



UPPSALA
UNIVERSITET

ISRN UTH-INGUTB-EX-B-2023/004-SE

Examensarbete 15 hp

Juni 2023

Återbruk av betong i Främre Boländerna

Från rivningsmaterial till användbara betongelement

Liam Ilklic
Alexander Zumaeta



UPPSALA
UNIVERSITET

Reuse of concrete in Främre Boländerna

Liam Ilkilic
Alexander Zumaeta

Abstract

Greenhouse gas emissions drive climate change, posing a global challenge with serious consequences ranging from glacial melting to societal disruptions. Sweden has introduced a climate policy framework to achieve climate neutrality by year 2045, with the construction and real estate sector accounting for about 21 percent of total greenhouse gas emissions. Concrete, despite its long history and versatility, significantly contributes to the climate crisis. The problem is serious where a circular construction sector and concrete reuse can reduce the carbon footprint and contribute to Sweden's environmental goals. The study focuses on today's challenges with concrete's extensive climate impact and the insufficient reuse of older concrete buildings and strives to identify solutions for the reuse of concrete walls. Real estate companies Castellum and Vectura, along with consulting firm Bjerking, lead a reuse project for circular construction in Främre Boländerna. The properties of concrete, including its compressive strength, vary depending on the area of use, ranging from general building structures to commercial and industrial buildings. Previous research has shown that there is great potential for reuse, but also many challenges. The report's methodology includes interviews with six respondents, three field visits, compressive strength tests of concrete samples, and an extensive literature review, all to answer the study's purpose and problem. The interview study indicates that there are several challenges with reuse and the concrete samples show suitable compressive strength values for reuse with approved crack creation. The study's conclusions show that the concrete from Främre Boländerna can be used for general structures like homes and parks, but not for commercial buildings that require a load-bearing building frame. The main challenges identified in the study are intermediate storage, economic factors, legal issues, lack of standards and guidelines, reuse depots, and logistical problems. Despite these challenges, future opportunities appear promising.

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten

Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala

Handledare: Maria Nylander Ämnesgranskare: Gustav Ahlford

Examinator: Petra Pertoft

Sammanfattning

Växthusgasutsläpp driver klimatförändringar, vilket utgör en global utmaning med allvarliga konsekvenser som sträcker sig från glaciärsmältning till samhällsstörningar. Sverige har infört ett klimatpolitiskt ramverk för att uppnå klimatneutralitet till år 2045, med bygg- och fastighetssektorn stående för cirka 21 procent av totala växthusgasutsläpp. Betong, trots sin långa historia och mångsidighet, bidrar betydligt till klimatkrisen. Problemet är allvarligt där cirkulär byggsektor och betongåterbruk är nödvändigt för att minska klimatavtrycket och bidra till Sveriges miljömål. Studien fokuserar på dagens utmaningar med betongens omfattande klimatpåverkan och det otillräckliga återbruket av äldre betongbyggnader samt strävar efter att identifiera lösningar för återbruk av betongväggar.

Fastighetsbolagen Castellum och Vectura, tillsammans med konsultföretaget Bjerking, leder ett återbruksprojekt för cirkulärt byggande i Främre Boländerna. Betongens egenskaper, inklusive dess tryckhållfasthet, varierar beroende på användningsområdet, vilket sträcker sig från allmänna byggnadskonstruktioner till kommersiella och industriella byggnader. Tidigare forskning har visat att det finns en stor potential för återbruk, men även många utmaningar. Rapportens metodik inkluderar intervjuer med sex respondenter, tre studiebesök, tryckhållfasthetstester på betongprover och en omfattande litteraturoversikt, allt för att besvara studiens syfte och problemställning.

Intervjustudien indikerar att det finns flera utmaningar med återbruk och betongproverna uppvisar lämpliga tryckhållfasthetsvärden för återbruk med godkänd sprickbildning. Studiens slutsatser visar att betongen från Främre Boländerna kan användas för allmänna konstruktioner som bostäder och parker, men inte för kommersiella byggnader som kräver bärande byggnadsstomme. De främsta utmaningar som identifierades i studien är: mellanlagring, ekonomiska faktorer, juridiska frågor, brist på standarder och riktlinjer, återbruksdepåer och logistikproblem. Trots dessa utmaningar framstår framtida möjligheter som lovande.

Nyckelord: betong, bjerking, castellum, cirkulär ekonomi, cirkulärt byggande, främre boländerna, grön betong, hållbart byggande, karbonatisering, klimatförbättrad betong, tryckhållfasthet, vectura, återanvändning, återbruk.

Förord

Detta examensarbete utgör det avslutande momentet för Högskoleingenjörsutbildningen i Byggteknik vid Uppsala universitet. Arbetet innefattar 15 högskolepoäng och har utförts under perioden mars till juni 2023, med huvudfokus på implementeringen av återbruk i Främre Boländerna.

Ett uppriktigt tack riktas till ämnesgranskare Gustav Ahlford på Uppsala universitet och handledare Maria Nylander på Bjerking samt Michael Lundblad på Castellum. Tacksamhet uttrycks även till examinator Petra Pertoft på Uppsala universitet. Vidare tackas Bjerking, Castellum och Vectura för att ha gett möjligheten att skriva examensarbetet i samarbete med dem. Vi är väldigt tacksamma över alla respondenter i intervjustudien, som generöst delat med sig av sina erfarenheter och insikter. Slutligen riktas ett särskilt tack till David Nilsson för möjligheten att observera arbetsprocessen i laboratoriet. Detta arbete hade inte varit möjligt utan den expertis och engagemang som alla dessa individer och organisationer bidragit med, och tacksamhet uttrycks för deras hjälp och stöd under den akademiska resan.

Uppsala juni 2023

Liam Ilkic och Alexander Zumaeta

Ansvarsfördelning i Rapporten. Siffrorna motsvarar kapitel och avsnitt i rapporten.

Ansvarsfördelning	Liam	Alexander
<i>Stort bidragande</i>	1.3, 1.4, 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6.4, 2.7, 2.7.1, 2.7.2, 2.7.3, 3.1, 3.4, 3.5, 3.6, 3.6.1, 3.6.2, 4.1, 5.1, 5.2.3	1.1, 1.2, 2.2, 2.6, 2.6.1, 2.6.2, 3.2, 3.7, 5.2.2
<i>Mindre bidragande</i>	1.1, 2.6.1, 2.6.2, 3.2	2.7.1, 3.6.1, 3.6.2, 4.1
<i>Lika mycket bidragande</i>	1.5, 1.6, 2.7.4, 2.8, 3.2.1, 3.2.2, 3.3, 4.2, 4.3, 5.2, 5.2.1, 5.3, 5.4, 6.0, 6.1.	

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Samarbeten i rapporten	2
1.3	Problembeskrivning	2
1.4	Syfte	2
1.5	Frågeställningar	2
1.6	Avgränsningar	2
2	LITTERATURÖVERSIKT	4
2.1	Förhållandet mellan frågeställningar och teorin	4
2.2	Återbruk definition	4
2.3	Stadsutveckling i Främre Boländerna, Uppsala	5
2.3.1	Historiska utvecklingen mellan år 1866 och 2020	5
2.3.2	Aktuella läget för området	6
2.3.3	Castellums fastigheter i området	7
2.3.4	Vectura fastigheter i området	9
2.4	Castellums återbruksrutin	10
2.4.1	Återbruksrutin med byggdel på fastigheten	11
2.4.2	Återbruksrutin utan byggdel på fastigheten	12
2.5	Cirkulär ekonomi	13
2.5.1	Cirkulärt byggande - CCBuild	14
2.5.2	Cirkulär användning av betong	15
2.6	Betongens tillverkningsprocess	16
2.6.1	Platsgjuten- och prefabricerad betong	17
2.6.2	Karbonatisering av betong	18
2.6.3	Betongkvalitet – Tryckhållfasthet	19
2.7	Återbruk i dagsläget – Tidigare forskning	19
2.7.1	Utmaningar	19
2.7.2	Möjligheter	20
2.7.3	Tidigare examensarbeten	22
2.7.4	Handslaget - Samarbete stärker cirkulärt byggande	22
2.8	Litteratursammanfattning	23
3	METOD OCH GENOMFÖRANDE	24
3.1	Undersökningsmetod	24
3.2	Intervjustudie	26
3.2.1	Urval av respondenter	26

3.2.2	Transkribering	27
3.2.3	Etik i intervjustudien	27
3.3	Tryckhållfasthetstest på betongprov från Främre Boländerna	27
3.4	Studiebesök.....	30
3.5	Litteraturoversikt	31
3.6	Validitet och reliabilitet	32
4	RESULTAT	34
4.1	Gemensamma intervjufrågor – Del: 1,2,4 och 5	34
4.1.1	Del 1: Bakgrund och erfarenhet	34
4.1.2	Del 2: Återbruk av betong.....	36
4.1.3	Del 4: Framtida utveckling och samarbete.....	39
4.1.4	Del 5: Avslutning	42
4.2	Yrkesspecifika intervjufrågor – Del 3: Utmaningar och möjligheter.....	43
4.2.1	Landskapsarkitekt.....	43
4.2.2	Miljö- och återbrukssamordnare	43
4.2.3	Konstruktör.....	44
4.2.4	Projektchef Castellum	45
4.2.5	Stomentreprenör	46
4.2.6	Affärsområdeschef	47
4.3	Tryckhållfasthetstest på betongprover från betongväggar.....	48
5	ANALYS OCH DISKUSSION	50
5.1	Gemensamma intervjufrågor	50
5.2	Yrkesspecifika intervjufrågor	52
5.2.1	Utmaningar och möjligheter med återbruk av betongelement.....	53
5.2.2	Användning av återbrukade betongväggar i Främre Boländerna.....	55
5.3	Tryckhållfasthetsanalys på betongprover	56
5.4	Metoddiskussion.....	56
6	SLUTSATSER.....	60
6.1	Förslag på fortsatt forskning.....	61
7	REFERENSER.....	62

BILAGOR

Bilaga 1: Gemensamma intervjufrågor

Bilaga 2: Yrkesspecifika intervjufrågor

Bilaga 3: Castellum återbruksrutin *med* byggdel

Bilaga 4: Castellum återbruksrutin *utan* byggdel

Bilaga 5: Ljudinspelningsprogrammet Audacity

Bilaga 6: Provkropp från ett fläktrum, Märstagatan 2 (Fastighet Turbinen 9:1)

Bilaga 7: Provkropp från en husvägg, Säbygatan 5 (Fastighet Spänningen 10:1)

Bilaga 8: Relationshandlingar för Turbinen 9:1 och Spänningen 10:1

Tabellförteckning

Tabell 2.1: Olika principdefinitioner för en cirkulär ekonomi mellan olika journaler i Europa.	14
Tabell 3.1: Respondenter för intervjun och deras bakgrund inom byggsektorn.....	26
Tabell 3.2: Studiebesökens förhållande mellan studiens enskilda frågeställningar.....	30
Tabell 4.1: Respondenters bakgrund och erfarenhet. Tabellen fortsätter på nästa sida.....	34
Tabell 4.2: Sammanfattning av respondenters tankar om de cirkulära aspekterna.	36
Tabell 4.3: Hur cirkulärt byggande kan påverka yrkesrollernas framtid.	41
Tabell 4.4: Respondenternas svar på eventuella tankar som missats under intervjustudien.	42
Tabell 4.5: Cylindriska provkropparnas radie och tvärsnittsarean.	48
Tabell 4.6: Maximala Brottslast F för provkropparna.	48
Tabell 5.1: För och nackdelar med återbruk av betong. X=Yrkesrollernas svar om deras åsikter.....	51
Tabell 5.2: Respondenternas roller i förhållande till frågeställningarna.	52
Tabell 5.3: Felkällor och förklaring varför det är en felkälla..	59

Figurförteckning

Figur 2.1: Förhållandet mellan frågeställningarna och teorin i litteraturöversikt.....	4
Figur 2.2: Historisk karta över Främre Boländerna, Uppsala	5
Figur 2.3: Främre Boländernas utveckling mellan 1955-1967 och 2018-2020.....	6
Figur 2.4: Illustrationsplan över framtida Främre Boländerna	6
Figur 2.5: Castellums projekttid för kvarteret Traktorn 11:1	7
Figur 2.6: Castellums projekttid för kvarteret Turbinen 9:1.....	8
Figur 2.7: Vecturas projekttid för kvarteret Spänningen 10:1	9
Figur 2.8: Vecturas projekttid för kvarteret Strömbrytaren 10:4:9.....	10
Figur 2.9: CCBuilds hållbarhets trappa för cirkulärt byggande.	15
Figur 2.10: Händelseförloppet för cementets tillverkning.	17
Figur 2.11: En övergripande karbonatiseringsprocess för armering i betong.	18
Figur 2.12: Plattenbalast, Berlin - Paviljong.	20
Figur 2.13: Andra användningsområden för återbrukad platsgjuten betong än bostäder/kontor	21
Figur 2.14: Utomhusmöbler av betong.....	22
Figur 3.1: Explorativ Sekventiell Design.....	24
Figur 3.2: Arbetsprocess för studien.....	25
Figur 3.3: Illustration över håltagning av betong för provkroppar.....	28
Figur 3.4: Kapning av provkroppar.....	28
Figur 3.5: Tryckpress för provkroppar.....	29
Figur 3.6: Brottbilder hos cylinderprovkroppar.	29
Figur 4.1: Karakteristiska mönstret av sprickor som uppstått under belastning.	49
Figur 5.1: Svar kring utmaningar av återbruk från respondenterna.	53
Figur 5.2: Identiska svar runt utmaningar mellan respondenternas svar och tidigare forskning.....	54
Figur 5.3: Andel projekt som Castellum har återbrukat 2022.	55

OBS! Tillstånd för användning av illustrationer i figur 2.9 och 2.10 har tillhandahållits från CCbuild och Heidelberg Materials.

Definitionslista

Avsiktsförklaring

Ett icke-bindande dokument som uttrycker en avsikt att agera.

Cirkulär ekonomi

Ekonomisk modell som minimerar avfall genom att maximera återbruk av resurser.

Cirkulärt byggande

Koncept att designa byggnader för demontering och återbruk av komponenter.

Deponi

Avfallshantering genom att placera avfall i marken, med riktlinjer för att skydda hälsa och miljö.

Karbonatisering

Absorption av koldioxid av olika material eller ämnen.

Portlandcement

Annat ord för vanligt cement.

Tryckhållfasthet

Mått på hur mycket kompressionstryck ett material kan stå emot.

Återbruk

Att använda en produkt igen utan att behöva modifiera produkten.

Återvinning

Omvandling av avfall till nya material och objekt.

1 INTRODUKTION

Detta kapitel presenterar projektets bakgrund med övergripande information om klimatpåverkan, byggindustrin och betong, samarbeten, problembeskrivning, syftet, frågeställningar och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Klimatfrågan är en global utmaning som bidrar till ökning av världens genomsnittstemperatur vilket är en av de mest allvarliga effekterna av klimatförändringarna. En ökning av genomsnittstemperaturen är i följd av höga utsläpp av växthusgaser där konsekvenser orsakar smältning i glaciärer och översvämningar. Således är utsläppsminskning nödvändigt [1]. Senaste rapporten från Förenta nationernas mellanstatliga panel för klimatförändringar, IPCC visar riskerna med klimatförändringen om jordens temperatur fortsätter öka [2]. Förutom störningar i världshaven och i glaciärerna påverkas samhällets alla hörn. Det blir vanligare med extremväder, vissa platser kan komma att drabbas av torka medan andra av nederbörd som i sin tur leder till försämrad livsmedelsproduktion. Forskning påvisar att ekonomiska störningar är en konsekvens av detta, och fattigare länder påverkas redan, samt kommer att drabbas ännu svårare än övriga. Klimatförändringen kommer inte bara att förvärra befintlig fattigdom, utan även skapa ny. Således kan emigration i länder som påverkas av den negativa klimatutvecklingen bli aktuell [3].

Sverige antog år 2017 ett klimatpolitiskt ramverk som täcker ett klimatmål, klimatlag och ett klimatpolitiskt råd för att uppnå det långsiktiga målet att bli klimatneutralt år 2045 och i framtiden uppnå negativa utsläpp. Sveriges insatser att uppfylla Parisavtalet är starkt beroende av ramverket som utgör en viktig komponent. Parisavtalet är Europas långsiktiga strategi att minska utsläppen [4]. År 2020 stod bygg- och fastighetindustrin för 9,8 miljoner ton koldioxidkvivalenter som utgör 21 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. Byggindustrin utgör den större delen av växthusgasutsläpp i Sverige och står inför en omfattande utmaning att behöva minska sin klimatpåverkan [5].

Betongens användning som byggmaterial kan spåras tillbaka till tidiga civilisationer som Egypten, Grekland och Rom och inte förrän 1800-talet i samband med stålarmring moderniserades betongen [6], [7]. Betong är idag ett självklart val för sina egenskaper och mångsidighet, men dess klimatpåverkan och föroreningar fortsätter öka [8]. Dagens generella lösningar som användning av återvunnen och krossad betong för att ersätta delar av cement- och ballast i nya konstruktioner, samt ökad användning av koldioxidbindande byggmaterial är av stor betydelse för att minska byggindustrins klimatavtryck [9], [10]. En rad rapporter har utforskat utmaningar och möjligheter med återbruk av betong. En dansk studie belyste betydande svårigheter som behöver övervinnas för återbruk, medan schweizisk forskning indikerade att det trots allt är genomförbart [11], [12]. Återbruk är även väsentligt för att minska byggindustrins klimatpåverkan [13]. Med återbruk reduceras miljöeffekterna från betong betydligt och är steget i rätt riktning mot Sveriges och EU:s klimatmål 2030 [14].

1.2 Samarbeten i rapporten

Denna studie representerar ett samarbete mellan konsultföretaget Bjerking och fastighetsbolagen Castellum och Vectura Fastigheter i syfte att möta utmaningar inom bygg- och fastighetsindustrin och bidra till en hållbar framtid. Fokus ligger på återbruk av betongväggar inom projektet Främre Boländerna. Bjerking, med lång erfarenhet och expertis inom byggkonsultation och tekniska lösningar, bidrar genom att säkerställa att betongelementen återbrukas på ett säkert och effektivt sätt. Fastighetsbolagen Castellum och Vectura bidrar med sin kunskap inom fastighetsutveckling, förvaltning och investeringar för att skapa optimala förutsättningar för att implementera återbruket av betongelement i sina byggprojekt på Främre Boländerna. Samarbetet mellan de tre aktörerna innebär en möjlighet att kombinera resurser och expertis för att driva en positiv förändring inom branschen och Främre Boländerna.

1.3 Problembeskrivning

Betong är världens mest använda byggmaterial, och dess omfattande användning medför också en betydande klimatpåverkan [15]. Det finns flera utmaningar för effektivt återbruk av äldre byggnader där betongelement transporteras till deponi i stället för återbruk [16]. Bjerking, Castellum och Vecturas vision om en mer miljövänlig byggsektor har en direkt koppling till hur återbruk kan genomföras inför nybyggnation. Sverige behöver omprioritera betonghanteringen av byggnader som skall demonteras. I stället för att betongen blir avfall behöver återbruk vara det främsta valet vid demontering för att Sverige ska nå de långsiktiga hållbarhetsmålen. Studiens undersöker potentialen för återbruk av betongväggar i Främre Boländerna, men samtidigt försöker motarbeta den negativa trenden inom byggsektorn.

1.4 Syfte

Rapportens syfte är att öka kunskapen och belysa utmaningar och möjligheter med återbruk för byggsektorn. Studien avser att undersöka återbruk av betongväggar i Främre Boländerna, Uppsala i syfte att minska avfallsmängden och utsläppen av koldioxid.

1.5 Frågeställningar

- Vilka utmaningar och möjligheter, både allmänna och tekniska, är förknippade med återbruk av prefabricerade och platsgjutna betongelement inom byggsektorn?
- Hur kan Främre Boländerna återbruka betongväggar?

1.6 Avgränsningar

Denna studie omfattar betongens möjligheter om återbruk i Främre Boländerna men även generellt för byggsektorn. Avgränsningarna för studien är följande:

- Endast Vecturas och Castellums fastigheter kommer att beaktas i Främre Boländerna.
- Trä- och stålelement beaktas inte förutom armeringsstålet i betong.
- Hållfasthetsteorin kommer att begränsas till enbart tryckhållfasthetstest och en enstaka intervju.
- Hållfasthetsteorin berör endast väggelement. Andra betongelement som bjälklag och fundament anses vara omfattande för den givna tidsramen.

Examensarbete i byggteknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement

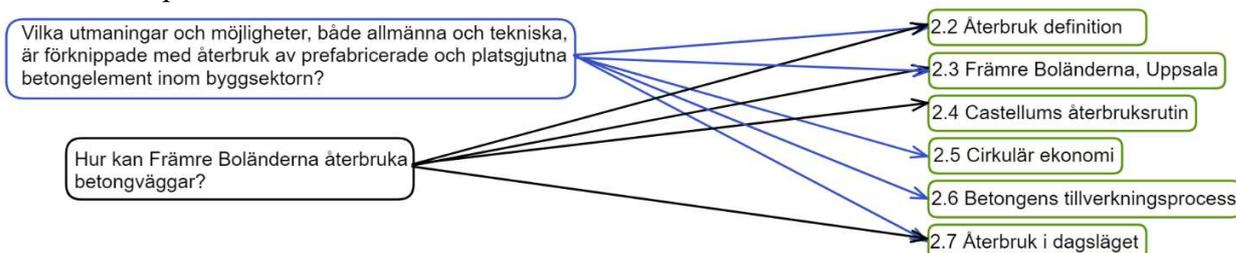
- Väggen som betongproverna tas ifrån är 125 och 145 mm tjocka.
- Studien redovisar inte en klimatjämförelse mellan nyttillverkad och återbrukad betongelement.
- Ekonomisk lönsamhetsanalys för återbruk kommer inte att delges i studien.

2 LITTERATURÖVERSIKT

Detta kapitel presenterar projektets grundläggande teoribeskrivningar som omfattar: definition av återbruk, Främre Boländerna Uppsala, cirkulär ekonomi och dess delar, betongegenskaper, Castellums rutiner för återbruk och om vad dagens forskning säger om återbruk.

2.1 Förhållandet mellan frågeställningar och teorin

I figur 2.1 redovisas hur varje frågeställning förhåller sig till enskilda teoriområden som behandlas under teorikapitlet.



Figur 2.1: Förhållandet mellan frågeställningarna och teorin i litteraturöversikten indelat i färger.

Frågeställningarna är beroende av i princip alla områden som berörs i teorikapitlet. Detta eftersom kombinationen ger en tydlig helhetsbild av flera möjligheter och utmaningar som finns kring återbruk av betongelement. Läsaren får en grundläggande förståelse för betongens egenskaper, vilka rutiner som existerar angående återbruk och dess väsentlighet i en cirkulär ekonomi och byggsektor.

2.2 Återbruk definition

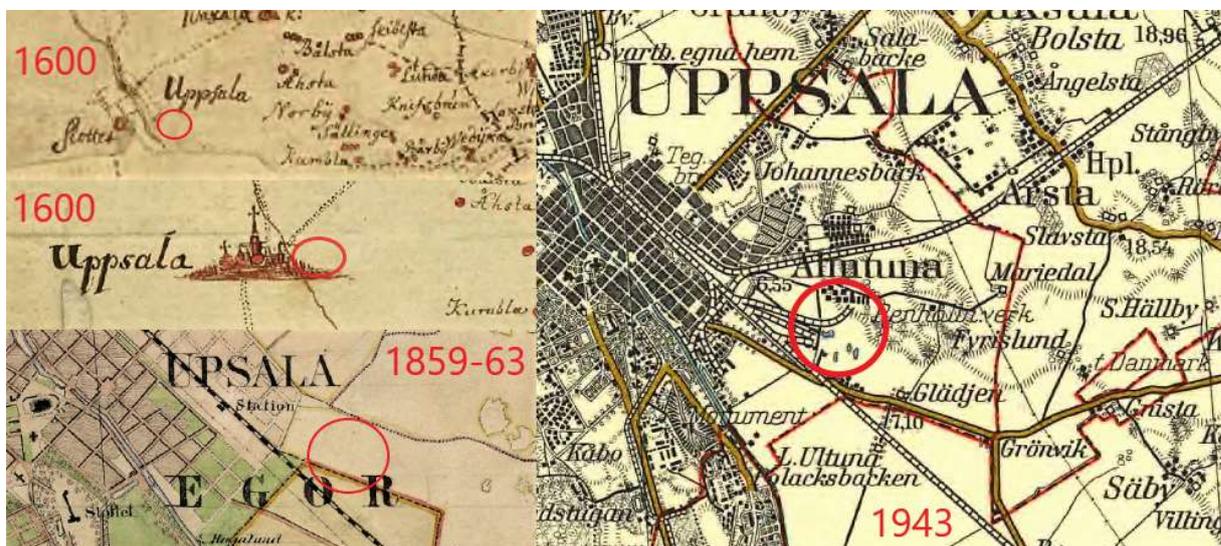
Återbruk innebär att använda befintliga produkter eller föremål på ett sätt som ger dem längre livslängd och reducerar avfallsmängden. Genom att använda en produkt eller ett föremål i liknande syfte som den var avsedd till från början minskar behovet av att producera nya produkter och därmed sparas naturresurser. Fördelarna med återbruk är många: mindre avfall, minskad miljöpåverkan från avfallshantering och växthusgasutsläpp samt behovet av att utvinna råmaterial vilket påverkar exploateringen av icke- förnybara resurser positivt [17].

Fördelen förutom miljöaspekten kan vara kostnads- och energibesparingar eftersom produktion av en ny produkt oftast kräver energi och resurser [17]. Det krävs däremot noggranna analyser för att identifiera möjligheterna med återbrukad betong kopplat till farliga ämnen [18]. Analysprocessen för betongen som skall återbrukas är densamma som för återvunnen betong som inkluderar bland annat visuell inspektion, fysiska tester, miljöpåverkansbedömningar och kornstorleksfördelnings- och kemiska analyser för att testa betongens återbruksmöjlighet. Farliga ämnen som sexvärdigt krom och tungmetaller har en negativ påverkan på betongen som begränsar dess möjlighet [19]. Med hänsyn till analyserna kan återbrukad betong användas på ett ansvarsfullt och effektivt sätt.

2.3 Stadsutveckling i Främre Boländerna, Uppsala

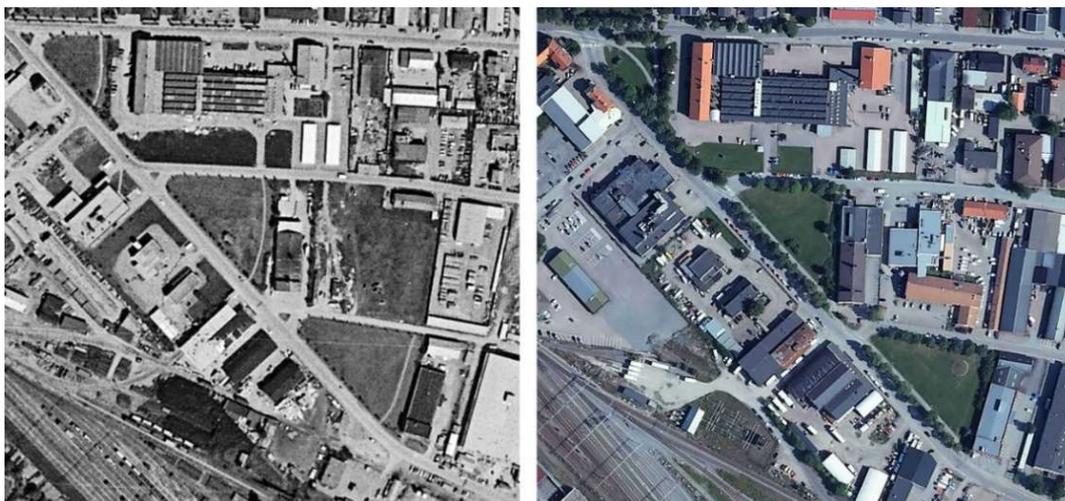
2.3.1 Historiska utvecklingen mellan år 1866 och 2020

Innan industrialiseringen kom till Uppsala runt år 1866 var Främre Boländerna huvudsakligen jordbruksmark och ängsmarker utanför Uppsalas stadskärna (markerat i en rödcirkel), se figur 2.2 [20]. Kartbilderna från Uppsalas arkiv visar hur Främre Boländerna inte har upplevt några stora förändringar från 1600-talet till 1860 som med introduktionen av industrialismen förändras. Från att vara ett obefolkat område vars främsta funktion var att förse staden med livsmedel expanderades och industrialiserades Främre Boländerna stegvis i början på 1900-talet. Främre Boländerna erbjöd utrymme för att bygga fabriker och infrastruktur där järnvägar runt 1940-talet tog riktning mot området och med det började omvandlingen, från jordbruksmark till den väl etablerade företagsmötesplats idag. Området fick en alltmer central roll i stadens trafiksystem, särskilt när det omfattar järnvägar [21].



Figur 2.2: Uppsala och Främre Boländerna utveckling från 1600-talet till 1943. Främre Boländerna är markerat med en röd cirkel och årtalen är utskrivna på lämplig plats [21].

