Potentialen i regenerativa byggmaterial i omställningen mot ett klimatneutralt byggande

LUNDS UNIVERSITET

LTH
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för bygg- och miljöteknologi / Byggproduktion

Examensarbete:
Feven Wolderufael

© Copyright Feven Wolderufael 2025

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Sammanfattning

Bygg och fastighetssektorn stod för 22,1% av Sveriges totala växthusutsläpp år 2022 där tillverkning av byggmaterial och utvinning av fossila bränslen stod för en stor del av utsläppen. Samtidigt står Sverige inför ett nationellt klimatmål att bli klimatneutrala till år 2045. Därför krävs det lösningar och åtgärder i byggprocessen för att reducera utsläppen och därefter nå målet om nettonollutsläpp. Rapporten fokuserar på potentialen i regenerativa material och hur användningen av dessa material hade kunnat bidra till målet om ett klimatneutralt byggande. De regenerativa materialen som undersöks är trä och de hampabaserade materialen- hampakalk och hampafiberisolering. Examensarbetet utformas genom en litteraturstudie, dokumentstudie och en intervjustudie. Litteraturstudien presenterar tidigare forskning och information kring ämnet. Därefter sker en dokumentstudie som redovisar klimatavtrycket från några utvalda miljövarudeklarationer. Intervjustudien sker i form av semistrukturerade intervjuer från relevanta aktörer som ger en fördjupning inom de olika materialen. Resultatet visar att de utvalda regenerativa byggmaterial inte bara har lägre klimatpåverkan jämfört med konventionella material utan också har förmågan att fungera som kolsänkor vilket leder till ett koldioxidnegativt klimatavtryck. Dessutom finns en potential att skapa en cyklisk byggprocess där frågan kring återvinning och återbruk inte blir komplicerad. Dessa material används inte i lika stor utsträckning som konventionella material vilket bidrar till utmaningen kring kunskap och kompetens gällande materialegenskaper, teknisk prestanda och hur materialen hanteras vid projektering.

Nyckelord: Regenerativa byggmaterial, klimatneutralt byggande, biobaserade material.

Abstract

The construction and real estate sector accounted for 22,1% of Sweden's total greenhouse gasemissions in 2022, with the production of building materials and extraction of fossil fuels contributing for a large part of the emissions. At the same time, Sweden faces a national climate goal to become climate neutral by the year 2045. Therefore, solutions and measures are required in the construction process to reduce emissions and subsequently reach the goal of net zero emissions. The report focuses on the potential of regenerative materials and how their use could contribute to the goal of climate neutral construction. The regenerative materials that are examined in this thesis are wood and the hemp-based materials: hempcrete and hempfiberinsulation. This thesis is structured around a litterature study, a document study and an interview study. The litterature study presents previous research and information on the subject. This followed by a document study which reports the climate footprint from selected environmental product declerations. The interviews takes form of semi-structured interviews of professionals in the field that provide an in-depth look at the various materials. The results show that the selected regenerative construction materials do not only have a lower climate impact but also functions as carbonsink, resulting in a carbon-negative impact. In addition there's a potential to create a circular construction process, where the issues related to recycling and reuse becomes easier. However, since these materials are not used to the same extent as conventional materials, this contributes to the challenges regarding knowledge and expertis on materialproperties, technical performance and how the materials are handled during design.

Keywords: Regenerative materials, climate-neutral construction, biobased materials.

Förord

Det här examensarbetet är det avslutande momentet för högskoleingenjörsprogrammet i byggteknik med arkitektur vid Lunds tekniska högskola. Det har varit en lärorik och intressant arbetsprocess. Jag vill börja med att tacka min handledare Carlos Martinez för en värdefull och hjälpsam vägledning under arbetets gång. Jag vill även tacka Radhlinah Aulin som tog sig an rollen som examinator. Dessutom vill jag rikta ett stort tack till alla respondenter som har tagit sig tiden att ställa upp på intervjuer och bidragit med värdefull kunskap kring ämnet. Sist men inte minst vill jag tacka min familj och deras enorma stöd och uppmuntran under min utbildning.

Avslutningsvis hoppas jag på att detta examensarbete ska kunna bidra till en kunskapsutveckling kring regenerativa material och öka intresset att arbeta med en materialomställning i processen mot ett klimatneutralt byggande.

Feven Wolderufael

Ordlista

Kolsänka: En produkt eller system som tar upp och binder mer koldioxid än vad det avger till atmosfären.

Koldioxidekvivalenter: Ett mått som används i miljövarudeklarationer och livscykelanalyser för att ange totala växthusgaserna för en produkt per kg. [CO2e /kg]

EPD: En miljövarudeklaration som beskriver ett material eller en produkts miljöegenskaper för att kunna redovisa materialets miljöprestanda under dess livscykel.

GWP: Förkortningen står för Global warming potential och är ett mått på hur mycket ett material släpper ut koldioxid inom loppet på 100 år.

GWP-GHG: Totala koldioxidutsläppet från de olika indikatorerna förutom biogent kol

GWP-Fossil: Växthusgaser från fossila bränslen/källor/ursprung

GWP-Luluc: Global warming potential - Land Use and Land use Change är växthusgaser som är kopplade till markanvändning/ ändrad markanvändning

GWP- Biogenic: Växthusgaser som är kopplade till upptag och utsläpp från material som har lagrat kol

Netto noll: Ett läge där växthusgaserna i atmosfären balanseras ut med den mängden utsläpp som tas från atmosfären, vilket i sin tur inte bidrar till växthuseffekten (ClimatePartner, 2024).

Klimatneutralt byggande: Ett byggande som har ett netto noll utsläpp av växthusgaser

Biobaserade material: Material som har sitt ursprung från naturen och kommer från helt eller delvis förnybara källor/biomassa

Biogena material: Material som har bundit kol under sin livscykel genom fotosyntes vilket i sin tur bidrar till kolets kretslopp

Regenerativt material: Material som oftast är biobaserade eller/och biogena samt sträcker sig bortom hållbarhet och återställer ekosystemet genom dess regenerativa egenskaper.

Regenerativt byggande: Byggstrategier i byggprojekt avsedda för att återställa ekosystemet och minimera miljöförstörelse.

Innehållsförteckning

1 Inledning ... **1**
1.1 Bakgrund ... **1**
1.2 Problemformulering ... **2**
1.3 Syfte ... **2**
1.4 Frågeställningar ... **3**
1.5 Avgränsningar ... **3**
1.6 Metod ... **4**
1.7 Disposition ... **4**

2 Teoretiskt ramverk ... **5**
2.1 Klimatneutralt byggande ... **5**
2.1.1 Växthuseffekten ... 5
2.1.2 Klimatneutralt byggande ... 6
2.1.3 Klimatneutralt byggande i praktiken ... 6
2.1.4 Regenerativa strategier i byggprocessen mot klimatneutralitet ... 7
2.2 Definition av Regenerativa byggmaterial ... **8**
2.3 Hållbarhet och regenerativt byggande ... **10**
2.3.1 Certifieringssystem och regelverk som stödjer regenerativt byggande ... 10
2.3.2 Koppling mellan hållbarhet och regenerativt byggande ... 11
2.4 Miljövarudeklarationer ... **11**
2.5 Regenerativa byggmaterial ... **13**
2.5.1 Trä ... 13
2.5.2 Hampakalk ... 14
2.5.3 Hampafiberisolering ... 15
2.6 Konventionella byggmaterial ... **16**
2.6.1 Betong ... 16
2.6.2 Mineralull ... 17
2.7 Utmaningar och möjligheter för regenerativa byggmaterial ... **17**

3 Metodik ... **19**
3.1 Arbetsprocessen ... **19**
3.2 Blandad metod ... **20**
3.3 Litteraturstudie ... **20**
3.4 Dokumentstudie ... **21**
3.5 Intervjuer ... **21**
3.6 Tematisk analys av intervjumaterialet ... **23**
3.7 Analysmetod ... **24**
3.8 Analys av metodval ... **24**
3.9 Validitet ... **25**
3.10 Reliabilitet ... **25**

4 Resultat ... **26**
4.1 Dokumentstudie ... **26**
4.1.1 Jämförelse och tolkning av resultat ... 31
4.2 Intervjustudie ... **33**

5 Analys och diskussion ... **42**
5.1 Regenerativa egenskaper ... **42**
5.2 Klimatpåverkan ... **42**
5.3 Tekniska egenskaper ... **43**
5.4 Utmaningar och möjligheter ... **44**

5.5 Återvinning och återbruk 45

6 Slutsats 46

6.1 Frågeställningar och svar 46

6.2 Framtida forskningsförslag 48

7 Referenser 49

8 Bilagor 56

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Boverket (2025a) konstaterade att bygg- och fastighetssektorn stod för 22,1% av Sveriges totala växthusutsläpp år 2022. Växthusgaserna motsvarade 10,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter på nationell nivå, samtidigt som byggsektorn även bidrog till ett internationellt utsläpp på 6,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter genom import av varor. Tillverkning av byggmaterial och utvinning av fossila bränslen utomlands som senare importeras till Sverige för användning av till exempel transport av byggvaror samt byggmaskiner, visade sig vara de främsta anledningarna till de indirekta utsläppen från import. Vidare konstaterar Boverket att det har skett en positiv utveckling mellan åren 2008–2022 där växthusgaserna har minskat med 12%, vilket är en förändring i rätt riktning. Minskningen berodde på en rad olika faktorer där den främsta anledningen var mindre utsläpp från uppvärmning av fastigheter och byggnader.

De stora mängder koldioxidutsläpp i Sverige har skapat debatter kring hur vi långsiktigt ska kunna lösa problemen med växthusgaserna. Enligt Naturvårdsverket (2025a) ska Sverige senast år 2045 nå ett klimatneutralt mål genom att inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå ett negativt utsläpp. Processen bakom målet innebär att Sverige år 2045 måste uppnå en minskning på 85% reducerat utsläpp jämfört med år 1990. Resterande utsläpp som ska gå ner till netto noll kan tas med andra åtgärder som till exempel lagring av koldioxid från förbränning med hjälp av biobränslen. Syftet med målet är att säkerställa ett hållbart och långsiktigt samhälle, samt bidra för att kunna nå upp till Parisavtalet.

För att fullt ut kunna uppnå ett klimatneutralt byggande krävs enligt Erlandsson m.fl. (2022) negativa koldioxidutsläpp. Erlandsson presenterar metoderna för att kunna uppnå ett klimatneutralt byggande i 4 punkter som LFM30 har tagit fram. Punkterna sammanfattas genom att växthusgaser från alla olika källor ska tas bort från atmosfären för att sedan lagras utanför atmosfären permanent. Dessutom måste den lagrade/avlägsna växthusgaserna vara större än växthusgaserna som släpps ut. Det presenteras även ett alternativ utöver de 4 punkterna som man direkt under byggskedet kan utföra. Det är att använda biogena kolsänkor och biobaserade material från förnybara källor, där vi kan skapa kolsänkor. Däremot finns problemet att det inte finns en enighet på hur dessa material ska räknas som negativa utsläpp i en livscykelanalys.

Med regenerativa material och strategier i byggprocessen är det möjligt att skapa ett negativt koldioxidutsläpp, då dessa material grundar sig i förnybara källor och fungerar som kolsänkor. Egenskaperna i dessa material återställer ekosystemet då regenerativa material oftast är biogena eller biobaserad och är kompatibla med naturen i både i tillverkning och användning av produkterna som skapas. Därför är syftet med regenerativa material att utnyttja naturens resurser på ett optimalt sätt samtidigt som ekosystemet och miljön inte förstörs, utan snarare återställs. (Honarvar, m.fl 2022; Erlandsson, m.fl 2022)

Tillverkning och användning av traditionella byggnadsmaterial som till exempel stål och cement skapar stora koldioxidutsläpp på grund av dess utvinning och framställning. Däremot ger förnybara material som till exempel trä ett mindre koldioxidutsläpp vid tillverkning och fungerar som en kolsänka vid färdigställande eftersom materialet binder kol under sin livstid med hjälp av fotosyntesen (Svenskt trä, 2021).

1.2 Problemformulering

Just på grund av att byggsektorn står för en stor del av Sveriges koldioxidutsläpp, krävs åtgärder och lösningar redan idag för att uppnå det nationella målet att få Sverige klimatneutral till år 2045. Mängden utsläpp från tillverkning av byggmaterial beror på vilka material man väljer att använda. Därför behövs byggmaterial som sänker koldioxidutsläppen samtidigt som tillverkningen inte är resurskrävande. En del forskare menar dock på att en sänkning av koldioxidutsläpp inte är tillräckligt, utan kräver komplettering med regenerativa strategier som kan bidra till ekosystemet. För att skapa en materialomställning från branschens traditionella material till regenerativa material, krävs kunskap om biogena/biobaserade material, dess egenskaper och lönsamhet för att kunna gå vidare och implementera dessa på byggprojekt.

1.3 Syfte

Målet med detta examensarbete är att undersöka potentialen av regenerativa material och hur de kan bidra till ett klimatneutralt byggande. Syftet är dock inte att komma på en fast process på hur vi kan uppnå klimatneutralt byggande med regenerativa lösningar utan en undersökning på möjligheter och utmaningar. Genom att undersöka möjligheterna till användningen av regenerativa byggmaterial som finns på ute marknaden, ökar medvetenheten om vilka byggmaterial som är relevanta och lönsamma. Utmaningarna ska belysa vilka åtgärder som behövs för att kunna arbeta med regenerativa byggmaterial i större utsträckning.

1.4 Frågeställningar

1. Vad är regenerativa byggnadsmaterial och hur skiljer de sig till traditionella byggmaterial i koldioxidutsläppet?
2. Vilka utmaningar och möjligheter finns vid användning av regenerativa byggmaterial för att bidra till ett klimatneutralt byggande?
3. Vilken potential har regenerativa byggmaterial för återvinning och återanvändning vid slutet av byggnadens livslängd?

1.5 Avgränsningar

Den geografiska avgränsningen sker inom Sverige då det läggs ett fokus på Sveriges resa mot ett klimatneutralt byggande och det nationella målet till år 2045. Arbetet behandlar inte ekonomiska faktorer och kostnadsanalyser av material, utan fokuset ska ligga på de tekniska och miljömässiga faktorerna. Därför ska fokuset ligga på klimatpåverkan från produktsskedet inom byggskedet (A1-A3) med hjälp av miljövarudeklarationer, samtidigt som modul D redovisas för att undersöka materialets koldioxidutsläpp vid potential för återvinnig, återbruk eller energiutvinning. För att få en helhetsbild av hur regenerativa material binder och avger bundet kol, ska även resultat från modul C (slutskedet) beaktas. Dessutom är det i en del miljövarudeklarationer inte rekommenderat att enbart analysera resultaten i A1-A3 utan att ta hänsyn till klimatavtrycket i modul C. Arbetet kommer inte inkludera analyser kring användningsskedet (Modul B). Det är därför viktigt att beakta att dokumentstudien inte ger en komplett bild av hela livscykeln utan enbart behandlar de avgränsade modulerna.

Rapporten tar upp några utvalda regenerativa byggmaterial för att sedan jämföras med konventionella material. De konventionella materialen är betong och mineralull. Därefter jämförs alternativa biobaserade material, vilket i detta fall är trä, hampafiberisolering och hampakalk. I rapporten görs utdrag av specifika data ur utvalda miljövarudeklarationer, vilket innebär att dessa siffor enbart avser de utvalda produkterna och utgör inte standard.

1.6 Metod

Examensarbetet utföras med en blandad metodansats där både kvalitativa och kvantitativa data används för studien. Den kvalitativa metoden tillämpas på litteraturstudien och en semistrukturerad intervjustudie med relevanta aktörer inom ämnet. Den kvantitativa metoden används på dokumentstudien där miljövarudeklarationer av specifika data beskriver de olika materialens klimatpåverkan i modulerna A1-A3 och D.

1.7 Disposition

Kapitel 1: Introduktion

Arbetet inleds med en bakgrundsbeskrivning och problemformulering kring ämnet. Därefter presenteras examensarbetets syfte, frågeställningar, metod och avgränsningar.

Kapitel 2: Litteraturstudie

Litteraturstudien baseras på tidigare forskning och relevant information kring ämnet för att ge arbetet en grund i syfte att kunna besvara frågeställningarna.

Kapitel 3: Metodik

I metodikkapitlet presenteras en mer detaljerad beskrivning kring tillvägagångssättet för arbetsprocessen. Metodvalet beskrivs och motiveras.

Kapitel 4: Resultat

Resultat består av en dokumentstudie där gwp-värden av specifika data från miljövarudeklarationer presenteras från utvalda material. Dessutom ingår i senare avsnitt en intervjustudie i form av semistrukturerade intervjuer av relevanta aktörer i syfte att få en fördjupning av de utvalda materialen, teoretiska ramverket samt presentera branschens perspektiv kring ämnet.

