 2023c).

Redovisning i verifieringssteget visar på om beräkning och skattning i det preliminära certifieringsskedet stämmer överens med det verkliga utfallet. Verifieringsansökan måste tillhandahållas inom den preliminära certifieringens giltighetstid, annars återkallas denna. Om ansökan kommer in i rättan tid och verifieringen godkänns erhålls en certifikatplakett till byggnaden och byggnaden är då certifierad i fem år (SGBC, 2023c).

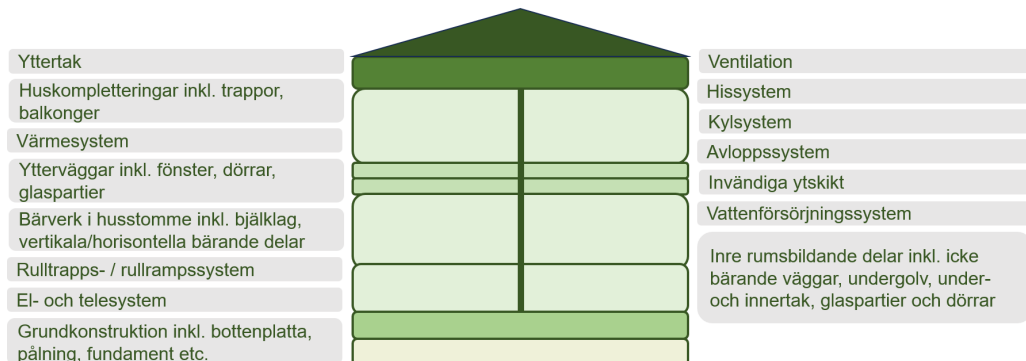
Efter fem års tid krävs återrapportering. Detta innebär en granskning av byggnaden i syfte att försäkra att den fortsatt har den prestanda som krävs, enligt den tidigare godkända verifieringen. Här ska eventuell ombyggnation och utbyte av byggdelar redovisas, även andra indikatorer som ingår i redovisningskrav för återrapportering. Vid en icke godkänd återrapportering, tas byggnadens certifiering och plakett tillbaka. Återrapportering genomförs med en frekvens på fem år under en 50 år lång beräkningsperiod, alternativt fram till byggnadens sluthantering (SGBC, 2023c).

Omfattning, klimatdata och redovisning

För redovisning av beräkningsresultat för byggnaden används kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter bruttoarea [$\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ BTA] som funktionell enhet. Bruttoarea (BTA) är, enligt standarden SS 21054:2009, definierat som bruksarea och omslutande konstruktionsarea summerat. Där ingår samtliga våningsplans boarea alternativt lokalarea, biarea samt övrig area. Koldioxidekvivalenter beskriver den sammanlagda klimatpåverkan från flera olika växthusgasers utsläpp (SGBC, 2023c).

Beräkningsresultat för skede A1-A3, baseras på ingående delar inom byggnadens periferi. Alltså omfattas de delar inom den yttre fysiska systemgränsen, definierad enligt SS-EN 15978:2011, och enligt SGBC som ”byggnadens yttre gräns mot omgivningen”. Balkonger och övriga delar med utsprång är också inkluderade. Den klimatpåverkan som kommer med infrastruktur för exempelvis vattenförsörjning och även energiproducerande apparatur utanför den fysiska systemgränsen inkluderas inte i beräkningen för A1-A3, utan redovisas i stället som klimatpåverkan i B-skedet (SGBC, 2023c).

Omfattningen gällande byggdelar som ska studeras är större än vad den är i Boverkets klimatdeklaration. Utöver bärande konstruktion, klimatskärm och innerväggar inkluderas även vatten- och avlopps-, el- och tele, ventilations-, kyl- och värmesystem. Även invändiga ytskikt, pålning under grundkonstruktion och eventuellt hiss- och rulltrappssystem, ska redovisas i NollCO_2 s klimatberäkning (SGBC, u.åi). Se Figur 5 nedan för fullständig omfattning (SGBC, 2023c).



Figur 5. Omfattning byggdelar i NollCO_2 -certifiering.

För redovisning och uppdelning av ingående byggdelar används Svensk Byggtjänsts klassningssystem BSAB 96. Systemet delar upp byggdelar inom olika underkategorier så att man enkelt kan se hur stor klimatpåverkan de olika delarna av byggnaden bidrar med. Exempelvis redovisas samtliga delar tillhörande grund under beteckningen BSAB 15 Grundkonstruktioner, och alla delar tillhörande bärande stomme redovisas under BSAB 27 Bärverk i husstomme. Varje underkategori tilldelas också en förväntad livstid enligt EU Levels(s) (SGBC, 2023c), ett europeiskt ramverk och rapporteringsverktyg för hållbara byggnader (Directorate-General for Environment European Commission, u.å).

Beräkning av varje byggprodukts- och materials klimatpåverkan genomförs med, ett av NollCO₂ tillhandahållet, beräkningsverktyg där mängd material i [kg] multipliceras med klimatdata i [kgCO₂e/kg] för materialet eller produkten (SGBC, 2023c). Transportens klimatdata har i stället enheten [kgCO₂e/tkm] vilket, beskriver klimatpåverkan i form av antalet kilogram koldioxidkvalenter per ton fraktat gods och kilometer (Pia Stoll Konsult AB, 2022). Schablonvärden gällande transportsträckor avseende byggdelar finns att erhålla från Byggsektorns MiljöBeräkningsverktyg. För transport av byggutrustning och dylikt uppskattar projektet själv sträckan till byggarbetsplats. I NollCO₂:s ramverk presenteras klimatdata, från Network for transport measures (NTM), för ett antal olika transportslag som kan användas. Projektet tillåts även, förutsatt att de uppfyller vissa krav på vetenskaplig kvalitet, redovisa sina egna klimatdata för transport (SGBC, u.åe). Byggnadens energianvändning beräknas enligt Boverkets beräkningar gällande byggnadens energiprestanda och presenteras i [MWh]. För klimatpåverkan av energianvändning multipliceras antal MWh med CO₂e-intensiteten för energianvändning i [kgCO₂e/MWh]. Då inte EPD-data från elavtal respektive fjärrvärmeavtal finns tillgänglig används generiska klimatdata för svensk elmix för år 2018, och för svensk fjärrvärme. Dessa har en CO₂e-intensitet på 22 respektive 60 kgCO₂e/MWh. Svenska förutsättningar gör att svensk elmix till största del är fossilfri och NollCO₂ har dessutom krav på, vid beräkning av klimatpåverkan av återvunnen energi, att denna energi inte får vara från fossil källa. Klimatpåverkan från återvunnen energi i form av värme eller spillvärme beräknas som klimatpåverkan från produktionen av den ursprungliga elen, eller energin som gav upphov till värmen. Klimatvärdet för användning av nätlevererad el från förnybara källor beräknas enligt NollCO₂:s ramverk som ”Klimatpåverkan av att leverera fossilfri el till nätet = uteblivna växthusgasutsläpp pga. utebliven produktion av fossil el, då el som inte handlats 24 timmar före produktionsstart inte produceras” (SGBC, u.åe).

Klimatdata för byggdelar tillåts hämtas i form av generiska data från Boverket, den finska naturvårdsverkets databas `co2data.fi` och från den tyska databasen ”Ökobau.dat”. Om generiska data används prioriteras data från Boverkets databas, utvecklad för den svenska marknaden, därefter den finska och sist den tyska. Allra högst prioritet har dock produktspecifika data från EPD. I samtlig använd klimatdata i NollCO₂-beräkning exkluderas, precis som i klimatdeklarationen, biogent koldioxidutsläpp (SGBC, 2023c).

I de fall då varken produktspecifika eller generiska klimatdata finns tillgängliga får livscykelemissionsberäkningar (LCE) samt proxy-EPD:er, med prioritering i den ordningen, lov att användas. LCE baseras på byggvarudeklarationer vilken radar upp andelen av samtliga ingående material, vilka därefter multipliceras med tillhörande generiska klimatdata enligt tidigare nämnd prioritet. En proxy-EPD är produktspecifika data framtagen för liknande produkt men anses inte vara marknadsrepresentativ och baserar inte heller sina resultat på endast generiska data. Samtlig EPD-data ska i första hand vara framtagen enligt SS-EN 15804:2012+A2:2019 och måste vara giltig vid både granskning för preliminär certifiering och vid inköp av produkt i verifieringsskede. Även EPD:er framtagna enligt SS-EN 15804:2012+A1:2013 tillåts användas, men som prioritet två (SGBC, 2023c).

Vid användning av återbrukade och rekonditionerade byggvaruprodukter antas klimatpåverkan, enligt NollCO₂, vara noll i modul (A1-A3). Dock beräknas miljöpåverkan till följd av transport i modul (A4) på samma sätt som för nyproducerade produkter men med transportsträcka från nedmonteringsplats respektive rekonditioneringsplats till byggarbetsplats (SGBC, 2023c).

Klimatåtgärder och klimatkompensationer enligt NollCO₂

Det finns inom NollCO₂, så kallade, klimatåtgärder för att balansera byggnadens klimatpåverkan ned till nettonoll-balans. Enligt NollCO₂ definieras klimatåtgärder som en åtgärd, tillämpad och finansierad av projektet eller organisationen bakom projektet, som ger effekt längre fram i tiden. Dessa åtgärder kan exempelvis handla om installation av förnybar el, energieffektivisering av befintlig byggnad och användning av långlivat trämaterial från Continous Cover Forestry (CCF). SGBC menar att förnybar el konkurrerar ut den fossila elen på den i Europa ledande elmarknaden Nord Pool, samt att energieffektivisering minskar energibehov och därmed produktion av fossil energi (SGBC, 2023c). Dessa åtgärder anses giltiga då den förnybara elinstallationen är inom Nord Pools elmarknad och då de energieffektiviserande åtgärderna antingen bidrar med en 30-procentig ökning av byggnadens energiprestanda, eller ger byggnaden energiklass C (Pia Stoll Konsult AB, 2022). Viktigt att påpeka är att användning av förnybar el inte ses som en åtgärd om produktionen redan innan är i drift, utan produktionen måste bevisas starta först efter NollCO₂-projekt registrerats (SGBC, u.åe). Vidare, gällande klimatåtgärder, menar SGBC att långlivade träprodukter från så kallat CCF, bidrar med en kolsänka parallellt med träproduktens livstid på minst 30 år (SGBC, 2023c). Träprodukter med ursprung i Continous Cover Forestry innebär att trämaterialiet hämtas från skogar som är hållbart hanterade, bland annat i form av bevarande och återställande av biologisk mångfald. För att användning av träprodukter från CCF ska antas som giltig klimatåtgärd och därmed få användas som en kolsänka i beräkning, måste NollCO₂-projektet bevisa materialets ursprung genom köp av CCF-certifikat. Ett CCF-certifikat måste köpas från, enligt SGBC, godkänd organisation och innebär bland annat att skogsägaren uppfyller ett antal krav från organisationen, gällande skogsbruk (Pia Stoll Konsult AB, 2022).

Det finns även, inom NollCO₂ godkända, klimatkompensationsåtgärder. Klimatkompensering definieras enligt standarden ISO 14021:2017 som ”en mekanism för att kompensera för en produkts klimatavtryck genom förebyggande av, minskande av, eller borttagande av en ekvivalent mängd av GHG utsläpp i en process utanför produktsystemets gränser”. En sådan åtgärd sker via köp av så kallade klimatkrediter motsvarande ett ton koldioxidekvivalenter. En klimatkompensationsåtgärds miljömässiga integritet bedöms, inför användning i NollCO₂ utifrån kriterierna additionalitet, beständighet, mätbarhet, spårbarhet och exklusivitet samt bidragande till sociala och ekonomiska mervärden. I nedan lista presenteras bedömningskriterier och deras betydelse (SGBC, u.åe):

- Additionalitet visar på att åtgärden huvudsakligen görs för att reducera utsläpp samt att den inte skulle genomförts oberoende av klimatfinansieringen.

- Beständighet visar på att åtgärden inte, efter hand, får omvänd effekt. Exempel på omvänd effekt är investering i skogsprojekt som binder kol, men som i och med oväntad skogsbrand i stället bidrar till stora koldioxidutsläpp. På grund av ovissheten om sådana händelser har flera klimatkompensationsprogram upprättat en riskbuffer innebärande reservation av en andel av finansieringarna om det omvända fallet skulle inträffa.
- Mätbarhet bedöms utifrån om åtgärden utförts enligt etablerad och områdesanpassad metod, lämplig för åtgärdens utsläppsminskande effekt. Oberoende av metodik medföljer alltid osäkerheter i form av bedömningar och prognoser gällande vad utsläppsminskningarnas effekt baseras på. Exempelvis hur kraftiga minskningar åtgärden faktiskt kommer bidra med beror på vilket referensscenario man utgår ifrån, vilka bedömningar som görs av åtgärdens nytta och hur stor hänsyn som tas till åtgärdens indirekta effekter i form av utsläpp utanför åtgärdens eller projektets systemgränser.
- Spårbarhet och exklusivitet bedömer hur väl dubbelräkning undviks för att säkerställa åtgärdens miljömässiga integritet. Dubbelräkning kan ske i form av dubbelt utfärdande, om nyttan från samma utsläppsminskning allokeras flera projekt. Vidare kan det ske genom dubbelanvändning, om samma utsläppsminskning räknas in av flera olika aktörer, eller genom dubbelt anspråk, att ett projekt räknar in utsläppsminskningen men att även ytterligare en organisation räknar in utsläppsminskningen.
- Bidragande till sociala och ekonomiska mervärden bedöms utefter hur väl åtgärden exempelvis bidrar med jobb, gynnsamma ekosystemtjänster och eller hälsoeffekter. Det undersöks även om åtgärden strider mot några sociala och ekonomiska mervärden som exempelvis mänskliga rättigheter.

Klimatkompensationsprojekt på den frivilliga marknaden utgår från regler och metodik beskrivna i olika klimatkompensationsstandarder. NollCO₂ tillåter klimatkompensationsåtgärder från standarderna VERRA (VCS), Gold Standard och Plan Vivo så länge de uppfyller tillräcklig miljöintegritet enligt ovan listade kriterier. Projekten som utförs enligt standarderna kan bland annat handla om förnyelsebar energi, apparater som minskar eldningsbehov och användning av andra bränslen, avfallshantering med reducerat utsläpp av metan och mobilitet i form av lättillgänglig kollektivtrafik och bränsleeffektivitet. Det är inte givet att ett projekt uppnår tillräckligt miljömessig integritet bara för att det är certifierat enligt ovan nämnda standarder, därför ombeds köpare i NollCO₂-projekt att noga granska sina kompensationsköp. Köp av koldioxidkrediter från CDM-projekt är inte godkänt inom NollCO₂ med motiveringen att dessa projekts additionalitet ifrågasätts (SGBC, u.åe).

För att tillgodose tillräcklig miljömessig integritet lämnas det av projektet, i samband med redovisning, in uppgifter om bland annat projektnamn, klimatkompensationsstandard, typ av projekt, år då klimatkredit i projekt ställdes ut på marknaden och antal ton i klimatkrediter som inhandlats. Priset för en kredit varierar men bör enligt NollCO₂:s ramverk ligga mellan 50 och 350 kronor. Det finns också enligt certifieringen krav på hur gammal en kredit får vara och det måste dessutom redovisas om kreditköpet innebär nytta som redan skett eller nytta som ska ske i framtiden.

Krediten ska ha ställts ut inom 5 år från köpdatum och nyttans verkande beskrivs, som Ex-Post om den redan skett, och Ex-Ante om den ska ske i framtiden (SGBC, u.åe).

Beräkningsexempel klimatåtgärd – installation av förnybar el

Klimatpåverkan kopplad till leverans av fossilfri el till elnätet är, enligt NollCO₂-metodik, densamma som ”uteblivna växthusgasutsläpp pga. utebliven produktion av fossil el, då el som inte handlats 24 timmar före produktionsstart inte produceras”. Klimatvärdet, vilket beskriver den minskning i utsläpp [gCO₂e/kWh] som ges upphov till, till följd av förnybar elproduktion, baseras därav på den mängd el som produceras och skickas ut på elnätet och därmed ersätter den fossila. Systemgräns för framtagande av klimatvärde är Nordpools elnät. Mer specifikt avgränsas systemgränsen till de länder som är fysiskt kopplade, elöverföringsmässigt, med Sverige, vilka är Danmark, Finland, Litauen, Norge, Polen och Tyskland. Projektet får enligt NollCO₂:s metodik, tillgodoräkna sig den andel av klimatvärdet för den förnybara elproduktionen, motsvarande projektets finansieringsandel i installationen. Det är också, tidigare nämnt, krav på att installationen får ske först efter att projektet registrerats för att åtgärden ska få användas som en balanserande klimatåtgärd (SGBC, u.åe).

Referensvärdet för förnybar elproduktion baseras bland annat på CO₂-intensiteten av den dyraste elproduktionstypen då den förnybara produktionen är aktiv. Enligt NollCO₂:s ramverk är detta kolkraft, vilken är den fossila produktionskällan som byts ut mot förnybar produktion då denna billigare variant, skickas ut på elnätet. Medelvärde för kolkraftens utsläppsfaktor är beräknat till 820 gCO₂e/MWh, vilket är kolkraftens livscykelbaserade CO₂-intensitet. Den livscykelbaserade CO₂-intensiteten för solkraft är i stället 41 gCO₂e/kWh. Differensen mellan kolkraftens och solkraftens intensitet ger klimatvärdet från utbyte av kolkraft till solkraft, alltså 779 gCO₂e/kWh. Då EU har som mål att ha ett klimatneutralt elnät år 2050 linjärinterpoleras dagens klimatvärde ned till 0 gCO₂e/kWh år 2050 (SGBC, u.åe).

3.2.5 Lokala initiativ – LFM30

Det lokala initiativet LFM30, Lokal Färdplan för en klimatneutral bygg- och anläggningssektor i Malmö 2030, är en organisation som drivs av dess medlemmar, vilka samtliga är aktörer i byggbranschen. Initiativet startades år 2019 av Malmö Stad och har sedan dess lockat fler och fler medlemmar som samtliga självmant anslutit med syftet att arbeta för en minskad klimatpåverkan (Malmö Stad, 2023a). I januari 2024 visar LFM30:s egen hemsida över 200 aktörer i form av bland annat byggherrar, leverantörer och entreprenörer som är anslutna till organisationen (LFM30, u.åc). Som en del av det huvudsakliga målet, klimatneutralitet inom branschen till år 2030, har olika löften och detaljerade mål tagits fram, vilka har som syfte att vägleda aktörerna i klimatomställningen. Organisationens fokus baseras på ett antal definierade arbetsområden (LFM30, 2019):

- Affärsmodeller, incitament & samverkan
- Cirkulär ekonomi & resurseffektivitet
- Design, process & klimatkalkyl
- Klimatneutrala byggmaterial

- Klimatneutral förvaltning, drift & underhåll
- Klimatneutrala byggarbetsplatser & transporter

Fokusområdena är i sin tur en del av den strategi som ska leda branschen till klimatneutralitet, där arbetsgrupper utifrån områdena etableras. Aktörerna arbetar med sina respektive delområden för att initiativet som helhet ska kunna nå huvudmålet 2030. Företagen och organisationerna som är medlemmar skall med eget ansvar se till att bidra till och arbeta med färdplanen inom sina vardera verksamheter samt delar i byggprocessen, genom hela värdekedjan (LFM30, 2019).

LFM30:s arbetsmetoder

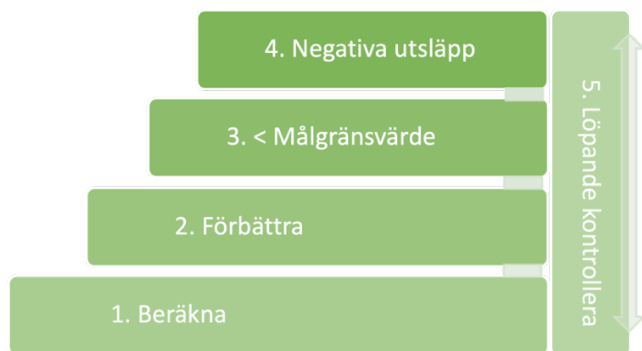
Hela organisationen strävar efter att jobba med transparens, till exempel genom att alla anslutna byggherrar ska redovisa status på pågående eller tidigare genomförda klimatneutrala projekt. Det finns även ambitioner för en digital databas där sådana projekt och statusen kring dessa redovisas, och medlemmar ska kunna söka i databasen och ta del av klimatdeklarationerna från projekten (Holmgren, 2021). Det kan enligt Josephine Nellerup, strateg på stadsbyggnadskontoret i Malmö, komma att sättas i gång kring 40 olika klimatneutrala projekt, anslutna till LFM30, inom de närmsta tre åren (Malmö Stad, 2023a). Samtidigt finns det i samband med detta även krav ställt från initiativet, att samtliga byggherrar anslutna till LFM30 ska påbörja minst ett klimatneutralt projekt innan 2025. Projektet ska antingen uppnå ett så kallat målgränsvärde, om detta inte klaras, så gäller det åtminstone att projektet ska utgå från bästa klimatval enligt BAATNEC-principen – bästa möjliga teknik till rimlig kostnad. Målgränsvärden är av initiativet fastställda gränsvärden i form av maximal klimatpåverkan per kvadratmeter, vilka är anpassade efter projekttyp och är också framtagna med hänsyn till BATNEEC-principen. Efter 2025 finns det vidare ett krav om att minst 50 procent av klimatpåverkan från ett byggprojekt, uppskattat med hjälp av aktuellt målgränsvärde, ska vara kompenserat genom negativa utsläpp redan i överlämningskedet (Holmgren & Erlandsson, 2022).

Metod för klimatbudget

Som guide har LFM30 en metod för att arbeta med klimatbudgetar avseende enskilda byggprojekt såväl som översiktligt i ett företag, vilket i sin helhet ska underlätta för medlemmarna att uppnå målet till 2030. Det ges en fördjupning i bakgrund och tillvägagångssätt i bland annat LFM30:s egna dokument Metod för klimatbudget, som i versioner uppdateras löpande. Metoden bygger på fem olika steg, och är i grunden baserad på arbetssättet rörande livscykelanalyser för vilket det finns mallar att följa från till exempel Boverket. En princip för arbetsprocessen visas i Figur 6. Det första steget är att *Beräkna*, i vilket klimatpåverkan ska beräknas för både byggskedet och användningsskedet i ett projekt. Detta ska göras i tidiga skeden, för att förenkla steg två som avser *Förbättringar*. I detta steg analyseras olika förbättringsförslag, som kan minska klimatpåverkan utan att ha inverkan på lagkrav eller kundkrav. Nästa steg innebär en prövning mot aktuellt *Målgränsvärde*, för att kontrollera att detta uppfylls. Målgränsvärdena uppdateras och prövas kontinuerligt av organisationen, samtidigt som det arbetas vidare med framtagandet av nya värden. Vidare handlar steg 4 om *Negativa utsläpp* – det ska efter 2025 kunna redovisas negativa utsläpp som en del av

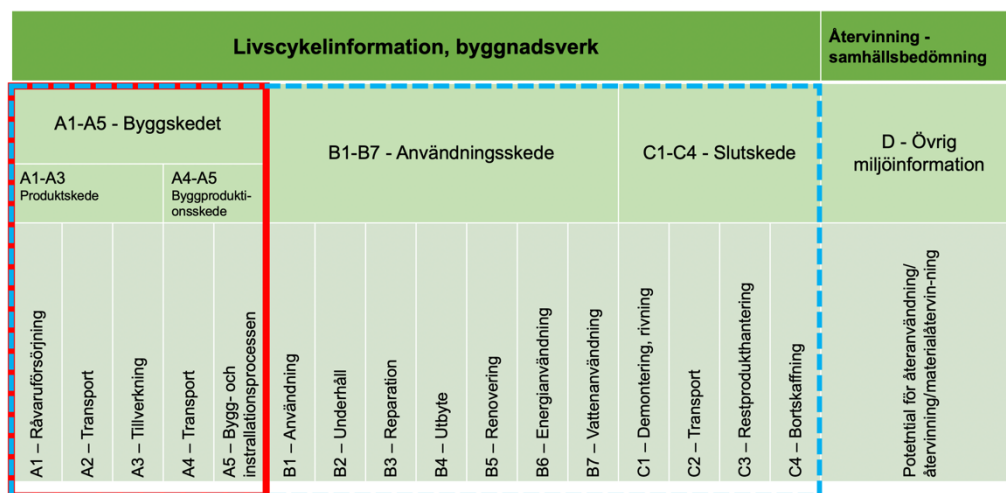
återbetalningsplanen avseende klimatpåverkan i ett projekt (Holmgren & Erlandsson, 2022).

I dagsläget ligger det i huvudsak fokus på steg 1–3, *Beräkna*, *Förbättringar* och *Målgränsvärde*, men med tidigare nämnda krav om minst ett projekt med mål om klimatneutralitet för samtliga byggherrar inom initiativet till 2025, är syftet att arbetssättet ska kunna fasas in gradvis. För det framtida arbetet gäller det även att klimatbudgeten ska kunna fastslå de negativa utsläppen i samband med klimatpositiva byggnader, som finns i LFM30:s vision till 2035. Slutligen handlar processens sista steg om att översiktligt följa upp och *Löpande kontrollera* klimatbudgeten tillsammans med de föregående stegen (Holmgren & Erlandsson, 2022).



Figur 6. Princip för arbetsmetoden för klimatbudget inom LFM30.

I relativt stor utsträckning ligger initiativet, enligt sina rapporter, i framkant gällande riktlinjer som från början grundar sig i lagkrav. I klimatbudgeten utgår arbetsmetoden, som tidigare nämnt, från livscykelanalyser, och avseende dessa följs bland annat standarderna EN15804, EN15978 samt ISO21930. Läs mer om metodiken livscykelanalys i avsnitt 3.2.1. Genom livscykelanalysens uppdelning utifrån byggnadens livsskeden finns det ett antal olika underkategorier, och på nästa nivå även en uppdelning i olika byggnadsdelar. Gällande dessa finns det krav på inkludering, vilka skiljer sig åt vid jämförandet av krav från Boverket respektive LFM30. En översikt av byggnadens olika skeden visas i Figur 7. LFM30 inkluderar samtliga skeden A till D i sina klimatberäkningar. År 2022 omfattades, enligt Boverkets krav, enbart byggskedet A1-A5, inringat i rött, men en utökning till skedena A-C planeras ingå i omfattningen från år 2025, se inringat i blått (Holmgren & Ylmén, 2023a).



Figur 7. Skeden utifrån byggnadens livscykel. Enligt LFM30:s beräkningsmetoder ingår A-D. Inringat i rött avser delarna som ingår i Boverkets krav år 2022, blått gäller från 2025.

Ytterligare en skillnad mot Boverkets krav är inkludering av renoveringsarbeten, vilket också funnits som en del LFM30:s metod för klimatbudget från år 2020. Som en del av den livscykelanalys som görs i samband med beräkningen av klimatbudgetar, planerar Boverket att enbart lägga till kravet om beräkning av om- och tillbyggnadsåtgärder från och med året 2025. Renoveringsarbeten exkluderas därmed av lagkravet, men är inom LFM30 ett krav. LFM30 inkluderar även anläggningsarbeten, vilket i dagsläget inte görs i Boverkets kravställningar. Dagens, samt framtidens krav kommer enligt initiativet även skilja sig avseende de olika byggnadsdelarna (Holmgren & Ylmén, 2023b).

Målgränsvärdena som används inom LFM30 för att sätta ramar för klimatpåverkan hos en byggnad, är som tidigare nämnt baserade på bedömningar som grundar sig i BATNEEC-principen. Dessa appliceras på projekt gällande nyproduktion av byggnader. Avseende renovering, om- och tillbyggnadsprojekt (ROT) gäller så kallade mini-målgränsvärden. Inom anläggningsprojekt och vissa ROT-projekt tillämpas ”bästa klimatval”, vilket görs i de fall då målgränsvärden eller mini-målgränsvärden inte är tillämpligt. Gränsvärdena som används vid nyproduktion finns framtagna inom initiativet och är fastställda som mål till 2030. Dessa skiljer sig beroende på byggnadstyp och gäller byggprocessen, A1 till A5, där gränsen för antal koldioxidekvivalenter per ljus bruttoarea anges (Holmgren & Ylmén, 2023b):

- Lokaler: 270 kgCO₂e/m² BTA
- Flerbostadshus: 216 kgCO₂e/m² BTA
- Småhus: 171 kgCO₂e/m² BTA
- Parkeringshus: 170 kgCO₂e/m² BTA

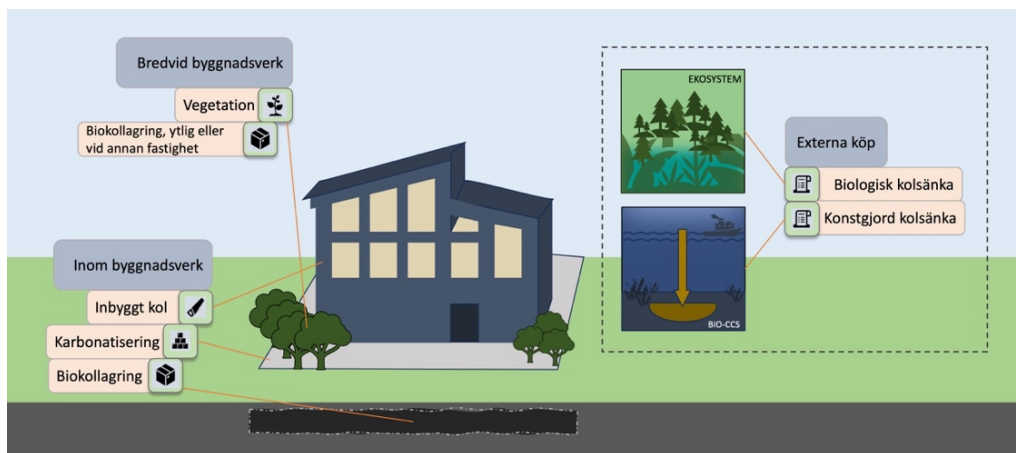
Vidare, för att bedöma klimatpåverkan utifrån förvaltningskedet, beräknas bland annat värmeförlusttalet VFT, solvärmelasten SVL. I arbetet med värmeförlusttal avser detta

att bedöma omfattningen av energiförlusterna i en byggnad i form av värme (Holmgren & Ylmén, 2023a). Värdena, utifrån beräkningen som görs i avsedd byggnad, jämförs i sin tur mot FEBY 18:s gränsvärden, och värmeförlusttalet ska uppnå nivån Silver. Detta gäller dock utan krav på certifiering. För solvärmelasten beräknas denna enligt liknande tillvägagångssätt som det inom miljöcertifieringen Miljöbyggnad, och LFM30 ställer här krav på att lasten ska vara i enlighet med Miljöbyggnad 4.0 Silver, även avseende detta utan krav på en genomförd certifiering (Holmgren & Ylmén, 2023b).

Klimatkompensationer i LMF30

Gällande återbetalning av utsläpp, det vill säga klimatkompensationer eller negativa utsläpp, är detta något som inom LFM30 prioriteras över ett förebyggande av utsläpp. Förebyggande av utsläpp är tillsammans med negativa utsläpp de två huvudsakliga former av klimatkompensationsmetoder som presenteras av initiativet. I första hand ska det strävas efter klimateffektiva byggmetoder och materialval, men i nästa steg där återbetalning avses, prioriteras alltså negativa utsläpp före de åtgärder som ska verka förebyggande. Från 2025 ska klimatkompensationer motiveras i enlighet med LFM30:s utarbetade återbetalningsplan (Holmgren & Ylmén, 2023a). Under åren 2020–2025 ligger huvudfokus på att minimera den klimatpåverkan som uppstår med ursprung i skedena A1-A3, för att sedan övergå till de senare stegen i klimatberäkningsmetoden, som innebär negativa utsläpp (Holmgren & Ylmén, 2023b). Negativa utsläpp omfattar åtgärder som innebär att koldioxid permanent avlägsnas från atmosfären, medan de förebyggande åtgärderna innebär ett netto-noll-utsläpp i samband med exempelvis uppförandet av en byggnad, vilket kan betraktas som att utsläppsskulden varken ökar eller minskar (Holmgren & Erlandsson, 2022). Läs vidare om de olika kompensationsåtgärderna i avsnitt 3.4. Det finns krav från LFM30 gällande vilka typer av kompensationsåtgärder som får lov att användas, se Figur 8. Vad gäller just negativa utsläpp accepteras tre olika varianter: *Inom byggnadsverk*, *Bredvid byggnadsverk* och *Externa köp*. Dessa finns bland annat presenterade i en beräkningsmall framtagen av organisationen, som är tänkt att fungera som ett hjälpmedel vid arbetet med återbetalningsplaner (LFM30, 2023).

Exempel på negativa utsläpp för varianten *Inom byggnadsverk* är kolinlagring i inbyggt material, där enbart 50 procent av kolet får räknas i återbetalningsplanen, biokollagring under byggnaden samt karbonatisering, vilket innebär att betongen i byggnaden absorberar koldioxid från omgivningen. För denna variant gäller det att byggherren, avseende byggnadsverket eller anläggningen, har full rådighet och kontroll över lång sikt. Fortsättningsvis avser kategorin *Bredvid byggnadsverk* exempel på åtgärder som byggherren har rådighet över, men med skillnaden att denne har mindre kontroll över lång sikt. Detta kan till exempel avse biokollagring under egen eller närliggande fastighet och därtill även ytlig lagring av biokol samt vegetation på och omkring fastigheten (Holmgren & Erlandsson, 2022). Den sista varianten *Externa köp* syftar på köp av klimatkompensationer i form av biologiska kolsänkor och eller konstgjorda kolsänkor såsom bio-CCS (LFM30, 2023). CCS står för *Carbon Capture and Storage*, och lösningen, bio-CCS, innebär att koldioxid separeras från en biogen källa för att sedan lagras djupt ner i marken (Holmgren & Erlandsson, 2022), läs mer om detta i avsnitt 3.4.1. Exempel på externa köp av kompensationsåtgärder som däremot inte godkänns av LFM30 är alternativ som innebär återbeskogning och trädplantering (LFM30, 2023).



Figur 8. Accepterade åtgärder för negativa utsläpp enligt LFM30:s riktlinjer.

Sekundära val i återbetalningsplanen, det vill säga de förebyggande åtgärderna, är alternativ som behöver motiveras om de ska få lov att användas som en del av planen för återbetalning. Detta eftersom negativa utsläpp är det som primärt eftersträvas i LFM30:s prioriteringsordning avseende återbetalningar, då de förebyggande åtgärderna varken innebär en ökning eller minskning av koldioxidhalten i atmosfären (Holmgren & Ylmén, 2023a). Exempel på förebyggande åtgärder är energieffektiviseringar, investeringar i förnybar energi såsom solceller, förebyggande åtgärder för utsläpp av växthusgaser, CCS-lösningar som till exempel är fossila (inte biologiska), samt CCU-lösningar (LFM30, 2023). CCU avser *Carbon Capture and Utilisation* - avskiljning av koldioxid som sedan används i andra processer. Icke godkända alternativ är undvikande av skogsavverkning och det är inte heller godkänt att använda sig av utsläppsrätter inom EU:s utsläppshandelssystem (Holmgren & Erlandsson, 2022).

3.3 Klimatarbete i projektering och byggskede

Utöver det klimatarbete som görs i samband med tidigare nämnda certifieringar och miljöinitiativ, finns det förhållningssätt till den klimatpåverkan som sker i projekteringen såväl som i själva byggskedet. Detta rör till stor del samma aspekter som behandlas i utredningar och beräkningar då till exempel en certifiering ska genomföras, där aspekter som materialval, optimering, återbruk, avfallshantering, transporter och bruksskede tas i beaktning (Svenska Bostäder, 2023).

Gällande material, är en betydande faktor i klimatarbetet vilka val av produkter som görs, samt en försiktighet i de fall då föreskrivna material riskerar att bli utbytta, eftersom det kan finnas likvärdiga produkter som medför större klimatpåverkan. Det är även av betydelse att optimera användningen, och att mängden spill minimeras (Svenska Bostäder, 2023). Optimering kan tillämpas i projekteringen genom anpassade utformningar, såsom att sträva efter att använda standardmått eller genom att undvika utformningar som kräver onödigt materialåtgång. Liknande hantering kan även tillämpas

i byggskedet. För att minimera spill gäller det att enbart göra inköp om mängder som kommer att användas, samt att beställa rätt dimensioner och med fördel från en leverantör dit överskott kan återsändas. Detta rör med andra ord flera delar i ett projekt, där byggskedet ingår. Ytterligare materialrelaterade faktorer i byggandet rör exempelvis återbruk, inom vilket produkter i sin helhet kan användas eller fokus ligger på återanvändning av vissa delar. Detta grundar sig i att valt material har en lång livslängd, vilket i regel stämmer in på material som trä och stål. Materialet eller produkten bör även lämpa sig för återbruk, och i vissa fall kan det användas direkt och utan bearbetning. Vidare kan även klimatpåverkan avseende material påverkas av att välja biobaserat, exempelvis genom att bygga med trästomme eller biobaserade skiv- och isoleringsprodukter. Med hänsyn tagen till vissa aspekter såsom markanvändning, livscykelanalyser och cirkularitet kan biobaserade material vara bättre ur ett perspektiv som fokuserar på klimatförbättring (Ingelhart & Högberg, 2021).

Exempel på material som i många fall utgör några av de med störst klimatpåverkan i byggskedet är betong, cement, spackelprodukter, produkter i stål och aluminium, glas, samt mineralull. Beroende på mängder och användningsform, vilket exempelvis kan avgöras av vilken byggdel de används i, samt arbetet med spill och optimering, kan materialen ge upphov till olika stor klimatpåverkan (Dahlgren, o.a., 2021). De byggdelar som i regel betraktas ha större betydelse avseende klimatpåverkan behandlas i korthet nedan.

3.3.1 Byggdelar och dess klimatpåverkan

Byggdelar som vid klimatberäkningar visar sig orsaka en betydande klimatpåverkan i byggskedet, är till exempel stomme och husunderbyggnad, som till följd av bland annat behovet av stora mängder material medför en större påverkan (Dahlgren, o.a., 2021). Även livslängden har betydelse, vilken beror på både typ av byggdel och material. Längre livslängder är av betydelse hos byggdelar som utformas i material som utgör ändliga resurser, samtidigt som livslängden, som nämnt tidigare, också kan avgöra lämpligheten för cirkularitet och återbruk (Ingelhart & Högberg, 2021).

3.3.1.1 Stomme

Den bärande stommen är inte sällan den konstruktionsdel som bidrar med störst klimatpåverkan i en byggnad. Generellt motsvarar den omkring en tredjedel till 50 procent av utsläppen i ett nybyggnadsprojekt. Utsläppsmängden kan till stor del påverkas av vilket material som väljs som stommaterial. Trästommar rekommenderas i första hand för minskad klimatpåverkan. Trästommar kan vara i form av massivträ eller limträ vilka båda ses som miljömässigt bättre alternativ än mer traditionella lösningar som betong- och stålstomme. Då trästomme väljs som material är det viktigt att projektera med denna i tidigt skede. Detta då trästommar ofta är mer platskrävande genom att exempelvis tjockare bjälklag är nödvändigt jämfört med betongbjälklag. Det är alltså viktigt att detaljplanen tillåter en tillräcklig byggnadshöjd anpassad till antal våningar i planerat trähus. I de fall projektet kräver en betong- och stålstomme på första plan, finns det fortfarande möjlighet att välja trämaterial som resterande ovan stomme. Detta kallas hybridstomme och rekommenderas då det, som sagt, inte går att bygga en stomme enbart av trä. Utgångspunkten för minskad klimatpåverkan är att minska mängden betong,

antingen genom ovan nämnd, hybridstomme, eller genom att helt enkelt utforma stommen baserat på projekt- och platsspecifika beräkningar. Sådana beräkningar kontrollerar den specifika byggnadens lastbehov vilket ger projektanpassade stomdimensioner i stället för att använda schablonvärden (Svenska Bostäder, 2023). På så vis kan en resurseffektiv stomme skapas och dimensionering av överhållfasthet undvikas genom att rätt typ av betong placeras på rätt plats. En resurseffektiv konstruktion med materialoptimering uppskattas kunna innebära en utsläppsreduktion på cirka 30 procent (Svensk Betong, 2022). Vid användning av betong är det även miljömässigt fördelaktigt att utbilda de som sköter projektets gjutning i effektiv betonghantering samt använda så kallad, klimatförbättrad betong (Svenska Bostäder, 2023).

Klimatförbättrad betong innebär att en betong med en specifik hållfasthets- och exponeringsklass optimeras för att generera lägre koldioxidutsläpp. Närmare bestämt optimeras betongens sammansättning genom att en andel av bindemedlet cementklinker, byts ut till andra bindemedel som exempelvis slagg (GGBS), en restprodukt från annan industriell process. Enligt Svensk Betongs LCA-beräkningar kan mer än 90 procent av koldioxidutsläppen från betong kopplas till just cementklinkern, den huvudsakliga beståndsdel i cement. Bindemedel som slagg kan inte helt och hållet ersätta cementklinkern men det pågår ett konstant arbete kring framtagande av andra cementtyper med lägre klimatpåverkan. Detta har lett till att de bindemedel som används idag har en klimatpåverkan som är 20 till 30 procent lägre i genomsnitt, jämfört med de som brukades år 1990. Klimatförbättrad betong innebär en reduktion gällande koldioxidutsläpp på minst tio procent men generellt innebär de marknadsanvända klimatförbättrade alternativen, en utsläppsminskning på cirka 10 till 20 procent. Det finns även exempel där klimatförbättrad betong inkluderats tidigt i planering och en utsläppsminskning på 50 procent uppnåtts. En omtalad diskussion kring användning av klimatförbättrad betong har varit långa uttorkningstider. Senare undersökningar har dock visat på att uttorkningstiden inte är längre, och ibland även kortare, för klimatförbättrad betong. Detta är därför ingen begränsning vid val av betong utan det som är väsentligt är valet av rätt betongsammansättning anpassad till specifik plats (Svensk Betong, 2022).