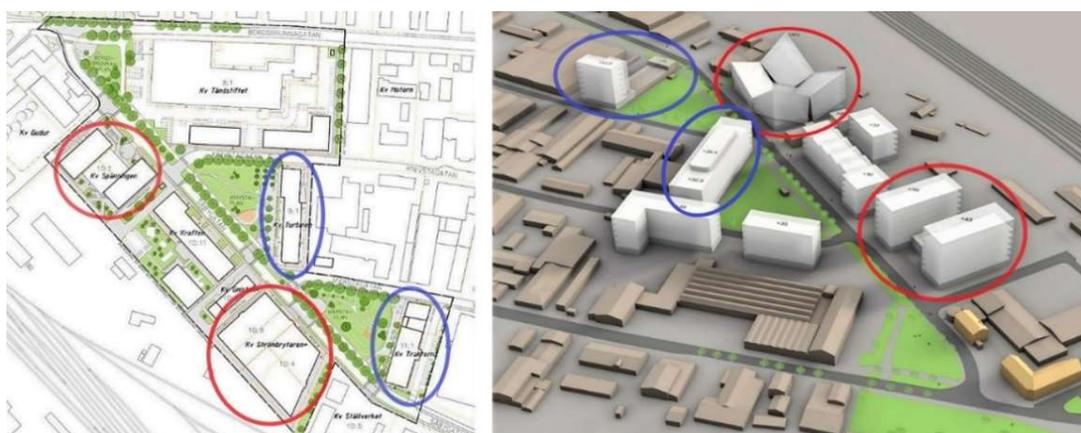
Under senare delen av 1950-talet och i början av 2000-talet förändrades Främre Boländerna alltmer. Industrier och företagsverksamhet etablerades i området, se figur 2.3, och det blev en viktig arbetsplats för många invånare i Uppsala. Flera av de tidigare industrierna och fabrikerna lades ner eller flyttades till andra platser, vilket skapade utrymme för nya verksamheter.



Figur 2.3: Främre Boländerna cirka 70 års utveckling. Till vänster mellan 1955–1967. Till höger mellan 2018–2020 [22].

2.3.2 Aktuella läget för området

Området Främre Boländerna i Uppsala genomgår för närvarande en omfattande förändring som beaktar lokala näringslivet och främjar dess utveckling i centrala Uppsala [23]. Figur 2.4 visar framtida visionen för Främre Boländerna. Det är ett tätt samarbete mellan flera aktörer bland annat Uppsala kommun, handelskammaren och fastighetsbolagen *Castellum* och *Vectura*. Röd markerade fastigheterna tillhör Vectura och de blå tillhör Castellum. Tillväxten av området omfattar cirka 85 000 kvadratmeter bruttoarea och ska ämna integration med innerstaden genom att skapa aktiva entréplan och bevara områdets grönska. Områdets ändamål är att skapa platser för etablerade företag och internationella aktörer för att driva på framåtandan och kunskapsutvecklingen. I nuläget bedrivs företagsverksamhet i Främre Boländerna och visionen är att fortsätta i det spåret, att fokusera på företagen. Från ett näringslivsperspektiv säkerställs det att företagen framöver kan bibehålla och utveckla sina verksamheter där området kommer att inneha tydlig struktur av kvarter, parker, gator och torg. Innerstadsstrategin, en del av Uppsalas aktuella översiktsplan syftar till att expandera innerstaden där Främre Boländerna har en betydande roll [23].



Figur 2.4: Illustrationsplan över Främre Boländerna. En översiktlig bild av hur området kan komma att se ut. Till vänster vy uppifrån. Till höger vy från norr mot söder. Inringade röda fastigheter tillhör Vectura och blåa tillhör Castellum [23].

2.3.3 Castellums fastigheter i området

Kvarteret Traktorn 11:1

Längs Säbygatan och Märstagatan uppfördes i mitten av 1900-talet en tegelfasadbyggnad i munkförband, en distinkt takfot och en regelbunden fönstersättning som ger en klassisk och välkomnande atmosfär. Figur 2.5 visar hur denna fastighet kommer att utvecklas till en långsmal fastighet med glasfasad. Den nya byggnaden gränsar mot Märstaplan med åtkomst från både Märstagatan och Säbygatan och över nollplanet kommer den högsta punkten att vara cirka 44 meter hög i den norra delen av byggnaden. Den befintliga lägre tegelbyggnaden i södra delen är karaktäristisk, (markerat i rött) som kan användas för småskalig produktion eller laboratorium. Det finns möjlighet till mindre kompletteringar med varsamhetsbestämmelser för att bevara karaktären. Planerad verksamhet kommer att omfatta bland annat kontor, laboratorium och produktion för en stor variation av företag [23].



Figur 2.5: Befintliga byggnad övre bild. Castellums projektidé för ny bebyggelse inom Boländerna nedre bild. Vy från Märstagatan med Märstaplan i förgrunden. Rött markerar södra delen av området där tegelbyggnaden troligtvis kommer följa med till nyproduktionen. Observera att det är en illustration och att slutresultatet kan komma att ändras [23].

Kvarteret Turbinen 9:1

Den nyare industri- och kontorsbebyggelsen i figur 2.6 på Boländerna 9:1 har kulturmiljövärden enligt en inventering från år 2003. Det finns liknande byggnader inom mellersta Boländerna, bland annat vid Bolandsskolan och längs Verkstadsgatan. Nya byggnationen ligger vid kvarteret Turbinen och gränsar till Knivstaplan. Fastigheten är långsmal och erbjuder åtkomst från två olika riktningar. Byggnadshöjden är på cirka 39 meter över nollplanet och fastigheten erbjuder möjlighet för blandad användning, inklusive kontor, centrumverksamhet, laboratorium, produktion och hälsovård [23].



Figur 2.6: Befintlig byggnad övre bild. Castellums projektidé för ny bebyggelse inom Boländerna nedre bild. Vy från Säbygatan med Knivstaplan i förgrunden. Observera att det är en illustration och att slutresultatet kan komma att ändras [23].

2.3.4 Vectura fastigheter i området

I mitten av år 2022 förvärvade Vectura fastigheter om totalt ca 40 000 kvadratmeter i Främre Boländerna från Rosendals Fastigheter och Stiffler Holding [24]. Beteckningarna för fastigheterna är 10:1, 10:4:9 vilket är markerat i rött i figur 2.4. Vecturas ambition med fastigheterna är att fokusera på livsvetenskap som innebär ett brett vetenskapligt fält där organismer och biologiska processer studeras. Målet med detta är att i slutändan kunna förbättra människors hälsa [25].

Spänningen 10:1

För kvarteret Spänningen längst nordväst mot Östunagatan väntar en stor utveckling. I den översta bilden till vänster i figur 2.7 visas den tidigare verksamhet i byggnaden som bestod av Actic Gym. Byggnaden kommer att utvecklas till en 44 meter hög byggnad över nollplanet med glaspaneler runtom. Motivet bakom höjden är det centrala läget, nära centrum och anslutning till Bergsbrunnaplan. Det kommer finnas en entrébyggnad med takterrass och utvändiga trappor till och från gatuplanet. Huvudverksamheten som kommer bedrivas där är kontor, laboratorium och högteknologisk produktion men även möjlighet för restaurang och hotell [23].



Figur 2.7: Befintlig byggnad bild övre vänstra hörnet. Rosendals Fastigheters projektidé för ny bebyggelse inom Boländerna nedre och högra bild. Vy vänstra bild från Bangården i söder, vy högra bild från Bergsbrunnaplan mot Säbygatan. Observera att det är en illustration och att slutresultatet kan komma att ändras [23].

Strömbrytaren 10:4:9

Kvarteret Strömbrytaren längst Säbygatan, se figur 2.8 visar i övre bilden dåvarande verksamhet i byggnaden som bestod av hälsa och rehabilitering samt en bygggrossist. Även här kommer kommande fastighet att utvecklas till en 44 meter hög byggnad över nollplanet. Motivet bakom höjden är det centrala läget, fungerar som ett landmärke och mitt emellan parkerna Märstaplan och Knivstaplan. Nya området kommer att ha verksamheter som inte är publika eller utåtriktade och i södra delen av 10:4 tillåts enbart lager och parkering. Det synliga södra hörnet bör utformas med omsorg och kvalitet på grund av kvarterets läge och synlighet för resenärer som anländer med tåg [23].



Figur 2.8: Befintlig byggnad övre bild. Stiffers Holding volymstudier för ny bebyggelse inom Boländerna 10:4 och 10:9 nedre bild. Fågelperspektiv över Märstaplan mot bangården. Observera att det är en illustration och att slutresultatet kan komma att ändras [23], [26].

2.4 Castellums återbruksrutin

Castellum grundades år 1993 med sitt huvudkontor i Göteborg och är Sveriges största börsnoterade fastighetsbolag [27]. Deras uppgifter består mestadels av att förvalta kommersiella fastigheter. Castellums ambition är att bidra med estetiska hållbara arbetsmiljöer och stadsmiljöer och leda kampen mot en minskad klimatpåverkan på samhället genom fokus på innovation och hållbart byggande. Främsta målen för företaget är att återbruka i alla projekt från och med år 2022, nå klimatneutralitet senast 2030 och använda sig av 100 procent icke fossil energi. Castellum har flera tunga internationella hållbarhetsutmärkelser: det enda nordiska fastighets- och byggbolag invalt i Dow Jones Sustainability Index, DJSI, samt utsett till ”världens mest hållbara kontorsutvecklare” för sjätte året i rad av Global Real Estate Sustainability, GRESB Benchmark [27].

I bilaga 3 och 4 presenteras Castellums återbruksrutin, där det betonas att återbruk av råmaterial bör bli en viktig del av alla företagens projekt fram till år 2030. Detta medför att byggnadsmaterial i dess olika former borde återbrukas i största möjliga mån. För att uppnå detta mål är det viktigt att återbruk införlivas i ett tidigt skede av projektprocessen genom att engagera hyresgäster, utforma förfrågningsunderlag och anlita entreprenörer på ett sådant sätt att återbruk främjas och prioriteras. Castellums övergripande återbruksprocess består av fem steg:

1. **Bevarad på plats:** Byggmaterialet behålls inom projektet och demonteras inte. Således minskas avfall.
2. **Återbrukad i projektet:** Byggmaterialet de- och återmonteras i projektet och rekonditioneras vid behov, antingen på samma plats eller en ny.

3. **Återbrukad inom organisationen:** Byggmaterialet demonteras och överlämnas för återbruk i andra Castellumprojekt eller för framtida behov. Rekonditionering sker inom det framtida projektets ram.
4. **Återbrukad extern av annan aktör:** Byggmaterialet demonteras och avyttras externt, med rekonditionering under den nya ägarens ansvar.
5. **Avfallshanterad:** Byggmaterialet demonteras och överlämnas till avfallshantering utan krav på aktsamhet.

För att möjliggöra ett effektivt återbruk finns det ett tydligt krav ställt från Castellum. Från år 2022 ska en återbruksinventering utföras i alla framtida projekt av en person med relevant erfarenhet och materialkunskap. Personen kan antingen härstamma från Castellums egen personalstyrka eller utifrån extern hjälp. Det digitala verktyget CCBUILD används för att inventera och synliggöra vilket material som finns tillgängligt. Resultatet av samtliga inventeringar samlas sedan i detta system som erhålls från Svenska Miljöinstitutet IVL. Systemet möjliggör att allt material finns tillgängligt på en gemensam plattform vilket underlättar tillgången till materialet. Castellums återbruksrutin är indelad i två områden:

- Återbruksprocess vid ombyggnation eller nybyggnation **med** byggdel som ska rivras på fastigheten.
- Återbruksprocess vid nybyggnation **utan** byggdel som ska rivras på fastigheten.

2.4.1 Återbruksrutin med byggdel på fastigheten

I detta område presenteras bilaga 3 vilket är den rutin som bör följas när återbruk ska genomföras för en byggnation som involverar rivning av byggdel på fastigheten:

1. **Återbruksinventera:** För optimering av återbruk i projektet, skaffa tidigt en översikt över tillgängliga material i fastigheten. Planera återbruksinventering vid händelse av avflyttning eller rivning och involvera projektledare, uthyrare och kommersiella förvaltare för bästa resultat. Inventering kan utföras internt eller med hjälp av en återbrukskonsult: mindre projekt kan använda CastWeb's Guide för återbruksinventering, medan större projekt bör anlita en återbrukskonsult.
2. **Plan för återbruk:** Tidigt fastställer projektgruppen ett projektspecifikt mål som baseras på det demonterade och återbrukade materialet i projektet. Hyresgästen bör inkluderas om möjligt och projektmål sätts på till exempel materialprocent, CO2-besparing eller en särskild återbrukad produkt.
3. **Designa och projektera med återbruk:** Det projekteras flexibla lösningar för en enkel demontering och val av hållbara- och estetiska material. Planering av utformning, materialval och montage metoder genomförs med ett långsiktigt förvaltningsperspektiv. Det bör baseras på önskat och tillgängligt återbrukat material, oavsett var materialet finns.
4. **Upphandling:** Vid entreprenörsupphandling ska återbruksförutsättningar specificeras i förfrågningsunderlaget. Återbruksmål, material, ansvarsområden och garantier skall anges

och entreprenören bör lämna en återbruksrapport. Rapporten ska innehålla allt använt material, mängd, källor och levereras två veckor innan slutbesiktning. Om BIM-ritningar är nödvändiga, markeras inbyggt återbrukat material i dessa.

5. **Demontering/rivning:** Rivnings- eller demonteringsfirma ska genomföra demontering av återbruksmaterialet. I upphandlingen ska det inkluderas demontering, paketering och transport samt specifikation om vilka material som ska demonteras. Materialet bör paketeras och märkas före transport.
6. **Hantering av demonterat material:** Det demonterade materialet placeras antingen i lager eller försäljs via CCBuids marknadsplats eller hos en samarbetspartner. Om materialet återbrukas i samma byggnad, överväg när lagring kan ske lokalt. Vid förflyttning mellan Castellums fastigheter krävs en mellanhand för en korrekt ekonomisk redovisning och även där kan Castellums ramavtalade återbrukskonsulter bidra med stöd.
7. **Bygga in återbrukat material:** Inbyggnad av återbrukat material sker enligt planering. Rumsbeskrivningar och ritningar ska markera var inbyggda återbruksmaterial finns. Uppdatera även CCBuid och återbruksrapporten vid materialanvändning. För projekt med loggbok, registrera återbrukade material i BVB som ”egen produkt”.
8. **Följa upp och erfarenhets återföra:** Ifall entreprenören ansvarar för återbruk processen, ska de lämna in en återbruksrapport två veckor före slutbesiktning. Därefter uppdateras CCBuid med slutlig status för återbruksmaterialet och rapporten exporteras. Sedan arkiveras rapporten i Castellums fastighetsportal.
9. **Förvaltning och garantier:** Hantering och säkerställning av kvaliteten på återbrukade materialet genom hela livscykeln, inklusive garantier och förvaltning.

2.4.2 Återbruksrutin utan byggdel på fastigheten

I detta område presenteras bilaga 4 den rutin som bör följas när återbruk skall genomföras för en byggnation som involverar rivning utan byggdel på fastigheten. När återbruk genomförs utan byggdel kommer vissa steg från tidigare område inte att vara aktuellt:

1. **Plan för återbruk:** Tidigt fastställer projektgruppen ett projektspecifikt mål som baseras på det demonterade och återbrukade materialet i projektet. Hyresgästen bör inkluderas om möjligt och projektmål sätts på till exempel materialprocent, CO₂-besparning eller en särskild återbrukat produkt.
2. **Designa och projektera med återbruk:** Det projekteras flexibla lösningar för en enkel demontering och val av hållbara- och estetiska material. Planering av utformning, materialval och montage metoder genomförs med ett långsiktigt förvaltningsperspektiv. Det bör baseras på önskat och tillgängligt återbrukat material, oavsett var materialet finns.
3. **Upphandling:** Vid entreprenörsupphandling ska återbruksförutsättningar specificeras i förfrågningsunderlaget. Återbruksmål, material, ansvarsområden och garantier skall anges och entreprenören bör lämna en återbruksrapport. Rapporten ska innehålla allt använt material, kvantiteter- och källor och levereras två veckor innan slutbesiktning. Om BIM-

ritningar är nödvändiga, markeras inbyggt återbrukat material i dessa.

4. **Bygga in återbrukat material:** Inbyggnad av återbrukat material sker enligt planering. Rumsbeskrivningar och ritningar ska markera var inbyggda återbruksmaterial finns. Uppdatera även CCBUILD och återbruksrapporten vid materialanvändning. För projekt med loggbok, registrera återbrukade material i BVB som ”egen produkt”.
5. **Följa upp och erfarenhets återföra:** Ifall entreprenören ansvarar för återbruksprocessen, ska de lämna in en återbruksrapport två veckor före slutbesiktning. Därefter uppdateras CCBUILD med slutlig status för återbruksmaterialet och rapporten exporteras. Sedan arkiveras rapporten i Castellums fastighetsportal.
6. **Förvaltning och garantier:** Hantering och säkerställning av kvaliteten på återbrukade materialet genom hela livscykeln, inklusive garantier och förvaltning.

Återbruksrutinen är identisk för båda områdena. Det som skiljer sig är att återbruk utan byggdel har en kortare rutin än återbruk med byggdel på fastigheten. Castellums rutin för återbruk är rutinen som kommer att användas för Castellums fastigheter medan Vectura använder sig av en egen rutin i Främre Boländerna. Den rutinen kommer däremot inte att presenteras.

2.5 Cirkulär ekonomi

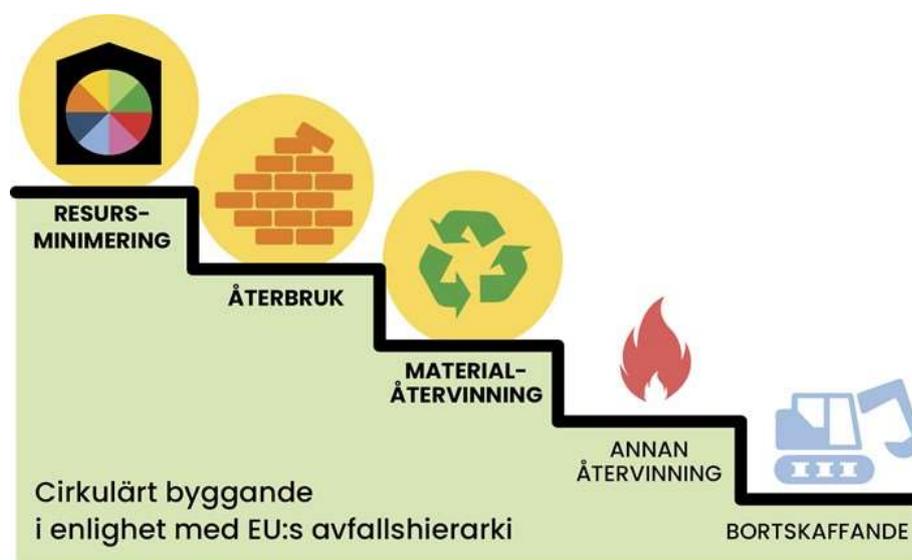
Cirkulär ekonomi kan innebära flera saker eftersom definitionen inte är tydligt fastställd [28]. Ellen MacArthur Stiftelsen som utvecklar idén om cirkulär ekonomi definierar begreppet som ett system som ständigt förnyar och bevarar de ekonomiska, naturliga och sociala kapital genom effektivisering av produkter och material. Ramverket hanterar de globala utmaningarna med hänsyn till tre grundläggande principer: eliminera avfall, cirkulera produkter/material och regenerera naturen [29]. Den Europeiska kommissionen menar i nya cirkulära ekonomiska handlingsplanen, CEAP att cirkulär ekonomi är ett system där värdet på produkter, material och resurser kvarstannar i ekonomin i den mån det är möjligt och att avfall minimeras [30]. Det påpekas även att återbruk av betong är ett steg i rätt riktning mot en mer cirkulär ekonomi [14]. Mer lokalt definierar den svenska regeringen cirkulär ekonomi som ett sätt att minska resursanvändningen och således minimera klimat- och miljöpåverkan [31]. Oavsett skillnad i definitionerna delar de samma uppfattning: att främja en hållbar och resurseffektiv ekonomi. Likaså formulering kring principerna för en cirkulär ekonomi kan variera. Tabell 2.1 redovisar hur olika artiklar i journaler definierar principerna för en cirkulär ekonomi. Oavsett om det är tre eller tio princip definitioner för cirkulär ekonomi, delas samma mål mellan artiklarna i journalerna. Att arbeta mot EU:s och Storbritanniens klimatmål år 2050 [32], [33].

Tabell 2.1: Olika principdefinitioner för en cirkulär ekonomi mellan olika journaler i Europa.

Artikel	Cleaner Production [34]	Resources, Conservation and Recycling [35]	Sustainable Production and Consumption [36]
Princip			
Princip 1	Stänga kretsar för att förhindra minskning av naturkapital.	Stänga resurskretsar.	Fördelaktiga ömsesidiga flöden av resurser mellan naturen och samhället.
Princip 2	Användning av förnybar energi och materialflöden.	Återanvändning och återvinning av produkter och material.	Minska och koppla loss resursanvändning
Princip 3	Förstärka rollen för mångfald i motståndskraftiga och produktiva system.	Energivinning från avfall.	Design för cirkularitet.
Princip 4	-	-	Cirkulära affärsmodeller för att integrera ett flerdimensionellt värde.
Princip 5	-	-	Omvandla konsumtionen.
Princip 6	-	-	Medborgardeltagande i hållbara övergångar.
Princip 7	-	-	Samordnad deltagande och förändring på flera nivåer.
Princip 8	-	-	Mobilisera mångfald för att utveckla en mångfald av cirkulära ekonomilösningar.
Princip 9	-	-	Politisk ekonomi för flerdimensionellt välstånd.
Princip 10	-	-	Helhetssystembedömning.

2.5.1 Cirkulärt byggande - CCBuild

En byggnad som utvecklas, används och återbruks utan onödig resursanvändning, miljöförorening och ekosystemförstöring kan definieras som cirkulärt byggande. Det byggs på ett ekonomiskt ansvarsfullt sätt och bidrar till välbefinnandet hos människor, miljö och samhället [37]. Cirkulärt byggande är en väsentlig del av cirkulära ekonomin för främjandet av en hållbar framtid och minskning av byggsektorns negativa miljöpåverkan [38], [39]. Det traditionella linjära ekonomiska systemet är inte hållbart, särskilt inom byggsektorn som står för en betydande del av världens resursförbrukning och avfallsgenerering [40]. Svenska regeringen gav år 2022 i uppdrag till Boverket att utveckla arbetet med omställningen i byggsektorn för att nå Sveriges miljö- och klimatmål [41]. Detta är ett steg mot förbättring av Sveriges cirkulära resursanvändning som i nuläget är på 3,4 procent, i jämförelse är det globala genomsnittet på cirka 8,6 procent [42]. Inom byggsektorn finns Centrum för Cirkulärt byggande, CCBuild som är en mötesplats för över 100 aktörer kring cirkulärt byggande. Organisationens arbetssätt med cirkulära lösningar utgår från tre principer: resursminimering, fortsatt användning (återbruk) och öka återvinning av material [43]. I figur 2.9 redovisas dessa tre principer uppdelade i fem trappsteg.



Figur 2.9: CCBuilds hållbarhetstrappa som redogör vilka principer organisationen använder sig av angående cirkulära lösningar för ett cirkulärt byggande [43].

2.5.2 Cirkulär användning av betong

För att minimera den stora miljöpåverkan som byggsektorn medför finns det olika typer av betong som kan användas. Det finns flera definitioner för att beskriva vad cirkulär betong är. Definitionerna kan även överlappa varandra och kan i vissa sammanhang innebära samma sak. De mest förekommande cirkulära varianterna är: grön betong och klimatförbättrad betong [44], [45].

Grön Betong

Grön betong utgör en viktig del av arbetet mot klimatmålen [46] och kan ha olika definitioner men kan avgränsas som betong där återvunnet avfallsmaterial är inkluderat i en eller flera av dess beståndsdelar, har en produktionsprocess som inte skadar miljön och/eller har en hög livscykelhållbarhet [47]. För att uppnå hållbart byggande är implementeringen av grön betong ett viktigt alternativ för byggsektorn eftersom betong är materialet som används mest i konstruktioner [48]. En ökad förbrukning av betong i framtiden kommer leda till en stor minskning av planetens naturliga resurser, således behövs grön betong för att möta framtidens behov samtidigt som naturens resurser bevaras [49]. Däremot finns det flera utmaningar med att inkorporera grön betong [50]:

- Utveckling av branschstandarder för implementering.
- Utveckling av databaser som kan vägleda tillverkningen och användning på arbetsplatser.
- Utöka förståelsen kring reaktionsmekanismer för grön betong.
- Förbättrad karakterisering av olika komplexa gröna betongkombinationer i flytande och fast fas.

Utöver utmaningarna rekommenderas det att praktisk och vidare utbildning för anställda i byggsektorn bör ges för ökad medvetenhet om fördelarna med grön betong. Forskningskluster för specifikt grön betong bör bildas för att kontinuerligt främja innovationer och metoder för framtiden av cirkulär användning av betong. Slutligen uppmuntras utveckling av bästa praxis för en hållbar byggsektor och att det finns kostnadseffektiva tekniker för karakterisering särskilt för utvecklingsländer där forskningen och utvecklingen är begränsad [50].

Klimatförbättrad Betong

Denna typ av betong optimeras vid tillverkningen för att kunna reducera dess klimatpåverkan. Betongens sammansättning använder alternativa material och tekniker för att minimera utsläppen under produktionen [45]. Med korrekta åtgärder inom optimeringsskedet kan betongen minska sitt utsläpp med minst tio procent i jämförelse med en standardbetong. Optimeringsåtgärder innebär bland annat: råvaror, transporter och hur tillverkningsprocessen genomförs. I stället för cementklinker som bindemedel kan flygaska och slagg som är restprodukter från andra verksamheter användas som bindemedel för minskat utsläpp. Däremot begränsas detta tillvägagångssätt med regelverken som styr hur stor andel cement kan ersättas på grund av faktorer som påverkas av bindemedlet. Dessa är bland annat: frostbeständighet, uttorkningstid och gjutning. Således ses detta över inom Europa och Sverige för att tillåta en utökad användning av ersättande bindemedel. Utöver denna begränsning styr projektets förutsättningar vilka bindemedel som kan användas specifikt för det projektet och därmed kan cementklinker fortsatt ha en betydande roll en tid framåt [45].

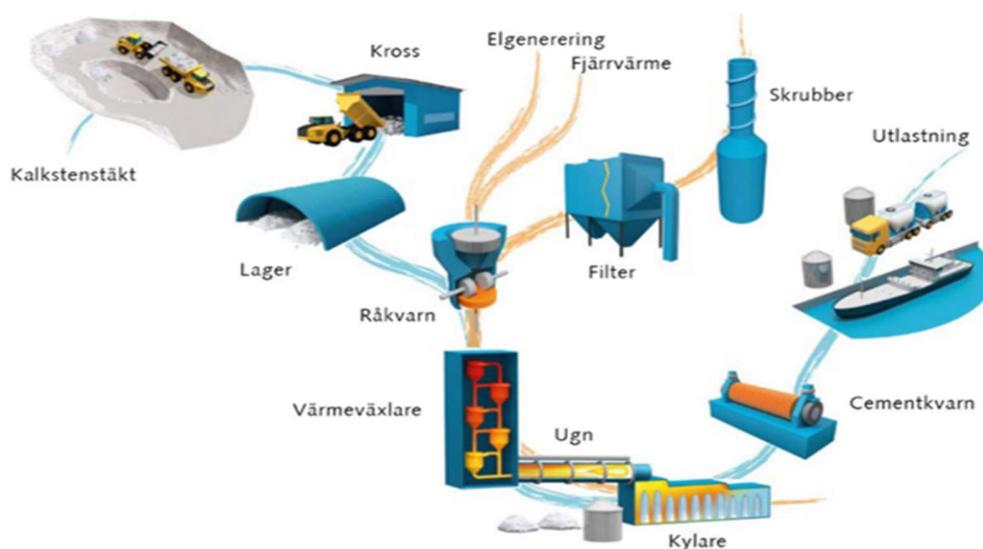
2.6 Betongens tillverkningsprocess

Betong är ett av de mest använda byggnadsmaterialen globalt [15]. Det finns en mängd olika tillämpningsområden såsom bostäder, vägar, hamnar och andra infrastrukturer. För att tillverka betong blandas cement ballast och vatten där betongens egenskaper bestäms av förhållandet mellan vattnet och portlandcement. Portlandcement även känt som cement är ett hydrauliskt bindemedel som innebär att det stelnar när det blandas med vatten som är en del av härdningsprocessen. Egenskaperna i betongen bestäms även av cementtypen och ballastens struktur. I modern betong används tillsatsmedel för att ge betongen önskade eller förstärkta egenskaper [51].

Portlandcement, även känt som vanligt cement har fått sitt namn efter Portlandkanalen i England på grund av dess liknande färg i förhållande till portlandstenen. Uppfinnarna Joseph Aspdin och James Parker patenterade blandningen år 1824 och inte förrän år 1871 började tillverkningen av portlandcementet i Sverige förverkligas. Efter andra världskriget fick portlandcementet även en större betydelse för att kunna möta samhällets komplexa behov där den inhemska cementtillverkningen fördubblades fram till 1970 talet [52].

Cement är en nyckelkomponent i betongproduktion och framställs från kalksten [53]. Figur 2.10 redovisar händelseförloppet för cementutvinning. Inledningsvis utvinns kalkstenen i stenbrott, sprängs och bryts ned för att sedan transporteras till fabriken för kross. Därefter blandas materialet noggrant i lagret för att uppnå en jämn kvalitet. I råkvarnen tillsätts kisel i form av sand till mjölet och torkas upp. Vidare transporteras det finmalda pulvret genom ett högeffektivt elektrofilter där avgaserna från tillverkningsprocessen separeras. Svavelutsläppen renas med hjälp av den malda kalkstenen och vatten i en skrubber för att neutralisera och binda svaveldioxiden (SO₂) som finns i rökgaserna. Resultatet av denna reaktion är gips (kalciumsulfat), som kan återbrukas i cementtillverkningsprocessen eller i andra industrier. I nästa skede sker det förkalcinering av det fina mjölet i en värmväxlare som förutsätter att kalciumkarbonat delar upp sig i koldioxid och kalciumoxid. Efter detta steg förs materialet in i en roterande ugn där materialet når temperaturer upp till 1450 grader Celsius. Här bildar mjölet små kulor, kallade klinker. Klinkern transporteras sedan till en kylare där den kyls ned med hjälp av luft och efter kylningen skickas klinkern till en cementkvarn. I cementkvarnen mals klinkerkulorna ned till cement, varefter de lastas för transport

till kund [53]. Vid tillverkning av betong frigörs stora mängder koldioxid. Enbart cementproduktionen står för åtta procent av de totala årliga utsläppen på över tre miljarder ton växthusgaser [54].