Kapitel 5: Analys och Diskussion

I detta avsnitt diskuteras och jämförs resultatet och det teoretiska ramverket. Dessutom jämförs utvalda svar av respondenter från intervjustudien för att förklara fördelningen av koldioxidutsläpp av de regenerativa materialen från dokumentstudien.

Kapitel 6: Slutsats

Examensarbetet avslutas med ett sammanfattande avsnitt av slutsatserna och studiens frågeställningar besvaras fullständigt.

2 Teoretiskt ramverk

2.1 Klimatneutralt byggande

2.1.1 Växthuseffekten

Ammenberg och Hjelm (2013) presenterar växthuseffekten genom att inleda förklaringen med att jordens atmosfär har naturligt flera gaser som tar upp värmestrålningen som sedan reflekteras tillbaka mot jordytan. Det är en nödvändig process och avgör livsförutsättningar på jorden, då den naturliga växthuseffekten höjer medeltemperaturen med 33 grader i stället för -18 grader som den hade varit utan denna process. Problemet som har uppstått är däremot att mänskliga aktiviteter har förstärkt växthuseffekten genom ökade koncentrationer av dessa gaser, som i sin tur även orsakar klimatförändringar. Förbränning av fossila bränslen tillsammans med skogsskövling är några av de aktiviteter som orsakar ökningen. För att kunna avgöra växthuseffektens påverkan måste man förstå vilka gaser som inkluderas i atmosfären, graden av klimatpåverkan på varje gas och dess förmåga att fånga upp värme samt tidsperioden på gaserna. De främsta växthusgaser som finns i atmosfären är koldioxid, metan och lustgas. Koldioxid ingår i fotosyntesen och frigörs även vid förbränning av organiskt material. Däremot finns en större ökning av koldioxid från förbränning av fossila bränslen. Utöver koldioxid finns även metan och lustgas som i sig är starkare gaser än koldioxid där metan bildas vid syrefattig nedbrytning av organiska material och lustgas kommer naturligt från mark och vatten.
Vidare förklarar Ammenberg och Hjelm (2013) att klimatpåverkan mäts i GWP som står för Global Warming Potential där koldioxid används som referens och uttrycks i koldioxidekvivalenter. Om tillväxten och kolbindningen av naturliga material är lika stor som förbränningen balanseras utsläppet ut och därmed sker ingen nettoförändring. För att användning av biobränslen ska uppnå klimatneutralitet är det viktigt att även plantera om markerna som blir skördade och skog som blivit nedhuggna, vilket inte har varit fallet senaste decennierna då skogsarealen har minskat markant (Ammenberg & Hjelm, 2013).

Enligt SCB (2025) låg Sveriges totala växthusgasutsläpp från diverse olika sektorer på 12,6 miljoner ton under första kvartalet 2025, vilket är en ökning på 2,9% jämfört med samma kvartal från 2023. Däremot minskade tillverkningsindustrin sina utsläpp med 5% jämfört med 2023 samtidigt som byggsektorn minskande sina växthusgaser med 7,1% jämfört med år 2024 (SCB, 2025).

Däremot är detta inte tillräckligt för att på lång sikt uppnå klimatmålen, då Sverige inte ser ut att uppnå klimatmålen till 2045 enligt ett pressmeddelande från Naturvårdsverket (2025b) från tidigt april 2025. Det är särskilt för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsmark som är kritisk då den reducerade skogstillväxten är ett faktum samtidigt som avverkad skog är hög.

Trots de statistiska motgångarna kvarstår fortfarande Sveriges klimatmål att bli klimatneutralt till 2045, där bygg och fastighetssektorn behöver ta flertal åtgärder för att uppnå målet. Lösningar som hållbara materialval, fossilfri transport och ökade möjligheter för materialåtervinning kan vara möjliga lösningar för att uppnå netto-nollutsläpp (Naturvårdsverket 2025c).

2.1.2 Klimatneutralt byggande

Enligt Wang m.fl (2022) är klimatneutralitet ett läge där mänskliga aktiviteter som till exempel bygge inte skapar en nettoeffekt på klimatet och inte bidrar till den globala växthuseffekten. För att kunna uppnå detta i praktiken krävs det en balansering mellan resterande gaser i luften samt koldioxidinfångning, vilket i sin tur resulterar i ett nettonollutsläpp. Översiktliga steg för att uppnå klimatneutralitet sammanfattas i tre steg. Första steget är att klargöra mängden koldioxidutsläpp och därefter implementera åtgärder för att minska utsläppen. Sista steget är att integrera kompletterande åtgärder för den kvarstående mängden i luften. Klimatneutralitet som begrepp likställs oftast med koldioxidneutralitet av många skribenter, vilket i teorin har två olika betydelser men i praktiken oftast används som samma idé. Teoretiskt sätt innebär koldioxidneutralitet att enbart växthusgasen koldioxid neutraliseras i processen, medan klimatneutralitet inkluderar alla växthusgaser (Wang m.fl., 2022).
Begreppen används mer flexibelt för att koldioxid är den dominerande växthusgasen vilket innebär att minskning av koldioxid är avgörande för att uppnå klimatneutralitet (Europaparlamentet, 2023). Klimatneutralt byggande innebär en byggprocess som är välplanerad på ett klimatsmart sätt från tillverkning till färdigställande med ett nettonollutsläpp som resultat (Malmö stad, 2024).

2.1.3 Klimatneutralt byggande i praktiken

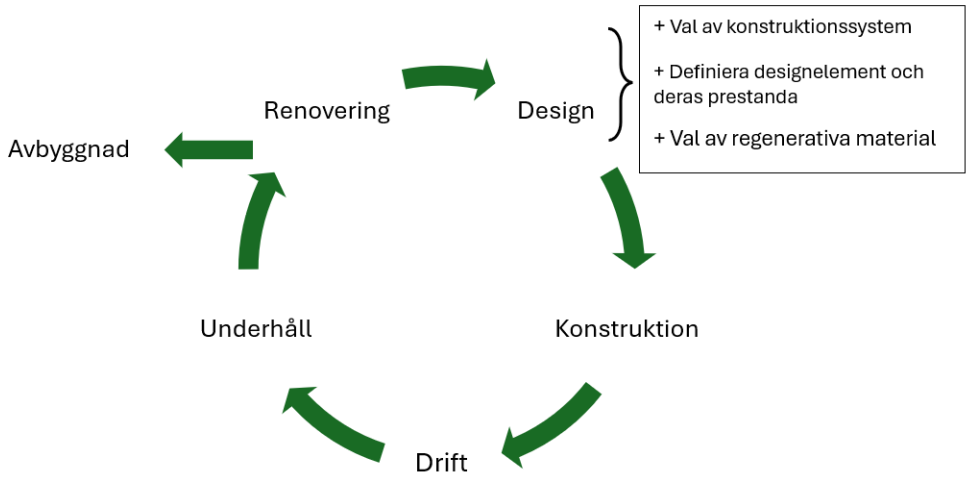
Holmgren och Nellerup (2019) redovisar på ett övergripande sätt hur ett klimatneutralt byggande uppnås i praktiken i Malmös kommunala projekt att bli klimatneutrala till år 2030. Material och design väljs utifrån klimat och hållbarhetsfaktorer där förnybara samt cirkulära material prioriteras för att kunna skapa en cirkulär ekonomi. Både vid nybygge och renovering ska resurseffektivitet tas hänsyn till, där klimatberäkningar utförs och GWP-värden för valda material klargörs genom miljövarudeklarationer. Materialvalet ska även gynna alla aktörer och intressenter. Produktionsmetoderna strävas efter att vara fossilfria.
Klimatberäkningar utförs även för transport och byggarbetsplatsen där antalet fossildrivna maskiner reduceras för att kunna uppnå klimatneutralitetsmålet. Därmed förväntas byggarbetsplatserna vara klimatneutrala till år 2030.

2.1.4 Regenerativa strategier i byggprocessen mot klimatneutralitet

Enligt Mouton m.fl (2023) är regenerativa strategier i ett byggprojekt både åtgärder och lösningar för att minimera klimatpåverkan och därutöver skapa koldioxidlagring som kan bidra till ekosystemet och klimatet. Materialval där biobaserade material med biogena kolinnehåll prioriteras är en regenerativ strategi. Några exempel på sådana material är trä, halm och hampaisolering som under sin livscykel binder kol och i sin tur fungerar som kolsänkor när materialen integreras i byggnader. Därför tenderar sådana material att skapa ett mindre klimatavtryck jämfört med traditionella material som till exempel betong. Materialets regenerativa förmåga avgörs genom dess biogena kolhalt (Mouton, m.fl, 2023).

Enligt Persson (2023) bidrar integration av regenerativa strategier till en cyklisk byggprocess snarare än en linjär byggprocess som är det traditionella sättet att bygga. Val av regenerativa material möjliggör återvinning och återbruk av material. När val av regenerativa material görs, krävs självfallet att den tekniska prestandan och de biobaserade egenskaperna inte försämras. Användning av regenerativa material innebär inte att konventionella material utesluts helt, då stora delar av byggandens klimatskal som exempelvis grundläggning kräver robusta lösningar som traditionella material kan erbjuda. Däremot ska konventionella material som möjliggör återvinning och demontering prioriteras, där det även är en självklarhet att materialet inte medför giftiga ämnen eller innehåll. Den linjära byggprocessen avslutas i rivning där demontering och återvinning inte alltid utförs eller är möjligt, vilket illustreras i figur 1 nedan. Några anledningar till att byggprocessen inte görs cyklisk som figur 2 nedan visar är att byggprocessen i sig är en väldigt uppdelad organisering, där flera aktörer med olika arbetsområden tillsammans ska uppnå en kvalitativ produkt (byggnad) inom en viss tidsplan och en viss kostnad. Detta medför att innovativa och hållbara lösningar begränsas då det kräver tid, kostnad, kvalitet och kompetens.

Figur 1 En övergripande figur av den linjära byggprocessen. Anpassad från litteraturen Byggledning PROJEKTERING av Hansson, m.fl (2021)



Figur 2 En cyklisk byggprocess där regenerativa material integreras i designprocessen. Anpassad från litteraturen Construction for a Regenerative Future av Persson (2023), där designfasen i figuren har kopplats med ett regenerativt tillvägagångsätt baserat på tre design strategier.

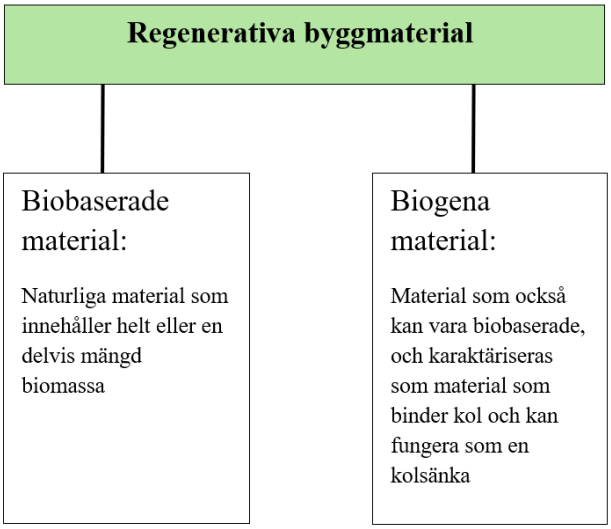
2.2 Definition av Regenerativa byggmaterial

Bortom hållbarhet finns ett ytterligare perspektiv med målet att ge mer än vad man tar. Detta görs genom val av specifika byggmaterial och cirkulära byggprocesser som bidrar med ett återställande av ekosystemet och därmed regenerera. Regenerera innebär återställning med fokus att öka ekosystemets resiliens. Det blir möjligt när en cirkulär byggprocess kan uppnås genom att inte bara minska den negativa påverkan utan även skydda och stärka ekosystemet. Ekosystemets motståndskraft förbättras vid val av byggmaterial, design, förbättrad demonterbarhet och återanvändning. En åtgärd för att återställa ekosystemet är att minska de globala utsläppen genom lagring av biogent kol i biobaserade byggnadsmaterial. Val av byggmaterial som är regenerativa föredras biobaserade material som exempelvis hampabaserade material, trä, lera och halm (Persson, 2023). Enligt Mouton m.fl (2023) är dessa material regenerativa genom biogen kollagring med hjälp av fotosyntesen. Materialen fungerar som kolsänkor som potentiellt kan resultera i ett minusutsläpp av koldioxid.

Därav syftar regenerativa byggnadsmaterial till att bidra till en hållbar utveckling med hjälp av deras minimala påverkan på ekosystemet. Det är material som sträcker sig bortom hållbarhet och även återställer ekosystemet genom deras regenerativa egenskaper (Persson, 2023; Mouton m.fl 2023).

Det globala klimatet påverkas av byggbranschens klimatpåverkan, då sektorn står för 50% av den globala årliga resursförbrukningen, vilket sätter stor press på miljön. Klimatförändringen har resulterat i att det krävs regenerativa lösningar (Regenerative materials, u.å).

Även om biobaserade material ingår i regenerativa material har begreppen två separata betydelser.
Ett material som har biomassa från ett biologiskt ursprung faller in i kategorin för biobaserat material. Det kan antingen vara ett naturligt material eller en utvecklad produkt som innehåller helt eller delvis mängd biomassa (Bourbia m.fl. 2023).
Biogena material o andra sidan är material som har fokus på lagrat och bundet kol under dess livscykel och kan också vara ett biobaserat material (Andersen m.fl. 2021).



Figur 3 Illustration av hur begreppet regenerativa byggmaterial definitionsmässigt täcker både biobaserade och biogena material för att uppfylla sin funktion som regenerativt för de valda materialen (Figur skapad av författaren).

Figur 3 visar att regenerativa byggmaterial både kan vara biobaserade och/eller biogena, där regenerativa material som begrepp ungefär fungerar som ett paraplybegrepp. Detta avser de utvalda materialen för rapporten. Material utanför rapportens avgränsning kan också klassas som regenerativt genom andra egenskaper givet att materialet bidrar till ekosystemets förbättring.

2.3 Hållbarhet och regenerativt byggande

2.3.1 Certifieringssystem och regelverk som stödjer regenerativt byggande

Certifieringssystem

Sweden Green Buildings Council (SGBC) är en organisation som utvecklar certifieringssystem relaterat till miljö och klimat för att skapa hållbara samhällen. Organisationen är en inte vinstdrivande och är även öppen för alla byggföretag på båda privata och kommunala nivåer (SGBC, 2025a).

Ett av certifieringssystemen är Miljöbyggnad 4.1 där målet är att skapa hållbara och miljövänliga byggnader. Miljöbyggnad delas in i 15 indikatorer som ska tas till hänsyn till när en byggnad uppförs och dimensioneras. Indikatorerna handlar bland annat om byggnadens energi, klimatpåverkan, akustik, fukt och avfallshantering. Indikator 11 handlar om ekosystemtjänster där syftet är att skapa en attraktiv byggd miljö genom att integrera eller bevara ekosystemtjänster, där grönytefaktor och systemhandlingar för landskap behandlas. Indikator 10 behandlar klimatrisker där en del av åtgärderna är att skapa en adaptionsplan som innebär en eller flera åtgärder för klimatanpassning, där naturbaserade lösningar kan integreras. Indikator 4 handlar om klimatpåverkan där det finns maximala gränser för koldioxidutsläpp för att en byggnad ska kunna certifieras. Indikator 13 syftar till att främja användandet av material som är återvinningsbara och återbruksbara där det finns en minimiprocent av hur mycket av materialet av en byggnad ska kunna återvinnas/återbrukas. Dessutom ska materialen av de återanvända materialen inte innehålla hälsofarliga ämnen som asbest eller annan radioaktiva ämnen (SGBC, 2025b).

Ett annat certifieringssystem inom Sweden Green Building council (2023) är Noll CO_2 som innehåller krav och åtgärder för att uppnå klimatneutralitet. En av klimatåtgärderna är biokol som kolsänka som även är kategoriserad som Negative Emission Technologies av IPPC, där metoden aktivt avlägsnar överskott av växthusgaser från atmosfären. Biokol framställs genom förkolning och upphettning av biomassa. Det är en av de regenerativa åtgärderna där både upptag och reducering av koldioxidutsläpp görs för att uppnå netto noll (SGBC, 2023).

Regelverk

Enligt Miljöbalkens hänsynsregler i kapitel 2 § 5 ska mängden skadliga ämnen i material minska samt minskad destruktiva effekter av avfall när material används. Detta leder i sin tur till att främja förebyggande åtgärder mot förstörande effekter mot miljön och ökar återvinning och återbruk av material.

Ytligare i kapitel 2 § 4 i Miljöbalken som belyser att ersätta material som är kemiska eller innehåller biotekniska organismer som kan skapa fara för hälsan, för att skapa en hållbar användning (Naturvårdsverket, u.å.; Naturvårdsverket, 2025d).

