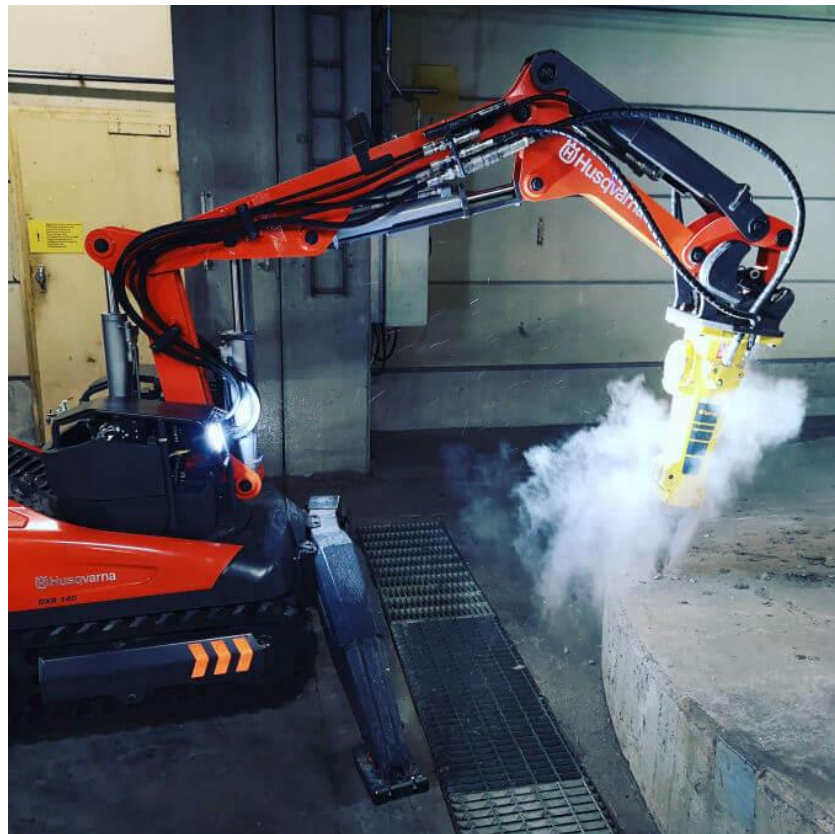


Tobias Tomasgård Dal og Zabi Muradi

Utvikle nye rivningsteknikker basert på en kartlegging av dagens metoder

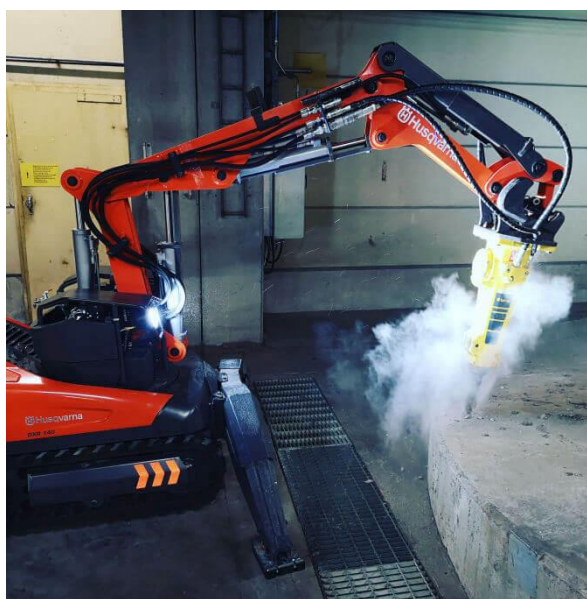
I hvilken grad begrenser dagens lovgivning implementeringen av bærekraftige rivningsteknikker for plaststøpt betong i Norge, og hvordan kan lovgivningen endres for å fremme gjenbruk og resirkulering?

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Utvikle nye rivningsteknikker basert på en kartlegging av dagens metoder

I hvilken grad begrenser dagens lovgivning implementeringen av bærekraftige rivningsteknikker for plasstøpt betong i Norge, og hvordan kan lovgivningen endres for å fremme gjenbruk og resirkulering?