Figur 2.10: Händelseförloppet för cementets produktion visas steg för steg i figuren från att kalksten utvinns som råmaterial till att det transporteras vidare för betongarbeten [53].

2.6.1 Platsgjuten- och prefabricerad betong

Det finns två huvudsakliga metoder som används när betong tillverkas, platsgjuten- och prefabricerad betong. Båda metoder är effektiva och det är inte ovanligt att dessa två metoder kombineras inom samma projekt för att uppnå det mest gynnsamma resultat [55].

Platsgjuten betong

Processen inleds med att en form konstrueras på byggarbetsplatsen för att hålla betongen på plats under härdningsprocessen. Härfter placeras nät- eller lösarmering i formen. Fabrikstillverkad betong, som består av cement, ballast, vatten och övriga tillsatser, levereras sedan med lastbilar till byggarbetsplatsen och hålls i de armerade formarna. Betongen utsätts därefter för vibrationer för att skapa en jämn yta. Under denna process är det viktigt att vibrationerna inte är för intensiva eller för svaga, eftersom extrem vibration kan orsaka separation av komponenterna, medan otillräcklig vibration kan hindra betongen från att bli tillräckligt kompakt [56]. Efter att betongen har hällts i formen, måste den härda innan formen tas bort. Tid för härdningen varierar beroende på väderförhållanden, betongblandning, placering samt metoder [57]. Denna process tar vanligtvis längre tid och kräver mer arbetskraft jämfört med prefabricerad betong, men den är mer lämplig för projekt där anpassningsförmåga och flexibilitet är viktiga faktorer, till exempel när det gäller möjligheten att integrera installationer i stommen [58].

Prefabricerad betong

Först skapas en form utformad efter det önskade betongelementets dimensioner. I formen placeras förspänd armering på ett sådant sätt att den följer elementets konturer. Armeringen ger betongen ytterligare styrka och stabilitet och när formen är klar hålls betongen i och jämnas ut [59], [60]. I prefabricerad betong finns hålrum i elementet. Håldäck bidrar till kostnadseffektivitet och

materialsålhet med god bärkraft hos betongelementet [61]. Prefabricerad betong monteras med hjälp av kranar och utrustning som finns på byggarbetsplatsen, betongelementet placeras sedan på rätt plats och ansluts till befintliga konstruktioner med hjälp av fästelement. Elementen säkras sedan på plats med hjälp av fästen eller genom gjutning av betong runt elementen. Det är viktigt att följa tillverkarens anvisningar för montering för att säkerställa korrekt installation av byggverket [62], [63], [64].

2.6.2 Karbonatisering av betong

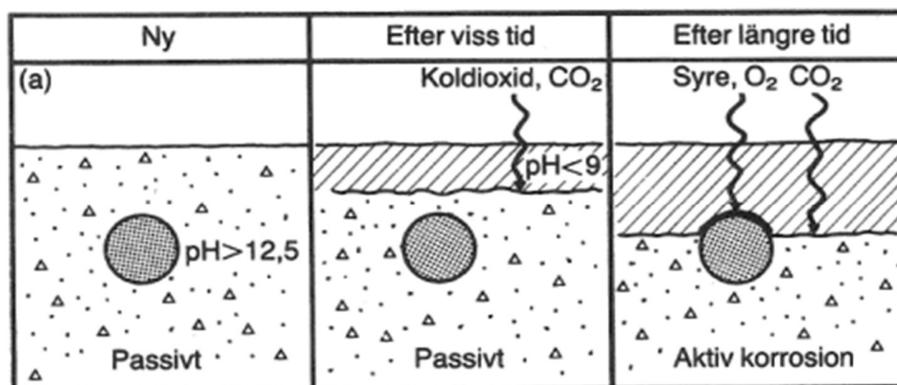
Karbonatisering är en långsam och jämn process som naturligt sker under betongens hela livslängd [65]. Karbonatisering av betong har både en positiv och en negativ effekt. Den positiva effekten med karbonatisering är att exponerat riven betong agerar som en koldioxidsänka [66]. Den negativa effekten är att armeringen i betongen kan förlora rostskyddet vid karbonatiseringen, därmed påverkas betongkonstruktionens tekniska livslängd [67].

Karbonatisering riven betong

Karbonatisering i exponerad och riven betong bidrar till koldioxidlagring genom att koldioxid från atmosfären tränger in i betongens porer och reagerar med kalciumhydroxid som bildar kalciumkarbonat, således minskas pH-värdet [67]. Denna process är önskvärd för att minska växthusgasutsläppet, vilket ses som en fördel gällande karbonatisering av betong. Ronny Andersson, forsknings- och innovationschef på Heidelberg Materials menar att, genom att dela upp krossad betong i olika segment som sedan utsätts för luft kan karbonatiseringsprocessen förbättras. Det kan även bidra till permanent reduktion av koldioxidmängden i atmosfären [66].

Karbonatisering armering

Armeringsjärn är en central komponent i betong och stärker dess hållfasthet och hållbarhet genom att bidra till betongens motståndskraft mot olika belastningar som tryck-, drag- och skärkrafter [60]. Minskning i betongens pH-värde orsakar korrosion av armeringsjärnet, som ger upphov till sprickor i betongstrukturen [67]. Karbonatiseringsprocessen redovisas i figur 2.11. För att skydda armeringsjärnet behövs ett pH-värde mellan 12 och 13, vilket skapar en passiverande miljö [68]. Passivering innebär att en metallyta täcks av ett tunt skyddande skikt, ofta en oxid. När atmosfäriska gaser tränger igenom betongen minskar pH-värdet, vilket leder till korrosion och försämrade mekaniska egenskaper hos armeringen. Detta speglar korroderad betongs negativa sida [69].



Figur 2.11: En övergripande karbonatiseringsprocess för armering i betong under en viss tid. Illustrationen visar hur pH-värdet influerar armeringens rostskydd som orsakar korrosion [69].

För att skydda betongen är det viktigt att använda rätt betongsammansättning, skyddande ytor eller vattenavvisande impregneringsmedel [70]. Det är ett enkelt och kostnadseffektivt sätt att motverka korrosion av betong som orsakas av vatten och klor [71].

2.6.3 Betongkvalitet – Tryckhållfasthet

Betongens tryckhållfasthet skiljer sig beroende på användningsområdet. För allmänna konstruktioner, såsom bostäder, skolor och offentliga parker, varierar tryckhållfastheten vanligtvis mellan 15 och 30 MPa. Emellertid, för kommersiella och industriella konstruktioner, vilka inkluderar företagsverksamhet, butikslokaler och hotellanläggningar - vilket är relevant för Främre Boländerna enligt avsnitt 2.3 - överstiger tryckhållfastheten oftast 28 MPa. I vissa specifika fall kan betong med en tryckhållfasthet över 70 MPa användas [72], [73].

2.7 Återbruk i dagsläget – Tidigare forskning

2.7.1 Utmaningar

Det finns flera utmaningar med att implementera återbrukad betong för små och stora byggprojekt där utmaningarna varierar mellan platsgjuten och prefabricerat betong. White arkitekter påpekade i sin rapport att på grund av det komplicerade arbetet och de långa transporter som krävs är det svårt att återbruka platsgjuten betong. Därmed kan det tänkas att det är bäst att bibehålla platsgjuten betong i sin ursprungliga form och inte såga itu betongen. Prefabricerade betongelement är enklare att återbruka men den begränsar möjligheterna för en ny design [74]. Förändringar i prefabricerad betong är komplexa eftersom den är utformad för ett specifikt syfte och är inte lika flexibel som platsgjuten betong [75].

År 2021 genomfördes en studie i Asien som förklarar att implementeringen av återbrukad betong är väsentligt för hållbarheten men att det inte sker på en tillräckligt stor skala i flera länder [16]. En kvalitativ semistrukturerad intervju genomfördes med femton erfarna kandidater med en lång bakgrund inom byggsektorn. Analysen visade att det existerar tretton huvudsakliga utmaningar med att återbruka betong i byggnader. De främsta utmaningarna bland dessa tretton i studien är:

- Ökad projekttid.
- Brist på nationella återbruksprogram.
- Brist på heltäckande regler och lagstiftning
- Ökade projektkostnader.
- Låg efterfrågan på återbrukad betong.
- Låg kostnadseffektivitet för betongåterbruk.
- Ökade transportkostnader.

Några av dessa utmaningar nämns även i en annan studie avseende återbruk. Punkt fyra, fem och delvis tre är identiska med en studie i Danmark utförd år 2019 som redovisar ytterligare utmaningar med återbruk i listan på sida 20 [11]. Metoden för studien bestod av en tvärvetenskaplig och flexibel designprocess som undersökte hur återbrukat byggavfall kunde inorporeras i nya projekt. Aktörer från olika forskningsgrupper, specialistkonsulter, konstruktörer, installationsingenjörer och många andra samarbetade för att definiera det mest optimala sättet att återbruka byggavfall. Det krävdes en god uppfattning om det återbrukade materialets tekniska egenskaper, hållbarhet, farliga ämnen, tidigare användning och dess miljöpåverkan innan det kunde användas igen. Slutsatsen utifrån alla

utmaningar är att återbruk är mer komplicerat än tidigare befarat. En drivande faktor till att utmaningarna existerar är att studenter inte utbildas tillräckligt eller saknar utbildning inom återbruk och att yrkespersoner saknar erfarenhet [11]. De tretton utmaningar enligt studien är:

- Brist på data om tillgänglighet, mängd, kvalitet och källor.
- Designers har sällan utbildning i återbruk av byggavfall.
- Brist på efterfrågan från allmänheten.
- Otillräcklig infrastruktur för insamling, sortering och bearbetning.
- Otillräckliga demonteringsprocedurer.
- Förorening av sekundära resurser.
- Instabila egenskaper hos återbrukat material.
- Brist på materialcertifiering.
- Svår identifiering av materialets innehåll.
- Tvivelaktig estetik på materialet.
- Högre kostnader för konstruktion och icke-standardiserade processer.
- Högre komplexitet vid demontering jämfört med standardrivning.
- Ekonomiska, miljömässiga och sociala faktorer.

Möjlighet att använda återbrukat material grundas på flera faktorer. Dessa inkluderar regionens förmåga att hantera återbruk, kvaliteten på transport och infrastruktur samt miljömässiga faktorer såsom föroreningar. Energiförbrukning och vattenanvändning under hela materialhanteringen är också av betydelse. Dessutom spelar återbrukade materials påverkan på människors hälsa en viktig roll. Här är farliga ämnen som asbest och krom viktigt att undersöka. Ekonomiska aspekter, inklusive landets ekonomiska tillväxt, efterfrågan på återbrukat material, ekonomiska incitament och materialkostnader har också en stor betydelse. Slutligen påverkas användningen av återbrukat byggmaterial av sociala faktorer som individuellt beteende och vanor, miljömedvetenhet, samhällets uppfattning och engagemang från både myndigheter och allmänheten [11].

2.7.2 Möjligheter

Från institutet för bevarande och modernisering av byggnader vid Tekniska Universitetet i Berlin genomfördes en småskalig preliminär studie år 2008, benämnd som ett pilotprojekt om återbruk för småskaliga byggnader [76]. Figur 2.12 visar husprototypen där tretton prefabricerade betongpaneler återbrukades från ett demonterat bostadsområde. Proceduren för att omvandla panelerna till användbara element bestod av: hållfasthetstester, rengöring, skärning, borrar och fogning [11].



Figur 2.12: Plattenbalast, Berlin. Bearbetning av demonterade komponenter med betongsåg. Prototypens färdigställande vid universitetet i Berlin och plats efter förflyttning [11], [76].

I en annan studie från Schweiz i journalen Cleaner Production från år 2022, redovisas att återbruk av betongelement sker kontinuerligt och att det redan finns en lång historia med framgångsrika utkomster när det gäller miljöpåverkan och kostnader [12]. Studien redovisar 77 fall där både prefabricerade och platsgjutet betongelement har återbrukats i praktiken. Av dessa 77 fall är 14 relaterade till återbruk av platsgjuten betong. Angående återbruk av platsgjuten betong skiljer det sig från prefabricerat på grund av dess monolitiska karaktär, saknad av tydliga anslutningar och en högt anpassad produktion. Således kan det anses vara mer komplext att använda för vissa tillämpningar. Studien redovisar att i ett fall i Sverige, Linköping under 1990-talet återbrukades 1850 ton platsgjuten betong i form av väggar, bjälklag och fundament till ett lägenhetskomplex [12], [77]. Det behöver däremot inte alltid återbrukas för bostadsändamål. I figur 2.13 redovisas hur återbrukat platsgjutet betongelement kan användas för bland annat en gångbro, parkeringsbeläggning, för stöd till pelare, för en utställningspaviljong och/eller en utställningsbyggnad.



Figur 2.13: Andra användningsområden för återbrukat platsgjuten betong än bostäder/kontor. **Bild a)** Väggar och grundplattor omvandlad till ett förspänt betongblock i en gångbro. **Bild b)** Motsvarar husplattor omvandlad till parkeringsplattor. **Bild c)** Visar hur nya punktfundament byggs med stödjande betongblock med tillägg av nya armeringsjärn för en pelare. **Bild d)** Visar användning av stora monolitiska betongelement för utställningspaviljong och husprototyp [12].

I figur 2.14 visas olika tillämpningar av betong i utomhusmiljön. År 2017 undersökte universitet i Indonesien utveckling av modulära utomhusmöbler av betong för offentliga parker och presenterade innovativa lösningar [78]. I Nederländerna genomfördes år 2019 även en studie av två studenter där de använde sig av återbrukat betong för att skapa ett schackset utomhus [79].

Slutsatsen var att användning av betong är fördelaktigt på grund av ökad användarutbyte som är lämpligt i offentlig miljö.



Figur 2.14: Utomhusmöbler av betong i Indonesien(vänster) och ett schackset Nederländerna (höger) [78], [79].

2.7.3 Tidigare examensarbeten

Det har genomförts flera examensarbeten kring återbruk i Sverige och runt om i Europa. Ett arbete från Kungliga Tekniska Högskolan, KTH i Sverige har kommit fram till att stommaterial har höga konstruktionskrav vilket bidrar till en mer komplicerad återbruksprocess. Det påpekas att det saknas tydliga standardprovningar för kontroll av stommaterialets hållbarhet och att tillgången till material är bristande [80]. Från Lunds Tekniska Högskola menas det att ämnet återbruk är relativt nytt och mer specialiserade arbetsroller behövs för att klara av utmaningarna och bidra till utvecklingen av återbruk [81]. Två examensarbeten från Luleås tekniska universitet behandlar återbruk av betongpelare och betongstommar hos byggnader [82], [83]. Rapporternas slutsatser var att återbruk för betongpelare är möjligt och att det fortfarande är brist på erfarenhet och kunskap om återbruk, vilket är i linje med examensarbetet från Lund och studien från Danmark i avsnitt 2.7.1. Det behövs mer kompletterande forskning och att en gemensam standard inom byggsektorn.

Från uppsatser i Europa dras slutsatser som är identiska med de svenska. Från den nederländska tekniska högskolan redogörs det att en standardiserad metod för återbruk behöver utvecklas och implementeras för att bredda återbruk i samhället [84]. Mer testande behöver genomföras för att veta långsiktiga effekterna av återbrukade element. Från samma högskola ansågs det att byggprocessen är samma för nya betongelement och att det är tekniskt genomförbart som kan leda till lägre kostnader och miljöpåverkan jämfört med nya betongelement [85]. Slutligen fann en avhandling även från samma högskola att återbruk av prefabricerade betongelement från kontorsbyggnader till flerbostadshus är möjligt och som i sin tur minskar koldioxidutsläppen och betongavfallen [86].

2.7.4 Handslaget - Samarbete stärker cirkulärt byggande

Göteborgs stad har initierat "Handslaget", ett samarbete som engagerar offentliga och privata fastighetsägare, i syfte att ta itu med bygg- och fastighetssektorns betydande klimatpåverkan. Att gå över till ett cirkulärt byggande och återbruk är det övergripande målet. Initiativet är inte endast att generera påtagliga åtgärder och ökat kunskapsutbyte, utan också att främja skapandet av nya företag och arbetstillfällen. Genom en gemensam avsiktsförklaring förbinder sig fastighetsägarna till att prioritera återbruk och cirkulära lösningar vid alla framtida bygg- och renoveringsprojekt i Göteborg och för Sverige [87], [88].

2.8 Litteratursammanfattning

Återbruk innebär att förlänga livslängden på produkter och minska avfall, vilket sparar naturresurser och minskar miljöpåverkan som även bidrar till klimatförbättring, kostnads- och energibesparingar. I dagsläget är återbruk ett aktuellt ämne i Främre Boländerna i Uppsala som tidigare år 1866 var jordbruksmark och ängsmarker innan industriella revolutionen. Utvecklingen i området tog fart under 1900-talet och genom samarbete mellan Uppsala kommun, handelskammare och fastighetsägare, växer området för etablerade och internationella företag. Idag är Främre Boländerna under en ny omvandlingsfas med mål att bli en blandad stadsdel fokuserad på näringsliv, innovation och kultur. Drivande i återbruksprojektet är fastighetsbolagen Castellum och Vectura. Castellums återbruksrutin i Främre Boländerna består av fem steg och involverar samarbete med hyresgäster, entreprenörer och utformning av förfrågningsunderlag. Återbruksrutinen omfattar både ombyggnationer och nybyggnationer med eller utan rivning av byggdel på fastigheten.

Cirkulär ekonomi är nödvändigt i kampen mot klimatförändringarna genom att den förnyar och bevarar ekonomiska, naturliga och sociala kapital. Målet är att gynna en hållbar och resurseffektiv ekonomi som optimering av resursanvändning och minimerar avfall genom att införa principer för cirkulär ekonomi i byggsektorn. Cirkulärt byggande är en betydande del av den cirkulära ekonomin för att minska byggsektorns negativa miljöpåverkan. I detta ingår grön och klimatförbättrad betong, två cirkulära betongtyper som kan bidra till ett mer hållbart och cirkulärt byggande. Betong, med sina många användningsområden, är ett av de mest använda byggnadsmaterialen. Det finns i olika former, bland annat som prefabricerad och platsgjuten betong, vilka båda har unika tillverkningsprocesser. Däremot medför cementproduktionen till betong en betydande mängd koldioxidutsläpp och forskning pågår med målet att minska betongens övergripande miljöpåverkan.

Karbonatisering i betong är en naturlig process som har både positiva och negativa effekter. Det bidrar till koldioxidlagring, men kan även orsaka korrosion av armeringsjärn vilket påverkar betongens hållbarhet. Att skydda betongen med rätt sammansättning och impregneringsmedel är därmed viktigt, särskilt om materialet skall återbrukas i framtiden. Utöver dessa aspekter, spelar betongens tryckhållfasthet en avgörande roll för dess tillämpningar. Tryckhållfastheten varierar, ofta mellan 15 och 30 MPa för allmänna konstruktioner, och överstiger vanligen högre än 28 MPa för kommersiella och industriella byggnader.

Utmaningar med återbruk av betong innebär bland annat ökad projekttid, brist på nationella program och lagstiftning, låg efterfrågan och ökade kostnader. Utbildning och erfarenhet inom återbruk samt infrastruktur och miljöpåverkan är även viktiga faktorer. Tidigare examensarbeten visar att återbruk av betong är tekniskt genomförbart, men det saknas standardisering, erfarenhet och kunskap. Återbruk minskar klimatutsläppen, men kräver mer forskning, specialiserade roller och standardiserade metoder för att nå sin fulla potential. Möjligheter för cirkulärt byggande är stora även om det existerar utmaningar. Att samarbeta mellan aktörerna har en betydande roll där Göteborg stad har initierat ett samarbetsprojekt Handslaget för att främja ett cirkulärt byggande och återbruk.

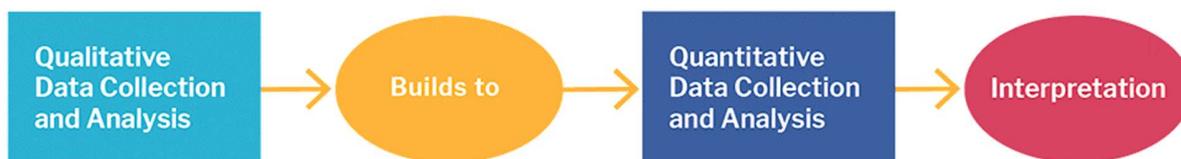
3 METOD OCH GENOMFÖRANDE

Detta kapitel presenterar studiens arbetssätt för att besvara studiens frågeställningar och problemställning där varje metodval motiveras. Metoderna består av: undersökningsmetod, intervjustudie, tryckhållfasthetstest, studiebesök och litteraturöversikt. Detta kompletteras med etiska överväganden och validitet.

3.1 Undersökningsmetod

För att besvara frågeställningarna som återfinns i avsnitt 1.5 har studien använt sig av ett kvalitativt och kvantitativt arbetssätt där kombinationen kallas för blandad metod, Explorativ Sekventiell Design, se figur 3.1 [89]. Initialt har en kvalitativ analys genomförts som har lett till det kvantitativa genomförandet som sedan tolkats och redovisats i studien. De involverade delmoment i studien består av en intervjustudie, tryckhållfasthetstest, studiebesök och litteraturöversikt. Anledningen bakom valet av arbetssätt grundar sig i att en kvalitativ metod har en hög grad flexibilitet, de undersökta områdena har en unik beskaffenhet och att det sker flera interaktioner mellan de undersökta och studiens författare [90]. Den kvantitativa metoden fokuserar mer på det numeriska där laborationsberäkningarna har en omfattande roll. Kristina Säfsten och Maria Gustavsson i boken Forskningsmetodik menar att det objektet (betongen i laboratoriet) kan tillskrivas mätbara egenskaper, vilket i studiens fall är tryckhållfasthetsvärden. Kombination av metoderna kompletterar varandras svagheter och styrkor vilket skapar nya reflektioner [90].

Exploratory Sequential Design

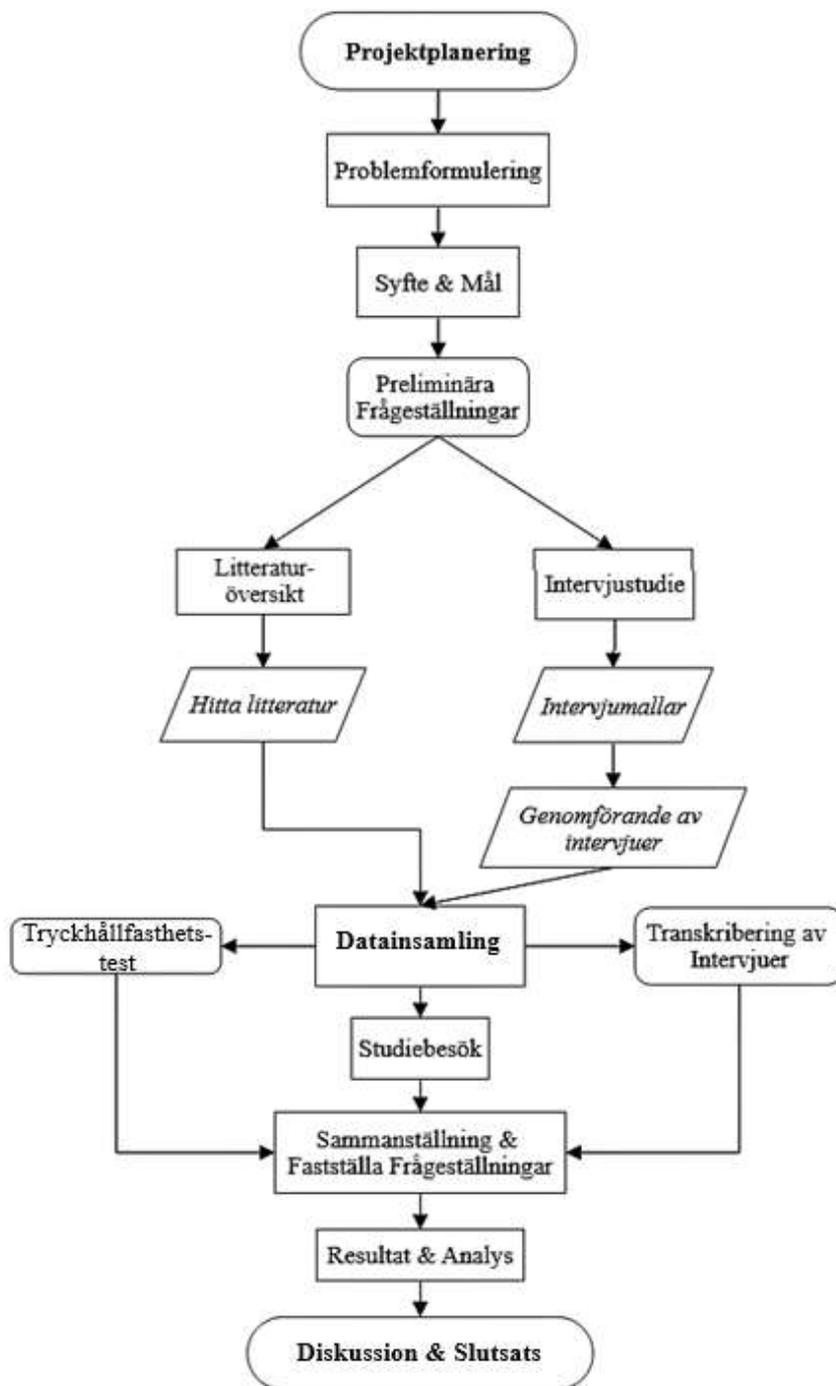


Figur 3.1: Explorativ Sekventiell Design som metodkombination av en kvalitativ och kvantitativ analys. Den kvalitativa undersökningen bygger upp relevant information inför den kvantitativa undersökningen som sedan tolkas [89].

För att granska existerande kunskap inom återbruk har en litteraturöversikt genomförts. Det är en lämplig metod för att få en djupare förståelse för ämnet som bidrog till en enklare process att skapa intervjumallarna, se bilaga 1 och 2 [90]. Efter slutförd litteraturöversikt har en omfattande intervjustudie utförts för att undersöka hur olika aktörer ser på återbruk av betong och dess tillhörande delar som bland annat cirkulär ekonomi och byggande. Intervjuerna har kompletterat litteraturöversikten eftersom de erbjöd personliga perspektiv och erfarenheter, aktuell och kontextspecifik information och djupare förståelse. Intervjumallarna skräddarsyddes utifrån respondentens bakgrund och således har flera mallar skapats som tillsammans med litteraturöversikt gav en mer helhetsbildande och nyanserade data kring återbruk av betong.

Tryckhållfasthetstestet utfördes efter påbörjandet av intervjustudien och litteraturöversikten. Två provkroppar av betong från fastigheten Turbinen 9:1 och Spänningen 10:1 i Främre Boländerna transporterades till Bjerking's laboratorium där tryckhållfasthetstester genomfördes. Resultatet användes sedan för att bedöma betongens lämplighet för återbruk.

Studiens arbetsprocess redogörs i figur 3.2, från initierande projektplanering till slutskedet, diskussion och slutsats. Det som kan noteras är att flera delmoment utfördes parallellt med varandra. Detta diskuteras mer under avsnitt 5.4 metoddiskussion.



Figur 3.2: Arbetsprocess för studien.

3.2 Intervjustudie

I studien har en semistrukturerad intervjustudie använts, vilket är en forskningsansats som kombinerar både strukturerade och ostrukturerade inslag. Denna metod har ett tydligt definierat upplägg och ett förutbestämt intervjuformulär att följa, men samtidigt kan intervjun fördjupas utifrån respondentens svar och interaktioner. Detta möjliggör för studien att utforska nya aspekter som kan dyka upp under intervjun. Nackdelen med denna metod är risk för fokus på irrelevanta detaljer vid senare jämförelse [91]. Studiens syfte delades upp i enkla och utvecklade frågeställningar, vilket bidrog till dynamiska svar från respondenterna. Respondenterna hade olika roller inom det undersökta ämnet återbruk. Genom att intervjua personer med olika perspektiv och erfarenheter kunde studien sammanställa en mer omfattande förståelse av ämnet. Intervjumallarna i bilaga 1 utgår ifrån fyra gemensamma delar där frågorna är identiska. Detta genomfördes i syfte att hitta ett mönster i respondenternas svar. Gemensamma delarna är del ett, två, fyra och fem. Del tre av intervjumallen i bilaga 2 inriktade sig till att besvara specifika frågor utifrån respondentens nuvarande yrkesroll inom byggsektorn. Därmed får studien en bred uppfattning om hur byggsektorns drivande aktörer arbetar med återbruk av betong. En alternativ metod för intervjustudien kunde vara en strukturerad ansats. Dess fördel ligger i effektiviteten i processen, medan nackdelen utgörs av en begränsning av spontanitet och individualiserad utforskning [91].

3.2.1 Urval av respondenter

I denna studie har sex respondenter valts efter dialog med handledare från Bjerking och Castellum samt ämnesgranskaren. Beslutet att välja respondenter med olika roller inom byggsektorn grundar sig på deras relevanta kunskap och erfarenhet och att de uppfyller vissa kriterier såsom: att de har arbetat minst fem år i byggsektorn, har en ledande roll som har möjlighet att påverka arbetsflödet och att miljöfrågor är aktuellt i deras yrkesroll. Genom att intervjua respondenter med varierande bakgrund och roller samlas mångfacetterade perspektiv och insikter, vilket berikar analysen och belyser ämnet återbruk på ett heltäckande och nyanserat vis. I tabell 3.1 redovisas vilka respondenter som har deltagit i intervjun och deras bakgrund.

Tabell 3.1: Respondenter för intervjun och deras bakgrund inom byggsektorn.