3.3.1.2 Husunderbyggnad

Husunderbyggnaden utgör den grund som byggnaden står på, i vilken till exempel markförstärkningar, sulor och grundbalkar ingår såväl som isolering (Boverket, 2023a). Inte sällan används den traditionella grundtypen ”platta på mark”, vilket vanligen utförs i betong och cellplast (EVIA, u.å). För att arbeta och sträva efter en lägre klimatpåverkan från husunderbyggnaden, särskilt då betong används, kan ett antal tillvägagångssätt tillämpas. Detta gäller bland annat att minimera mängden betong, att inte bygga mer än nödvändigt, undvika att bygga under marknivå med utformningar som exempelvis källare och parkeringsgarage, tillhandahållande av rätt kunskap för att optimera materialanvändningen, samt att använda sig av klimatförbättrad betong (Svenska Bostäder, 2023). Husunderbyggnaden tenderar att ha en högre klimatpåverkan andelsmässigt hos byggnadstyper med lägre våningsantal, den övriga stommens klimatpåverkan är i stället mer utmärkande i byggnader med fler våningar.

Husunderbyggnadens påverkan kan alltså bli mer framträdande i sammanställningen av den totala klimatpåverkan i byggnadstyper som till exempel småhus, vilket påverkar referensvärden, men även i byggnader med högre våningsantal visar sig grunden ha betydelse för klimatpåverkan (Malmqvist, Borgström, Brismark, & Erlandsson, 2021).

Det finns, utöver tillvägagångssätten nämnda i stycket ovan, utvecklade tekniker och metoder för att minska klimatpåverkan från byggnadens underbyggnad. Ett exempel är den så kallade Koljern-tekniken, i vilken produkten foamglas används och fungerar som en ersättning av husgrunder såsom platta på mark. Tekniken är patenterad och påstås enligt innovatören ge ett utsläpp som är 50 till 70 procent lägre än den vid traditionell utformning (EVIA, u.å). Husgrunden utformad i betong kan även bytas ut mot återbrukade byggdelar som till exempel håldäcksbjälklag (Ingelhart & Högberg, 2021). Det finns även undersökningar som granskar möjligheterna till att använda trä i husgrunden, vilket beräknas kunna medföra utsläppsminskningar upp till 50 procent (Sjöström, 2022).

Både i husunderbyggnader och stomkonstruktioner utformade i betong, används stål i form av armering, för att komplettera och förstärka konstruktionen. Detta kan medföra lägre klimatavtryck genom att mindre mängder betong behöver användas, eftersom en förstärkt konstruktion kan utformas slankare (Svensk Byggtjänst, u.å). I sin tur medför dock även stålet en viss mängd utsläpp. Följaktligen har stålindustrin utvecklats för att bidra mindre till klimatpåverkan, vilket har lett fram till tillverkning av så kallat grönt stål. Grönt stål syftar på stålprodukter som är mer hållbart producerade än de tillverkade med konventionella metoder. Bland annat handlar det om användning av icke fossila bränslen och energikällor, uteslutning av kolbaserade tillsatssämnen inom tillverkningen, samt att återvinna stål och processens restprodukter i samband med produktionen. Det finns dock ingen allmän definition om vilka krav stålet behöver uppfylla för att klassas som grönt, vilket medför att det är av betydelse för användaren att vara medveten om möjligheten till att undersöka rapporter och nyckeltal, såsom EPD:er, för stålet (SSAB, u.å).

3.3.1.3 Fasad

Fasadmaterial är även det, en av de största posterna gällande klimatpåverkan från en byggnad och uppskattas generellt stå för cirka 20 procent. Precis som vid val av stomme rekommenderas fasad av trämaterial då det har en låg klimatpåverkan under produktionskedjet, men även tegel är ett miljömässigt bra val då man studerar byggnadens hela tekniska livslängd. Tegel är även bra ur en återbrukssynpunkt då ombyggnation eller rivning sker. Vid jämförelse med betong- eller plåtfasader är även putsfasader ett bättre miljömässigt alternativ då de innebär lägre utsläpp. Utsläpp för en träfasad är dock mindre än för puts, men på grund av akustikkraV kan puts ibland vara nödvändigt om byggnaden har en trästomme (Svenska Bostäder, 2023).

I studien Livscykelanalys av olika fasadmaterial – Miljöpåverkan och livscykelkostnader för 6 olika fasadbeklädnader, utförd av studenter på KTH, undersöks, precis som titeln anger, klimatpåverkan från olika typer av fasadmaterial. De uttrycker att material, däribland fasadmaterial, vilka är väder- och vindutsatta ofta för med sig ett

visst behov av underhåll och en begränsad livslängd. De förklarar vidare att det därför är viktigt att, vid val av material, undersöka materialet kopplat till byggnadens hela livslängd. Detta för att inte riskera att välja bort alternativ som kanske har en stor påverkan initialt under produktionsskede, men som under en längre period balanseras ut till följd av ett mindre underhållsbehov. Studien tar upp tegel som exempel. Tegelsorten de studerade visade stor klimatpåverkan initialt, till följd av den energikrävande produktionen, men jämfört med övriga undersökta fasadmateriell av fjällpanel i cederträ, ventilerat/oventilerat putssystem, fibercementskiva och målad granpanel, visade teglet en låg klimatpåverkan i underhållsskede (Francart & Widström, 2021).

3.4 Klimatkompensationsåtgärder

Efter projekteringsskede med rätt materialval för en minskad klimatpåverkan, kan ytterligare åtgärder göras för att kompensera för den klimatpåverkan som byggnationen medför (Utilities One, 2023). Klimatkompensation som begrepp, innebär i sin helhet en minskning eller ett undvikande av växthusgasutsläpp, samt utjämning eller borttagning av växthusgaser ur atmosfären (United Nations, u.åc). Kompensationsåtgärder kan göras med olika tillvägagångssätt, och gällande platsen är denna inte nödvändigtvis densamma som den plats där utsläppet, som ska kompenseras, sker. I definitionen finns det alltså inga krav på att utsläppsminskningen behöver ske varken samtidigt som, eller i närheten av själva utsläppet, utan det är upptaget eller reduktionen av växthusgaser som står i fokus. (Konsumentverket, 2020). Kompensationerna kan med andra ord primärt göras genom förändringar i arbetssätt och beteenden som i sin tur leder till undvikande eller minskningar av utsläpp. Det kan även handla om att använda utsläppsrätter, se tidigare avsnitt 3.1.4.3, vilka ser till att avsett utsläpp inte kan ske i någon annan verksamhet. Nästa alternativ innebär att vidta åtgärder som medför faktiska utsläppsminskningar, såsom att använda mindre energi, särskilt den av fossilt ursprung. Det går även att bygga ut förnybara energikällor, samt införa teknik som är energieffektiv och eller medför mindre växthusgasutsläpp. Minskandet och förebyggandet av utsläpp grundar sig alltså främst i att ersätta processer och aktiviteter som medför höga utsläpp, med lösningar som i jämförelse släpper ut mindre. Ett exempel kan vara att ersätta el producerad med hjälp av kolkraft, till solcellsproducerad el (Konsumentverket, 2020). Vidare följer alternativet att arbeta med negativa utsläpp, som avser att minska halten av koldioxid i atmosfären (Naturskyddsföreningen, 2021b). De olika åtgärderna som finns för att uppnå negativa utsläpp, och alltså bidrar med ett upptag av koldioxid, är enligt the European Academies' Science Advisory Council (EASAC, 2018):

- Skogsplantering och återbeskogning
- Markhantering som ökar andelen bundet kol
- Bio-energi med infångning samt lagring av koldioxid
- Karbonatisering/mineralisering av atmosfärens koldioxid
- Direkt infångning samt lagring av luftens koldioxid
- Gödsling av haven för ökat upptag av koldioxid

De tekniska lösningarna nämns 2018 av vetenskapsrådet, EASAC, som otillräckliga, både avseende kapacitet samt kostnadseffektivitet, i avseende att uppnå de framtida

klimatmålen (EASAC, 2018). För att åtgärderna dessutom ska kunna betraktas som faktiska klimatkompensationer är det viktigt med beständighet, eftersom det ska kunna räknas långsiktigt och permanent, och därmed inte innebära enbart tillfälliga negativa utsläpp (Konsumentverket, 2020).

I de fall en åtgärd även ska kunna anses vara klimatpositiv, ska de negativa utsläppen inte bara motsvara den mängd som ämnas kompenseras, utan även överskrida denna. På så sätt blir mängden koldioxid i atmosfären mindre, vilket krävs för att reducera klimatpåverkan (Konsumentverket, 2020). Ett av de främsta problemen rör sig enligt Zeromission kring tidsförhållandet mellan växthusgasernas varaktighet i atmosfären, kontra lagringstiden i biologiska och naturliga kolsänkor såsom träd. Koldioxidens lagring i träd, och särskilt anlagda skogsplanteringar, har en tidshorisont på några decennier, dessutom utan garantier, medan koldioxidutsläpp från bland annat fossila bränslen kan hålla sig i atmosfären i tusentals år. Negativa utsläpp är en förutsättning för att förhålla sig till klimatmålen, men den största och mest påverkande faktorn är reduktioner av utsläpp, i synnerhet de av fossilt ursprung (Zeromission, 2021). I databaser hos exempelvis initiativet Ecosystem Marketplace fanns det mellan åren 2021 och 2023 drygt 1500 kompensationsprojekt utspridda i 98 olika länder världen över (Donofrio & Procton, 2023). Åtgärderna som behandlas i denna rapport är trädplanteringar, bio-CCS och CCS, biokol, köp i projekt avseende olika former av naturbaserade lösningar samt köp via UN Carbon Offset Platform. Se kommande avsnitt.

3.4.1 Kolinlagring – CCS och bio-CCS

Kolinlagring, på engelska Carbon Capture and Storage (CCS), innebär avskiljande, transport och därefter lagring av koldioxid. Detta är en metod som enligt FN:s klimatpanel (IPCC) och EU anses ha betydande påverkan gällande att nå satta klimatmål gällande klimatneutralitet, nettoutsläpp av växthusgaser och negativa utsläpp. Begreppet bio-CCS syftar till avskiljning och lagring av koldioxid från organiska material och produkter som, under dess livstid, lagrat koldioxid (Energimyndigheten, 2024a). Detta benämns även som Bio-Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS). Genom att bio-CCS syftar på lagring av koldioxid med biogent ursprung, ger en sådan åtgärd ett så kallat negativt utsläpp. Detta då biomassan, om hållbart producerad, är utsläppsneutral då den under dess livstid lagrat den mängd koldioxid som släpps ut vid förbränning. Avskiljning och lagring av denna koldioxid innebär således att ett koldioxidflöde avlägsnas från atmosfären. CCS, behandlande fossil koldioxid ses i stället som en utsläppsminskning på samma vis som exempelvis en energieffektiviseringsåtgärd (SOU, 2020:4). Ännu en metod för koldioxidavskiljning är Direct Air Capture (DAC) som innebär att koldioxid samlas in direkt från luften och inte i direkt samband med utsläpp. Metoden är den dyraste gällande koldioxidinfångning, till följd av högt energibehov och andra kostnader, då koncentrationen av koldioxid inte är lika hög som vid utsläpp i form av rökgas (Budinis, 2023).

CCS:s och bio-CCS:s syfte är att permanent avskilja och lagra koldioxid från atmosfären. Det finns även metoder där den avskilda koldioxiden inte lagras permanent utan i stället används i exempelvis drivmedel och plastmaterial och vid växthusodling av grödor. Denna teknik kallas Carbon Capture and Utilization (CCU) som betyder just avskiljning

och användning av koldioxid och innebär således endast en temporär lagring. Ibland förekommer det sammanfattade uttrycket Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS), innehållande både CCS och CCU (SOU, 2020:4).

3.4.1.1 CO₂ - avskiljning

Koldioxidutsläpp kan ske till följd av både oorganiska reaktioner och förbränning av biogena och fossila bränslen. Oorganiska reaktioner kan ske via fermentering av biomassa eller vid exempelvis tillverkning av cement. Förbränning är dock den största bidragande faktorn vad gäller koldioxidutsläpp både i Sverige och internationellt sett. Metodiken för koldioxidavskiljning fokuserar därför på koldioxid utsläppt i den rökgas som bildas i samband med förbränning. Rökgasen utgörs vanligtvis av en mindre andel koldioxid, generellt från några procent till en tredjedel, den resterande delen består i stället till största del av kvävgas. Kvävgas är den dominerande gasen i luft och därav anses det opraktiskt, och är dessutom olagligt inom EU, att lagra hela rökgasvolymen eftersom det skulle kräva en större lagringskapacitet. CCS syftar därför på en avskiljning av koldioxiden från rökgasen i så god mån som möjligt. Avskiljningen påstås vara den mest kostnadsdrivande delen i CCS-processen i och med nödvändig utrustning och energianvändning. De finns ett flertal tekniska lösningar för avskiljning som kategoriseras som avskiljning före, respektive efter, förbränning samt oxyfuel-förbränning, varav den förstnämnda är mest avancerad och kostsam (SOU, 2020:4).

3.4.1.2 CO₂ - transport

För att möjliggöra transport av koldioxid måste de stora mängderna komprimeras. Därefter kan de under tryck transporteras via fartyg eller rörledningar och i undantagsfall även i flytande form via tåg eller lastbil (SOU, 2020:4).

Transport av gasformiga kolväten via rörledningar är, sedan länge, en etablerad metod. Rör finns redan dragna i samtliga terrängtyper, både över bergskedjor och på havsbotten. Transport av just koldioxid har tidigare främst varit i syfte för så kallad enhanced hydrocarbon recovery (EHR), en teknik för utvinning av olja och naturgas. Det har i och med det syftet redan genomförts koldioxidtransport i stor skala. Med transport via rörledningar finns dock läckagerisker, som störst vid exempelvis grävning med arbetsmaskiner. Enligt FN:s klimatpanel, IPCC, är risken trots det låg och kan rimligen jämföras med risken för läckage av naturgas på sannolikheten 0,0002 per kilometer rörledning och år. Det finns dessutom metoder tillgängliga för kontroll av läckage, vilka innebär att eventuella fel snabbt kan åtgärdas (SOU, 2020:4).

Även fartygstransport av koldioxid är idag en etablerad metod. Transportvolymerna är dock förhållandevis små och fraktas under högt tryck i flytande form. Koldioxiden transporteras inte till en permanent lagringsplats utan används i stället i CCU-syfte, se rubrik 3.4.1 för förklaring av CCU. Transport av exempelvis flytande kolväten som petroleumgas och naturgas liknar tekniskt sett, transport av koldioxid. I denna, mer utvecklade teknik, finns många lärdomar och utvecklingsmöjligheter att erhålla och de varv som idag bygger dessa typer av fartyg kan potentiellt även bygga stora fartyg för frakt av koldioxid. Storleken på fartygen och antalet fartyg som är nödvändigt, samt

storlek på det mellanlager som behövs mellan avskiljning och transport, avgörs utifrån aktuellt CCS-projekt och avstånd till lagringsplats (SOU, 2020:4).

3.4.1.3 CO₂ - lagring

Det finns idag många tillgängliga lagringsmetoder för koldioxid men alternativen begränsas gällande CCS då det innebär permanent lagring av stora volymer. En teknik som används i dagsläget är mineralisering av koldioxid, vilken innebär en industriell process med reaktion mellan avskild koldioxid och olika mineraler. För stora volymer koldioxid kräver dock detta stora mängder mineral och med detta stor energiåtgång för hantering av denna och reaktionsprocessen. Ett annat diskuterat, mindre kostsamt, alternativ är injektion av koldioxid i djuphavet. Detta är dock inte tillräckligt undersökt och kommer med många osäkerheter kring miljöeffekter och permanens vilket i nuläget gör det förbjudet både inom EU och även enligt internationell rätt. I stället för de ovan nämnda lagringstyperna är geologisk lagring av koldioxid det alternativ som det idag läggs mest fokus på för CCS-ändamål. Det finns flera olika typer av denna lagring som föreslås, bland annat i djupt liggande akviferer eller mineralisering respektive inblandning via injektion i basiska bergarter respektive djupt liggande kollager. Lagringspotentialen i djupt liggande akviferer bedöms globalt vara stor. Global CCS Institute bedömer en lagringspotential så stor som 10 000 miljarder ton globalt, denna siffra kan jämföras med det årligt uppskattade globala utsläpp av fossil koldioxid på 35–40 miljarder ton. Injektion av koldioxid bedöms enligt IPCC ha en så stor potential som att minst 99 procent av injekterad koldioxid lagras kvar efter 1000 år. Detta baserat på observationer kring kolvätens och gasers naturliga förekomst i berggrund och på tidigare projekt gällande lagring av koldioxid (SOU, 2020:4). Geologisk lagring av koldioxid är tillåtet i Sverige sedan 2014 och Sveriges geologiska undersökning (SGU) nämner två potentiellt lämpade områden inom landet, ett i sydöstra Östersjön och ett vid sydvästra Skåne (SGU, 2023a). Ytterligare ett förslag som diskuteras, specifikt för Norden och Sverige, är att lagra koldioxiden i tomma utrymmen i Nordsjön, en bit från Norge, som förr lagrat gas och olja (Naturskyddsföreningen, 2021a).

Koldioxid har, som tidigare nämnt, sedan länge använts inom enhanced hydrocarbon recovery (EHR) för bland annat ökad oljeutvinning ur oljefält. I denna typ av metod binds en viss mängd koldioxid i oljereservoarer och blir på så vis lagrad. I vissa fall injekteras även koldioxid i geologiska formationer i samband med EHR och lagras då permanent under markytan. EHR utförs dock alltid med ett bakomliggande lönsamhetssyfte och lagring i samband med metoden särskiljs därför från lagring i CCS-syfte utan EHR (SOU, 2020:4).

3.4.1.4 CCS och bio-CCS – dagsläge, utveckling och potential

Idag finns inte CCS-teknik utvecklad i kommersiell skala. Det finns dock existerande projekt med anläggningar i demonstrationssyfte och även anläggningar i samband med EHR där koldioxiden förs ned i mark för ökad utvinning av exempelvis olja. Den teknik som finns, uppskattas dessutom vara dubbelt så dyr som tekniken för till exempel ny vindkraft (Naturskyddsföreningen, 2021a). Det finns inte heller svenska anläggningar för enbart avskiljning av koldioxid i kommersiell skala idag, men även avseende detta har mindre pilotprojekt och försök genomförts (Naturvårdsverket, u.åb). Globalt sett

finns dock cirka 20 olika anläggningar av större skala, avseende avskiljning, i drift (Naturvårdsverket, u.åb), däribland anläggning i Norge (Vattenfall, u.å).

Sedan år 2019 har Stockholm Exergi undersökt avskiljningstekniken för bio-CCS i en forskningsanläggning i anslutning till deras, redan existerande, biokraftvärmeverk Värtaverket. Syftet med deras forskning är att utveckla och anpassa avskiljningstekniken för att kunna använda den i anläggning av större skala (Stockholm Exergi, u.åb). Deras mål är att, sammankopplat med deras biokraftvärmeverk, bygga just en bio-CCS-anläggning som kan avskilja koldioxiden från verkets rökgas. I mars 2023 lämnades deras ansökan in till mark- och miljödomstolen, för att få tillstånd för den planerade anläggningen och deras tidplan indikerar att anläggningen ska driftsättas redan 2026. Tidplanen konstaterar de dock som preliminär och beroende av att tillstånd söks och erhålls, att den slutgiltiga utformningen fastställs, att lagringsfrågan för koldioxiden löses och att finansiering säkerställs (Stockholm Exergi, u.åa).

Gällande bio-CCS i Sverige presenteras det, i rapporten SOU 2020:4, betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen, finnas en realiserbar framtid. Ur ett 2045-perspektiv bedöms mängden 10 miljoner ton koldioxid, med biogent ursprung, årligen kunna hanteras enligt bio-CCS-teknik. Den transport av koldioxid som enligt utredningen anses som den enda realiserbara är via fartyg. Kostnaden för detta fraktsätt bedöms vara relativt stabil då den endast är beroende av avstånd. Så länge anläggningen ligger utmed kust eller i närområde av Väneren och Mälaren är detta inte en avgörande faktor för anläggningens möjlighet till CCS eller bio-CCS. Gällande lagringen finns det, geologiskt sett, utrymme inom landet eller i närområde för både svensk CCS och bio-CCS. Det alternativ som framställs som mest tekniskt och ekonomiskt möjligt är lagring i Norge eller andra länder i anslutning till Nordsjön. Det nämns även att det finns lagringspotential i Sverige, men att kunskap om faktiska platser inom landet är bristfällig. På grund av osäkerheten skulle det därför, enligt utredningen, innebära höga kostnader och ta lång tid att utveckla en plats för koldioxidlagring inom landets gränser. Av den anledningen anses lagringsplats utanför Sverige vara en förutsättning för tillämpning av bio-CCS från svenska anläggningar inom snar framtid. Det fastslås dock att den framtida möjligheten att uppföra en lagringsplats i Sverige inte ska bortses från men att fokus på andra delar av CCS-kedjan bör prioriteras. Det inleddes dock, år 2023, ett regeringsuppdrag där SGU ska studera möjliga lagringsplatser och om geologisk lagring i svensk berggrund faktiskt är praktiskt utförbar (SGU, 2023b). I SOU 2020:4 lyfts i stället ytterligare forskning gällande avskiljning av koldioxid i svenska industrier som ett prioriteringsområde. Detta då energieffektivisering i avskiljningssteget skapar stora möjligheter för kostnadsreduktion (SOU, 2020:4). Enligt SGU är däremot lagringspotentialen gällande geologisk koldioxidlagring stor inom Norden. I teorin finns det, inom Norden, en lagringskapacitet som, utifrån dagens utsläppstakt, möjliggör en lagring av mer än 500 års koldioxidutsläpp (SGU, 2021).

Idag finns ingen standardiserad och vedertagen svensk strategi för CCS men det finns en statlig utredning som behandlar bland annat genomförandet av CCS. Där beskrivs BECCS, även kallat bio-CCS, som en kompletterande åtgärd för balansering av utsläpp. Det beskrivs även att en överenskommelse med Norge bör göras för att möjliggöra lagring av svenskutsläppt koldioxid i Norge. År 2022 uttalade sig både Sveriges och

Norges statsministrar om att ett sådant avtal är uppe för diskussion och konstaterade att det är väsentligt att arbetet kring detta slutförs. Avtalet måste dock förhålla sig till Londonprotokollet (Energimyndigheten, 2023a) som reglerar förbränning och dumpning i havet (Havs- och vattenmyndigheten, 2016). Energimyndigheten i Sverige har även som pågående uppdrag att utveckla ett stödsystem för bio-CCS utifrån ett program med utgångspunkt i så kallade omvända auktioner (Möllersten & Zetterberg, 2023). Stöd via omvända auktioner innebär att aktörer lämnar bud genom att redovisa hur stor mängd koldioxid de kan avskilja samt lagra och vilka kostnader det innebär. De aktörer som visar på avskiljning och lagring enligt bio-CCS med lägst bud och uppfyllande av stödprogrammets villkor, fördelas stöd (Energimyndigheten, 2024b). På så vis blir det svenska staten som köper upp samtliga krediter inom bio-CCS som delas ut till flera potentiella säljare beroende på nivå på bud enligt ovan förklaring (Möllersten & Zetterberg, 2023). Stödet betalas först ut efter bio-CCS-tekniken är genomförd och den biogena koldioxiden är geologiskt lagrad, mängd stöd förhåller sig också till mängd lagrad koldioxid. Stödet är tänkt vara täckande för hela CCS-kedjan med avskiljning, transport och lagring för den slutgiltigt lagrade mängden. Stödprogrammet är i nuläget under utveckling och väntar på godkännande från EU-kommissionen och efter deras godkännande måste även den svenska regeringen fatta beslut om förordningen. Första omvända auktionstillfälle förväntas ske under år 2024, beroende på beslutstagandets tidsåtgång. Första stödet till följd av lagring kommer, enligt regelverket, som tidigast kunna betalas ut under år 2026 då regeringsbeslut gällande anslag till statligt stöd är giltigt för år 2026–2046. Därefter gäller stödet i 15 år för företaget som tilldelats stöd. Det finns krav på att företaget bygger sin bio-CCS-anläggning inom tre år från datum då stöd beviljats, därav kan den första faktiska lagringen först förväntas ske ett antal år senare (Energimyndigheten, 2023a).

Energimyndighetens uppdrag och stödsystemets målsättning handlar om uppfyllande av de svenska klimatmålen och inte av bidragande till en klimatnytta globalt. I rapporten Aktörspreferenser i design av ett stödsystem för bio-CCS, skriven av Fridahl och Lundberg, konstateras det att om ett delmål skulle vara att bistå med negativa utsläpp globalt, skulle försäljning av minusutsläppskrediter vara ett behjälpligt kostnadsbidrag. Detta genom minskning av statens utgifter gällande bio-CCS då stödsökande företag kan sänka sina bud genom stöd från kreditförsäljning. Tillåten försäljning av krediter inom bio-CCS påstås även bidra till en marknad för negativa utsläpp i Sverige (Fridahl & Lundberg, 2021).

Ett av de drivande argument som lyfts fram gällande utveckling och implementering av CCS-teknik är det omfattande beroendet av fossila bränslen globalt. Naturskyddsföreningen förklarar att två tredjedelar av världens elproduktion tillverkas med bränslen av fossilt ursprung. Möjligheten att fånga in koldioxidutsläpp från redan existerande fabriker anses därav som ett möjligt alternativ till investering i ny teknik eller förnybar energi. Naturskyddsföreningen lyfter dock att det finns en risk med satsningen på CCS-teknik i form av att industrier fortsatt tillåts att använda fossila bränslen med argumentet att utsläppen någon gång i framtiden ändå kommer att kunna fångas in och lagras. Detta kan bidra till en minskad efterfrågan och vilja att använda förnybar energi. Även risken med självaste tekniken tas upp. Vid infångning av koldioxid kan farliga kemikalier bildas vilka riskerar att släppas ut under transport eller

lagring om läckage eller olycka inträffar. Mer specifikt gällande bio-CCS teknik är huvudargumentet att det kan bidra till att sänka atmosfärens koldioxidhalt. I de studier FN:s klimatpanel har räknat på bio-CCS-teknikens potential, förutsätts det att stora markytor används för att odla biobränsle i det syftet. Att använda stora landarealer och ta dessa i anspråk i bio-CCS-syfte kan konkurrera med behovet av odling för att mätta världens växande befolkning. Det beskrivs även kunna innebära att samhället blir fast i ett industriellt skogsbruk som konkurrerar med annan typ av skogsanvändning och skogens värde som upplevelse. Slutligen lyfts det av Naturskyddsföreningen, att FN:s klimatpanel slår larm gällande risken att tillförlita sig på och vara beroende av teknik vars omfattning, effektivitet och lagrande utsläppsminskande permanens, ännu inte är fastställd och tillräckligt beprövad (Naturskyddsföreningen, 2021a).

3.4.1.5 CCS och Bio-CCS i initiativet LFM30

Den 8 mars 2024 hölls en intervju med Andreas Eggertsen Teder¹, delaktig i LFM30:s tredje arbetsgrupp, samt hållbarhetsexpert och arkitekt på White. Intervjufrågorna som använts som underlag vid mötestillfället hittas i Bilaga 1. I intervjun förklarades initiativets inställning gällande CCS och bio-CCS. I dagsläget finns det inte något projekt som omfattas av LFM30, som använt sig av investeringar i CCS-teknologi. Detta förklarar Eggertsen Teder, bero bland annat på att de satsningar som görs i tekniken främst kommer från den svenska staten, där alla potentiella negativa utsläpp tillgodoräknas just staten. Exempelvis kan fastighetsägare alltså inte vända sig till den marknaden i syfte att räkna investeringen som en klimatbalanserade åtgärd, det skulle i så fall innebära dubbelräkning. Fastighetsägare kan betala in pengar till verksamheter som ämnar att utveckla tekniken, men att tillgodoräkna utsläppsminskningar i samband med detta tillåts inte.

LFM30 har, enligt Eggertsen Teder, deltagande aktörer såsom EON, samt Lunds kommun som i sin tur samarbetar med till exempel Krafringen. Detta medför att CCS-tekniken finns med som en del av metodiken i initiativet, eftersom de större lokala kraftbolagen satsar mycket på den typen av klimatbalanserade lösningar. CCS och bio-CCS är en del av de långtgående strategier som kraftbolagen tagit fram, och de räknar med att tekniken är installerad vid år 2030. Eggertsen Teder menar dock att det finns en osäkerhet kring hur avtalen ska se ut, och hur beräkningarna kommer att se ut avseende klimatkompensationer. Det avgörande argumentet till att LFM30 pekar på bio-CCS, säger Eggertsen Teder, är den stora potentialen. Att bryta den biogena kolcykeln, alltså förbränna restprodukter ifrån träd och fånga in samt lagra koldioxiden, på samma gång som det görs plats för nya träd som kan ge flera mernyttor, är det mest effektiva sättet att i större skala göra något åt den klimatpåverkan som vi står inför. Den dröm som alla ser innebär i teorin att det fortsatt kan få finnas en industriell produktion, som bidrar till att skapa bättre förutsättningar i förhållande till klimatet. Frågan är dock, menar Eggertsen Teder, om det är möjligt eller realistiskt, samt vem som ska betala för det.

För att teknologin ska kunna implementeras krävs det, enligt Eggertsen Teder, stora kapitalströmmar, eftersom företagen som utvecklar tekniken inte har en tillräckligt

¹ Andreas Eggertsen Teder, hållbarhetsexpert och arkitekt på White Arkitekter samt medverkande i arbetsgrupp tre Design, process och klimatkalkyl i LFM30. Intervju 8 mars 2024.

omfattande kapitaltillgång då tekniken är dyr. Utvecklingen är även tidskrävande och det behövs upprättas logistikkedjor som säkerställer en långsiktig lagring av koldioxiden. Detta är inget som det finns mycket kunskap om i dagsläget, berättar Eggertsen Teder, och det har varken byggts någon storskalig anläggning, eller något i mindre skala, i vilka man kan räkna med klimatkompensationer.

3.4.2 Nature-Based Solutions (NBS)

Begreppet naturbaserade lösningar, *Nature-Based Solutions*, förkortat NBS, innebär lösningar och infrastruktur i urban, jordbruks- och naturmiljö som skapar, bibehåller och eller utvecklar ekosystem. Ekosystemen bidrar i sin tur med tjänster som kan förebygga och lindra de utmaningar och konsekvenser som råder gällande klimatförändringar och samhället (Naturvårdsverket, 2022). De verkar även direkt eller indirekt för social hållbarhet då de används i lokala och urbana miljöer, samtidigt som lösningarna bidrar till en minskning av sårbarheten kopplad till klimatförändringarna (Nature-Based Solutions Initiative, 2021). I en rapport utgiven av United Nations Environment Programme UNEP anses naturbaserade lösningar kunna bidra med en avsevärd minskning av koldioxid till år 2030, om dessa implementeras under de kommande åren och detta inom samtliga typer av ekosystem. Drygt 60 procent av dessa minskningar uppskattas kunna komma från skogsmiljöer, där själva arbetet med att skydda redan existerande ekosystem är en avgörande faktor (Miles, Agra, Sengupta, Vidal, & Dickson, 2021).

För att utveckla och införa Nature-Based Solutions finns det både praktiska och ekonomiska utmaningar, vilket medför att både den offentliga och privata sektorn behöver samverka och arbeta mot samma mål genom att använda sig av samt investera i de naturbaserade lösningarna där det är möjligt (Hudson, Hart, & Verbeek, 2023). Det behövs cirka 542 miljarder USD i finansiella medel till år 2030, det vill säga nästan en tredubbling i jämförelse med året 2022, för att möjliggöra att de globala målen kan uppnås (United Nations Environment Programme, 2023). När det gäller den offentliga sektorn och dess betydelse är till exempel den kommunala nivån viktig gällande planering och utveckling, gröna lösningar kan utformas i en större omfattning i exempelvis parker och naturskyddsområden, eller andra former av infrastruktur som kan planeras med mer inslag av grönska (Naturvårdsverket, 2022). Vidare kan det i den privata sektorn tillämpas genom att företag, som en del och strategi i sitt hållbarhetsarbete, väljer att investera i naturbaserade lösningar utanför den egna organisationen, genom att bistå eller köpa andelar i projekt vars huvudsyfte är att skapa, skydda eller regenerera natur och ekosystem (Mirova, u.å). Fördelningen mellan den offentliga och den privata sektorn när det kommer till att finansiera NBS är enligt United Nations Environment Programme (UNEP) 82 procent statligt och 18 procent privat, och det största flödet inom det privata försörjandet ligger hos kompensationskrediterna (United Nations Environment Programme, 2023).

Naturbaserade lösningar kan betraktas som ett paraplybegrepp, under vilket en rad olika exempel på varianter av lösningar ingår, och samtliga innebär en fördel för olika typer av ekosystem samtidigt som det har betydelse för samhälleliga värden och utmaningar (Cohen-Shacham et al, 2019). En del av varianterna kan även kombineras, såsom

våtmarker i delar av lantbrukslandskap. Läs mer i avsnitten nedan (Naturvårdsverket, 2022). I artikeln “Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions” av Cohen-Shacham et al, publicerad i tidsskriften *Environmental Science and Policy*, kan naturbaserade lösningar kategoriseras i fem olika grupper, med generella exempel på utföranden (Cohen-Shacham et al, 2019):

- Återställande åtgärder (restauration av skogslandskap)
- Infrastruktur (gröna lösningar och utformningar bl.a. i urban miljö)
- Skyddande åtgärder (bevarande av befintliga ekosystem)
- Förvaltande och bevarande åtgärder (förvaltning av bl.a. kustzoner och vattenresurser)
- Fallspecifika åtgärder

Det största finansiella stödet riktas åt skyddande och bevarande av mångfald och naturlandskap, följt av investeringar i hållbart jordbruk, skogsbruk och fiske. Gällande just upptaget av växthusgaser är det återbeskogning som är den åtgärd med störst inverkan, och därtill spelar även skyddandet av befintlig skog som riskerar att skövlas också en viktig roll (United Nations Environment Programme, 2023). För att säkerställa och verifiera projekt finns det ett antal standarder som kan verifiera NBS-projekt, däribland Verified Carbon Standard (VCS) från organisationen Verra, Gold Standard, och Climate Action Reserve (CAR) (Climate Impact Partners, u.åb). VCS är avseende den frivilliga marknaden den mest omfattande standarden för klimatkompensationer, och därtill har Verra även standarden Climate, Community & Biodiversity (CCB) som verifierar projekt gällande ekologisk såväl som social hållbarhet. Vidare är Gold Standard en certifiering framtagen av World Wide Fund for Nature, WWF, i vilken de globala målen har särskilt fokus (SGBC, u.åe).

3.4.2.1 Våtmarker

Våtmarker är naturliga landskapsområden som översvämmas av vatten, permanent eller tillfälligt beroende på säsong, och som kan vara värd för omfattande ekosystem. Storleksmässigt kan det röra sig om relativt små och lokala våtmarker, till stora regioner om hundratusentals kvadratkilometer. Inom begreppet ingår exempelvis floder, sjöar, saltvåtmarker, träsk, kärr och våta gräsmarker (Fewins, 2022). Främst på grund av mänsklig aktivitet, såsom bebyggelse av kraftverk, dammar och utökade stadsmiljöer, har stora delar av våtmarkerna i Sverige minskat avsevärt under de senaste 100 åren. Den huvudsakliga anledningen är att det till följd av bebyggelsen orsakas avtagande vattennivåer i sjöar och vattendrag, vilket torkar ut våtmarkerna och stör dess naturliga ekosystem. Markerna fyller utöver ekosystemtjänsterna även funktionen att fungera som reservoar och fördröjningsmagasin för vattnet, vilket i sin tur även leder till att de är förebyggande mot både vattenbrist och översvämningar. Till följd av reduktionen av våtmarker kan det även finnas större risker för ökad erosion och jordskred, eftersom flödena i vattendragen i vissa fall ökar (Naturvårdsverket, 2022).

Markerna bidrar utöver sin funktion som naturligt vattenmagasin bland annat genom ekosystemtjänster, såsom filtrering av vatten vilket innebär att föroreningar och partiklar kan hållas kvar. Samtidigt erbjuds det goda förutsättningar för biologisk mångfald och

utvecklande och tillväxt av biomassa, de kan även hjälpa till med att stabilisera klimatförhållanden såsom temperaturer, samt fungera våg- och vinddämpande i kustnära områden. Inom skogsområden som täcks av våtmarker kan de under torra perioder minska risken för bland annat skogsbränder (Naturvårdsverket, 2022). Områdena fungerar utöver detta som kolsänkor bland annat genom att växtligheten som tar upp koldioxid ur luften, täcks över av vatten, lera och sediment vid änden av sitt livsspann. Detta leder till att kolet i biomassan begravs under sedimenten i stället för att åter spridas till omgivningen, i form av koldioxid, och på så sätt skapas en naturlig kolsänka. Dessa kolsänkor skapas även i en relativt snabb process - våtmarker i kustnära områden uppskattas kunna binda kol cirka 40 gånger snabbare än vissa typer av skogsområden (Fewins, 2022).

3.4.2.2 Infrastruktur och urbana miljöer

Naturbaserade lösningar i bebyggd miljö och städer är något som prioriterats alltmer, till stor del på grund av de många fördelar som kommer med både gröna och blå-gröna lösningar. Det anses även vara viktigt eftersom majoriteten, närmare bestämt 56 procent, av den globala befolkningen bor i urbana miljöer (United Nations Environment Programme, 2023). En betydande faktor är att tidigt i planeringsprocessen, både avseende befintliga och nya miljöer, inkludera grön infrastruktur och naturliga klimatlösningar som en del av bebyggelsen. Lösningarna kan utformas som parker, enkla träd, skogar och annan vegetation såsom buskar, gröna tak och fasader, fördröjningsdammar och regnbäddar, även som regngenomträngliga markbeläggningar som exempelvis gräs, takträdgårdar och rekreationsområden. Dessa naturliga utformningar kan vara fördelaktiga på många sätt utöver att bidra till den estetiska miljön. Detta exempelvis genom att motverka översvämningar, bidra till att behålla ett bättre klimat avseende temperatur såväl som luftfuktighet och i vissa fall även skydda mot vind. Andra fördelar är förbättrande av luftens kvalitet genom att växtligheten kan ta upp föroreningar, och gällande omgivningen kan även bullernivåerna i stadsmiljön minska (Naturvårdsverket, 2022).

Ur klimatperspektiv är de naturbaserade lösningarna i den urbana miljön, även ett sätt att skapa kolsänkor, eftersom kol lagras i biomassan hos träd och i andra planteringar (Naturvårdsverket, 2022). Inte sällan glöms kapaciteten i mark och jordar, införda i stadsmiljön, i vilka det går att skapa mer omfattande kolsänkor med hjälp av bland annat biokol. Läs mer om biokol som kolsänka i avsnitt 3.4.4. Kolsänkorna som skapas i träd och liknande vegetation kan i högre grad betraktas som temporära, men i den lokala miljön kan de absorbera koldioxid och föroreningar vilket förbättrar den direkta omgivningen (Auriloma, Ottelin, Hautamäki, Tuhkanen & Mänttari, 2021). I huvudsak är det upp till den offentliga sektorn att investera i urbana klimatlösningar, eftersom det ingår som en del i stadsplaneringen. Bland annat finns det i exempelvis artikeln *Contribution of prioritized urban nature-based solutions allocation to carbon neutrality* skriven av Pan et al, förslag om att EU-kommissionen med fördel kan införa naturbaserade lösningar som en nyckelfaktor i arbetet med att utveckla klimatneutrala städer (Pan et al, 2023). I Sverige finns det exempel på urbana naturlösningar i bland annat Malmö, där projektet BiodiverCity, startades (Naturvårdsverket, 2022), idag kallat Green City. Målet är att med hjälp av bland annat gröna tak, fasader och annan vegetation

skapa en grönare, attraktivare och mer hälsosam miljö i staden. Ett område som exemplifierar utformningssätt och som varit en del av planeringen är stadsdelen Bo01, som har många naturbaserade lösningar inkluderat i stadsrummet (Malmö Stad, 2023b).

3.4.2.3 Lantbrukslandskap

Inom kategorin landskap präglad av lantbruk, ingår både åkermark och betesmark. Dessa terrängar kan även finnas i kombination med andra landskapstyper, såsom skogar och våtmarker. I sin naturliga form kan slätterna bidra positivt med ett flertal olika typer av ekosystemtjänster. Tjänsterna som kan nyttjas av jordbrukslandskapet är bland annat vattenfiltrering, källor för utvinning av bioenergi, samt infiltration vilket kan minska risken för översvämningar. Utöver detta används marken huvudsakligen för odling, och även som betesmarker åt boskapsdjur, vilket precis som grödorna producerar mat nödvändig för allt mänskligt liv. Många av landskapen ger även fördelaktiga förutsättningar för biologisk mångfald både avseende djur, insekter och växter (Naturvårdsverket, 2022).

Inom jordbruket kan kolsänkor skapas i marken genom att använda lämpliga metoder kombinerat med en lämplig blandning av grödor, vilket både binder och lagrar kol, samtidigt som det kan ge jordförbättrande egenskaper. Ökade mängder kol i åkermark kan göra jorden bördigare och därmed effektivisera markanvändningen med större skördar (Svensk Kolinlagring, u.åb). Metoden från företaget Svensk kolinlagring handlar framför allt om att skapa förutsättningar och använda metoder som förbättrar själva lagringen i jorden och därmed binder större mängder kol från luften. Det ligger även fokus på att använda marken så effektivt som möjligt för att kunna binda så mycket kol som möjligt (Svensk kolinlagring, u.åa). Att öka mångfalden i odlingarna kan även gynna motståndskraften mot skadedjur, och i vissa fall även minska riskerna för att jorden ska påverkas negativt av väderförhållanden såsom starka vindar (Naturvårdsverket, 2022). På den frivilliga marknaden för kolkrediter finns det möjligheter för privatpersoner och företag att investera i kolsänkande åtgärder inom jordbruket. På samma gång är det även möjligt för lantbrukare att, inom sin egen verksamhet, reducera sin klimatpåverkan genom att lagra kol i sina åkrar och betesmarker (Svensk Kolinlagring, u.åb).