Tobias Tomasgård Dal og Zabi Muradi

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: 21.05.2024
NTNU Veileder: Yongping Liu
NTNU Balance Veileder: Pasi Aalto

Oppgavens tittel:	Dato: 21.05.2024		
Utvikle nye rivningsteknikker basert på en kartlegging av dagens metoder	Antall sider: 84		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Tobias Tomasgård Dal og Zabi Muradi			
Veileder: Yongping Liu			
NTNU Balance veileder: Pasi Aalto			

Sammendrag:

Forestill deg en verden hvor bygninger ikke bare konstrueres og rives, men gjennomgår en kontinuerlig syklus av gjenfødelse, hvor hver bygning gir liv til nye strukturer og ideer. Ifølge statistikk produserer Norge omtrent 4 millioner kubikkmeter betong årlig, med et tilhørende forbruk av 10 millioner tonn sand og stein. Byggebransjen genererer rundt 1,5 millioner tonn avfall årlig, noe som verken er gunstig for klimaet eller bærekraftig. Temaet er svært sentralt ettersom Regjeringen har som mål at Norge skal bli et ledende lavutslippssamfunn innen 2050.

På bakgrunn av dette er formålet med denne bacheloroppgaven å undersøke praksisen for gjenbruk og resirkulering av materialer fra rivingsprosjekter. Forskningsprosjektet er en del av NTNU Balance, som fokuserer på utvikling av et strategisk beslutningsverktøy for å fremme en sirkulær bioøkonomi i Norge. Dette verktøyet er designet for å gjøre det mulig for beslutningstakere, næringslivet og sivilsamfunnet å koordinere tiltak for å balansere sysselsetting, redusere klimaendringer og forbedre ressursbruken.

Problemstillingen i denne oppgaven har vært å vurdere i hvilken grad dagens lovgivning begrenser implementeringen av bærekraftige rivningsteknikker for plasstøpt betong i Norge, og hvordan lovgivningen kan endres for å fremme gjenbruk og resirkulering. Denne problemstillingen har blitt besvart ved hjelp av fire forskningsspørsmål og en litteraturanalyse. Drøftelsen viser at dagens lovgivning og standarder gir et godt fundament for bærekraftige praksiser i bygge- og rivningsbransjen, men det er betydelige utfordringer

knyttet til praktisk implementering. Lovgivning som plan- og bygningsloven, naturmangfoldloven og byggeteknisk forskrift (TEK17) har bestemmelser som fremmer sirkulære prinsipper. Imidlertid viser analysen at økonomiske hensyn ofte dominerer beslutningsprosessen, noe som kan hindre full implementering av sirkulære prinsipper i praksis.

Stikkord:

Bærekraft
Gjenbruk
Sirkulær økonomi
Lover
Betong

Tobias Dal

Tobias Tomasgård Dal

21.05.2024

Zabi Muradi

Zabi Muradi

21.05.2024

Forord

Denne oppgaven er utarbeidet for ingeniørutdanning i bygglinjen, og studieretningen konstruksjonsteknikk ved Norge teknisk-naturvitenskapelig universitet. Denne oppgaven avslutter våres bachelorgrad og utgir 20 studiepoeng, arbeidet gjennomføres i løpet av 20 uker fra januar 2024 til mai 2024. Oppgavens tema handler om dagens praksis for rivning, analyse av gjeldene regelverk og presentasjon av konkrete endringsforslag for å fremme en mer bærekraftig rivningspraksis i Norge. Interessen for gjenbruk kommer av at det er så aktuelt og samfunnsrelevant, spesielt betong som er svært utbredt.

Vi har avendt mye av den kompetansen som vi har fått gjennom studieårene, i tillegg til nye læringsmomenter og erfaringer gjennom arbeidet med oppgaven. Arbeidet med denne bacheloroppgaven har vært både stressende og krevende, men samtidig spennende og lærerikt. Ettersom gjenbruk og bærekraft er svært aktuelle temaer i dagens samfunn, kan den kunnskapen oppgaven gir være nyttig i arbeidslivet.

Vi vil gjerne benytte anledningen til å takke våre veiledere Pasi Aalto og Yongping Liu for oppfølging og gode ideer, diskusjoner og motivasjoner de har gitt oss gjennom bacheloroppgaven.

Abstract (engelsk)

Imagine a world where buildings are not merely constructed and demolished but undergo a continuous cycle of rebirth, where each building gives life to new structures and ideas. According to statistics, Norway produces approximately 4 million cubic meters of concrete annually, with a corresponding consumption of 10 million tons of sand and stone. The construction industry generates around 1.5 million tons of waste annually, which is neither climate-friendly nor sustainable. This topic is particularly important as the government aims for Norway to become a leading low-emission society by 2050.

In light of this, the purpose of this bachelor's thesis is to investigate the practices for reuse and recycling of materials from demolition projects. The research project is part of NTNU Balance, which focuses on developing a strategic decision-making tool to promote a circular bioeconomy in Norway. This tool is designed to enable policymakers, businesses, and civil society to coordinate measures to balance employment, reduce climate change, and improve resource use.