<i>Respondent och deras yrkesroll</i>	<i>Företag</i>	<i>Antal år i Byggsektorn</i>
<i>Landskapsarkitekt</i>	Bjerking	13
<i>Miljö & Återbrukssamordnare</i>	Bjerking	5
<i>Konstruktör*</i>	Bjerking	26
<i>Projektchef</i>	Castellum	37
<i>Stomentreprenör</i>	Contiga	25
<i>Affärsområdeschef</i>	Arcona	36

*= En annan konstruktör från Bjerking tillför ytterligare insikter under avsnitt 4.2.3, med specifik inriktning på de utmaningar som är associerade med återbruk av betongelement.

3.2.2 Transkribering

Alla intervjuer genomfördes i programmet Microsoft Teams. Respondenternas svar spelades in för att möjliggöra noggrann dokumentation av intervjuerna. Metoden som användes var *verbatim metoden* vilket innebär att transkriberingen sker ordagrant, inklusive pauser, upprepningar och ljud som inte går att uppfatta [92]. Genom att lyssna på de inspelade ljudfilerna efter intervjuerna utfördes en systematisk transkribering av samtalen. Metoden säkerställde att alla viktiga aspekter och nyanser i respondenternas svar fångades upp.

För att tillämpa verbatim transkribering använde studien programmet Audacity för ljudinspelning. Se bilaga 5 för mer information kring hur programmet användes. För att maximera användningen av den transkriberade texten och säkerställa att studien drar nytta av den insamlade informationen, analyserades transkriberingen noggrant. Materialet granskades kritiskt och sammanfattades utifrån studiens frågeställningar. Delar ur transkriberingen som inte bidrog till studiens resultat exkluderades i efterhand. Dessa delar är:

- Repetitiva ord: ex. ”men”.
- Fyllnadsord: ex. ”mm”, ”eh”.
- Överflödiga fraser: ex. ”det är ju”.
- Meningar som inte är fullständiga avslutas med ”...”.
- Uppprepningar av samma information, slang och informella uttryck.

3.2.3 Etik i intervjustudien

Intervjustudien hade tydliga frågor som inte var vinklade, urvalet var representativt med flera yrkesroller inom byggsektorn, respondenterna hade möjlighet att kunna uttrycka sina åsikter inom ämnet och större delar av intervjufrågorna hade standardiserats. En trygg miljö skapades för respondenternas opinionsfrihet och i kombination med en objektiv datainsamling och dokumentation anses intervjustudien vara opartisk och neutral. Alla medverkande i intervjuerna hade informerats om den aktuella undersökningen och hur deras roll medverkade till studien. Innan varje genomförd intervju frågades respondenterna om de var villiga att vara delaktiga, om deras röst kunde spelas in för att analyseras och hur deras svar skulle framföras i studien. Samtliga respondenter accepterade till medverkandet i studien. Respondenterna är anonyma, det som framgår är yrkesroll, antal år i rollen och arbetsgivare för att skydda deltagarnas integritet.

3.3 Tryckhållfasthetstest på betongprov från Främre Boländerna

Två provkroppar av betong togs genom betonghåltagning från fastigheterna 9:1 och 10:1 i Främre Boländerna i enlighet med svensk standard *SS-EN 12390-3:2009* [93], se figur 3.3 för illustration över hur det kan se ut. Provkropp 1 togs från en vägg i ett fläktrum på Märstagatan 2 (fastighet 9:1) och provkropp 2 togs ur en husvägg från Säbygatan 5 (fastighet 10:1), se bilaga 6 respektive 7. Väggens tjocklek för fastighet 9:1 är 125 millimeter och för fastighet 10:1 är tjockleken 145 millimeter. Se bilaga 8 för markering i planlösning vilken vägg som användes för respektive fastighet. Därefter transporterades provkropparna till Bjerking's laboratorium för vidare analys av tryckhållfasthet.



Figur 3.3: Illustration över håltagning av betong för provkroppar [94].

Betongkvaliteten på provkropparna var av btg 275 som i dagsläget motsvarar C16/20. Nästa steg bestod av att mäta provkropparnas dimensioner inför eventuell kapning och slipning. Provkropp 2 behövde ingen slipning efter kapning men provkropp 1 från fläktrummet behövde slipas på grund av ojämn yta. Figur 3.4 visar kapningen och slutresultatet.



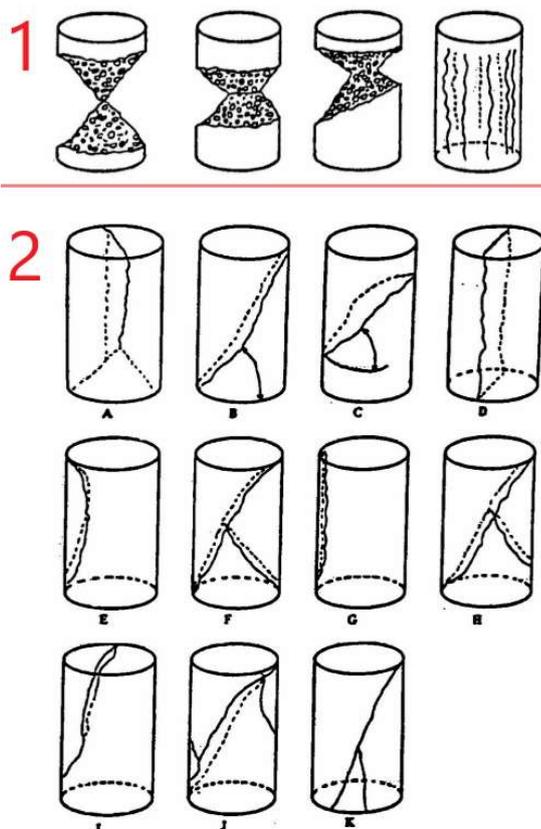
Figur 3.4: Vänster bild visar kapning av provkropp. Höger bild visar slutresultatet innan vidare tryckning av provkropparna.

Efter kapningen preparerades tryckmaskinen. Alla ytor i tryckmaskinen torkades och borstades av från tidigare rester. I figur 3.5 visas när provkropp 1 placeras i mitten av maskinen för att sedan utsättas för en tryckkraft tills det uppstår brott. Vid manuell styrd press skedde ökningen av belastningshastigheten successivt på provkroppen till dess att provkroppen inte kunde ta en högre last.



Figur 3.5: Bild 1 till vänster visar maskin utan provkropp. Bild 2 i mitten visar provkroppens centrala placering och bild 3 visar provkroppen innan trycktestet genomförs.

Bedömning av tillfredställande och otillfredsställande brottbilder hos cylinderprovkroppar visas i figur 3.6. Övre bilden i figuren visar tillfredställande brottbilder av cylinderprovkropparna och nedre bilden visar otillfredsställande sådana.



Figur 3.6: Bild 1 visar tillfredställande brottbilder och bild 2 visar otillfredsställande brottbilder hos cylinderprovkroppar [93].

Efter genomförda tryckhållfasthetstester för båda provkroppar mättes maximala lasten vid brott i kilo Newton. Tillsammans med cylindrarnas tvärsnittsarea kunde tryckhållfastheten beräknas enligt ekvationen:

$$\text{Ekvation 1} \rightarrow f_c = \frac{F}{A_c}$$

$$\text{Ekvation 2} \rightarrow A_c = \pi \cdot r^2$$

$$f_c = \text{Tryckhållfastheten i MPa (N/mm}^2\text{)};$$

$$A_c = \text{Provkroppens tvärsnittsarea i mm}^2\text{;};$$

$$F = \text{Maximala brottlasten i N.}$$

3.4 Studiebesök

Genomförandet av studiebesöken har baserats på flera faktorer: relevans för frågeställningarna, hur besöken kompletterade andra metoderna i rapporten, dokumentation, upplevelse och ökad förståelse. Syfte med studiebesöken var att bidra till en mer heltäckande bild av återbruk för betong. Totalt har tre platser besökts, ett besök till Bjerking tryckhållfasthetslaboratorium i Uppsala och två besök till fastigheterna Turbinen 9:1 och Spänningen 10:1 i Främre Boländerna. Tabell 3.2 beskriver mer detaljerat hur varje enskild fråga är direkt relevant till studiebesöken.

Tabell 3.2: Studiebesökens förhållande mellan studiens enskilda frågeställningar.

Studiebesök	1: Relevans av studiebesök till Främre Boländerna. *	2: Relevans av studiebesök till laboratoriet.
Frågeställningar		
1. Vilka utmaningar och möjligheter, både allmänna och tekniska, är förknippade med återbruk av prefabricerade och platsgjutna betongelement inom byggssektorn?	Vid ett besök i Främre Boländerna erhöles insikt i hur återbruk av betong, både prefabricerad och platsgjuten, kunde implementeras i praktiken, samt en förståelse för de faktiska förutsättningarna i regionen och andra jämförbara projekt. Sålunda kunde de tekniska utmaningarna observeras och analyseras på plats.	Laboratorietesterna av betongens tekniska egenskaper bidrog till att bedöma dess återbruksmöjligheter, samtidigt som de hjälpte till att identifiera eventuella tekniska problem. Detta gav insikt i hur dessa utmaningar kunde hanteras vid återbruk av betongmaterial.
3. Hur kan Främre Boländerna återbruka betongväggar?	Det gav en förståelse för närområdets behov och förutsättningar, vilket var avgörande för att identifiera hur återbrukade betongelement kunde användas på bästa möjliga sätt.	Laboratorietesterna gav information om betongens kvalitet, vilket hjälpte till att bedöma huruvida återbrukade betongväggarna kunde återanvändas på ett säkert och hållbart sätt i närområdet.

*= Två studiebesök genomfördes i Främre Boländerna. Ett till fastighet Turbinen 9: 1 och ett till fastighet Spänningen 10:1.

3.5 Litteraturoversikt

Syftet med litteraturoversikten var att granska och undersöka dagens forskning för att kunna sätta sig in i det rådande kunskapsläget [90]. Detta blev möjligt genom att identifiera, läsa och sammanställa all relevant litteratur som fanns tillgänglig. Således erhöles en omfattande förståelse över ämnet där olika mönster, debatter eller bristande kunskaper kunde upptäckas [95]. För att genomföra en litteraturoversikt på ett strukturerat sätt följde studien åtta av tio steg enligt metodik som redogjordes i boken Forskningsmetodik [90]. Stegen markeras med fet text i löpande ordning, se nästa sida.

1. Precision av syftet med litteraturoversikt

För att kunna genomföra en litteraturoversikt behövs ett syfte och preliminära frågeställningar definieras. Initialt undersöktes aktuell litteratur och forskning om klimatfrågor globalt, lokalt och för byggsektorn. Tillsammans med företagsrepresentanter kunde syftet och frågeställningarna definieras.

2. Identifiering av sökord

Om studien inkluderar ett överflöd av sökord finns det en risk att den förlorar fokus och blir alltför bred, vilket kan påverka dess vetenskapliga relevans och precision. Därmed identifierades svenska och engelska sökord med syfte att begränsa sökandet till mest relevanta artiklar:

- Återbruk av betong – Concrete Reuse.
- Byggavfalls hantering – Concrete Waste Management.
- Tung betongelement – Heavy concrete elements.
- Hållbart byggande – Environmentally friendly construction.
- Utmaningar återbruk av prefabricerad betong – Precast concrete challenges reuse.
- Cirkulär ekonomi och byggande – Circular economy and building.
- Karbonatisering av Betong – Concrete Carbonation.

3. Kriterier av Litteraturen

I början av detta steg var studien öppen för flera mängder av publikationer, webbsidor och artiklar i journaler och konferenshandlingar. Detta för att inkludera en bred variation av litteratur. När litteraturen hade erhållits följdes fyra kriterier för att exkludera/inkludera litteraturen. *Relevans* syftar till att litteraturen ska vara relaterad till studiens ämne och frågeställningar. Här uppstod svårigheter med att hitta vetenskapliga artiklar om återbruk av betong. Majoriteten av sökresultaten handlade om återvinning av betongaggregat, inte särskilt om återbruk av betongelement. Således var flera litteraturer irrelevanta för ämnet och exkluderades. *Aktuell* innefattar publiceringsdatumet på litteraturen. Studien använde i möjligaste mån artiklar som återspeglade den aktuella forskningssituationen utifrån publiceringsdatumet. Flera artiklar från tidigt 2000-tal exkluderades. För att filtrera litteraturen utifrån *kvalitet* kontrollerades författare, institutioner, företag och myndigheter som publicerat litteraturen. Sista kriteriet, *geografiskt läge* för litteraturen blir även relevant. Studien fokuserade på europeiska och skandinaviska litteraturer med någon enstaka litteratur från Asien och USA.

4. Sökverktyg och Databas

Studien har huvudsakligen samlat in information digitalt genom att söka efter material publicerat på databaser från Google Scholar, ScienceDirect, Uppsala universitetsbibliotek och webbsidor från särskild valda företag inom byggsektorn.

5. Sökstrategier för att genomföra sökningarna effektivt

Söksträngar utifrån sökorden i punkt 2 skapades i databaserna för att underlätta identifiering av litteratur.

6. Genomgång av identifierad litteratur

Litteraturen utvärderades och motsvarade förväntningarna. Därmed behövdes inte sökorden och söksträngarna justeras.

7. Extrahera data

All information som hittades sparades i ett separat dokument där litteraturen strukturerades och numrerades baserat på vilken frågeställning de svarade på.

8. Presentera resultatet

All litteratur som användes för litteraturoversikten presenteras i kapitel 2.

Fördelarna med denna stegvisa strukturerade arbetsmetodiken var många. Främsta fördelen var att kunskaperna från litteraturoversikten bidrog till intervjustudien och skapandet av dess mallar. Eftersom litteraturinsamlingen har genomförts effektivt, har intervjustudien utförts parallellt med litteraturoversikten. Således sparades tid och resurser. Dessa åtta steg har bidragit till lärandet av ämnet och skapat en större trovärdighet för studien. Nackdelarna bestod av begränsad kreativitet eftersom en förutbestämd struktur följts snarare än att utforska egna idéer. Detta har bland annat lett till att studien ibland velat kringgå arbetsmetoden och hitta på egna lösningar vilket har skapat en förvirring kring hur studien ska gå framåt. Målet med litteraturoversikten var att bidra till utvecklingen av återbruk av betongelement eftersom det råder brist på kunskap inom detta område i nuläget.

3.6 Validitet och reliabilitet

Genom en kombination av intervjustudier, tryckhållfasthetstest, litteraturoversikt och studiebesök skapades en mer djupgående förståelse för ämnet och frågeställningarna kunde besvaras med hög validitet. Intervjustudierna gav insikter i intervjudeltagarnas perspektiv, tryckhållfasthetstestet gav numeriska värden, litteraturoversikten bidrog med teoretisk grund och studiebesöken gav möjlighet att observera företeelsen. Denna kombination säkerställde att studien var noggrann och informativ, vilket bidrog till dess validitet genom att täcka flera aspekter av frågeställningarna.

För att bidra till en hög reliabilitet säkerställdes en genomarbetad dokumentation och analys av studiens kvalitativa delar. Detta omfattar främst intervjustudien men även studiebesöket. För att säkerställa reproducerbarhet i intervjun användes standardiserade metoder för insamling och analys av data. Intervjuerna genomfördes på två olika men likadana ljudinspelare med samma utrustning och mätmetod för att säkerställa att insamlad data blev korrekt och att missförstånd undveks vid transkribering. Detta garanterade att ifall en inspelning skulle sluta fungera fanns en till inspelning att lyssna på. Intervjuer dokumenterades även med hjälp av anteckningar och genomfördes på ett

strukturerat och konsekvent sätt. Studiebesöken utgick ifrån samma princip som intervjustudien vid dokumentation av platserna. Studien anses ha mätt intervjuerna och studiebesöken på rätt sätt för att besvara frågeställningarna och bidra till en konsekvent arbetsmetodik.

Generaliserbarhet innebär att dra slutsatser från en studie och tillämpa dessa slutsatser på en bredare population eller situation. Generaliserbarheten i studien förstärks genom att kombinera både kvalitativa och kvantitativa metoder. Detta möjliggör applicering av resultaten på andra exempel av fenomen och förklarar eller förekommer i liknande företeelser på en allmän nivå. Genom att utnyttja styrkorna hos intervjuer, tryckhållfasthetstest, studiebesök och litteraturoversikt kan forskningen ge en djupare förståelse av ämnet och dess relevans för olika sammanhang och situationer. Det bidrar till studiens metodik säkerställer dess generaliser- och tillämpbarhet på en bredare skala. Vilket underlättar för att välja rätt metod för att undersöka ämnet och för att förstå och tolka resultat.

4 RESULTAT

I detta kapitel presenteras resultatet från den genomförda intervjustudien och tryckhållfasthetstestet. Kapitlet är uppdelat i tre avsnitt: gemensamma och yrkesspecifika delar av intervjuerna samt tryckhållfasthetstest i laboratoriet. Den gemensamma delen av resultatet är indelad i fyra delar medan yrkesspecifika delen endast har en del. Vissa svar kan upprepas i de olika avsnitten. Därefter presenteras resultatet från laborationen.

4.1 Gemensamma intervjufrågor – Del: 1,2,4 och 5

Den gemensamma delen av intervjustudien omfattar svaren från del 1,2,4 och 5, se bilaga 1. Samtliga respondenter besvarade liknande frågor som berörde deras bakgrund och erfarenhet inom byggsektorn. Respondenternas syn på återbruk och dess miljömässiga och ekonomiska fördelar, hur de ser på möjligheter för framtida samarbeten och vilka utmaningar som finns för att främja cirkulär ekonomi presenteras. Resultatet redogörs främst i form av tabeller för att ge en överskådlig bild av de olika perspektiven alla yrkesroller har inom ämnet. Frågor med längre svar presenteras i löpande text. Frågorna som ställdes presenteras ovanför svaren och är markerade med **[F]**.

4.1.1 Del 1: Bakgrund och erfarenhet

Tabell 4.1 redovisar svar om bakgrund och erfarenhet i byggsektorn från respektive aktör: landskapsarkitekt, miljö- och återbrukssamordnare, konstruktör, projektchef från Castellum, stomentreprenör och en affärsområdeschef.

[F]: *Berätta kort om din bakgrund och din nuvarande roll?*

Tabell 4.1: Sammanfattning av respondenters bakgrund och erfarenhet. Tabellen fortsätter på nästa sida.

Respondent	Antal år i Byggsektorn	Bakgrund & Erfarenhet
<i>Landskapsarkitekt</i>	13	Har flera års erfarenhet inom landskapsarkitektur. För närvarande ansvarar för stora och små projekt. Uppdragsansvarig och har tidigare har arbetat som hållbarhetssamordnare på Bjerking.
<i>Miljö- och återbrukssamordnare</i>	5	Utbildad miljösamordnare med erfarenhet av miljö- och hållbarhetsfrågor inom byggsektorn. Arbetar sedan 2018 på Bjerking som miljökonsult, med roller inom miljösamordning och fokus på inventeringar och samordning för återbruk.
<i>Konstruktör</i>	26	Har arbetat som konstruktör sedan år 1997 inom byggsektorn och har huvudsakligen fokuserat på ombyggnadsprojekt inom branschen, vilket utgör runt 70 procent av hans arbetsuppgifter.

<i>Respondent</i>	<i>Antal år i Byggsektorn</i>	<i>Bakgrund & Erfarenhet</i>
<i>Projektchef Castellum</i>	37	Innehåller erfarenhet från diverse lednings- och tekniska befattningar och har arbetat för flera stora fastighetsbolag. I sin nuvarande roll som projektchef ansvarar personen för stora byggprojekts genomförande, ekonomi, kvalitet, tid och hållbarhet, inklusive återbruk.
<i>Stomentreprenör</i>	25	Arbetar med rollen som divisionschef på Contiga inom prefabricerade betongelement och har sedan tidigare arbetat med kalkylering, försäljning, projektledning, samt ansvarat för fabrik och montage.
<i>Affärsområdeschef</i>	36	Erfaren affärsområdeschef med 20 års bakgrund på Skanska, nu affärsområdeschef på Arcona. Ansvarar för entreprenadverksamhet i Uppsala och norra Stockholm samt ingår i bolagsledningen.

Projektchefen från Castellum uttrycker sitt engagemang för att driva på en hållbar omställning i form av återbruk, där det är viktigt att vara medveten om de ändliga resurserna och de utsläpp som genereras från byggprocessen. Med bara några år kvar till pensionering, önskar projektchefen bidra med sin omfattande erfarenhet och engagemang för att göra en betydande påverkan inom sitt expertområde. Även konstruktören betonar vikten av att minimera klimatpåverkan och fokusera på återbruk för att främja hållbar utveckling.

Jag tycker det här är väldigt spännande nu när jag inte har alltför många år kvar heller, innan jag kan säga att jag har gjort mitt. Jag vill verkligen vara med på den här resan och bidra till att det blir en omställning i branschen. Att man börjar att titta mer och mer på återbruk och är rädd om våra ändliga resurser och råvaror som vi hämtar ut ur marken och vad vi utsätter miljön för.

- **Projektchef Castellum**

Genom att minimera klimatpåverkan och fokusera på återbruk finns det stor utvecklingspotential. Denna rörelse verkar just nu pågå i en omfattande skala och bidrar till en mer hållbar framtid för vår planet. Detta är ett måste och vi behöver ta åtgärder nu, det här är något vi måste ta till oss mer och mer.

- **Konstruktör**

I tabell 4.2 presenteras olika perspektiv på cirkulär ekonomi inom byggsektorn. Respondenterna diskuterar möjligheter och utmaningar med cirkulärt byggande, betydelsen av återbruk, byggnadsunderhåll och branschens utveckling mot mer återbruk än återvinning.

[F]: Vad är dina nuvarande åsikter kring cirkulär ekonomi och byggande?

Tabell 4.2: Sammanfattning av respondenters tankar om de cirkulära aspekterna.

<i>Respondent</i>	<i>Tankar om cirkulär ekonomi och byggande</i>
<i>Landskapsarkitekt</i>	Cirkulärt byggande är viktigt men utmanande för landskapsarkitekten, eftersom det kräver en annan byggprocess. Återbruk kan även vara dyrare än att köpa nytt material, en faktor byggsektorn måste beakta.
<i>Miljö- och återbrukssamordnare</i>	Personen menar att cirkulär ekonomi är nödvändig inom alla sektorer och betonar vikten av att underhålla och reparera, inklusive byggnader. Att bevara och underhålla befintliga betongbyggnader anses vara viktigt för klimatet i stället för att riva och bygga nytt.
<i>Konstruktör</i>	Cirkulär ekonomi är inte ett begrepp som konstruktören använder ofta, men det är något som enligt honom måste omfamnas alltmer på grund av klimatproblemen. Utifrån konstruktörens perspektiv innebär minskningen av klimatpåverkan och fokuseringen på återbruk en viktig potential för utvecklingen.
<i>Projektchef Castellum</i>	Projektchefen anser cirkulär ekonomi nödvändig och välkommen inom byggbranschen, men påpekar branschens konservatism och långsamma förändring. Betonar vikten av minskat spill, resursslöseri och utsläpp samt ser positivt på en ny generation som bidrar till förändring och cirkulärt tänkande.
<i>Stomentreprenör</i>	Stomentreprenören understryker cirkulär ekonomis betydelse inom byggsektorn, men erkänner komplexiteten i att implementera sådana lösningar och de utmaningar det innebär. Trots svårigheterna anses det nödvändigt att sträva efter en mer cirkulär framtid i branschen.
<i>Affärsområdeschef</i>	Affärsområdeschefen menar att cirkulär ekonomi funnits en tid, med fokus skiftat från återvinning till återbruk. Tidigare var fokus mest på materialåtervinning och sortering, men nu prioriteras återbruk mer, vilket ses som en intressant utveckling.

4.1.2 Del 2: Återbruk av betong

I detta avsnitt presenteras resultaten från respondenternas syn på återbruk av betong. I det ingår vilka för- och nackdelar som finns och ifall attityden i byggsektorn har förändrats gentemot återbruk av betong.

[F]: Hur ser du på återbruk av betong generellt? Vilka är de största fördelarna/nackdelar med att återbruka betong enligt dig och har du märkt någon förändring i attityder gentemot återbruk av betong bland kollegor och branschen som helhet?

Landskapsarkitekt

Landskapsarkitekten tycker att återbruk av betong bör prioriteras mer i framtiden och menar att det inte varit i fokus på grund av betongens låga pris. Personen har en positiv inställning till hur implementering och utveckling av återbruk av betong i den befintliga marknaden skulle kunna ske.

Examensarbete i byggteknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement

Fördelen med att återbruka betong är att det är mer miljövänligt och motverkar slöseri med resurser genom att minska avfall. Nackdelen med återbruk av betong syftar landskapsarkitekten till att det potentiellt kommer att inkludera högre kostnader jämfört med att använda ny betong. Ytterligare sägs det att betong är ett material som inte åldras särskilt bra, vilket kan påverka kvalitén, samtidigt som det är okänt hur mycket energi som krävs för att återbruka det. Landskapsarkitekten upplever att fler stora aktörer har insett att återbruk kommer att bli nödvändigt och därmed behövs en förändring i attityder. För att idag vara ett modernt företag anser personen att återbruk behöver inkluderas i företagets strategier.

Miljö- och återbrukssamordnare

Miljö- och återbrukssamordnaren ser positivt på återbruk och definierar det som att bibehålla, bevara och underhålla material. Fördelen som påpekas är klimatbesparing som möjliggörs av återbrukat material, men nackdelen är att flera tekniska aspekter, som beständighet och hållfasthet behöver beaktas. Vidare uttrycks det att den ekonomiska aspekten är en väsentlig nackdel där processen är dyr på grund av att byggsektorn saknar effektiva metoder och standarder för återbruk. Kostnader som logistik, transport och konsulttjänster påverkar priset negativt.

Det är kanske mer ekonomiskt försvarbart och där är det så superviktigt fler som just nu vågar satsa på det så att vi får mer kunskap och fler exempel att utgå ifrån och att vi kan lära oss av varandra. Tillsammans gör vi en skillnad men någon måste initiera.

- Miljö- och återbrukssamordnare

Personen har även märkt en förändring i attityder gentemot återbruk av betong bland kollegor och branschen, och nämner det stora forskningsprojektet Återhus som ett exempel på att det är genomförbart. Slutligen påpekas vikten av att definiera vad återbruk av betong innebär för att kunna arbeta effektivt med det.

Konstruktör

Generellt sett anser konstruktören att återbruk av betong kan bidra med en positiv utveckling, särskilt när det är möjligt att återbruka betongväggar från hus. Personen säger att fördelen med återbruk av betong är att hitta användning för element som annars skulle hamna på deponi. Dock påpekar konstruktören att det kan finnas utmaningar som begränsar möjligheterna för detta. Nackdelen kan innebära att betongelementet är designade för en specifik funktion och således kan vara svårt att hitta en motsvarande funktion för elementet igen. Konstruktören anmärker dessutom att det kan finnas bristande dokumentation om elementets kapacitet, vilket kan innebära utredningsbehov. Konstruktören har inte varit med om något liknande förut och har dessvärre inte lagt märke till någon förändring i attityder kring återbruk av betong.

Projektchef Castellum

Personen anser att återbruk av betong är viktigt och att alla bör arbeta mot detta mål. Inom företaget Castellum finns en hållbarhetsgrupp som fokuserar på att uppnå delmål, som att göra återbruksinventeringar vid rivning och använda återbrukat material i nya projekt. Vidare tycker projektchefen att det är spännande att se vad branschen kommer att utveckla men att det i nuläget finns få exempel. Det anses att det tidigare sättet att hantera betong genom att krossa och deponera det, inte är den rätta vägen att gå. Fördelen med återbruk innefattar minskad användning av ny betong. Således minskas utsläppen från cementproduktion, den största utsläpsskällan i betongindustrin.

Examensarbete i byggt teknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement

Betongindustrin har en utmaning nu att hitta ersättning till att minimera cement innehållet. Man kommer inte kunna komma ner till noll. Men betongen måste bli bra mycket klimatbättre. Vi kommer alltid att behöva ny betong, men vi kanske inte behöver lika mycket kubikmeter som vi har byggt med de senaste decennierna [...].

- Projektchef Castellum

Nackdelen eller utmaning som projektchefen nämner, är att ta reda på om det är möjligt att återbruka platsgjuten betong, både invändigt och utvändigt, samt tryckhållfasthetsbestämning av äldre betongkonstruktioner. Det innebär även en omställning i hur demontering och rivning av byggnader genomförs, där en viss ordning måste följas och tänkas annorlunda. För prefabricerade element är utmaningarna mindre, men tidsåtgången och demonteringsprocessen utgör fortfarande en nackdel. Ekonomiska perspektivet är också en negativ faktor som påverkar återbruksmöjligheterna på grund av dyra kostnader i jämförelse med återvinning eller nybyggnation. Slutligen påpekar projektchefen att attityder gentemot återbruk är en långsam process inom branschen. Attitydförändringen sker gradvis, med goda exempel som bidrar till en ökad övertygelse men att det är viktigt att ha en inställning att det går att lösa utmaningarna.

Stomentreprenör

Stomentreprenören menar att återbruk av betong är intressant och har potential. Teoretiskt borde det vara enkelt att återbruka prefabricerad betong, likt att bygga med lego. Stomentreprenören erkänner att det inte är enkelt i praktiken och det finns flera faktorer som påverkar möjligheten att återbruka på ett framgångsrikt sätt. Fördelen med återbruk är den långa livslängden hos betongprodukter, till exempel kan ett 30 år gammalt håldäck som har varit i ett inomhusklimat användas i ytterligare 50 år. Nackdelen är att det finns utmaningar med att praktiskt återbruka betongelement. Det nya bygget måste anpassas efter de tillgängliga återbrukade betongelementen, vilket troligtvis är komplicerat. Personen har märkt en förändring i attityderna gentemot återbruk av betong sedan deltagandet i projekt Återhus för två år sedan. Det finns dock inte många konkreta projekt där byggherrar eller beställare efterfrågar återbruk av betongelement. Diskussioner om återbruk är fortfarande mestadels teoretiska och visionära, snarare än praktiska och konkreta, anser stomentreprenören.