3.4.2.4 Våtmarker i kustnära områden

Kustnära våtmarker, saltvåtmarker, är ett tidigare nämnt exempel på en naturbaserad lösning som kan medföra ett högt upptagande och lagrande av kol, i sammanhanget kallas de ”blåa kolsänkor” (Fewins, 2022). Typisk vegetation såsom sjögräs bäddar spelar också en viss roll i att fungera som biologisk kolsänka, vilka har en stor årlig tillväxt (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023). Vålgörehetsorganisationen Wetfowl and Wetlands Trust presenterar i sin rapport Wetlands for Carbon Storage förslag på våtmarker som borde bevaras och eller skapas, längs med stora delar av Storbritanniens kuster. Genom att införa rätt förutsättningar för en marknad i vilken privatpersoner och företag kan köpa kolkrediter, öppnas det även upp möjligheter för att genomföra fler projekt i bland annat kustnära områden (Fewins, 2022). Ett projekt som är avsett att fungera som blå kolsänka är Climate Impact Partners arbete med kustnära ekosystem i östra Afrika. Projektet finansieras av den privata

sektorn som en form av klimatkompensation, och handlar huvudsakligen om återställande plantering av mangroveträd i en saltvattenbukt vid Kenyas kust, vilket både avses vara positivt gällande upptag av utsläpp, samt socialt hållbart för den lokala befolkningen (Climate Impact Partners, u.åa).

3.4.2.5 Skogslandskap

Bevarande, återskapande, samt utökande av skogsmiljöer är också en form av naturbaserade lösningar. I Sverige utgör skogslandskapet en betydande del av landytan, och har en stor betydelse för en rad olika ekosystem som bidrar med olika typer av tjänster. Inom skogen hålls mängder av mat och näring för många djurarter, insekter och växter, och skogen utgör även en viktig källa för pollinering. Ekosystemtjänsterna på samhällsnivå är bland annat minskade risker för översvämningar, erosion och jordskred, samt bevarande av grundvattennivå, normala temperaturer och en viss reduktion av föroreningar. Det finns utöver ekosystemtjänsterna ett flertal användningsområden för skogen, som utvinning av bioenergi och träråvaror (Naturvårdsverket, 2022). Läs mer om hur trädens koldioxidupptag och klimatverkan fungerar i kommande avsnitt 3.4.3.1. Skogslandskapet är en av de klimatlösningar som naturligt kan kombineras med andra typer av landskap som i sig också utgör kolsänkor. Exempel är våtmarker och jordbrukslandskap, över vilka skog kan planteras och bidra med ytterligare ekosystemtjänster (Naturvårdsverket, 2022).

Plantering av skog i sammanhanget naturbaserade lösningar handlar om att återplantera skog på ytor där befintlig skog tidigare har funnits, eller områden med obeskogad mark där lokal natur och samhälle kan gynnas av att nya skogslandskap utvecklas (Zeromission, 2021). Återställande av skog är framför allt en åtgärd som genomförs för att i så stor mån som möjligt kunna dra nytta av de många fördelar och ekosystemtjänster som skogen bistår med, genom återbeskogningen kan ekosystemens funktioner återfås samtidigt som att människor som lever i områden utsatta för avskogning kan få tillbaka ett tillstånd av välbefinnande (Cohen-Shacham, Walters, Janzen, & Maginnis, 2016). Principen för projekttypen är att skogen ska ha ett högre värde som kolsänka och dessutom kunna tillföra ekosystemtjänster, i stället för att träden avverkas och blir till exempelvis virke (Zeromission, 2021). Det gäller även att planteringarna tar hänsyn till vilka arter som odlas, eftersom mångfald och lokala trädarter kan påverka ekosystemen genom att i grunden vara anpassade till de lokala och miljömässiga förutsättningarna (Zeromission, 2023a). Ytterligare en följd av skogslandskap, präglade av mångfald, är att dessa har en större förmåga att ta upp och lagra koldioxid. Uppskattningsvis kan 70 procent mer kol lagras i en blandad skog än i en oblandad (Nature-Based Solutions Initiative, 2023). I Sverige innebär detta vidare att en blandning av områdestypiska lövträd och barrträd är optimalt för att få större mängder biomassa, en större kolsänka samt fler ekosystemtjänster (Naturvårdsverket, 2022).

Återställande av skogslandskap världen över, har värderats kunna ge utsläppsminskningar om ett till tre miljarder ton koldioxid per år ifall omkring 350 miljoner hektar av tidigare avverkad skog återplanteras (Cohen-Shacham, Walters, Janzen, & Maginnis, 2016). Detta kan vidare jämföras mot världens totala utsläpp med fossilt ursprung – cirka 35–40 miljarder ton koldioxid per år (SOU, 2020:4).

Genomförandet kan vara komplext och kräva större resurser gällande planering, tillsammans med den generella projektöverblicken, i vilken betydande aspekter såsom mångfald, plats, lokala förutsättningar, samt sociala och framtida perspektiv bör inkluderas (Di Sacco et al, 2021).

Utöver projekt och verksamhet som aktivt ägnar sig åt planteringar, finns det en lag i Sverige, Skogsvårdslag (1979:429), som föreskriver att skogen ska betraktas som en nationell tillgång och förnybar resurs. Skogsmark ska förvaltas och hållas produktiv, och får till exempel inte stå outnyttjad utan måste återplanteras och förses med åtgärder som är till nytta för återväxt och utveckling av skogen (Sveriges Riksdag, u.å). Ett företag som huvudsakligen arbetar med klimatkompenserande åtgärder i Sverige, i form av just skogsplantering, är Klimatskoga, vars fokus bland annat ligger på att göra Sverige som land, mindre beroende av klimatkompensationer i andra länder, och att tänka cirkulärt kring trädens fulla livscykel (Klimatskoga, u.åb). Åtgärderna innebär att lövträd, främst en förädlad pilträdsart, planteras på outnyttjad mark som inte används, bland annat inom jordbruket. Trädarten är avsedd att vara särskilt snabbväxande, vilket leder till att koldioxid kan bindas extra fort, uppskattningsvis mellan fem och tio gånger snabbare än trädsorterna gran och tall, under de första tio åren (Klimatskoga, u.åd). På lång sikt, efter att träden avverkats, omvandlas biomassan till biokol, och på så vis utgör produkten en form av långtidslagring, vilket neutraliserar koldioxidutsläppen (Klimatskoga, u.åc).

3.4.2.6 NBS-projekt

Exempel på en organisation som jobbar med att driva projekt som fokuserar på naturbaserade lösningar, bland annat avseende skogslandskap, är Climate Impact Partners, som världen över arbetar med olika varianter av naturbaserade lösningar. Exempel på genomförda eller pågående projekt, presenterade på organisationens egen hemsida är (Climate Impact Partners, u.åb):

- Återbeskogning i Nicaragua – mindre aktörer och bönder använder outnyttjade ytor av sin mark till att plantera skog, vilket ska bidra till att öka en biologisk mångfald, minska effekterna av klimatförändringar, ökade arbetstillfällen samt förbättrad lönsamhet.
- Återbeskogning i Guatemala – projektet innebär större planteringar av gummiträd, vilka kan förvaltas och nyttjas av lokalbefolkningen som vidare kan sälja gummiprodukter. Vid slutet av trädens livslängd kan de användas till träprodukter såsom möbler, vilket innebär en långvarig lagring av koldioxid. Marken som används är bland annat inom områden som tidigare överexploaterats, vilket lett till en avsevärd minskning av den naturliga växtligheten.
- Skydd av regnskog i Indonesien – i detta projekt skyddas tropiska skogar, i områden där det funnits planer på att omvandla marken till palmolja-planteringar. Fokus ligger även på att bevara mångfald och att bidra till en hållbar utveckling inom lokala samhällen.

En aspekt betraktad som viktig i sammanhanget är även de sociala värdena och perspektiven. I omfattande projekt avsedda för bevarande eller plantering av skog finns

det stora antal intressenter, som alla behöver engageras för att krav och mål inom bland annat samhälle, mångfald och koldioxidupptag ska kunna uppnås. Bland annat är det lokala projektdeltagandet en kritisk faktor som behöver tas i beaktning för ett fungerande projekt. Engagemang och nivån på satsningar kan förändras med tiden, såväl som exempelvis sociala förutsättningar lokalt, vilket också ställer krav på att projektet tar hänsyn till samhällliga frågor på den plats som arbetet sker (Di Sacco et al, 2021).

3.4.3 Storskalig trädplantering

Träd och skog har, utöver många andra funktioner nämnda i rubrik 3.4.2.5, en viktig funktion som kolsänka (Naturvårdsverket, 2023b). Växtlighet tar upp koldioxid från atmosfären och omvandlar samt binder det i sin biomassa via fotosyntes (Fransson, Gustafsson, Malmberg, & Paulsson, 2020). Plantering av nya träd anses som en viktig åtgärd för att hantera koldioxidutsläpp globalt (SLU, 2023a) och konstateras i en artikel av Zeromission, som en av de mest väsentliga och tillgängliga metoderna som finns för kolinlagring i stor skala (Zeromission, 2023b). Trädplantering är en vanligt förekommande åtgärd betalda av företag som vill kompensera för egenorsakade utsläpp. Speciellt vanligt är att sådana projekt implementeras i utvecklingsländer (Utsläpps rätt.se, u.å).

Trädplantering kan även, tidigare nämnt, vara en form av Nature-Based Solution (NBS) med fokus på återbeskogning av mark där skog tidigare funnits eller plantering i syfte att bidra till natur- och samhällsnytta lokalt (Zeromission, 2021), se avsnitt 3.4.2.5. Storskalig skogsplantering beskriven i detta avsnitt, har skogens funktion som koldioxidsänka som huvudsyfte där projekten initieras för att kompensera växthusgasutsläpp på annan plats (Utsläpps rätt.se, u.å). NBS-projekt med skogsplantering har större fokus på skapandet av livsmiljöer som är funktionellt mångsidiga och som bistår med tjänster ur ett långsiktigt perspektiv parallellt med skyddande av biologisk mångfald (Greenwood & Vasiliev, 2022).

3.4.3.1 Trädens koldioxidlagring

Hur stor lagringskapacitet träd har, varierar med trädart och planteringsplats. Träd som innehåller mindre mängd vatten och utgörs av en tät massa, binder i regel större mängd koldioxid då koldioxiden lagras i trädets torra massa. Lagringsförmågan varierar även med den klimatzon och jordmån trädets planteras i. I sydligare breddgrader kan träd växa med tio gånger så hög hastighet som på de norra delarna av jorden. Kolfixering i norr sker främst vid temperaturer runt 15–20 grader Celsius. Upp till 95 procent av fotosyntesprocessen sker under sommaren och är närmare obefintlig vid minusgrader (Zeromission, 2023b).

Även trädets vikt och ålder spelar in gällande koldioxidupptag. Ett träd med en genomsnittlig ålder på 35 år kan binda omkring 25 kilogram koldioxid årligen, men det kan variera mellan omkring tio och 40 kilogram per år. Forskning som gjorts gällande vilken ålder som är den mest optimala, ur ett koldioxidbindande perspektiv, pekar dock åt olika håll då yngre träd har högre tillväxthastighet men äldre består av en mer tät trämassa. Förslag som tas upp av Zeromission är att både premiera bevarandet av äldre

befintlig skog och ny plantering av skog på mark som avskogats eller där det inte funnits skog sedan innan (Zeromission, 2023b).

Gällande kolbalansen i skog har även skötseln av skogen påverkan. Mer koldioxid tas upp då skogen planterats med, så kallade, agroforestry-metoder. En sådan metod innebär ofta plantering av olikartad växtlighet som, i motsats till monokulturer, får fördelaktiga synergieffekter genom att den olika växtligheten kan hjälpa varandra. Detta kan exempelvis ske genom plantering av marktäckande grödor som hjälper den övriga växtligheten genom att öka dess förmåga att hindra koldioxidutsläpp (Zeromission, 2023b).

3.4.3.2 Andra aspekter gällande trädplantering

En aspekt som under de senaste åren lyfts av ett flertal forskningsartiklar är att plantering av skog måste ta hänsyn till rätt träd på rätt plats. Plantering av fel sorts träd kan innebära effekter som minskade mängder grundvatten och vattenflöden, förlust av jordens uråldriga savann- och gräsmark och med det förlust av den biodiversitet de möjliggör (Ratnam, 2020). Ännu ett fenomen som lyfts är den så kallade albedoeffekten (Naturskyddsföreningen, 2021c) som kan uppstå i och med bland annat skogsplantering (Ratnam, 2020). Effekten syftar till att en ytas färg reflekterar olika stor mängd ljus (Naturskyddsföreningen, 2021c) vilket innebär att om en yta täckt av skog tidigare bestod av mark i ljusare kulör har skogens mörkare färg en lokalt värmande effekt då den tar upp mer värme. På så vis motverkas klimatnyttan i form av skogens koldioxidupptag (Ratnam, 2020). Med rätt plantering kan dock den motsatta effekten uppnås, skog kan alltså genom biofysiska processer minska lokal uppvärmning. Det konstateras därför av forskaren Congbin Fu, Nanjing University, att skogsplanterings bieffekter nog måste utvärderas med hänsyn till regionalt klimat och ekologiska förhållanden, innan dess att skogsplantering i stor skala genomförs (Fu, 2020).

Ännu en aspekt gällande skogsplantering är plantering av så kallade monokulturer. Monokulturer innebär plantering av endast en sorts gröda, vanligtvis en gröda med hög förväntad avkastning, och är idag det dominerande odlings sättet på åkermark. Plantering av endast en sorts växtlighet kommer med ett flertal osäkerheter (Rüegg, 2021). En plantsort har sina specifika funktioner och egenskaper vilket gör att de blir ett enkelt mål för specialiserade skadedjur. Detta utgör ett hot mot storskaliga plantager vilket gör planterarna beroende av bekämpningsmedel och gödningsmedel (Schöb, 2018). Stora monokulturer kan också innebära fara för den biologiska mångfalden och bidra till svenskförsämrade ekosystemtjänster (Peiseler & Rüeggsegger, 2022). En blandad växtlighet ger i stället upphov till ett rikare ekosystem (Rüegg, 2021) och producerar dessutom mer biomassa (Schöb, 2018) vilket är fördelaktigt ur ett kolbindande perspektiv eftersom det är i den, som koldioxiden binds (Zeromission, 2023b). Som nämnt under rubrik 3.4.2.5, uppskattas en blandad skog lagra omkring 70 procent mer kol än en oblandad (Nature-Based Solutions Initiative, 2023).

3.4.3.3 Trädplanteringsprojekt

Stort fokus har legat på trädplantage i utvecklingsländer med motivering att de inte bara bidrar till koldioxidupptag, utan även till en hållbar utveckling lokalt i länderna. Ett

flertal svenskmarknadsförda projekt har uppförts i länder i Afrika vilka framställs, utöver minskade utsläpp, ge nytta i form av bättre levnadsstandard för lantbrukare lokalt. Enligt Sveriges lantbruksuniversitets, SLU(s), genomförda forskning kring den typen av åtgärd och marknadsföring, konstateras problematik och osäkerheter. De förklarar bland annat att konflikt kan uppstå i samband med val av trädsort och storlek på plantage i förhållande till vad lokala bönder skulle föredra (SLU, 2023a).

SLU har i ett av sina projekt undersökt ett trädplanteringsinitiativ i Uganda. Planteringen gjordes på initiativ av ett norskt företag med timmerproduktion som ursprungssyfte. Ytterligare projektsyften var att främja hållbar utveckling lokalt genom minskad avskogning och skapande av arbetsmöjligheter. Projektet certifierades som ett så kallat Clean Development Mechanism (CDM)-projekt och koldioxidkrediter såldes i samband med planteringen. Utsläppsminskningar köps av bland annat Energimyndigheten i Sverige och landet tillåts räkna in dessa i arbetet mot de globala överenskommelser som gjorts gällande minskning av utsläpp. SLU:s studie av projektet genomförs i ljuset av tidigare studiers resultat vilka kommit fram till att liknande projekt ofta grundar sig i bristfällig och generaliserad kunskap gällande naturlig beskogning på planteringsplatsen. Även att de genomförs utifrån en förenklad uppfattning om den lokala befolkningens samspel med närmiljön. I resultat av SLU:s studie konstateras bland annat att det initialt beräknade koldioxidupptaget hade överskattats och att projektet hade bidragit med ett flertal negativa effekter lokalt, vilket drabbade främst fattiga hushåll och kvinnor. De kom även fram till att det, för det norska företaget, var svårt att styra projektet på det vis de önskat och även att det var svårt för den svenska Energimyndigheten att kravställa åtgärder för en förbättring av befolkningens förhållanden, till följd av lokala faktorer i Uganda (SLU, 2023b). Som följd av resultatet initierades ytterligare ett projekt av SLU vilket utmynnat i utvecklande av ett verktyg som nu hjälper till att integrera lokala sociala faktorer och undvika missbedömning av potentiellt koldioxidupptag, i och med trädplantering inom låginkomstländer. Detta för att främja dels en konsumtion av utsläppsrätter i Sverige som är mer hållbar, dels en maximal social nytta i samband med trädplanteringsprojekt (SLU, 2024).

3.4.4 Biokol

Biokol är, kort beskrivet, en porös förkolnad biomassa. Biomassan har egenskaper som god vatten- och näringshållande förmåga, och den har även mikroskopiska sprickor och porer som utgör en trivsamt livsmiljö för mikroorganismer. Det framställs från organiskt material som under sin livstid tar upp och lagrar koldioxid i form av kolhydrater inbunden i dess biomassa. I stället för att låta materialet förmultna alternativt förbrännas och återigen släppa ut koldioxiden till atmosfären omvandlas det, genom pyrolys till en fortsatt lagrande källa - biokol. Förkolningsprocessen, pyrolys, innebär i enkelhet att organiskt material kontrollerat bryts ned och förkolnas under syrefria förhållanden och vid en temperatur på 350–1000 grader Celsius (Fransson, Gustafsson, Malmberg, & Paulsson, 2020). I samband med pyrolysisprocessen bildas också värme som kan användas vid produktion av fjärrvärme (Energimyndigheten, 2021).

Beroende på typ av organiskt material och vilka pyrolysförhållanden som råder fås olika egenskaper i biomassan vilket därav möjliggör olika användningsområden. Vid lägre

pyrolystemperaturer får biomassan en struktur med många så kallade meso- och makroporer. En sådan massa kan, vid inblandning i jord, öka jordens vattenhållande kapacitet och på så vis göra odlingsmarken rik på växttillgängligt vatten. Odlingsmark och jord kan även bli rika på lättillgängligt vatten genom inblandning av biokol som inte har någon egen god vattenhållande kapacitet. Genom tillförseln av biokol förbättras aggregeringen och fler aggregat, specifikt kemiskt stabila sådana, innebär ytterligare mesoporer. Biokol har även ofta en god näringshållande kapacitet och i kombination med den vattenhållande, förbättras tillgången till både näring och vatten. Detta innebär bättre förutsättningar för odling av växter då de enklare kan etablera sig och växa i miljöer som vanligtvis är torkutsatta. Sådana marker kräver därmed mindre bevattning och gödsling, och odlingen blir mindre regnberoende samt får en friskare tillväxt. Detta är framför allt hjälpsamt i urbana miljöer med begränsad jordvolym och begränsad tillgång till grundvatten och är därför idag en utvecklad och väl använd teknik inom urban plantering i Sverige. Ytterligare en positiv effekt som kommer med inblandning av biokol är att jordmassan kan agera renande. Biokolet har en hög, så kallad, katjonutbyteskapacitet vilket innebär att den enkelt kan binda joner. Detta inkluderar även joner i form av tungmetaller vilket gör att vatten innehållande dessa, renas i kontakt med jordmassan. Genom användning av biokol i exempelvis urbana växtbäddar minskas mängden föroreningar i det avrinningsvatten som passerar jordbädden och på så vis minskas risken för övergödning i mottagande vattendrag (Fransson, Gustafsson, Malmberg, & Paulsson, 2020).

3.4.4.1 Biokol - kolsänkande effekt

Som tidigare nämnt, har biokol en kolsänkande effekt i och med att det organiska materialets koldioxid fortsätts lagras i det förkolnade materialet, i stället för att släppas ut i atmosfären. Biokol är stabilt i sin kemiska form och har en uppskattad halveringstid på 150–5000 år. Därav anses den fungera som en kolsänka och har, sett från ett 100-årsperspektiv, en potentiell effekt på cirka två och ett halvt ton koldioxid för varje ton biokol. Enligt FN:s klimatpanel, IPCC, klassas det därför som en form av Negative Emission Technology (Fransson, Gustafsson, Malmberg, & Paulsson, 2020).

Trots den uppskattade halveringstiden på 150–5000 år sker dock alltid en viss nedbrytning av biokolet. Detta inträffar på tre olika vis, antingen genom att organiska föreningar, kol exponerat på ytan eller inre stabilt kol, bryts ned. Den förstnämnda är den snabbaste processen och innebär en direkt frigörelse av koldioxid. De andra två är långsammare processer men bidrar även de, med en frigörelse av kol. Det finns även en risk med användning av biokol i organiska jordar. Där kan nedbrytning av det redan existerande kolet i jorden stimuleras, både genom den kalkande effekt biokolet har och även genom att biokolet gynnar livsmiljön för mikroorganismer (Fransson, Gustafsson, Malmberg, & Paulsson, 2020).

Enligt Energimyndighetens publikationer är det, för betraktande av biokol som ett permanent lagringsalternativ av koldioxid och en form av negativt utsläpp, biokolets stabilitet som hamnar i fokus. AFRY är ett företag som studerat just detta och förklarar i deras publikationer att biokolets stabilitet varierar beroende på ursprungligt biologiskt material, pyrolysprocess och tillämpat användningsområde. Studier har visat på att cirka

70 procent av biokolet, med ursprung i GROT (Energimyndigheten, 2021), biomassa i form av grenar och toppar (Skogskunskap, 2020), förväntas kvarstå längre än 200 år och att nedbrytningsmekanismers hastighet avtar med tidens gång. Baserat på stabilitet, i jämförelse med andra kolsänkande alternativ som tas upp i statens offentliga utredningar SOU 2020:4, anses därför biokol fungera som kolsänka då kolets omloppstid mäter sig med andra förslag i utredningen (Energimyndigheten, 2021).

Frågan om biokols bidrag till negativa utsläpp undersöks i en studie av Granström (2018). I studien genomfördes en jämförande livscykelanalys av klimatpåverkan för utnyttjande av svensk biomassa, GROT, i form av biokol inblandat i jordbruksmark och i bio-CCS-syfte - två metoder som anses bidra med negativa utsläpp. Båda teknikerna jämfördes även med scenariot då GROT förbränns i kraftvärmeverk för produktion av fjärrvärme och el, utan hantering av koldioxidutsläpp vid förbränning. Resultat i rapporten visar på att bio-CCS i samtliga undersökta fall bidrar med negativa utsläpp, vilket användning av biokol inte gör. Vidare redovisas att bio-CCS har ett dubbelt så stort potentiellt negativt utsläpp per ton GROT jämfört med vad biokol har. Båda metoderna konstateras dock ha potential att bidra med negativa utsläpp men att mängden, till stor del, beror på klimatpåverkan från produktion av den fjärrvärme och el som ersätter den bortfallna, i jämförelse med förbränning av GROT i kraftvärmeverk utan bio-CCS eller biokol-syfte (Granström, 2018). Resultatet kommenteras, i publikation från Energimyndigheten, som väntat. Detta då man vid förbränning av GROT i biokol-syfte endast utnyttjar en del av biomassan för produktion av värme och el, medan man i jämförande fall med bio-CCS-teknik genomför en fullständig förbränning där biomassan utnyttjas mer resurseffektivt i det syftet. Slutgiltig bedömning enligt publikation av Energimyndigheten, är att nyttan, ur ett system- och miljömässigt perspektiv är störst vid användande av biokol som ersättning av fossila produkter och inte som kolsänka (Energimyndigheten, 2021).

Ytterligare en svensk-baserad studie undersöker klimatpåverkan från produktion och användning av biokol i jämförelse med klimatpåverkan från konventionell förbränning och produktion av el- och fjärrvärme. Resultatet av studien, presenterat i publikation av Energimyndigheten, visar på att pyrolysis, för produktion av biokol, är bättre miljömässigt än konventionell förbränning förutsatt att den tillkommande el- och fjärrvärmeproduktionen är förnybart producerad (Energimyndigheten, 2021).

LFM30:s beräkningsmetod för biokol

Enligt LFM30 tillåts biokol användas som en form av återbetalningsmetod för att klimatkompensera i byggprojekt. Biokolets användning räknas som negativa utsläpp och kan implementeras genom inlagring under fastigheten eller på geografiskt nära plats samt vid jordyta runt växtlighet på fastighet eller närliggande fastigheter. Det kan även via externa köp blandas in i jordmassa på jordbruksmark (Holmgren & Erlandsson, 2022).

I LFM30:s beräkningsmall för återbetalningsplan ges exempel på beräkning av biokolets kolsänkande effekt. Beräkningsexemplet anges vara generiskt representativt men det konstateras att beräkningen måste göras projektspecifikt då biokolets kolsänkande effekt kan variera bland annat beroende på andel biokol i jordmassa. Information som krävs för

beräkning är volym jordmassa [m^3], andel biokol i jordmassa [%], biomassans densitet [kg/m^3] och värde på hur stor kolsänka biokolet ger per mängd implementerad biokol [kg kolsänka/ kg biokol]. Beräkning sker enligt nedan och ger resultat i enheten [kgCO_2e] vilket då är det negativa utsläppet (LFM30, 2023).

Kolsänkande effekt [kgCO_2e] = $V(\text{jordmassa}) \times \text{andel biokol} \times \rho(\text{biokol}) \times \text{biokolets kolsänkande effekt}$

Detta innebär att en jordmassa på 1000 kubikmeter med en inbladning på 15 procent biokol har en kolsänkande effekt på 77 700 kgCO_2e , då biokolets densitet respektive kolsänkande effekt är 200 kg/m^3 och 2,59 kg kolsänka/ kg biokol. För att sätta mängden i kontext innebär detta ett jordlager på cirka 15 cm på en yta av en fotbollsplan (65x105m), där cirka två cm utgörs av biokol. Den kolsänkande effekten kan ställas i förhållande till LFM30:s gränsvärde för klimatpåverkan för kontorsbyggnader på 270 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ljus BTA. En byggnad med en ljus BTA på 3000 kvadratmeter kan således räkna in en negativ påverkan på $77\,700/3000 = 25,7$ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ljus BTA.

3.4.4.2 Biokol – marknad

I Europa produceras cirka 20 000 ton biokol årligen på 72 olika anläggningar. Sverige är, enligt European Biochar Industry Consortium (EBI), den andra största producenten inom EU, men erhåller ingen statistik för samlad produktion. Enligt publikation av Energimyndigheten uppskattas dock den årliga produktionen vara omkring 1500 till 3000 ton (Energimyndigheten, 2021).

Det främsta användningsområdet av biokol idag är i jordförbättrande syfte. Det är alltså i detta syfte en redan kommersiellt utvecklad produkt och denna användning har även indirekt en kolsänkande effekt. Energimyndigheten förklarar dock att kunskap kring denna typ av användning, anses delvis bristfällig då dess funktion varierar med geografiska olikheter, speciellt i en tempererad plats som Sverige. Enligt statens offentliga utredning, SOU2020:4, undersöks ett räkneexempel där två miljoner ton koldioxid, år 2030, ska hanteras enligt bio-CCS-teknik. Om en tiondel av detta skulle lagras i form av biokol innebär det en biokolproduktion på 54 000 ton, vilket skulle kräva elva storskaliga produktionsanläggningar. Mängden biokol skulle även innebära en volym lika stor som en fotbollsplan med 30 meter i höjd (Energimyndigheten, 2021).

I och med småskaliga biokolsanläggningar med produktionssyftet jordförbättring och den medföljande nyttan i form av kolsänka, är tekniken, tidigare nämnt, redan kommersiellt utvecklad. Enligt publikation av Energimyndigheten innebär dock avsättning gällande större produktion och funktion som kolsänka, en osäkerhet. Det konstateras att om biokol ska innebära en stor nytta gällande negativa utsläpp, i jämförelse med andra negativa utsläppsåtgärder, behövs stora volymer produceras och deponeras (Energimyndigheten, 2021).

”Klimatklivet” är ett investeringsstöd som har som mål att stödja åtgärder som syftar på att minska utsläppen av växthusgaser i Sverige (Länstyrelsen, u.å). De har produktion och användande av biokol som ett av deras högt prioriterade investeringsområden. År

2022 beviljades ett flertal biokol-projekt stöd, däribland Nordvästra Skånes Renhållnings AB (NSR) som investerat i tillämpning av pyrolysprocess i deras existerande anläggning i Helsingborg. I nuläget omhändertar anläggningen omkring 20 000 ton växtligt avfall årligen som dels behandlas och inblandas vid skapande av olika jordkvaliteter, dels eldas upp för användning som bränsle. Med pyrolys som en del av processen kan biokol bildas vilket enligt en projektledare och miljökonsult på bolaget, innebär ett större resursutnyttjande av växtavfallet. Enligt Naturvårdsverket är efterfrågan på biokol stor och produkten påstås ha flera olika användningsområden, utöver jordförbättring. Projektledare på NSR nämner bland annat en pågående diskussion gällande inblandning av biokol i betongprodukter för framställning av ett klimatneutralt byggmaterial (Naturvårdsverket, 2023a).

3.4.4.3 Biokol i initiativet LFM30

I intervju med Andreas Eggertsen Teder² i LFM30, nämns biokol som en investering vilken kan ge många nyttor samtidigt. Mervärden som kan möjliggöras handlar enligt Eggertsen Teder bland annat om att kunna generera bättre växtvillkor, både i stadsmiljö där träden är förhållandevis viktiga och i jordbruksmark där ett flertal nyttor kan utbringas. Att enbart använda produkten som en åtgärd som ska generera negativa utsläpp, genom att exempelvis lägga biokolet under husgrunden, betraktas av Eggertsen Teder som ineffektivt eftersom den fulla potentialen och alla värden inte utnyttjas. Vid användandet av biokol är en betydande faktor även vilken typ av biomassa som kolet producerats av. Lokalt finns det leverantörer som framställer biokol från biomassa som genererats i jordbruket. Eggertsen Teder menar att det biokol som producerats med det skånska jordbruket som råvarukälla, har större kapacitet till att möjliggöra nämnda mervärden, än den typ av biokol som tillverkas inom exempelvis skogsindustrin.

Eggertsen Teder, berättar vidare om målgränsvärdena som används gällande maximala utsläpp för olika byggnadstyper. Deras metodik innebär att utsläpp från byggnationen ska balanseras upp, vilket är utmanande med biokol, då det krävs stora volymer för att helt balansera utsläppen. Det är även av betydelse att det finns en medvetenhet om att olika biokolprodukter har olika stor potential till negativa utsläpp, samt att det finns EPD:er för att säkerställa vilken kolsänkande effekt biokolet ger. I dagsläget används ett generellt värde för biokolet i det beräkningsverktyg som LFM30 använder, för att ge en indikation på dess effekt, men som kan ändras efter projektspecifik användning av biokol. För att komma i gång med arbetet för de negativa utsläppen, som exempelvis handlar om biokol, tror Eggertsen Teder att revideringar kommer göras avseende åtgärden i initiativets nästa version behandlande metod för klimatbudget, version 1.8. Detta bland annat för att minska den tröskel som dagens metod innebär, gällande att klimatbalansera samtliga utsläpp inom en snar framtid, i stället för att minska utsläppen med tiden, steg för steg.

Vid besvarandet av en fråga avseende dagens användning av biokol som klimatkompensation inom LFM30, förklarar Eggertsen Teder att det gjorts teoretiska studier för dess potential, men att det kopplat till initiativet ännu inte genomförts ett

² Andreas Eggertsen Teder, hållbarhetsexpert och arkitekt på White Arkitekter samt medverkande i arbetsgrupp tre Design, process och klimatkalkyl i LFM30. Intervju 8 mars 2024.

projekt i vilket biokol använts som balanseringsåtgärd. Han förklarar även att det har kunnat konstateras att marknaden ännu är omogen, att det krävs större mängder biokol för att få effekt och att ännu en svårighet är att produkten är relativt kostnadsdrivande. Avslutningsvis beskriver Eggertsen Teder att för att biokolet ska användas i större utsträckning, vilket är något som förväntas framåt inom LFM30, krävs dels en betalningsvilja vilken måste utredas, dels att produktionen skalas upp. Ytterligare problematik beskrivs ligga i, att det lokalt i Skåne, inte finns tillräckligt med biomassa för att möta den förväntade efterfrågan i framtiden.

3.4.5 UN Carbon Offset Platform

En åtgärd som också i viss mån används som klimatkompensation är bland annat investeringar i tekniska lösningar som innebär direkta utsläppsminskningar. Förenta nationerna har i sitt ramverk för arbetet med klimatförändringarna infört en digital plattform – United Nations Carbon Offset Platform. Projekten som finns tillgängliga att investera i genom plattformen, är samtliga certifierade genom UNFCCC (United Nations Framework Convention for Climate Change), och majoriteten är lokaliserade i utvecklingsländer. Genom projekten kan krediter köpas och säljas, så kallade CER, Certified Emission Reductions, det vill säga certifierade utsläppsminskningar (United Nations, u.åc). CER är en del av Förenta nationernas system CDM, se avsnitt 3.1.1 (United Nations, u.åf). Projektets kolsänkande effekt anges i en mängd CO₂-ekvivalenter och beroende på investeringens omfattning anges hur många CER som köps. En CER motsvarar ett ton CO₂e (United Nations, u.åc). Enligt konventionens hemsida registreras alla kompensationer i en databas i enlighet med Kyotoprotokollet (United Nations, u.åe). Prioriteringarna ligger enligt FN:s konvention primärt på att egna åtgärder ska införas inom den verksamhet som är tänkt att kompenseras för, och att resterande utsläpp kan kompenseras genom kompensationsplattformen. Genom detta är systemet med andra ord skapat för att användas i syftet att klimatkompensera, och CER-krediterna har på så sätt en egen marknad genom att först genereras i samband med ett projekt, för att sedan kunna köpas av privatpersoner eller företag (United Nations, u.åf).

Den största delen av kompensationerna avser reduceringar och undvikande av utsläpp, och utöver detta finns det även projekt som bidrar med infångning av koldioxid, som exempelvis återställande åtgärder för skog. För minskningar och åtgärder som leder till ett undvikande av utsläpp gäller det bland annat att fossila energikällor byts ut mot förnybara, samt att energieffektiviseringar blir prioriterade. På samma gång som investeringarna ska bidra till en minskad klimatpåverkan ska de även ge förutsättningar för bättre levnad, främst lokalt vid platsen där åtgärderna införs (United Nations, u.åf). Vidare finns det därmed, utöver projekt som är specifikt avsedda för utsläppsminskningar, även projekt i vilka sociala och samhällsliga förbättringar står i fokus, bland annat rörande utbildning, välfärd, hälsa, säkerhet och arbetstillfällen (United Nations, u.åc). Processen föreskrivs av FN att ske i tre steg, vilka dessutom ska ske löpande. Mätningar och beräkningar genomförs avseende klimatavtryck, vilket följs av reduceringar och undvikanden av utsläpp inom verksamheten, för både privatpersoner och företag. För de utsläpp som därefter inte går att undvika eller minska kan klimatkompenserande åtgärder införas, det vill säga köp av CER-krediter (United Nations, u.åf).

Exempel på projekt, som genomförs genom kompensationsplattformen, är utökande av vindkraft i länder som Korea, Indien, Kina och Filippinerna och vattenkraftsprojekt i till exempel Bhutan och Kina. Det finns även ett flertal fall där investeringar görs i solenergi, där flera platser i Indien förekommer som möjliga investeringar. Projekt, i vilka huvudfokus läggs på andra satsningar än förnybara energikällor, är exempelvis införandet av effektivare och säkrare spisar och eldstäder i bland annat Ghana och Malawi. Detta till följd av, på platsen, vanligt förekommande problem som till exempel föroreningar inomhus, däribland kolmonoxid. Det innebär även en minskning av energibehovet och kan till viss del motverka avskogning som sker i bränslesyfte. Ytterligare exempel rör åtgärder för förbättrad avfallshantering. Där genomförs investeringar i syfte att motverka förbränning av avfall och i stället utveckla möjligheten för kompostering, som vidare kan vara till nytta inom jordbruket (United Nations, u.åb).

3.4.6 Klimatkompensationer och dess tillförlitlighet

Användning av klimatkompensation, även ibland kallat klimatfinansiering, kan för företag innebära både ett bidragande till den globala omställningen samtidigt som det ger företaget en positiv image. För att både företag och privatpersoner ska kunna säkerställa att investering i olika åtgärder faktiskt skapar klimatnytta, krävs noga studie av de projekt som ska fungera i klimatkompenserande syfte. Exempelvis studeras, tidigare nämnt, dess additionalitet, alltså att projektet inte skulle genomförts oberoende av de pengar som investerats i klimatkompensations-syfte. De studeras även utifrån, ett så kallat baseline-scenario, som jämför projektet med den situation som skulle vara om projektet inte initierats. Närmare bestämt, undersöks det hur många koldioxidekvivalenter som förhindras från att släppas ut genom projektet. Klimatnyttan som projektet bedöms bidra med, kvantifieras och omvandlas därefter till utsläppskrediter som kan köpas. För att säkerställa att projektet faktiskt bidrar med bedömd klimatnytta, föreslås det köp av utsläppskrediter i projekt som är certifierade av bland annat certifieringsorganen VSC, Gold Standard eller CDM (AtmozConsulting, 2024). Några grundkriterier som används vid bedömning av klimatfinansieringsprojekt i olika avseenden är additionalitet, verifierbarhet och spårbarhet, samt beständighet, vilka beskrivs närmare i delavsnittet nedan (AtmozConsulting, 2024). Detta följs av avsnitt som rör andra aspekter som kan ha betydelse för klimatkompensationernas tillförlitlighet.

3.4.6.1 Grundkriterier

Additionalitet, beskrivs som det viktigaste kriteriet och finns med som princip i Parisavtalet. Additionalitet visar på att projektet inte skulle påbörjats utan klimatfinansiering. Om kriteriet inte uppfylls innebär det att investeringen inte gör någon extra klimatnytta utan att den endast betalar för en åtgärd som hade utförts ändå (AtmozConsulting, 2024). I rapporten Genomlysning av klimatkompensation av Konsumentverket, beskrivs additionaliteten som en parameter vilken kan variera beroende på projekttyp. I regel, gäller det att projekt som visar på en mycket tydlig additionalitet, har ett bristande bidrag till miljömässig, social samt ekonomisk hållbar utveckling, och vidare gäller det tvärtom, det vill säga att projekt med mindre tydlig

additionalitet inte sällan bidrar i större utsträckning till den hållbara utvecklingen (Konsumentverket, 2020).

Ytterligare ett grundkriterium är verifierbarhet och spårbarhet. Verifierbarhet visar på att en oberoende tredje part har kvantifierat och även verifierat klimatnyttan som kommer med projektet. Spårbarheten innebär att projektet ska kunna spåras för att kunna bevisa att det faktiskt finns och så att köp i projektet inte ska kunna ske ett oändligt antal gånger (AtmozConsulting, 2024). Då ett projekt genererat en utsläppsminskning, framtas det normalt rapporter vilka görs enligt den övervakningsplan som tagits fram för projektet i samband med dess initiala validering. I samband med att rapporterna verifieras av en tredje part, utfärdas utsläppsminskningarna som motsvarar mängderna som rapporterna påvisat. Det är alltså vanligtvis i efterhand som alla enskilda reduktionsenheter tilldelas ett unikt identitetsnummer. På så sätt kan enheterna spåras till både tid och projektsprung för utsläppsminskningarna, och därmed även verifieras. I andra fall, då reduktionsenheterna däremot ställs ut på marknaden i förskott, och intäkterna ämnas investeras i framtida projekt, finns det vissa risker gällande klimatkompensationerna, se kommande avsnitt om klimatnyttans tidsaspekt. Det finns även system på den frivilliga marknaden, i vilka utsläppsminskningar kan utfärdas utan verifieringskravet, där kravställningen enbart handlar om att användaren har en plan vilken denne intygar ska följas (Konsumentverket, 2020).

Beständighet, beskriver att utsläppsreduktionen som projektet bidrar med ska bevisas vara långvarig. I de projekt som inte innebär att utsläppsminskningen är permanent ska en åtgärdsplan upprättas för hantering av risker i framtiden (AtmozConsulting, 2024). Permanens hos klimatkompensationen rör huruvida nyttan är reversibel eller inte, det vill säga om effekten består, vilket främst gäller inom projekt som skapar olika typer av kolsänkor såsom trädplanteringar. Tillförlitligheten kring projektens permanens ifrågasätts i vissa fall, då risker såsom avverkning och bränder kan förekomma, och följaktligen betvivlas lämpligheten projekt av sådan typ i fallen då de avses användas som klimatkompensationer. Riskhanteringen inom dessa kompensationer rör till exempel att enbart använda tillfälliga reduktionsenheter, vilka löpande måste uppdateras och verifieras, eller användning av buffertlager i projekten som en form av försäkring då risken finns att utsläppsminskningar kan dras tillbaka till följd av exempelvis en skogsbrand (Konsumentverket, 2020).