2.3.2 Koppling mellan hållbarhet och regenerativt byggande

Enligt Naveenkumar m.fl (2025) är både koldioxidneutralt byggande och regenerativt byggande två viktiga byggmetoder inom hållbart byggande. Trots deras distinkta betydelser blir de båda kraftfulla metoder för att uppnå ett klimatneutralt byggande. Kopplingen mellan hållbarhet och regenerativt byggnader är inledningsvis att regenerativt byggande stödjer återställande av ekosystemet och miljön, vilket kan ses som en del inom hållbarhet (Naveenkumar m.fl, 2025).

De svenska miljökvalitetsmålen består av 16 mål som bland annat omfattar klimatfrågor, ekosystem, bebyggd miljö och föroreningar. Det första klimatmålet handlar om att vi ska uppnå begränsad miljöpåverkan vilket innebär att växthusgaser måste reduceras för att inte äventyra med klimat, ekosystem och andra hållbarhetsfrågor. Detta klimatmål berör bland annat tillverkningsindustrier och transporter, vilket är en central del av byggsektorn. Det 15:e klimatmålet är god bebyggd miljö som innebär att städer och byggnader ska utformas på ett hållbart sätt utifrån ett klimatperspektiv där återbruk och återvinning är möjligt (Sveriges miljömål, 2025).

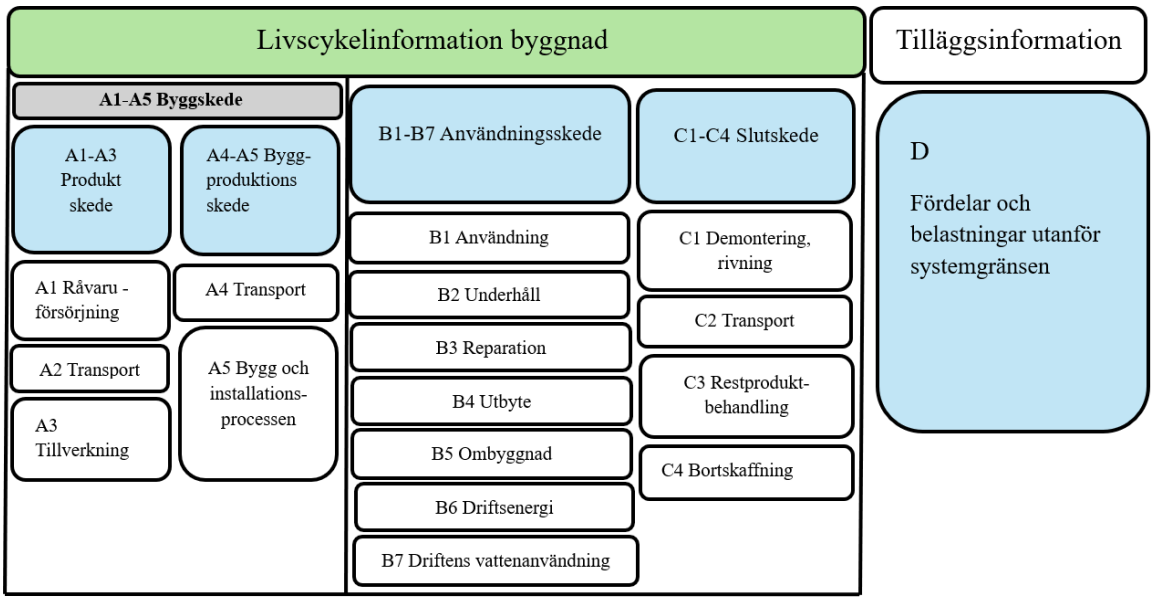
2.4 Miljövarudeklarationer

Enligt Burström (2021) redovisas ett material eller en produkts miljöprestanda i ett informationssystem som kallas EPD som står för Environmental Product Declaration. Det är ett dokument som anger specifikt materialets kapacitet att frigöra växthusgaser under hela eller delar av dess livscykel. Resultaten redovisas i koldioxidekvivalenter (CO2e/kg) och delas in i tabeller med olika indikatorer i form av GWP (Global Warming Potential) som är ett mått på hur mycket ett material släpper ut koldioxid. Syftet med en EPD är att transparent klargöra en produkts miljöegenskaper och dess miljöpåverkan, där dokumentet kommunicerar resultatet från en livscykelanalys (Burström, 2021; Ammenberg & Hjelm, 2013).

Följande GWP indikatorer redovisas också enligt EPD internationalsystem
(EPD internationalsystem, 2023; EPD internationalsystem, 2022):

- **GWP-Fossil:** Växthusgaser från fossila bränslen/källor.
- **GWP-Luluc:** Global warming potential - Land use and Land use Change är växthusgaser som släpps ut i samband med markanvändning
- **GWP- Biogenic:** Upptag och utsläpp från material som har lagrat kol
- **GWP-GHG:** Totala koldioxidutsläppet från de olika indikatorerna förutom biogent kol.
- **GWP total:** Totala koldioxidutsläppet från de olika indikatorerna inkluderad med biogent kol

Dessa gwp- indikatorer redovisas för varje fas under materialets livscykel som presenteras i moduler A1-C4 samt D som visas i figur 4:



Figur 4:Livscykelinformation för en byggnad. Anpassad från Boverket (2024a) enligt standarden EN 15978

Boverket (2024e) presenterar livscykelns moduler enligt nedan:

Modulerna A1-A5 består av byggskedet och innefattar A1-A3 och A4-A5

- A1-A3: Produktskede: Klimatpåverkan för råvaruförsörjning, transport och tillverkning för byggdelar
- A4-A5: Bygg och produktionsskede: Klimatpåverkan för transporten från tillverkning till byggarbetsplatsen

Modulerna B1-B7 består av användningsskedet

- B1-B7 Användningsskede: Klimatpåverkan för bruksskedet där byggnaden används och innefattar även underhåll

Modul C1-C4 består av slutskedet

- C1-C4: Slutskede: Klimatpåverkan för skedet där byggnaden demonteras och rivs för återvinning, återbruk, avfall eller annan typ av slutskede.

Modulen D

- D: Fördelar och belastningar utanför systemgränsen innefattar potential för återvinning/ återbruk eller energiåtervinning av materialet.

Resultaten av klimatutsläppen kan antingen vara specifika eller generiska data. Specifika data är information på de exakta utsläppen för en viss produkt medan generisk data sammanställs genom att använda ett genomsnittsvärde för branschens produkter. I Boverkets fall används ett konservativt värde på 25 % högre än sektorns genomsnitt för att främja användningen av specifika data vilket ges som exempel i tabell 1 nedan (Boverket, 2024b).

Tabell 1: Boverket klimatdatabas genetiska data för modulerna A1-A3 och redovisas nedan för betong, stenull och därefter de regenerativa alternativen hampaisolering och trä:

Material	**A1-A3 [kg CO_2 /kg]**
Stenull, Fasadskiva	**1,61**
Hampaisolering	**0,805**
Betong C25/30	**0,129**
Sågat virke, u 16% Barrträ	**0,08**

2.5 Regenerativa byggmaterial

2.5.1 Trä

Trä är historiskt sett varit ett av Sveriges viktigaste material inom byggbranschen då dess användning har sträckt sig långt tillbaka tiden. Idag används trä exempelvis till stomkonstruktioner, golv och fasader. Trä ingår i regenerativa byggmaterialkategorin då skog har en roll inom fotosyntesen och är en förnybar källa. Ett träd i genomsnitt absorberar 1 ton koldioxid/m^3 vilket automatiskt karaktäriseras som en kolsänka även om det har avverkats och används till byggnader då materialet binder kol under sin livscykel. Däremot kan avverkat trä utsättas för virkesförstörande organismer på samma sätt som träd då denna nedbrytningsprocess är en del av kolets kretslopp. Den kan även utsättas för andra kemiska angrepp som kan uppstå till följd av till exempel miljöförhållanden. Av just den anledningen används impregnering av trä för att förlänga dess livslängd. Vid råvaruförsörjningen (A1) avverkas skog där ungefär 45 % går vidare till sågverk för bearbetning av trävaror, ytterligare 45 % går till pappersindustri, och resterande 10 % används som brännved eller annan användning. Modul A2 står för transport av material till sågverk i timmerbilar. I sågverket går 55% av träet till tillverkning av sågat virke (A3) (Burström, 2021).

Återvinnings/återbruks möjligheter för trä som regenerativt material

Trä som produkt idag har möjlighet till både återvinning och återanvändning i olika utsträckning beroende på hur materialet har använts och behandlats. Stomkompletteringar av trä kan återvinnas såvida materialet inte är behandlat med färg eller annan förorenad process som inte möjliggör återvinningen. Därför finns utmaningar kring hur förorenat trä ska behandlas för återvinning.
Trots att utsorteringsgraden för trä är stor, sker återvinning av trä inte ofta. I stället går materialet vidare till förbränning av energiåtervinning i högre utsträckning. Trä i form av bärverk återvinnings inte heller i stor utsträckning, men däremot finns det potential att det sker i lite större utsträckning i framtiden genom att modifiera nuvarande metoder (Boverket, 2024c).

Trots att det finns stor nytta för klimatet att återanvända material så sker det inte ofta i Sverige då det råder en bristande marknad gällande återbruk av trä. Dessutom är det en utmaning att bibehålla kvalitet. På grund av att efterfrågan på trävaror däremot idag är hög, så kan trä i framtiden ha stor potential till att återbrukas i större utsträckning för att fullständigt göra utbudet (Boverket, 2024d).

2.5.2 Hampakalk

Hampa är en kulturväxt som år 1965 förbjöds att odla i Sverige fram till år 2003 på grund av dess narkotika innehåll. Därefter tilläts industrihampa med maximalt 0,2% THC att odlas. Däremot måste det ske en ansökan om gårdsstöd för odling samt ha en godkänd hampasort (Jordbruksverket, 2006).

Mellan åren 2015–2022 har hampodlingen ökat i EU med en tillväxt på 60%. Hampan i sig har flera miljöfördelar och regenerativa egenskaper som redan börjar vid odling. En odling på 1 hektar hampa bidrar med en kolbindning på upp till 15 ton CO_2. Dessutom är hampa en snabbväxande gröda som konkurrerar ut ogräs vilket innebär att det oftast inte behövs någon användning av bekämpningsmedel på odlingsmarken. Vidare är hampans blad tillräckligt täta för att förebygga markerosion genom att fungera som en marktäckare. På så sätt bidrar hampodlingen till en markförbättring (Europeiska kommissionen, u.å).

Enligt Yadav &Agarwal (2021) binder hampa koldioxid genom hela dess livscykel. Därav kvarstår kolbindningen trots att hampan används i byggprodukter som hampakalk. När det gäller hampakalk, binder produkten inte bara koldioxid från hampan utan även från kalken under sin livscykel. Inomhusmiljön förbättras i en byggnad där hampabaserade produkter är integrerade då växten bidrar till att öka byggnadens luftomsättning. Vidare fortsätter Yadav och Agarwal (2021) förklara användningsområden för hampakalk. Materialet används främst till icke-bärande väggar och tillverkas av hampa, vatten och byggkalk. Materialet används som en form av fyllnadsmaterial för ytterväggar

mellan träreglar. Materialet har värmeisolerande egenskaper och kan användas i till exempel undergolv och ytterväggar, så länge materialet inte utsätts för vatten eller fukt. Dess användning kan även tillämpas för tillverkning av konstruktionsblock och paneler för ytterväggar. Då materialet har en låg densitet ger det i sin tur en lätt vikt, där egenskaperna för hållfastheten hos materialet är beroende av mängden bindemedel som används vid tillverkning (Yadav &Agarwal, 2021; Jami, m.fl 2022).

Återvinnings/återbruks möjligheter för hampakalk som regenerativt material

Hampakalk/hampabetong har möjlighet för återvinning i slutet av sin livscykel genom att blanda om materialet på nytt med HB bindemedel. Denna process görs för att reaktion med koldioxid ger upphov till att den primära kalken stelnar i materialet, vilket ger behov av extra bindemedel. Gällande återanvändning är det möjligt att hantera hampabetong i form av avfall direkt på byggarbetsplatsen genom att blandas med kompostjord/marktäckning (Yadav &Saini, 2022).

2.5.3 Hampafiberisolering

Hampans användningsområde sträcker sig bortom hampakalk och kan också användas som isolering i form av hampfiber. (Europeiska kommissionen, u.å)

Hampafiber har låg värmeledningsförmåga och hög porositet. Den låga värmeledningsförmågan kommer från materialets fiberstruktur som har små luftutrymmen som skapar en isolerande funktion. Däremot varierar prestandan beroende på hur produkten är tillverkad (Nazari & Wood, 2025). Hampafiberisolering baseras också på industrihampa och tillverkas genom att sammanfoga smältbara syntetiska fibrer. Materialets utseende är likt glasull samt stenull och kallas även hampaull. Hampaisolering har goda hygrotermiska egenskaper och en fuktbuffrande förmåga som möjliggör en gynnsam hantering mot fukt (Jami m.fl, 2022).

Återvinnings/återbruks möjligheter för hampafibersolering som regenerativt material

Om hampafiberisoleringen inte är förorenad eller skadad på något sätt vid demontering, finns det möjlighet återvinning eller återbruk inom samma användningsområde. Materialet är 100% återvinningsbart och kan transporteras tillbaka till tillverkaren för att återvinnas och skapa nya produkter (Ekolution, 2023).

2.6 Konventionella byggmaterial

2.6.1 Betong

Enligt Burström (2021) är betong ett av sektorns mest använda byggmaterial inom bärande konstruktioner samt i konstruktioner som har höga fuktförhållanden och där nötning med hög sannolikhet uppstår. I modul A1 (råvaruförsörjning) består betong av cementpasta (cement och vatten), ballast (grus och sten) samt andra tillsatsmedel för att reglera betongens egenskaper. En vanlig cementvariant är portlandcement. Cementen består av bränd kalksten som i processen frigör koldioxid. Därefter blandas den brända kalkstenen med ämnen som innehåller aluminiumoxid, järnoxid och kiseldioxid. När de materialen är nermalda, placeras de i en roterande ugn med temperaturen 1450 grader Celsius. Därefter bildas cementklinker som sedan mals tillsammans med 5% gips. I tillverkningen står cement för 90% av materialets klimatpåverkan då det frigörs stora mängder koldioxid i den energikrävande processen (Burström, 2021).

Enligt Naturskyddsföreningen (2022) motsvarar en tillverkning på 1 ton cement, 700–800 kg koldioxidutsläpp, där ⅔ av utsläppen kommer från den brända kalken. Årligen skapas ett globalt koldioxidutsläpp på 2,7 miljarder ton på grund av cementtillverkningen vilket motsvarar 8% av världens utsläpp.

På grund av dess höga koldioxidutsläpp finns idag efter forskning av olika cementtyper, alternativa cement som frigör 20–30% mindre utsläpp än konventionell betong (Burström, 2021).

Återvinnings/återbruks möjligheter för Betong

Enligt Boverket (2024) återvinns betong främst till betongkross och har även potential att ersätta natursten och grus inom olika materialkategorier i framtiden. Tillverkningens framtidspotential är att betongen kan bidra med mindre klimatpåverkan. Idag är inte återbruk av betong vanligt, men däremot finns det en potential i framtiden med utvecklade lyftanordningar som kan underlätta demontering (Boverket, 2024c; Boverket, 2024d).

2.6.2 Mineralull

Glasull och stenull är två varianter av mineralull där stenull tillverkas av diabas och glasull oftast tillverkas av glas. Glaset smälts vid 1400 grader medan diabas smälts med koks i temperatur på 1600 grader. Mineralull används som isoleringsmaterial i exempelvis ytterväggar eller bjälklag och tillverkas i olika former som lösull eller skivor. Materialet kan även användas som ljudabsorbenter på grund av dess goda akustiska egenskaper. Fenolharts blandas i materialet för att produkterna ska formas beständigt och stadigt. Av den anledningen får både stenull och glasull den gula respektive gråbruna färgen (Burström, 2021).

Återvinnings/återbruks möjligheter för mineralull

Enligt Boverket (2024c) kan förbränning av äldre mineralull orsaka stora mängder växthusgaser om materialet innehåller CFC-gaser och freon. Däremot finns det idag återvinningsmöjligheter om materialet hanteras med försiktighet där både sten och glas måste sorteras. Trots att möjligheten finns, återvinns mineralull inte i större omfattning. Materialet kräver hög renhetsgrad där glas och sten måste separeras.