Affärsområdeschef

Affärsområdeschefen framhåller en positiv inställning gentemot återbruk av betong och belyser de fördelar som anses vara betydande inom området som att minska behovet av nyttillverkad betong, vilket gynnar klimatet. Om återbruk kan ske inom en nära geografi, skulle det även innebära minskade transport- och logistikostnader som i sin tur minskar miljöpåverkan. När det gäller nackdelar med att återbruka betongelement, menar affärsområdeschefen att det är komplext att plocka ner ett betonghus, oavsett om det är platsgjutet eller prefabricerat. Problemet innefattar att plocka ner prefabricerade betonghus, eftersom de har gjutits ihop med kopplingspunkter och upplagsbalkar.

Affärsområdeschefen har sett en förändring i attityder gentemot återbruk av betong bland kollegor och inom branschen i helhet. Personen har varit involverad i flera återbruksprojekt, men inte med betongelement, utan med fönster, metallpartier och inredningar. Enligt affärsområdeschefen ökar efterfrågan på återbruk både från beställare och byggherrar men även från hyresgäster. Numera anser även arkitekter att det är intressant att inkludera återbruk i sina projekt, trots att de tidigare föredrog att enbart rita nytt.

4.1.3 Del 4: Framtida utveckling och samarbete

Del fyra presenterar diverse synpunkter på byggsektorns potential för utveckling, samt hur samarbete kan bidra till en mer hållbar användning av betong. Respondenternas svar ger en uppfattning om hur de kan anpassa sig och samarbeta för att skapa en mer hållbar byggsektor.

[F]: *Hur ser du på möjligheten att samarbeta med andra aktörer för att utveckla och förbättra tekniker för återbruk av betongelement?*

Landskapsarkitekt

Landskapsarkitekten uttrycker intresse för att samverka med andra parter i syfte att utveckla och förbättra metoder för återbruk av betongelement. Sådana samarbeten är ofta beroende av att det finns ett projekt med en tydlig plan, där någon har tilldelat specifika resurser eller ansökt om finansiering. Genomförandet kan bli möjligt om det finns en engagerad uppdragsgivare eller om företag med forskningsavdelningar står bakom idén. Landskapsarkitekten säger det skulle vara intressant att medverka i ett sådant projekt om tillfälle ges.

Miljö- och återbrukssamordnare

Miljö och återbrukssamordnaren anser att det är viktigt att personer inom branschen samarbetar och är transparenta med varandra i stället för att se varandra som konkurrenter. Delning av kunskap och erfarenheter är avgörande för att främja hållbara lösningar och utveckling inom återbruk av betong och andra områden.

Konstruktör

Konstruktören hade inget svar på denna fråga.

Projektchef Castellum

Projektchefen betonar vikten av samarbete och att dela erfarenheter med konkurrenter och kollegor från andra företag. Genom att hjälpa varandra, dela ens upplevelser och lärdomar kan det bidra till att undvika misstag och hitta bättre lösningar tillsammans. Samarbete i branschen är viktigt för att främja utvecklingen av betong genom delad kunskap. Att se varandra som konkurrenter eller hålla hemligheter för en själv anser projektchefen vara kontraproduktivt för att nå de gemensamma klimatmålen.

Stomentreprenör

Stomentreprenören anser att samarbeten med andra aktörer är avgörande för att främja återbruk av betong och att utvecklingen bör gå snabbare. Flera aktörer, inklusive kommuner, yrkesarbetare, byggherrar och arkitekter bland annat måste samarbeta för att hantera logistik och tidsmässiga utmaningar samt vara flexibla i bygglovsprocessen. Flexibilitet, ansvar och förståelse för vad återbruk innebär är viktiga faktorer. Dessutom måste någon i kedjan vara beredd att betala för de högre kostnaderna för återbruk, eftersom det kan leda till bättre miljöprofiler, gröna lån och en vilja från hyresgäster att betala extra för hållbara lösningar. Med logistik menas det att återbrukat material kan lagras vid ett mellanlager. Här behöver större aktörer som Stockholm stad och kommuner samarbeta.

Examensarbete i byggt teknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement

Återbrukade materialet kanske måste vara i ett mellanlager två år någonstans innan det kan användas till nästa bygge där det passar, och att möjliggöra den typen logistik och platser där det här kan hanteras kan vara en viktig förutsättning. Det är en utmaning men inte en omöjlig sådan.

- **Stomentreprenör**

Affärsområdeschef

Affärsområdeschefen menar att ett långsiktigt samarbete är viktigt för att uppnå både miljömässiga och ekonomiska fördelar. De första projekten som genomförs kommer att vara kostsamma och större byggherrar bör söka samarbete för att driva utvecklingen framåt. Med detta finns en möjlighet i att samverka med andra parter om det finns utrymme för god planering.

För att kunna hantera framtidens utmaningar och möjligheter med återbruk, särskilt i en konservativ bransch, kan yrkesrollerna behöva utvecklas i samband med den gröna omställningen. Respondenternas svar kring deras uppfattning om hur deras roll kan utvecklas redovisas i tabell 4.3.

[F]: Hur kommer din roll att utvecklas i samband med den gröna omställningen till ett mer cirkulärt byggande?

Tabell 4.3: Hur cirkulärt byggande kan påverka yrkesrollernas framtid.

Respondent	Hur yrkesrollen kan komma utvecklas med gröna omställningen
<i>Landskapsarkitekt</i>	Rollen som landskapsarkitekt kommer att utvecklas i en positiv riktning genom lärande och erfarenhet. Det förekommer mer diskussion än faktiska förändringar upplevs det enligt landskapsarkitekten.
<i>Miljö- och återbrukssamordnare</i>	Denna roll kommer utvecklas i en positiv riktning mot ett mer cirkulärt byggande. Det innebär att det blir allt viktigare att samordna olika parter och ta in sakkunniga med rätt kompetens när det behövs. Det kommer att ställa högre krav på kunskap om återbruk och för materialens livslängder.
<i>Konstruktör</i>	Yrkesrollen förväntas utvecklas i takt med tekniska förändringar i projekthantering när återbruket ökar. Det innebär nya aspekter att beakta och ansvar för att säkerställa funktion. Prefab konstruktörer, som hanterar stommar idag, kan eventuellt hantera återbrukade element i framtiden.
<i>Projektchef Castellum</i>	Projektchefens roll kommer att utvecklas till att bli mer av en ambassadör för återbruk och hållbarhet. Att ständigt överväga återbruk blir en viktig del av yrkesrollen, vilket inte nödvändigtvis innebär mer arbete, men att samarbeta med experter inom olika områden kommer att få en större betydelse.
<i>Stomentreprenör</i>	Stomentreprenören antar att rollen under den gröna omställningen kommer att kräva ökad flexibilitet och bredare kunskap om olika material och deras möjligheter till återbruk. Att kunna använda rätt material på rätt plats och hantera mer varierande uppdrag blir en stor del av denna utveckling.
<i>Affärsområdeschef</i>	Rollen kommer att förändras genom det ökade fokuset på cirkulärt tänkande och återbruk. Livscykelkostnadsanalyser blir allt viktigare faktorer vid anbudsgivning, och kunskap om återbruk blir en konkurrensfaktor i framtida rollen.

Projektchefen från Castellum menar:

Mindsetet. Det är väl det som kommer att förändras och utvecklas i våra roller. Att verkligen tänka på det här nu hela tiden från att man börjar rita fram produkten. Hur ska vi kunna uppfylla våra hållbarhetsmål? Vilka produkter kan vi köpa som är återbruksanpassade? Så det är att ha med sig det hela tiden i tanken så att säga, det tror jag är en den största förändringen.

- **Projektchef Castellum**

4.1.4 Del 5: Avslutning

I det avslutande avsnittet presenteras respondenternas sista tankar och insikter om återbruk av betong och hållbarhet inom byggsektorn. Tabell 4.4 visar om respondenterna hade insikter eller tankar som inte hade tagits upp under intervjun.

[F]: Har du några ytterligare tankar eller insikter kring återbruk av betong och hållbarhet inom byggindustrin som du vill dela med dig av? Har vi missat något om återbruk eller något annat som du kanske kommer på?

Tabell 4.4: Respondenternas svar på eventuella tankar som missats under intervjustudien.

<i>Respondent</i>	<i>Avslutande insikter om återbruk av betong</i>
<i>Landskapsarkitekt</i>	Landskapsarkitekten menar att byggsektorn har förbättringspotential, med mycket avfall som skapas under byggprocessen, särskilt vid transporter. Trots att det inte direkt kopplas till cirkulär ekonomi är det viktigt att belysa problemet. Byggsektorn har resurser men står inför utmaningar för hållbart byggande, men landskapsarkitekten tror på utveckling och förändring.
<i>Miljö- och återbrukssamordnare</i>	Beteendeförändringar kring återbruk bör uppmuntras i svensk kultur, i stället för att renovera och slänga material, borde det vara populärt att måla om och förnya dem. Exempelvis i Eritrea, där stora marknader för återbrukat material finns tillgängliga för allmänheten. Sverige behöver uppmuntra reparationer, eftersom det för närvarande är trendigt att köpa nytt och slänga gammalt.
<i>Konstruktör</i>	Beställare och entreprenörer bör öka medvetenheten om hållbarhet och sträva efter en mer miljövänlig inriktning. Det är viktigt att minska koldioxidavtrycket och främja återbruk av olika material. Återbruk har potential att minska resursslöseri, särskilt vid rivning av byggnader där material annars hamnar på deponi. Demontering och nya yrkesroller inom rivning kan behövas, men lagring av material kräver utrymme, exempelvis i mellanlager.
<i>Projektchef Castellum</i>	Personen uppskattar betong som material men även att klimatfrågorna inte var ett lika aktuellt ämne när betong hanterades tidigare. Projektchefen vill se att nya byggnader bevarar det gamla teglet eller fina betongen utan att behöva ändra på estetiken alltför mycket vid återbruk.
<i>Stomentreprenör Affärsområdeschef</i>	Personen hade inga ytterligare tankar och åsikter om återbruk av betong. Demontering och återbruk av betongstommar kräver noggrannhet och kan vara tidskrävande samt kostsamt. Miljöbelastningar, som arsenik i betong, kan medföra utmaningar och kräver utredning före återbruk.

4.2 Yrkesspecifika intervjufrågor – Del 3: Utmaningar och möjligheter

Den yrkesspecifika delen från intervjustudien omfattar svaren från del tre av intervjun, se bilaga 2. Vissa frågor besvarades inte och ingår således inte i resultatet. Respondenter gav svar på särskilda frågor som berörde deras syn på utmaningar och möjligheter med återbruk kopplat till deras yrkesroller. Det finns vissa gemensamma frågor mellan olika respondenter inom denna del för att få en bred syn på särskilda aspekter av återbruk. Resultatet är indelat i underavsnitt för respektive respondent. Frågorna ställs direkt före svaren, markerade med **[F]**.

4.2.1 Landskapsarkitekt

[F]: *På vilka sätt kan betong användas i utomhusmiljöer och/eller inomhusmiljöer för att skapa attraktiva och funktionella utrymmen?*

Landskapsarkitekten menar att betong kan användas på olika sätt i utomhusmiljöer, som marksten och murar. Det påpekas att betongens form kan anpassas för både inomhus- och utomhusprojekt, exempelvis genom grafisk betong som kan bli ett konstverk. För att utforma en inbjudande utomhusmiljö, framhåller landskapsarkitekten vikten av noggrant gestaltade och omhändertagna områden, grönska samt att området bör anpassas till en mänsklig skala för optimal användning och komfort. Slutligen förklarar landskapsarkitekten att betong kan användas för att skapa bänkar och lekplatser, men dess kalla yta gör att det ofta kombineras med material som trä för att öka komforten, till exempel en sittplats.

[F]: *Finns det tekniker för att skapa estetiskt tilltalande och användarvänliga ytor med återbrukad betong som är ekonomiskt lönsamt?*

Landskapsarkitekten syftar till att arbetskraft i Sverige är väldigt kostsam och att en hel del måste förändras. Allt som innebär att någon manuellt polerar eller arbetar för hand kommer att vara betydligt dyrare än att införskaffa ny betong.

[F]: *Vilka utmaningar och möjligheter upplever du finns med återbrukad betong i ditt yrke?*

Återbruk av betong innebär både utmaningar och möjligheter inom byggsektorn enligt landskapsarkitekten. Utmaningarna innefattar bland annat dyra lagerutrymmen och komplicerad juridik, medan möjligheterna handlar om att anpassa sig till en viktig och växande samhällstrend. För att bemöta utmaningarna med återbrukad betong, föreslår landskapsarkitekten att juridiken förenklas och kraven på återbrukat material sänks. Landskapsarkitekten hoppas på en framtid med större användning av återbrukad betong, men påpekar att det är viktigt att ta hänsyn till kostnader och inkludering av både små och stora aktörer i processen.

4.2.2 Miljö- och återbrukssamordnare

[F]: *Hur ser du på dagens största utmaningar med återbruk inom byggindustrin?*

De primära utmaningarna som miljö- och återbrukssamordnaren identifierar om återbruk av betongelement involverar det aktuella ekonomiska klimatet, som anses utgöra både en utmaning och en möjlighet. Kostnaderna för vissa aspekter av återbruksprocessen kan öka, samtidigt som det finns incitament att arbeta med dessa frågor på grund av de stigande kostnaderna. Det anses saknas

färdiga mallar och ramar om hur återbruk ska genomföras i en större skala. En annan betydande utmaning är bristen på modiga aktörer som vill visa vägen för återbruk. Här menar personen att privata företag kan ha större handlingsutrymme jämfört med offentliga aktörer, som begränsas av lagen om offentlig upphandling. Slutligen påpekar personen att implementeringen av återbrukslösningar avancerar långsamt och ifrågasätter varför det exempelvis inte finns en central- eller återbruksdepå i Stockholm.

[...] generellt tycker jag att Sverige är alldeles för mycket av ett administrativt utrednings land. Vi måste sluta hålla på att utreda saker, att skruva sönder saker till de här nivåerna. Saker måste få testas. Vi kan inte lägga tusentals år på att utreda och utreda och så händer det ingenting. Vi måste testa. Vi måste misslyckas [...].

- **Miljö- och återbrukssamordnare**

[F]: *Hur arbetar du med att identifiera och integrera återbruksmaterial i byggprojekt? Vilka kriterier är viktigast när det gäller att välja material för återbruk?*

Primärt arbetar personen med materialinventeringar för att identifiera vilket återbruksmaterial som är tillgängligt och lämpligt för återbruk. Därefter tar personen upp flera kriterier och kritiska riskfaktorer, såsom klimatskal och fukt, ekonomiska värdet eller klimatbesparing för att säkerställa att återbruksmaterialet är lämpligt för användning i ett projekt. Materialets tekniska livslängd är även ett viktigt krav men att inget krav är mer viktigt än andra, det beror på projektet. Genom att kombinera materialinventering med en bedömning av dessa riskfaktorer kan personen effektivt integrera återbruksmaterial på ett hållbart och säkert sätt.

[F]: *Vilka metoder rekommenderar du för att öka återbruket av material inom ett projekt?*

Rekommendation är att inventeringen skall genomföras i tidigt skede innan arkitekten och/eller konstruktören börjar med sitt arbete. Syftet är att yrkesrollerna ska veta vilket material som finns på plats och vad som kan göras med det när projekteringen börjar.

[F]: *Hur arbetar du för att minska byggindustrins miljöpåverkan och bidra till hållbarhet i dina projekt med hänsyn till återbruk? Vilka möjligheter ser du för att öka användningen av återbrukade betongelement?*

Som miljö- och återbrukssamordnare arbetar personen kontinuerligt med miljöfrågor och bidrar till hållbarhet genom sitt arbete varje dag. Personen kommer behöva hålla sig uppdaterad på grund av utvecklingen och möjligheterna anses vara goda.

4.2.3 Konstruktör

[F]: *Vilka är de största utmaningar med att återbruka tunga betongelement med hänsyn till cirkulärt byggande? Specifikt för prefabricerad och platsgjuten betong?*

Konstruktören anser att prefabricerade betongelement är lämpligare för återbruk eftersom de är designade för att flyttas och lyfter fram vikten av noggrann planering vid demontering. Återbruk av platsgjutna betongkonstruktioner är svårare eftersom de är designade för specifika platser och laster, vilket kräver mer specialiserade lösningar. Konstruktören syftar till ett projekt i Uppsala som visar återbrukets utmaningar där platsgjutna bjälklag behöver fler pelare för att stödja lasten. För att övervinna dessa utmaningar rekommenderar konstruktören att entreprenörer bör räkna på återbruk för att avgöra om det är lönsamt och om intresset för återbrukad betong kommer att öka.

Rollen som konstruktör har inte mycket inflytande över det hela eftersom konstruktören arbetar utifrån beställaren eller entreprenörens behov och kravställningar.

Andra konstruktören från Bjerking beskriver utmaningar och faktorer som måste beaktas vid användning av återbrukade betongelement.

Konstruktören menar att bärande betongkonstruktioner har en hög tryckhållfasthet, vanligtvis en kapacitet på 20–28 MPa (N/mm^2), men kan begränsas av faktorer som spjälkning och kross. Detta kräver armering eller ökad tryckyta. Om betongkonstruktionen inte har mothåll, som en balk mellan två stöd, blir andra egenskaper viktiga, såsom dragspänningar som behöver armering. En betongkonstruktion tål i regel mycket tryck, det vill säga betongen har hög tryckhållfasthet. Tvärkraft, skjuvkraft och sprickbildning måste också dimensioneras med armering. Exponeringsfaktorer som salt, vatten och tork påverkar betongen och måste beaktas.

För att återbruka befintliga betongkonstruktioner krävs analyser av klorider, karbonatisering och liknande för att fastställa betongens kondition och inte endast tryckhållfastheten. Användningsområdet för befintliga betongväggar bör övervägas noga eftersom tillämpningsområden kan vara svåra. Det rekommenderas ofta att använda dem inomhus på grund av exponering och armeringens tätskikt. Att återbruka betongplattor kan vara svårt, och armeringens kvalitet måste säkerställas. Korta spännvidder och flersidiga upplag kan övervägas för att använda plattorna. Samverkan med andra konstruktionselement eller stabilisering kräver förankring mellan betongelementet och den omgivande stommen.

4.2.4 Projektchef Castellum

[F]: *Kan du berätta lite om Castellums återbruksprocess och dess rutiner? Hur har Castellums återbruksprocess fungerat i praktiken? Vilka utmaningar och möjligheter har du stött på med era återbruks rutiner?*

Projektchefen nämner att Castellum har en egen återbruksrutin för byggnader som ska återbrukas. Den rutinen redovisas under avsnitt 2.3 och har använts flera gånger sedan tidigare. Castellum har en övergripande målsättning att genomföra återbruksinventeringar i sina ombyggnadsprojekt. Genom att ha en egen rutin för detta kan Castellum säkerställa att deras hållbarhetsmål efterlevs. I samband med Främre Boländerna anlitas särskilda konsultföretag som följer rutinen, i detta fall Bjerking, som genomför återbruksinventeringen, vilket är en central del i återbruksprocessen. Andel projekt som har genomförts med rutinen är runt 22 procent av Castellums totala projekt under år 2022, vilket motsvarar 34 projekt. Utmaningarna som har uppstått under återbruksrutinen inkluderar svårigheter med att lagra och flytta produkter, samt att vissa projektledare inte följer den tillhandahållna återbruksprocessen.

Generellt är det problematiskt med lagring och flytt av produkter mellan projekt. Det kan också vara problematiskt att nå ut till projektledare och få alla att använda rutinen i sina projekt. Vi jobbar med att lösa dessa utmaningar och i dagsläget är vi optimistiska.

- Castellum

[F]: Hur arbetar du för att minska byggindustrins miljöpåverkan och bidra till hållbarhet i dina projekt med hänsyn till återbruk?

Personens arbetsmetodik, som syftar till att minska byggsektorns miljöpåverkan och bidra till hållbarhet, fokuserar på återbruk och delvis återvinning av betong och andra material. Castellum strävar efter att använda återbrukbart och/eller återvunnet material, som plast från havet, återvunnet gips och isolering. Genom dessa initiativ kan personen bidra till en mer hållbar bransch och minska miljöpåverkan med hänsyn till återbruk och återvinning.

[F]: Vilka möjligheter ser du för att öka användningen av återbrukade betongelement?

Personen ser positivt till möjligheten för ökad användning av återbrukade betongelement genom att aktivt samarbeta med branschens olika parter, ta del av rapporter och forskning samt hämta kunskap från konkurrenter och kollegor. Det nämns att det inte är möjligt att veta alla detaljer själva, utan branschen tillsammans behöver samarbeta för att förstå hur återbrukade betongelement kan användas på bästa sätt. Personens syn på möjligheter för återbruk av betongelement innefattar även att undersöka om de kan användas för andra ändamål, såsom parkbänkar eller bord om de inte kan användas för nya bärande stomelement i ett nytt projekt.

[F]: Arbetar du med marknadsföring för återbruk? Vad tror du kommer att ha störst påverkan på din roll under de kommande åren?

Projektchefen arbetar aktivt med att föra konversationer med andra i branschen kring återbruk. Det handlar mycket om att marknadsföra återbruk under genuina lunchsamtal där återbruk nämns bland gamla och nya kollegor. Personen kommer delta i nya kommande projekt där återbruk är aktuellt och där projektchefens roll kan påverkas genom att behöva ansvara över mer om återbruk än tidigare.

4.2.5 Stomentreprenör

[F]: Har ni designat prefabricerade betongelement för att underlätta återbruk i framtiden? I så fall, vilka tekniker använder ni för att göra prefabricerade stommar mer lämpliga för återbruk?

Stomentreprenören har inte designat prefabricerad betong för att underlätta för framtida återbruk. Anledningen till det är att kunden styr verksamheten och eftersom det är svårt att få kunder att betala mer för sådana lösningar när det råder tuff konkurrens och när fokus ligger på kostnads-effektivitet. Utmaningen ligger i att hitta en lösning som är effektiv som de nuvarande metoderna, samtidigt som den möjliggör återbruk. Personens uppfattning är att det är svårt att ligga först i utvecklingen och erbjuda en produkt som kunderna är villiga att betala mer för. Tekniker som använts för att underlätta återbruksprocessen för prefabricerade betongstommar innebär att företaget har skruvat armeringen, i stället för att gjuta och armera. Det påpekas även att kunden styr ifall det ska existera tekniska lösningar för återbruk när prefabricerade betongstommarna monteras ihop på byggplatsen.

Kommer kundkravet om att byggherren ska bygga ett hus och säga att det ska vara tekniska lösningar så att det går att återbruka. Då har man satt ett tydligt krav och då kommer kreativiteten från entreprenörerna och först då blir det skarpt. Det är byggherren som alltså styr det mesta.

- **Stomentreprenör**

[F]: Vilka är de största utmaningarna gällande skapandet av återbrukbar prefabricerad betong i dagsläget? Hur hanterar ni utmaningarna?

De största utmaningarna, enligt stomentreprenören, är återbruk av specifika byggnadselement som har ett särskilt syfte där de har dimensionerats för det ändamålet. Exempel på detta är prefabricerade stommar för hissar, våningshöjder, trappor, pelare etcetera där det skall hittas ett användningsområde som har samma utförande krav som tidigare.

[F]: Kommer HDF betongens karaktär/egenskaper att förändras vid kapning? Hur? Vilka utbildnings- och informationsinitiativ driver ni för att främja kunskaperna om återbruk i betongindustrin?

Det är viktigt att veta hur armeringens är satt och var den kan kapas. Om kapningen görs felaktigt kan elementets egenskaper påverkas, och stomentreprenören anser att konstruktören bör ha god kännedom om var det är möjligt att kapa betongelementet. Företaget bidrar till ökad kunskap genom att delta i återbruksprojekt som Återhus, andra konstellationer och forskningsprojekt. På detta sätt sprids kunskap i företaget fastän inga särskilda interna utbildningar har genomförts.

[F]: Tror du att framtiden kommer inkorporera återbrukat betong i större skala?

Personen tror på goda förutsättningar i framtiden med återbrukat betong och påpekar att det är ett måste på grund av dagens resursanvändning. Det behövs återbruk för att kunna påverka klimatet i en positiv riktning.

4.2.6 Affärsområdeschef

[F]: Hur ser du på dagens största utmaningar med återbruk inom byggindustrin, och hur påverkas din roll av dessa utmaningar?

Utmaningarna som affärsområdeschefen tar upp är bland annat logistiken, såsom mellanlagring. Det måste finnas en plats där allting kan lagras. Om mellanlagringen inte är geografiskt nära det aktuella projektet, kan långa transporter minska miljövinsten och försämra ekonomiska fördelar. Affärsområdeschefen förklarar sedan att det är byggherren som påverkas mest av detta eftersom det är byggherren som måste ta ställning till det hela. För resterande aktörer är det inga större bekymmer.

[F]: Undersöker du tidigare återbrukskompetens hos personal du rekryterar? Om inte, tillhandahåller ni återbruks utbildning för personalen? Hur arbetar du för att minska byggindustrins miljöpåverkan och bidra till hållbarhet i dina projekt med hänsyn till återbruk?

Tidigare återbrukskompetens undersöks inte hos personal som rekryteras. Affärsområdeschefen uttrycker att ingen formell återbruksutbildning ges, men de brukar ordna studiebesök på återbruksprojekt som de genomfört. De har även haft kundevent för att visa upp detta. Affärsområdeschefen menar att de inte har några generella mål för återbruk i företaget men att de arbetar med specifika mål av återbruk i aktuella projekt. Dessa mål definieras i varje projekt med respektive byggherre.

[F]: Vilka möjligheter ser du för att öka användningen av återbrukade betongelement? Arbetar du med marknadsföring för återbruk?

Affärsområdeschefen arbetar inte aktivt med marknadsföring för återbruk, men nämner att det kan förekomma någon form av marknadsföring vid anbud. I dessa sammanhang refereras det alltid till egna och genomförda projekt. Affärsområdeschefen förtydligar även att de ännu inte har arbetat med återbruk av byggelement. Det behövs fler referensprojekt från återbruk, anser affärsområdeschefen. Det ligger på de större byggherrarna att ta sitt ansvar för att få i gång och driva det hela.

4.3 Tryckhållfasthetstest på betongprover från betongväggar

Uppmätta dimensioner och tvärsnittsarea enligt ekvation 2 på provkropp 1 och provkropp 2 framgår av tabell 4.5. Provkropp 2 har en större tvärsnittsarea än provkropp 1. Tvärsnittsarean användes för beräkning av tryckhållfastheten enligt ekvation 1.

Tabell 4.5: Cylindriska provkropparnas radie och tvärsnittsarean.

Provkropp	Cylinderns radie [mm]	Tvärsnittsarean [mm ²] $A_c = \pi \cdot r^2$
1: Märstagatan 2	33	3 421
2: Säbygatan 5	38	4 537

Maximala brottslasten från trycktesterna redovisas i tabell 4.6. Observera att provkropp 2 har en större maximal brottslast än provkropp 1, en skillnad motsvarande 20 000 Newton (N).

Tabell 4.6: Maximala Brottslast F för provkropparna.

Provkropp	Maximala Brottslasten [N] F
1: Märstagatan 2	58 000
2: Säbygatan 5	78 000

Provkropparnas tryckhållfasthet f_c beräknades med ekvation 1 utifrån värdena i tabell 4.5 och 4.6.

$$\text{Provkropp 1 Märstagatan 2} \rightarrow f_c = \frac{F}{A_c} = \frac{58\,000}{3421} = 16,95 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\text{Provkropp 2 Säbygatan 5} \rightarrow f_c = \frac{F}{A_c} = \frac{78\,000}{4537} = 17,19 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

Bild ett och två i figur 4.1 visar provkropparna efter utsatt maximal brottslast. Provkropparna visar båda två godkända brott med hänvisning till figur 3.7 bild ett i avsnitt 3.3 ”Tryckhållfasthetstest på betongprov från Främre Boländerna”. Bild tre och fyra visar provkropparna innan de tagits ut ur maskinen för inspektion.

Examensarbete i byggt teknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement



Figur 4.1: Bilderna 1 till 4 visar de sprickor som uppstått under belastning. Bild 1 visar provkropp 1 och bild 2 visar provkropp 2. Bild 3 och 4 visar provkroppens tillstånd i maskinen efter tryck.

5 ANALYS OCH DISKUSSION

I detta kapitel analyseras och diskuteras resultaten från rapporten i relation till litteraturöversikten, syftet och frågeställningarna. Kapitlet är indelat på samma sätt som resultatdelen, med en gemensam och yrkesspecifik del samt tryckhållfasthetstestet. Varje avsnitt har en analys och en diskussion inkluderat i texten. Dessutom ingår en mer omfattande metoddiskussion där metodval och resultat diskuteras utifrån särskilda perspektiv och reflektioner.

5.1 Gemensamma intervjufrågor

Del 1: Bakgrund och erfarenhet

Resultatet från intervju del ett angående respondenternas svar från avsnitt 4.1.1 indikerar en omfattande kompetens inom byggsektorn med många års erfarenhet, från 5 till 37 år. Deras expertis inom yrkesrollerna skapar en etablerad grund för att uppnå syftet med rapporten: att öka kunskapen om återbruk av betongelement och främja nya lösningar för en mer hållbar utveckling. Resultatet från del ett pekar på att deras bakgrund bidrar till förståelsen för utmaningar och lösningar kring återbruk av både prefabricerad och platsgjuten betong.