3.4.6.2 Kvantifiering

Kvantifiering av ett klimatkompensationsprojekts nytta genomförs, tidigare nämnt, enligt ett baseline-scenario. I detta scenario uppskattas en sannolik utveckling av utsläppsmängd om projektet inte hade utförts. Denna uppskattning är endast teoretisk och beräknas förenklat enligt sambandet nedan (Konsumentverket, 2020).

Utsläppskrediter från projekt = Teoretiskt uppskattade utsläpp från baseline-scenario – faktiska utsläpp vid projektgenomförande

I de fall utsläppen i baseline-scenarion överskattas, det vill säga att de utsläpp som enligt modellen antas ska komma att ske sätts större än de verkligen är, överskattas även

projektets kolsänkande effekt. Detta blir i sig en risk avseende den miljömässiga integriteten av projektet, eftersom det leder till att projektet då utfärdar en större mängd utsläppskrediter än vad som motsvarar de faktiska utsläppsminskningarna. Att klimatkompensera egna utsläpp genom sådana projekt, bidrar då till att den faktiska totala mängden utsläpp ökar. Olika certifieringssystem har olika krav på hur antal utsläppskrediter, i samband med ett projekt, beräknas och i många av beräkningsmetodikerna används konservativa bedömningar för att just minska risken att överskatta utsläppen i baseline-scenario. Detta kan å andra sidan i vissa fall innebära att projektets nytta underskattas i jämförelse med de krediter som de får utfärdade (Konsumentverket, 2020).

Inte bara överskattning av baseline-scenario bidrar till att projektets nytta kan överskattas, utan det gör även fallen då de faktiska utsläppen, i samband med projektgenomförande, underskattas. Detta konstateras dock som ett ovanligare problem då dessa typ av utsläpp inte är lika komplicerade att beräkna (Konsumentverket, 2020).

Det finns en princip, *suppressed demand*, som inkluderar en avsiktlig överskattning av baseline-scenario. Denna metodik grundar sig i Kyotoprotokollets mekanism CDM, där principen beskriver att det i undantagsfall är tillåtet att utgå ifrån att utsläppsutveckling, om projektet inte genomförts, antas öka med tiden på grund av vissa specifika förhållanden i det land projektet är tänkt initieras. Grundidén till detta undantag kommer från FN:s klimatförhandlingar, med avsikt att göra det enklare att implementera CDM-projekt i de allra minst utvecklade länderna. Mer specifikt, beskriver *suppressed demand* fallet då en tjänsts nivå uppskattas vara otillräcklig i förhållande till människors grundbehov. Detta exempelvis till följd av rådande omständigheter i landet som bristande infrastruktur eller fattigdom. Principen innebär då att utsläppen i baseline-scenariot kan uttryckas större, grundat i att tjänsten uppnår den grundnivå acceptabel för människors behov. Ett konkret exempel är projekt med installation av, så kallade, solar home systems i hushåll som inte har någon eltillgång. Då antas det, med principen, att hushållen innan projektgenomförande, använde fossilbaserad el, något som i verkligheten inte fanns tillgängligt. På detta sätt kommer utsläppen från baseline-scenario medvetet överskattas. *Suppressed demand* har visats sig tillämpas relativt frikostigt i olika frivilliga certifieringssystem, däribland Gold Standard. Konsumentverket uttrycker att användningen av principen, sällan kritiserats men att det kan vara en eventuell orsak till bristfällig miljömässig integritet hos olika projekt (Konsumentverket, 2020).

3.4.6.3 Klimatnyttans tidsaspekt

Utsläppskrediter är ofta definierade som *ex-ante* eller *ex-post* vilka syftar på när klimatnyttan av investeringen kommer att ske. *Ex-ante* innebär att nyttan kommer ske någon gång i framtiden och *ex-post* att den redan skett, före investeringstillfälle. Med *ex-ante*-definierade projekt inom skogsplantering, kan beständighet vara svårt att bedöma då en oförutsägbar skogsbrand skulle kunna resultera i att de köpta krediterna inte kommer att leverera någon klimatnytta (AtmozConsulting, 2024). Konsumentverket skriver i sin rapport *Genomlysning av klimatkompensation*, att så kallad, framåtkreditering, ofta är problematisk i avseendet att beräknad utsläppsminskande

effekt ofta överskattas, vilket leder till att för många utsläppskrediter utfärdas i samband med projektet. Detta, i de fall projekt underpresterar eller då aktörer som ska utföra projekt går i konkurs, vilket leder till att projekten helt uteblir. Om utsläppskrediter i ett sådant projekt säljs och köps innan nyttan är skedd kan detta innebära ökade utsläpp totalt sett och att köparnas anspråk gällande klimatkompenserande åtgärd utfaller i att bli helt felaktig (Konsumentverket, 2020).

3.4.6.4 Kommunikation och marknadsföring

Kommunikationen kring klimatfinansiering påstås ibland vara grönmålande på så vis att de som köper utsläppskrediterna, gör detta utan att hantera de grundläggande problemen (AtmozConsulting, 2024). Naturvårdsverket konstaterar att klimatkompensationer exempelvis kan bidra till att faktumet att minska utsläpp genom teknikutveckling och beteendeförändringar riskeras att bortses från, genom att man i stället köper sig fri från sina utsläpp (Naturvårdsverket, 2021).

Gällande kommunikationen från de som marknadsför klimatkompensationer konstateras det att den ska vara tydlig, trovärdig och effektiv (AtmozConsulting, 2024). Konsumentverket publicerade, år 2021, ett PM om marknadsföring kopplat till miljöpåståenden och produkter som fungerar klimatkompenserande. Där ges bland annat riktlinjer gällande användning av begrepp som klimatkompensation, klimatneutral och nettonoll. Konsumentverket bedömer nämnda begrepp som otydliga och konstaterar att användning av dessa, utan ytterligare förklaring, kan vilseleda konsumenten och inte heller utgör tillräcklig grund för affärsmissiga beslut. Påståenden kopplade till projekt eller produkter som ska fungera klimatkompenserande måste därför kvalificeras. Konsumentverket uttalar sig inte allmänt om hur en kvalificering ska utföras men påstår att den måste anpassas till varje specifikt projekt och fall. Vid användandet av begrepp som klimatneutral, beskriver de att kvalificering ska göras enligt ISO 14 021, genom att redogöra klimatavtryck och vad som kompenserats, även vilket klimatkompensationssystem som brukats. Trots tillräcklig kvalificering beskriver de, i sitt PM, att marknadsförare måste säkerställa att helhetsintrycket av marknadsföringen måste vara korrekt för konsumenten. Ingen viktig information, positiv som negativ, kopplad till produkten eller åtgärdens miljöprestanda, får utelämnas (Konsumentverket, 2021).

3.4.6.5 Översiktlig tillförlitlighet

Användandet av klimatkompensation innehåller ett flertal utmaningar likt de exemplifierade i avsnitten ovan. Det finns osäkerhet kring de olika projektens effektivitet och additionalitet, tekniska osäkerheter, sociala orättvisor samt en risk för, så kallad, grönmålning. Projekt i skogsbevarande syfte kan vara svåra att mäta effektiviteten i, på grund av dess komplexitet med ett flertal faktorer som kan komma att påverka tillförlitligheten av resultatet. Flera projekts, däribland CDM-projekts, additionalitet har på senare år visat sig vara bristfällig. Tekniska osäkerheter kommer med åtgärder som CCS då tekniken bakom detta ännu inte är fullt utvecklad och därmed inte ger garanti för bedömd klimatnytta. Det finns även en risk gällande att projekt kan bidra med sociala och ekonomiska orättvisor på den plats det genomförs, både lokalt i samhällena och gällande markrättigheter (AtmozConsulting, 2024).

3.5 Kostnader relaterade till klimatkompensations-åtgärder

När det kommer till kostnaderna för klimatkompensationerna har dessa tagit en allt större roll i många typer av verksamheter (Zeromission, 2022). Priserna för klimatkompensationer, i form av till exempel naturbaserade lösningar, har ökat avsevärt under de senaste åren - det senare halvåret år 2021 ökade priserna med över 200 procent. Enligt Zeromission beror de kraftiga prisökningarna delvis på en förändring i utbud och efterfrågan av bland annat utsläppskrediter, som i sin tur orsakas av aktörer som köper och samlar på sig krediter inför en förväntad prisökning. Omställningen mot hållbarhet och det brådskande läget för att nå klimatmålen ger också en ökad efterfrågan av möjligheterna till att klimatkompensera, eftersom infångning och lagring av koldioxid konstateras vara nödvändigt. Prisökningarna kan även förklaras av ekonomiska samband, såsom inflation samt en svagare svensk krona (Zeromission, 2022). I dagsläget, början av 2024, visar däremot marknadsutvecklingen hos både naturbaserade lösningar och utsläppskrediter att priserna sjunkit (Carbon Credits, 2024). Som helhet har dock krediterna samtidigt det högsta priset på 15 år, detta avser frivilligmarknaden (Donofrio & Procton, 2023).

Att välja ett arbetssätt med åtgärder och metoder som innebär ett undvikande alternativt ett minskande av utsläpp, såsom att bygga mer klimateffektivt, kan i vissa fall medföra ökade kostnader - i jämförelse med de kostnader som genereras av traditionella lösningar och utformningar vilka, inte sällan, innebär större utsläpp. I vissa fall kan det alltså saknas ekonomiska incitament till att införa klimateffektiverande åtgärder, detta särskilt om priset för att bygga traditionellt i kombination med köp av utsläppsrätter, är lägre än summan för utsläppsmässigt effektiviserande åtgärder inom byggandet. I takt med att tekniken utvecklas och etableras på marknaden kan det i framtiden ske förändringar i förhållandet mellan kostnaden för klimateffektiva lösningar, gentemot traditionella metoder där eventuella klimatkompensationskostnader tillkommer. Detta kan leda till en brytpunkt, som kan vara till nackdel för ett ökat införande av mer klimateffektiva lösningar (Barlow & Metaxas, 2020).

Kostnaderna för en klimatkompensation varierar, detta främst beroende på vilken typ av åtgärd som väljs. Kostnadsbilden påverkas av projekttyp, plats för genomförande av projekt, åtgärdens permanens, vilket är en klimatkredit ställs ut och åtgärdens mervärden. Generellt är tekniskt framtagna åtgärder dyrare än naturbaserade lösningar, dels på grund av högre produktionskostnader, dels på grund av den högre graden av permanens (Pledge, 2022). Den frivilliga marknaden av kompensationer styrs även till stor del utbud och efterfrågan, samtidigt som organisationer såsom Gold standard dessutom strävar efter att spegla majoriteten av eventuella ingående kostnader i priset. Bland annat indirekta kostnader socialt och andra yttre bieffekter (Gold Standard, u.å). Trots att klimatkompensationskrediterna motsvarar i princip samma sak - undvikande av utsläpp av ett ton koldioxidekvivalenter (CO_2e), eller ett ton ekvivalenter i negativa utsläpp, kan priserna för en konsument, vars syfte är att klimatkompensera, ha en relativt stor variation. Exempelvis kan det hos vissa projektleverantörer finnas CO_2e som kostar omkring fem US-dollar för ett projekt som ägnar sig åt förnybar energi, och upp till 500 dollar för ett projekt med direkt infångning och lagring av koldioxid (Whiting, 2022).

Det finns dessutom en indirekt kostnad som inte alltid ligger med i beräkningarna för de olika kompensationerna som, bland annat i form av miljöförstöring och konsekvenser rent socialt, orsakas av koldioxidutsläpp och andra växthusgaser (Gold Standard, u.å.). Om man räknar med dessa kostnader skulle de uppskattningsvis, enligt United States Environmental Protection Agency (EPA), ligga mellan elva och 212 dollar per ton CO₂e, beroende på vilken typ av skada eller indirekt kostnad de orsakar (United States Environmental Protection Agency, 2016). Kostnaderna borde enligt organisationen Gold Standard tas hänsyn till i priserna för en klimatkompensation, vilket inte i regel görs i dagsläget (Gold Standard, u.å.).

3.5.1 Kostnader utsläppsrätter, EU-ETS

Handelssystemet, EU-ETS, innebär att medlemsländerna i EU blir tilldelade ett utsläppstak för växthusgaser vilket i sin tur gäller för energianläggningar, industrier och flygbolag. Varje deltagare får ett visst antal ton växthusgaser att släppa ut, som tilldelas de olika parterna, så kallade utsläppsrätter (Energimyndigheten, 2022). Varje år ska en redovisning göras och i de fall då det finns ett överskott av utsläppsrätter får dessa lov att säljas till en annan part i systemet som har ett underskott (Naturvårdsverket, u.å.). Läs mer om handelssystemet under rubrik 3.1.4.3.

På den europeiska marknaden för utsläppskrediter, EU ETS, har priserna för ett ton koldioxidekvivalenter gått från omkring 340 svenska kronor i början av år 2021 till 1185 SEK i början av 2023. Därefter har priserna minskat från cirka 1160 SEK i juni år 2023, till 710 SEK i januari 2024 (Carbon Credits, 2024).

3.5.2 Kostnader – bio-CCS

I SOU 2020:4, betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen, publicerad 2020, behandlas kostnader för de olika delarna avskiljning, transport och lagring med hjälp av bio-CCS. Kostnaden för att avskilja ett ton biogen koldioxid från kraftvärmeproduktion eller från massa- och pappersindustri med lämpliga förutsättningar, uppskattas till 400–600 kronor. Utredningen nämner även att, med en kostnad lägre än 800 kronor per ton, bör det kunna avskiljas över tio miljoner ton koldioxid årligen, inom de nämnda sektorerna. Transportkostnaden för ett ton koldioxid, från en svensk anläggning till lagringsplats, uppskattas vara lägre och ligger på ett värde mellan 150–300 kronor. Att sedan lagra koldioxiden bedöms ha en kostnad på 100–200 kronor per ton (SOU, 2020:4). Se kostnader i Tabell 8ä.

Bio-CCS-tekniken finns, som tidigare nämnt, ännu inte i någon kommersiell skala och investeringar i denna typ av teknik innebär, för investerare, därmed en viss risk. Detta då stor investering måste ske utan vare sig garanterade eller förutsägbara intäktströmmar. Tekniken ingår inte i handelssystemet, EU-ETS, och det finns inte heller i dagsläget någon privat utvecklad marknad för handel av negativa utsläpp i och med bio-CCS (Implement Consulting Group, 2022).

3.5.3 Kostnader – NBS

Investeringar och satsningar i NBS-lösningar har under de senaste åren ökat och de utgör nästan hälften, 46 procent, av kreditmarknaden (Carbon Credits, 2023). Priset på en koldioxidkredit från naturbaserade lösningar har från januari 2022, till samma månad år 2024, gått från omkring 185 till 16 svenska kronor (Carbon Credits, 2024). Dessa kostnader presenteras i Tabell 8. För köp av en koldioxidkredit från ett NBS-projekt, avseende plantering av klimatskog på oanvänd jordbruksmark i Sverige, ligger kostnaden i stället på 495 svenska kronor för en kredit motsvarande ett ton CO₂ (Klimatskoga, u.åa).

3.5.4 Kostnader – storskalig trädplantering

Trädplantering påstås att vara en av de billigaste åtgärderna i klimatkompensationssyfte. Både genom plantering av skog på platser som inte varit beskogade innan och genom återplantering av skog, på engelska afforestation och reforestation (AR). Dessa åtgärder ska både ha kolsänkande funktion samtidigt som de bidrar till andra hållbarhetsaspekter (Peiseler & Rügsegger, 2022). Åtgärderna inom AR uppskattas uppnå en maximal kostnad omkring 100 US-dollar per ton avskild koldioxid (Fuss et al, 2018), vilket i dagsläget motsvarar cirka 1 100 svenska kronor (Forex, 2024). Den lägsta kostnaden för samma mängd avskild koldioxid uppskattas dock av, National Academy of Sciences, vara omkring en US-dollar och av andra kring 18–20 US-dollar per ton (Fuss et al, 2018). Detta motsvarar cirka elva respektive 200–230 svenska kronor (Forex, 2024). Se Tabell 8.

Konsumentpris för en koldioxidkredit, motsvarande en utsläppsminskning av ett ton koldioxidekvivalenter, genom ett AR-projekt presenteras av företaget 8BillionTrees ligga i intervallet 25–225 svenska kronor (Opanda, 2024). Se Tabell 8.

3.5.5 Kostnader – biokol

Kostnader för produktion av biokol, från leverantörer som levererat till Sverige och Finland, har studerats av företaget AFRY. De presenterar en uppskattad kostnad, för biokolanläggningar med 180–800 ton biokol i årlig produktion, på 10 800 respektive 10 200 kronor per ton biokol. Detta innebär en kostnad på 2 900 kr för varje infångat ton koldioxidekvivalenter, se Tabell 8. Detta kan jämföras med ovan presenterad kostnad, för bio-CCS, på omkring 1 000 kr för varje ton koldioxid (Energimyndigheten, 2021).

Enligt företaget 8BillionTrees, ligger kostnaden för en koldioxidkredit, avseende biomassa och biokol, i intervallet 10–225+ svenska kronor (Opanda, 2024). Se Tabell 8.

3.5.6 Kostnader – UN Carbon Offset Platform

Projekt inom UN Carbon Offset Platform innebär investeringar i tekniska lösningar som innebär undvikande eller minskande av utsläpp. Det kan röra sig om implementering av förnybara energikällor och energieffektiviserande åtgärder som utöver utsläppsminskning resulterar i andra socialt hållbara nyttor (United Nations, u.åf).

Det anges att ett vindkraftverk som producerar 9 000 MWh per år ger en utsläppsminskning på 5 400 kgCO₂ årligen då den ersätter fossil elproduktion (SR Energy, 2019). Det anges även att den genomsnittliga produktionskostnaden för vindkraft globalt är 0,68 SEK/kWh (Eriksson, Kulin, & Stenkvist, 2016). Beräknad produktionskostnad per ton CO₂e presenteras under rubrik 5.1.4.

I början av 2024 presenterades, av företaget 8BillionTrees, kostnaden för en utsläppskredit för ett flertal olika projektyper. I Tabell 8 redovisas kostnader, konverterade från US-dollar till SEK (Forex, 2024), för projekt inom vindkraft, vattenkraft, solenergi, bränsleutbyte och energieffektiva hushållsapparater (Opanda, 2024).

4 Fallstudie – projekt Kwartetten

För undersökning av hur klimateffektivt byggande tillämpas, samt hur användning av klimatkompensationer kan se ut i praktiken, genomförs nedan en fallstudie av projektet Kwartetten. Fokus i fallstudien ligger på det klimatarbete som tillämpats i form av bland annat val av material och klimatkompensationsåtgärder, samt de kostnader som valen innebär. Det redovisas även en jämförelse mellan traditionell betong, samt den klimateffektivare betong som använts i projektet, för att undersöka eventuell kostnadsskillnad. Projektfakta och information om arbetsmetodik hämtas från LFM30:s intranät, byggherren Wihlborgs Fastigheters projekthemsida samt projektdokument från, av byggherren, anlita miljökonsult PE Teknik & Arkitektur. Kompletterande information fås även genom en telefonintervju, genomförd den 13 mars 2024, med Catrin Heincke, verksam i Kwartettens projektarbete i rollen som miljökonsult. Helhetssyftet med fallstudien är att studera det praktiska miljöarbetet i ett byggprojekt och vad detta innebär i kostnadsväg, samt hur ett projekt i praktiken förhållit sig till klimatkompensationer.

4.1 Introduktion

Kwartetten är en kontorslokal belägen i stadsdelen Hyllie, Malmö. Byggnaden består av två huskroppar som omsluter ett atrium, den norra huskroppen är uppbyggd av tio våningsplan och den södra av sju. Namnet Kwartetten antyder till de fyra olika typer av fasad i form av grön metall, flinta, tegel och keramik som pryder byggnaden för att förankra den till platsen och den lokala miljön (LFM30, u.åb). Projektets byggstart var i januari 2021 och inflyttning skedde med start år 2023. Byggnadens bruttoarea är 23 247 kvadratmeter varav lokalarean utgör 15 600 kvadratmeter och utnyttjas i dagsläget av hyresgäster som Trygg-Hansa, Mindpark, Sciber och Restaurang SPILL. Tekniska kvaliteter som värdesätts är exempelvis omfattande ljusinsläpp, takterrass med solskydd och grönska, samt lokalanpassningar efter hyresgästernas behov och önskemål (Wihlborgs, u.å). Se sammanfattade projektfakta i Tabell 1 nedan. Samtlig information i tabellen är hämtad från Wihlborgs hemsida om projektet (Wihlborgs, u.å) samt LFM30:s intranät (LFM30, u.åb) och presenteras sammanfattat på det vis som görs på deras hemsidor.

Tabell 1. Projektfakta Kvartetten.

Projektfakta Kvartetten	
Fastighet	Pulpeten 5
Byggherre	Wihlborgs fastigheter
Samarbetspartners	Peab Sverige AB, Krook & Tjäder, Veab AB, Arlidssons Rör AB, Insta-El AB, Starka, KGC, Antonssons Mark, Miljökonsult åt Wihlborgs: PE Teknik & Arkitektur
Arkitekt	Krook & Tjäder
Byggstart	Januari 2021
Inflyttning	2023
Lokalarea / Bruttoarea	15 600 m ² / 23 247 m ²
Miljöcertifieringar	NollCO ₂ , Miljöbyggnad Guld, WELL
LFM30 målgränsvärde (lokaler)	270 kgCO ₂ e/m ² ljus BTA
Beräknad klimatpåverkan	246 kgCO ₂ e/m ² ljus BTA*

*Beräknad klimatpåverkan som presenteras i Tabell 3 ovan samt på LFM30:s intranät avser klimatpåverkan för skede A1-A3 beräknad enligt NollCO₂-metodik.

4.2 Översikt av klimatarbete

Projektet utvecklades som pilotprojekt för LFM30 där organisationens målgränsvärde för lokaler, för skede A1-A5, på 270 kgCO₂e/m² ljus BTA tillämpades, och där slutgiltig klimatpåverkan på LFM30:s hemsida, presenteras vara 246 kgCO₂e/m² ljus BTA, se Tabell 3 ovan. Värdet för klimatberäkning (A1-A5) enligt LFM30:s metodik presenteras i beräkningsdokument vara 258 kgCO₂e/m² ljus BTA, och det redovisade värdet på 246 kgCO₂e/m² ljus BTA står för klimatpåverkan (A1-A3) enligt NollCO₂-beräkning. För att förtydliga är 258 kgCO₂e/m² ljus BTA NollCO₂-beräknad klimatpåverkan där klimatpåverkan för mörk BTA har subtraherats. Fokus enligt LFM30:s principer låg på insatser såsom att byta stommaterial från traditionell betong och armeringsstål, till alternativ med mindre klimatpåverkan (SGBC, 2022). Byggnaden är även certifierad enligt WELL, Miljöbyggnad Guld och NollCO₂. WELL är en miljöcertifiering med fokus på välmående och hälsa (Wihlborgs, u.å). Miljöbyggnad innebär fokus på innemiljö, energianvändning och materialval för att forma en byggnad som är bra både för människans hälsa och miljön (SGBC, 2023b). Tilläggs-certifieringen NollCO₂ bestämdes först att den skulle tillämpas en bit in i projektet, vid systemhandlingskedet, och det var således inte ett ursprungligt mål. NollCO₂ handlar, kort beskrivet, om att en byggnads klimatpåverkan ska hållas så låg som möjligt avseende byggteknik och val av material, även att den kvarstående klimatpåverkan ska balanseras ut med hjälp av godkända, enligt SGBC, klimatåtgärder (Wihlborgs, 2023). Certifieringen innebär alltså att byggnadens klimatpåverkan under dess livstid, enligt de beräkningsmetoder som används i dagsläget, balanseras ned till nettonoll klimatpåverkan (SGBC, 2022).

För att lyckas med miljöarbetet och i synnerhet genomförandet av certifieringarna, har det gällande bland annat material och tekniska lösningar vidtagits olika åtgärder. Ett exempel är att det installerats solcellspaneler på både själva byggnaden samt på fem andra byggnader för att utsläppen av koldioxid ska kunna balanseras upp enligt NollCO₂:s metodik, beskrivet enligt projektdokument från PE Teknik & Arkitektur. En stor del i arbetet ska också ha varit att söka upp olika EPD:er – Environmental Product Declaration, genom vilka materialvalen kunde göras för att besluta om att använda de

med lägst klimatpåverkan. Minskning av materialmängder var också en faktor, även utformningen av stommen (SGBC, 2023d). Klimatarbetet, inkluderande NollCO₂-certifieringen har, enligt projektledaren, beskrivet i en artikel om projektet skriven av SGBC, även lett till att nya lösningar och utformningar har kunnat utvecklas som framåt kan innebära ett bidrag till branschens miljöarbete (SGBC, 2022).

4.2.1 Arbete för att nå LFM30:s kriterier

Tidigare nämnt utgör Kvartetten ett pilotprojekt i LFM30 för projektets byggherre Wihlborgs, som dessutom är en av de i grunden drivande aktörerna i initiativet (Malmö Stad, 2024). Målgränsvärden som använts inom projektet syftar på de gränsvärden som tagits fram i LFM30, det vill säga 270 kgCO₂e per kvadratmeter ljus bruttoarea kontorsbyggnad för skede A1-A5 (Wihlborgs, 2022). Det redovisade värdet avseende klimatpåverkan som beräknats med utgångspunkt i LFM30:s klimatbudget-metod beräknas vara 258 kgCO₂e/m² ljus BTA, data som är erhållen från projektdokument från PE Teknik & Arkitektur.

4.2.2 Arbete för att nå NollCO₂:s kriterier

Ett arbete som gjorts specifikt för att uppnå de krav som ställs i samband med certifieringen NollCO₂, är att söka upp och använda EPD:er, och utifrån dessa, välja de produkter som påvisar ha en lägre klimatpåverkan. Installationen av solceller utgör också en faktor som i beräkningarna minskat klimatpåverkan och således underlättat NollCO₂-certifieringen (SGBC, 2023d).

I processen med att byggnaden certifieras enligt NollCO₂, sker det inledningsvis en preliminär certifiering, i vilken data som i det skedet finns tillgänglig, används. Detta följs av den slutliga certifieringen, där samtliga aktuella siffror ska ingå. Dessa ska kunna klassificeras som slutgiltiga värden och vara överensstämmande med faktiska inbyggda mängder samt statistik för använda transporter och energimängder. Fortsättningsvis ansöks det om, och genomförs, en verifiering i certifieringen, vilket kan ske efter att byggnaden varit i drift i ett år. Detta bedöms enligt miljökonsulten kunna genomföras som tidigast under hösten 2024. Det vidare arbetet för fastighetsägaren Wihlborgs handlar bland annat om införandet av rutiner om återrapportering, där fokus ligger på att redovisa byggnadens successiva balansering av klimatpåverkan, som slutligen ska ligga på noll vid år 2045. Ovan information är erhålls genom projektdokument från PE Teknik & Arkitektur.

4.2.3 Klimateffektiva byggmetoder

Som tidigare nämnt, har en del av miljöarbetet i projektet varit att söka upp och använda EPD:er för ingående material i byggnaden. På detta vis speglas den färdiga byggnadens klimatpåverkan bättre än om endast generiska data skulle använts (Boverket, 2023b). Enligt certifieringen Miljöbyggnad, anges det även i den använda versionen 1.3, en kravställning att minst 50 procent av klimatpåverkan för grund och stomme, ska vara baserad på klimatdata från EPD:er för att uppnå nivå Silver, för nivå Guld gäller 70 procent (SGBC, u.åd). Enligt PE Teknik & Arkitektur dokument har projektet använt 57

EPD:er, däribland även, så kallade, dotter-EPD:er. Dotter-EPD, på engelska ”sister EPD”, är en variant av en ursprunglig EPD, så kallad moder-EPD, som ett företag kan göra för att beskriva klimatpåverkan för flera av deras produkter som liknar en ursprungsprodukt. I en sådan kan exempelvis vissa delar bytas ut, men kravet är att produkten i dotter-EPD:n fortfarande måste vara tillverkad på liknande vis, med liknande ursprungsmaterial och ha en liknande funktion (One Click LCA, u.å). Ännu en, för projektet, fördel i användning av EPD-data är att klimatpåverkan ofta är lägre än generiska konservativa data vilket således bidrar med en lägre klimatpåverkan totalt för hela byggnaden (Boverket, 2023b). Enligt miljökonsult Catrin Heincke³, så var det, då projektet påbörjade NollCO₂-certifiering, krav på att konservativa data skulle användas då generiska data användes från Boverkets klimatdatabas, detta är dock inte fallet längre utan nu används specifika data även då den är generisk. De värden som använts i projektet är alltså konservativa, vilket gjorde EPD-användningen med sin specifika data mer fördelaktig gällande att få ner klimatpåverkan.

Anställd miljösamordnare i projektet, PE Teknik & Arkitektur har upprättat en rapport med syfte att sammanställa underlag till, arbete med och resultat av de klimatberäkningar som gjorts i och med NollCO₂-certifiering. I denna presenteras strategier som använts för att minska klimatpåverkan, i skede A1-A3, från ingående byggdelar. Det beskrivs att projektet haft ett kontinuerligt samarbete med olika leverantörer för att hitta de miljömässigt bästa alternativen vid materialval och utföranden. Det miljöfrämjande arbetet har utgått från BSAB-koder och därmed de olika byggdelarnas klimatpåverkan, genom dialog med leverantörer och underentreprenörer. I rapporten presenteras en lista där åtgärder beskrivs kopplat till respektive BSAB 96-kod, vilket är det byggsystem som används vid NollCO₂-certifiering (SGBC, 2023c). Med listan som grund samt kompletterande information från annat internt material från PE Teknik & Arkitektur, presenteras genomförda åtgärder i stycket nedan.

Gällande bottenplattan har denna utförts i ECO-betong, med en minskad tjocklek för delar av plattan för att reducera materialanvändningen. Plattan är platsgjuten och därtill har även källarytterväggar utformats. Cement i betongblandningen har ersatts med ett annat bindemedel, merit, som har en mindre klimatpåverkan än det vanliga bindemedlet cementklinker vilket annars är högt bidragande till klimatpåverkan. Vidare, gällande armering, har det gjorts ett byte av leverantör för att få en produkt med lägre klimatpåverkan i jämförelse med andra leverantörer. Samma har även gjorts för isoleringen, närmare bestämt cellplasten i husgrunden, där en variant med större andel återvunnet material valts och således medfört en mindre påverkan på klimatet. Avseende stommen, som i tidigt skede beskrivits vara posten med störst klimatpåverkan, har det gjorts prioriteringar för att kunna minska denna påverkan. Stomentreprenören har tillsammans med stålleverantören föreslagit optimeringsåtgärder samt förbättringsförslag gällande materialet och följaktligen har delar av bjälklag bytts ut till lättelelement av trä. De HD/F-bjälklag som använts är utförda i klimatförbättrad betong, samt i form av använda samverkansbalkar som tillverkas med över 90 procent återvunnet material. Fortsättningsvis har det gjorts vissa åtgärder avseende klimatskalet, som till

³ Catrin Heincke, miljökonsult och sektionschef Energi & Miljö på PE Teknik & Arkitektur, involverad i projektet Kvartetten. Telefonsamtal 13 mars 2024.

följd av en höjning på fem våningar av det atrium som projekterats i byggnaden, inneburit att så kallade atriumväggar har kunnat användas i stället för väggar av aluminiumprofiler som annars kräver större mängder isolering. Aluminiumprofiler har kunnat bytas ut mot stålskenor och träreglar, även fönsterkarmar i aluminium har bytts mot motsvarande i trä. I ytterväggen har höjningen av byggnadens atrium även lett till att akustikplattor av träribbor har ersatt tegel och flinta. Gällande den fasad som projekterats i flinta har väggen gjorts om för att kräva mindre material. Vidare, också avseende fasaden, har fasadleverantören samarbetat med leverantören av aluminiumprofiler för att öka mängden återvunnet material. Fasadsystemen har således kunnat utformas med 70 procent återvunnet material. Delar av den fasad som projekterats med tegel har dessutom utförts med en typ av tegel som lett till en halvering av dess klimatpåverkan, vid jämförelse med leverantörens standardvariant, eftersom det tillverkats med biogas i stället för naturgas. För innerväggar och invändiga ytskikt har materialval utgjort en del i minskandet av klimatpåverkan. Ståltreklar har bytts ut till träreglar och gipsandelen i väggar har minskats genom användning av plywood. Ytterligare val avseende väggar och ytskikt har gjorts baserat på klimatpåverkan och andel återvunnet material. Ovan information är hämtad från PE Teknik & Arkitekturs projektdokument.

PE Teknik & Arkitektur presenterar även strategier gällande minskning av klimatpåverkan för skede A4 och A5. Det som lades fokus på var användning av grön energi och användning av en stor mängd prefabricerade material i exempelvis fasadsystem och stomme. Prefabelement innebär en minskad energiåtgång och en minskad andel spill på byggarbetsplatsen. Fasadelement som är prefabricerade innebär även att byggnaden fort byggs ihop tätt, vilket förbättrar uttorkningsklimat och minskar mängderna spillvärme vid uppvärmning av arbetsplats. För att minska långa transportsträckor under schaktning och markarbete har en närliggande tomtyta använts som tillfällig lagringsplats för massor. Det har även medfört att massbalansering och massor från schaktning har återanvänts som fyllnadsmassa.

Angående strategier för minskad klimatpåverkan under användningsskede B1-B5, baserades byggnaden, enligt projektdokument, på modulmått för installationers uppbyggnad. Detta motiveras öka flexibiliteten vid eventuella renoveringar i framtiden, exempelvis om hyresgäst önskar ändra det öppna landskapet till flera kontor. Det fanns även strategier för att minska klimatpåverkan från energi- och vattenanvändning, skede B6 respektive B7. Behovsstyrd ventilation valdes för att optimera luftflöden baserat på närvaro och vattenburen värme med ett separat klimatstyrssystem valdes. Samverkan mellan systemen var även en viktig funktion, det får exempelvis inte förekomma parallell värmning och kylning av ett utrymme. Gällande kylning av utrymmen ska uteluften, då dennas temperatur är lägre än tilluftens, användas för att kyla, alltså inte kylanläggning. Under natten ska även uteluft användas för sänkning av inomhustemperatur i lokaler. För minskning av värmeförluster i form av VVC-förluster, har det valts att placera ut varmvattenberedare lokalt vid våtrumsgrupper. För energibesparing har krav ställts på användning av energieffektiva apparater för installationer som aggregat, belysningsarmatur och hissar och för vattenbesparing har snålspolande armaturer valts. I projektet valdes det även att installera solceller för produktion av förnybar energi. Ovan information är hämtad från PE Teknik & Arkitekturs projektdokument.

4.2.4 Klimatkompensationsåtgärder

I projektdokument beskrivs Kvartetten, avseende på den klimatpåverkan som projektet innebär, inte tillsatt några klimatkompensationsåtgärder i form av externa köp. Tillvägagångssättet för att minska den klimatpåverkan som byggnaden medför i samband med uppförandet samt under dess livstid, har i stället varit att installera solceller på byggnaden, och utöver Kvartetten även på fem andra byggnader i Wihlborgs fastighetsbestånd.

Avdraget på klimatberäkningar som erhålls genom förnybar elproduktion, gäller i den metodik som används i NollCO₂. I certifieringen betraktas det som en klimatåtgärd, och alltså inte som en klimatkompensationsåtgärd (SGBC, 2023c). Gällande solceller och LFM30:s perspektiv, är detta något som inte bedöms kunna kompensera, utan betraktas som ett en förebyggande åtgärd gällande utsläpp av växthusgaser (Holmgren & Ylmén, 2023a). Vid kommunikation med en person⁴ delaktig i Kvartettens miljöarbete, kopplat till LFM30, framgår det att det inom Kvartetten var tillåtet att räkna med utsläppsminskningar till följd av solcellsinstallationerna i NollCO₂, medan det i LFM30, inte tilläts tillgodoräknas som en utsläppsminskning i beräkningarna.

4.3 Beräkning klimatpåverkan

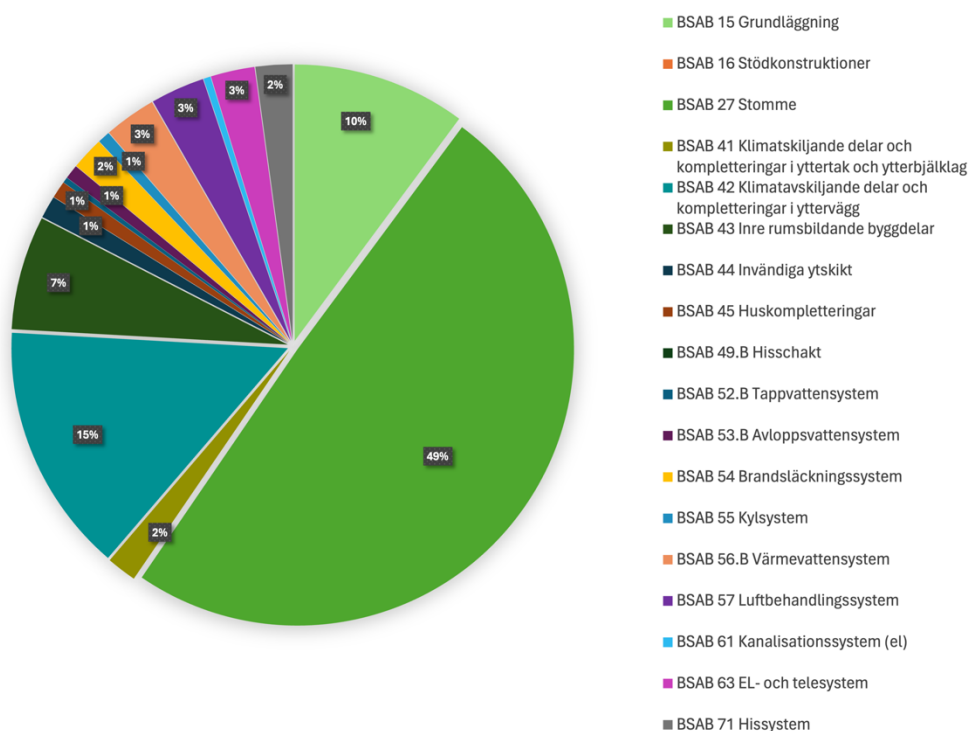
Beräkningar avseende den klimatpåverkan som projektet utgör har genomförts i olika utföranden, enligt metodik och utifrån krav i NollCO₂, och dessutom har beräkningar genomförts med syfte att kunna kontrollera mot målgränsvärde i LFM30. Kalkylerna har gjorts av PE Teknik & Arkitektur och delar från dessa beräkningar presenteras i kommande delavsnitt.

4.3.1 Beräkning NollCO₂

I beräkningen för den preliminära certifieringen i NollCO₂ presenteras det, i projektdokumenterna från PE Teknik & Arkitektur, en rad olika byggdelar tillsammans med hur stor andel av den totala klimatpåverkan, i kgCO₂/kvm BTA, dessa bidrar med avseende skede A1-A5. Gällande den slutgiltiga fördelningen finns det för närvarande inga kompletta uppgifter, utan dessa förväntas uppdateras efter att projektets verkliga värden kontrollerats. I den data som använts av miljökonsulten för den preliminära certifieringen ser fördelningen ut enligt Figur 9, se nedan, där ett antal byggdelar står för en avsevärd del av den totala påverkan i byggskedet. Den största påverkan härleds, som presenterat i Figur 9, till stommen, som står för cirka 49 procent av klimatpåverkan. Detta följs av byggdelarna ”klimatavskiljande delar samt kompletteringar i yttervägg” och grundläggning, som representerar 15 respektive tio procent. Därefter har nästa byggdel sitt ursprung i ”inre rumsbildande byggdelar” som bidrar med sju procent.

⁴Person med chefsroll inom miljöarbetet med projektet Kvartetten. Mailkontakt den 11 mars 2024.

Klimatpåverkan uppdelat per byggdela, A1-5.1, kg CO₂e per m² BTA



Figur 9. Fördelning av byggdelaers klimatpåverkan i projektet Kvartetten baserad på data erhållen genom projektdokument från PE Teknik & Arkitektur.

4.3.1.1 Balansberäkning

I balansberäkningarna som gjorts enligt NollCO₂:s mall avseende klimatpåverkan har bruttoarean 23 247 m² använts, tillsammans med beräkningsperioden 50 år. Redovisat i projektdokument från miljökonsulten PE Teknik & Arkitektur finns klimatpåverkan för de olika skedena i byggnadens livscykel, som antal kg koldioxidekvivalenter per kvadratmeter bruttoarea, tillsammans med gränsvärden, se Tabell 2. Detta för att kontrollera mot gällande gränsvärden. Allra störst klimatpåverkan beräknas inom denna metodik uppstå under tre av byggskedets delar, A1-A3, vilken ligger under certifieringens gränsvärde med en marginal om 6 kgCO₂e/m² BTA. Vidare har skede A4 och A5 tillsammans en klimatpåverkan som ligger 30 enheter lägre än gränsvärdet, och gällande C1-C4 görs det i beräkningsmetodikerna inga åtaganden. Detta resulterar i en klimatpåverkan, på 270 kgCO₂e/m² BTA med ursprung i skedena A1-A5 och C1-C4.

Klimatkompensationer i byggbranschen

Tabell 2. Gränsvärden för klimatpåverkan i olika byggskedet enligt NollCO₂:s ramverk samt Kvartettens beräknade klimatpåverkan (konservativa värden) i samma skeden.