2.7 Utmaningar och möjligheter för regenerativa byggmaterial

Enligt Yadav och Agarwal (2021) är prestandan på biobaserade material en viktig faktor för att kunna tillämpas i modern arkitektur och eventuellt ersätta traditionellt material. Möjligheterna och utmaningarna är olika beroende på material och användningsområde. Generellt sett har biobaserade material kortade mekanisk hållfasthet vilket har varit en faktor till att det inte har använts i stor utsträckning till bärande konstruktioner, utan i stället har använts till andra delar av konstruktionen. Dessutom är en annan utmaning för biobaserade material att brandsäkerheten oftast är lägre jämfört med konventionella byggmaterial. Just av den begränsningen brukar inte biobaserat material användas för konstruktioner som kräver högre brandskydd. Därefter presenteras en rad olika faktorer som biobaserade material bör förbättra för att kunna användas i större utsträckning. Dimensionsstabilitet, brandsäkerhet och hållfasthetsegenskaper är några viktiga egenskaper som bör utvecklas för att biobaserade material ska kunna användas i bärande konstruktioner för att kunna ersätta traditionella material.

Enligt Yadav och Agarwal (2021) är produkter av hampakalk/hampabetong som används till klimatskal, paneler eller andra konstruktionsblock visat sig uppfylla många tekniska och miljömässiga fördelar. Det är en snabbväxande biomassa som har potential att bli ett bra stomkomplement för bärande konstruktioner, då hampa har isolerande egenskaper. Eftersom hampa är ett absorberande material, undviks då även fukt som i sin tur även bidrar till att minska energiförbrukningen i en byggnad (Yadav & Agarwal, 2021).

Enligt Persson (2023) finns det utmaningar kring användning av trämaterial. Trots möjligheterna till återvinning och återbruk av trä, tillkommer även utmaningar och ytterligare åtgärder för att materialet ska kunna återanvändas. Generellt sätt är biobaserade material, därav trä extra benäget att utsättas för biologiska angrepp, fukt eller mögel, vilket skapar utrymme för oönskade kostnader, försämrad kvalitet och ökad osäkerhet kring materialet. En annan utmaning kring trä som byggkomponent för återvinning är dess förmåga för demontering, då det är en process som kräver gedigen kunskap och verktyg för att demonteringen ska genomgå på rätt sätt utan att träets tekniska prestanda försämras. Demonteringsprocessen kan påverka hur stor återvinningspotential trämaterial kan erhålla. Vid en korrekt demontering har konstruktionsvirke en återvinningspotential på över 50%. För att ytterligare öka återvinningspotentialen för konstruktionsvirke kan demonterbara förband integreras, men även dokumentera all materialanvändning för att främja en cirkulär ekonomi. Detta kan bidra till en minskad miljöpåverkan med 80%.

På grund av bristande den demonteringseffektiviteten och en rad andra anledningar följer inte träkonstruktioner helt systemet för cirkulär ekonomi. Några exempel på andra orsaker är begränsad återvinningsmarknad, byggnormer och konstruktionsstandarder (Persson, 2023).

3 Metodik

Metodikkapitlet ger en detaljerad beskrivning hur arbetet har strukturerats och genomförts.

3.1 Arbetsprocessen

Arbetsprocessen bestod av flera steg som illustreras i figur 5 nedan. Arbetet inleddes med ett måldokument som introducerade examensarbetets syfte och frågeställningar. Därefter utformades en metod för tillvägagångssättet, vilket började med en litteraturstudie som satte grunden för det teoretiska ramverket. Det teoretiska ramverket presenterar tidigare relevant forskning och arbete kring ämnet för att kunna besvara frågeställningarna. Därefter utfördes en dokumentstudie som består av utdrag av gwp-värden från miljövarudeklarationer för valda material. Dokumentstudien presenteras och granskar resultaten av koldioxidutsläppen för de valda modulerna (A1-A3 och D) från livscykelanalysen, där den deklarerade enheten och vikt för produkten togs till hänsyn för att kunna göra en rimlig jämförelse mellan regenerativa och konventionella byggmaterial. Trots att de avgränsade modulerna är A1-A3 och D, har modul C beaktats då det rekommenderas i en del miljövarudeklarationer. När datainsamlingen från både litteraturstudien och dokumentstudien var samanställd, påbörjades semistrukturerade intervjuer av relevanta aktörer för att komplettera och bekräfta tidigare processteg. Dessutom bidrar kunskap och kompetens från erfarna aktörer till studiens trovärdighet. Det här strukturerade tillvägagångssättet var relevant och mest lämplig, då arbetets delar är en kombination av kvalitativ och kvantitativ metodansats. Slutligen utfördes en diskussion och analys av resultaten för att senare kunna dra slutsatser kring frågeställningarna.

Figur 5 Arbetsprocessen

3.2 Blandad metod

Arbetsprocessen och tillvägagångssättet för att kunna besvara frågeställningarna samt skapa ett strukturerat arbete grundar sig i en blandad metod vilket innebär en kombination av kvalitativ och kvantitativ forskningsmetod. Enligt Säfsten och Gustavsson (2021) förekommer kvalitativ metod i ord och bilder, och används när en rapport är icke-numerisk. Dessutom används metoden när det söks djupare förståelse för ett fenomen eller en problemställning, vilket i detta fall handlar om regenerativa material och dess potential att bidra till en klimatneutral byggsektor. Arbetet bygger på ett teoretiskt ramverk baserat på tidigare forskning och därefter intervjuer med relevanta aktörer för att komplettera litteraturstudien. Kvantitativ forskningsmetod o andra sidan uttrycker samlade numeriska data och syftar på omfattning, vilket i denna rapport är mängden koldioxidutsläpp. Granskning och analyser av miljövarudeklarationer har utförts med kvantitativ forskningsmetod, då GWP-värden (numeriska data) undersöks, för att därefter kunna besvara frågeställningarna.

Enligt Fangen och Sellerberg (2011) delas datainsamling av kvantitativ metod i antingen primärdata eller sekundärdata. Primärdata är egen data medan sekundärdata är information har samlats in genom någon annan. Sekundärdata är information som redan existerar och kan till exempel vara från nationella databaser. Forskningsprocessen för kvantitativ metod består av förberedelse, datainsamling och dataanalys där man granskar data och drar slutsatser kring hur informationen kan besvara frågeställningen. Därefter sker en rapportering kring resultatet (Fangen och Sellerberg, 2011).

Miljövarudeklarationerna i detta sammanhang räknas som sekundärdata, och analyseras för att kunna dra slutsatser kring materials klimatpåverkan och jämföras med varandra.

3.3 Litteraturstudie

Litteraturstudie är en forskningsmetod där frågeställningarna besvaras med hjälp av befintlig vetenskapligt underlag (Säfsten & Gustavsson, 2021).
Arbetet inledes med en litteraturstudie baserat på en rad olika vetenskapliga artiklar, litteraturer och publiceringar från nationella och internationella myndigheter. Databaser som har använts för att hitta vetenskapliga artiklar är LUBsearch, ScienceDirect och Springer Nature Link. Dessutom söktes definitioner av centrala begrepp gällande klimatneutralitet, regenerativt material och regenerativt byggande. Det teoretiska ramverket inleds med att förklara problematiken med växthuseffekten och hur bygg och fastighetssektorn bidrar till dilemmat. Därefter presenteras en olika nulägesbeskrivning på olika material och deras klimatpåverkan. Dessutom redovisas även konkreta lösningar på hur byggsektorn ska kunna använda regenerativa strategier för att kunna bidra till ett klimatneutralt byggande och vad det innebär i praktiken och byggprocessen.

3.4 Dokumentstudie

Dokumentstudie är en metod där sekundärdata används som källa från diverse dokument, där sekundärkällan kompletterar primärkällan. Sekundärdata är relevant att använda om primärdata inte är möjligt att få tag på. Det är en lämplig metod om man vill tolka ett resultat. (Säfsten & Gustavsson, 2021).

I detta fall är det dokument i form av miljövarudeklarationer som har analyserats. För att kunna bedöma och dra slutsatser kring regenerativa och konventionella materials klimatpåverkan har det gjorts utdrag från olika miljövarudeklarationer. Det inledande delen började i det teoretiska ramverket med att förklara skillnaden mellan generiska och specifika data gällande materials klimatpåverkan. Generiska data för de utvalda materialen togs från Boverket som är en nationell myndighet för samhällsbyggande. Innan utdrag ur miljövarudeklarationer redovisas för respektive material, presenterades några utvalda regenerativa material där dess tillverkningsmetoder och generella fakta och hur materialet bearbetas förklaras i det teoretiska ramverket. När koldioxidutsläpp från miljövarudeklarationer redovisas tas det ett utdrag från modulerna A1-A3 samt modul D. A1-A3 handlar om tillverkningsprocessen och modul D omfattar potentiell återvinnig, återbruk eller energiutvinning av materialet. Den biogena kolupptaget för de regenerativa materialen utreds också. Däremot kan inte specifika moduler pekas ut när de regenerativa materialen binder och avger en viss mängd kol, eftersom miljövarudeklarationerna inte är dynamiska livscykelanalyser. Därför ges enbart en siffra som representerar den biogena kolhalten under hela materialets livscykel.

När resultatet sammanställs visas tydliga siffror hur koldioxidutsläpp för det utvalda materialet kan se ut. De utvalda klimatvarudeklarationerna för specifika data gäller dock inte alla produkter på marknaden utan varierar beroende på tillverkare, men ger en fingervisning på hur utsläppen kan se ut. Miljövarudeklarationerna är tagna från EPD international och epd-norge som har en databas med EPD:er från tusentals olika företag världen över. Utifrån dessa resultat kan man inte bara göra en jämförelse mellan regenerativa material och traditionella byggmaterial utan även jämföra generiska och specifika data.

3.5 Intervjuer

Det andra avsnittet av resultatdelen är intervjustudien. En intervju är en metod för att samla in information genom att ställa frågor till en eller flera respondenter (Lundahl & Skärvad, 2016)

Intervjuerna utförs i form av semistrukturerade intervjuer som innebär att frågorna till respondenten både är fasta men kan förekomma nya frågor under intervjun beroende på vilka ämnen respondenten tar upp. Frågorna utformas genom att ingå i ett tema som ska kunna kopplas till frågeställningarna och

syftet till rapporten (Säfsten & Gustavsson, 2021). Med bidrag från relevanta aktörer från branschen, ökar förståelsen för ämnet. Det bidrar till kunskap för att förstå hur materialen fungerar i praktiken. Respondenter valdes ut efter relevans och expertis för ämnet. Specifikt för aktörer som forskar eller arbetar med regenerativa material. På så sätt undviks generell information och ger utrymme för specifik kunskap och erfarenhet kring ämnet. Intervjuerna delas in i materialspecifika frågor beroende på respondentens materialexpertis, vilket redovisas i tabell 2 nedan:

Tabell 2: En översikt på respondenter och deras expertis

Respondent	Yrke/Utbildning	Erfarenhet	Material	Intervjusätt	Tid
1	Materialforskare	Forskning med hampakalk sedan 2005	Hampakalk	På plats	45 minuter
2	CTO/ Civilingenjör	15+ års erfarenhet inom byggkonstruktion med inriktning på konstruktioner med biobaserade material	Hampa-fiberisolering	Digitalt via Google meet	45 minuter
3	Expert inom hållbarhet /Civilingenjör	35 års erfarenhet inom bygg och miljöledning	Trä	Digitalt via Zoom	25 minuter
4	Hållbarhetschef /Arkitekt	Arbetsledare på hållbarhetsprojekt inom klimatneutrala material	Trä	Digitalt via Teams	30 minuter
5	Forskare/ Professor inom Miljöstrategi	Forskat inom växtekologi	Trä	På plats i kontor	50 minuter

3.6 Tematisk analys av intervjumaterialet

Allt intervjumaterial transkriberades och analyserades för att identifiera mönster/ teman för svaren som sedan delas in i avsnitt/rubriker. När transkriberingen slutfördes, påbörjade en tematisk analys för att identifiera gemensamma fakta och synpunkter från respondenterna (Braun &Clarke, 2021)
Följande steg utfördes i samband med den tematiska analysen enligt Braun & Clarke (2021):

- Bekantas med det transkriberat materialet genom att läsa igenom och identifiera delar som är viktiga för studien.
- Identifiera koder i transkriberingsmaterialet som är lämpligt för arbetets frågeställningar.
- Skapa teman med hjälp av de identifierade koderna, då dessa teman sätter grunden för intervjustudien.
- Granskning av valda teman och därefter några revideringar för att säkerställa att de utvalda rubrikerna speglar syftet och frågeställningarna.
- Reviderade och valda teman växlades till underrubriker i intervjustudien
- Slutligen skapades intervjustudien genom rapportering av analysen.

Tabell 3: Exempel på koder som utformade rapportens teman för intervjustudien

Tema	Koder
Karaktäristiska egenskaper som klassar hampabaserade material och trä som regenerativa material	”kolsänka”, ”markförbättring”, ” vi ger mer än vad vi tar”, ” binder mycket koldioxid”
Klimatavtryck av regenerativa respektive konventionella material	” nollutsläpp”, ” ett mycket lägre utsläpp”,
Utmaningar och möjligheter för ett klimatneutralt byggande	” Dagens utmaningar är klimatpåverkan, resurseffektivitet, att man inte slösar och återvinner.”, ” Därför ser jag mycket positivt på ökad träanvändning och att det finns möjligheter”, ” Det hade kunnat användas till mer långlivade produkter”, ” Det är det mest effektiva sättet att bygga med material med låg klimatpåverkan.”
Teknisk prestanda vid användning	”brandmotstånd”, ”brandreaktion”, ”fukt”, ”akustisk”, ”värme”
Livslängd samt återvinning och återbruk i slutet av materialens livscykel	”Långlivade produkter”, ” enormt demonterbart”

3.7 Analysmetod

Den valda analysmetoden för dokumentstudien är kvantitativ innehållsanalys som innebär att man mäter innehållet i ett dokument (Lundahl & Skärvad, 2016). Det handlar om att kartlägga och räkna en viss indikator eller inslag i de valda dokumenten för att därefter analysera dokumentets innehåll (Fangen & Sellerberg, 2011). I detta fall handlar det om analys av gwp-värden i miljövarudeklarationer för valda material för att förstå dess klimatpåverkan. Dessa indikatorer analyseras med en kvalitativ bearbetning genom att beskriva koldioxidutsläppen och därefter koppla ihop resultatet med intervjustudien för att förklara varför värdena ser ut som de gör. Strategin att komplettera den kvantitativa innehållsanalysen med en kvalitativ bearbetning är viktigt för att slutsatserna i arbetet ska bli fullständiga och ordentligt motiverade (Olsson & Sörensen, 2011).

Data från övriga delar av examensarbetet analyseras med en kvalitativ innehållsanalys vilket fokuserar på att tolka och förstå textinnehållet och dess innebörd och mening vilket är lämpligt när man analyserar textmaterial. Inom innehållsanalys kan texten antingen vara manifest vilket syftar till ord och budskap som är tydliga i texten eller latent som innebär att tolkning av underliggande innebörd i texten görs. Vare sig vilken av ansatserna texten har, kan skribenten/författaren göra tolkningar (Lundahl & Skärvad, 2016; Olsson & Sörensen, 2011).

3.8 Analys av metodval

Metodiken och tillvägagångssättet för studien har genomförts med en litteraturstudie, dokumentstudie och semistrukturerade intervjuer. Litteraturstudien har kombinerat tidigare forskning kring ämnet och resultatet har inkluderat en dokumentstudie från miljövarudeklarationer för att redovisa praktiska specifika gwp-värden för utvalda material. Därefter redovisas intervjustudien som har skapats med hjälp av en tematisk analys. Respondenterna har valts ut noggrant utifrån expertis där respondenterna antingen har forskat eller arbetar med tillhörande material, vilket har bidragit till en fördjupad förståelse kring materialen och frågeställningarnas svar. Utformningen av frågorna har gjorts genom att spegla syftet och frågeställningarna, men också beaktats att frågorna i största möjliga mån ska vara neutrala från affärsintressen och enbart ska göras för forskningssyfte. Avgränsningen av arbetet har fokuserat främst på modul A1-A3 och D, men för att redovisa en mer korrekt helhetsbild kring slutsatser av materialens klimatpåverkan har den mellanliggande modulen C beaktats i miljövarudeklarationer där det har varit rekommenderat.

3.9 Validitet

Enligt Säfsten och Gustavsson (2021) handlar validitet om den utförda undersökningen har uppnått ett underlag för att besvara arbetets frågeställningar. Dessutom måste innehållet också vara parallellt med syftet av arbetet. För att arbetet ska ha stark validitet har det använts fler än en metod, så kallad triangulering då arbetet delas in i en litteraturstudie, dokumentstudie och intervjustudie där relevanta aktörer bidrar med praktisk kunskap och erfarenhet kring ämnet.