Resultatet av intervjusvaren indikerar att 83 procent av respondenterna använder dessa koncept i deras roller. Konstruktören medgav att i sin roll används inte begreppen lika aktivt som resterande. Respondenterna från intervjuerna understryker betydelsen av att bevara och underhålla befintliga byggnader, reducera avfall, optimera resursanvändningen och minska utsläpp, vilket är i enlighet med hur andra myndigheter och fakulteter definierar cirkulär ekonomi som hittas i litteraturöversikten i avsnitt 2.5. Svaren visar en bred enighet om att cirkulär ekonomi bör tillämpas i större utsträckning men medger att det är komplext eftersom byggsektorn är konservativ och långsam när det gäller förändring. Ett återkommande tema som framträder från både litteraturöversikten och intervjuerna är att utbildning, forskning och samarbete mellan aktörer är viktiga faktorer för att främja denna förändring. Trots att det föreligger utmaningar och hinder att övervinna visar intervjuerna och litteraturöversikten att det är nödvändigt att eftersträva en mer hållbar och resurs-effektiv byggsektor.

Del 2: Återbruk av betong

Resultatet av respondenternas svar från avsnitt 4.1.2 visar att det finns en gemensam positiv syn på återbruk av betong och det är en nödvändighet för att främja en mer hållbar utveckling inom byggsektorn. En gemensam åsikt bland respondenterna är att det finns möjligheter att implementera och utveckla återbruk av betong i den befintliga marknaden, men att det finns risker med dyra kostnader som återbruk kan medföra. Slutligen framhåller de att det finns utmaningar att övervinna, men att betongens långa livslängd och möjligheten att återbruka erbjuder goda förutsättningar för att integrera återbruk i olika byggprojekt. Det finns en gemensam förståelse för fördelarna och nackdelarna med återbruk av betongelement inom byggsektorn. I tabell 5.1 betonar övervägande delen av respondenterna att återbruk av betong är miljövänligare och bidrar till resursminimering.

Tabell 5.1: För och nackdelar med återbruk av betong. X=Yrkesrollernas svar om deras åsikter.

För och nackdelar med återbruk	LA	MÅ	K	PC	SE	AC
Fördelar						
Lägre klimatpåverkan	X	X		X		X
Resursminimering	X					
Ny användning i stället för deponi			X			
Minskad användning av ny betong				X	X	
Nackdelar						
Högre kostnader	X	X		X		
Tekniska aspekter	X	X		X		
Svårt att hitta ny funktion			X		X	
Svårt att plocka ner ett betonghus						X

LA=Landskapsarkitekt. MÅ=Miljö och Återbrukssamordnare. K=Konstruktör. PC=Projektchef Castellum. SE=Stomentreprenör. AC=Affärsområdeschef.

Resultatet visar att 50 procent av respondenterna anser att höga kostnader och tekniska aspekter är de mest framträdande nackdelarna med återbruk. Svaren är ense med studierna från Asien och Danmark som påpekar kostnader och de tekniska aspekterna som en utmaning [16], [11]. Detta belyser vikten av att identifiera och övervinna dessa utmaningar för att underlätta återbruksprocessen. Resultatet visar även ett bekymmer att hitta nya funktioner för det gamla betongmaterialet, vilket även White arkitekter anser kan vara en begränsning [74]. Detta pekar på behovet av att utveckla nya lösningar och strategier för att integrera återbrukade betongelement i stadsutvecklingsprojekt.

Majoriteten av respondenterna har observerat en ökad medvetenhet och intresse för återbruk som indikerar en förändring i attityder. Dessa förändrade attityder manifesteras i inkluderingen av återbruk i företagsstrategier och en ökad efterfrågan från beställare, byggherrar och hyresgäster. Konstruktören har inte märkt någon särskild förändring i attityder kring återbruk av betong men att det finns utrymme för ytterligare utveckling och konkretisering av dessa förändringar.

Del 4: Framtida utveckling och samarbete

Respondenternas syn på samarbete för att utveckla återbruksmetoder för betongelement hittas under avsnitt 4.1.3 där resultatet visar att öppenhet och samverkan mellan parter är kritiska faktorer för att främja utvecklingen inom området. Gemensamt för respondenterna är att de betonar vikten av att dela kunskap, erfarenheter och resurser för att hitta bättre lösningar och undvika misstag. Samarbeten är generellt beroende av det finns ett projekt med en tydlig plan, engagerad personal och att projektet är finansierat enligt respondenternas svar under intervjuerna. Större företag och offentliga aktörer har en avgörande roll i att driva utvecklingen av återbruk framåt och de bör söka samarbete mellan varandra för att uppnå både ekonomiska- och miljömässiga fördelar. Göteborg stad har inlett ett brett samarbete mellan flera stora aktörer vilket indikerar att samarbete med återbruk är aktuellt i dagsläget som är i linje med respondenternas syn på samarbete [87], [88]. För att uppnå rapportens syfte att öka kunskaperna med återbruk är det därför viktigt att samarbete mellan olika parter sker kontinuerligt för informationsbyte.

Några respondenter poängterar att det krävs en förändring i branschens attityder, där aktörer inte ser varandra som konkurrenter utan som partners för att arbeta mot Sveriges miljö- och klimatmål. Därvid kan framtida policyutvecklare inom företagen behöva ta hänsyn till de olika utmaningar och potentiella konflikter som kan uppstå när samarbete mellan konkurrerande aktörer eftersträvas. Flexibilitet, ansvar och förståelse för vad återbruk innebär anses vara viktiga faktorer. Denna synvinkel är viktig att beakta, men det är också viktigt att fundera över de befintliga ekonomiska och konkurrensmässiga utmaningarna som företag står inför. Resultatet tyder på att samarbete mellan olika aktörer är en viktig komponent för att utveckla och förbättra tekniker för återbruk av betongelement. Genom att dela kunskap, erfarenheter och resurser kan branschen tillsammans övervinna hinder och hitta nya hållbara lösningar.

I utvecklingen mot en mer cirkulär och hållbar riktning inom byggsektorn finns det ett gemensamt mönster mellan respondenternas svar, dock med olika förväntningar. Det är tydligt att respondenterna förmodar att deras yrkesroller kommer att utvecklas i en positiv riktning i samband med den gröna omställningen, men att denna utveckling också kommer att innebära utmaningar och krav på förändring och anpassning inom deras roller.

Del 5: Avslutning

I den avslutande delen av intervjustudien fick respondenterna en möjlighet att nämna egna tankar och insikter om återbruk som inte hade tagits upp under intervjun. I avsnitt 4.1.4 visar resultatet ett gemensamt mönster: vikten av att öka medvetenheten om hållbarhet och att främja återbruk av olika material för att minska resursslöseri och koldioxidavtryck. Detta är något som majoriteten av respondenterna nämner. Miljö- och återbrukssamordnaren betonar beteendeförändringar och uppmuntrar en kultur där återbruk prioriteras framför att köpa nytt. Det föreslås att Sverige i framtiden kan införa återbruksmarknader, vilket skulle kunna underlätta återbrukshantering i större skala. Resultatet framhäver att det finns tydliga möjligheter men även hinder som måste övervinnas för att nå Sveriges miljö- och klimatmål samt en cirkulär och hållbar byggsektor.

5.2 Yrkesspecifika intervjufrågor

Varje avsnitt i denna analysdel motsvarar en frågeställning. Respondenternas svar från resultatet i avsnitt 4.2.1 delas in i respektive underrubrik. I tabell 5.2 redovisas hur varje respondent förhåller sig till enskilda frågeställningar.

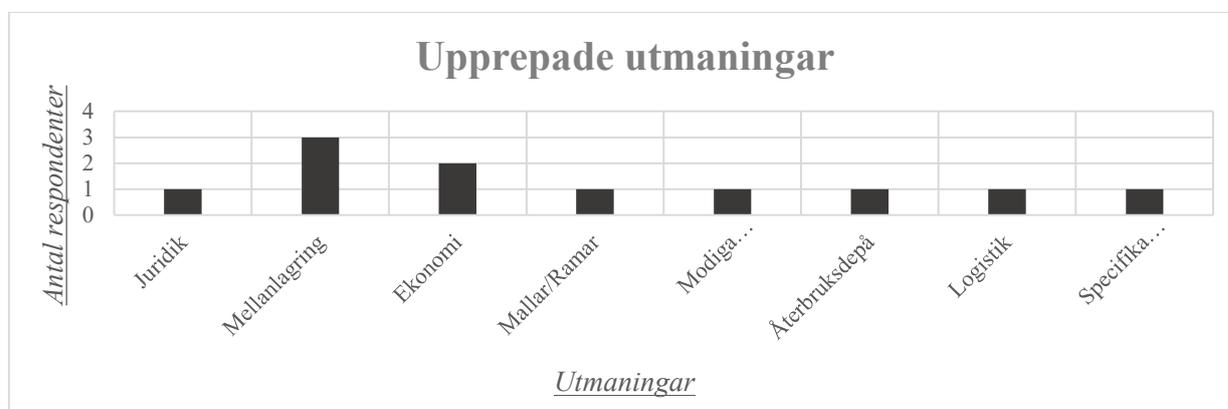
Tabell 5.2: Respondenternas roller i förhållande till frågeställningarna.

<i>Respondent och deras yrkesroll</i>	<i>Frågeställning</i>
<i>Landskapsarkitekt</i>	Fråga 1 & 2
<i>Miljö & Återbrukssamordnare</i>	Fråga 1
<i>Konstruktör</i>	Fråga 1
<i>Projektchef Castellum</i>	Fråga 1 & 2
<i>Stomentreprenör</i>	Fråga 1
<i>Affärsområdeschef</i>	Fråga 1

5.2.1 Utmaningar och möjligheter med återbruk av betongelement

Utmaningar

Detta avsnitt framställer data av utmaningarna som identifierats baserat på respondenternas svar. I figur 5.1 presenteras en systematisk sammanställning av respondenternas åsikter. Syftet med denna sammanställning är att tydliggöra antalet respondenter som delar samma åsikt. Resultaten från del tre av intervjustudien indikerar att det finns flera utmaningar som påverkar återbruk av material inom branschen, vissa mer än andra. En av de största utmaningarna är mellanlagring, som betonas av hälften av respondenterna. Detta pekar mot behovet av att utveckla effektiva och hållbara lösningar för lagring av återbrukat material. En möjlighet är att investera i utveckling för att skapa innovativa lösningar, såsom modulära och skalbara lagerlokaler. Ett annat övervägande är att förbättra samarbetet mellan företag och organisationer för att dela befintliga lagerutrymmen och resurser, vilket kan minska kostnaderna och miljöpåverkan. Ekonomiska faktorer, såsom höga kostnader framhävs också som en kärnfråga av två respondenter.

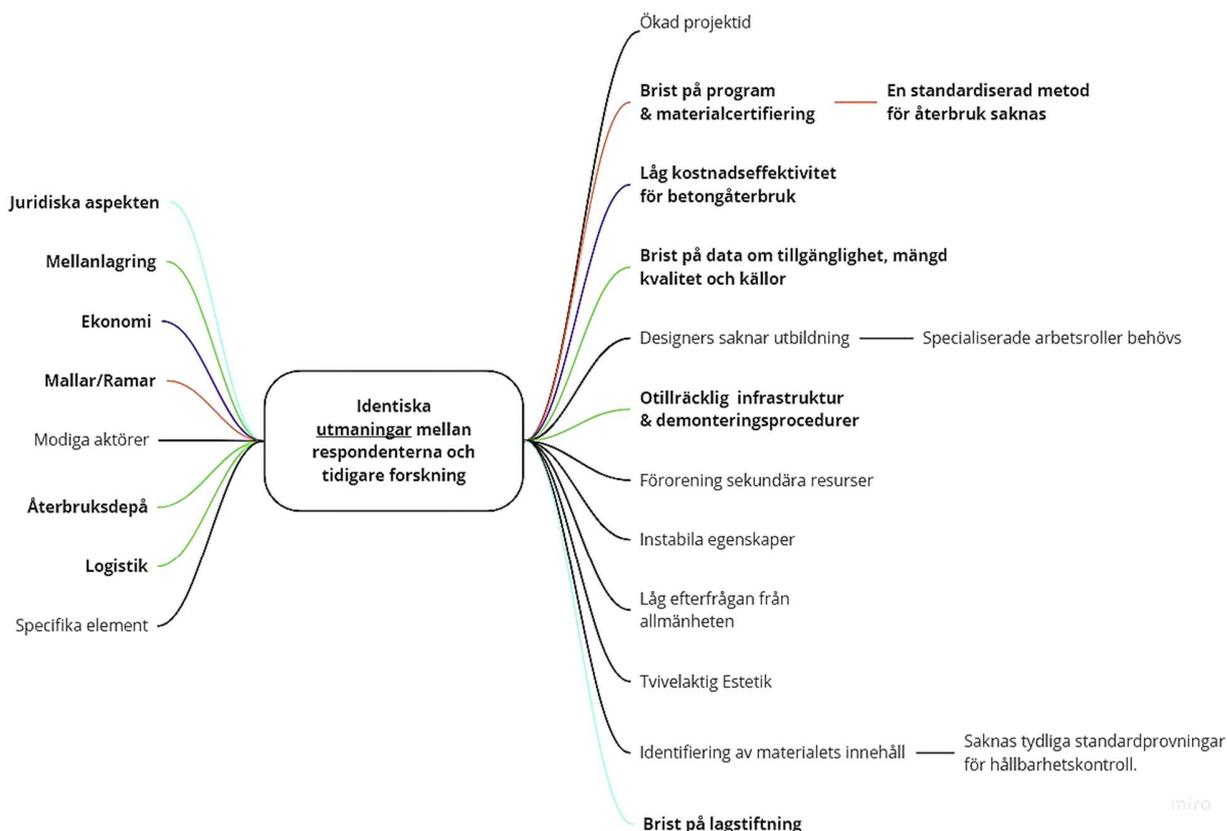


Figur 5.1: Svar kring utmaningar av återbruk från respondenterna.

Studier från Schweiz och Nederländerna menar däremot att återbruk kan medföra lägre kostnader vilket motstrider intervjustudien [12], [85]. Det kan vara nödvändigt att undersöka alternativa finansieringslösningar eller incitament för att göra det mer attraktivt och ekonomiskt hållbart för företag och organisationer. Detta kan innebära att skapa statliga eller regionala subventioner för företag som investerar i återbruk, samt att utforma skatteincitament för att uppmuntra hållbara byggpraktiker. Respondenterna nämner också andra problem som juridiska frågor, brist på mallar och ramar för återbruk, återbruksdepåer, logistikproblem och brist på specifika lösningar för betongelement.

Respondenternas angivna utmaningar visar en viss överensstämmelse med befintlig forskning och examensarbeten inom området, som presenteras i avsnitt 2.7. Figur 5.2 jämför respondenternas utmaningar med de utmaningar som tidigare identifierats i dagsläget [16], [11]. Färgkodning indikerar likheter mellan utmaningarna, medan svart färg representerar avsaknad av likhet. Eftersom figuren förenklar utmaningarna jämfört med deras ursprungliga beskrivning kan en mer detaljerad beskrivning av enskilda utmaningar hittas i avsnitt 4.2. Några mönster kan observeras i figuren. Utmaningarna gällande juridiska aspekten, mellanlagring, återbruksdepå och logistik korrelerar med bristen på data om tillgänglighet och otillräcklig infrastruktur. Respondenternas uppfattning om mallar och ramar stämmer överens med bristen på program och materialcertifiering samt avsak-

naden av en standardiserad metod för återbruk. Ekonomiska utmaningar hos respondenterna återspeglar låg kostnadseffektivitet för betongåterbruk. Av de åtta identifierade utmaningarna var endast två av dem inte nämnda i tidigare forskning. Dessa var: modiga aktörer och specifika element. Det innebär att 75 procent av utmaningarna som identifierats i intervjustudien även redovisas i tidigare forskning. Dock representerar detta endast 42 procent av de utmaningar som tidigare forskning har tagit upp.



Figur 5.2: Identiska svar runt utmaningar mellan respondenternas svar och tidigare forskning. Vänstra kolumnen visar respondenternas svar och högra visar tidigare forskning.

Enligt studie från Danmark [11], konstruktörernas, stomentreprenörens och miljösamordnarens perspektiv ges en tydlig bild av de tekniska utmaningarna med återbruk av prefabricerad och platsgjuten betong. För platsgjuten betong är den största utmaningen att konstruktioner är designade för specifika platser och laster, vilket kräver flera stödpelare vid demontering. Detta stämmer överens med studien som visar att det kan innebära en högre komplexitet vid demontering jämfört med standardrivning. Konstruktörerna föreslår att entreprenörer bör göra kostnadsberäkningar för att avgöra om återbruk är lönsamt i dessa fall. Återbruk av betong kräver analyser av klorider, karbonatisering och inte endast tryckhållfasthet. Det kan vara utmanande att hitta ett lämpligt användningsområde för återbrukade betongmaterial. Däremot visar genomförda projekt både i Sverige och övriga Europa att det mycket väl går att återbruka betong på olika sätt, inklusive i form av väggar, bjälklag och fundament till lägenhetskomplex [12], [77]. Utmanande, men inte omöjligt. Vid återbruk måste armeringens kvalitet säkerställas, och aspekter som korta spännvidder, flersidiga upplag och förankring kan övervägas för att säkerställa samverkan och stabilisering.

Miljösamordnaren framhäver vikten av materialinventering och en holistisk bedömning av kriterier och riskfaktorer, såsom klimatskal, fukt, ekonomiskt värde, klimatbesparing och teknisk livslängd. Det betonas att ingen faktor är viktigare än någon annan och att det beror på projektets specifika förutsättningar. Stomentreprenören nämner att det finns tekniska lösningar för att underlätta återbruk av prefabricerade betongstommar, men det krävs engagemang från kunder, expertis inom armering och kapning samt samarbete mellan olika yrkesgrupper för att uppnå en framgångsrik återbruksprocess. Sammanfattningsvis visar dessa perspektiv att återbruk av prefabricerad och platsgjuten betong innebär en rad utmaningar som kräver samarbete, ökad utbildning och medvetenhet, samt anpassning av befintliga metoder och processer. Att övervinna dessa utmaningar är avgörande för att främja en mer hållbar och cirkulär ekonomi inom byggssektorn.

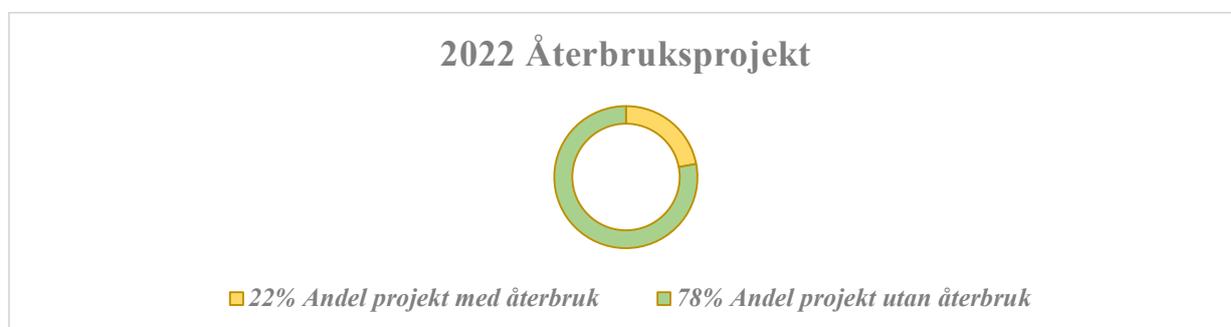
Möjligheter

Under avsnitt 4.2 belyste några respondenter möjligheterna med återbruk, där vissa aspekter indikerades. Affärsområdeschefen betonar vikten av fler referensprojekt och ansvarstagande från större byggherrar för att främja återbruk. Projektchefen vid Castellum ser positivt på ökad användning av återbrukade betongelement, medan miljö- och återbrukssamordnaren framhåller att återbruk är ett aktuellt ämne med goda möjligheter utifrån befintliga rapporter. Landskapsarkitekten identifierar möjligheter med återbruk genom att anpassa sig till en viktig samhällstrend och föreslår att övervinna utmaningar skulle underlätta processen och öka möjligheterna för återbruk av betong. Mönstret som framträder är att respondenterna ser potentialen i återbruk och erkänner behovet av att anpassa sig till en växande samhällstrend. De betonar vikten av att främja återbruk genom referensprojekt, ansvarstagande från större aktörer, och en inkluderande process för alla inblandade parter.

5.2.2 Användning av återbrukade betongväggar i Främre Boländerna

Återbruksrutin för Främre Boländerna

Castellum kommer använda sig av deras egen återbruksrutin i Främre Boländerna för deras kommande fastigheter i området. Bjerking kommer anlitas för att genomföra Castellums återbruksrutin, varvid inventeringen är en viktig del av processen. Figur 5.3 visar att totalt har 22 procent, motsvarande 34 projekt, genomförts med rutinen under år 2022. Detta indikerar att rutinen är prövad inför Främre Boländerna. Trots framgång med Castellums återbruksrutin finns det fortfarande utmaningar, som mellanlagring och transport. Dessa utmaningar är inte unika för Castellum, utan gäller för återbruk generellt. Dessutom finns det friktioner i processen, som att få projektledaren att följa återbruksrutinen, vilket kan försvåra genomförandet av återbruk. För att förbättra situationen krävs det ett samarbete mellan aktörer inom ramen för återbruksrutinen.



Figur 5.3: Andel projekt som Castellum har återbrukat 2022.

Betongens andra tillämpningsområden utöver bostäder och kontor

Både landskapsarkitektens och projektchefens svar visar att återbrukad betong kan användas i utomhusmiljöer. Landskapsarkitekten nämner exempelvis marksten, murar, bänkar och lekplatser, medan Castellum diskuterar möjligheten att använda återbrukad betong för parkbänkar eller bord. Båda betonar att betong kan anpassas för olika ändamål och kombineras med andra material för att öka komforten. Resultatet stämmer överens med tidigare forskning, där studier från Schweiz, Nederländerna och Indonesien visar att återbrukad betong kan användas för en mängd andra syften i utomhusmiljöer som: gångbroar, parkeringsbeläggning, stöd till pelare, utställningspaviljonger, modulära utomhusmöbler och schackset [12], [78], [79]. Detta betonar att återbruk av betong kan användas i andra områden än enbart bostäder eller kontor, vilket innebär en mer hållbar och resurseffektiv användning av material inom byggsektorn och stadsutveckling.

5.3 Tryckhållfasthetsanalys på betongprover

De testade betongprovernars tryckhållfasthetsvärden från betongväggarna tyder på att de är passande för allmänna konstruktioner, men otillräckliga för kommersiella konstruktioner som bärande element. Enligt konstruktören och betongföretagen används för närvarande betong med en tryckhållfasthet över 28 MPa för nya kommersiella konstruktioner, medan allmänna konstruktioner kräver en tryckhållfasthet mellan 15 och 30 MPa [72], [73]. Tryckhållfasthetstestets resultat visar dock två värden på 16,95 och 17,19 MPa, vilket innebär att dessa värden inte uppfyller den standard som vanligtvis används för kommersiella konstruktioner, men kan vara lämpliga för allmänna konstruktioner. Sprickbildningen hos provkropparna i avsnitt 4.3 är däremot godkända enligt figur 3.7, där sprickorna motsvarar bild ett, vänster brottbild.

5.4 Metoddiskussion

Översiktsmetod

Rapporten använde en blandad metodik för att på ett adekvat sätt besvara syftet och frågeställningarna, vilket ansågs möjliggöra en djupare förståelse för ämnet, eftersom det var ett nytt område för författarna. Det bedömdes att en analys av både intervjuer och ett tryckhållfasthetstest var en lämplig strategi för att utforska ämnet. Metodvalet visade sig vara effektivt, men i retrospektiv kunde vissa aspekter hanterats annorlunda. Det hade varit önskvärt att inkludera fler numeriska värden av datan från cylinderprovkropparna för att uppnå en mer balanserad studie. De kvantitativa tryckhållfasthetstesterna var inte lika djupgående som den kvalitativa datan från intervjustudien. En styrka med denna metodik, som tidigare nämnt, är att den kombinerar insikter från båda forskningsvärldar.

Ursprungligen var avsikten att enbart genomföra en kvalitativ studie, bestående av intervjuer och eventuellt en enkätundersökning, för att erhålla en översikt över återbrukets nuvarande status. Emellertid, efter diskussioner med handledare och ämnesgranskare, bedömdes det vara lämpligt att integrera ett numeriskt moment (laboration) som undersöker tekniska aspekter av betongen. En svaghet med att använda 'Explorativ Sekventiell Design' som metod var att det blev något mer komplicerat och tidskrävande att utforma rapporten. Detta krävde noggrann planering och koordinering av arbetet för att säkerställa att resultaten från de olika delarna kompletterade varandra och bidrog till en större helhetsförståelse. Det fanns en risk att det skulle bli svårt att koppla samman resultaten från intervjustudien och laboratorieexperimenten till en gemensam slutsats med en tydlig röd tråd.

Intervjustudie

För att utföra den kvalitativa undersökningen i rapporten användes en semistrukturerad intervjustudie. Den kombinerar både strukturerade och ostrukturerade inslag och ger utrymme för att ställa ytterligare frågor baserat på respondentens svar. Vid urval av respondenter var det viktigt att hitta människor som var aktiva inom flera områden i byggsektorn och inte enbart inom ett specifikt yrkesområde. Detta var inte ett stort hinder och alla respondenter hittades relativt snabbt vilket underlättade processen att inleda med intervjumallarna. Däremot kom majoriteten av respondenterna från samma företag, vilket kan bidra till en viss partiskhet i svaren. Det skulle önskas att det fanns en större variation av respondenterna från olika företag för en mer opartisk och heltäckande resultatanalys. Genom att intervjua personer med olika perspektiv och kompetens kunde studien sammanställa en mer omfattande förståelse av ämnet.

Svagheter som måste tas i beaktande inkluderar att semistrukturerade intervjuer kan vara mer tidskrävande än till exempel strukturerade intervjuer, samt att det finns en potentiell risk för subjektivitet vid dataanalysen. Dessutom upplevdes det att vissa insamlade svar var svåra att jämföra och analysera på grund av deras varierande natur. En del svar som erhöles under de gemensamma och yrkesspecifika delarna av intervjuupplägget var identiska, vilket medförde att analysen blev något mer tidskrävande och komplicerad. En ostrukturerad intervjustrategi skulle troligen generera djupare och mer detaljerade data, men samtidigt vara svårare att analysera och generalisera. Därmed användes en semistrukturerad intervjustrategi i denna studie för att kombinera fördelarna från båda strategier och besvara syftet på ett adekvat sätt i resultatet.

Verbatim-metoden användes vid transkribering av intervjuerna för att säkerställa att ingen viktig information förbisågs, eftersom varje ord från respondenterna ansågs vara betydelsefullt och författarna utforskade ett nytt ämnesområde. En bieffekt av denna metod var den långa tidsåtgången, eftersom det ofta krävdes upprepade uppspelningar av ljudfilen för att fånga allt som sagts. När transkriberingen genomfördes användes en programvara med särskilda inställningar för att spela in ljudfilen. Inställningarna medförde att endast respondenternas röst hördes vid uppspelning i efterhand. Detta medförde svårigheter att identifiera vilka svar som tillhörde vilka frågor. Arbetet blev mer tidskrävande, dock påverkade det inte resultatet.

Tryckhållfasthetstester i laboratoriet

Detta avsnitt av studien behandlar den kvantitativa metoden som använts. Tryckhållfasthetstester genomfördes på Bjerking's laboratorium. Detta medförde en ökad förståelse för processen, från att ta betongprover från fastigheterna till att utföra trycktester. Det erhöles numeriska värden som kunde analyseras i relation till vad konstruktörerna hade uttryckt under intervjuerna angående krav för återbruk av betongväggar. Emellertid fanns endast två provkroppar tillgängliga, vilket medförde en begränsning. Flera provkroppar skulle ha varit mer fördelaktiga av flera skäl. För det första skulle noggrannheten och precisionen i resultaten öka, eftersom eventuella ojämnheter eller defekter i materialet kan kompenseras genom att jämföra provkropparna sinsemellan. För det andra skulle fler provkroppar bidra till att säkerställa reproducerbarheten av resultaten, vilket är viktigt för att kunna dra tillförlitliga slutsatser från testerna. Dessutom möjliggör användningen av flera provkroppar statistiska analyser av resultaten, vilket ger en bättre förståelse för materialets egenskaper och beteende. Detta underlättar bedömningen av om skillnaderna mellan provkropparna beror på slumpmässiga variationer eller faktiska skillnader i materialegenskaperna. Slutligen kan användningen av fler provkroppar även bidra till att upptäcka anomalier och utesluta experimentella fel som skulle kunna leda till osäkrare resultat.

Studiebesök

Syftet med studiebesöket i Främre Boländerna var att uppnå en djupare förståelse för området och ämnet återbruk. Denna kontextuella insikt bidrog till en mer fördjupad bild av ämnesområdet, vilket gav upphov till nya tankar och funderingar. Platsen där provkropparna samlades in besöktes, och väggarna kunde observeras, vilket ökade rapportens tillförlitlighet ytterligare. Provtagningsprocessen observerades inte, vilket försvårar verifieringen av att metoden följde den svenska standarden 12390-3:2009. På grund av detta anses författarna vara andrahandskällor och behöver förlita sig på att provtagarna har utfört arbetet korrekt.

Litteraturöversikt

Flera metoder för genomförandet av litteraturöversikt undersöktes. I boken Forskningsmetodik presenterades en metod med tio steg för att utföra en litteraturöversikt. Efter att ha granskat dessa steg, fattades beslutet att följa metoden, men med vissa modifikationer. I denna studie användes endast åtta av de tio stegen, eftersom två av stegen ansågs vara för omfattande och tidskrävande att genomföra med hänsyn till studiens avgränsningar. När en förståelse för syftet och preliminära frågeställningarna hade uppnåtts, påbörjades litteraturöversikten. Det uppstod även svårigheter att hitta lämpliga sökord och sökstrategier.