Skede i livscykel	Gränsvärde NollCO ₂ [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Klimatpåverkan [kg CO ₂ e/m ² BTA]
A1-A3	251	245
A4-A5	55	25
C1-C4	0	0
	Σ 306	Σ 270

Vidare, för att balansräkna, redogörs det för den beräknade totala klimatpåverkan, här angiven i ton koldioxidekvivalenter uppdelat i olika skeden, som dessutom kompletteras med den balansering som beräknas komma från förnybar energiproduktion, se Tabell 3. Till året då projektet initieras, allokeras den klimatpåverkan som uppkommer i samband med byggskedet A1-A5, det bortses från C1-C4. Resterande påverkan delas in per år, under byggnadens livstid, till vilket uppskattad klimatpåverkan från ersättning, ombyggnation, energi- och vattenanvändning adderas. Som krav i certifieringen gäller det att användningens klimatpåverkan under byggnadens hela livstid ska vara nettonoll eller bättre, vilket för Kvartetten balanseras av förnybar elproduktion i form av sol. Detta framleder resultatet på den sista raden, som i detta fall visar på en totalt sett negativ påverkan för byggnadens förutsatta livstid, det vill säga 50 år. Presenterad information samt tabellinnehåll erhålls i projektdokument från PE Teknik & Arkitektur.

Tabell 3. Klimatpåverkan och balansberäkning i den preliminära NollCO₂-certifieringen för Kvartetten.

Skede i livscykel	Klimatpåverkan räknad för byggnadens hela livscykel [tCO ₂ e]
A1-A5, C1-C4	6277
B4 (ersättning)	252
B5 (ombyggnation)	427
B6 (energianvändning, årlig)	59
B7 (vattenanvändning, årlig)	4
A1-C4	Σ 7018
Förnybar elproduktion (onsite)	-1087
Förnybar elproduktion (offsite)	-6802
Förnybar elproduktion	Σ -7889
A1-C4 inkl. elproduktion	Σ -871

Klimatåtgärder - solcellsinstallation

För att balansera upp klimatpåverkan under användningsskedet valdes det att installera solceller på byggnaden Kvartetten samt på fem andra fastigheter. Åtgärden är tillåten att användas som kompenserande i certifieringen NollCO₂ och används därför för att uppnå nettonoll klimatpåverkan enligt certifieringens beräkningsmetodik. Solcellerna har placerats ut på två fastigheter i Helsingborg, två i Malmö och en i Lund, utöver de som är installerade onsite, på Kvartetten. Information fås från PE Teknik & Arkitekturs erhållna projektbeskrivningar för respektive solcellsanläggning och från balansberäkningsdokument. Samtliga data gällande installationsplats, antal solcellsmoduler, idrifttagningsdatum och årlig samt total produktion som skickas ut på elnät inom NollCO₂:s systemgräns, presenteras i Tabell 4 nedan.

Klimatkompensationer i byggbranschen

Tabell 4. Data gällande installerade solceller i Kvartetten samt för övriga installationsplatser.

Installationsplats	Antal solcellsmoduler [st]	Idrifttagnings-datum	Årlig produktion [MWh]	Total produktion över 30 år [MWh]
Onsite	297			
Malmö	297	2023-02-01	99,7	3090
			Σ 99,7	Σ 3090
Offsite	1078			
Helsingborg	256	2021-09-31	109	3379
Helsingborg	252	2021-09-31	98	3038
Malmö	360	2021-10-01	175	5425
Malmö	210	2021-09-31	61	1891
Lund	-	2021-10-08	252	7812
			Σ 695	Σ 21 545

För att projektet ska kunna räkna med installation av solceller som en balanserande klimatåtgärd, gäller det att installationen sker först efter projektet registrerats (SGBC, u.åe). Projektet registrerades, enligt projektdokument, den 12 oktober år 2020 och idrifttagningsdatum för de olika anläggningarna presenteras i Tabell 4 ovan. Livslängd hos teknik för elproduktion av förnybara källor sätts till 30 år enligt NollCO₂:s beräkningsmetodik. Solcellsanläggningar offsite har en finansieringsgrad från beställaren Wihlborgs på 90 procent, där resterande finansiering täcks genom solcellsstöd från Länsstyrelsen Skåne. För onsite solcellsinstallation är finansieringsandelen 100 procent, detta enligt projektdokument. Projektet får enligt NollCO₂ enbart tillgodoräkna sig klimatvärde för den förnybara elproduktionen motsvarande storleken på finansieringsandelen (SGBC, u.åe). Klimatvärdet baseras på den producerade el som blir till överskott och som skickas ut på elnätet. Se metodik i avsnitt *Beräkningsexempel klimatåtgärd – installation av förnybar el*.

De siffror som används i balansberäkning är en total årlig produktion på 99,7 MWh onsite och 693 MWh offsite, där den totala offsite-produktionen skiljer sig aningen från den presenterad i Tabell 4 ovan. I balansberäkning används klimatvärdet för solenergi, 0,779 kgCO₂e/kWh, vilket multipliceras med den årliga produktionen [kWh], on site respektive off site. Klimatvärdet multipliceras även med gällande finansieringsandel, alltså 100 procent för onsite och 90 procent för offsite. Då EU:s mål är att ha en helt fossilfri energiproduktion år 2050, linjärinterpoleras klimatvärdet, enligt NollCO₂:s beräkningsmetodik, ned till noll år 2050 (SGBC, u.åe). Klimatvärde år 2023 respektive år 2050, från PE Teknik & Arkitekturs beräkningar presenteras i Tabell 5 nedan. Byggnadens bruttoarea (BTA) är 23 247 m² och beräkning av klimatvärde år 2023 för solceller onsite respektive offsite är genomförd enligt ekvationer nedan.

$$\text{År 2023 klimatvärde onsite [kgCO}_2\text{e/m}^2\text{BTA]} = \text{Årlig onsite produktion [kWh]} \times \text{Klimatvärde solkraft [kgCO}_2\text{e/kWh]} \times 1 / \text{BTA [m}^2\text{]}$$

$$\text{År 2023 klimatvärde offsite [kgCO}_2\text{e/m}^2\text{BTA]} = \text{Årlig offsite produktion [kWh]} \times \text{Klimatvärde solkraft [kgCO}_2\text{e/kWh]} \times 0,9 / \text{BTA [m}^2\text{]}$$

Tabell 5. Total produktion och klimatvärde för onsite respektive offsite solcellsanläggning.

	Total produktion [MWh]	Totalt klimatvärde [tCO ₂ e]	Årlig produktion [MWh]	År 2023 klimatvärde [kgCO ₂ e/m ² BTA]	...	År 2050 klimatvärde [kgCO ₂ e/m ² BTA]
Onsite	3090	-1087	99,673	-3,340	...	0
Offsite	21 483	-6802	693,000	-20,900	...	0

4.3.2 Beräkning LFM30

Tillvägagångssättet då klimatpåverkan beräknades, redovisas i projektdokument vara baserad på de beräkningar som genomförts i samband med NollCO₂-certifieringen, under vilken som tidigare nämnt, både ljus och mörk bruttoarea inkluderas. I metoden för LFM30 och i anknötning till jämförelser med målgränsvärden används däremot enbart ljus BTA. Följaktligen togs därav samma siffror, beräknade för NollCO₂, och för att exkludera värdena för byggdelarna som ingår under den mörka bruttoarean subtraherades dessa värden från beräkningen för LFM30-metodiken. Detta enligt projektdokument från PE Teknik & Arkitektur. Omfattningen av byggdelar skiljer sig mellan LFM30 och NollCO₂, vilka grundar sig i BSAB83 (SGBC, u.äe), respektive BSAB96 (Holmgren & Ylmén, 2023a).

Beräkningar har även gjorts för byggnadens värmeförlusttal (VFT) och solvärmelasten (SVL), vilket enligt projektdokument ifrån PE Teknik & Arkitektur utfördes av byggtreprenören. Kraven som ställs, är att värmeförlusttalet ska nå upp till standarden FEBY18 silver, och gällande solvärmelasten ska denna uppnå nivån silver i samma beräkningsmetod som i Miljöbyggnad 4.0 (Holmgren & Ylmén, 2023b). Detta är presenterat i klimatdeklarationen till LFM30, framtagen av PE Teknik & Arkitektur samt byggtreprenören, vilket visar att Kvartetten når upp till initiativets krav i de beräkningar som gjorts.

Den klimatpåverkan som presenteras för Kvartetten, i förhållande till LFM30:s målgränsvärde, är 246 kgCO₂e/m² BTA, se ytterligare förklaring under Tabell 1. I PE Teknik & Arkitekturs beräkningsdokument redovisas i stället siffran 258 kgCO₂e/m² BTA, vilken representerar klimatpåverkan för skede A1-A5 i LFM30-beräkning. Målgränsvärdet för lokaler, skede A1-A5, är 270 kgCO₂e per kvadratmeter BTA, vilket innebär att projektet, enligt beräkningen, når upp till kraven.

4.4 Kostnader i klimatarbetet

För att uppnå certifieringarnas kriterier och sänka klimatpåverkan har i vissa fall miljövänligare material valts i stället för branschtypiska standardmaterial. I syfte att undersöka kostnaden för att bygga mer klimateffektivt undersöks priser för klimateffektiva materialval som genomförts i projektet i jämförelse med branschtypiskt materialalternativ. Även projektets använda klimatåtgärd, installation av on- och offsite solceller studeras. Mer information om detta presenteras i tidigare avsnitt *Klimatåtgärder – solcellsinstallation*.

4.4.1 Klimateffektiva materialval

4.4.1.1 Klimatförbättrad betong – ECO-betong

Ett material som lyfts i projektbeskrivningen är utbyte av ”vanlig” betong till klimatförbättrad betong, i detta fall kallad, ECO-betong. För undersökning av kostnader kopplade till material används uppgifter gällande kostnadsskillnader, erhållna från projektets entreprenör PEAB⁵ för klimatförbättrad ECO-betong. Kostnaden presenteras i prispålägg per kubikmeter som de olika betongtyperna av ECO-betong innebär. Det beskrivs att platsgjutet material i bottenplatta har valts att utföras med denna ECO-betong och använd klimatdata för A1-A3 är från dotter-EPD till Swerocks moder-EPD, NEPD-2637-1350-SE. I moder-EPD presenteras tre nivåer av ECO-betong, typ 1, 2 och 3. Typ 3 är den med lägst klimatpåverkan och i dotter-EPD presenteras en projektspecifik variant av typ 3, som i klimatberäkning för preliminär certifiering beräknas utgöra 75 procent av bottenplattan. Informationen erhålls genom projektdokument från PE Teknik & Arkitektur. För data om ”vanlig” betong fås kostnadsuppgifter från Wikells databas (Wikells, 2024) och klimatpåverkan i typiska värden för A1-A3 samt densitet från Boverkets databas (Boverket, 2024). Både ECO-betong och vanlig betong som presenteras är av hållfasthetsklassen C30/37 där densiteten för de olika typ 1 och 2 av ECO-betong tas från moder-EPD, typ 3 från använd dotter-EPD och densitet för vanlig betong tas från Boverkets databas (Boverket, 2024). Klimatpåverkan är i EPD, angiven i $[\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3]$ och i Boverkets databas i $[\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}]$ och klimatvärden i tabell beräknas med respektive betongtyps densitet. Samlad information presenteras i Tabell 6 nedan och används som underlag i kommande analyskapitel.

Tabell 6. Densitet, kostnad och klimatdata för ECO-betong och "vanlig" betong.

Typ C30/37	Densitet $[\text{kg}/\text{m}^3]$	Mängd $[\text{m}^3]$	Kostnad $[\text{SEK}/\text{m}^3]$	Klimatpåverkan A1-A3 $[\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3]$	Klimatpåverkan A1-A3 $[\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}]$
Betong	2350	1	2210	273	0,116
ECO-betong typ 1	2375	1	2230	199	0,084
ECO-betong typ 2	2381	1	2250	160	0,067
ECO-betong typ 3	2381	1	2270	141	0,061

Kostnadsaspekter kopplade till information i tabell presenteras under resultatrubrik 5.1.5.3.

4.4.1.2 Solcellsinstallation

För att undersöka kostnaden gällande solceller studeras investeringskostnad för tre anläggningar. Ett medelvärde för investerad krona per minskat kgCO_2e under en

⁵Kalkylingenjör på PEAB Bygg Syd. Mailkontakt den 27 mars 2024.

beräkningsperiod på 50 år med hänsyn till en livslängd för solcellsanläggning på 30 år, beräknas och redovisas i resultat under rubrik 5.1.5.3. Av sekretessskäl redovisas inga investeringskostnader.

4.5 Erfarenhet

Efter genomförda beräkningar konstaterades det av företaget PE Teknik & Arkitektur att det som helhet gjorts noga utredningar om material som kan medföra en jämförelsevis låg klimatpåverkan. Erfarenheter från arbetet med NollCO₂ summeras i kommande avsnitt.

4.5.1 NollCO₂

Det har, i arbetet med NollCO₂-certifiering, enligt projektdokument från PE Teknik & Arkitektur, funnits stort engagemang från både byggherren, Wihlborgs, och dess entreprenör. I PE Teknik & Arkitektur:s slutrapport om miljösamordningen i Kvartetten beskrivs ett antal viktiga erfarenheter i arbetet med NollCO₂. Certifieringen var ny för alla som var involverade i projektet. En nämnd erfarenhet är att i ett tidigt skede involvera LCA-beräkningar, och att engagera en specialist för LCA som även kan samordna arbetet med aktörer som arkitekter och konstruktörer. Det kan även vara av vikt att jämföra produktval med tillhörande EPD:er, samtidigt som kostnader tidigt behöver vägas in eftersom materialvalen ofta är kopplade till kostnadsökningar. Ytterligare faktorer, enligt projektdokument, är att överblicka möjligheter för återbruk, vilket kan påverka klimatberäkningarna samt att risken för reparationer och skador som räknas med i klimatpåverkan kan ha betydelse för certifieringens genomförande vid små marginaler. Det bedöms även ha betydelse att tydliggöra kostnader för olika materialval tidigt i processen. Detta är viktigt då ”bättre” materialval inte sällan innebär en högre kostnad. Som erfarenhet i Kvartetten konstateras det i projektdokument att så kallad grön energi, har stor påverkan i beräkningar för skede A4, det vill säga transportererna i byggskedet. Transporterna anses inte ha haft en kritisk roll avseende klimatpåverkan i Kvartetten, i förhållande till certifieringskraven.

5 Resultat

I detta kapitel presenteras sammanställt resultat från litteraturstudie och kompletterad information från genomförd intervju. Det redovisas vad en klimatkompensation är, hur dess tillförlitlighet kan undersökas, vilka klimatkompensationsåtgärder som finns, kostnader för åtgärdstyperna samt kortfattat hur klimatarbetet i byggbranschen kan genomföras genom upprättande av klimatdeklaration, miljöcertifiering, engagemang i miljöinitiativ och användandet av klimateffektiva byggmetoder. Även resultat från studerad fallstudie sammanställs där kostnader för byte till klimatförbättrad, så kallad, ECO-betong samt kostnader för solceller presenteras i förhållande till dess utsläppsminskande verkan.

5.1 Resultat av litteraturstudie

5.1.1 Vad är en klimatkompensation?

För att besvara frågan vad en klimatkompensation är gav United Nations definitionen att det är en åtgärd som innebär ett undvikande eller en minskning av utsläpp, alternativt avlägsnande av växthusgaser från atmosfären. Detta utan villkoret att åtgärden införs på samma plats eller vid samma tidpunkt där utsläppet, som avses kompenseras, förekommer. Klimatkompensationer som innebär att minska eller undvika utsläpp exemplifierades av Konsumentverket som bland annat införande av energieffektiva lösningar som ersätter teknik med högre utsläpp, vilket då följaktligen beskrivs leda till att halten växthusgaser i jordens atmosfär inte ökade i samma grad, alternativt var oföränderlig. Då åtgärden bidrar till en bortförsl av koldioxid ur atmosfären kallas det enligt bland annat Naturskyddsföreningen att åtgärden innebär negativa utsläpp. Detta genereras från, så kallade, klimatpositiva kompensationsåtgärder. Vetenskapsrådet EASAC indikerade att negativa utsläpp och reduktioner av utsläpp, främst gällande utsläpp av fossilt ursprung, är en förutsättning för att nå rådande klimatmål. Kortfattat visade även studien att åtgärder som potentiellt kan bidra med stora negativa utsläpp innebär höga kostnader och är dessutom, i dagsläget, inte tillräckligt undersökta och utvecklade för att de, i nuläget, ska kunna bidra till att sätta klimatmål ska kunna nås. I takt med att klimatpolitiken utvecklats, har klimatkompensationer med tiden tagit en större roll i olika staters och verksamheters klimatarbete. Marknaden för klimatkompensationer beskrivs av FN:s organisation FAO finnas i en frivillig och en reglerad form, där den sistnämnda visade sig vara flertalet gånger mer omfattande samtidigt som den frivilliga, i dagsläget, börjar ta alltmer plats.

5.1.2 Hur undersöks en klimatkompensations tillförlitlighet?

Gällande tillförlitligheten hos klimatkompensationer, visade litteraturstudien genom bland annat AtmozConsulting att ett antal grundkriterier granskas för att säkerställa åtgärdens klimatnytta. Undersökningen visade bland annat att åtgärden inte enbart ska innebära kortvariga utsläppsminskningar eller temporära avlägsnanden av växthusgaser från atmosfären, utan att den ska vara beständig och ha permanens. Inte heller ska åtgärden, med sin funktion som klimatkompensation, genomföras oberoende av klimatfinansiering och utan klimatnytta som huvudsakligt skäl, det vill säga, åtgärden

ska vara additionell. Ytterligare kriterier som visade sig ska undersökas är att klimatkompensationen ska vara spårbar och som regel verifieras av en oberoende tredje part. Angående risker i samband med klimatkompensationer och avsedda projekt, lyfter Konsumentverket exempelvis kvantifiering av klimatnytta som en aspekt, då utsläppsminskningar huvudsakligen uppskattas och beräknas med teoretiska metoder. Kommunikation och marknadsföring beskrivs också innebära en risk, främst avseende grön målning, då användandet av vissa begrepp kan leda till ett vilseledande av konsumenter. Vid genomförandet av projekt med klimatkompenserande syfte, angavs det i flera källor att det även kan finnas en risk för sociala och ekonomiska orättvisor.

5.1.3 Vilka typer av klimatkompensationsåtgärder finns det?

Klimatkompensationsåtgärder som bidrar till undvikande, minskande eller borttagande av utsläpp, och som beskrivs av bland annat Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Zeromission och FN, är Carbon Capture and Storage (CCS), bio-CCS, naturbaserade lösningar även kallade Nature-based solutions (NBS), biokollagring, trädplanteringar samt investeringar i förnybar energi och teknik som medför lägre utsläpp. En kort beskrivning av resultatet som behandlar vilka åtgärdstyper som finns, samt vilken utsläppseffekt respektive åtgärd har, presenteras i Tabell 7.

Klimatkompensationer i byggbranschen

Tabell 7. Sammanfattning av klimatkompensationsåtgärder med beskrivning och effektverkan avseende om åtgärden innebär ett så kallat negativt utsläpp genom permanent avlägsnande av koldioxid i atmosfären eller en åtgärd som bidrar till minskning av utsläpp.

Åtgärdstyp	Beskrivning	Utsläppseffekt
CCS och bio-CCS	Åtgärden innebär infångning, transport och lagring av koldioxid från förbränningsprocess. Bio-CCS syftar på förbränning av biogent material och bidrar på så vis med ett avlägsnande av koldioxid från atmosfären, ett så kallat negativt utsläpp. Tekniken finns inte i utvecklad i kommersiell skala ännu men forskning pågår och försök pågår vilka visar på stor potential avseende effekt som klimatkompensationsåtgärd. Det lyfts även ett flertal risker gällande exempelvis dess permanens samt risken med att förlita sig på en teknik som ännu inte är tillräckligt beprövad. Gällande investering i tekniken på den frivilliga marknaden är det i nuläget inte möjligt att tillgodoräkna sig utsläppsminskningar som företag, eftersom staten tillgodoräknas dessa.	Minskande respektive negativ
Nature-based solutions (NBS)	Förekommer i form av skogsområden, våtmarker, utformningar i urbana miljöer, lantbruksmiljöer och kustnära områden. Lösningarna bidrar, utöver med kolsänkande effekt, med andra ekosystemtjänster som kan tillföra ytterligare nyttor. Projekt som genomförs i syfte att klimatkompensera handlar om återställande, bevarande, förvaltande och skyddande åtgärder.	Minskande och negativ
Trädplantering	Plantering av träd med huvudsyftet att kompensera växthusgasutsläpp. Projekten genomförs inte sällan i utvecklingsländer. Aspekter som i vissa fall får uppmärksamhet gällande trädplanteringar är monokulturer, val av passande trädart och plats, samt social hållbar utveckling.	Negativ
Biokol	Porös förkolnad biomassa med förmåga att lagra koldioxid, samtidigt som den bidrar till förbättrade växtvillkor, används	Negativ

	<p>genom inblandning i jord, både inom jordbruk och i urbana växtbäddar. Den betraktas som en kolsänka med en varaktighet beroende av biokolets stabilitet. Marknaden för biokol, i klimatkompenserande syfte, är mindre utvecklad än den marknad som använder produkten i jordförbättrande syfte. Det krävs stora mängder för att uppnå ett omfattande upptag av koldioxid.</p>	
<p>UN Carbon Offset Platform</p>	<p>Investeringar i förnybar energi, samt teknik som släpper ut mindre växthusgaser, kan göras genom bland annat UN Carbon Offset Platform. Tekniken implementeras i utvecklingsländer där den ersätter utrustning och produktion som innebär större mängder utsläpp. De förnybara energikällorna är till exempel sol-, vind- och vattenkraft.</p>	<p>Minskande</p>

5.1.4 Vad kostar det att klimatkompensera?

För att sammanfatta kostnader för olika typer av klimatkompensationsåtgärder presenteras uppskattad minimal, maximal och ett beräknat medelvärde av projektkostnad (för genomförande av åtgärd) per ton koldioxidekvivalenter i svenska kronor (SEK) för olika typ av klimatkompensationsåtgärder i tabellform, se Tabell 8. Genomsnittsvärdet för projektkostnad beräknades utifrån lägsta och högsta värde. I tabellen redovisas även minimal, maximal och genomsnittlig kostnad för konsument vid köp av utsläppsminskning genom de olika åtgärderna. Genomsnittsvärdet för storskalig trädplantering, biokol och samtliga UN Carbon Offset Platsforms-åtgärder baseras på företaget 8BillionTrees presenterade genomsnittliga kostnad (Opanda, 2024). Genomsnittspris för åtgärder inom NBS hämtades från CarbonCredits hemsida och var det dagspris som presenterades för samtliga typer av NBS-åtgärder (Carbon Credits, 2024). Respektive övriga data i Tabell 8 är hämtad från den källa presenterad i respektive åtgärds kostnadsavsnitt, se rubrik 3.5.2–3.5.6.

Tabell 8. Projektkostnad och konsumentkostnad i SEK, motsvarande ett ton koldioxidekvivalenter, med olika typer av klimatkompensationsåtgärder.

Klimatkompensationsåtgärd	Projektkostnad [SEK/tCO ₂ e]			Konsumentkostnad koldioxidkredit [SEK/tCO ₂ e]		
	Min	Max	Med	Min	Max	Genomsnittlig
Bio-CCS	650	1100	850			
NBS						16
Storskalig trädplantering	11	1100	556	25	225	84
Biokol			2900	10	225+	34
UN Carbon Offset Platform						
Vindkraft				3	203	21
Vattenkraft				2	90	16
Solenergi				11	110	46
Bränsleutbyte				39	225+	128
Energieffektiva hushållsapparater				22	225+	55

Kostnader för olika typer av Nature-based solutions var svårtillgängliga publikt, därav presenteras endast den genomsnittliga konsumentkostnaden i tabell ovan. För bio-CCS och CCS fanns inte information att tillgå gällande konsumentkostnad, i stället presenteras projektkostnad för teknik avseende bio-CCS, med en utsläppssänkande effekt på ett ton koldioxidekvivalenter.

För en uppskattning av produktionskostnaden kopplat till utsläppsminskning för åtgärder inom UN Carbon Offset Platform, samlades data gällande produktionskostnad och utsläppsminskande effekt för vindkraft från två separata källor. SR Energy konstaterar att ett vindkraftverk som producerar 9000 MWh per år ger en utsläppsminskning på totalt 5400 kgCO₂ årligen (2019). Energimyndigheten anger att den globala genomsnittliga produktionskostnaden för vindkraftverk är 0,68 SEK/kWh (2016). Från dessa siffror beräknades produktionskostnad för vindkraftverk per minskande ton koldioxid enligt nedan.

$$\text{Antal kWh/tCO}_2 = 9000 \times 10^3 / 5400 = 1666,67 \text{ kWh/tCO}_2$$

$$\text{Antal SEK/tCO}_2 = 1666,67 \times 0,68 = 1133,33 \text{ SEK/tCO}_2$$

Detta är endast en exempelberäkning för att ge uppfattning om produktionskostnaden för vindkraft kopplat till utsläppsminskande effekt. Liknande beräkningar skulle kunna genomföras för andra typer av åtgärder om tillgängliga data finns.

5.1.5 Hur ser klimatarbetet ut inom byggbranschen?

Litteraturstudien baserad på bland annat Boverket, Svenska Bostäder och Sveriges Riksdag visade på att byggsektorn idag omfattas av en rad olika klimatkrav som påverkar hur klimatarbetet i branschen genomförs och kontrolleras. Detta för att nå de klimatmål som föreligger nationellt och internationellt, på EU-nivå. Från år 2022 gäller Taxonomiförordningen och från januari samma år är det enligt svensk lagstiftning även krav på att utföra klimatdeklarationer av nybyggnation. Taxonomiförordningen innebär ett förtydligande gällande vad som är en hållbar investering och klimatdeklarationer innebär en transparens gällande klimatavtryck för byggnader. En klimatdeklaration

undersöker utsläpp avseende materialval, byggmetoder och utformningar och visar en byggnads påverkan under byggske. Om den utförs i tidigt planerings- och projekteringsskede konstaterades den kunna hjälpa till att synliggöra vilka delar och eller processer som bidrar till störst klimatpåverkan och därmed tydliggöra var fokus bör läggas för att sänka byggnadens klimatavtryck.

Utöver användandet av klimatkompensationer, som en extern åtgärd med syftet att generera utsläppsminskningar, konstaterades det i flera källor, däribland Naturvårdsverket, att de åtgärder som initialt görs avseende minskade av utsläpp, är fundamentalt och av betydelse för klimatarbetet. Olika tillvägagångssätt finns för att arbeta mer klimateffektivt inom byggsektorn och en av dem som beskrivs av Boverket, är att använda olika miljöcertifieringar som genom olika beräkningar genomlyser och kvantifierar klimatpåverkan. Ytterligare metoder som visades i och med fallstudien, är att involvera miljöinitiativ i projekt och att använda sig av byggmetoder och material som medför lägre utsläpp än traditionella alternativ.

5.1.5.1 Miljöcertifieringar och miljöinitiativ

NollCO₂

Certifieringen som huvudsakligen behandlades i examensarbetet var NollCO₂, framtagen av Swedish Green Building Council (SGBC). Studien visade att detta är en påbyggnadscertifiering vilket innebär att även annan certifiering genomförs. NollCO₂-certifieringens fokus ligger på att sänka klimatpåverkan under hela byggnadens livscykel och att med hjälp av klimatåtgärder och eventuellt klimatkompensationsåtgärder balansera ut kvarvarande utsläpp ned till nettonoll. Detta genomförs enligt SGBC, satta riktlinjer och beräkningsmetoder. Det är exempelvis, enligt certifieringen, tillåtet att använda klimatkompenserande åtgärder i form av externa köp. Det är dock enbart ett visst urval av system på den frivilliga marknaden som tillåts användas och samtliga kompensationsprojekt ska undersökas enligt ett flertal granskningskrav.

LFM30

LFM30 är ett lokalt initiativ i Malmö som strävar efter en klimatneutral bygg- och anläggningssektor till år 2030. Arbetssätt och riktlinjer studerades i litteraturstudien. Innan år 2030, då klimatneutralitet ska uppnås, arbetas det efter att nå satta målgränsvärden för olika byggnadstyper. I dokument framtagna inom initiativet tydliggörs en prioritering av negativa utsläpp för återbetalning av den klimatskuld som föreligger, före åtgärder som förebygger nya utsläpp. Återbetalningsmetoder som visade sig prioriteras i andra hand inom initiativet är metoder som förebygger utsläpp, vilket bland annat avser investeringar i förnybara energikällor såsom vindkraft och solceller. Dessa typer av åtgärder tillåts inte användas som balanserande av klimatskuld. Litteraturstudien klargjorde att de återbetalningsmetoder som i LFM30 är godkända som negativa utsläppsåtgärder i form av externa köp, är bland annat bio-CCS och biokol. Initiativets tanke bakom bio-CCS-teknik konstaterades vara att tekniken betraktas som ett accepterat alternativ med den huvudsakliga anledningen att staten, kommuner och större kraftbolag satsar på denna teknik i en större omfattning.

5.1.5.2 Klimateffektiva byggmetoder

I teoriavsnittet utpekades byggmetoder som medför lägre utsläpp, vilka Svenska Bostäder beskriver handla om bland annat materialval, återbruk och återanvändning, optimering samt minimering av spill. Biobaserade material är ett exempel på material som konstaterades kan bidra till lägre utsläpp. Livslängd hos material har också betydelse, i synnerhet gällande den totala klimatpåverkan och möjligheterna till återbruk. Fallstudien visade att planering och projektering också spelar en roll avseende klimatpåverkan, bland annat gällande inköp av rätt produkter och dess dimensioner, samt att undvika utformningar som ger upphov till större materialåtgång.

Byggdelar som kan ha särskild betydelse för klimatpåverkan enligt genomförd fallstudie är stomme, husunderbyggnad och fasad. För att minska klimatpåverkan beskriver Svenska Bostäder att till exempel stommen kan utformas i trä eller klimatförbättrad betong. Betongen kan dessutom bytas ut i husunderbyggnaden, och Svensk Byggtjänst redogör även att utsläppsminskningar kan även fås då stål byts ut till så kallat grönt stål. Svenska Bostäder lyfter att materialutbyten som kan göras avseende fasader är att exempelvis använda återbrukat tegel, alternativt en utformning i trä.

5.1.5.3 Resultat av fallstudie

I fallstudien som undersöktes visades sig huvudfokus i projektet Kvartetten riktats mot materialvalen i byggnaden, samt installation och nyttjande av solceller. Byggnaden har certifieringarna WELL och Miljöbyggnad, samt en preliminär NollCO₂-certifiering. Utöver detta har projektet även genomförts som ett pilotprojekt enligt LFM30:s ramverk. I projektet har det inte genomförts någon form av externt köp av klimatkompensation, utan balansering i NollCO₂-beräkning gjordes med klimatåtgärden installation av förnybar energi.

Material som togs i beaktning och ändrades till alternativ med lägre klimatpåverkan, var bland annat betong som byttes ut mot klimatförbättrad ECO-betong. I projektet valdes även ett flertal andra mer klimatvänliga material och utformningen av byggnaden optimerades för att minska klimatpåverkan. Dessa materialbyten och annan optimering presenteras i Tabell 9 nedan. Solceller valdes att installeras onsite på byggnaden Kvartetten samt offsite på byggnader i Malmö, Helsingborg och Lund. Solcellerna bidrog, i balansberäkningen enligt NollCO₂-certifiering, med utsläppsminskningar som resulterade i att byggnaden, påvisas ge ett nettonoll-utsläpp under beräkningsperioden på 50 år.

Tabell 9. Materialbyten och ändringar på utformning för minskad klimatpåverkan.

BSAB 15	Grundkonstruktion
Betong	En platsgjuten bottenplatta och källarytterväggar av ECO-betong. Tjockleken på delar av bottenplattan minskades för en minskad materialanvändning. Cement i betongblandningen har ersatts med bindemedlet merit för att minska klimatpåverkan från det högt bidragande vanliga bindemedlet, cementklinker.
Armering	Byte av leverantören till sådan, som jämfört med andra leverantörer levererade armering med lägst klimatpåverkan.
Isolering	Cellplast innehållande en hög andel återvunnet material valdes.
BSAB 27	Bärverk i husstomme
Stomme	Stomentreprenör och deras stålleverantör föreslog optimeringsåtgärder för stomme och miljömässigt bättre materialval. De åtgärder som genomförts är utbyte av delar av bjälklag till lättelelement av trä. Använda HD/F-bjälklag är gjorda av klimatförbättrad betong och använda samverkansbalkar är gjorda av över 90 % återvunnet material.
Fasad	Vid detaljprojektering gjordes fasaden om så att mindre mängd flintasten behövdes.
BSAB 42	Klimatavskiljande delar och kompletteringar i yttervägg (icke-bärande)
Klimatskal	Vid detaljprojektering höjdes taket i byggnadens atrium med fem våningar. Detta innebar att även gränsen för klimatskalet flyttades vilket gjorde att tidigare ytterväggar, med fasadsystem av aluminiumprofiler, kunde ersättas med atriumväggar som kräver mindre isoleringstjocklek och byggs upp av stålskenor och träreglar. Ytterväggsbeklådning blev också av akustikpanel av träribbor i stället för tegel och flinta. Även fönsterkarmar i atriumgården byttes ut till trä, från att tidigare varit i aluminium.
Fasad	Fasadleverantör i projektet arbetade tillsammans med leverantör av aluminiumprofiler för att öka mängden återvunnet aluminium. Arbetet ledde till att fasadsystem tillverkades med 70 % återvunnet material. Delar med tegelfasad utgjordes av tegel med en halverad klimatpåverkan jämfört med standardvariant. Detta då teglet bränns med biogas i stället för naturgas.
BSAB 43	Inre rumsbildande byggdelar (icke-bärande)
Innerväggar	I uppbyggnaden av innerväggar byttes stålreglar ut till träreglar. Gipsandelen minskades också genom utbyte av invändig skiva till plywood. Gällande isolering så har materialval gjort utifrån klimatpåverkan och andel återvunnet material.
BSAB 44	Invändiga ytskikt
Invändiga ytskikt	Materialval, gällande invändiga ytskikt som undertakplattor och textilplattor, gjordes baserat på dess klimatpåverkan.

Kostnader – utsläppsminskande åtgärder i Kvartetten

Utsläppsminskande åtgärder, för vilka kostnadsdata undersöktes i fallstudie och som använts i Kvartetten är materialvalet ECO-betong samt installation av solceller.

Utbyte till ECO-betong

Gällande kostnaderna för de åtgärder som användes för att minska klimatpåverkan i projektet Kvartetten sammanställs det, i Tabell 10 nedan, kostnader för traditionell ”vanlig” betong och klimatförbättrad betong, tillsammans med den klimatpåverkan [$\text{kgCO}_2\text{e/m}^3$] som materialet ger upphov till. Datan utarbetas vidare i senare analyskapitel för att beräkna och uppskatta en kostnad kopplat till de utsläppsreduceringar som kan erhållas genom att byta ut vanlig betong mot ECO-betong.

Tabell 10. Kostnad och klimatpåverkan för "vanlig" betong respektive tre olika typer av ECO-betong.

Betongsort	Kostnad [SEK/m ³]	Klimatpåverkan [kgCO ₂ e/m ³]
"Vanlig" betong	2210	272,6
ECO-betong typ 1	2230	199,0
ECO-betong typ 2	2250	160,0
ECO-betong typ 3	2270	141,0

Installation av solceller

Kostnad för de utsläppsreduceringar som tillgodosågs till följd av solcellsinstallation, onsite och offsite, baserades bland annat på information i Tabell 5 i kapitel Fallstudie. Kostnaden för att erhålla en minskad klimatpåverkan motsvarande ett ton koldioxidkvivalenter beräknades baserat på investeringskostnader för tre offsite-anläggningar. Investeringskostnad redovisas inte på grund av sekretesskäl. I beräkningar togs det hänsyn till att 90 procent av investeringskostnaden är finansierad av byggherre, då projektet endast får tillgodoså sig andelen klimatvärde motsvarande finansieringsandel. Klimatvärdet för solkraft är 0,779 $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$. Eftersom klimatvärdet från förnybar elproduktion antas vara noll år 2050, då EU har som mål att ha en klimatneutral elproduktion, beräknas kostnaden för att från och med år 2023, fram till år 2050, totalt under 28 år, ge en utsläppsminskning på 1 kgCO_2e . Denna utsläppsminskning gäller för hela beräkningsperioden på 50 år. Förnybar elproduktionsteknik antogs, enligt NollCO₂, ha en livslängd på 30 år.

Produktion anläggning X under livstiden 30 år = Y kWh

Medelvärde klimatvärde [kgCO_2e] =

$$\frac{\sum_{i=0}^{27} 0,779 - \frac{0,779}{28} \cdot i}{28}$$

Klimatvärde anläggning X = Y x medelvärde klimatvärde x 0,9 = Z kgCO_2e

Kostnad per klimatvärde anläggning X [$\text{SEK/kgCO}_2\text{e}$] = Investeringskostnad anläggning X x 0,9 / Klimatvärde anläggning X

Ovan beräkning presenteras i Bilaga 2. Tre olika kostnader per klimatvärde under 28 år beräknades och gav ett medelvärde på 0,885 SEK/kgCO_{2e}, alltså 885 SEK för att kunna balansera med ett ton koldioxidekvivalenter under beräkningsperioden på 50 år. För Kvartetten, med en bruttoarea på 23 247 m², innebär det att en minskning på 1 kgCO_{2e}/m² BTA under beräkningsperioden på 50 år, kostar 20 574 SEK. I projektet med dess solcellsinstallation, on- och offsite, uppnåddes en utsläppsminskning under hela beräkningsperioder på totalt 7889 ton CO_{2e}, alltså 339,4 kgCO_{2e}/m² BTA. Byggnadens klimatpåverkan under hela dess livscykel, skede A1-C4, beräknades, med NollCO₂:s metodik till 7018 ton CO_{2e}, vilket lämnade en marginal i form av ett negativt utsläpp på totalt 871 ton CO_{2e}, alltså -37,5 kgCO_{2e}/m² BTA.

6 Analys

I denna analys undersöks utsläppsminskande effekt genom utbyte av vanlig betong till tre olika typer av ECO-betong. Detta för att undersöka utsläppsminskande effekt och kostnaden kopplat till detta då en av de klimateffektiva byggmetoder som beskrivits, tillämpas. Det görs även en jämförelse mellan kostnaderna för olika kompensationsåtgärder med utgångspunkt i byggnaden, Kvartettens, klimatpåverkan. Detta för att undersöka hur priset för konsument ser ut, då en klimatkompensation efterfrågas och det antas finnas flera alternativ till hur klimatarbetet kan utformas. Slutligen undersöks kostnader avseende externa köp som skulle behövas för att halvera den klimatpåverkan som Kvartettens stomme utgör. Till grund för analysen ligger genomförd fallstudie, samt de kostnadsdata som tagits fram för klimatkompensationer och klimatåtgärder i resultatet.

6.1 Påverkan genom utbyte till ECO-betong

I Tabell 10, sammanställdes kostnader för traditionell ”vanlig” betong och klimatförbättrad ECO-betong, tillsammans med den klimatpåverkan [$\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$] som materialet ger upphov till. Data från tabellen bearbetas vidare för att beräkna och uppskatta en kostnad kopplat till de utsläppsreduceringar som kan erhållas genom att byta ut vanlig betong mot ECO-betong. Detta presenteras i Tabell 11 nedan. Samtliga uträkningar presenterade i tabell genomförs enligt:

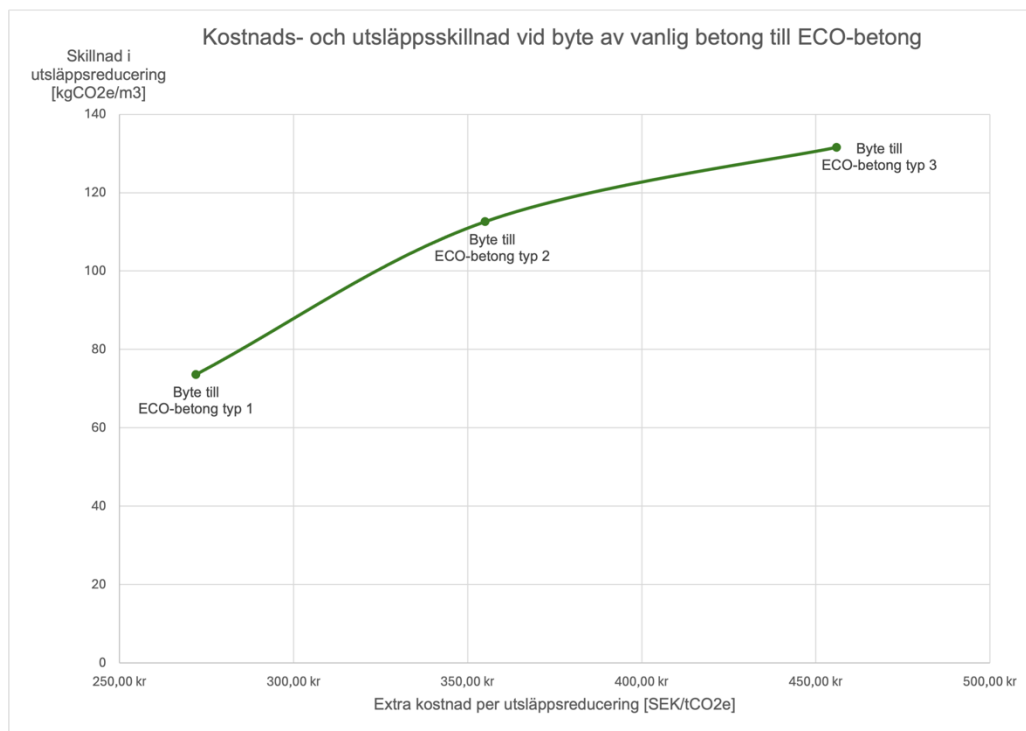
$$\text{Utsläppsreducering (ECO-betong typ X) } [\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3] = \text{Klimatpåverkan (vanlig betong)} - \text{Klimatpåverkan (ECO-betong typ X)}$$

$$\text{Kostnadsskillnad per utsläppsreducering (ECO-betong typ X) } [\text{SEK}/\text{tonCO}_2\text{e}] = (\text{Kostnadsskillnad (betong och ECO-betong typ X)} / \text{Utsläppsreducering (ECO-betong typ X)}) \times 1000$$

Tabell 11. Kostnadsskillnad, utsläppsreducering och kostnadsskillnad för utsläppsreducering vid byte från vanlig betong till ECO-betong.