3.10 Reliabilitet

Enligt Säfsten och Gustavsson (2021) handlar reliabilitet om trovärdigheten för en mätning där hög reliabilitet innebär att information upprepas från flera olika källor och peka på samma resultat. För att informationen i rapporten ska vara så tillförlitlig som möjligt är majoriteten av information refererad från litteratur, nationella myndigheter och vetenskapliga artiklar från vetenskapliga databaser. Dessutom har informationen från datainsamlingen granskats genom att säkerställa att fler än en källa pekar på samma resultat. När data har refererats från rapporter från enskilda individer, har författarens akademiska bakgrund och erfarenhet kring ämnet kontrollerats för att kunna säkerställa att informationen är korrekt. Därför är författarna bakom de specifika refererade rapporterna, personer som antingen jobbar eller forskar kring ämnet eller från kommunala byggprojekt som satsar på klimatneutralitet.

Årtal för när källan publicerades har varit en viktig del i datainsamlingen då detta ämne är ett pågående forskningsområde och pågående arbete i nationella och globala hållbarhetsmål. Därför har majoriteten av källorna för tidigare forskning inte varit äldre än vad som är relevant.
När det gäller intervjustudien har det varit essentiellt att hitta minst 1 respondent för varje regenerativt material. Däremot har det varit en utmaning att hitta respondenter som specialiserar sig inom hampabaserade material jämfört med trämaterial. Detta förklarar fördelningen av ämne för intervjuerna.

4 Resultat

I resultatdelen redovisas dokumentstudien och intervjustudien. Det är materialanpassade intervjuer beroende på respondentens expertis.

4.1 Dokumentstudie

Dokumentanalys av miljövarudeklaration för trä

Följande resultat från den här miljövarudeklarationen är genomsnittliga prestandan för sågat virke i Sverige av medlemmar i organisationen som epd visar. Den täcker upp till 58% av allt sågat barrvirke i Sverige.

Följande värden visar koldioxidutsläpp för 1 m^3 sågat torkat virke med vikten 489 kg. Materialet är 100% förnybart, där det biogena lagrade kolet beräknas ligga på -773 kg CO_2/m^3 i A1-A3, som sedan frigörs under slutskedet (modul C), vilket därmed uppfyller koldioxidneutralitet under sin livscykel. Växthusgaser från fossila källor (GWP-fossil) inkluderar transport från avverkningsplats till sågverk, samt tillverkning, vilket ligger på 28,7 kg CO_2/m^3 under modulerna A1-A3. Modul D står för 95% energiåtervinning, men finns även möjlighet till återbruk av materialet (Swedish Wood, 2021)
Eftersom avverkning av träd bidrar till förändrad markanvändning och kolförråd i mark och vegetation, är GWP-LULUC en aning högre än konventionella byggmaterial som inte har markförändrande innehåll (Naturvårdsverket, 2025e)

Den totala klimatpåverkan (GWP-total) ligger på -744 kg CO_2/m^3 under A1-A3 och -116 kg CO_2/m^3 under modul D, vilket indikerar på ett GWP-värde som bidrar till att återställa klimatet.

Tabell 4 Utdrag ur en EPD för trä från Swedish wood (2021)

Indikatorer	**A1-A3 [kg CO_2 eq]**	**D [kg CO_2 eq]**
GWP-Biogenic	-7,73E+02	0
GWP-fossil	2,87E+01	-1,15E+02
GWP-LULUC	1,99E-01	-1,08E+00
GWP-total	-7,44E+02	-1,16E+02

Hampakalk

Följande resultat är utdrag från en miljövarudeklaration från CÂNHAMOR (2024) och visar koldioxidutsläpp för ett hampablock som väger 13,3 kg.

- Moduler A1-A3: Första modulerna inkluderar råvaruförsörjning och utvinning, transport och tillverkning men även distribution av el. Produktsskedet ger en total klimatpåverkan på -1,33 kg CO_2 /block.

  Efter tillverkningsfasen krävs en härdning på 2 månader för att kunna säkerställa att den tekniska prestandan fullt ut stabiliseras. Under härdningsprocessen sker kolbindning i materialet genom karbonatisering av kalken och koldioxiden i luften.
- Modul C består av 4 moduler som inkluderar rivning och transport från byggplatsen till deponi. Det avråds att använda resultatet i A1-A3 utan att beakta modul C, då den koldioxid som binds i A1-A3 sedan släpps ut i senare faser. Slutskedet (modul C) ger ett totalutsläpp på 6,74 kg CO_2, vilket totalt sätt genom livscykeln inte ger ett negativt utsläpp då processernas klimatavtryck överstiger materialets egna regenerativa utsläpp.

- Modul D: Den aktuella miljövarudeklarationen behandlar inte återvinning eller återbruk av materialet, vilket har resulterat till att modul D har ett gwp-värde på 0.

Tabell 5: Utdrag från en miljövarudeklaration från CÂNHAMOR (2024)

Indikatorer	**A1-A3 [kg CO_2 eq]**	**D [kg CO_2 eq]**
GWP-Biogenic	-6,12E+00	0
GWP-fossil	4,64E+00	0
GWP-LULUC	1,49E-01	0
GWP-total	-1,33E+00	0

Hampafiberisolering

Följande värden är utdrag från en miljövarudeklaration från Ekolution (2023) och visar klimatavtrycket för 1 m^2 hampafiberisolering med vikten 3,5 kg. Produkten består av 87 % hampfiber, 3 % brandskyddsmedel och 10% bikomponentsfibrer som består av återvunnen polyeten och polypropen. Indikatorn GWP-fossil utgör 46% från bikomponentsfibrer och 27 % från hampaproduktionen. Resultatet av följande GWP-värden i miljövarudeklaration tar inte med tidpunkter av när kolinlagring sker under tillväxten, då denna typ av EPD inte är en dynamisk livscykelanalys. En dynamisk LCA presenterar tidsbaserad kol lagring av materialet (Ekolution, 2023).

- Modul A1-A3: Under tillväxtperioden binds ungefär 6,3 kg CO_2 / m^2 som biogent kol. Det totala koldioxidutsläppet under produktsskedet är -6,81 kg CO_2 / m^2 vilket indikerar på regenerativt i just det skedet. 68% av resultatet i GWP-fossil i tabellen i A1-A3 kommer från råvaruförsörjningen (A1) medan resterande 32% kommer från transport och tillverkning (A2 och A3).
- Modul C: Det totala utsläppet för hela modul C ligger på 7,26 kg CO_2 / m^2 för gwp total.
- Modul D: Ett gwp total på 2,57 kg CO_2 / m^2

Tabell 6 Utdrag ur en EPD för hampafiberisolerings från Ekolution (2023)

Indikatorer	**A1-A3 [kg CO_2 eq]**	**D [kg CO_2 eq]**
GWP-Biogenic	-7,88E+00	2,82E+00
GWP-fossil	1,01E+00	-1.75E-01
GWP-LULUC	6,91E-02	-7,34E-02
GWP-total	-6,81E+00	2,57E+00

Betong

Följande värden visar koldioxidutsläppet för en massiv prefabricerad betongvägg med vikten 1 ton. I vikten ingår 24 kg armerat stål och 9 kg isolering (vilket försummas i analysen för detta arbete då vikten är låg i förhållande till den totala vikten). Betongväggen är tät, värmebeständig och har ett lågt U-värde med en livslängd på 50–100 år.

- A1: Utvinning av material och råvaror samt elproduktion
- A2: Transport till produktion.
- A3: Tillverkning av betongen /produkten
- C: Rivning av betongen och därefter hanteras avfallet.
- D: Återbruk av krossat betong och återvinning av armeringsjärnet ifrån materialet, där 80 % av materialet återanvänds efter rivning i modul C i stället för att använda jungfruliga material. Resterande 20 % deponeras.

Betongen i sig innehåller inget biogen kol lagring och det totala utsläppet för produktsskedet ligger på 137 kg CO_2 och modul D står för -0,284 kg CO_2. (Gripen Betongelement, 2023)

Tabell 7 Utdrag ur en EPD för en massiv prefabricerad betongvägg från Gripen Betongelement AB (2023)

Indikatorer	**A1-A3 [kg CO_2 eq]**	**D [kg CO_2 eq]**
GWP-biogenic	-5,91E-01	-1,79E-03
GWP-fossil	1,37E+02	-2,82E-01
GWP-LULUC	3,75E-02	-1,08E-04
GWP-total	1,37E+02	-2,84E-01

Mineralull

Följande GWP-värden gäller för 1 m^2 och 1 kg stenull som används främst används som värmeisolering.

- Modul A1-A3: Största delen av koldioxidutsläppet under hela dess livscykel kommer från produktsskedet, med ett utsläpp på 0,531 kg CO_2. Träpallarna som kommer med materialet binder koldioxid vilket visas i indikatorn för GWP-biogenic, vilket bidrar med en minskning av 10% av det totala koldioxidutsläppet i produkt skedet. Därefter frigörs den bundna koldioxiden under senare delen av byggskedet.

- Modul C: Majoriteten av utsläppen från modul C kommer från transport till avfallshantering.
- Modul D står för energiutvinning av förbränning av träpallar. Det är konstaterat i miljövarudeklarationen att material som återgår till produktion för återvinning och om producering ungefär ger ett lika stort klimatavtryck som att producera nya produkter med jungfruliga material (ROCKWOOL, 2022).

Stenull

Tabell 8 Utdrag ur en EPD för stenull från ROCKWOOL (2022)

Indikatorer	**A1-A3 [kg CO_2 eq]**	**D [kg CO_2 eq]**
GWP-Biogenic	-6,72E-02	3,75E-03
GWP-fossil	5,97E-01	-4,21E-02
GWP-LULUC	2,68E-04	-3,11E-06
GWP-total	5,31E-01	-3,83E-02

4.1.1 Jämförelse och tolkning av resultat

GWP biogenic

Då de utvalda regenerativa materialen binder kol och betraktas som kolsänkor under dess livscykler är gwp värde kopplat till biogen negativa. De konventionella materialen binder ingen kol i materialet.

GWP fossil

Material med tyngre massa tenderar att ha ett större GWP-fossil vilket indikerar på att tyngre vikt resulterar i ökad fossilanvändning till transport eller produktion. Det är viktigt att beakta att högre volymer material för betong och trä behövs för att uppfylla dess funktion i projektet till skillnad från de lättare isoleringsmaterialen vilket kan resultera i högre gwp värde under indikatorn gwp-fossil.

GWP luluc

Gällande GWP luluc (Land use land use change) tenderar de regenerativa material ha ett högre GWP-värde i jämförelse av till de konventionella. GWP LULUC är utsläpp som kopplas till markanvändning och markförändring av exempelvis åkermark eller skog vilket förklarar de tenderande högre siffrorna för de biobaserade materialen. Indikatorn tar hänsyn till förändrade kolinlagringar i marker som åkermark eller skogsmark. (Naturvårdsverket, 2025e)

GWP total

De regenerativa materialen visar ett totalt koldioxidutsläpp som är negativt för A1-A3. Däremot visar klimatavtrycket i modul C på ett positivt värde och modul D varierar. De konventionella materialen skapar ett högre klimatavtryck där även materialens vikt spelar stor roll. Koldioxidavtrycket för betongen beräknas för1 ton vilket är det tyngsta materialet av alla miljövarudeklarationer som jämförs och ger också ett högre värde.

Modul D ger ett negativt värde för betong som står för återbruk av krossat betong samt återvinning av armeringsstålet (Gripen Betongelement, 2023). Modul D ger även ett negativt värde för stenull som står för energiutvinning av förbränning av träpallar (Rockwool, 2022).
Resultatet visar på ett fördelningen av gwp-värden för regenerativa material genom livscykeln skildrar sig från konventionella material.

GWP-fördelning för regenerativa material

Anledningen till fördelningen av koldioxidutsläpp för regenerativa material enligt respondenterna i intervjustudien är förenklat processerna bakom förbränning, rivning och att det inbundna kolet från modul A frigörs i senare skede genom förbränning.

Tabell 9: Sammanställning av resultatet från dokumentstudien

Material	*Indikatorer*	*GWP-fossil*	*GWP-Biogenic*	*GWP - LULUC*	*GWP-Total*
Trä	A1-A3	2,87+E+01	-7,73E+02	1,99E-01	-7,44E+02
	D	-1,15E+02	0	-1,08E+00	-1,16E+02
Hampakalk	A1-A3	4,64+00	-6,12E+00	1,49E-01	-1,33E+00
	D	0	0	0	0
Hampafiberisolering	A1-A3	1,01E+00	-7,88E+00	6,91E-02	-6,81E+00
	D	-1,75E-01	2,82E+00	-7,34E-02	2,57E+00
Betong	A1-A3	1,37E+02	-5,91E-01	3,75E-02	1,37E+02
	D	-2,82E-01	-1,79E-03	1,08E-04	-2,84E-01
Stenull	A1-A3	5,97E-01	-6,72E-02	2,68E-04	5,31E-01
	D	-4,21E-02	3,75E-03	-3,11E-06	-3,83E-02

4.2 Intervjustudie

Intervjusvaren från alla respondenter har behandlats med hjälp av tematisk analys som delas in i följande teman nedan. Varje tema behandlar hampakalk, hampafiberisolering och trä:

- Materialegenskaper som klassar hampabaserade material och trä som regenerativa material
- Klimatavtryck av regenerativa respektive konventionella material
- Utmaningar och möjligheter för ett klimatneutralt byggande
- Teknisk prestanda vid användning
- Livslängd samt återvinning och återbruk i slutet av materialets livscykel

Materialegenskaper som klassar hampabaserade material och trä som regenerativa material

Materialegenskaper skiljer sig åt mellan konventionella material och regenerativa material. De utvalda regenerativa materialen är biobaserade. En gemensam regenerativ egenskap som de utvalda biobaserade materialen besitter är deras förmåga att binda koldioxid och därmed utgöra kolsänkor under hela deras livscykel.

Hampafiberisolering

De hampabaserade materialen, hampakalk och hampafiberisolering har både gemensamma och skilda sätt till att bidra till ekosystemet. Respondent 2 beskriver hampafiberisolering som regenerativt redan vid odling där hampa är en snabbväxande gröda som växer med 3–5 cm per dygn när den har kommit upp ur jorden. Detta leder till att hampan konkurrerar ut ogräs vilket resulterar i att tillsättning av bekämpningsmedel eller pesticider inte är nödvändigt. Dessutom binder 1 kg hampa i snitt 2 kg CO_2 under tiden grödan växer. Respondent 2 fortsätter med att hampan även bidrar till en markförbättring då hampan har djupa rötter som luckrar upp jorden, tillsätter syre och frigör näringsämnen. Detta skapar då goda förutsättningar för nästa odlingssäsong.

Hampakalk

Gällande hampakalk ingår även att kalken har en regenerativ egenskap i att binda koldioxid under härdning. Respondent 1 förklarar att val av kalk i en hampakalk avgör hur pass regenerativt materialet blir. Dessutom avgör val av kalk hur materialet eventuellt kan återgå i ett naturligt kretslopp igen. Det finns en del produkter på marknaden som är kalkbaserade bindemedel avsedda för användning i en hampakalk. Varianterna som respondenten tar upp är luftkalk, hydraulisk kalk och cement. Luftkalk tillverkas genom att kalksten bränns vilket avger koldioxid, men därefter absorberar koldioxid när den

härdar. En ren luftkalk kan dessutom användas för markförbättring i slutet av dess livscykel. En utmaning med att enbart använda luftkalk är att det reagerar långsamt och restprodukten blir vatten när luftkalken absorberar koldioxid från luften. Restprodukten bidrar till fukt i materialet som måste torkas ut och får lägre hållfasthet i jämförelse med cement eller hydraulisk kalk.

Hydraulisk kalk är ett intermediärt alternativ mellan luftkalk och cement då den innehåller metalliska ämnen som exempelvis aluminiumoxider, magnesiumoxider och järnoxider. Detta medför till en mer komplexitet för materialet att återgå till ett naturligt kretslopp i jämförelse med luftkalk. Alternativet med cement ger däremot ingen möjlighet för återgång till naturen.

Trä

När det gäller trä betonar respondent 5 att trä i allra högsta grad är ett regenerativt material, då materialet binder koldioxid från atmosfären. Skogen i sig är en kolsänka men också ett habitat som står för en biodiversitet där arter kan överleva i sina naturliga livsmiljöer. En ökning av skogsarealerna ger förutsättningar för en ökad satsning på träproduktion.

Respondent 4 påpekar att Sverige har en stor tillgång till skog vilket leder till att det resursmässigt finns möjlighet att ersätta konventionella material som betong och stål. Samtidigt är det viktigt att inte ha ett skogsbruk som utarmar den biologiska mångfalden som exempelvis kalhyggesbruk kan orsaka. Dessutom är det en fördel att ha långlivade trävaror då det binder kol under en lång tid.