Efter en del ansträngningar och omformuleringar har studien kunnat lokalisera relevanta källor med rätt kontext för ämnet. Svårigheten att hitta svenska vetenskapliga artiklar ledde till att studien utvidgade sin sökning till en global skala för att hitta det efterfrågade materialet. I denna process har förvirring uppstått kring hur vissa engelskspråkiga länder definierar begreppet ”återbruk” och om de använder termerna ”recycle” eller ”reuse”. Vissa artiklar har använt ”recycle” i sammanhanget av ”reuse” och ibland har ”reuse” ansetts som en synonym för ”recycle”, återvinning. Således har vissa vetenskapliga artiklar behövt granskas noggrant och eventuellt ersättas. Detta har varit tidskrävande eftersom majoriteten av källorna har fokuserat på återvinning av betongaggregat snarare än återbruk av betongelement. Följaktligen har vissa källor hämtats från USA och Asien.

Litteraturöversikten har upplevts som strukturerad och systematisk under hela processen. Det var tydligt vad som behövde göras och hur det skulle organiseras i rapporten. Totalt har lite mer än 90 källor använts på grund av ämnets bristfälliga tillgänglighet. Syftet med att samla in den mängden källor har varit att hitta en bred variation av material och inte begränsa sig till endast en typ av källa eftersom ämnet är relativt nytt för allmänheten. Detta har ansetts ha en positiv inverkan på rapportens resultat, eftersom svaren från intervjuerna har kunnat stärkas av ett brett spektrum av källor.

Angående tryckhållfasthetskrav för allmänna och kommersiella konstruktioner hittades inga svenska skriftliga källor och således behövdes källor från USA användas. Utöver bidrog konstruktören med sina åsikter kring kraven. Även om dessa källor kan erbjuda betydande information, kan de amerikanska förhållandena och normerna avvika från de svenska vilket är viktigt att komma ihåg. Skillnader i kulturella, geografiska eller lagstiftningsmässiga aspekter mellan länderna kan påverka hur dessa värden kan tillämpas på svenska förhållanden.

Felkällor

I denna studie har ämnet återbruk av betongväggar och betong generellt analyserats med syfte att öka kunskaperna kring dess komplexitet och relevans. Det är viktigt att reflektera över och redogöra för potentiella felkällor som kan ha påverkat resultaten och slutsatserna. Genom att identifiera och diskutera dessa felkällor kan studiens trovärdighet stärkas och bidra till ökad transparens och kritisk granskning. I tabell 5.3 redovisas tänkbara felkällor som kan ha påverkat studiens utfall.

Tabell 5.3: Felkällor och förklaring varför det är en felkälla. Parentesen visar vart en större diskussion om felkällan kan lokaliseras i metoddiskussionen.

Felkälla	Förklaring
<i>Antal provkroppar (Tryckhållfasthetstester i laboratoriet)</i>	Mer tillförlitligt resultat och analys ifall det fanns fler provkroppar.
<i>Val av programvara för inspelning av intervjuer. (Intervjustudie)</i>	Man hörde enbart respondentens röst. Säkrare transkribering ifall bägges röst hördes i inspelningen än enbart respondentens.
<i>Begränsad variation på vilket företag respondenterna representerade (Intervjustudie)</i>	Majoriteten av respondenterna var från Bjerking som är en samarbetspartner i studien. Risk för subjektivt svar.
<i>Engelsk definitionsfråga kring återbruk. Recycle eller Reuse? (Litteraturoversikt)</i>	Oklarhet kring hur vissa institutioner definierar återbruk i engelska artiklar.
<i>Många källor (90+). (Litteraturoversikt)</i>	Finns risk för inkludering av felaktig eller föråldrad information.
<i>Olika användningsområden av betong i nya konstruktioner utifrån tryckhållfasthet. (Litteraturoversikt)</i>	Källorna som hänvisas till i detta avsnitt härrör från amerikanska webbsidor. Därför rekommenderas att värdena i detta avsnitt betraktas med viss försiktighet, då de kan skilja sig från de svenska förhållandena.
<i>Ingen fysisk observation när provkropparna togs från väggarna. (Studiebesök)</i>	Härmed måste det förlitas på vad andra säger, att det genomfördes på ett korrekt sätt. Ingen förstahandskälla.

Vectura AB:s deltagande i studien

Informationen om Vecturas involvering i studien erhöles sent i studiens gång, vilket ledde till problem med att koordinera intervjuer med representanter från företaget. Tidsbristen ledde till svårigheter att genomföra en intervju, vilket innebär att Vectura inte är inkluderat i studiens resultat och analys. Trots detta fattades beslutet att inkludera Vectura i studiens inledande del för att framhäva att det inte enbart är Castellum som är en stor aktör i Främre Boländerna. Det hade naturligtvis varit önskvärt att intervjua projektchefen från Vectura för att bidra till ett mer omfattande resultat.

6 SLUTSATSER

Slutsatsen presenterar vad studien har kommit fram till för respektive frågeställning. Vissa delar av analysen och diskussionen har inte tagits med i slutsatsen eftersom de inte direkt besvarar frågeställningarna. I kapitlet behandlar det första och andra stycket första frågeställningen, medan det sista stycket behandlar den andra frågeställningen. Vidare ges förslag på fortsatt forskning.

Studien finner att de **främsta generella utmaningarna** med att återbruka betongelement inom byggsektorn är: mellanlagring, ekonomiska faktorer, juridiska frågor, brist på mallar och ramar, återbruksdepåer och logistikproblem. För att övervinna dessa utmaningar kan byggsektorn undersöka innovativa lösningar för lagring, förbättra samarbete mellan företag och konkurrenter, skapa incitament och alternativa finansieringslösningar samt anpassa lagstiftning och riktlinjer. En av orsakerna till utmaningarna är brist på erfarenhet och kunskap eftersom ämnet återbruk är relativt nytt. Studien finner att **möjligheterna** för återbruk inom byggsektorn i framtiden ser lovande ut, vilket huvudsakligen kan tillskrivas respondenternas positiva attityd samt deras engagemang för att främja cirkulär ekonomi och minska miljöpåverkan.

Studien finner att de **tekniska utmaningarna** med återbruk av prefabricerad och platsgjuten betong är följande: komplexiteten i demontering av platsgjuten betong, behovet av att analysera betongens tekniska egenskaper som påverkar betongens prestanda, säkerställande av armeringens kvalitet, samt att hitta lämpliga användningsområden för specifika återbrukade betongelement. Lösningar till både de tekniska och generella utmaningarna innefattar samarbete, expertis inom armering och kapning, samt anpassning av befintliga metoder och processer.

Slutligen undersöker den sista frågeställningen i studien möjligheterna för att använda återbrukade betongväggar i Främre Boländerna. Baserat på utförda tryckhållfasthetstester erhålls värden på 16 och 17 MPa, vilket ligger inom intervallet för allmänna konstruktioner (15–30 MPa) som en bärande betongstomme. Dock är dessa tryckhållfasthetsvärden otillräckliga för kommersiella konstruktioner, där kraven på en ny bärande betongstomme anses vara över 28 MPa. Studien finner därmed att betongen från Främre Boländerna, enbart utifrån tryckhållfastheten **inte är lämplig** för återbruk som en ny bärandestomme i kommersiella konstruktioner. Däremot finns det **goda möjligheter** att använda betongen i allmänna konstruktioner, icke bärande ändamål, i utomhusmiljöer som parkbänkar, bord, lekplatser och murar. Däremot påpekas det att andra faktorer också behöver iaktas för en helhetsbedömning och inte endast tryckhållfastheten. Ytterligare analyser av provkropparna är dock nödvändiga för att verifiera andra tekniska egenskaper, såsom karbonatisering, kloridinhåll och eventuella ytterligare faktorer.

6.1 Förslag på fortsatt forskning

Flera funderingar har belysts under rapportens gång och nedan redogörs en lista på förslag för de mest aktuella fokusområdena för vidare forskning:

- Undersöka hur mellanlagring kan vidareutvecklas både på en nationell och regional nivå.
- Undersöka fler faktorer för återbrukade betongelement än endast tryckhållfastheten. Det kan inkludera en kombination av karbonatisering, armeringsskikt, tryckhållfastheten, farliga ämnen och fukt.
- En mer djupgående kvantitativ studie för provtagningen av återbrukade betongen. Detta innebär fler provkroppar än endast två som i denna studie.
- Undersöka hur en mall för återbruk kan skapas som alla i branschen kan använda lättillgängligt. Mallen skulle även kunna testas praktiskt för att se hur det fungerar.
- Undersök möjligheter att förenkla lagstiftningen för återbruk. Här kan det vara lämpligt att rådfråga jurister inom byggsektorn.
- Utföra en ekonomisk granskning ifall det är lönsamt med återbruk.

7 REFERENSER

- [1] Naturvårdsverket, "Klimatförändringar," 15 1 2022. [Online]. Available: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/>. [Använd 20 april 2023].
- [2] IPCC, "SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT," 2023.
- [3] WWF, "Konsekvenser av global uppvärmning," [Online]. Available: <https://www.wwf.se/klimat/konsekvenser/>. [Använd 8 maj 2023].
- [4] Naturvårdsverket, "Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk," [Online]. Available: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/>. [Använd 20 april 2023].
- [5] Boverket, "Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn," 9 1 2023. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>. [Använd 20 april 2023].
- [6] C. R. Gagg, "Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis," *Engineering Failure Analysis*, vol. 40, pp. 114-140, 5 2014.
- [7] Concrete, "The birth of modern concrete," [Online]. Available: <https://www.concrete.org.uk/fingertips-nuggets.asp?cmd=display&id=446>. [Använd 20 april 2023].
- [8] M. Kujipers, "Concrete is one of the most polluting materials in the world. Here's how we can make it sustainable," *thecorrespondent*, Leiden, 2020.
- [9] N. Zhang, H. Duan, T. R. Miller, V. W. Tam, G. Liu och Jian Zuo, "Mitigation of carbon dioxide by accelerated sequestration in concrete debris," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 117, nr 109495, 2020.
- [10] A. Adesina, "Recent advances in the concrete industry to reduce its carbon dioxide emissions," *Environmental Challenges*, vol. 1, nr 100004, 12 2020.
- [11] U. Kozminska, "Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies," i *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Danmark, 2019.
- [12] C. Küpfer, M. Bastien-Masse och C. Fivet, "Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents," *Journal of Cleaner Production*, vol. 383, nr 135235, 2023.
- [13] E. Douguet och F. Wagner, "The environmental impact of reuse in the construction sector," *FutuREuse*, 2021.
- [14] Europeiska Kommissionen, "Reusing precast concrete for a circular economy," [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/958200>. [Använd 18 maj 2023].
- [15] J. M. Crow, "The concrete conundrum," *Chemistryworld*, 2008.
- [16] A. K. Badraddin, R. A. Rahman, S. Almutairi och M. Esa, "Main Challenges to Concrete Recycling in Practice," *Sustainability*, 2021, vol. 13, nr 11077, 2021.
- [17] Environmental Protection Agency, "Sustainable Materials Management: Non-Hazardous Materials and Waste Management Hierarchy," Environmental Protection Agency, 5 6 2022.

- [Online]. Available: <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-non-hazardous-materials-and-waste-management-hierarchy>. [Använd 20 april 2023].
- [18] L. Tiruta-Barna och R. Barna, "Assessing the potential environmental hazards of concrete made using recycled aggregates (RAs)," i *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste*, Woodhead Publishing, 2013, pp. 605-629.
- [19] I. D. Rey, J. Ayuso, A. Galvín, J. Jiménez, M. López och M. García-Garrido., "Analysis of chromium and sulphate origins in construction recycled materials based on leaching test results," *Waste Management*, vol. 46, pp. 278-286, 2015.
- [20] Uppsala Kommun, "Industrihistoriskt spår i Uppsala," Kulturella spår, [Online]. Available: <http://kulturellaspår.se/historia/industrihistoria>. [Använd 20 april 2023].
- [21] Lantmäteriet, "Historiska kartor," [Online]. Available: <https://www.lantmateriet.se/historiskakartor>. [Använd 20 april 2023].
- [22] Eniro, "Kartor," [Online]. Available: <https://kartor.eniro.se/?c=60.190012,17.773132&z=9&l=historic>. [Använd 20 april 2023].
- [23] Uppsala Kommun, "Kvarteret Ställverket med flera (Främre Boländerna etapp 1)," 20 12 2021. [Online]. Available: <https://www.uppsala.se/bygga-och-bo/samhallsbyggnad-och-planering/detaljplaner-program-och-omradesbestammelser/hitta-detaljplaner-och-omradesbestammelser/2019/kvarteret-stallverket-med-flera-framre-bolanderna-etapp-1/>. [Använd 20 april 2023].
- [24] Vectura, "Pressrelease," 28 4 2022. [Online]. Available: <https://www.vectura.se/om-vectura/nyheter-press/vectura-storsatsar-i-uppsala-genom-fastighetsforvarv-investerar-i-life-science/>. [Använd 20 april 2023].
- [25] RISE, "Life Science för ett bättre liv," [Online]. Available: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/life-science>. [Använd 20 april 2023].
- [26] Google Maps, "11 Säbygatan Uppsala, Uppsala län," [Online]. Available: <https://goo.gl/maps/3dJRv4Zhbcf7ZSaW8>. [Använd 20 april 2023].
- [27] Castellum, "En värd bortom det förväntade," Castellum, Stockholm, 2022.
- [28] Naturskyddsföreningen, "Vad menas med cirkulär ekonomi?," 3 6 2021. [Online]. Available: <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/vad-menas-med-cirkular-ekonomi/>. [Använd 20 april 2023].
- [29] Ellen Macarthur Foundation, "What is a circular economy?," [Online]. Available: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>. [Använd 20 april 2023].
- [30] European Commission, "For a cleaner and more competitive Europe," 2020.
- [31] Miljödepartementet, "Cirkulär ekonomi – strategi för omställningen i Sverige," Regeringskansliet, 2020.
- [32] European Commission, "Långsiktig strategi för 2050," [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_sv. [Använd 20 april 2023].
- [33] Gov UK, "Net Zero Strategy: Build Back Greener," 2021. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy>. [Använd 26 april 2023].

- [34] P. Ghisellini, C. Cialani och S. Ulgiati, "A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems," *Journal of Cleaner Production*, vol. 114, pp. 11-32, 15 2 2016.
- [35] J. Kirchherr, D. Reike och M. Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 127, pp. 221-232, 12 2017.
- [36] A. P. Velenturf och P. Purnell, "Principles for a sustainable circular economy," *Sustainable Production and Consumption*, vol. 27, pp. 1437-1457, 6 2021.
- [37] B. Kubbinga, M. Bamberger, E. v. Noort och D. v. d. Reek, "A framework for circular buildings," DGBC, Nederländerna, 2018.
- [38] Ellen Macarthur Foundation, "Towards the circular economy".
- [39] Y. Yu, D. M. Yazan, V. Junjan och M.-E. Iacob, "Circular economy in the construction industry: A review of decision support tools based on Information & Communication Technologies," *Journal of Cleaner Production*, vol. 349, nr 131335.
- [40] M. U. Hossain, S. T. Ng, P. Antwi-Afari och B. Amor, "Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 130, nr 109948, 9 2020.
- [41] Regeringskansliet, "Uppdrag att utveckla arbetet med omställningen till en cirkulär ekonomi i byggsektorn," 22 2 2022. [Online]. Available: <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2022/02/uppdrag-att-utveckla-arbetet-med-omstallningen-till-en-cirkular-ekonomi-i-byggsektorn/>. [Använd 20 april 2023].
- [42] Á. Conde, A. B. Sutherland, A. Colloricchio, C. Jensen och P. Stigson, "The Circularity Gap Report Sweden," RISE; Circle Economy, 2022.
- [43] CCBuild, "Centrum för cirkulärt byggande," [Online]. Available: <https://ccbuild.se/>. [Använd 20 april 2023].
- [44] Skanska, "Grön betong - För en hållbar framtid," Skanska, u.å..
- [45] Svensk Betong, "Klimatförbättrad Betong," Svensk Betong.
- [46] Skanska, "Grön betong för en hållbar framtid," 11 3 2019. [Online]. Available: <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/gron-betong-for-en-hallbar-framtid/>. [Använd 20 april 2023].
- [47] B. Suhendro, "Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment," *Procedia Engineering*, vol. 95, pp. 305-320, 2014.
- [48] K. Wangchuk, K. Tsheten, K. Yezer och Loday, "Green concrete for sustainable construction," *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 2, nr 11, pp. 142-145, 11 2013.
- [49] A. Sivakrishna, A. Adesina, P. Awoyera och K. R. Kumar, "Green concrete: A review of recent developments," *Materials Today: Proceedings*, vol. 27, nr 1, pp. 54-58, 2020.
- [50] K. Liew, A. Sojobi och L. Zhang, "Green concrete: Prospects and challenges," *Construction and Building Materials*, vol. 156, pp. 1063-1095, 2017.
- [51] Sveriges Geologiska Undersökning, "Cement och betong," 2021. [Online]. Available: <https://www.sgu.se/mineralnaring/industrimineral/cement-och-betong/>. [Använd 20 april 2023].

- [52] Heidelberg Materials, "Vikten av cement – en historisk översikt," [Online]. Available: <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/vikten-av-cement-en-historisk-oversikt>. [Använd 28 juni 2023].
- [53] Heidelberg Materials, "Cementproduktion steg-för-steg," [Online]. Available: <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/cementproduktion-steg-f%C3%B6r-steg>. [Använd 20 april 2023].
- [54] M. Persson, "Innovationen som cementindustrin mörkade," [Online]. Available: <https://www.realtid.se/innovationen-som-cementindustrin-morkade/>. [Använd 20 april 2023].
- [55] Svensk Betong, "Produktionsmetoder," [Online]. Available: <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/produktionsmetoder>. [Använd 20 april 2023].
- [56] M. Nobel, "Betongvibrator – lär dig mer," [Online]. Available: <https://bygg.se/betongvibrator-lar-dig-mer/>. [Använd 20 april 2023].
- [57] Concrete Network, "Guide to concrete curing time & methods," 8 5 2020. [Online]. Available: <https://www.concretenetwork.com/curing-concrete/>. [Använd 20 april 2023].
- [58] Svensk Betong, "Bygga med platsgjutet," [Online]. Available: <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet>. [Använd 20 april 2023].
- [59] G. Mishra, "Precast Concrete Process," [Online]. Available: <https://theconstructor.org/concrete/precast-concrete-process/6272/>. [Använd 20 april 2023].
- [60] Svensk Byggtjänst, "Armering," [Online]. Available: <https://byggkatalogen.byggtjanst.se/byggfakta/armering/1>. [Använd 20 april 2023].
- [61] Strängbetong, "Håldäck," [Online]. Available: <https://strangbetong.se/produkter/bjalklag/haldack/>. [Använd 20 april 2023].
- [62] *Stedox Hur man monterar Betongelement - Steg För Steg | Del 1*. [Film]. Sverige: Stedox, 2020.
- [63] *Stedox Hur man monterar Betongelement - Steg För Steg | Del 2*. [Film]. Sverige: Stedox, 2020.
- [64] *Stedox Hur man monterar Betongelement - Steg För Steg | Del 3*. [Film]. Sverige: Stedox.
- [65] Svensk Betong, "Karbonatisering," [Online]. Available: <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/karbonatisering>. [Använd 20 april 2023].
- [66] Heidelberg Materials, "Räkna med karbonatisering en permanent koldioxidlagring," [Online]. Available: <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/rakna-med-karbonatisering-en-permanent-koldioxidlagring>. [Använd 20 april 2023].
- [67] Svenska Miljöinstitutet IVL, "Carbonation of concrete," 29 6 2021. [Online]. Available: <https://www.ivl.se/projektwebbar/co2-concrete-uptake/carbonation-of-concrete.html>. [Använd 20 april 2023].
- [68] P. G. Burström och K. Nilvér, *Byggnadsmaterial: Tillverkning, egenskaper och användning*, 3 red., Studentlitteratur AB, 2018.
- [69] P. G. Burström, *Byggnadsmaterial: uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*, 4 red., Studentlitteratur AB, 2001.

- [70] Sustend, "Varför spricker betongen?," 21 6 2019. [Online]. Available: <https://sustend.se/varfor-spricker-betongen/>. [Använd 20 4 2023].
- [71] Sto, "Impregnering av betong," [Online]. Available: <https://www.sto.se/s/inspiration/impregnering-av-betong>. [Använd 20 april 2023].
- [72] Ready Mix Concrete, "What Is The Standard Strength Of Concrete?," [Online]. Available: <https://www.bigdreadymix.com/what-is-the-standard-strength-of-concrete/>. [Använd 10 maj 2023].
- [73] The Constructor, "Compressive Strength of Concrete -Cube Test [PDF]," [Online]. Available: <https://theconstructor.org/concrete/compressive-strength-concrete-cube-test/1561/>. [Använd 10 maj 2023].
- [74] White Arkitekter AB, "Arkitektens Återbruksmetodik," 10 2018. [Online]. Available: https://ccbuid.se/media/k0jmheee/wrl_arkitektens_%C3%A5terbruksmetodik_2018.pdf. [Använd 20 april 2023].
- [75] Americanprecastfences, "Are There Disadvantages of Precast Concrete?," [Online]. Available: <https://www.americanprecastfences.com/are-there-disadvantages-of-precast-concrete/>. [Använd 18 maj 2023].
- [76] A. C, "Recycling of prefabricated concrete components - a contribution to sustainable construction," i *Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millenium*, Lisbon, 2008.
- [77] B. Addis, *Building with Reclaimed Components and Materials*, London, 2006.
- [78] G. Mulyono, D. Thamrin och Antoni, "Development of Modular Outdoor Furniture Product Using Lightweight Concrete for Public Parks in Surabaya," i *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci.*, Indonesien, 2017.
- [79] J. Wassink, "Recycled concrete returns as outdoor furniture," 26 6 2019. [Online]. Available: <https://www.delta.tudelft.nl/article/recycled-concrete-returns-outdoor-furniture>. [Använd 20 april 2023].
- [80] J. Mand och R. Kakha, "ÅTERBRUK AV STOMELEMENT I BYGGNADSKONSTRUKTIONER," KTH, Stockholm, 2021.
- [81] M. Klang och M. Ghannom, "Utmaningar av återbruk av byggmaterial," Lunds tekniska högskola, Helsingborg, 2022.
- [82] O. Palmqvist, "Återbruk av betongpelare," Luleå tekniska universitet, Luleå, 2023.
- [83] J. Lagerlund, "Återbruk och återvinning av betongstommar hos byggnader," Luleå, 2021.
- [84] T. Strauss, "Concrete as Palimpsest," Delft University of Technology, Nederländerna, 2021.
- [85] A. Glias, "The "Donor Skelet": Designing with reused structural concrete elements," 2013.
- [86] v. d. Brink, "Designing with recovered precast concrete elements," Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2020.
- [87] Business Region Göteborg, "Handslaget," [Online]. Available: <https://www.businessregiongoteborg.se/innovation-samverkan/hallbar-utveckling/gothenburg-climate-partnership/handslaget>. [Använd 22 maj 2023].

- [88] Business Region Göteborg, "Göteborg tar storkliv mot återbruk," [Online]. Available: <https://www.businessregiongoteborg.se/nyheter/alla-nyheter/goteborg-tar-storkliv-mot-aterbruk>. [Använd 22 maj 2023].
- [89] Harvard Catalyst, "Getting started with mixed methods research," [Online]. Available: https://catalyst.harvard.edu/wp-content/uploads/2021/09/HCAT_CEP_MixedMethodsResearch-Accessible.pdf. [Använd 20 april 2023].
- [90] K. Säfsten och M. Gustavsson, *Forskningsmetodik för ingenjörer och andra problemlösare*, 1 red., Lund: Studentlitteratur AB, 2019, pp. 38-39, 74-75, 80.
- [91] Academic Work, "Intervjuguide: 3 intervjutekniker – vilken väljer du?," [Online]. Available: <https://www.academicwork.se/insights/arbetsgivare/intervjutekniker>. [Använd 20 april 2023].
- [92] E. McLellan, K. M. MacQueen och J. L. Neidig, "Beyond the Qualitative Interview: Data Preparation and Transcription," *Sage Journals Field Methods*, vol. 15, nr 63, pp. 65,77, februari 2003.
- [93] Svenska Institutet för Standarder, "Provning av hårdnad betong - Del 3: Tryckhållfasthet hos provkroppar," 16 mars 2012. [Online]. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsmaterial/betong-och-betongprodukter/ssen1239032009/>. [Använd 26 april 2023].
- [94] Funtay, Artist, [Art]. Shutterstock.
- [95] University of North Carolina at Chapel Hill, "Literature Reviews," The Writing Center, [Online]. Available: www.writingcenter.unc.edu/tips-and-tools/literature-reviews/. [Använd 20 april 2023].

Bilagor

Bilaga 1: Gemensamma intervjufrågor

Gemensamma Intervju Frågor - Mall

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

1. Berätta kort om din bakgrund och din nuvarande roll.
2. Hur länge har du arbetat inom byggindustrin?
3. Vad är dina nuvarande åsikter kring cirkulär ekonomi och byggande?

Del 2: Återbruk av betong.

1. Hur ser du på återbruk av betong generellt?
 - 1.1. Vilka är de största fördelarna/nackdelar med att återbruka betong enligt dig?
 - 1.2. Har du märkt någon förändring i attityder gentemot återbruk av betong bland kollegor och branschen som helhet?
2. Hur bekant är du med dagens lösningar kring återbruk av betongelement?
3. Kan du ge exempel på några projekt där du har arbetat med eller känner till där återbruk av tunga betongelement ingått/ingår?
 - 3.1. Om NEJ, fortsätt vidare till del 3.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

1. Hur ser du på möjligheten att samarbeta med andra aktörer för att utveckla och förbättra tekniker för återbruk av betongelement?
2. Hur kommer din roll att utvecklas i samband med den gröna omväxlingen till ett mer cirkulärt byggande?

Del 5: Avslutning.

1. Har du några ytterligare tankar eller insikter kring återbruk av betong och hållbarhet inom byggindustrin som du vill dela med dig av?
2. Har vi missat något om återbruk eller något annat som du kanske kommer på?

Bilaga 2: Yrkesspecifika intervjufrågor

Intervju Frågor Affärsområdeschef

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

Del 2: Återbruk av betong.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

1. Hur ser du på dagens största utmaningar med återbruk inom byggindustrin, och hur påverkas din roll av dessa utmaningar?
2. Vilka återbruks tekniker tror du kommer att ha störst inverkan på byggindustrin i framtiden, och hur kan du förbereda dig för att dra nytta av dessa möjligheter?
3. Undersöker du tidigare återbrukskompetens hos personal du rekryterar?
 - 3.1. Om inte, tillhandahåller ni återbruks utbildning för personalen?
4. Hur arbetar du för att minska byggindustrins miljöpåverkan och bidra till hållbarhet i dina projekt med hänsyn till återbruk?
5. Vilka möjligheter ser du för att öka användningen av återbrukade betongelement? Arbetar du med marknadsföring för återbruk?
6. Vilka förändringar i byggindustrin tror du kommer att ha störst påverkan på din roll under de kommande åren?

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

Del 5: Avslutning.

Intervju Frågor Landskapsarkitekt

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

Del 2: Återbruk av betong.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

1. På vilka sätt kan betong användas i utomhusmiljöer för att skapa attraktiva och funktionella utrymmen?
 - 1.1. Vilka faktorer bidrar till en trevlig utomhusmiljö?
 - 1.2. Kan betongens form anpassas för inomhus/utomhus projekt? Om JA, utveckla hur det skiljer sig från utomhusmiljön? Om NEJ, fortsätt vidare.
2. Finns det tekniker för att skapa estetiskt tilltalande och användarvänliga ytor med återbrukat betong? Om JA, besvara gärna följande frågor, annars vidare till punkt 3:
 - 2.1. Är tekniken:
 - 2.1.1. Lätt åtkomlig?
 - 2.1.2. Miljövänlig?
 - 2.1.3. Tidskrävande?
 - 2.1.4. Ekonomiskt lönsam?
3. Vilka utmaningar och möjligheter upplever du finns med återbrukat betong i ditt yrke?
 - 3.1. Hur kan utmaningarna motarbetas?
 - 3.2. Tror du att framtiden kommer inkorporera återbrukat betong i större skala?

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

Del 5: Avslutning.

Intervju Frågor Projektchef Castellum

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

Del 2: Återbruk av betong.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

1. Hur ser du på dagens största utmaningar med återbruk inom byggindustrin?
2. Vilka återbruks tekniker tror du kommer att ha störst inverkan på byggindustrin i framtiden, och hur kan du förbereda dig för att dra nytta av dessa möjligheter?
3. Kan du berätta lite om Castellums återbruksprocess och dess rutiner?
 - 3.1. Hur har Castellums återbruksprocess fungerat i praktiken?
 - 3.2. Vilka utmaningar och möjligheter har du stött på med era återbruks rutiner?
4. Hur arbetar du som projektchef för att minska miljöpåverkan och bidra till hållbarhet i dina projekt?
 - 4.1. Med hänsyn till återbruk?
5. Vilka möjligheter ser du för att öka användningen av återbrukade betongelement?
6. Arbetar du med marknadsföring för återbruk? I så fall hur?
7. Vilka förändringar i byggindustrin tror du kommer att ha störst påverkan på din roll under de kommande åren?

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

Del 5: Avslutning.

Intervju Frågor Konstruktör

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

Del 2: Återbruk av betong.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

1. Vilka är de största utmaningar med att återbruka tunga betongelement med hänsyn till cirkulärt byggande?
 - 1.1. För prefabricerade betongelement. (Hur påverkas försänd betong när den skärs?).
 - 1.1.1. Hur kan du som konstruktör arbeta för att övervinna dessa utmaningar?
 - 1.2. För platsgjutet betongelement.
 - 1.2.1. Hur kan du som konstruktör arbeta för att övervinna dessa utmaningar?
 - 1.3. Vilka faktorer tror du skulle kunna underlätta återbruks processen?
2. Vilka tekniker kan man använda för att säkerställa effektivt återbruk av betongelement?
 - 2.1. Hur har dessa tekniker utvecklats över tid inom ditt företag och branschen?
 - 2.2. Vilka tekniker har varit mest framgångsrika för att säkerställa ett effektivt återbruk?
 - 2.3. Hur utvärderar ni effektiviteten av dem tekniker ni använder för återbruk?
3. Hur hanteras eventuella kvalitets- och säkerhetsfrågor när ni återbrukat betongelement?
 - 3.1. Vilka kvalitets- och säkerhetsstandarder följer ni vid återbruk av betongelement?
 - 3.2. Har ni några särskilda rutiner eller kontroller för att säkerställa att återbrukade betongelement uppfyller dessa standarder?
 - 3.3. Hur hanterar ni eventuella avvikelser från kvalitets- och säkerhetskraven när det gäller återbrukade betongelement?