”Betongbyte”	Kostnads- skillnad [SEK/m ³]	Utsläpps-reducering [kgCO ₂ e/m ³]	Kostnadsskillnad per utsläpps-reducering [SEK/tCO ₂ e]
Betong till ECO-betong typ 1	20	73,6	272
Betong till ECO-betong typ 2	40	112,6	355
Betong till ECO-betong typ 3	60	131,6	456

Tabell 11 ovan visar alltså hur mycket det kostar per utsläppsreducering genom byte från ”vanlig” betong till respektive ECO-betong-typ. Kolumnen längst till höger indikerar alltså på den extra kostnad som tillkommer för att uppgradera till de klimatförbättrade alternativen och därmed uppnå en utsläppsminskning på ett ton koldioxidekvivalenter. Sambandet ritas även upp i ett diagram som visas i Figur 10.



Figur 10. Skillnad i kostnad och utsläpp då traditionell betong byts mot ECO-betong i olika klasser.

Resultatet från Tabell 11 och Figur 10 kan alltså tolkas som att det är mest kostnadseffektivt att byta från ”vanlig” betong till ECO-betong typ 1. I det fallet kostar det 272 SEK per ton utsläppsminskning kontra utbyte till ECO-betong typ 2 och 3 som innebär en kostnad på 355 respektive 456 SEK. I figuren framgår det att skillnaden i utsläpp kontra kostnad mellan betongbytena, skiljer sig då ECO-betong typ 2 byts mot ECO-betong typ 3, i jämförelse med bytet från typ 1 till typ 2. Kurvan ”planar ut”, och visar alltså att en mindre utsläppsminskning erhålls mellan de två sista punkterna, där den extra kostnaden per utsläppsreducering samtidigt blir större. Något som påverkar valet är dock om de olika alternativen har olika egenskaper avseende kvalitet, hållfasthet och tillgänglighet. I detta jämförelsefall är det dock samma typ av hållfasthetsklass på betong som studeras. För att uppnå en utsläppsminskning på 1 ton koldioxidkvivalenter är det dock billigare att använda ECO-betong typ 3, då det krävs mindre volym av denna variant för att erhålla samma utsläppsminskning. Alltså även om kostnaden per utsläppsreducering är högst för typ 3, kostar det mindre för att uppnå en utsläppsminskning upp till en viss punkt. Detta beräknas enligt nedan och presenteras i Tabell 12.

$Volym\ för\ utsläppsreducering\ på\ 1\ ton\ [m^3/tCO_2e] = 1000 / Utsläppsreducering\ per\ kubikmeter$

$Kostnad\ för\ utsläppsminskning\ på\ 1\ ton = (Kostnad\ per\ kubikmeter\ ("vanlig\ betong")) + Kostnadsskillnad\ (ECO-betong\ typ\ X) \times Volym\ för\ utsläppsminskning\ på\ 1\ ton$

Tabell 12. Sambanden mellan utsläppsreducering om 1 ton CO₂e och volym, samt kostnad.

Betongbyte till	Utsläppsreducering per kubikmeter [kgCO ₂ e/m ³]	Volym utsläppsreducering på 1 ton [m ³ /tCO ₂ e]	Kostnad för utsläppsminskning på 1 ton [SEK/tCO ₂ e]
ECO-betong typ 1	73,6	13,59	30 300
ECO-betong typ 2	112,6	8,88	20 000
ECO-betong typ 3	131,6	7,60	17 200

Den totala kostnaden är alltså lägre då man använder ECO-betong typ 3 jämfört med de andra två klimatförbättrade varianterna för att uppnå en utsläppsreducering på ett ton koldioxidekvivalenter. Resultatet visar att trots att kostnaden per utsläppsreducering är högre för typ 3, är den totala kostnaden lägre till följd av en större utsläppsreducering per kubikmeter. Detta kan tolkas som att valet av betongtyp bör baseras på den **totala kostnaden** för att uppnå en önskad utsläppsreducering och inte på kostnaden **per** utsläppsreducering.

För att undersöka de olika betongtypernas kostnadseffektivitet avseende utbyte av en specifik volym betong genomförs en exempelberäkning nedan. Den volym som undersöks är 100 kubikmeter betong, som genom utbyte till de olika klimatförbättrade alternativen innebär en specifik utsläppsreducering samt en viss kostnad. Se Tabell 13 nedan för beräkningsresultat.

$Utsläppsreducering\ [tCO_2e] = Utsläppsreducering\ per\ kubikmeter \times Utbytt\ volym$

$Kostnad\ [SEK] = (Kostnad\ ("vanlig\ betong")) + prisskillnad\ (ECO-betong\ typ\ X) \times Utbytt\ volym$

$Kostnad\ per\ utsläppsreducering\ [SEK/tCO_2e] = Kostnad / Utsläppsreducering$

Tabell 13. Utsläppsreducering, kostnad och kostnad per utsläppsreducering då 100 kubikmeter betong byts ut mot ECO-betong.

Betongbyte till	Utbytt volym [m ³]	Utsläppsreducering [tCO ₂ e]	Kostnad [SEK]	Kostnad per utsläppsreducering [SEK/tCO ₂ e]
ECO-betong typ 1	100	7,360	223 000	30 300
ECO-betong typ 2	100	11,26	225 000	20 000
ECO-betong typ 3	100	13,16	227 000	17 200

Vidare undersöks även vad som är mest kostnadseffektivt om en viss utsläppsreduktion önskas. Om en utsläppsminskning på 10 ton koldioxidekvivalenter önskas erhållas, vad

innebär det då avseende mängd som behöver bytas ut och vad ger dessa mängder för kostnader? Beräkningar utförs enligt nedan, se Tabell 14 för resultat.

$$\text{Nödvändigt volymutbyte [m}^3\text{]} = 10\,000 / \text{Utsläppsreducering per kubikmeter [kgCO}_2\text{e/m}^3\text{]}$$

$$\text{Kostnad [SEK]} = (\text{Kostnad ("vanlig betong")}) + \text{prisskillnad (ECO-betong typ X)} \times \text{Nödvändigt volymutbyte}$$

Kostnad per utsläppsreducering beräknas på samma vis som resultat i Tabell 13 ovan.

Tabell 14. Volym, kostnad och kostnad per utsläppsreducering då en utsläppsreducering på 10 ton koldioxidkvivalenter önskas erhållas med hjälp av byte av betong till ECO-betong.

Betongbyte till	Önskad utsläppsreducering [tCO ₂ e]	Nödvändigt volymutbyte [m ³]	Kostnad [SEK]	Kostnad per utsläppsreducering [SEK/tCO ₂ e]
ECO-betong typ 1	10	135,9	303 057	30 300
ECO-betong typ 2	10	88,8	181 800	18 180
ECO-betong typ 3	10	76,0	172 520	17 300

Resultatet från ovan tabeller indikerar alltså att då samma volymmängd ämnas bytas ut är det givetvis mindre kostsamt att byta ut till ECO-betong typ 1 då den kostar minst per kubikmeter. Gällande kostnadseffektivitet i utsläppsminskande effekt är i stället typ 3 den mest fördelaktiga då mindre mängd behövs för att uppnå samma utsläppsminskning.

6.2 Kostnader för klimatkompensation

Gällande fallstudien jämförs den klimatåtgärd som faktiskt genomfördes, med alternativ av externa köp av klimatkompensationer. Alltså kommer installation av solceller jämföras med implementering av biokol, köp av koldioxidkredit i naturbaserade lösningar samt i trädplanteringsprojekt, och köp via UN Carbon Offset Platform att undersökas. De UN Carbon Offset Platform-köp som undersöks är vindkraft, vattenkraft, solenergi, bränsleutbyte och energieffektiva hushållsapparater. Kostnaden som presenterats för bytet av betong till ECO-betong typ 3 jämförs också mot dessa.

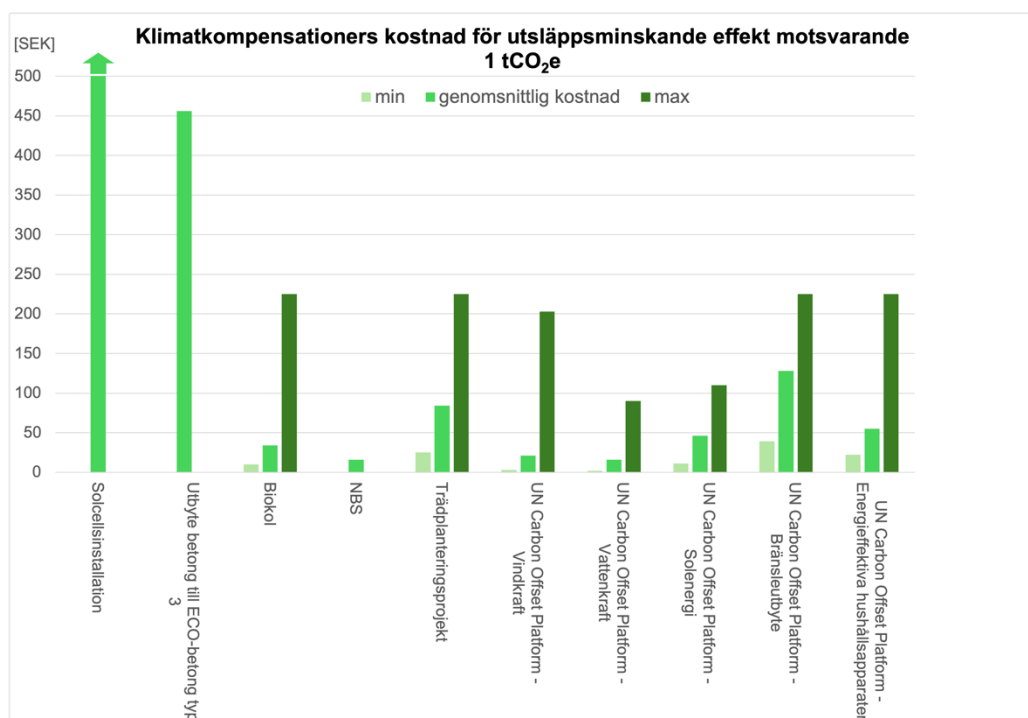
I Tabell 15 och Figur 11 presenteras åtgärdernas kostnader för kompenserande eller undvikande av utsläpp motsvarande ett ton CO₂e. Kostnad per ton utsläppsminskning som presenteras baseras på sammanställda värden enligt resultatkapitel.

Klimatkompensationer i byggbranschen

Tabell 15. Sammanfattat kostnadstabell med minimala, maximala och genomsnittliga kostnader i SEK för utsläppsminskning på ett ton koldioxidkvalenter genom olika åtgärder.

Åtgärd	Min. kostnad per ton utsläppsminskning [SEK/tCO _{2e}]	Max. kostnad per ton utsläppsminskning [SEK/kgCO _{2e}]	Genomsnittlig kostnad per ton utsläppsminskning [SEK/tCO _{2e}]
Installation av solceller	-	-	885*
Utbyte av betong till ECO-betong typ 3	-	-	456
Implementering av biokol	10	225+	34
Koldioxidkredit i NBS-åtgärd	-	-	16
Koldioxidkredit i trädplanteringsprojekt	25	225	84
Köp via UN Carbon Offset Platform			
-Vindkraft	3	203	21
-Vattenkraft	2	90	16
-Solenergi	11	110	46
-Bränsleutbyte	39	225+	128
-Energieffektiva hushållsapparater	22	225+	55

*Kostnad per ton utsläppsminskning genom installation av solceller baseras på NollCO₂:s beräkningsmetodik med en beräkningsperiod på 50 år.



Figur 11. Sammanfattad kostnadsgraf med minimala, maximala och genomsnittliga kostnader i SEK för utsläppsminskning på ett ton koldioxidkvalenter genom olika åtgärder.

Staplar i Figur 11 ger en visuell illustration av hur kostnaderna förhåller sig till varandra, där den allra dyraste åtgärden är installation av solceller. Detta följt av betongutbyte, från ”vanlig” betong till ECO-betong typ 3, som till skillnad från de externa köpen av klimatkompensationer är en åtgärd som tillämpas inom det specifika projektet, vilket delvis även gäller solcellsinstallation. Då betongen trots utbytet innebär ett utsläpp, som inte kan balansera med negativa utsläpp likt de andra åtgärderna presenterade i figuren ovan, analyseras inte kostnaden för att kompensera ett helt byggprojekt på detta sätt. Jämförelsen av kostnaden för att tillämpa betongutbytet kontra kompensation genom externa köp görs i tidigare avsnitt. Kostnader för klimatkompensation av ett byggprojekts totala klimatpåverkan görs nedan.

Byggnaden Kwartetten visar en total klimatpåverkan under dess livscykel på 7018 ton koldioxidekvivalenter. I enlighet med projektets NollCO₂-certifiering, balanseras denna ut till inte bara ett nettonoll, utan projektet genererar även en totalt negativ påverkan under beräkningstiden 50 år, med hjälp av klimatåtgärden installation av förnybar el genom solceller.

Bortsett från denna NollCO₂-certifiering analyseras i denna studie vad externa köp av klimatkompensationsåtgärder motsvarar i kostnad för att balansera ned byggnadens totala klimatpåverkan på 7018 ton koldioxidekvivalenter ned till nettonoll. Detta för att skapa en uppfattning om olika åtgärders effektivitet och därmed hur relevanta sådana köp är i projekt av Kwartettens storlek. Samtliga åtgärders kostnad motsvarande ett utsläppminskande på 7018 ton koldioxidekvivalenter presenteras i Tabell 16.

Tabell 16. Minimal, maximal och genomsnittlig kostnad för olika åtgärder avseende utsläppsminskning ned till nettonoll klimatpåverkan för byggnaden Kwartetten.

Åtgärd	Min. kostnad för utsläppsminskning på 7018 tonCO ₂ e [SEK]	Max. kostnad för utsläppsminskning på 7018 tonCO ₂ e [SEK]	Genomsnittlig kostnad för utsläppsminskning på 7018 tonCO ₂ e [SEK]
Installation av solceller	-	-	6 210 930
Implementering av biokol	70 180	1 579 050+	238 612
Koldioxidkredit i NBS-åtgärd	-	-	112 288
Koldioxidkredit i trädplanteringsprojekt	175 450	1 579 050	589 512
Köp via UN Carbon Offset Platform			
-Vindkraft	21 054	1 424 654	147 378
-Vattenkraft	14 036	631 620	112 288
-Solenergi	77 198	771 980	322 828
-Bränsleutbyte	273 702	1 579 050+	898 304
-Energieffektiva hushållsapparater	154 396	1 579 050+	385 990

Det är alltså i detta fall som allra dyrast att balansera upp utsläppen genom att installera solceller. Att ha i beaktning är att åtgärden syftar på en egen solcellsanläggning, vilken troligen har något typ av värde efter dess beräkningsperiod på 50 år. Kostnaden i ovan tabeller är dessutom beräknad utifrån framtagna värden i resultat, vilket inte nödvändigtvis stämmer överens med hur kostnaden ser ut i det verkliga fallet. Det går

dock, med den tydliga storleksskillnaden i kostnad som grund, att fastställa att installation av solceller är flertalet gånger så kostsamt som att välja köp av koldioxidkrediter. Det finns även en viss variation i kostnaderna för de olika koldioxidkrediterna, med ett spann avseende medelkostnaden, från drygt 112 tusen kronor, till en kostnad om nästan 900 tusen kronor för att balansera den klimatpåverkan, beräknad med NollCO₂-metodik, som projektet Kvartetten ger upphov till i skede A1 till C4.

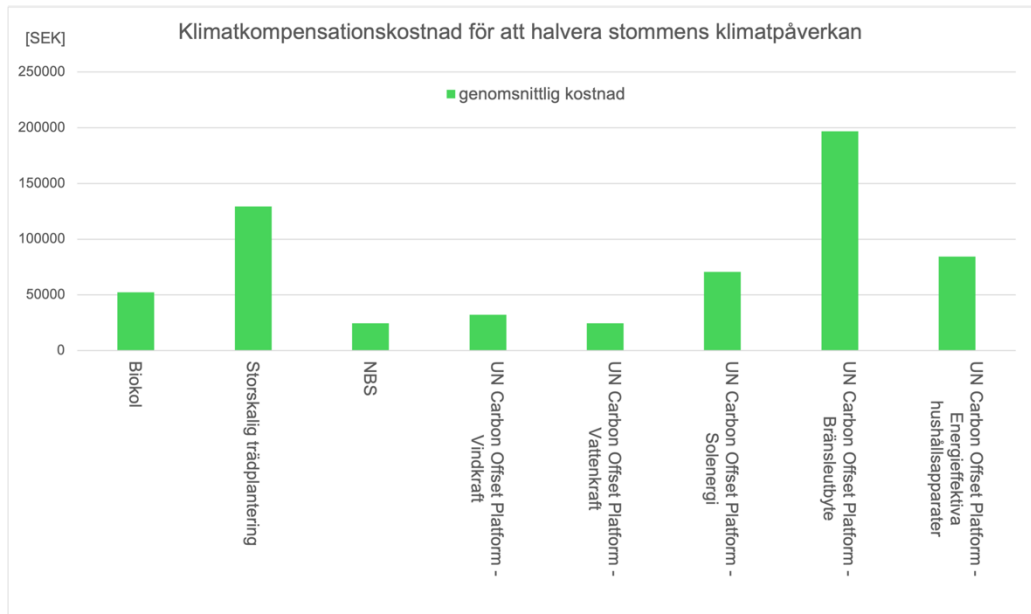
Något som också måste tas hänsyn till i detta fall är mängden av externa köp som krävs för en viss utsläppsminskande effekt. Kostnaden för biokol hämtades från källan 8BillionTrees och angavs i kostnad för en kolsänkande effekt på ett tonCO₂e utan information om mängden biokol som krävs för utsläppsminskningen. Biokol kolsänkande effekt skiljer sig, som tidigare nämnt, åt beroende på kvalitet vilket således påverkar den mängd som krävs för att uppnå en viss effekt. För att uppnå stora utsläppsminskningar med biokol krävs generellt stora mängder, se avsnitt *LFM30:s beräkningsmetod för biokol*, därav undersöks hur stor volym biokol som skulle behöva implementeras i samband med projektet för att byggnadens totala klimatpåverkan ska balanseras ut. Detta genomförs genom att använda LFM30:s beräkningsexempel med ett generiskt värde på kolsänkande effekt för biokol på 2,59 kg kolsänka/kg biokol. I samma exempel antas biokolen ha en densitet på 200 kg/m³. Detta betyder att en volym på cirka 13 500 m³ biokol skulle krävas för att totalt balansera ut 7018 ton koldioxidekvivalenter som byggnaden ger upphov till i NollCO₂-beräkning. För att skapa en bild av denna mängd behövs alltså ett 2 m tjockt lager biokol utspritt på ytan av en fotbollsplan.

6.3 Klimatkompensation av stommens klimatpåverkan i Kvartetten

I fallstudien presenterades fördelningen av de olika byggdelarnas klimatpåverkan i byggskedet A1-A5, i projektet Kvartetten. Se Figur 9 i kapitel Fallstudie. För att jämföra och studera vad någon av byggdelarna skulle innebära gällande att minska klimatpåverkan, används redovisad total klimatpåverkan för projektets byggskede samt tidigare framtagna kostnadsdata för klimatkompensationer och klimatåtgärder. Det som undersöks är hur mycket som skulle krävas, kostnadsmässigt, avseende respektive klimatkompensationsåtgärd för att halvera stommens klimatpåverkan.

Nedan presenteras den genomsnittliga kostnaden för att uppnå en halverad klimatpåverkan avseende stomme, genom externa köp. Se Figur 12.

Klimatkompensationer i byggbranschen



Figur 12. Stapeldiagram som presenterar kostnad för externa klimatkompensationsåtgärder för en halverad klimatpåverkan avseende stommen i projektet Kvartetten.

Dyrast är alltså externa köp i UN Carbon Offset Platform avseende bränsleutbyte, vilket i fallet så stommens klimatpåverkan önskas halveras skulle innebära en kostnad på drygt 220 000 SEK. Den billigaste formen av externa köp utgörs av naturbaserade lösningar samt vattenkraft i UN Carbon Offset Platform, för vilka det krävs en kostnad om cirka 27 500 svenska kronor.

7 Diskussion

7.1 Klimatkompensation

Klimatkompensationer konstateras vara ett relativt vedertaget begrepp och tillvägagångssätt inom dagens klimatarbete. Det är alltmer förekommande i den privata sektorns konsumtion, gällande exempelvis resor och shopping. Även inom Sverige som stat, samt inom exempelvis EU, är klimatkompensationer en aspekt som på olika sätt behandlas. En viktig och återkommande omständighet gällande kompensationerna, enligt flertalet källor, är att företag och privatpersoner inte borde använda klimatkompensationer som en enkel ”utväg” för att fortsätta den pågående verksamheten utan förändringar i beteende och arbetssätt. Genom den marknadsföring som används av vissa företag som säljer kolkrediter, kan det för en som inte är påläst i ämnet verka som en simpel handling att enbart genomföra ett klimatkompensationsköp, i stället för att arbeta efter ett mer miljömässigt hållbart arbetssätt. Å ena sidan, finns det potential hos vissa av kompensationerna för att bidra med flertalet positiva effekter både miljömässigt, men också gällande sociala och ekonomiska värden. Åtgärderna kan alltså vara övervägande positiva så länge en fullständig tillförlitlighet samt kompensationernas resultat kan garanteras. Å andra sidan, riktar sig marknaden åt de konsumenter som eventuellt utgör några av de med störst utsläpp och samtidigt de med ekonomiska möjligheter där pengar finns att investera i klimatarbetet, om inget annat för att avspegla miljömedvetenhet. Dessa konsumenter är ofta i låg grad påverkade av åtgärderna i direkt bemärkelse, utöver att kunna inräkna utsläppsminskningar, då det i många fall är i utvecklingsländer som de klimatkompensterande projekten implementeras. Det blir med andra ord förhållandevis enkelt för de med de större finansiella tillgångarna, som dessutom är de större ”bovarna” i sammanhanget, att se chansen till att leva på som vanligt och låta problemen tas om hand på annan plats. Även om vissa av åtgärderna kan bidra till positiv förändring och tillväxt i länder med begränsade möjligheter, blir det trots allt en tydlig maktskillnad främst beroende på ekonomiska tillgångar. Tillförlitlighet och osäkerhet kommer ständigt att kunna diskuteras då effekterna inte alltid är mätbara. Det är helt enkelt en svår fråga gällande om det hela ska betraktas som en ”win-win”-situation, eller om det i många fall vore rimligt för alla konsumenter att behandla klimatkompensationer med en grundläggande skeptism.

På ett flertal webbplatser med information om, eller möjligheter till, köp av klimatkompensationer, introduceras det i vissa fall en flerstegsmodell vars första steg är att överblicka det egna beteendet, för att i nästa steg se över möjligheten till att klimatkompensera genom externa köp. Ett exempel är UN Carbon Offset Platform. Flerstegsmodellen kan sannolikt i vissa fall ge en tankeställare om att klimatkompensationer inte är den enkla åtgärd som de ibland framställs som, och på så vis få konsumenten att tänka ett extra varv om att en beteendeförändring rimligen kan vara av betydelse för klimatarbete. För att inte låta klimatkompensationerna framstå som ett sätt att slippa se sig om gällande de faktiska utsläpp som genereras till följd av en viss livsstil som privatperson, alternativt arbetssättet inom en verksamhet, borde marknadsföringen på vissa håll se annorlunda ut. Om perspektivet vidgas ytterligare, kan en ifrågasättbar marknadsföring även användas av de företag som i sitt klimatarbete

klimatkompenserar genom externa köp. Påståenden om klimatneutralitet och exempelvis klimatpositivitet, kan bli missvisande dels begreppsmässigt, men även dels avseende hur företaget framställs. Det behöver inte alltid framgå huruvida företaget faktiskt har gjort något sorts förarbete i att minska sina utsläpp, genom anpassningar och förändringar i verksamheten, utan det kan teoretiskt sett ligga externa köp av klimatkompensationer bakom ett påstående om miljömässig hållbarhet. Den tidigare nämnda flerstegsmodellen är möjligtvis inte använd till den grad som kan tyckas fördelaktig, både avseende klimat, och avseende beteende hos privatpersoner och företag, så gällande detta kan en ökad medvetenhet vara på sin plats. Detta både för att ge största möjliga positiva effekt för klimatet, samtidigt som grön målning inom marknadsföringen kan innebära en minskad risk.

7.1.1 Marknad och kostnader för klimatkompensationer

Utbudet av klimatkompensationer på dagens marknader är relativt omfattande och det är förhållandevis enkelt för både företag och privatpersoner att kompensera sina utsläpp. De senaste åren har den frivilliga marknaden för klimatkompensationer växt både avseende dess omsättning, samt gällande de många olika varianter av kompensationsåtgärder som finns att välja mellan. Samma gäller även priserna, vilka har haft en ständig ökning de senaste åren i takt med att klimatomställningen tar större plats i bland annat politik och företagsverksamhet. Det uppfattas dock efter analys av kostnadsdata, att det är förvånansvärt billigt att klimatkompensera. I jämförelse med andra åtgärder i till exempel byggsammanhang, innebär externa köp av klimatkompensationer en marginell kostnad. Det skulle därför kunna argumenteras för att kostnaden för att klimatkompensera borde baseras på en kostnadsnivå jämförbar med kostnaden för att exempelvis byta till klimatförbättrad betong, alltså en större utgift än vad kompensation innebär idag. Detta för att ytterligare motivera det mer förebyggande arbetet. Att det är så enkelt, och medför en förhållandevis väldigt liten kostnad, tycks inte vara särskilt motiverande när det gäller grundarbetet i att minska klimatpåverkan. Att hålla en balans gällande incitamenten i att klimatkompensera respektive att göra ett grundligt klimatarbete, anses därmed vara något som kan undersökas vidare.

Att klimatet står alltmer i centrum innebär att efterfrågan kommer att öka gällande klimateffektiva och klimatkompenserande åtgärder, medan det står oklart, ur ett framtida perspektiv, om utbudet är tillräckligt stort. I sin tur kan priserna på klimatkompensationer komma att öka ytterligare, samtidigt som det blir mer och mer nödvändigt för verksamheter, med miljömässiga kravställningar, att på något sätt minska sin klimatpåverkan. Således kan det hela bli en ond cirkel, eftersom det ekonomiska incitamentet tycks vara högst relevant för hur klimatarbetet ser ut i den privata sektorn. Gällande kostnaderna för de åtgärder som görs initialt för genererandet av utsläppsminskningar, kontra de kostnader i klimatarbete som tillkommer till följd av externa köp av klimatkompensationer, konstateras det att det i framtiden lär finnas någon typ av brytpunkt i vilken dessa varianter av klimatåtgärder innebär samma kostnad. Allt eftersom, blir priserna lägre på produkter som jämfört med traditionella alternativ medför mindre utsläpp, och som tidigare nämnt ökar priserna i dagsläget för klimatkompensationer. Det ekonomiska incitamentet till att använda

klimatkompensationer som ett alternativ till kostsam teknik med mindre utsläpp, kommer alltså eventuellt att minska då tekniken blir allt billigare.

Den frivilliga marknaden har konstaterats öka i omfattning i en relativt snabb takt de senaste åren. Detta kan tyda på att allt fler verksamheter börjar arbeta med hållbarhet och att minska sina utsläpp. Betydande i sammanhanget är dock huruvida klimatkompensationerna är en del av en påbörjad klimatomställning, och att de används som en form av hjälp på traven, eller om kompensationerna kommer förbli en stor del av olika verksamheters strategi i ett klimatarbete både gällande nutid, och framåt. Detta för diskussionen tillbaka till maktbalansen mellan i-länder och u-länder, och att det kan vara ifrågasättbart att utsläpp som sker ett i-land, ska tas om hand och kompenseras för, med hjälp av åtgärder i ett u-land, även i det långsiktiga perspektivet. Vidare gällande den frivilliga marknaden och dess standarder för tredjepartsgranskning, kan det inom till exempel byggsektorn finnas krav och certifieringar som i sin tur sätter villkor på vilka standarder som anses godkända. Med tanke på att det finns klimatkompensationer på den frivilliga marknaden som inte alls omfattas och verifieras av en tredje part, anses det positivt att standarderna verkar ta en relativt stor plats när det gäller påståenden om klimatneutralitet och liknande termer. Det kan i flertalet fall kännas orimligt och ”för bra för att vara sant” att en privatperson eller ett företag, genom den frivilliga marknaden av klimatkompensationer, kan köpa verifierade och tredjepartsgranskade kompensationer som på pappret innebär fullständigt kompenserade utsläpp. Hur framtiden och utvecklingen kommer att se ut gällande den frivilliga marknaden anses alltså vara särskilt intressant att följa.

Den reglerade marknaden är som nämnt den största, och gällande krediterna gäller det för samtliga att vara certifierade enligt bestämda krav. CDM och JI kallas de system som till följd av Kyotoprotokollet utgör en stor del av marknaden. Genom Kyotoenheterna som utsläppskrediterna även kallas, kan ett Annex I-land som har krav på utsläppsminskningar tillgodoräknas sådana genom att reducera utsläpp i ett icke Annex I-land, det vill säga utvecklingsländer. Detta kan underlätta för den nation som inte annars uppnår ställda krav om utsläpp, samtidigt som ett utvecklingsland får en effekt av den finansiering som de köpta utsläppskrediterna medför. Projekten som initieras i CDM har komplexa processer avseende registrering, där tillförlitligheten utreds gällande bland annat additionalitet och permanens. Ur denna vinkel betraktas Kyotoenheterna som ett användbart verktyg, genom vilket nationer sinsemellan kan arbeta med utsläppsminskningar. Energieffektivisering och förnybar energi, som exempel på åtgärdestyper i dessa projekt, är något som kan medföra positiva effekter på den plats de implementeras, eftersom beroendet av fossil energi kan minska, och förnybar energi såsom sol- och vindkraft kan vara användbar på platser där resurser är begränsade. Samtidigt, ur ett annat perspektiv, kan den reglerade marknaden och Kyotoenheterna även betraktas med andra ögon som genomlyser en viss problematik. Återkommande från tidigare diskussion, innebär såväl den frivilliga, som den reglerade marknaden, en typ av maktskillnad mellan den förmögna delen, och den mindre utvecklade delen av världen. Att ett land med ställda krav på utsläppsminskningar, ska kunna tillgodoräknas minskningar genom att bygga ut exempelvis förnybar energi i ett utvecklingsland, eller ta av landets överblivna utsläppsenheter, kan på vissa sätt kännas ganska orättvist och aningen ironiskt. I stället för att införa åtgärder som på ett mer direkt sätt reducerar

utsläpp innanför det egna landets gränser, vilket för övrigt trots allt kommer att krävas i framtiden för att uppnå klimatmålen, kan det hela betraktas som att problemet skjuts lite åt sidan genom att denna enkla väg väljs. Att använda det globalt är huvudsakligen enbart för att uppnå egna mål, medan klimatomställningen borde fokusera på samarbetet och ansvarsfördelningen, där de med högst utsläpp bör ha störst ansvar. Det gäller för klimatmålen att varje individ, företag och nation tar sitt fulla ansvar för klimatomställningen, vars faktiska tillämpning, i detta fall och i vissa perspektiv, kan anses ifrågasättbar. Det står oklart hur länge man ska kunna betala sig ur en levnad som egentligen kunde genererat mindre utsläpp. Konstaterat enligt källa i teoriavsnittet, är även att otydligheter kring skillnader mellan det äldre Kyotoprotokollet och Parisavtalet, har lett till att utvecklingsländer alltmer kan komma att vilja behålla utsläppskrediter som de annars kan sälja till Annex I-länder. Det står oklart gällande i hur stor utsträckning denna typ av Kyotoenheter används, men en möjlig konsekvens skulle kunna vara en ökad efterfrågan på CDM-projekt där kompensationsåtgärder implementeras. Detta kan leda till en ytterligare orättvis obalans mellan makterna. Ytterligare en problematik är den bristfälliga additionalitet som CDM-projekt visat sig ha, där en ökad efterfrågan skulle kunna medföra att additionaliteten på projekt som initieras kan bli än mer undermålig. En vidare diskussion om tillförlitlighet och additionalitet förs i kommande avsnitt 7.1.2.

Utsläppsrätter inom EU-ETS ingår också under den reglerade marknaden och priset på dessa har ökat med tiden. Att behålla en balans på marknaden avseende priser och utbud bedöms som ganska viktigt, med tanke på att det måste vara möjligt för verksamheterna som omfattas av systemet, att behålla till exempel produktionsanläggningar i landet som utgås ifrån, i stället för att behöva flytta till nationer med lägre utsläppskrav. En intressant fråga blir dock hur det kommer att se ut i det längre framtidsperspektivet, eftersom EU strävar efter att vara den första klimatneutrala kontinenten. All tillverkningsindustri och andra utsläppsgenererande verksamheter eller funktioner som idag omfattas av systemet, kommer att ha höga krav på sig gällande utsläpp, där det även kommer krävas kompenserande åtgärder eller teknik som omhändertar utsläppen för att uppnå unionens ambition. Utöver denna eventuella problematik betraktas dock systemet vara ett ganska effektivt sätt att skapa incitament för de som omfattas av systemet, för att successivt reglera och kontrollera utsläppsminskningar inom unionen. Eftersom det är en reglerad marknad kan en minskning av utsläpp delvis kontrolleras, så länge det inte förekommer fusk eller annat som stör systemets egentliga funktion. Det anses vara en omöjlighet att alltför snabbt ställa om till fullständig klimatneutralitet, därav kan sådana system komma till användning för att på ett kontrollerat sätt minska utsläppen.

7.1.2 Klimatkompensationers tillförlitlighet

Syftet med att investera i en klimatkompensationsåtgärd är helt enkelt att den ska garantera en utsläppsminskning för att dess funktion som kompensation ska fungera. Det finns dock svårigheter med en sådan garanti gällande om kompensationen bidrar med den grad verklig nytta som den marknadsförs göra. Det är komplexa frågor som behöver undersökas för att ta reda på om investerade pengar dels går till en förverkligad åtgärd, dels om denna åtgärd innebär nytta för klimatet. Vad är egentligen sannolikheten att investerad krona blir till en minskning av koldioxid i atmosfären? För att undersöka detta

finns framtagna grundkriterier som ska studeras och önskvärt uppfyllas för att stärka en klimatkompensationsåtgärds tillförlitlighet och miljömässiga integritet.

Som princip i Parisavtalet och huvudfokus vid undersökning av en kompensations tillförlitlighet och miljömässiga integritet studeras additionalitet, alltså om åtgärden skulle genomförts oberoende av finansiering i klimatkompenserande syfte. Fallet då kriteriet inte uppfylls innebär att åtgärden inte bidrar med någon extra klimatnytta, som fungerar kompenserande, utan att finansieringen bara bidrar till något som ändå skulle genomförts. Att beskriva ett projekts tillförlitlighet genom dess uppfyllande av additionalitet blir en indikator på att klimatfinansieringen faktiskt representerar en extra nytta, men begreppet kan ur ett annat perspektiv även ses som stjälpande. Additionaliteten beskrivs variera beroende på typ av klimatkompenserande projekt och är generellt som svagast i projekt som, på andra vis än utsläppsminskande, bidrar till miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet. Den beskrivs således vara som starkast i projekt som inte bidrar till en hållbar utveckling ur ett mångsidigt perspektiv. Genom att främja de projekt med starkast additionalitet kan en effekt vara att projekt med bristande sådan, men som innebär flertalet andra positiva värden avseende hållbar utveckling, väljs bort och därmed inte genomförs till följd av bristande finansiellt stöd. Det finns även risk att de projekt med mindre fokus på mångsidig nytta, men som enklare bevisas ha hög additionalitet, kan bidra med sociala och ekonomiska orättvisor på den plats det implementeras, då dessa aspekter inte är något som tas hänsyn till i bedömning av det huvudsakliga kriteriet, additionalitet. Dock anser vi att additionaliteten bör undersökas och vara hög i ett projekt som ska fungera som klimatkompenserande, eftersom det, just i detta syfte, handlar om att ett utsläpp ska kompenseras med en utsläppsminskning. Om inte, brister själva grundfunktionen med köp av en klimatkompensationsåtgärd. Det är svårt att väga olika hållbara nyttor mot varandra och i detta läge blir därför utsläppsminskning det mest tydliga och garanterande för att investerad krona ska innebära klimatnytta i den mån att investeraren ska kunna tillgodoräkna sig en kompensation. Om bristfällig additionalitet är fallet, finns en risk för att projektgenomförande företag kan tjäna på att införa åtgärder som ändå hade gjorts, en åtgärd som möjligen kan ha många nyttor men inte verka just utsläppsminskande.

Även kriterierna verifierbarhet och spårbarhet undersöks vid köp via klimatkompenserande projekt. Verifierbarhet uppfylls då projektets klimatnytta har kvantifierats och verifierats av en tredje oberoende part och spårbarheten innebär att projektet ska kunna spåras för att bevisas faktiskt existera. Detta görs vanligtvis i efterhand, genom rapporter som upprättas i samband med projektgenomförande, vilka tydligt kopplar projektet till en tid och plats samt ett representativt antal reduktionsenheter. I de fall klimatkrediter ställs ut på marknaden, från projekt som avses ge nytta i framtiden, blir verifiering svårare. Det blir då svårt att garantera att projektgenomförande faktiskt kommer bidra med uppskattad klimatnytta då det inte än skett i praktiken och det är inte heller en garanti att projektet faktiskt blir av. Det beskrivs vara vanligt att klimatnytta ofta överskattas vilket gör att projektet tilldelas ett för stort antal reduceringsenheter jämfört med den utsläppsminskning som faktiskt genereras. Detta kan således innebära att den totala mängden utsläpp i atmosfären ökar, eftersom de utsläpp som kompenseras för, balanseras med mindre mängd än vad de från början påstått göra. Det kan även vara så att företag som ska genomföra ett projekt och sålt

klimatkrediter i samband med detta, av någon anledning går i konkurs och att projektet således helt uteblir. Det bidrar helt och hållet till ett ökat utsläpp av växthusgaser i atmosfären då utsläppen, som företaget som köpt krediterna släppt ut, inte kompenseras till någon grad alls. Detta är ett grundläggande problem med de projekt som säljer krediter som ska vara ex-ante, alltså att projektets nytta ska inträffa någon gång i framtiden. Det är svårt att erhålla några typer av garantier i dessa projekt och det bör därför diskuteras om de ska få lov att tillåtas utgöra en giltig klimatkompensation. Det finns dock sätt att hantera dessa typer av risker, till exempel genom upprättade av riskbuffer som ska reservera en andel av finansieringen om ett sådant fall skulle inträffa. Detta anses dock av oss som en bristande åtgärd i förhållande till det fall då ett projektgenomförande företag går i konkurs. Det finns dessutom de system, på den frivilliga marknaden, där verifiering inte är ett krav utan det enda som krävs är en handlingsplan som projektupprättaren intygar ska följas. Detta uppfattas av oss, lika bristfälligt som fallet för en ex-ante kredits verifiering då detta inte ger några faktiska garantier och därmed sätter en klimatkompensations grundläggande funktion på spel.

Beständighet, som är ytterligare ett kriterium som undersöks i samband med klimatkompensationsprojekt, ska bevisa projekts utsläppsminskande bidrag som långvarigt. I de fall en permanent utsläppsminskning inte kan påvisas ska en åtgärdsplan upprättas för att hantera framtida risker. Detta kriteriums bevisning kan speciellt diskuteras i samband med trädplanteringsprojekt där det finns risker så som brand och avverkning. Det blir svårt att garantera en permanent kolsänka då det helt enkelt inte går att bortse från att sådana händelser möjligen kan inträffa. Således ifrågasätts tillförlitligheten och lämpligheten i att använda sådana typer av åtgärder i kompenserande syfte. För att hantera dessa risker och för att lämpliggöra bland annat skogsplantering som klimatkompenserande åtgärd, har dock användandet av tillfälliga reduktionsenheter implementerats, detta med krav på att de måste följas upp kontinuerligt. Tidigare nämnt, buffertlager, är också en form av riskhantering som införts och fungerar som en försäkring på så vis att utsläppsminskningar kan dras tillbaka om projektet får omvänd effekt. Trots dessa typer av riskhantering, anser vi att tillförlitligheten i att använda denna projekttyp är alltför osäker och att det bör ifrågasättas om det är lämpligt att påstå att de har en kompenserande funktion om utsläppsminskningen av en, ändå sannolik, tillfällighet som skogsbrand kan få omvänd effekt och inte bara innebära en utebliven utsläppsminskning utan även ett ökat utsläpp. Oftast marknadsförs inte trädplanteringsprojekt som enbart utsläppsminskande, utan lyfter oftast andra värden som ekosystemtjänster. Detta kan vara ytterligare en indikator på att de inte borde användas i klimatkompenserande syfte eftersom även, den tidigare diskuterade, additionaliteten då kan ifrågasättas.