Klimatavtryck av regenerativa respektive konventionella material

Klimatavtrycket för regenerativa material respektive konventionella material skiljer sig där det kräver högre koldioxidekvivalenter vid framför allt tillverkning av konventionella material. Samtliga respondenter i intervjustudien var överens om att en materialomställning till användning av regenerativa material generellt hade varit en effektiv åtgärd för att uppnå ett klimatneutralt byggande. Det grundar sig i att materialen har förmågan att binda kol och därmed kunna bidra till ett koldioxidnegativt utsläpp.

I en del miljövarudeklarationer för regenerativa material framgår det att materialen binder kol och har ett negativt koldioxidavtryck i början av dess livscykel, medan ett högre koldioxidvärde redovisas i slutet av dess livscykel. Det är en fördelning av koldioxidutsläpp som visas för de valda materialen i dokumentstudien. Anledningen till fördelningen besvaras som följande enligt respondenterna:

R1: Enligt nuvarande beräkningsmetod räknas materialet gå till förbränning i slutet av dess livscykel, vilket ger upphov till ett koldioxidutsläpp.
R2: Om materialets skick inte möjliggör återbruk eller återvinning går materialet vidare till förbränning. Dessutom frigörs mängden kol som binds i materialet i början av dess livscykel, ut i senare moduler.
R3: Den inbundna koldioxiden i början emitterar ingen koldioxid under större delen av livscykeln. Därför är utsläppen senare ganska försumbara.
R4: Det måste hittas en bra metodikberäkning av det inbundna kolet över tid. Idag uppskattas materialet hamna på förbränning vilket frigör all bunden koldioxid.
R5: Koldioxidutsläppet är mindre i modul A där produktionen av träet inte har lika stora utsläpp som andra material. I slutet av dess livscykel går majoriteten av materialen till förbränning i stället för att skapa långlivade produkter.

Trots att materialen ofta går till förbränning är alla respondenter överens om att en materialomställning till regenerativa material hade varit en effektiv insats mot ett klimatneutralt byggande. Respondent 4 sammanfattar svaret enligt följande påstående:
” När man bygger ett hus, så kommer mer än 50% av klimatpåverkan från produktsskedet (A modulen) och resten kommer från B och C modulen. Från de 50 % i A modulen, så kommer 80% från material. Ska man minska sin klimatpåverkan från byggskedet är materialvalen svaret. Det är det mest effektiva sättet att bygga med material med låg klimatpåverkan. Då är hampa, trä, cellulosa och allting som är från växtriket effektivt. Tittar man på B och C modulen, så kommer det mesta från uppvärmning och energifrågor, och då får man säga till att isolera rätt och att det inte sker läckage.”

Hampafiberisolering

Användning av hampafiberisolering kan bidra till både energibesparing och utsläppreducering. Respondent 2 betonar att koldioxidutsläppet i modulerna A1-A3 för hampafiberisolering skiljer sig med övriga isoleringsmaterial. Respondenten beskriver att användning av hampa inte kräver torkning efter skörd då växten självtorkar när den binder koldioxid ute i fält efter skörd. Detta är en stor skillnad till andra naturfibrer där man behöver samla in materialet och använda stora ugnar och fläktar för att torka materialet. Därför ger hampans självtorkning upphov till en stor energibesparing. Motsvarande konventionella material som stenull och glasull kräver gruvdrift, där processen bakom tillverkning ger upphov till stor energikonsumtion. Jämförelsen i koldioxidekvivalenter syns även i miljövarudeklarationer beroende på varumärken. Respondenten gör en kort jämförelse med liknande material, där man kan göra en besparing av 92% CO_2 jämfört med stenull och 85% CO_2 jämfört med glasull.

Hampakalk

Kalken i hampakalk avger koldioxid vid tillverkning innan härdningen sätter i gång och binder koldioxid. Respondent 1 påpekar att det efterfrågas av branschen att veta hur mycket koldioxid kalken tar upp under sin livscykel. Koldioxidavtrycket uttryckt i koldioxidekvivalenter beror på om man räknar med det biogena kolet. Ett fall där det biogena kolet utesluts i beräkningen innebär att koldioxidekvivalenterna blir högre än det verkliga värdet.

Räknas det biogena kolet in, finns möjlighet att värdet resulterar i negativa koldioxidekvivalenter och en kompensation för kalkens avtryck. En jämförelse av likande material som exempelvis lättbetong skulle ge ett resultat där hampakalk har lägre klimatpåverkan om det biogena kolet räknas in.

Trä

Respondent 5 sammanfattar träets koldioxidutsläpp genom att beskriva att materialet är en kolsänka som absorberar koldioxid från atmosfären. Respondenten jämför trä med betong som släpper ut fossil koldioxid i samband med tillverkning där det bränns kalciumkarbonat till kalciumoxid som ger upphov till koldioxid. Dessutom är betong inte beräknade att vara långlivade, då limmet mellan byggelementen åldras. Därför uppskattas betonghus inte bli äldre än 150 år. Vidare görs en jämförelse med aluminium som har energikrävande processer. Dessa material är negativa för miljön, men till dessa materials fördel krävs mindre skötsel och kan bli långlivade.

Respondent 4 påpekar att träets klimatavtryck även är bättre än fossilfri betong och stål innan inräkning av det inbundna kolet. Samtidigt menar respondent 4 också på att det borde finnas ett incitament att vara så resurssnål som möjligt. Om 100% av det inbundna kolet räknas in resulterar detta till att få ett negativt koldioxidvärde ju mer trä som byggs in vilket inte är resurssnålt. En annan aspekt som respondent 4 tar upp är arbetet för att minska klimatpåverkan från konventionella material. Arbetet med att reducera klimatpåverkan från konventionella material som betong, stål och tegel uppvisar fler insatser som leder till mer hållbara material. Insatserna för att förbättra träets klimatpåverkan är inte lika omfattande trots att det finns faser i byggskedet som kan reducera koldioxidutsläppet som exempelvis elektrifiering av transporter och arbete med limträ.

Utmaningar och möjligheter för ett klimatneutralt byggande

Hampakalk

En utmaning med hampakalk enligt respondent 1 är att materialet inte är lätt tillgängligt, vilket bidrar till ett hinder för aktörer att förstå hur materialet fungerar. Därför är ett steg att lägga tyngd på utbildning, informationsöverföring och kommunikation. Dessutom är det viktigt att strävan finns att använda biobaserade material som hampabaserade material i större utsträckning. Detta sker när hållbarhetskrav, lagar och regler sätts på företag för att minska sin klimatpåverkan. Gällande materialets möjligheter för att kunna uppnå ett klimatneutralt byggande, krävs också att biogent kol räknas i klimatdeklarationerna. Utan inräkning av det biogena kolet kan inte negativa utsläpp redovisas. Några av branschens utmaningar inför det nationella klimatmålet är klimatpåverkan, resurseffektivitet, och återvinning. Hampakalk är ett material som möter resurseffektivitet väl då mängden hampa i förhållande till kalk är större. Användning av hampakalk i en byggnad kan även bidra till en mer jämn inomhusmiljö och motverka överhettning på sommaren. I takt med att byggsektorn arbetar med att uppnå ett klimatneutralt byggande till år 2045 är en fördel att investerare även kan miljöcertifiera en byggnad med integrerad hampakalk.

Hampafiberisolering

Respondent 2 påpekar också att första hindret är kunskapsnivån ute i branschen, då vi inte har byggt med hampafiberisolering i stor utsträckning. Dessutom betraktas biobaserade isoleringsmaterial som en ny kategori av isolering. De nuvarande regelverken sätter den tekniska standarden och är anpassade efter de befintliga materialens egenskaper. Därför blir materialegenskaperna hos biobaserade isoleringsmaterial missvisande och underskattade i dimensioneringsverktygen.

Möjligheten är dess breda användningsområde i en konstruktion, då hampafiberisolering kan användas i ytterväggar, takkonstruktioner, innerväggar och mellanbjälklag. Begränsningen ligger i vilken typ av konstruktion materialet appliceras på. Ur ett byggfysiskt perspektiv beskriver respondent 2 att materialet i princip kan användas i alla konstruktioner ovan mark, vilket utesluter exempelvis källarkonstruktioner eller andra konstruktioner som har fuktiga miljöer som bland annat badhus. Möjligheten till ett lägre klimatavtryck ger den kortsiktiga lönsamheten att minska utsläppen med 85–90% med en materialomställning. Dessutom har materialet låg förädlingsgrad. Utöver klimatavtrycket bidrar hampafiberisolering även till en förbättrad arbetsmiljö just på grund av att materialet är naturbaserat. Materialet ger reducerade emissioner både under installation och även senare när byggprojektet står färdigt.

Respondent 2 förklarar att klimatpåverkan delas upp i två delar där den första delen fokuserar få mängden koldioxid som släpps ut när en produkt tillverkas medan den andra kategorin handlar om hur

mycket koldioxid som lagras i produkten. Branschen fokus ligger mestadels i koldioxidreducering vilket kommer bidra till att komma närmare målet om nollutsläpp. Däremot krävs mer arbete för att komma till noll genom lagring av koldioxid. Därför krävs kolinlagring i material för att kunna uppnå koldioxidnegativt utsläpp inom ramen för ett byggprojekt.

Trä

En möjlighet för trä är dess förmåga att vara långlivat vilket hade bidragit till ett klimatneutralt byggande. Respondent 3 beskriver en utmaning att cirkulär trä inte används i stor omfattning eftersom det oftast saknas kvalitetsklassificering av materialen. Därför används oftast trä som råvara. Respondent 4 och 5 påpekar att långlivade produkter hade kunnat ersätta fossila material. Trots att trä är ett vanligt material i Sverige, finns inte en större marknad för massivträbyggen. Därför menar respondent 4 på att utmaningarna är kopplade till kompetens och kunskap då det krävs ett annorlunda arbetssätt när biobaserade material används. Det inkluderar bland annat risk för rötskador, organiska angrepp och brand. Gällande brandaspekten förklarar både respondent 4 och 5 att en utmaning även finns gällande när det är nödvändigt att används sprinklers. Dessutom beskriver respondent 5 den geografiska aspekten som en utmaning där längre transportsträckor sker till områden där materialet inte är lätt tillgängligt.
Respondenten 4 tillägger även att det är viktigt att tänka på skogen i förhållande till biologisk mångfald där det är eftersträvansvärt att ha ett hyggesfritt naturnära skogsbruk. Utmaningen ligger dock i att skala upp i den omfattning som behövs.

Teknisk prestanda vid användning

När det gäller användning av regenerativa material är det essentiellt att inte bara beakta koldioxidutsläpp utan den tekniska prestandan. Respondenterna har argumenterat för tekniska egenskaper som de utvalda regenerativa materialen besitter som presterar minst lika bra eller bättre än liknande konventionella material. Därefter listas även materialegenskaper som är de mest kritiska för de utvalda materialen.

Hampakalk

Hampakalk är ett material som inte brinner lätt och har därmed bra brandbeständighet. Respondent 1 listar vidare upp värme, fukt och akustik. Hampakalk har en bra värmebehaglighet som innebär hur snabbt temperaturen fluktuerar i en bostad och har förmåga att dämpa temperaturvariationer. Materialet bidrar till ett bra akustiskt inomhusklimat då materialet har en god akustisk absorptionsförmåga. Materialet har även bra fuktkapacitet där materialet kan ta upp mycket fukt utan att den relativa fuktigheten nödvändigtvis går upp. Däremot är fuktaspekten också en kritisk faktor vid byggnation. Om materialet utsätt för regnbelastning under byggtiden, kan fukten byggas in utan att torka ut. Det finns

stor risk för mikrobiell påväxt om materialet överstiger 75% fuktighet under längre tid och en viss temperatur.

Hampafiberisolering

I moderna byggmetoder installeras membran i form av plastfolie i ytterväggar för att få en ångtät konstruktion och inte släppa förbi fukt i syfte att skydda mot fuktrelaterade skador. Vid användning av hampafiberisolering behövs i stället ett ånggenomsläppligt membran. Respondent 2 förklarar att hampafiberisolering har förmågan att fuktbuffra, då den kan absorbera fukt och lagra det i cellstrukturen för att sedan släppa tillbaka fukten när omgivningen tillåter det. Det ger möjlighet att torka materialet vid höga fuktnivåer. Detta stärker fuktsäkerheten där höga fuktnivåer kontrolleras genom att materialet torkar ut. Dessutom bidrar det även till värmetrögheten i materialet då isoleringen binder fukt som gör materialet tyngre i massa och ökar värmetrögheten. Värmetrögheten är 2–3 gånger högre för biobaserade isoleringsmaterial. Fastän materialet tillsammans med membranet ger en robust konstruktion efter installation är det viktigt att inte utsätta materialet för en fuktig miljö i form av exempelvis regnbelastning under montering.

Gällande brand har hampafiberisoleringen ett högre brandmotstånd jämfört med andra isoleringsmaterial trots dess brännbarhet. Materialet kan ge ett brandskydd lika många minuter i brandmotstånd där man kan utrymma lokalen, men när branden väl går igenom gipsskivan och når materialet blir den antändningsbar.

Trä

En av materialegenskaperna hos trä är dess brännbarhet vilket kan ses som en utmaning. Däremot menar respondent 3 att träet har ett bra brandmotstånd då tjocka vedklampar har kvar sin kärna efter ett brandförlopp. Materialet förkolnar i stället. Däremot påpekar respondenten att konventionella material har överlägsen hållfasthet.

Respondent 5 anser att materialets brännbarhet är en av de kritiska egenskaperna vid användning utifrån ett brandreaktionsperspektiv. Att materialet är benäget att utsättas för mögel, kräver skötsel och underhåll. Både respondent 3 och 5 anser att impregnering av trä i syfte att skydda materialet ger upphov till negativa miljöeffekter samt förstör träets egenskaper då det består av en kemisk process.

Utöver tekniska egenskaper anser respondent 4 att det är viktigt att betona förbisedda egenskaper som sällan pratas om. Det finns studier som pekar på att människor mår bättre av att vistas i miljöer med mycket synligt trä. Respondenten refererar till en norsk studie som pekar på att barn i förskoleklass som vistas i rum med mycket synligt naturmaterial som trä ger sänkt vilopuls på 6 slag per minut, vilket är kvaliteter som är svåra att sätta ett monetärt värde på. Respondent 4 poängterar därefter att fukt som en kritisk egenskap för trä, då det krävs ett annorlunda tankesätt där en del argumenterar för att ge fuktskydd för konstruktioner under byggtiden med tält vilket i sin tur även kräver ekonomisk bekostnad.

Livslängd samt Återvinning och återbruk i slutet av materialets livscykel

Hampakalk

Hampakalk har använts som byggmaterial sedan 90-talet, vilket gör det svårare att bedöma dess livslängd i jämförelse till en del befintliga material. Därför menar respondent 1 på att materialet förmodligen har lika lång livslängd som liknande material vid förutsättningarna att materialet hanteras på korrekt sätt, då det inte finns något som tyder på motsatsen. Däremot är underhåll av materialet viktigt, då denna faktor påverkar livslängden. Det som påverkar livslängden är bland annat höga fuktbelastningar och låga temperaturer.

När det gäller återbruk och återvinning av materialet i slutet av dess livscykel menar respondent 1 på att det den potentialen påverkas av bindemedel som har använts. Förmågan för kalkbaserat bindemedel att återvinnas är mindre komplext än cement. En luftkalk kan appliceras på åkern och återgå till ett biologiskt kretslopp. Däremot har luftkalk nackdelarna med låg hållfasthet, byggfukt och låg reaktivitet vilket gör att det tar lång tid att härda.

Hampafiberisolering

Respondent 2 förklarar att livslängden på en hampafiberisolering är beroende av miljön produkten är placerad i. Det beror på om anvisningar har följts korrekt, monterats rätt men även om konstruktionen i helhet inte har oönskade köldbryggor eller andra sätt där föroreningar, smuts eller mögel kan ta sig in. Detta är dock i grunden inget unikt för hampafiberisolering utan gäller alla material ute på marknaden. Förutsatt att materialet är hanterat på rätt sätt från början, ligger den förväntade livstiden på minst 60 år. Den deklarerade livslängden bestäms genom prover och utvärderingar på den mekaniska stabiliteten genom att undersöka hur isoleringen påverkas vid olika fuktnivåer och temperaturer. Sedan kan man modellera och undersöka vad som händer på ett 50–100 årsintervall genom att utföra prover på om konstruktionen ansamlar sig fukt över tid. Då dessa prover är krävande menar respondenten att den praktiska livslängden förmodligen är längre än 60 år.