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

Del 5: Avslutning.

Intervju Frågor Miljökonsult & Återbrukssamordnare

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

Del 2: Återbruk av betong.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

1. Hur ser du på dagens största utmaningar med återbruk inom byggindustrin, och hur påverkas din roll av dessa utmaningar? Fråga om statliga direktiv om återbruk?
2. Hur arbetar du med att identifiera och integrera återbruksmaterial i byggprojekt?
 - 2.1. Vilka kriterier är viktigast när det gäller att välja material för återbruk?
3. Vilka metoder rekommenderar du för att öka återbruket av material inom ett projekt?
4. Hur arbetar du för att minska byggindustrins miljöpåverkan och bidra till hållbarhet i dina projekt med hänsyn till återbruk?
5. Vilka möjligheter ser du för att öka användningen av återbrukade betongelement?
6. Vilka förändringar i byggindustrin, såväl globalt som lokalt, tror du kommer att ha störst påverkan på din roll under de kommande åren?

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

Del 5: Avslutning.

Intervju Frågor Stomentreprenör

Del 1: Bakgrund och erfarenhet.

Del 2: Återbruk av betong.

Del 3: Utmaningar och möjligheter.

1. Har ni designat prefabricerade betongelement för att underlätta återbruk i framtiden?
 - 1.1. I så fall, vilka tekniker använder ni för att göra prefabricerade stommar mer lämpliga för återbruk? Om inte, har ni funderat över det?
 - 1.1.1. Vilka regler/standarder finns för teknikerna som används? Följer ni några riktlinjer?
 - 1.2. Har ni använt er av återbrukat material i ert tillverkningsprocess för att minska ert utsläpp?
2. Vilka är de största utmaningarna gällande skapandet av återbrukbar prefabricerad betong i dagsläget?
 - 2.1. Hur hanterar ni utmaningarna?
 - 2.2. Kommer HDF betongens karaktär/egenskaper att förändras vid kapning? Hur?
 - 2.3. Vilka utbildnings- och informationsinitiativ driver ni för att främja kunskaperna om återbruk i betongindustrin?
3. Vilka utmaningar och möjligheter upplever du finns med återbrukat betong i byggindustrin?
 - 3.1. Hur kan utmaningarna motarbetas?
 - 3.2. Tror du att framtiden kommer inkorporera återbrukat betong i större skala?

Del 4: Framtida utveckling och samarbete.

Del 5: Avslutning.

Bilaga 3: Castellum återbruksrutin med byggdel



Återbruksrutin

Ombyggnationer eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten

Introduktion

2021 antog Castellums styrelse en målsättning för hela koncernen om att återbruk och återvunnen råvara ska vara en betydande del i samtliga projekt år 2030. Med start 2022 ska återbruk vara ett inslag i samtliga projekt. Det innebär att vi i så stor utsträckning som möjligt ska återanvända såväl byggnadsmaterial som monterad och lös inredning.

För att lyckas med vår målsättning krävs det att återbruk inkluderas redan i tidig dialog med hyresgästen, i förfrågningsunderlag och vid upphandling av entreprenörer.

Vad är återbruk?

Återbruk kan definieras som att material eller komponenter används på samma sätt som de är framtilltänkta att användas. Återbruk är livsviktigt med återanvändning. Castellum ska sträva efter att jobba så högt i avfallshierarkin som möjligt, d.v.s. i första hand avfallsminimera. Det innebär att vi strävar efter att generera så lite avfall som möjligt, exempelvis genom att renovera varusamt och i så stor utsträckning som möjligt bevara material och produkter på sin ursprungsplats eller inom samma fastighet.

Återbruksstrappan enligt Castellum

- Bevarad på plats** - produkten/byggmaterialet bevaras på plats i projektet utan demontering. Minimering av ombyggnation samt avfall.
- Återbrukad i projektet** - produkten/byggmaterialet demonteras och återmonteras sedan i projektet. Plats kan vara samma eller en ny jämfört med före demontering. Rekonditionering av produkten/byggmaterialet sker vid behov.
- Återbrukad inom organisationen** - produkten/byggmaterialet demonteras och lämnas vidare till hantering för att användas i ett annat Castellumprojekt eller lagras för framtida behov. Rekonditionering av produkten/byggmaterialet sker i det framtida projektets regi.
- Återbrukad extern av annan aktör** - produkten/byggmaterialet demonteras och lämnas vidare för att avyttras externt utanför Castellum. Rekonditionering av produkten/byggmaterialet sker i den framtida ägarens regi.
- Avfallshantering** - produkten/byggmaterialet demonteras och lämnas vidare till avfallshantering. Demontering behöver inte ske åsamt.

Castellums kravställning

Med start 2022 ska återbruksinventering genomföras i samtliga rivnings-, renoverings- och hyresgäst Anpassningsprojekt. Inventeringen görs av materialkunnig person, antingen egen personal på Castellum eller med extern hjälp. Det finns ämna inom definierad gräns för hur mycket material som måste återbrukas. Gränser utvärderas och definieras från projekt till projekt. Gränsvärden kommer att sättas i takt med att vi lär oss mer om återbruk.

År 2030 ska återbruk och förnybara material vara en väsentlig del av samtliga projekt.

2022-12-07

Återbruksrutin

1 (6)



Återbruksarbetet ska hållas projektledare, utbyrare och/eller kommersiell förvaltare inkluderas i arbetet.

Inventering görs antingen internt eller med hjälp av återbrukskonsult. Se *Guide för återbruksinventering* på CastWeb för intern återbruksinventering i mindre projekt. Vid större projekt och rivning rekommenderas att ta hjälp av återbrukskonsult.

Grov inventering

Börja med att genomföra en grov återbruksinventering för att identifiera potentiella material för återbruk. Se *Guide för återbruksinventering vid hyresgäst Anpassning* på CastWeb för vägledning. Tillägg loggbok i Byggarbetsbestämning för byggnaden bör den användas som underlag.

Håll PL/tekniker och utbyrare/kommersiell förvaltare bör delta vid detta tillfälle.

Tillgängligt material inventeras med CCBuilds inventeringsapp, alternativt i lösning som tillhandahålls av extern återbruksinventerare. SAMTLIGA inventerade lokaler/byggnader samt samtliga inventerade material ska samlas i CCBuilds produktbank där det utifrån inventerat material sammanställs en återbruksrapport som ligger till grund för fortsatt arbete.

Återbruk och återvinningsbart material ska identifieras och inkluderas i kontrollplanen för projekt som kräver bygglov. Återbruksinventeringen ska lämnas till projektets kvalitetsansvariga för att inkluderas i kontrollplanen.

Detaljerad inventering

Om den grova inventeringen visar att det finns återbrukspotential i fastigheten eller lokalen genomförs en mer detaljerad återbruksinventering. I den märks det material som ska återbrukas upp i lokalen. Med fördel används unika QR-koder från produktbanken i CCBuild för att märka upp materialet: <https://ccbuild.se/sv/Produktbanken/markning>. Dessa skrivs ut från CCBuild i vanlig skrivare. Etiketter för olika ändamål i CCBuilds standardformat kan köpas från <https://www.avcsy.se/avcsy-produkter/etiketter/etikettskop>. Välj kvadratiska etiketter, format 20x20 eller 45x45, eller rektangulära etiketter, format 97x42,3. Matchning mot digital produkt görs sedan via CCBuild-appen, vid utskrift är QR-koderna ej matchade. Befintlig inventering i CCBuild uppdateras med detaljerad information.

2. Plan för återbruk

Ett projektspecifikt mål upprättas av projektgruppen i tidigt skede och baseras på det material som demonteras för återbruk samt det återbrukade material som ska byggas in i projektet. Det är viktigt att involvera hyresgästen i det här arbetet om det redan finns sådan dialog.

Sätt ett mål på exempelvis % av materialet, CO₂-besparing eller någon specifik produkt som ska återbrukas.

Ex 1. All monterad inredning ska vara återbrukad

Ex 2. 80 % av fasadtegel från genomförd rivning ska återbrukas på platsen.

Tips vid målsättning:

- Utgå från återbruksinventeringen och försök inkludera så mycket som möjligt av befintligt material. Det sparar både tid, miljö, pengar och administration.
- Involvra återförsäljare av återbrukat material.

2022-12-07

Ombyggnationer eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten

3 (6)



Systemstöd och konsulter

Castellum har tecknat ramavtal för stöd i återbruksarbetet. Aktuella avtal samt kontaktoppgifter till konsulter återfinns på CastWeb. Avropsblankett finns i Word-mallar.

Enligt avtal kan följande tjänster avropas:

- Återbruksinventering
- Återbruksassumering i projekt
- Förmedling av material samt hjälp med lokalisering av material
- Delvis lagerhållning av varor

Digitalt verktyg

Castellum arbetar med CCBuilds digitala verktyg för inventering och synliggörande av tillgängligt material, se www.ccbuild.se. Systemet tillhandahålls av TVL och kan användas både när vi själva genomför återbruksinventeringar och av vår återbrukskonsult. Resultatet från SAMTLIGA inventeringar ska samlas i CCBuilds system. Genom att använda samma system samlar vi Castellums tillgängliga material på samma plattform.

Återbruksrutinen är uppdelad i två dokument:

- Återbruksprocess vid ombyggnation eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten
- Återbruksprocess vid nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten

Återbruksprocess vid alla ombyggnationer eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten

Nedan processsteg bör tillämpas för att optimera återbruksarbetet.

- Återbruksinventera
- Plan för återbruk
- Designa och projektera med återbruk
- Upphandling
- Demontering/rivning
- Hantering av demonterat material
- Bygga in återbrukat material
- Följa upp och erfarenhetsutvärdera
- Förvaltning och garantier

1. Återbruksinventera

För att skapa bästa möjliga förutsättningar för att inkludera återbruk i projektet bör man tidigt bilda sig en uppfattning om vilka material som finns i fastigheten. Planera in återbruksinventering så snart vi vet att en avlytning eller rivning ska ske. Syftet med återbruksinventering är att kartlägga vilka material som finns i befintlig lokal/byggnad som går att återbruka, antingen i samma projekt eller för annan avsättning. För att förankra

2022-12-07

Ombyggnationer eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten

2 (6)



- Finns det attribut från befintliga byggnaden/lokaler som bör användas för att gestalta platsens historia, tex använda plattak från gammal byggnad som är skapa receptionsdisk.
- Behovsdrivna på projektets omfattning, vilka återbrukade material som är tänkta att bygga in och vilka aktörer som redan finns upphandlade bör arkitekt, demonterare, byggtentreprenör, konstruktör och projekteringsledare involveras i planeringsarbetet.

När ett mål har satts kan en behovsanalys behöva upprättas. Analysen syftar till att tydliggöra projektets materialbehov, d.v.s. vilka material som behövs lokaliseras för att klara projektets återbruksmål. Materialet listas och presenteras i den slutliga inventeringslistan i CCBuild där det listas som:

- Bevarad på plats
- Återbrukad i projektet
- Återbrukad inom organisationen
- Återbrukad externa av annan aktör
- Avfallshantering

Inventeringslistan kan hämtas på projektets sida i CCBuild genom att klicka på knappen för att visa rapport och välja inventeringslistan. Inkludera målet, exporterad exellista från inventeringslistan i CCBuild samt eventuella övriga förutsättningar i förfrågningsunderlaget för upphandling av entreprenörer. Se tips för upphandling under 4 Upphandling. Motsvarande information skickas även till hållbarhetsansvarig för regionen.

3. Designa och projektera med återbruk

Att designa för återbruk innebär att projektera flexibla lösningar där material lätt kan demonteras, samt att välja material som estetiskt och funktionellt håller över tid. Utformning, materialval och monteringsmetoder med mera planeras utifrån ett långsiktigt förvaltningsperspektiv. Utgå från önskat och tillgängligt återbrukat material, oavsett om det finns i aktuell byggnad, i internt bestånd eller externt.

4. Upphandling

Entreprenör

I upphandling av entreprenör till ett projekt ska förutsättningarna för återbruk inkluderas och tydliggöras i förfrågningsunderlaget. Återbruksmål, eventuella förskrivna material samt ansvar och garantier bör tydliggöras vid upphandling av entreprenörer som berörs av återbruksmålet. Entreprenören ska två veckor innan slutbesiktning leverera en slutlig återbruksrapport vilken ska lista det återbrukade material som har använts i projektet. Rapporten bör inkludera mängd som sålts till annan aktör samt mängd och var materialet i projektet har hämtats/köpts ifrån med rubrikerna:

- Återbrukad i projektet
- Återbrukad inköpt internt/externt
- Återvunnet innehåll
- Förnybart/biobaserat material

2022-12-07

Ombyggnationer eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivras på fastigheten

4 (6)

Examensarbete i byggteknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement



Om krav finns på framtagande av digitalt ritningsunderlag i BIM eller motsvarande, bör det krävställas att inbyggt återbrukat material ska markeras ut i ritningen.

Rivning

Vid upphandling av demonterare/rivare används återbruksinventeringen som grund. Det är viktigt att avsätta tid för demontering och att tydliggöra vad som ska demonteras och förpackas samt vad som ska rivas. Vem tar ansvar om material är svårare att demontera är beräknat eller går sönder? Ansvarsfrågan måste tydliggöras.

Upphandling av material

Vid upphandling av återbrukade varor är det ofta möjligt och lämpligt att ställa samma funktionskrav på varor som vid upphandling av nya varor. Utgå från lokalens tänkta användning och gällande BBR krav.

Tips till upphandling:

- Ta hjälp av återbrukskonsult om sådan använts i tidigt skede för att formulera upphandlingskrav utifrån projektets förutsättningar.
- Bör andra former än totalentreprenad övervägas? Till exempel Funktionsupphandling/samverkansentreprenad/utförandentreprenad. Ska återbrukssamordning ingå i entreprenaden eller kan det brytas ut? Involvera byggaktörer i tidig dialog.
- Samarbeta mellan entreprenör och återbruksaktör ska efterfrågas vid upphandling.
- Ju mer specifik AF-del och förfrågningsunderlag är kring hur återbruksarbetet ska utföras, desto färre ÅTA:or är kopplade till detta.

5. Demontering/ rivning

Demontering av material som ska återbrukas sker av rivningsfirma/demonteringsfirma. Säkerställ att demontering, paketering och bortforsling inkluderats i upphandling samt att det tydligt framgår vilka material som ska demonteras för återbruk. Detta material ska paketeras och märkas upp innan förlämnad.

6. Hantering av demonterat material

Materialet transporteras för lagerhållning alternativt för försäljning genom CCBuilds marknadsplats alternativt hos lämplig samarbetspart. Lagerhållning planeras från projekt till projekt. Om materialet ska användas i samma lokal eller fastighet som det demonterats ifrån bör det i första hand undersökas om det kan lagras i anslutning till lokalen.

Använd CCBuilds möjlighet att ange lokalisering så det framgår var det lagras. Är produkten QR-kodsmärkt är det enkelt att scanna märkningen i CCBuild och enkelt ändra information om t.ex. lokalisering.

I de fall material och produkter flyttas mellan Castellums egna fastigheter behöver mellanhand finnas som köper och säljer denna för att det ska bli rätt i den ekonomiska redovisningen. Här kan våra ramavtalade återbrukskonsulter hjälpa till.

7. Bygga in

Bygg in det återbrukade material som det har planerats för. Markera i rumsbeskrivning/ritning var återbrukat material har byggts in.



Ändra status i CCBuild, samt i återbruksrapporten om sådan används, så att det framgår att materialet har använts.

I projekt med krav på loggbok ska de återbrukade materialen registreras i BVB. Registrera produkten som "egen produkt".

8. Följ upp och erfarenhetsåterföra

Om byggtentreprenör har ansvarat för återbruksarbetet ska de två veckor före slutbesiktning leverera en återbruksrapport avseende utfallet av återbrukat material i projektet.

CCBuild uppdateras med slutlig status på återbruksinventerade produkter. Återbruksrapporten i CCBuild exporteras och arkiveras med projektet i Castellums Fastighetsportal.

Bilaga 4: Castellum återbruksrutin utan byggdel



Återbruksrutin

Nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten

Introduktion

2021 antog Castellums styrelse en målsättning för hela koncernen om att återbruk och återvinning räkna som en betydande del i samtliga projekt år 2030. Med start 2022 ska återbruk vara ett inslag i samtliga projekt. Det innebär att vi i så stor utsträckning som möjligt ska återanvända såväl byggnadsmaterial som monterad och lös inredning.

För att lyckas med vår målsättning krävs det att återbruk inkluderas redan i tidig dialog med hyresgästen, i förfrågningsunderlag och vid upphandling av entreprenörer.

Vad är återbruk?

Återbruk kan definieras som att material eller komponenter används på samma sätt som de är framställda att användas. Återbruk är likvärdigt med återanvändning. Castellum ska sträva efter att jobba så högt i avfallshierarkin som möjligt, d.v.s. i första hand avfallsminimera. Det innebär att vi strävar efter att generera så lite avfall som möjligt, exempelvis genom att renovera varsamt och i så stor utsträckning som möjligt bevara material och produkter på sin ursprungsplats eller inom samma fastighet.

Återbruksstrappan enligt Castellum

1. **Bevara på plats** – produkten/byggnadsdelen bevaras på plats i projektet utan demontering. Minimering av ombyggnation samt avfall.
2. **Återbrukad i projektet** – produkten/byggnadsdelen demonteras och återmonteras sedan i projektet. Plats kan vara samma eller en ny jämfört med före demontering. Rekonditionering av produkten/byggnadsdelen sker vid behov.
3. **Återbrukad inom organisationen** – produkten/byggnadsdelen demonteras och lämnas vidare till hantering för att användas i ett annat Castellumprojekt eller lagras för framtida behov. Rekonditionering av produkten/byggnadsdelen sker i det framtida projektets regi.
4. **Återbrukad extern av annan aktör** – produkten/byggnadsdelen demonteras och lämnas vidare för att avyttras externt utanför Castellum. Rekonditionering av produkten/byggnadsdelen sker i den framtida ägarens regi.
5. **Avfallshantering** – produkten/byggnadsdelen demonteras och lämnas vidare till avfallshantering. Demontering behöver inte ske aktsamt.

Castellums kravställning

Med start 2022 ska återbruksinventering genomföras i samtliga rivnings-, renoverings- och hyresgästanpassningsprojekt. Inventeringen görs av materialkunnig person, antingen egen personal på Castellum eller med extern hjälp. Det finns ännu ingen definierad gräns för hur mycket material som måste återbrukas. Gränser utvärderas och definieras från projekt till projekt. Gränsvärden kommer att sättas i takt med att vi lär oss mer om återbruk.

År 2030 ska återbruk och förnybara material vara en väsentlig del av samtliga projekt.

2022-12-07

Återbruksrutin

1 (4)



För att engagera alla i projektet i återbruksarbetet ordnas en återbruksworkshop vid projektstart.

Sätt ett mål på exempelvis % av materialen, CO₂-besparing eller någon specifik produkt som ska återbrukas.

Ex 1. Varje disciplin ska projektera in minst en återbrukad produkt.

Ex 2. 100% av fasadteglet ska vara återbrukad

Ex 3. 100% av fasadteglet ska vara återbrukad

Tips vid målsättning:

- Utgå från tillgängligt material inom Castellum. Detta hittar ni på CCBuilds marknadspålit. Det sparar både tid, miljö, pengar och administration.
- Involvera återförsäljare av återbrukat material.
- Bered på projektets omfattning, vilka återbrukade material som är tänkta att bygga in och vilka aktörer som redan finns upphandlade för arkitekt, byggtentreprenör, konstruktör och projekteringsledare involveras i planeringsarbetet.

När ett mål har satts kan en behovsanalys behöva upprättas. Analysen syftar till att tydliggöra projektets materialbehov, d.v.s. vilka material som behöver lokaliseras för att klara projektets återbruksmål. Materialet listas och presenteras i den slutliga återbruksrapporten.

Inkludera målet samt eventuella övriga förutsättningar i förfrågningsunderlaget för upphandling av entreprenörer. Se tips för upphandling under 4 Upphandling. Motsvarande information skickas även till hållbarhetsansvarig för regionen.

3. Designa och projektera med återbruk

Att designa för återbruk innebär att projektera flexibla lösningar där material lätt kan demonteras, samt att välja material som estetiskt och funktionellt håller över tid. Utformning, materialval och montagecykler med mera planeras utifrån ett långsiktigt förvaltningsperspektiv. Utgå från önskat och tillgängligt återbrukat material, oavsett om det finns i internt bestånd eller externt.

4. Upphandling

Entreprenör

I upphandling av entreprenör till ett projekt ska förutsättningarna för återbruk inkluderas och tydliggöras i förfrågningsunderlaget. Återbruksmål, eventuella föreskrivna material samt ansvar och garantier bör tydliggöras vid upphandling av entreprenörer som berörs av återbruksmålet. Entreprenören ska två veckor innan slutbesikning leverera en slutlig återbruksrapport vilken ska lista det återbrukade material som har använts i projektet. Rapporten bör inkludera var materialet har hämtats/köpts ifrån och mängd. Rapporten bör inkludera mängd samt var materialet i projektet har hämtats/köpts ifrån med rubrikerna:

- Återbrukad i projektet
- Återbrukad inköpt internt/externt
- Återvinnet innehåll
- Förnybart/biobaserat material

2022-12-07

Nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten

3 (4)



Systemstöd och konsulter

Castellum har tecknat ramavtal för stöd i återbruksarbetet. Aktuella avtal samt kontaktpuppgifter till konsulter återfinns på CastWeb. Avropsblankett finns i Word-mallar.

Enligt avtal kan följande tjänster avropas:

- Återbruksinventering
- Återbruksinventering i projekt
- Förmedling av material samt hjälp med lokalisering av material
- Delvis lagerhållning av varor

Digitalt verktyg

Castellum arbetar med CCBuilds digitala verktyg för inventering och synliggörande av tillgängligt material, se www.cbuilt.se. Systemet tillhandahålls av IVL och kan användas både när vi själva genomför återbruksinventeringar och av våra återbrukskonsulter. Resultatet från SAMTLIGA inventeringar ska samlas in i CCBuilds system. Genom att använda samma system samlar vi Castellums tillgängliga material på samma plattform.

Återbruksrutinen är uppdelad i två dokument:

- Återbruksprocess vid ombyggnation eller nybyggnation MED byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten
- Återbruksprocess vid nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten

Återbruksprocess vid nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten

Nedan processsteg bör tillämpas för att optimera återbruksarbetet.

1. Återbruksinventera - utgå
2. Plan för återbruk
3. Designa och projektera med återbruk
4. Upphandling
5. Demontering/rivning - utgå
6. Hantering av demonterat material - utgå
7. Bygga in återbrukat material
8. Följa upp och erfarenhetsåterföra
9. Förvaltning och garantier

1. Återbruksinventera

Detta steg utgår för nybyggnation utan byggnad som ska rivas på fastigheten.

2. Plan för återbruk

Ett projektspecifikt mål upprättas av projektgruppen i tidigt skede och baseras på möjlighet att ersätta nyttiverkat material med återbrukat material samt tillgång till återbrukat material på återbruksmarknaden. Det är viktigt att involvera hyresgästen i det här arbetet om det redan finns sådan dialog.

2022-12-07

Nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten

2 (4)



Om krav finns på framtagande av digitalt ritningsunderlag i BIM eller motsvarande, bör det krävställas att inbyggd återbrukat material ska markeras ut i ritningen.

Upphandling av material

Vid upphandling av återbrukade varor är det ofta möjligt och lämpligt att ställa samma funktionskrav på varor som vid upphandling av nya varor. Utgå från lokalens tänkta användning och gällande BBR krav.

Tips till upphandling:

- Om återbrukskonsult används i projektet är det bra att ta hjälp av den i tidigt skede för att formulera upphandlingskrav utifrån projektets förutsättningar.
- Bör andra former än totalentreprenad övervägas? Till exempel Funktionsupphandling/samverkansentreprenad/utfråendeentreprenad. Ska återbruksinventering ingå i entreprenaden eller kan det brytas ut? Involvera byggaktörer i tidig dialog.
- Samarbeta mellan entreprenör och återbruksaktör ska efterfrågas vid upphandling.
- Ju mer specifik AF-del och förfrågningsunderlag är kring hur återbruksarbetet ska utföras, desto färre ÅTA-or är kopplade till detta.

5. Demontering/ rivning

Detta steg utgår för nybyggnation utan byggnad som ska rivas på fastigheten.

6. Hantering av demonterat material

Detta steg utgår för nybyggnation utan byggnad som ska rivas på fastigheten.

7. Bygga in

Bygg in det återbrukade material som det har planerats för. Markera i rumsbeskrivning/ritning var återbrukat material har byggts in.

Ändra status i CCBuild så att det framgår att materialet har använts.

I projekt med krav på loggbok ska de återbrukade materialen registreras i BVB. Registrera produkten som "egen produkt".

8. Följa upp och erfarenhetsåterföra

Om byggtentreprenör har ansvarat för återbruksarbetet ska de två veckor före slutbesikning leverera en återbruksrapport avseende utfallet av återbrukat material i projektet.

Produktbanken uppdateras med status på återbruksinventerade produkter. Återbruksrapporten i CCBuild exporteras och arkiveras med projektet i Castellums Fastighetsportal.

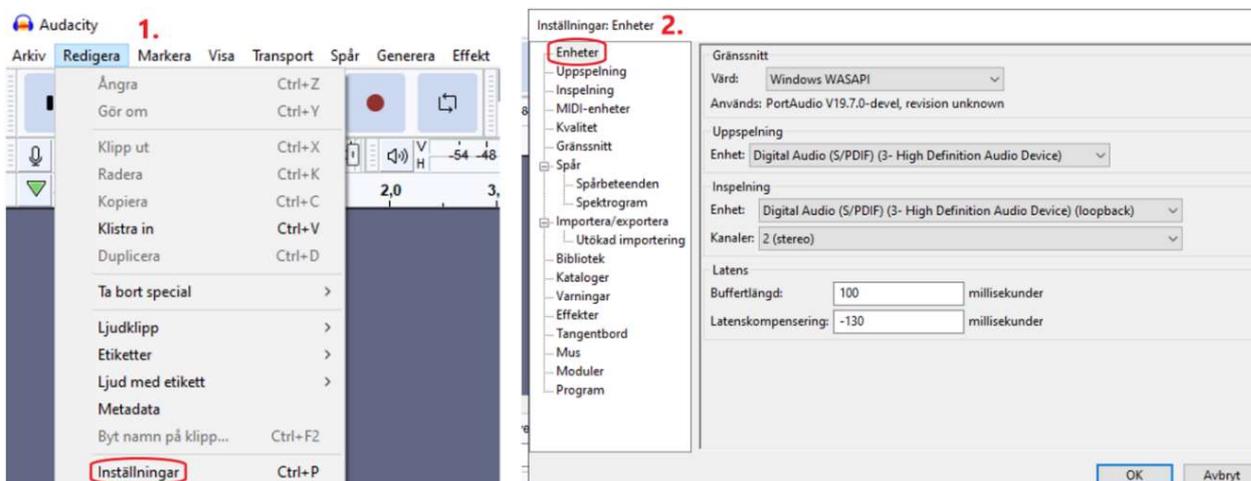
2022-12-07

Nybyggnation UTAN byggnad/byggdel som ska rivas på fastigheten

4 (4)

Bilaga 5: Ljudinspelningsprogrammet Audacity

Audacity är en kostnadsfri ljudinspelnings- och redigeringsprogramvara med öppen källkod, som fungerar på flera operativsystem, som Windows, macOS och Linux. För att anpassa programvarans inställningar klickas det först på ”Redigera”-fliken som är placerad högst upp och näst längst ut till vänster, se bild ett. Därefter navigeras det till ”Inställningar” och fortsätter till avsnittet ”Enheter”, se bild två. Här ändras ”Värd” till ”Windows Wasapi”. Det är viktigt att både inspelning och uppspelning har samma enhet, med undantag för att inspelningen har ”loopback” aktiverat. Slutligen bör kanalinställningen vara satt till ”2 (Stereo)”. Loopback användes för att eliminera potentiella missförstånd i transkriberingen mellan intervjuledare och respondenten. En potentiell nackdel av loopback är att transkriberingsprocessen kan bli försvårad eftersom intervjuledaren enbart hör respondentens röst i ljudfilen. Detta kan leda till svårigheter att följa samtalet och påverka tolkningen av insamlade data.



Audacity, programvara för inspelning av ljud. Bild 1 till vänster visar var i programmet inställningar kan lokaliseras. Bild 2 till höger visar hur enheterna ska ställas in för att kunna spela in endast respondentens röst.

Examensarbete i byggt teknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement

Bilaga 6: Provkropp från ett fläktrum, Märstagatan 2 (Fastighet Turbinen 9:1)



Examensarbete i byggt teknik: Återbruk av betong i Främre Boländerna – Från rivningsmaterial till användbara betongelement

Bilaga 7: Provkropp från en husvägg, Säbygatan 5 (Fastighet Spänningen 10:1)



Bilaga 8: Relationshandlingar för Turbinen 9:1 och Spänningen 10:1

Relationshandlingar för fläktrum Märstagan 2 (övre bild), Turbinen 9:1 och husvägg Säbygatan 5, Spänningen 10:1 (nedre bild). Röda färgmarkeringen visar vart provkropparna har tagits ifrån.