Ytterligare något som påverkar ett klimatkompenserande projekts tillförlitlighet är kvantifiering av åtgärdens klimatnytta. Kvantifieringen baseras på ett baseline-scenario som representerar det fall som skulle varit om projektet inte genomförts. Detta scenario är endast ett teoretiskt fall som uppskattar en sannolik utveckling av utsläppsmängden. Om utsläppsmängden då överskattas innebär det att projektet tillhandahålls för många reduktionsenheter i förhållande till den verkliga utsläppsminskningen. Det innebär vidare att företag kan köpa utsläppsminskning via kolkrediter som egentligen inte borde existera och som således inte har någon utsläppsminskande effekt. Resultatet blir

följaktligen en ökad halt av koldioxid i atmosfären, vilket är totalt motsatt effekt till det man vill uppnå med användandet av klimatkompensationer. För att lösa detta problem har ett flertal system, som behandlar certifiering av klimatkompensationsprojekt, infört att bedömning av utsläpputveckling i baseline-scenario ska vara konservativ. Det innebär att de, för att vara på den säkra sidan, antar att utsläppsmängden, om projektet inte genomförts, är mindre än vad den potentiellt skulle kunnat vara. Risken med detta är i stället då att ett projekt riskerar att tilldelas för få reduktionsenheter än vad dess verkliga nytta motsvarar. Denna effekt anses av oss, inte vara av lika stor betydelse som effekten av att överskatta klimatnyttan och därför anser vi att en konservativ bedömning ska vara utgångspunkten om åtgärden ska användas i klimatkompensations syfte. Det finns många andra osäkerheter i övrig bedömning av tillförlitlighet så en konservativ bedömning av klimatnyttan tycker vi är fullt lämplig. Det finns dock fall då en avsiktlig överskattning av klimatnyttan görs, principen som då tillämpas kallas suppressed demand. Denna princip innebär en avsiktlig överskattning av utsläppsmängd i baseline-scenario och grundar sig i Kyotoprotokollets mekanism CDM med bakgrunden att det skulle göra det enklare att genomföra CDM-projekt i de länder som allra minst utvecklade. Närmare bestämt innebär principen att man i undantagsfall får lov att överskatta utsläpputvecklingen i baseline-scenariot då projektgenomförandets nytta inte är tillräcklig i förhållande till mänskliga grundbehov. Ett exempel som beskrivs i teoridel, är införandet av solar home systems i hushåll som inte har någon tillgång till el. För att projektet då enklare ska kunna genomföras, uppskattas en större klimatnytta än den som faktiskt blir, genom att fossil el antas användas innan projektgenomförande, även fast sådan el inte använts. Principen har ett samhällsnyttigt bakomliggande syfte men anses av oss vara missvisande avseende en åtgärds funktion som klimatkompensation. En allt för frikostig användning av detta kan innebära att tillförlitligheten av åtgärder blir bristfällig då projekten inte genomförs i direkt utsläppsminskande syfte utan av andra, sannolikt goda, anledningar men som bidrar till att åtgärden då tappar dess utsläppsbalansrande funktion. Dessa typer av åtgärder ska enligt oss endast få erhålla kolkrediter motsvarande den klimatnytta de faktiskt ger och resterande del av projekt bör finansieras på annat vis än via försäljning av kolkrediter. Allt för många undantagsfall och kryphål riskerar att ifrågasätta klimatkompensationers grundläggande funktion och en tydlighet gällande vad och hur stor klimatnyttan är, måste tydliggöras för att det ska kunna användas som balansrande åtgärd. Det finns redan en tillräcklig komplexitet i att ett utsläpp på en plats ska kunna balanseras med en utsläppsminskning på en annan och därför är det viktigt att undvika fallgropar som sätter den utsläppsminskande effekten på spel.

7.1.3 Klimatkompensationsåtgärder

För att en åtgärd ska räknas som kompenserande och dessutom minska halten av växthusgaser i atmosfären gäller det att den är långsiktigt permanent och inte bara utgör en tillfällig lagring av koldioxid. Svårigheterna med detta kommer i tidsförhållandet mellan växthusgasernas varaktighet i atmosfären och deras lagringstid till följd av åtgärdens funktion som kolsänka. Skogsplantering som konstateras som en form av kolsänka innebärande negativa utsläpp, har en lagringstid på några decennier, en tid som dessutom är långt ifrån garanterad, till följd av risker som skogsbrand och avverkning. I jämförelse med koldioxidutsläpps varaktighet i atmosfären på tusentals år, uppfattas en

sådan klimatkompensationsåtgärd delvis bristande i dess definition som negativt utsläpp eftersom dessa kompensationskogar rent krasst då måste finnas för alltid. Det ligger en stor osäkerhet i om det verkligen finns garantier, inbyggda i köp av denna typ av kompensationsåtgärd, tillräckliga för att kompensera för framtida eventuella förluster. Det ligger även en stor risk i att sådana typer av projekt ofta implementeras i länder med bristfällig förvaltning. Om företag som då planterat skogen i klimatkompenserande syfte, går i konkurs och skogen då lämnas till värmlandets förvaltning, finns det inga garantier på att den kommer stå kvar.

Skogsplantering är en av de mest använda åtgärderna i kompensationssyfte, troligen då denna lockar med en låg kostnad och ofta kan dessa typer av projekt dessutom motiveras med att ha ytterligare värden, än funktionen som kolsänka, som exempelvis skapandet av skyddande livsmiljöer och ekosystem. Denna typ av marknadsföring uppfattas i många fall dock ibland ge en missvisande bild av vad resultatet av åtgärden faktiskt blir. Undersökning av SLU, visar exempelvis på att skogsplanteringar som påstås ska bidra med förbättrade livsvillkor för lokal befolkning, i stället har motsatt effekt. Det finns exempelvis stora risker i att plantera fel sorts träd på fel plats då det kan ge effekter som minskade mängder grundvattenflöden. Även den så kallade albedo-effekten har blivit uppmärksammas då den mörka kulören på beskogade ytor ger en lokalt värmande effekt. Inte sällan motiveras skogsprojekt ge skugga och kylande effekt för lokalbefolkning och även i det stora hela, bidra med en minskad global uppvärmning med dess funktion som kolsänka, men i de fall albedo-effekten blir påtaglig, blir resultatet motsatt och åtgärden motverkar i stället sin planerade klimatnytta. Dock finns det möjlighet med att med rätt typ av plantering både minska den lokala uppvärmningen och bistå med klimatnytta som koldioxidupptag och lager då regionalt klimat och ekologiska förhållanden noga utvärderas innan plantering genomförs.

Träd har, då rätt art placeras på rätt plats, en lagringskapacitet som potentiellt kan utgöra skillnad, speciellt i urbana områden. Lagringskapaciteten diskuteras även kopplat till trädets ålder. Vissa undersökningar förespråkar yngre träd med hög tillväxthastighet och därmed snabbt upptag av koldioxid men andra menar att äldre träd är fördelaktiga då dessa utgörs av större mängd koldioxidbindande massa. En balans mellan dessa antas vara viktig både för att uppnå maximal koldioxidupptagande effekt och för att bevara äldre skog som har andra viktiga värden utöver dess funktion som kolsänka. Ännu en aspekt som bör tas hänsyn till är att utnyttja metoder vid plantering som visats ge synergieffekter. Exempelvis metoden agroforestry, innebär att olikartad växtlighet planteras tillsammans för att skapa fördelaktiga synergieffekter som hjälper skogen att växa och ökar upptaget av koldioxid, samtidigt som det minskar risker som kommer med plantering av monokulturer. Monokulturer, alltså en slags gröda eller trädsort, är ett enkelt mål för specialiserade skadedjur vilket sätter den koldioxidlagrande förmågan på spel. För att minska risken med att en sådan skogsplantering ska bli förstörd, används dessutom ofta bekämpnings- och gödningsmedel. Monokulturer innebär även risker gällande minskad biodiversitet och minskande ekosystemtjänster. Det är därför av största vikt att noga studera rådande förutsättningar, på den plats trädplanteringen ska implementeras, utifrån även andra perspektiv än dess funktion som kolsänka. Det måste vara en balans i valet mellan en exempelvis en inhemsk trädsort som förbättrar livsmiljön på platsen och en trädsort som kanske mer effektivt tar upp och lagrar koldioxid. Det är

även viktigt att se till så att projektet inte bidrar till någon typ av social eller ekonomisk orättvisa. Genom att ta stora marker i anspråk för trädplantering, kommer denna mark inte kunna användas i syfte av ekonomisk utveckling genom exempelvis jordbruk. Genom att dessutom använda stora markarealer för internationell kompensation, berövas de länder, där skogen planteras, från möjligheten att balansera sina egna utsläpp med denna mark.

Bio-CCS är en annan åtgärd som också ämnas bidra med så kallade negativa utsläpp. I dagsläget finns inte tekniken för bio-CCS i kommersiell skala utan endast i småskaliga former i undersökningssyfte av teknikens potential och utveckling. Trots att tekniken inte är storskaligt utvecklad, lyfts den som en fullt tillåten kompensationsåtgärd, vilket väcker en del frågetecken. Frågan är om det verkligen är rimligt att kunna kompensera sina utsläpp med en åtgärd som dels är ex-ante, alltså verkande någon gång i framtiden, dels inte är fullt beprövad i den mån att den kan garantera potentiella kompensationsnivåer. Det blir en stor chansning i att räkna med att utsläpp som genereras nu, kommer att bli kompenserade för, genom teknik som är fullt beroende av forskning och utveckling som det ännu inte finns tillräckliga ekonomiska medel för. Det kan också vara svårt att hitta tillräcklig finansiering då dels tekniken är dyr, dels då den egentligen inte innebär något lönsamhets syfte för de företag som önskar implementera den. CCS i samband med EHR har på ett annat vis ett vinstdrivande syfte som uppnås genom teknikanvändningen, men CCS-teknik vars syfte är att endast lagra och inte använda koldioxiden, ger inte samma bakomliggande motivation för investering. För att lösa kostnadsfrågan gällande investering och för utveckling och implementering av, specifikt, bio-CCS-teknik i Sverige, har Energimyndigheten fått uppdrag att utveckla ett stödsystem med utgångspunkt i omvända auktioner. Alltså, aktörer som vill utveckla och använda tekniken lämnar bud till staten som ger ut stöd till de aktörer som visar på avskiljning och lagring med lägst bud. I detta system blir det alltså staten som köper upp samtliga krediter inom bio-CCS och fördelar ut till potentiella säljare när tekniken är genomförd. Systemet ger alltså ut stödet först efter hela CCS-kedjan är genomförd och den biogena koldioxiden ligger geologiskt lagrad. Tanken bakom denna princip är bra, då stödet endast delas ut till de aktörer som faktiskt utgör en klimatnytta, själva principen med omvända auktioner skapar också en konkurrens mellan aktörerna som driver på teknikens utveckling för att kunna avskilja och lagra så mycket koldioxid som möjligt till ett så lågt pris som möjligt. Dock, genom detta tillvägagångssätt, behöver företagen själva initialt ha de ekonomiska medel som krävs för att investera i tekniken, medel som därefter ska kompenseras genom stöd från staten. Grundsytet med stödsystemet är också att tekniken ska hjälpa till att uppfylla de nationella klimatmålen och egentligen inte att bidra till en klimatnytta globalt sett. I och med detta säljs inga internationella koldioxidkrediter i samband med utveckling av tekniken vilket gör att det blir en tung investering, utan behjälpliga kostnadsbidrag, både initialt, för aktörerna och därefter för staten som måste möta aktörernas bud. Försäljning av koldioxidkrediter i samband med denna typ av projektutveckling skulle kunna vara fördelaktig ur det syftet att få i gång den praktiska implementeringen av bio-CCS-teknik. Dock dyker återigen frågan upp, om koldioxidkrediter verkligen ska få köpas i samband med en åtgärd som är ex-ante och dessutom inte har en fastställd och tillräckligt beprövad omfattning, effektivitet eller permanens.

Information gällande dess användning som klimatkompensationsåtgärd har inte hittats publikt och initiativet LFM30, som tillåter denna form av kompensation har inte heller något projekt som använt sig av åtgärden ännu. Detta troligen förklarar med att det i dagsläget inte heller är möjligt, att som företag kompensera genom detta, eftersom investering i bio-CCS görs av staten som därmed köper upp de potentiellt framtida utsläppsminskningarna. En fråga blir därför varför initiativet, LFM30, väljer att lyfta detta som en form av huvudåtgärd gällande klimatkompensation, eftersom det i dagsläget inte går att använda för företag. Detta kan troligtvis förklaras med att man i LFM30 har bland annat kraftbolag och kommuner som delaktiga i initiativet och som själva satsar på utveckling av bio-CCS-tekniken. Därav är det säkerligen en åtgärd som initiativet vill lyfta inför framtida användning och försäljning av utsläppskrediter. Det är som sagt, i dagsläget inte möjligt för den privata sektorn att köpa en klimatkompensation genom tekniken, utan en investering skulle alltså enbart innebära ett finansiellt stöd i utvecklingsprocessen. Huruvida bio-CCS kan komma att vara en del av klimatarbetet och klimatkompensationsmarknaden gällande den privata sektorn, återstår att se. Sannolikt lär det bero på hur teknikutvecklingen fortgår och hur internationella överenskommelser gällande lagring hanteras, samt om det planerade stödsystemet implementeras och får önskad effekt och funktion.

Huvudargumentet för användning och utveckling av CCS-teknik är att världen är ytterst beroende av fossila bränslen och att en teknik som tar hand om koldioxidutsläpp från dessa, som inte skulle kräva att två tredjedelar av världens elproduktion behöver göras om, kan hjälpa till i den klimatomställning som behövs för att nå satta klimatmål inom utsatt tid. Argumentet är fullt rimligt på så vis att man måste hitta en lösning som är realiserbar inom en snar framtid, men detta synsätt kommer även med ett flertal risker. Genom att implementera detta synsätt får inte industrier någon press på sig att ändra sin användning av fossila bränslen, vilket utgör själva grundproblematiken. Detta kan då leda till en minskad efterfrågan på användning av förnybar energi och en försenad samhällsutveckling i avseendet att ställa om till förnybar energi och användning av teknik som innebär mindre utsläpp. Även själva användandet av tekniken är en risk i sig. Exempelvis kan farliga kemikalier bildas i förbränningsprocesser som transporteras vidare i den avskilda rökgasen och riskerar att släppas ut vid läckage under transport eller lagring. CCS-tekniken uppfattas som en bra tillfällig lösning som kan underlätta för att nå klimatmål med den tidspress som råder. Dock finns som sagt risker med utvecklingen av tekniken som både påverkar samhällsutveckling och som även kan innebära direkt negativa effekter i form av kemikalieutsläpp. Det är därför viktigt att ett arbete med teknikutveckling och främjande av förnybar energi pågår parallellt med implementering av CCS-tekniken och att teknikens användning noga övervakas.

Gällande bio-CCS, är huvudargumentet att det kan bidra till att sänka koldioxidhalten i atmosfären. I de studier FN:s klimatpanel har räknat på bio-CCS-teknikens potential, förutsätts det att stora markytor används för att odla biobränsle i det syftet. Att använda stora landarealer och ta dessa i anspråk i detta syfte kan konkurrera med behovet av exempelvis odling. Det skulle även kunna innebära att samhället blir fast i en form av industriellt skogsbruk som konkurrerar med annan typ av skogsanvändning och andra skogsvärden. Bio-CCS uppfattas vara en långsiktigt bättre åtgärd än ren CCS-teknik då

den innebär ett negativt utsläpp, men det förutsätter att tekniken inte bidrar till ett ökad användande och framtagande av biomassa i enbart bio-CCS-syfte.

Nature-based solutions, NBS, påstås enligt många källor bidra till flertalet positiva effekter, utöver att fungera som kolsänkor. Definitionen av begreppet innefattar bland annat de ekosystemtjänster som de olika naturlösningarna medför. Utformning av lösning och syfte med olika klimatkompenserande projekt varierar dock, och kan bland annat handla om ett bevarande, återställande och förvaltande av olika slags naturområden såsom skog och våtmarker. Hur stor effekt projekten har på klimatet kan följaktligen vara svår att uppskatta, vilket ger anledning till att delvis ifrågasätta försäljning av koldioxidkrediter i sådana projekt. I sin helhet anses NBS bidra positivt, eftersom de utöver klimatnyttan medför ekosystemtjänster som enbart naturen kan medföra, vilket det finns många anledningar att investera i, men i sammanhanget om klimatkompensationer kan det i vissa fall kännas tveksamt om hur nyttan ska kunna prissättas. Gällande projekt som initieras med syfte att bevara olika typer av naturområden, till exempel våtmarker, finns det omständigheter som kan diskuteras. Krediter i dessa projekt förekommer, men hur den kolsänkande eller utsläppsminskande effekten beräknas, med tanke på att projektet går ut på att bevara något som redan existerar, är något som uppfattas som aningen oklart. Även i detta sammanhang upplevs det vissa former av ironi – det går alltså att köpa en utsläppsminskning, som genereras genom att ett redan existerande ekosystem bevaras och inte förstörs i något syfte, och detta i stället för att exempelvis undvika utsläpp överhuvudtaget vid den faktiska källan.

Ett återkommande problem med NBS, är att additionaliteten bedöms vara undermålig eftersom projekten kan genomföras med andra syften än klimatkompenserande, troligen på grund av dess positiva effekter. Additionaliteten betraktas som en viktig del av granskningen gällande klimatkompensationer, och en utsläppsminskning måste kunna räknas enbart mot en faktisk minskning. Att projekten genomförs är utan tvekan något positivt eftersom det skapar mervärden som ur många aspekter är gynnsamma, frågan är bara om det därmed fungerar att sälja krediter i sådana projekt i klimatkompenserande syfte, samtidigt som att nyttan får lov att betraktas som en positiv bonus. I det stora hela blir det därav en något tråkig konsekvens, att NBS-projekt som egentligen har positiva effekter inte kan finansieras, åtminstone inte i klimatkompenserande syfte. På dagens marknader finns det ett relativt omfattande utbud avseende naturbaserade lösningar, där många projekt involverar skogsområden. Detta kan göra det relativt svårt att skilja naturbaserade lösningar från större trädplanteringar, som enbart genomförs för att sälja kolkrediter. Trädplanteringarna kan som tidigare nämnt bevisligen medföra bieffekter såsom att sociala värden får mindre betydelse, samt i vissa fall, att till och med den lokala naturens värde, bortprioriteras. Här kommer återigen begreppet additionalitet in, där trädplanteringarna jämfört med NBS-projekt sannolikt har en additionalitet som är något enklare att säkerställa. Det bedöms alltså vara ganska svårt att komma runt detta problem, eftersom klimatfinansiering grundar sig i utsläppsminskningar, och det inte finns några incitament att i annat fall investera i sådana projekt.

Biokol är i klimatkompenserande syfte, något som verkar få alltmer uppmärksamhet, och förekommer bland annat som en godkänd form av klimatkompensation i organisationer som LFM30. Vid rätt användning och då en hållbart producerad produkt

används, anses åtgärden ha ett flertal fördelar som kan ligga till grund för dess användbarhet. Förbättrade växtvillkor och dess kolsänkande effekt är exempel på nyttor som kan erhållas, där den senare kan variera beroende på vissa förutsättningar. Att använda biokol i klimatkompenenserande syfte kan förvisso fungera, men för att uppnå en betydande effekt krävs det omfattande mängder av produkten vilket gör åtgärden nästan omöjlig att använda ensam i de fall då större utsläppsminskningar efterfrågas. Det bedöms också finnas en risk avseende själva beräkningen, eftersom biokol i dagsläget inte är en särskilt vanlig variant av klimatkompensation och det inte finns några generiska data för produkten. Detta eftersom den kolsänkande effekten kan variera beroende på leverantör. Utöver denna mer direkta problematik när det gäller biokol som klimatkompensation, bör det ändå framställas som en åtgärd användbar för att skapa kolsänkor på fler ställen, i den direkta närmiljön. I byggsammanhang kan produkten byggas in i samband med markarbeten, vilket anses kunna lämpa sig eftersom den kolsänkande effekten och en byggnads livstid, åtminstone någorlunda, kan matcha gällande tidshorisonten. Biokol kan alltså vara en bra produkt att använda för att dra nytta av dess positiva egenskaper, med kolsänkande effekt kanske enbart som en positiv bonus.

En infallsvinkel gällande biokolet är den nämnda tidsaspekten, i de fall då kolkrediter säljs från biokol som klimatkompensationsåtgärd. Denna kan dels variera beroende på biokoltyp, dels handlar det hela om en förhållandevis kort kolsänkande effekt med hänsyn till åtgärdens varaktighet och permanens. En halveringstid på några hundra år är en relativt lång tid, men om stora utsläpp kompenseras för, genom denna metod, kommer koldioxiden så småningom att söndras ut till atmosfären och putta tillbaka klimatskulden igen. Med klimatmålen i åtanke, där framtidsvisionerna sträcker sig långt fram och klimatneutralitet är en plan som återkommande nämns, går det att fråga sig om biokol är den rätta vägen avseende klimatkompensationer, i det fall det syftas användas storskaligt. Ytterligare en parameter som har betydelse i diskussionen, är biokolets ursprung, gällande vilket lokalt och hållbart producerat biokol är en förutsättning för dess användbarhet. Då det kan krävas omfattande mängder energi för att producera produkten, blir det sannolikt inte någon särskilt stor nytta om ineffektiva metoder används vid tillverkningen. En förutsättning är även att biokolet framställts från biomassa som genererats från en annan process och därmed utgör en biprodukt som tas tillvara på. Att framställa biomassa från skog eller grödor som odlats med syfte att produceras till biokol utgör troligen en sämre effekt för klimatet. Med en förväntad ökad efterfrågan på produkten kan framtiden för biokol bli en utmaning, eftersom användandet, som förklarar, medför flera nyttor och därmed kan komma att bli mycket attraktiv, och produktionen därmed kommer kräva större mängder biomassa att omvandla till biokol.

UN Carbon Offset Platform är också en variant av klimatkompensation som presenteras i detta examensarbete, och är Förenta nationernas plattform för att förmedla klimatkompensationer. Som en del av CDM, kan kompensationerna förknippas med samma problematik som förs i diskussionen om CDM och dess ifrågasatta additionalitet, samt den maktobalans som åligger det faktum att betala för kompensationsåtgärdsprojekt som genomförs i utvecklingsländer med jämförelsevis bristande finansiella tillgångar. Gällande en möjlig bristande additionalitet hos projekten görs kopplingen med den

beskrivning av projekttyperna som görs i teoriavsnittet, där syftet med många projekt, utöver klimatkompensationen, är att skapa förbättrade levnadsförhållanden för människor. Som nämnt betraktas additionaliteten som en väldigt viktig del av kompensationernas granskning, eftersom det blir fel om köparen som syftar att finansiera en utsläppsminskning, i själva verket stöttar ett projekt som enbart innebär nytta för någon annan. Det står klart att det är något positivt i att skapa förutsättningar för bättre levnad i utvecklingsländer, men incitamentet för ett ”vanligt” företag att syssla med välgörenhet är något som i många fall dessvärre saknas. UN Carbon Offset Platform utgör därmed ett något ifrågasättbart alternativ för klimatkompensationer, såvida inte den utsläppsminskande effekten har en mycket pålitlig garanti. Dessa typer av åtgärder innebär ett minskat utsläpp snarare än en bortförsel av koldioxid ur atmosfären vilket således inte har samma effekt avseende att uppnå den klimatomställning som behövs men anses ändå vara en hjälpande faktor i processen. Det är också i sådana projekt som principen suppressed demand kan användas, tidigare nämnt, med ett bra underliggande syfte men som eventuellt kan ge dessa former av projekt mer klimatnytta än vad de faktiskt resulterar i kopplat till utsläppsminskande effekt. Vid användande av projekt ingående i denna plattform bör den verkliga klimatnyttan undersökas noga så att den kompenserande effekten inte sätts på spel, så att resultatet i det stora hela blir ett ökat utsläpp. Samtliga åtgärder har ett bra syfte och är behjälpliga både i den samhällsutveckling avseende omställning till förnybar energi och avseende levnadsstandard i utvecklingsländer, men som sagt bör deras funktion som utsläppsminskande ses över noga innan de påstås kunna fungera balanserande.

7.2 Klimatarbete i byggbranschen och diskussion av fallstudie

Diskussionen kopplad till klimatarbete i byggbranschen, baseras främst på det resultat som tagits fram i samband med genomförd fallstudie. Det finns ett antal aspekter att resonera kring vad gäller det arbete som utförts för att minska klimatpåverkan i projektet Kvartetten. Det förekommer även omständigheter kring certifieringen NollCO₂ samt den samverkan som funnits med initiativet LFM30, som kan utgöra föremål för diskussion och tankar om hur arbetet kan se ut i liknande projekt i framtiden.

En åtgärd som stötts på i arbetet och som utgjort en relativt stor del i fallstudien, är installation av solceller i byggsammanhang. I Kvartetten utgjorde solet en av de huvudsakliga klimatåtgärder som användes, där det utöver installation på den egna byggnadens tak, installerats solceller på fem andra byggnader i Skåne. Detta har medfört att byggnaden preliminärt kunde NollCO₂-certifieras, eftersom den el som ersätts av förnybar solet, medför ett minusutsläpp i balansräkningen, och därav ger projektet ett beräknat nettonoll-utsläpp. Dessutom, visade det sig även att minusutsläppen överskred den totala klimatpåverkan som byggnaden beräknats ge upphov till, vilket i sin tur visade ett negativt totalutsläpp. Att teoretiskt kunna redovisa en beräknad klimatpåverkan i kgCO₂e per kvadratmeter BTA, som har ett minustecken framför sig, får det hela att framstå som ganska orimligt. Det går i högsta grad att ifrågasätta hur logiken går ihop i att kunna bygga och uppföra en hel byggnad, och att det i teorin, för varje byggd kvadratmeter bruttoarea, innebär att ett negativt utsläpp kan adderas till byggnadens totala klimatpåverkan. Värt att nämna är även det faktum att det i detta fall krävts takyta

på fem andra byggnader, för att nå upp till den önskvärda reducerade klimatpåverkan om nettonoll i certifieringen. Det anses inte hållbart att det, utifrån detta fall, behövs flertalet andra byggnader, utöver den som ska kompenseras för. Solceller betraktas över lag som en bra form av förnybar el, men hur detta kan användas för att kompensera utsläppen som genererats från genomförandet av ett helt byggprojekt, är något som kan diskuteras.

NollCO₂-certifieringen innebär enligt SGBC, ett arbete med att få ned klimatpåverkan för att uppnå projektspecifika gränsvärden för byggnaden samt balansera kvarvarande klimatpåverkan ned till nettonoll. Balansberäkningen tillåts genomföras genom klimatåtgärder, däribland klimatkompensation som installation av förnybar energi som diskuteras i ovan stycke. Certifieringen ser till att klimatarbetet hamnar i stort fokus för att få ned byggnadens klimatavtryck baserat på beräkningsmetodik livscykelanalys, dock bortser certifieringen från en stor del av livscykeln. Certifieringens metodik innebär nämligen att klimatpåverkan från slutskedet, skede C, helt kan bortses från. Detta motiveras med att Sverige har som mål att ha en fullt förnybar elproduktion år 2045 samt helt fossilfria transporter. På så vis antas utsläpp kopplat till sluthanteringsprocesser, från och med detta år, endast bestå av förbränning av fossilt avfall i värmeverk. Då Sveriges riksdag även beslutat att det ska vara ett nettonoll-utsläpp av växthusgaser samma år, ämnas alltså även denna typ av förbränning bli fossilfri. Av dessa anledningar, i kombination med att ett NollCO₂- projekt antas sluthanteras efter beräkningsperioden på 50 år, alltså först år 2070, anses klimatpåverkan från sluthanteringsskedet kunna försummas. Detta innebär att man, med certifieringen, kan påstå att klimatpåverkan enbart baseras på byggskedet, A och användningsskedet B, samtidigt som man kan balansera ut påverkan från dessa skeden ned till ett nettonoll. Rent krasst kan det tolkas som att en ny byggnad kan uppföras utan ha någon klimatpåverkan alls och då balansberäkningen resulterar i ett negativt värde, att en nybyggnation resulterar i en bortförel av koldioxid ur atmosfären. Genom att C-skedet dessutom bortses från blir det ännu enklare att nå ned till en nettonoll klimatpåverkan, vilket baseras på mål och önsketänkande som det inte finns några direkta garantier för att det ska realiseras. Detta ifrågasätts då syftet med en certifiering endast ska vara att främja klimatarbetet i branschen, inte på något sätt försköna verkligheten. Arbetet kan genom denna systematik, anses aningen kontraproduktivt då det läggs tid och pengar på att arbeta med en sänkt klimatpåverkan genom klimateffektiva materialval och utformningar, samtidigt som arbetet med en stor del av den totala livscykeln bortfaller på grund av satta nationella mål. Det som även bortfaller med exkludering av C-skede är fördelen med att använda material som kan återbrukas efter sluthantering. Det kan exempelvis handla om ett material som ger sänkt klimatpåverkan under byggskedet men som jämfört med ett annat material sedan inte går att återbruka. Då man bortser från C-skedet undersöks inte denna aspekt. En bättre lösning borde vara att inkludera hela livscykeln och göra det arbete som krävs till den punkt att klimatmålen faktiskt har realiserats. Det finns annars en stor risk med att nybyggnation framstår ha mycket mindre klimatpåverkan än vad det faktiskt har och det är en riskabel syn att sprida i samhället.

En anledning till att Kvartetten kunde certifieras med NollCO₂, var de riktlinjer som gäller i dess aktuella ramverk. I balansberäkningen som genomförs för att beräkna effekten på klimatåtgärders påverkan, i detta fall just solcellerna, räknas det med att en

viss form av el som finns på det svenska elnätet ersätts av den egenproducerade solelen. I själva verket utgås det ifrån NordPools elproduktion, för vilken strax under hälften härstammar från fossila bränslen. Detta kan tyckas något märkligt, eftersom den svenska elproduktionen, sedan länge, utgjorts av en betydligt mindre andel fossil el. Vidare innebär detta att det, i certifieringens ramverk, används ett ”värre fall” än vad som kanske vore realistiskt. Därmed kan större utsläppsminskningar tillgodoses, eftersom solelen får ett högre klimatvärde än vad som faktiskt borde stämma. Här dras således en parallell till det tidigare nämnda begreppet och principen suppressed demand, det vill säga att åtgärden kan räknas medföra en större nytta gällande minskande av utsläpp, än vad som kanske gäller i verkligheten, eftersom utgångsfallet antas vara sämre klimatmässigt än vad det faktiskt är i Sverige. Klimatnyttan beräknas utifrån den fossila el som på NordPools elmarknad ersätts av förnybar, så totalt sett går det givetvis att argumentera för att den förnybara elen gör nytta någon annanstans än i Sverige, men samtidigt framgår det inte tydligt nog om den förnybara elen direkt skickas ut på marknaden eller om den till fullo, eller delvis, används av byggnaderna själva. Något som också noterades i certifieringens balansberäkning, var att det tycktes utgås ifrån en konstant gällande verkningsgrad hos solcellerna i den beräkningsmall som använts. En möjlig förklaring skulle kunna vara att verkningsgraden redan beaktats i de offerter som lämnats för solcellsanläggningarna, i vilka bland annat total årlig elproduktion beräknats i genomsnitt. Huruvida verkningsgraden har beaktats framgår dock inte, därav kan det enbart konstateras att detta är något som bör göras. För att beräkna en så realistisk effekt från klimatåtgärden som möjligt, anses det alltså att det bör tas hänsyn till den ersatta elproduktionens klimatpåverkan och hellre underskatta denna, än som i detta fall, att överskatta den. Samt, om det inte redan görs, så bör verkningsgraden hos tekniken vara en parameter i beräkningen för att inte riskera att överskatta klimatnyttan.

Ytterligare funderingar som uppstått då solcellerna som klimatåtgärd i Kvartetten stått i fokus, är samordningen mellan NollCO₂ som certifiering och arbetet med det lokala initiativet LFM30, där Kvartetten utgjort ett så kallat pilotprojekt. I de återbetalningsmetoder som godkänns i kriteriedokument av LFM30, presenteras förnybar energi som en återbetalningsmetod som efter 2025 inte kommer att vara godkänd, men att det till dess kan vara tillåtet att användas för att återbetala vissa mängder av utsläpp. Det kan därmed tyckas bli något missvisande att projektet kan hävdas ha genomförts enligt både certifieringen NollCO₂, samt enligt LFM30:s riktlinjer. Att projektet enbart utgjort ett pilotprojekt framgår förvisso då det presenteras, men detaljer kring att solceller använts som återbetalningsmetod, är inte något som beskrivs särskilt tydligt. Det kan följaktligen kännas något mindre motiverat att skylta med Kvartetten som ett LFM30-projekt, som utöver det dessutom har en preliminär certifiering i NollCO₂, eftersom det präglar projektets image på ett sätt som inte ger den ovane betraktaren en rättvis verklighetsbild av hur klimatarbetet borde klassas. Att förhålla sig till två olika systems krav, i detta fall NollCO₂:s och LFM30:s, ger bilden att hänsyn tas till bådas krav i en sammanlagd beräkning, vilket inte är fallet. Dock är det svårt att säga vad som är rätt och fel och arbetet med båda systemen ger klimatarbetet fokus, vilket i det stora hela är positivt.

I och med att Kvartetten både certifieras enligt NollCO₂ och utgör ett av initiativet, LFM30:s, pilotprojekt krävs två olika klimatberäkningar. Detta på grund av att

certifieringens och initiativets respektive omfattningar av byggdelar, som ska inkluderas i beräkning av klimatpåverkan, skiljer sig åt. LFM30 utgår från byggdelsystemet BSAB83 och NollCO₂ från BSAB96. Skillnaden i systemen medför oklarheter gällande omfattningen i jämförelse mellan de två beräkningarna och det finns inte heller någon tydlig översättningsnyckel mellan dem. I projektet har man därför valt att göra en förenkling genom att utgå från omfattning av byggdelar enligt NollCO₂ och därefter subtrahera klimatpåverkan från de byggdelar i mörk bruttoarea, som enligt LFM30 inte ska tas med i beräkningen. Detta kan eventuellt ha en påverkan i beräkningsresultatet kopplat till LFM30:s kriterier, då antingen ett visst bortfall eller tillägg kan tillkomma i och med en sådan förenkling. Fallet kan också vara så att det har en obetydlig påverkan, men utan en direkt översättningsnyckel mellan systemen, eller en ny egen beräkning enligt BSAB 86 med omfattning enligt LMF30:s beräkningsmetodik, kan detta inte fastställas. Detaljer som dessa kan givetvis diskuteras, precis som användning av olika klimatdata och hur väl de speglar projektet i praktiken, men det blir också aningen ironiskt i det stora hela. Beräkning av klimatpåverkan är generellt ytterst approximerad och baseras på genomsnittsvärden som konstateras vara marknadsrepresentativa. Bestämmelser i olika certifieringar och initiativ skiljer sig helt enkelt för att åsikter bland de som uppfört riktlinjerna och metodikerna, skiljer sig. Det blir svårt att få någon typ av exakthet i en klimatberäkning vilket gör att detaljnivån egentligen blir relativt oväsentlig.

Ytterligare något som kan diskuteras är hur projektet väljer att presentera byggnadens klimatpåverkan. På LFM30:s intranät lyfts siffran 246 kgCO₂e/m² BTA som klimatpåverkan för byggnaden och jämförs med LFM30:s gränsvärde för lokalbyggnader på 270 kgCO₂e/m² BTA. Initiativets gränsvärde gäller dock för skede A1-A5, vilket gör jämförelsen aningen missvisande då den presenterade siffran på 246 representerar värdet för klimatpåverkan av skede A1-A3 enligt NollCO₂-beräkning. Värden för A1-A5 enligt den förenklade beräkningsmetodiken, enligt LFM30:s kriterier, landar i stället på 258 kgCO₂e/m² BTA, vilket likväl klarar gränsvärdet.

7.3 Diskussion av analys

I analyskapitel presenteras återigen kostnaderna för olika typer av klimatkompensationsåtgärder, i förhållande till utsläppsminskande effekt på ett ton koldioxidekvivalenter. Kostnaderna presenteras i form av minimal och maximal kostnad samt ett medelvärde. Genomsnittsvärdet är inte ett direkt medelvärde av minsta och högsta kostnad, utan har hämtats direkt från källor som presenterar medelvärdet representativt för hur det ser ut på marknaden. Gällande minimala och maximala kostnader för olika åtgärder skiljer de sig i samtliga lägen markant åt och detta väcker frågor om varför det ser ut på det viset. Då detta är information som inte direkt finns att tillgå, går det endast att spekulera i frågan om varför det faktiskt kan skilja sig så pass mycket. Våra resonemang kring detta är att förutsättningarna på platsen, där åtgärden implementeras, skiljer sig åt vilket automatiskt har inverkan på kostnaden. Gällande vind-, vatten- och solkraft har den geografiska positionen troligen stor påverkan, då kolsänkande effekt delvis beror på hur väl åtgärden fungerar på platsen. För att uppnå en viss utsläppsminskande effekt krävs en viss grundeffect av åtgärden som, i dessa fall, ersätter exempelvis fossil elproduktion. Vi vet hur beräkningarna går till i Sverige,

kopplat till Nordpools elmarknad och ersättning av fossil el på denna, men då dessa åtgärder implementeras på andra platser vet vi inte hur beräkningsmetodiker ser ut. Det kanske på vissa platser krävs större implementering än på andra helt beroende på vind, vatten- och solförutsättningar och beroende på hur klimatnyttan beräknas av projekt på den specifika platsen. Även tillgång till teknik och övrigt som behövs för att bygga upp sådana åtgärder skiljer sig beroende på projektplats, vilket även det påverkar kostnaden för projektet och därmed kostnaden för utsläppsminskande enhet. Gällande biokol har biokolets kvalitet och kolsänkande effekt påverkan. Produktionen kan se olika ut både på så vis att mer eller mindre energi krävs, tillgången till biomassa och slutresultatets kvalitet. Om produktionen är energikrävande innebär det högre energikostnader för att framställa samma mängd biokol som kan genomföras till en lägre produktionskostnad någon annanstans, även det energislag som används kan spela in på kostnaden. Om tillgången till biomassa är knaper krävs transport av förbränningsmaterial till platsen vilket således har en viss klimatpåverkan som totalt försämrar den totala nyttan av producerad biokol. Slutresultatet påverkas av biokolets kolsänkande effekt, vilket innebär att biokol av sämre kvalitet krävs i större mängder för att uppnå samma klimatnytta. Som tidigare diskuterats, påverkar även trädplanterings utformning och förvaltning dess koldioxidupptag och funktion som kolsänka. Detta gör således att vissa projekt, som kanske motiveras med andra värden än funktion som kolsänka, kräver större arealer för att ha samma utsläppsminskande effekt som en annan trädsort som är snabbväxande och som planteras för endast det kolsänkande syftet. Större arealer kan, beroende på trädsort, således innebära en högre kostnad. En åtgärd som exkluderas i analyskapitel är CCS och bio-CCS då det saknas kostnadsdata för konsument. Därav går det inte att utföra en analys, gjord likt för de andra åtgärderna, för denna form av klimatkompensation.

Gällande betongbyte från vanlig betong till ECO-betong indikerar analysens resultat på att den billigaste åtgärden är att byta till ECO-betong typ 1, helt enkelt då utsläppsminskningen per kubikmeter betong innebär en lägre kostnad än för de andra klimatförbättrade alternativen. Det som spelar in i valet av betongtyp är att mindre mängd behöver bytas ut om ECO-betong typ 2 eller 3 används för att uppnå samma utsläppsminskning, eftersom dessa typers klimatpåverkan är lägre per kubikmeter. Beroende på om man strävar efter en viss utsläppsminskande effekt eller ett visst mängdutbyte av volym blir kostnadsbilden olika. Då man strävar efter att uppnå ett visst utsläpp är det mer kostnadseffektivt att byta till ECO-betong typ 3, då det helt enkelt krävs en mindre volym jämfört med de andra klimatförbättrade alternativen. Detta indikerar att hänsyn inte enbart bör tas till kostnaden per enhet utsläppsminskning utan även till den faktiska mängd betong som är nödvändig för att uppnå en viss utsläppsreduktion.

8 Slutsatser

I detta avsnitt dras de huvudsakliga slutsatser som klargjorts under examensarbetets gång. Slutsatserna baseras på presenterade frågeställningar, vilka till viss del besvarats i såväl teorin som i fallstudien, med tillhörande resultat, analys och diskussion.

Resultat från litteraturundersökning definierar klimatkompensationer som ett verktyg för att som nation, företag eller privatperson, kunna betala för att balansera ut de utsläpp som denne själv bidrar med. Resultatet visar att det finns ett flertal tillgängliga kompensationsalternativ på marknaden, vilka vissa är mer effektiva än andra. CCS och bio-CCS är en åtgärd med stor potential och som lyfts som ett alternativ för att uppnå negativa utsläpp men som ännu inte brukas i praktiken, då det inte är tillräckligt undersökt och utvecklat för en kommersiell marknad. Biokol är ett bra alternativ för att erhålla negativa utsläpp, men stora mängder behövs för att ge en betydande kolsänkande effekt. Trädplantering är en vanlig åtgärd och som inte sällan marknadsförs med även övriga nyttor än den kolsänkande effekten. Åtgärden innebär dock, i jämförelse med andra, stora risker avseende beständighet då händelser som skogsbrand eller otillåten avverkning, sätter klimatkompensationens grundfunktion på spel. NBS-åtgärder har många viktiga nyttor men får ofta bristande additionalitet då den finansierade åtgärdens utförande, i endast utsläppsminskande syfte, ofta kan ifrågasättas. Additionaliteten kan även ifrågasättas i åtgärder som kan köpas på UN Carbon Offset Platform, då de ofta innebär någon typ av samhällsnytta utöver den utsläppsminskande effekt som utlovas. Det är därför viktigt att i samtliga fall av användande av klimatkompensationer, noga studera klimatnyttan i form av utsläppsminskning och endast tillgodoräkna sig denna form av nytta. Detta för att inte få omvänd effekt i form av ett totalt ökat utsläpp genom exempelvis för frikostig användning av principen suppressed demand och för att säkerställa grundfunktionen som klimatkompenserande åtgärd.