På företaget som respondent 2 arbetar på nyttjas hela produkten när det gäller frågan kring återvinning i slutet av materialets livscykel. Isoleringen kappas den i rätt dimensioner vid tillverkning, där

kappspillet samlas i en automatisk process där fibrerna öppnas upp och cirkulerar tillbaka i produktion. Där sker en återvinning av spillet. Företaget arbetar i nuläget med att hitta en process för att spill från byggarbetsplats kan samlas upp och skickas tillbaka till produktion. Gällande återbruk säger respondenten att förutsättningarna finns, då möjligheterna för att en okontaminerad produkt i slutet av dess livscykel är god. En generell princip som respondenten tar upp är att byggbranschen bör förbättra processen att ta vara på byggdelar i rivningsobjekt för att kunna återbruka materialen. Där krävs ett systemskifte eller en etablerad struktur för hur återbruket ska gå till.

Trä

Livslängden för trä beror på var materialet är inbyggt. Respondent 3 menar att träkonstruktioner under vatten kan hålla längre jämfört med träkonstruktioner i den fria luften eftersom syre inte kommer åt materialet under vatten. Respondenten tar upp exempel där det finns träpålar och rustbäddar i gamla trähus som ruttnar när grundvattnet sänks eftersom syre kommer åt materialet. Dessutom är träkonstruktioner i den fria luften benägna att få organiska angrepp. En annan faktor är också kvalitet på virket, där kärnvirke håller bättre jämfört med virke utan kärnvirke. Respondent 4 belyser i stället underhållsbehovet gällande träets livslängd. Respondenten menar att trä i princip har lika lång livslängd som andra material med förutsättningarna att det byggs på sätt samt behandlas med regelbunden underhållning. Respondent 5 menar på att livslängden också påverkas av klimatet som materialet blir utsatt för, och kan behövas åtgärder som är energikrävande för att skydda materialet.

Gällande återvinning och återbruk menar respondent 3 på att det finns möjlighet, men att det i dagsläget saknas en marknad och kvalitetsmärkning för det. Kvalitetsmärkning finns bara för nya träprodukter men inte för återvunnet trä. Dessutom är det till fördel att ha en flexibilitet av demonterbara element i syfte att kunna möjliggöra cirkulär byggprocess.

Respondent 4 refererar till en studie om återbruk av träreglar där slutsatsen var att återbruk av trä var komplext då det fanns en osäkerhet kring kvalitetsstandard och om de hade nått påväxt eller inte. Däremot finns det många nyproducerade trähus som är demonterbara vilket ökar potentialen för återbruk. R4 tillägger att majoriteten av trä idag i stället går till förbränning, men att det finns stor potential för återvinning eftersom vi kan skapa mer långlivade produkter som exempelvis träfiberisolering.

Respondent 5 menar också på att trä har stor potential att vara långlivade produkter och därmed öka återbruket. Däremot är återbruk av trädetaljer enklare då större delar som exempelvis en vägg inte går att återbruka. När återbruket inte är tillgängligt finns återvinning genom att flisa ner trämaterial och använda inom andra användningsområden som isolering, absorptionsmedel för där näringsrika vatten eller sanera oljeutsläpp.

5 Analys och diskussion

Följande kapitel behandlar analys och diskussion av både det teoretiska ramverket och resultatet i rapporten. Kapitlet jämför delarna och resultatet analyseras för att kunna dra slutsatser kring arbetets frågeställningar. Följande avsnitt i diskussion och analyskapitlet täcker arbetets teman från litteraturstudien, dokumentstudien samt intervjustudien, för att kunna göra en fullständig slutsats i det slutliga kapitlet

5.1 Regenerativa egenskaper

Regenerativa materials främsta egenskaper är dess återställande av ekosystemet (Persson, 2023; Mouton m.fl 2023). Den gemensamma egenskapen för trä, hampakalk och hampafiberisolering är materialens förmåga att fungera som kolsänkor under sin livscykel. Ett träd absorberar i genomsnitt 1 ton CO_2/m^3 och 1 hektar hampa binder mellan 9–15 ton CO_2. Dessutom bidrar hampan även till en markförbättring under odling (Burström, 2021; Europakommissionen, u.å). Hampans förmåga att markförbättra sammanfattas av respondent 2:

”Den växer på pass snabbt att den konkurrerar ut ogräs. Det gör att du inte behöver tillsätta några bekämpningsmedel eller pesticider när du odlar med hampa. Det är en direkt fördel för åkern och den biologiska mångfalden. Dessutom har hampan väldigt djupa rötter som luckrar upp jorden och frigör näringsämnen”

När det kommer till hampakalk beskriver respondent 1 att val av kalk avgör hur pass regenerativt materialet blir. Vid användning av luftkalk sker koldioxidupptag vid härdning efter materialet framställs. Dessutom kan luftkalk användas för att förbättra mark. Problemet med att enbart används sig av luftkalk och hampa är att restprodukten blir vatten som i sin tur gör materialet fuktigt som därefter måste torka ut. Detta skapar bekymret att materialet då inte har samma hållfasthet som hydraulisk kalk och cement.

5.2 Klimatpåverkan

Den gemensamma nämnaren för de regenerativa materialen från dokumentstudien är fördelningen av koldioxid mellan modulerna under hela dess livscykel. Fördelningen visar förenklat sätt att de utvalda miljövarudeklarationerna för de regenerativa materialen visar på ett negativt klimatavtryck i början av dess livscykel (A1-A3) som sedan vid C modulen höjs till ett positivt koldioxidutsläpp. Därefter får modul D ett lägre koldioxidutsläpp beroende på hur materialet hanteras i slutet av dess livscykel. Förklaringen till den här fördelningen av klimatutsläpp förklaras av respondenterna från intervjustudien.

Respondent 1 menar på att det beror på förbränning i slutet av dess livscykel. R1: ” I beräkningen utgår man från att allt bränns upp i slutet. Så vid livscykelns slut, efter till exempel 50 år, bränns det enligt nuvarande beräkningsmetod upp. Då sker det koldioxidutsläpp i beräkningen. ”

Respondent 2 menar på att det inte bara handlar om förbränning utan även på att det inbundna kolet i de första modulerna frigörs senare i dess livscykel. R2: ”Man räknar med att materialet har en linjär livslinje, att man odlar och tillverkar produkten. Sedan går den in i en konstruktion och är inne i konstruktionen under sin livslängd. Sedan när konstruktionen rivs, så tar man ut isolering och skickar den till förbränning. Då är det så att mängden kol man har bundit i materialet släpps ut i slutet. Så inbindningen man har i början, den blir motsvarande utsläpp i senare moduler. ”

Respondent 3 menar däremot på att utsläppen senare är försumbara. R3: ”Vad som händer med trä när man plockar ner det är att det har inbundet koldioxid när man använder nytt trä och sedan avgår det ingenting, det emitterar ingen koldioxid i princip. Kanske möjligtvis när det blir äldre och torrare. Men i princip ska det inte vara någon större skillnad. Det emitterar ingenting från trä, det håller sig ganska stilla, så det måste vara ganska försumbart.”

Respondent 4 är inne på samma spår som Respondent 1 och 2. R4: ”Man måste hitta en bra metodik kring beräkning över tid och hur man räknar på det inbundna kolet. När man får dessa negativa värden så räknar man på 100% gwp fossil. Det kan vara så att man inte har en upparbetad struktur för att recirkulera byggvaror. Om du har ett bjälklag i trä så finns det ingen struktur på hur du tar det från ett gammalt hus till ett nytt hus. Då kanske man räknar in på att den hamnar på förbränning. När man går till en förbränning så frigörs alls det bundna koldioxiden. ”

Trots detta är alla respondenter överens om att användningen av dessa typer av material är en effektiv åtgärd för att bidra till ett klimatneutralt byggande.

.

5.3 Tekniska egenskaper

När det gäller tekniska egenskaper för regenerativa material är det viktigt att den tekniska prestandan och de biobaserade egenskaperna inte försämras. Biobaserade material generellt kortade mekanisk hållfasthet vilket har varit en faktor till att det inte har använts i stor utsträckning till bärande konstruktioner, utan i stället har använts till andra delar av konstruktionen. Trots att det finns materialegenskaper hos dessa material som kan prestera bättre än liknade konventionella material, innebär det inte att integration av regenerativa material i byggprojekt utesluter konventionella material helt. Stora delar av byggandens klimatskal som exempelvis grundläggning kräver robusta lösningar som traditionella material kan erbjuda (Persson, 2023; Yadav & Agarwal, 2021).

Respondenternas svar kring materialegenskaper för trä har varierat för R3 och R5. R3 ansåg att brand är en egenskap som presterar bättre för trä jämfört med konventionella material, medan R5 ansåg att brandegenskaperna är kritisk för dess användning:

R3: ” Även om ved brinner bra så är det tjocka vedklampar som förkolnar mer, så kärnan finns ju kvar i brand när man tittar på brandförlopp och jämför med till exempel stålbalkar och betong, så har du hållfastheten kvar.” Respondent 3 resonerar utifrån ett brandmotståndsperspektiv, där kärnan av materialet finns kvar trots att trä är brännbart.

Respondent 5 ansåg att det faktum att trä är brännbart gör egenskapen kritisk för dess användning.
Det finns en giltighet i båda förklaringarna trots att svaren skiljer sig åt, då respondenterna besvarade utifrån två olika perspektiv - brandmotstånd respektive användning.

Gällande de hampabaserade materialen var brand också ett ämne som togs upp av respondenterna.
Respondent 1 ansåg att brandbeständigheten för hampakalk är väldigt bra eftersom materialet inte brinner lätt. Respondent 2 ansåg att brandmotståndet är bra för hampafiberisolering utifrån ett strikt brandmotståndsperspektiv.

Sammanfattningsvis är trä och hampafiberisolering brännbara material, vilket kan bedömas som en utmaning samtidigt som materialen har bra brandmotstånd som i sin tur kan anses som en möjlighet.

5.4 Utmaningar och möjligheter

En återkommande utmaning i både litteraturstudien och intervjustudien är kunskapsbristen kring biobaserade material. Kunskap och kompetens både gällande användning av biobaserade material och demontering för att möjliggöra en cirkulär byggprocess är ett hinder för att kunna använda dessa material i större utsträckning (Persson, 2023).
Bristande kunskap ger i sin tur begränsade regelverk kring användning. Respondent 2 uttrycker följande: ” En utmaning är att de biobaserade isoleringsmaterialen är en ny kategori av isolering och de regelverken som vi har idag, som sätter den tekniska standarden är anpassade efter de befintliga materialens egenskaper. När vi kommer in med en ny produktkategori inom isolering, så försöker man utvärdera egenskaperna utifrån de etablerade produkternas egenskaper. Så det blir också lite missvisande, och produkterna blir underskattade i våra dimensioneringsverktyg”.

Respondent 4 resonerar på samma sätt gällande dimensionering med trä. Kunskap och kompetens gällande annorlunda tankesätt och arbetsstrategier krävs under dimensionering.

5.5 Återvinning och återbruk

Både det teoretiska ramverket och intervjustudien bekräftar att det finns stor potential för återbruk och återvinning av träprodukter. Utmaningarna enligt det litteraturstudien är materialets benägenhet att utsättas för biologiska angrepp som i sin tur påverkar kvalitén. Dessutom spelar demonteringprocessen en stor roll. Vid en korrekt demontering har konstruktionsvirke en återvinningspotential på över 50%. Bristande kompetens är en av faktorerna kring varför byggprocessen inte görs cykliskt (Persson, 2023). Detta leder i sin tur till en bristande marknad för återvinning och återanvändning. Idag råder det en bristande marknad kring återbruk och återvinning av trä och går i stället till förbränning av energiutvinning i större utsträckning än återbruk och återvinning (Boverket, 2024c; Boverket, 2024d). Dessa slutsatser går i linje med respondenternas svar:

R3 (Trä): ”Trä kan man återanvända hur mycket som helst. Det är bara det att det inte tas reda på. Det finns ingen marknad ännu för att återanvända trä. Det finns ingen kvalitetsmärkning för det. Det finns bara kvalitetsmärkning för nya träprodukter men inte för återvunnet trä”.

R4 (Trä): ”Idag skulle jag säga att trä går till förbränning, men att vi borde kunna skapa mer långlivade produkter – till exempel träfiberisolering eller att återvunnet trä är det vi använder till pappersmassa framöver. Det finns potential till förbättring. Det var en studie om återbruk av träreglar som pekade på att det var svårt att återbruka eftersom det fanns osäkerhet kring kvalitetsstandard. ”

När det gäller hampafiberisolering och hampakalk finns även där goda möjligheter för både återbruk och återvinning. När det gäller hampakalk beror potentialen på om cement eller luftkalk har använts samt att tillsättning av bindemedel kan möjliggöra återvinning. Hampafiberisoleringens återvinning och återbruk avgörs hur produktens skick är i slutet av dess livscykel.

6 Slutsats

Detta är det sista kapitlet för rapporten och ger slutsats genom att besvara frågeställningarna. Därefter ges framtida forskningsförslag utifrån arbetets tema.

6.1 Frågeställningar och svar

Vad är regenerativa byggnadsmaterial och hur skiljer de sig till traditionella byggmaterial i koldioxidutsläppet?

Regenerativa byggnadsmaterial är material som bidrar till en hållbar utveckling med hjälp av deras minimala påverkan på klimatet. Det är material som sträcker sig bortom hållbarhet och även återställer ekosystemet under sin livscykel genom dess regenerativa egenskaper. De regenerativa materialen som undersöktes i detta arbete är trä och de hampabaserade materialen-hampakalk och hampafiberisolering. En gemensam regenerativ egenskap dessa material besitter är dess förmåga att utgöra en utmärkt kolsänka, vilket innebär att materialen absorberar koldioxid från luften. Ett träd absorberar i genomsnitt 1 ton CO_2/m^3 och 1 hektar hampa bidrar med en kolbindning på 9–15 ton CO_2. Hampan har även förmågan att markförbättra odlingsmarken genom att hampan är en snabbväxande gröda som konkurrerar ut ogräs vilket innebär att det oftast inte behövs någon användning av bekämpningsmedel. Dessutom är hampans blad tillräckligt täta för att förebygga markerosion genom att fungera som en marktäckare. På så sätt bidrar hampodlingen till en markförbättring (Burström, 2021; Mouton m.fl 2023; Persson, 2023; Europeiska kommissionen, 2024).

De regenerativa materialens förmåga att fungera som kolsänkor, syns på materialens koldioxidutsläpp under livscykeln. Vad som skiljer dessa material från konventionella material är att det totala koldioxidutsläppet ger ett koldioxidnegativt avtryck, vilket indikerar på dess förmåga att ge tillbaka till ekosystemet. Detta är en stor skillnad i klimatavtryck om man jämför med konventionella material som bidrar till den globala växthuseffekten genom exempelvis tillverkning eller annan aktivitet som kräver energi och fossila bränslen.

Enligt samtliga respondenter i intervjustudien skulle en materialomställning, där användning av regenerativa material vara en effektiv åtgärd för att uppnå Sveriges klimatmål att vara klimatneutralt till år 2045.

Vilka utmaningar och möjligheter finns vid användning av regenerativa byggmaterial för att bidra till ett klimatneutralt byggande?

Den främsta möjligheten är dess regenerativa egenskaper som återställer ekosystemet. När det gäller trä är en möjlighet att det finns den mängd som behövs att kunna använda trä som råvara i större utsträckning och skapa mer långlivade produkter. De regenerativa materialen i rapporten har fördelen att ha ett bra brandmotstånd fastän materialen är brännbara.

Ett viktigt steg gällande utmaningarna är att utöka kompetens och kunskap kring användningen av regenerativa material. Biobaserade material har oftast annorlunda materialegenskaper vilket är en utmaning att bemöta vid en materialomställning. Detta leder till utmaningen som är kopplad till regelverk och policyer där de befintliga regelverken oftast är anpassade efter konventionella material. Dessutom är en av anledningarna till att regenerativa material inte används i större utsträckning på grund av att materialen generellt har lägre mekanisk hållfasthet.

Vilken potential har regenerativa byggmaterial för återvinning och återanvändning vid slutet av byggnadens livslängd?

Det finns stor potential för återbruk och återvinning av träprodukter trots att trä idag oftast går till förbränning i större utsträckning. Trä är benägenhet att utsättas för biologiska angrepp som i sin tur påverkar kvaliteten. Dessutom spelar demonteringsprocessen en stor roll då en korrekt demontering av konstruktionsvirke har en återvinningspotential på över 50%. Bristande kompetens är en av faktorerna kring varför byggprocessen inte görs cykliskt (Persson, 2023). Detta leder i sin tur till en bristande marknad för återvinning och återanvändning. (Boverket, 2024c; Boverket, 2024d).

Återbruks och återvinningspotentialen hos hampafiberisolering beror på materialets skick i slutet av dess livscykel. En hampafiberisolering har potential att återvinnas om den är inte är kontaminerad. Återvinning för hampakalk beror det på vilken typ av kalk som produkten är tillverkad med. Används enbart luftkalk ges möjligheten att materialet kan återgå till ett biologiskt kretslopp. Luftkalk har dock nackdelar med låg hållfastighet, byggfukt och låg reaktivitet då det tar lång tid att härda.

6.2 Framtida forskningsförslag

Ett framtida forskningsförslag är att undersöka kostnadsskillnaderna mellan tillverkning och användning av regenerativa material jämfört med konventionella material. Ett sådant arbete hade kunnat belysa om det ekonomiskt sätt lönar sig att bygga med regenerativa material. Arbetet hade då kunnat inkludera alla typer av kostnader som sker under materialens livscykel. Ett annat förslag är att undersöka människans mående i byggnader där biobaserade/regenerativa material har använts. Ett tredje förslag är att undersöka byggbranschens främsta åtgärder för att uppnå ett klimatneutralt byggande och därefter ge förslag på konstruktiva lösningar på hur dessa åtgärder kan optimeras.

7 Referenser

Ammenberg,J & Hjelm, O(red.). (2013) *Miljöteknik-för en hållbar utveckling.* Upplaga 1:6. Studentlitteratur.

Andersen, J., Rasmussen, N., Rydberg, M. (2022). *Comparative life cycle assessment of cross laminated timber building and concrete building with special focus on biogenic carbon.* Energy and Buildings. Vol.254.
https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111604

Bourbia,S., Kazeoui,H., Belarbi,R. (2023) A review on recent research on bio-based building materials and their application. *Materials for Renewable and sustainable Energy* Vol.12, 117-139.
https://doi.org/10.1007/s40243-023-00234-7

Boverket (2024a) *Klimatdeklarationens omfattning*
https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/

Boverket (2024b) *Om Boverkets klimatdatabas* Hämtad: 2025-09-10
https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/

Boverket (2024c) *Återvinning av byggmaterial.* Hämtad 2025-09-27
https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/aterbruk/materialatervinning/

Boverket (2024d) *Återbruk av sammansatta byggprodukter och byggnadsdelar.* Hämtad 2025-09-27
https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/aterbruk/byggprodukter/

Boverket (2024e) *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. Hämtad: 2025-11-05
https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/

Boverket (2025a). *Utsläpp av växthusgaser från bygg och fastighetssektorn.* Hämtad: 2025-09-05
https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/

Boverket(2025b) *Fabriksbetong, husbyggnad C25/30.* Version 02.06.000. (2025-01-30) Hämtad 2025-10-09 https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/5/6000000029

Boverket(2025c) *Stenull, Fasadskiva.* Version 02.06.000. (2025-01-30) Hämtad 2025-10-09 https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/6/6000000125

Boverket (2025d) *Hampaisolering.* Version 02.06.000. (2025-01-30) Hämtad 2025-10-09 https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/6/6000000201

Boverket (2025e) *Sågat virke, u 16% Barrträ.* Version 02.06.000. (2025-01-30) Hämtad 2025-10-09 https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/11/6000000007

Braun, V & Clarke, V (2021) *Thematic analysis: A practical guide.* Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=otoYzF8AAAAJ&citation_for_view=otoYzF8AAAAJ:bEWYMUwI8FkC

Burström, P (2021) *BYGGNADSMATERIAL- Tillverkning,egenskaper och användning.* (4:e upplagan) Studentlitteratur

CÂNHAMOR (2024) Environmental Product Declaration cânhamor ECOBLOCK 30. https://www.environdec.com/library/epd14159

Ekolution AB (2023) *Environmental Product Declaration: EKOLUTION: HEMP FIBRE INSULATION.* The international EPD system. Hämtad 2025-10-05 https://cdn.prod.website-files.com/652a77c7222a1e9f8b4649eb/65d8c03f2c9017dcd2e06435_S-P-10546%20-%20EPD%20Ekolution%20Hemp%20Fibre%20Insulation%20v1.2.pdf

Erlandsson, M., Mattsson, E., Nilsson, J. (2022) Husbyggaren. *Klimatneutralt byggande på riktigt kräver negativa koldioxidutsläpp* https://www.husbyggaren.se/annons-admin/cms/api.php?table=ads&action=generate-pdf&art_id=2742&s=e4f0cd9c607635069c45cf4f337f10e3

EPD international system (2022) *Environmental performance indicators.* Hämtad 2025-11-21 https://www.environdec.com/pcr/env-perf-indic/gpi4

EPD international system (2023) *Indicators of Environmental Impac.* Hämtad:2025-11-21 https://www.environdec.com/services/environmental-performance-indicators/gpi-5/indicators-of-environmental-impact

Europeiska kommissionen (u.å) *Hampaproduktionen i EU.* Hämtad: 2026-01-21 https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_sv

Europaparlamentet (2023) *Vad betyder koldioxidneutralitet och hur kan det uppnås till år 2050.* Hämtad: 2025-10-05 https://www.europarl.europa.eu/topics/sv/article/20190926STO62270/vad-betyder-koldioxidneutralitet-och-hur-kan-det-uppnas-till-ar-2050

Fangen,K & Sellerberg, A. (2011) *Många möjliga metoder.* Upplaga 1:2. Studentlitteratur

Gripen Betongelement AB (2023) *Environmental Product Declaration: Solid precast concrete insulated wall (Half Sandwich).* The international EPD system. Hämtad 2025-10-05 https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/3bf241d0-6891-4b75-9a25-08db7e35bd3c/Data

Hansson, B., Aulin, R., Landin, A., Olander, S., Persson, U. (2021) *Byggledning PROJEKTERIN.* Upplaga 1. Studentlitteratur.

Holmgren,A & Nellerup, J. (2019*) HOW WE COLLECTIVELY DEVELOP A Climate Neutral Building and Construction Industry* https://lfm30.se/wp-content/uploads/2021/01/Local-Roadmap-LFM30-English.pdf

Honarvar, S., Golabchi,M., Ledari, M. (2022) Building circularity as a measure of sustainability in the old and modern architecture_ A case study of architecture development in the hot and dry climate. *Energy and Buildings.* Vol.275 https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112469

Jami,T., Karade, S.R., Singh, L.P. (2022) Current Trends in Applications of Cannabis/Hemp in Construktions. *Cannabis /Hemp for Sustainable Agriculture and Materials.* https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-8778-5_8#Sec19

Jami,T., Karade, S.R., Singh, L.P. (2022) Current trends in Applications of Cannabis/Hemp in construction. *Cannabis/Hemp for sustainable Agriculture and Material. Springer.* 203-237. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8778-5_8

Jordbruksverket (2006) *Hampa i ekologisk odling*. Hämtad:2025-11-19 https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo06_5.pdf

Lundahl, U & Skärvad, P (2016) *Utredningsmetodik.* Upplaga 4. Studentlitteratur

Malmö stad (2024) *Klimatneutralt byggande.* Hämtad: 2025-10-05 https://malmo.se/Stadsutveckling/Sa-utvecklar-vi-staden/Stadsplanering-och-bostader/Klimatneutralt-byggande.html

Mouton,L., Allacker,K., Röck,M. (2023) Bio-based building material solutions for environmental benefits over conventional construction products – Life cycle assessment of regenerative design strategies (1/2). *Energy and Buildings.* Vol.282 https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112767

Naturskyddsföreningen (2022) *Cement,klimat och miljö.* Hämtad 2025-10-05 https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/cement-klimat-och-miljo/

Naturvårdsverket (2025a) *Sveriges klimatmål och politiska ramverk.* Hämtad: 2025-09-05 https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/

Naturvårdsverket (2025b) *Mer krävs för att nå klimatmålen* Hämtad: 2025-09-23 https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pressmeddelanden/2025/april/mer-kravs-for-att-na-klimatmalen/

Naturvårdsverket (2025c) *Klimat och bygg-och fastighetssektorn.* Hämtad: 2025-09-15 https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/

Naturvårdsverket (2025d) *Hänsynsreglerna -kap 2.miljöbalken.* Hämtad 2025-10-01 https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/miljobalken/hansynsreglerna--kapitel-2-miljobalken/produktvalsprincipen-2-kap.-4-/

Naturvårdsverket (2025e) *Nettoutsläpp och nettoupptag av växthusgaser från markanvändning (LULUCF)*
https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-nettoutslapp-och-nettoupptag-fran-markanvandning/

Naturvårdsverket (u.å) *Hänsynsreglerna -kap 2.miljöbalken.* Hämtad 2025-10-01
https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/miljobalken/hansynsreglerna--kapitel-2-miljobalken/hushallningsprincipen-och-kretsloppsprincipen-2-kap.-5-/

Naveenkumar, M., Kumar,A.A., Preethiga,S.R., Senthilkumar, K. (2025) Regenerative and Carbon Neutral Construction: A sustainable Building Practices. *EcoTech Urbanism*
https://doi.org/10.1007/978-3-031-83833-0_9

Nazari, F & Woods.L (2025) Environmental life cycle assessment of hemp-based thermal insulation: From agricultural growth to manufacturing in the United States. *Journal of Cleaner Production. Volume 506*
https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145509

Olsson, H & Sörensen, S (2011) *FORSKNINGSPROSESSEN.* Upplaga 3. Liber

Persson, U. (2023) *Construction for a Regenerative Future.* Routledge

Regenerative Materials (u.å) *It's time to think regeneratively.* ETH zürich. Hämtad 2025-09-23
https://www.regenerativematerials.org/home#anchor

ROCKWOOL Nordics (2022) *Environmental Product Deklaration.* epd-norge. Hämtad 2025-10-05
https://www.rockwool.com/syssiteassets/o2-rockwool/dokumentation-och-certifikat/dokumentation/epd-miljoedeklaration/epdnordicsgbi-se_v4_21_03_withfacings_annex.pdf?f=20230412100154

SCB (2025) *Under första kvartalet 2025 minskade utsläppen av växthusgaser från Sveriges ekonomi, visar preliminära uppgifter från SCB.* Hämtad: 2025-10-01
https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/miljorakenskaper/pong/statistiknyhet/utslapp-till-luft-1a-kvartalet-2025/#Fotnoter

Shelly,D., Lee,S., Park,S. (2025) Hemp Fiber and its bio-Composites: A short review part II-applications and life cycle assessment. *Advanced Composites and Hybrid Materials.* Vol 8 (388) https://doi.org/10.1007/s42114-025-01414-x

SVENSKT TRÄ (2021)*2.4.3 Tillverkning av olika byggmaterial och klimatavtryck.* Hämtad: 2025-09-10 https://www.traguiden.se/konstruktion/takstolshandboken/tra-och-miljo/2.4-miljo/2.4.3-tillverkning-av-olika-byggmaterial-och-klimatavtryck/

Sveriges miljömål (2025) *Sveriges 16 miljökvalitetsmål.* Hämtad 2025-10-06 https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/

Sweden Green Building Council (2023) *NollCO_2 Nettonoll klimatpåverkan Manual 1.2.* Hämtad 2025-09-30 https://www.sgbc.se/app/uploads/2023/05/NollCO2-Manual-1.2.pdf

Sweden Green Building Council (2025a) *Om oss.* Hämtad 2025-11-20 https://www.sgbc.se/om-oss/

Sweden Green Building Council (2025b) *Miljöbyggnad 4.1.* Hämtad 2025-09-30 https://www.sgbc.se/app/uploads/2025/04/250306_MB_Nybyggnad4.1.pdf

Swedish wood (2021) *Environmental Product Declaration: Swedish sawn dried timber of spruce or pine.* The international EPD system. Hämtad 2025-10-05 https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/8d0a16a5-41dd-49e4-9fcf-08d8f8b9d146/Data

Säfsten,K & Gustavsson,M. (2021) *FORSKNINGSMETODIK: FÖR INGENJÖRER OCH ANDRA PROBLEMLÖSARE.* Upplaga 1:2. Studentlitteratur'

Wang,X., Teigland,R., Hollberg,A. (2022) Research Chalmers. *A Pathway to Climate Neutral Buildings, Defintion and Stakeholder. Understanding in Sweden and China* https://research.chalmers.se/publication/532526/file/532526_Fulltext.pdf

Yadav,M &Agarwal,M. (2021) Biobased building materials for a sustainable future: An Overview. *Materialstoday: PROCEEDINGS. Vol.43*(5), 2895-2902 https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.165

Yadav,M., Saini,A. (2022) Opportunities &challenges of hempcrete as a building material for construction: An overview. *Materialstoday: PROCEEDINGS. Vol.65(2), 2021-2028.* https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.576

8 Bilagor

Intervjufrågor

Respondent 1: Hampakalk

- Hur är hampakalk ett regenerativt material?
- Vilka möjligheter finns för att hampakalk ska användas i större utsträckning?
- Vilka utmaningar finns för att hampakalk ska användas i större utsträckning?
- Hur lönar det sig kortsiktigt och långsiktigt att integrera hampakalk i byggprojekt med tanke på dagens utmaningar?
- Hur skiljer sig klimatavtrycket hos hampakalk jämfört med alternativa konventionella material?
- I en del miljövarudeklarationer för regenerativa material framgår det att materialet binder kol och har ett negativt koldioxidupptag i början av dess livscykel, medan ett högre koldioxidvärde redovisas i slutet av dess livscykel. Vad är orsaken till denna fördelning i koldioxidutsläpp?
- Med tanke på hur resultatet i koldioxidutsläppet hos dessa material kan bli i slutet av sin livscykel, kan integrationen av regenerativa material i byggprojekt vara en effektiv eller ineffektiv åtgärd i processen mot en klimatneutral byggsektor till år 2045?
- Har hampakalk några särskilda materialegenskaper som presterar bättre än liknande konventionella material?
- Vilka materialegenskaper är de mest kritiska för hampakalk gällande dess användning i konstruktioner?
- Hur påverkas inomhusklimatet både för byggnaden och hälsan med användning av hampakalk?
- Hur lång är livslängden för hampakalk generellt jämfört med liknande konventionella material och vad påverkar livslängden?
- Hur ser återbruk och återvinning ut för hampakalk?

Respondent 2: Hampafiberisolering

- Hur är hampafiberisolering ett regenerativt material?
- Vilka möjligheter finns för att hampafiberisolering ska användas i större utsträckning?
- Vilka utmaningar finns för att hampafiberisolering ska användas i större utsträckning?
- Hur lönar det sig kortsiktigt och långsiktigt att integrera hampafiberisolering i byggprojekt med tanke på dagens utmaningar?
- Hur skiljer sig klimatavtrycket hos hampafiberisolering jämfört med alternativa konventionella material?
- I en del miljövarudeklarationer för regenerativa material framgår det att materialet binder kol och har ett negativt koldioxidupptag i början av dess livscykel, medan ett högre koldioxidvärde redovisas i slutet av dess livscykel. Vad är orsaken till denna fördelning i koldioxidutsläpp?
- Med tanke på hur resultatet i koldioxidutsläppet hos dessa material kan bli i slutet av sin livscykel, kan integrationen av regenerativa material i byggprojekt vara en effektiv eller ineffektiv åtgärd i processen mot en klimatneutral byggsektor till år 2045?
- Har hampafiberisolering några särskilda materialegenskaper som presterar bättre än liknande konventionella material?
- Vilka materialegenskaper är de mest kritiska för hampafiberisolering gällande dess användning i konstruktioner?
- Hur påverkas inomhusklimatet både för byggnaden och hälsan med användning av hampafiberisolering?
- Hur lång är livslängden för hampafiberisolering generellt jämfört med liknande konventionella material och vad påverkar livslängden?
- Hur ser återbruk och återvinning ut för hampafiberisolering

Respondent 3, 4 & 5: Trä

- Hur är trä ett regenerativt material?
- Vilka möjligheter finns för att trä ska användas i större utsträckning?
- Vilka utmaningar finns för att trä ska användas i större utsträckning?
- Med de givna utmaningarna; Hur lönar det sig på både kort och lång sikt att integrera större mängder trä i byggprojekt?
- Hur skiljer sig klimatavtrycket hos trä jämfört med alternativa konventionella material?
- I en del miljövarudeklarationer för regenerativa material framgår det att materialet binder kol och har ett negativt koldioxidupptag i början av dess livscykel, medan ett högre koldioxidvärde redovisas i slutet av dess livscykel. Vad är orsaken till denna fördelning i koldioxidutsläpp?
- Med tanke på hur resultatet i koldioxidutsläppet hos dessa material kan bli i slutet av sin livscykel, kan integrationen av regenerativa material i byggprojekt vara en effektiv eller ineffektiv åtgärd i processen mot ett klimatneutralt byggande?
- Har trä några särskilda materialegenskaper som presterar bättre än alternativa konventionella material?
- Vilka materialegenskaper är de mest kritiska för trä gällande dess användning i konstruktioner?
- Hur lång är livslängden för träkonstruktioner jämfört med liknande konventionella material och vad påverkar dess livslängd?
- Hur ser återvinning och återbruk ut för materialet i slutet av dess livscykel?