Gällande frågeställningen om hur en klimatkompensationsåtgärds tillförlitlighet undersöks, kan denna variera beroende på typ. Det finns osäkerhet kring de olika klimatkompenserade projektens effektivitet och additionalitet, tekniska osäkerheter, sociala orättvisor samt en risk för, så kallad, grönmålning. Klimatnyttan av en kompensationsåtgärd beräknas teoretiskt och visar sig inte sällan vara annorlunda i praktiken. Det finns därav risk för att för stor klimatnytta tilldelas åtgärden och att det på så vis säljs ett för stort antal koldioxidkrediter i samband med implementering av åtgärden. Om detta inträffar i för många fall, finns det risk för att den totala koldioxidhalten ökar i atmosfären, trots att den påstås minska. Det är inte en självklarhet att investerad krona blir till den utsläppsminskning som utlovas i samband med köpet och det är därför viktigt att noga studera hur klimatnyttan med åtgärden beräknats och att till så stor mån som möjligt använda sig av, men även granska, de tillgängliga certifieringssystem som behandlar klimatkompensationsåtgärder.

Slutsatsen om vad det kostar att klimatkompensera, är också beroende av typen av klimatkompensationsåtgärd. Det kan därmed i relativt stor omfattning, variera gällande hur mycket en klimatkompensation kostar. I takt med klimatomställningen och den ökade efterfrågan på klimatkompensationer, ökar priserna på marknaden för huvuddelen av åtgärdstyperna. Det kan kosta mellan ett tiotal kronor, upp till ett hundratal, och i

vissa fall, till och med ett tusental kronor, för att klimatkompensera ett ton koldioxidekvivalenter genom externa köp. I det stora hela, uppfattas kostnaden ändå som relativt låg, i förhållande till totala byggprojektkostnader, för att köpa sig fri från sina utsläpp. Det är positivt att åtgärderna är ekonomiskt rimliga, men det kan även innebära en viss risk genom att klimatkompensation tillämpas i stället för att ändra det egna arbetssättet genom val av material eller utformning, som från start orsakar en lägre klimatpåverkan. Det är viktigt att, trots att den ekonomiska möjligheten finns att balansera ut sina utsläpp, att branschen fortsätter utvecklas i grund och botten för att lösa de ursprungliga miljömässiga problem som finns och inte sätta funktionen i system som en enkel och ”lat” utväg för att köpa sig fri från sina skulder.

Resultat avseende hur klimatarbetet ser ut i byggbranschen beskrivs av ett flertal tillvägagångssätt för att som aktör, bidra till ett arbete som innebär en mindre klimatpåverkan. Kortfattat rör det sig huvudsakligen om medvetna val, vilka kan tillämpas avseende val av material, utformning och arbetssätt. Det finns utöver detta olika former av ramverk och riktlinjer, som byggprojekt kan förhålla sig till, där det främst rör sig om olika typer av miljöcertifieringar, branschinitiativ och lagenliga styrmedel som sätter fokus på byggnationers klimatpåverkan. Dessa bidrar till att främja klimatarbetet inom branschen och är viktiga element i utvecklingen av en bransch som bidrar med hög klimatpåverkan. Rörande arbetet med klimatkompensationer finns det både certifiering och branschinitiativ som tillåter användandet, men i hur stor utsträckning externa köp av klimatkompensationer används i byggbranschen är något som det saknas direkt underlag för.

8.1 Framtida forskning

Med frågeställning och avgränsningar som grund, finns det ett flertal aspekter och ämnen som under arbetet dykt upp, men som det saknats information och källor för, eller som låg för långt ifrån examensarbetets kärnpunkter. Förslag på framtida forskningsämnen presenteras i punktlistform nedan.

- Djupgående utredning om kostnader kopplade till klimateffektiva byggmetoder
- Undersökning om hur den sociala aspekten ser ut i samband med klimatkompensationer, i synnerhet i de projekt som genomförs i utvecklingsländer
- Undersökning om klimatkompensationers användning i byggbranschen, historiskt, i nutid, och i framtiden
- Undersökning om klimatkompensationers framtid, och om dessa kommer kunna vara en stor del av en hållbar klimatomställning
- Undersökning om hur marknadsföringen kring bland annat klimatneutralitet ser ut i byggbranschen, särskilt då det gäller om marknadsföring kring projekt med miljöcertifieringar
- Utredning kring hur arbetet med klimatkompensationsåtgärden CCS och bio-CCS kan komma att se ut, och om tekniken är möjlig att utveckla för användning i kommersiell skala

- Utredning om beräkningsmetodik i utsläppsminskningar, genererade genom installation av solceller, samt hur elmarknaden påverkar den nytta som fås ut klimatmässigt genom solelsproduktion
- Undersökning om hur samordningsarbetet ser ut med ett flertal certifieringar på ett och samma byggprojekt
- Utredning om hur stor påverkan uteslutandet av C-skedet har i beräkningar av klimatpåverkan i samband med NollCO₂-certifiering

Litteraturförteckning

- AtmozConsulting. (2024). *Vad du behöver veta om klimatfinansiering och vilka fördelar det kan ge ditt företag [internt material]*. AtmozConsulting.
- Auriloma, M., Ottelin, J., Hautamäki, R., Tuhkanen, E., Mänttari, M. (januari 2021). Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening*.
- Barlow, L., Metaxas, S. (2020). *Carbon Cost in Infrastructure*. Sweco.
- Bell, J. (2016). *Introduktion till forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Berglund, E. (den 17 mars 2023). *Regeringen vill klimatkompensera utomlands – för att nå Sveriges klimatmål*. Hämtat från Föreningen för Utvecklingsfrågor: <https://fuf.se/magasin/regeringen-vill-klimatkompensera-utomlands-for-att-na-sveriges-klimatmal/> [hämtad 2024-02-01]
- Boverket. (den 20 februari 2019a). *Detta visar en LCA för en byggnad*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vad-visar-en-lca/lca-for-byggnad/> [hämtad 2024-01-26]
- Boverket. (den 20 februari 2019b). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> [hämtad 2024-01-24]
- Boverket. (den 20 februari 2019c). *Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter (EPD)*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljovardeklaration-for-byggprodukter-epd/#> [hämtad 2024-03-11]
- Boverket. (den 20 februari 2019d). *Miljöcertifieringssystem och LCA*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljocertifieringssystem-och-lca/> [hämtad 2024-01-24]
- Boverket. (den 20 februari 2019e). *Så här görs en LCA*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/sahar-gors-en-lca/> [hämtad 2024-01-26]
- Boverket. (den 20 februari 2019f). *Vad visar en LCA?* Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vad-visar-en-lca/> [hämtad 2024-01-26]

- Boverket. (den 7 oktober 2020). *LCA i byggprocessen*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/lca-i-byggprocessen/> [hämtad 2024-01-26]
- Boverket. (den 10 november 2023a). *Bygghälsan som ingår*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/bygghalsa-som-ingar/> [hämtad 2024-01-24]
- Boverket. (den 10 oktober 2023b). *Klimatdata till beräkningen*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/klimatdata-till-berakningen/> [hämtad 2024-03-13]
- Boverket. (den 10 oktober 2023c). *Klimatdeklarationens omfattning*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/> [hämtad 2024-01-24]
- Boverket. (maj 2023d). *Miljöindikatorer - aktuell status*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> [hämtad 2024-01-23]
- Boverket. (den 10 oktober 2023e). *När ska klimatdeklarationen upprättas och registreras*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/faststall-tidpunkt/> [hämtad 2024-01-26]
- Boverket. (den 10 oktober 2023f). *Om Boverkets klimatdatabas*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/> [hämtad 2024-01-24]
- Boverket. (oktober 2023g). *Syftet med att klimatdeklarera byggnader*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/> [hämtad 2024-01-23]
- Boverket. (den 21 november 2023h). *Täckningsgraden ska beräknas*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/berakna/tackningsgraden-ska-beraknas/> [hämtad 2024-01-23]
- Boverket. (den 25 januari 2024). *Fabriksbetong, husbyggnad C30/37*. Hämtat från Boverket: <https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/5/6000000032> [hämtad 2024-03-13]
- Boverket. (u.å). *Ordlista för klimatdeklaration*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/ordlista/> [hämtad 2024-01-30]
- Brinkmann, S., & Kvale, S. (2015). *InterViews - Learning the Craft of Qualitative Research Interviewing*. Los Angeles: SAGE Publications.

- Budinis, S. (den 11 juli 2023). *Direct Air Capture*. Hämtat från International Energy Agency (IEA): <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/joint-implementation> [hämtad 2024-02-20]
- Carbon Credits. (den 04 december 2023). *Voluntary Carbon Credit Buyers Willing to Pay More For Quality*. Hämtat från Carbon Credits: <https://carboncredits.com/voluntary-carbon-credit-buyers-willing-to-pay-more-for-quality/> [hämtad 2024-02-20]
- Carbon Credits. (den 23 januari 2024). *Live Carbon Prices Today*. Hämtat från Carbon Credits: https://carboncredits.com/carbon-prices-today/?gclid=Cj0KCKQjwrfymBhCTARIsADXTabknzyoXS0PzZplceYBKooYIha7zUgmMgIhwFkPl8D9oMP0bMiNH0H4aAjVIEALw_wcB [hämtad 2024-01-23]
- Christiansen, C. (u.å). *Klimatpolitik*. Hämtat från North Sweden European Office: <https://www.northsweden.eu/policyomraden/klimatpolitik/> [hämtad 2024-02-01]
- Climate Impact Partners. (u.åa). *EXPLORE OUR PROJECTS*. Hämtat från Climate Impact Partners: <https://www.climateimpact.com/explore-projects/> [hämtad 2024-02-14]
- Climate Impact Partners. (u.åb). *Nature-based Solutions Projects*. Hämtat från Climate Impact Partners: <https://www.climateimpact.com/explore-projects/nature-based-solutions-projects/> [hämtad 2024-02-08]
- ClimateSeed. (den 7 februari 2023). *Voluntary Carbon Market Vs. Regulated Carbon Market*. Hämtat från ClimateSeed: <https://climateseed.com/blog/voluntary-carbon-market-vs.-regulated-carbon-market> [hämtad 2024-02-21]
- Cohen-Shacham, E., et al. (den 13 maj 2019). Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science and Policy*.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland: International Union for Conservation of Nature (IUCN).
- Dahlgren, F., Sveder Lundin, J., Erlandsson, M., Borgström, S., Dahlqvist, L., & Lindqvist, E. (den 23 augusti 2021). *Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden*. Hämtat från SBUF.
- Davis, M., Krüger, I., & Hinzmann, M. (2015). *COASTAL PROTECTION AND SUDS – NATURE-BASED SOLUTIONS*. Berlin: Recreate.

- Di Sacco et al. (den 4 mars 2021). Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*.
- Directorate-General for Environment European Commission. (u.å). *How Level(s) applies to you*. Hämtat från European Commission: https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels/lets-meet-levels/how-levels-applies-you_en [hämtad 2024-02-01]
- Donofrio, S., & Procton, A. (2023). *ECOSYSTEM MARKETPLACE INSIGHTS REPORT Paying for Quality* [internt material]. Washington: Ecosystem Marketplace.
- EASAC. (2018). *Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?* European Academies Science Advisory Council (EASAC).
- Energimyndigheten. (2021). *Första, andra, tredje... Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS*. Statens energimyndighet.
- Energimyndigheten. (den 26 januari 2022). *Emissions trading in the EU*. Hämtat från Swedish Energy Agency: <https://www.energimyndigheten.se/en/sustainability/emissions-trading/about-emissions-trading/emissions-trading-in-the-eu/> [hämtad 2024-02-06]
- Energimyndigheten. (den 17 augusti 2023a). *Frågor och svar om CCS och stöd för bio-CCS*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/ccs/fragor-och-svar-om-ccs-och-stodsystemet/> [hämtad 2024-02-09]
- Energimyndigheten. (den 22 december 2023b). *Kyotoprotokollet*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/internationella-klimatsamarbeten/kyotoprotokollet/> [hämtad 2024-03-11]
- Energimyndigheten. (den 17 januari 2024a). *Koldioxidavskiljning och lagring (CCS)*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/ccs/> [hämtad 2024-02-06]
- Energimyndigheten. (den 1 februari 2024b). *Stöd för bio-CCS genom omvänd auktion*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/ccs/statligt-stod-for-bio-ccs/> [hämtad 2024-02-08]
- EPD International. (u.å). *The International EPD System*. Hämtat från EPD International: <https://www.environdec.com/home> [hämtad 2024-03-11]

- Eriksson, K., Kulin, D., & Stenkvist, M. (2016). *Produktionskostnader för vindkraft i Sverige*. Statens energimyndighet.
- Europeiska kommissionen. (u.åa). *Carbon leakage*. Hämtat från European commission: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/carbon-leakage_en [hämtad 2024-02-06]
- Europeiska kommissionen. (u.åb). *What is the EU ETS?* Hämtat från European Commission: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en [hämtad 2024-02-06]
- Europeiska rådet. (den 20 december 2023). *Den europeiska gröna given*. Hämtat från Europeiska rådet: <https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/> [hämtad 2024-02-01]
- Europeiska unionen. (2019). Legislation 120. *Official Journal of the European Union*.
- Europeiska unionen. (2020). Taxonomiförordningen: Förordning (EU) 2020/852. *Europeiska unionens officiella tidning*.
- EVIA. (u.å). *Betongfri grund med Koljern®-teknik*. Hämtat från Koljern Nordic: <https://koljernnordic.se/vara-produkter/husgrund> [hämtad 2024-03-12]
- FAO. (u.å). *Carbon Markets - Which Types Exist and How They Work*. Hämtat från fao.org: <https://www.fao.org/3/i1632e/i1632e02.pdf>
- Fewins, T. (2022). *Wetlands for Carbon Storage*. Wildfowl & Wetlands Trust (WWT).
- Finansdepartementet. (mars 2016). *Avdrag för klimatkompensation genom borttagning av utsläppsrätter*. Hämtat från Regeringen: <https://www.regeringen.se/contentassets/5bd5fe74d4c94666b53f4220f2d1ab74/avdrag-for-klimatkompensation-genom-borttagning-av-utslappsratter> [hämtad 2024-02-06]
- Finansdepartementet. (den 05 maj 2022). *En taxonomi för hållbara investeringar*. Hämtat från Regeringskansliet: <https://www.regeringen.se/regeringspolitik/finansmarknad/taxonomi-ska-gora-det-enklare-att-identifiera-och-jamfora-miljomassigt-hallbara-investeringar/> [hämtad 2024-02-02]
- FN-förbundet. (u.å). *Klimatförhandlingar genom åren*. Hämtat från FN-förbundet: <https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/klimatforhandlingar-genom-aren/> [hämtad 2024-03-11]
- Forex. (den 19 februari 2024). *Växla valuta här innan du reser*. Hämtat från Forex: <https://www.forex.se/?currency=USD> [hämtad 2024-02-19]

- Francart, N., & Widström, T. (2021). *Livscykelanalys av olika fasadmaterial - Miljöpåverkan och livscykelkostnader för 6 olika fasadbeklädnader*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Fransson, A.-M., Gustafsson, M., Malmberg, J., & Paulsson, M. (2020). *Biokolhandboken - för användare*.
- Fridahl, M., & Lundberg, L. (2021). *Aktörspreferenser i design av ett stödsystem för bio-CCS*. Linköping: Linköpings universitet och Research Institutes of Sweden (RISE).
- Friström, A. (2021). *Reformera och komplettera EUs utsläppshandel*. Naturskyddsföreningen. Hämtat från Naturskyddsföreningen.
- Fu, C. (den 21 augusti 2020). Trees as Nature-Based Solutions: A Global South Perspective. *One Earth*, s. 141.
- Fuss et al. (den 22 maj 2018). *Negative emissions-Part 2: Costs, potentials and side effects*. Hämtat från IOPscience: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f> [hämtad 2024-02-19]
- Gold Standard. (u.å). *CARBON PRICING: What is a carbon credit worth?* Hämtat från Gold Standard: <https://www.goldstandard.org/blog-item/carbon-pricing-what-carbon-credit-worth> [hämtad 2024-02-20]
- Granström, J. (2018). *Klimatpåverkan från användande av skogsrester till bioenergi med koldioxidlagring (BECCS) och biokol i Sverige*. Uppsala: Uppsala Universitet.
- Greenwood, S., & Vasiliev, D. (juni 2022). Making green pledges support biodiversity: Nature-based solution design can be informed by landscape ecology principles. *Land Use Policy*. Hämtat från sciencedirect: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106129> [hämtad 2024-02-20]
- Havs- och vattenmyndigheten. (den 6 oktober 2016). *Londonkonventionen - reglering av dumpning och förbränning till havs*. Hämtat från havochvatten.se: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/internationellt-samarbete-och-konventioner/konventioner/londonkonventionen---reglering-av-dumpning-och-forbranning-till-havs.html> [hämtad 2024-02-09]
- Holmgren, A. (2021). *Redovisning: LFM30 Resultatkonferens 2021*. LFM30.
- Holmgren, A., & Erlandsson, M. (2022). *Beräkning och redovisning av LFM30:s metod för klimatbudget, version 1.6*. LFM30.

- Holmgren, A., & Ylmén, P. (2023a). *LFM30:s Metod för klimatbudget, version 1.7*. LFM30.
- Holmgren, A., & Ylmén, P. (den 15 april 2023b). *LFM30:s Metod för klimatbudget: Kriterier på projektnivå*. Hämtat från LFM30.
- Hudson, G., Hart, S., & Verbeek, A. (2023). *Investing in nature-based solutions*. Luxemburg: European Investment Bank.
- Implement Consulting Group. (2022). *The Economic Impact of BECCS in Sweden*. Stockholm Exergi.
- Ingelhart, G., & Högberg, A. (november 2021). *Klimat effektivt byggande*. Hämtat från Bengt Dahlgren.
- Jacobsson, G. (Januari 2010). Abduktion - - En forskningsmetod för psykodynamiska psykoterapeuter. *Matrix*.
- Joelsson, K., & Karlsson Andrews, A. (april 2016). Nytt hopp för världen med Parisavtalet. *FN-fakta*.
- Karlsson Andrews, A. (oktober 2017). 17 gemensamma mål stort framsteg för mänskligheten. *FN-fakta*.
- Klimatskoga. (u.åa). *CO2-upptag från Klimatskog på svenska gårdar*. Hämtat från Klimatskoga: <https://klimatskoga.se/foretag-investerar/> [hämtad 2024-02-14]
- Klimatskoga. (u.åb). *Ett blomstrande samhälle i en livskraftig natur*. Hämtat från Klimatskoga: <https://klimatskoga.se/omoss/> [hämtad 2024-02-14]
- Klimatskoga. (u.åc). *Frågor och svar*. Hämtat från Klimatskoga: <https://klimatskoga.se/faq/> [hämtad 2024-02-14]
- Klimatskoga. (u.åd). *Hem*. Hämtat från Klimatskoga: <https://klimatskoga.se> [hämtad 2024-02-14]
- Konsumentverket. (2020). *Underlagsrapport 2020:7 Genomlysning av klimatkompensation*. Konsumentverket.
- Konsumentverket. (2021). *Miljöpåståenden om klimatkompenserande produkter i marknadsföring*. Karlstad: Konsumentverket.
- Krohn Solvagn, B., & Magne Holme, I. (1997). *Forskningsmetodik - Om kvalitativa och kvantitativa metoder*. Lund: Studentlitteratur.

- Länstyrelsen. (u.å). *Klimatklivet - Lokala investeringar. Mätbara resultat*. Hämtat från Länstyrelsen.
- Lantz, A. (1993). *Intervjumethodik*. Lund: Studentlitteratur.
- LFM30. (2019). *Så utvecklar vi tillsammans en klimatneutral bygg- och anläggningssektor i Malmö*. Malmö: LFM30.
- LFM30. (den 11 juni 2020a). *Här händer det*. Hämtat från LFM30: <https://lfm30.se/har-hander-det/lfm30-visar-vagen-mot-klimatneutralt-byggande/> [hämtad 2024-01-23]
- LFM30. (den 10 juni 2020b). *Stadgar för Lokal Färdplan Malmö 2030 (LFM30) Ekonomiska förening*. Hämtat från LFM30.
- LFM30. (den 04 maj 2023). *LFM30 Hjälpmedel Mall Återbetalningsplan, version 1.7*. Hämtat från LFM30.
- LFM30. (u.åa). *Bakgrund*. Hämtat från LFM30: <https://lfm30.se/bakgrund/> [hämtad 2024-01-23]
- LFM30. (u.åb). *Pilotprojekten - Wahlborgs | Kvartetten* [internt material]. Hämtat från LFM30 Testbädden | Intranät.
- LFM30. (u.åc). *Vi som är med*. Hämtat från LFM30: <https://lfm30.se/vi-som-ar-med/> [hämtad 2024-01-26]
- Malmö Stad. (den 31 oktober 2023a). *Färdplan föredöme för klimatneutralt byggande i Sverige*. Hämtat från Malmö Stad: <https://malmo.se/Miljo-och-klimat/Goda-exempel-pa-miljo--och-klimatsatsningar/Fardplan-foredome-for-klimatneutralt-byggande-i-Sverige.html> [hämtad 2024-01-26]
- Malmö Stad. (den 20 juli 2023b). *Green City*. Hämtat från Malmö Stad: <https://malmo.se/Welcome-to-Malmo/Sustainable-Malmo/Sustainable-Urban-Development/Western-Harbour/Green-City.html> [hämtad 2024-02-13]
- Malmö Stad. (den 23 Januari 2024). *Kontorshuset Kvartetten*. Hämtat från Malmö Stad: <https://malmo.se/Stadsutveckling/Sa-utvecklar-vi-staden/Stadsplanering-och-bostader/Miljobyggstrategi-for-Malmo/Byggprojekt-i-Hyllie/Kontorshuset-Kvartetten.html> [hämtad 2024-03-06]
- Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J., & Erlandsson, M. (2021). *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*. Hämtat från Boverket: https://www.boverket.se/contentassets/5c704bbb2b2f4bd1a31beecf355efaa4/referensvarder-for-klimatpaverkan-vid-uppforande-av-byggnader_kth-2021.pdf

- Merriam, S. B. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod*. Lund: Studentlitteratur.
- Miles, L., Agra, R., Sengupta, S., Vidal, A., & Dickson, B. (2021). *Nature-based solutions for climate change mitigation*. Nairobi: United Nations Environment Programme and International Union for Conservation of Nature.
- Mirova. (u.å). *Natural Capital*. Hämtat från Mirova: <https://www.mirova.com/en/invest/natural-capital> [hämtad 2024-01-24]
- Mälardalens universitet. (den 28 februari 2023a). *Metoddoktorn - vägledning för uppsatser och PM i företagsekonomi - Reliabilitet*. Hämtat från libguides.mdu.se: <https://libguides.mdu.se/c.php?g=678062&p=4832301> [hämtad 2024-01-24]
- Mälardalens universitet. (den 28 februari 2023b). *Metoddoktorn - vägledning för uppsatser och PM i företagsekonomi - Validitet*. Hämtat från libguides.mdu.se: <https://libguides.mdu.se/c.php?g=678062&p=4832296> [hämtad 2024-01-24]
- Möllersten, K., & Zetterberg, L. (2023). *Bringing BECCS credits to voluntary carbon markets*. IVL Swedish Environmental Research Institute.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (den 16 augusti 2023). *Coastal Blue Carbon*. Hämtat från National Ocean Service: <https://oceanservice.noaa.gov/ecosystems/coastal-blue-carbon/> [hämtad 2024-02-14]
- Nature-Based Solutions Initiative. (2021). *The four guidelines for Nature-based solution*. Hämtat från Nature-based Solutions Initiative: <https://nbsguidelines.info> [hämtad 2024-01-23]
- Nature-Based Solutions Initiative. (den 10 november 2023). *Diverse forests can store over 70% more carbon than monocultures*. Hämtat från Nature-Based Solutions Initiative: <https://www.naturebasedsolutionsinitiative.org/news/species-richness/> [hämtad 2024-02-15]
- Naturskyddsföreningen. (den 12 mars 2021a). *CCS - infångning och lagring av koldioxid*. Hämtat från Naturskyddsföreningen: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/ccs-infangning-och-lagring-av-koldioxid/> [hämtad 2024-02-06]
- Naturskyddsföreningen. (den 11 mars 2021b). *Frågor och svar om klimatkompensation*. Hämtat från Naturskyddsföreningen: <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/fragor-och-svar-om-klimatkompensation/> [hämtad 2024-02-09]

- Naturskyddsföreningen. (den 15 mars 2021c). *Vad är albedo?* Hämtat från Naturskyddsföreningen: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-albedo/> [hämtad 2024-02-19]
- Naturvårdsverket. (den 11 mars 2021). *Frågor och svar om klimatkompensation.* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/fragor-och-svar-om-klimatkompensation/> [hämtad 2024-03-11]
- Naturvårdsverket. (2022). *Nature Based Solutions.* Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (den 6 april 2023a). *Biokol är en framtidsprodukt.* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/klimatlivet/resultat-i-olika-branscher-2022/biokol-ar-en-framtidsprodukt/> [hämtad 2024-02-13]
- Naturvårdsverket. (den 14 december 2023b). *Klimatet och skogen.* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-skogen/> [hämtad 2024-02-15]
- Naturvårdsverket. (den 03 juli 2023c). *Sveriges del av EU:s klimatmål.* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-del-av-eus-klimatmal/> [hämtad 2024-02-06]
- Naturvårdsverket. (u.åa). *Klimatkonvektionen.* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/internationellt-miljoarbete/internationella-miljokonventioner/klimatkonventionen/> [hämtad 2024-01-26]
- Naturvårdsverket. (u.åb). *Koldioxidavskiljning och lagring (CCS).* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoarbete-i-eu/koldioxidavskiljning-och-lagring/> [hämtad 2024-02-06]
- Naturvårdsverket. (u.åc). *Vad är Parisavtalet?* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-parisavtalet/> [hämtad 2024-01-31]
- Naturvårdsverket. (u.åd). *Vad är utsläppshandel?* Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/utslappshandel/vad-ar-utslappshandel/> [hämtad 2024-02-06]

- One Click LCA. (u.å). *EPDs types with One Click LCA*. Hämtat från One Click LCA: <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/epd-types-in-one-click-lca> [hämtad 2024-03-13]
- Opanda, S. (den 9 januari 2024). *Carbon Credit Pricing Chart: Updated 2023*. Hämtat från 8BillionTrees: <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/new-buyers-market-guide/carbon-credit-pricing/> [hämtad 2024-03-01]
- Pan et al. (den 20 juni 2023). Contribution of prioritized urban nature-based solutions allocation to carbon neutrality. *Nature Climate Change*.
- PE Teknik & Arkitektur. (2024). Projektdokument [internt material]. Malmö.
- Peikko. (u.å). *DELTABEAM Green - reducerat miljöavtryck*. Hämtat från Peikko: <https://www.peikko.se/produkter/deltabeam-bjalklagskonstruktion/deltabeam-green/> [hämtad 2024-03-13]
- Peiseler, L., & Rügsegger, C. (den 22 mars 2022). *More curse than blessing? Carbon offsetting by planting trees*. Hämtat från ETHzürich: Energyblog: <https://blogs.ethz.ch/energy/forestation-yes-but/> [hämtad 2024-02-19]
- Pia Stoll Konsult AB. (2022). *Continous Cover Forestry (CCF) certificates as climate action in Sweden Green Building Council's Net Zero Carbon Futurer certification system "NollCO2" for new buildings*. Stockholm: Sweden Green Building Council.
- Pledge. (den 12 maj 2022). *Carbon offsetting projects - understanding the types, costs and scope*. Hämtat från Pledge: <https://www.pledge.io/resources/blog/carbon-offsetting-projects-understanding-the-types-costs-and-scope/> [hämtad 2024-02-20]
- Ratnam, J. (den 21 augusti 2020). Trees as Nature-Based Solutions: A Global South Perspective. *One Earth*, s. 140.
- Rüegg, P. (den 24 juni 2021). *Mixed cultures for a greater yield*. Hämtat från ETHzürich: <https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2021/06/mixed-cultures-for-a-greater-yield.html> [hämtad 2024-02-19]
- Schöb, C. (den 31 juli 2018). *ETHzürich*. Hämtat från Mixed cultures, not monotony: <https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2018/07/mixed-cultures-not-monotony.html> [hämtad 2024-02-19]
- SGBC. (den 12 augusti 2022). *Höga ambitioner: Här bygger Wihlborgs med tre starka hållbarhetscertifieringar*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/nyheter/wihlborgs-bygger-med-tre-starka-certifieringar> [hämtad 2024-02-20]

- SGBC. (den 1 januari 2023a). *Avgifter i NollCO2*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/anvandarstod-for-nollco2/avgifter-i-nollco2/> [hämtad 2024-03-06]
- SGBC. (den 22 november 2023b). *Miljöbyggnad*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad/> [hämtad 2024-03-11]
- SGBC. (2023c). *NollCO2 - Nettonoll Klimatpåverkan - Manual 1.2*. Sweden Green Building Council.
- SGBC. (den 12 juni 2023d). *NollCO2 med start i sent skede: så klarade Kwartetten certifieringen*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://sgbc.se/nyheter/nollco2-med-start-i-sent-skede-sa-klarade-kwartetten-certifieringen/> [hämtad 2024-03-11]
- SGBC. (u.åa). *Certifiering - Nyckeln till ett hållbart samhällsbygge*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/certifiering/> [hämtad 2024-01-24]
- SGBC. (u.åb). *Certifieringsprocessen för NollCO2*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/certifieringsprocessen-for-nollco2/> [hämtad 2024-01-31]
- SGBC. (u.åc). *Information om baseline och gränsvärden i NollCO2*. Hämtat från Sweden green Building Council: <https://www.sgbc.se/nyheter/nytt-informationsblad-om-baseline-och-gransvarder-i-nollco2/> [hämtad 2024-01-31]
- SGBC. (u.åd). *Miljöbyggnad 3.1 - Sammanfattning av betygskriterier för ny byggnad*. Hämtat från Sweden Green Building Council.
- SGBC. (u.åe). *NollCO2 Nettonoll Klimatpåverkan - Ramverk*. Sweden Green Building Council.
- SGBC. (u.åf). *Tidplan för NollCO2*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/utveckling/utveckling-av-nollco2/tidplan-for-nollco2/> [hämtad 2024-01-31]
- SGBC. (u.åg). *Vad är EU:s gröna taxonomi?* Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/utveckling/eu-taxonomin/vad-ar-eus-grona-taxonomi/> [hämtad 2024-02-02]
- SGBC. (u.åh). *Vad är NollCO2? - utveckling*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/utveckling/utveckling-av-nollco2/vad-ar-nollco2/> [hämtad 2024-01-31]

- SGBC. (u.åi). *Vad är NollCO2?* Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/vad-ar-nollco2/> [hämtad 2024-01-31]
- SGBC. (u.åj). *Vad är WELL Building Standard?* Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/utveckling/well-building-standard-i-sverige/vad-ar-well-building-standard/> [hämtad 2024-03-11]
- SGBC. (u.åk). *WELL Building Standard i Sverige.* Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/utveckling/well-building-standard-i-sverige/> [hämtad 2024-03-11]
- SGU. (den 1 juli 2021). *CCS i internationellt perspektiv.* Hämtat från Sveriges geologiska undersökning: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/ccs-i-internationellt-perspektiv/> [hämtad 2024-02-08]
- SGU. (den 26 juni 2023a). *CCS- Koldioxidlagring.* Hämtat från Sveriges geologiska undersökning: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/> [hämtad 2024-02-08]
- SGU. (den 26 juni 2023b). *Geologiska förutsättningar för koldioxidlagring i Sverige.* Hämtat från Sveriges geologiska undersökning: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/geologiska-forutsattningar-for-koldioxidlagring-i-sverige/> [hämtad 2024-02-08]
- Sjöström, A. (den 29 juni 2022). *Husgrund i trä halverar koldioxidavtrycket.* Hämtat från Hållbart samhällsbyggande: <https://hallbartsamhallsbyggande.se/husgrund-i-tra-halverar-koldioxidavtrycket/> [hämtad 2024-03-12]
- Sjelvgren, A. (2022). *Statens roll inom taxonomin.* Karlskrona: Boverket.
- Skogskunskap. (den 20 mars 2020). *Grenar och toppar.* Hämtat från Skogskunskap: <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/skoda-skogsbransle/grenar-och-toppar/> [hämtad 2024-02-15]
- SLU. (den 28 mars 2023a). *"Vi planterar träd i Afrika": Svenska diskurser och lokala effekter av klimatkomparerande trädplanteringsprojekt i afrikanska lokalsamhällen.* Hämtat från Sveriges lantbruksuniversitet: <https://www.slu.se/institutioner/stad-land/forskning/Landsbygdsutveckling/pagaende-projekt/trad-i-afrika/> [hämtad 2024-02-15]
- SLU. (den 28 mars 2023b). *Svenska klimatinitiativ i Uganda: Går det att minska koldioxidutsläpp och gynna lokal hållbar utveckling samtidigt?* Hämtat från Svenska lantbruksuniversitetet: <https://www.slu.se/institutioner/stad-land/forskning/Landsbygdsutveckling/avslutade-projekt/klimatinitiativ/> [hämtad 2024-02-15]

- SLU. (den 8 januari 2024). *Mot mer hållbar konsumtion av utsläppsrätter*. Hämtat från Sveriges lantbruksuniversitet: <https://www.slu.se/institutioner/stad-land/forskning/Landsbygdsutveckling/avslutade-projekt/mot-mer-hallbar-konsumtion-av-utslappsraetter/> [hämtad 2024-02-13]
- SOU. (2020:4). *Vägen till en klimatpositiv framtid*. Stockholm: Statens offentliga utredningar.
- SR Energy. (2019). *Frågor och svar om vindkraftverk*. SR Energy.
- SSAB. (u.å). *Allt grönt stål är inte fossilfritt – lär dig varför*. Hämtat från SSAB: <https://www.ssab.com/sv-se/fossilfri/insikter/allt-gront-stal-ar-inte-fossilfritt> [hämtad 2024-03-12]
- Stockholm Exergi. (u.åa). *Ny bio-CCS-anläggning i Värtan*. Hämtat från Stockholm Exergi: <https://www.stockholmexergi.se/stockholmsuger/fullskalig-anlaggning/> [hämtad 2024-02-13]
- Stockholm Exergi. (u.åb). *Stockholm - här suger vi bort koldioxid ur atmosfären*. Hämtat från Stockholm Exergi: <https://www.stockholmexergi.se/stockholmsuger/> [hämtad 2024-02-13]
- Svensk Betong. (2022). *Vägledning Klimatförbättrad betong*. Svensk Betong.
- Svensk Byggtjänst. (u.å). *Armering*. Hämtat från Svensk Byggtjänst: <https://byggkatalogen.byggtjanst.se/byggfakta/armering/1> [hämtad 2024-03-12]
- Svensk kolinlagring. (u.åa). *FAQ - Frågor vi ofta får*. Hämtat från Svensk kolinlagring: <https://svenskkolinlagring.se/faq-fragor-vi-ofta-far/> [hämtad 2024-02-13]
- Svensk Kolinlagring. (u.åb). *Köp kolinlagring*. Hämtat från Svensk kolinlagring: <https://svenskkolinlagring.se/kop-kolinlagring/> [hämtad 2024-02-13]
- Svenska Bostäder. (den 17 november 2023). *Vägledning för klimateffektivt byggande*. Hämtat från Svenska Bostäder.
- Sveriges Riksdag. (den 01 juli 2021). *Lag (2021:787) om klimatdeklaration för byggnader*. Hämtat från Sveriges Riksdag: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2021787-om-klimatdeklaration-for-byggnader_sfs-2021-787/ [hämtad 2024-02-05]
- Sveriges Riksdag. (u.å). *Skogsvårdslag (1979:429)*. Hämtat från Sveriges Riksdag: <https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk->

[forfattningssamling/skogsvardslag-1979429_sfs-1979-429/](#) [hämtad 2024-02-19]

United Nations Development Programme. (u.å). *Om Globala målen*. Hämtat från Globala målen: <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/> [hämtad 2024-01-31]

United Nations Environment Programme. (2023). *State of Finance for Nature: The Big Nature Turnaround – Repurposing \$7 trillion to combat nature loss*. Nairobi: United Nations Environment Programme.

United Nations. (u.åa). *Joint implementation*. Hämtat från United Nations: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/joint-implementation> [hämtad 2024-02-22]

United Nations. (u.åb). *Projects*. Hämtat från United Nations Carbon Offset Platform: <https://offset.climateneutralnow.org/AllProjects> [hämtad 2024-02-19]

United Nations. (u.åc). *Take climate action by supporting green projects*. Hämtat från United Nations Carbon offset platform: <https://offset.climateneutralnow.org> [hämtad 2024-02-19]

United Nations. (u.åd). *The Clean Development Mechanism*. Hämtat från United Nations: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism> [hämtad 2024-02-22]

United Nations. (u.åe). *UN certification of emission reductions*. Hämtat från United Nations Carbon Offset Platform: <https://offset.climateneutralnow.org/UNCertification> [hämtad 2024-02-19]

United Nations. (u.åf). *What is offsetting?* Hämtat från United Nation Carbon Offset Platform: <https://offset.climateneutralnow.org/aboutoffsetting> [hämtad 2024-02-19]

United States Environmental Protection Agency. (2016). *Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*. Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government.

Utilities One. (den 22 oktober 2023). *Carbon Offsetting in Construction Making Positive Environmental Impact*. Hämtat från Utilities One: <https://utilitiesone.com/carbon-offsetting-in-construction-making-positive-environmental-impact> [hämtad 2024-03-13]

- Utsläppsrätt.se. (u.å). *Olika sorters kompensation*. Hämtat från Utsläppsrätt.se: <https://www.utslaeppsratt.se/olika-sorters-kompensation/> [hämtad 2024-02-21]
- Vattenfall. (u.å). *Infångning av koldioxid*. Hämtat från <https://group.vattenfall.com/se/var-verksamhet/vagen-mot-ett-fossilfritt-liv/infangning-av-koldioxid>: <https://group.vattenfall.com/se/var-verksamhet/vagen-mot-ett-fossilfritt-liv/infangning-av-koldioxid> [hämtad 2024-02-08]
- Verra. (u.å). *Area of Focus - Agriculture, Forestry, And Other Land Use (AFOLU)*. Hämtat från Verra: <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/area-of-focus-agriculture-forestry-land-use/> [hämtad 2024-02-21]
- Whiting, T. (den 05 september 2022). *\$500 vs \$5 carbon credits – why does cost vary so much in carbon offsetting?* Hämtat från Lune: <https://lune.co/blog/500-vs-5-carbon-credits-why-does-cost-vary-so-much-in-carbon-offsetting> [hämtad 2024-02-20]
- Wihlborgs. (den 03 maj 2022). *Wihlborgs inför pris på koldioxidutsläpp*. Hämtat från Wihlborgs: <https://news.cision.com/se/wihlborgs-fastigheter-ab/r/wihlborgs-infor-pris-pa-koldioxidutslapp.c3558408> [hämtad 2024-03-06]
- Wihlborgs. (den 28 september 2023). *"Bästa sättet att inspirera andra är att visa att det går"*. Hämtat från Wihlborgs: <https://www.wihlborgs.se/sv/om-oss/nyheter/hallbar-fastighetsutveckling/basta-sattet-att-inspirera-andra-ar-att-visa-att-det-gar/> [hämtad 2024-02-20]
- Wihlborgs. (u.å). *Nybyggda kontor i Hyllie, Malmö*. Hämtat från Wihlborgs: <https://www.wihlborgs.se/sv/projekt/malmo/kvartetten/> [hämtad 2024-02-20]
- Wikells. (den 27 mars 2024). [internt material] *Wikells*.
- Wärneryd, B. (1993). *att fråga*. Örebro: Statistiska Centralbyrån.
- Zeromission. (den 11 Januari 2021). *Kan trädplantering balansera fossila utsläpp?* Hämtat från Zeromission: <https://zeromission.se/kan-tradplantering-balansera-fossila-utslapp/> [hämtad 2024-02-12]
- Zeromission. (den 16 september 2022). *Priserna på klimatkompensation har gått upp avsevärt under året – vi förklarar varför*. Hämtat från Zeromission: <https://zeromission.se/priserna-pa-klimatkompensation-har-gatt-upp-kraftigt-under-aret-vi-forklarar-varfor/> [hämtad 2024-01-23]
- Zeromission. (den 11 september 2023a). *Hur gynnas småbrukare av att plantera träd?* Hämtat från Zeromission: <https://zeromission.se/hur-gynnas-smabrukare-av-att-plantera-trad/> [hämtad 2024-02-15]

Zeromission. (den 5 september 2023b). *Träd som kolsänkor*. Hämtat från Zeromission:
<https://zeromission.se/trad-som-kolsankor/> [hämtad 2024-02-15]

Bilagor

Bilaga 1

Intervju – Andreas Eggertsen Teder, delaktig i LFM30 arbetsgrupp 3

1. Vad gäller kring solceller som klimatkompensationsåtgärd i LFM30? Vi läste i LFM30:s dokument att solceller kan användas som en kompensation i undantagsfall, vad är detta undantagsfall och hur bedömer man det?
2. Vad kostar det att klimatkompensera med biokol?
3. Finns det någon särskild leverantör av biokol som föredras av er inom LFM30?
4. Har ni något projekt där biokol har använts som kompensation?
5. Hur klimatkompenserar ett företag med bio-CCS?
6. Var hamnar de pengar som investeras i bio-CCS och vad ämnas de användas till?
7. Vad är motiveringen bakom användning av bio-CCS som kompensationsåtgärd?
8. Hur stället ni er, inom LFM30, till bio-CCS och faktumet att det, i dagsläget, inte finns i kommersiell skala?
9. Vilka åtgärder syftas på i åtgärdsförslag ”N 3.1 Externt köp av biologisk kolsänka”?
10. Hur uppdaterar ni er, inom LFM30, om vad som gäller kring olika klimatkompensationsåtgärder, såsom bio-CCS?
11. Hur har metod för LFM30:S klimatbudget arbetats fram?
12. Vem eller vilka är det som tar besluten kring beräkningsmetoderna, såsom metod för återbetalning och vilka åtgärder som får lov att användas?