The main question of this thesis has been to assess the extent to which current legislation limits the implementation of sustainable demolition techniques for cast-in-place concrete in Norway, and how the legislation can be amended to promote reuse and recycling. This question has been addressed using four research questions and a literature review. The discussion shows that current legislation and standards provide a solid foundation for sustainable practices in the construction and demolition industry, but there are significant challenges related to practical implementation. Legislation such as the Planning and Building Act, the Nature Diversity Act, and the Building Technical Regulations (TEK17) contain provisions that promote circular principles. However, the analysis shows that economic considerations often dominate the decision-making process, which can hinder the full implementation of circular principles in practice.

Innholdsfortegnelse

Forord	v
Abstract (engelsk)	vi
Innholdsfortegnelse	vii
Tabelliste	x
1 Innledning.....	1
1.1 Formål	2
1.2 Problemstilling	3
1.3 Avgrensninger og forutsetninger.....	4
1.3.1 Litteraturstudie som metode.....	4
1.4 Samfunnsperspektiv	4
1.4.1 Relevante bærekraftsmål	5
1.4.2 Bærekraft og sirkulærøkonomi i byggebransjen	6
1.5 Fremstilling og struktur.....	6
2 Teori	8
2.1 Lovgivningens rolle i bærekraftig praksis.....	8
2.2 Sirkulær Økonomi i Byggsektoren.....	9
2.2.1 Hva er sirkulær økonomi.....	9
2.2.2 Utfordringer med dagens lineære økonomi	10
2.2.3 Overgangen til en sirkulær økonomi i byggebransjen	11
2.3 Betong	12
2.3.1 Betongens oppbygning	13
2.3.2 Grunnleggende om Plasstøpt Betong	14
3 Metode.....	16
3.1 Forskningsmetode	16
3.2 Metodevalg.....	16
3.2.1 Kildesøk	17
3.2.2 Kildekritikk	18
4 Resultater.....	20
4.1 Rivningsteknikker - kartlegging av dagens metoder.....	20
4.1.1 Planleggingsfasen.....	20

4.1.2	Utførelsesfasen	21
4.1.3	Materialgjennbruk og ressursforvaltning	24
4.2	Lovgivning og reguleringer.....	27
4.2.1	Gjennbruk.....	27
4.2.2	Ombrukskartlegging i Byggtenisk forskrift	27
4.2.3	Eksempler.....	28
4.3	Rivningsteknikker og innovasjon.....	30
4.3.1	Nye rivningsteknikker	31
4.3.2	Eksempler.....	34
4.3.3	Utfordringer og muligheter for ombruk av betong.....	37
4.4	Markedsdrevne initiativer	38
4.4.1	BREEAM	38
4.4.2	LEED.....	39
4.5	Analyse av Lovgivning og Standarder	40
5	Diskusjon og analyse.....	48
5.1	Vurdering av Lovgivningens Effektivitet	48
5.1.1	Utfordringer I Gjeldene Lovgivning	48
5.1.2	Effekten av pålagt ombrukskartlegging	50
5.1.3	Mangler og Begrensninger i Standarder.....	51
5.1.4	Integrasjon og samhandling	52
5.2	Oppsummering av forskningsspørsmålene:	53
5.3	Avsluttende kommentarer	58
5.3.1	Diskusjon rundt metodevalg.....	58
6	Konklusjon	59
6.1	Vurdering av dagens lovgivning:	59
6.2	Anbefalinger basert på resultater og drøftelse	60
6.3	Videre arbeid	60
	Litteraturliste	61
	Vedlegg	74

Figurliste

Figur 1 - behandling av betong - og teglavfall (Miljødirektoratet, 20.12.2022).	Error!
Bookmark not defined.	
Figur 2 - FNs bærekraftsmål (FN, 2024).....	5
Figur 3 - Illustrasjon av en sirkulær økonomi.	9
Figur 4 - Illustrasjon av en lineær økonomi.	10
Figur 5 - Montering prefabrikkerte betong (Betongkonsept, 2023).	13
Figur 6 - Støping av gulv (blanderiet).	15
Figur 7 - Fasade av Ørsta kulturhus (google street view).	29
Figur 8 - Mineralavfall fra bygging og riving, avfallshåndtering i EU. (European environment agency , 2023).	31
Figur 9 - Mobil betongknuser på en byggeplass	33
Figur 10 - Uttrekkingsprosses av betongblokkene (C Küpfer1, 2022).	34
Figur 11 - De to casestudiene en fotgjengerbro med en spennvidde på 10 meter (a) og et parkeringsområde på 233 kvadratmeter (b) (C Küpfer1, 2022).	35
Figur 12 - Betong fra gamle hus i Bodø ble fyllmasse på VA-prosjekt (Hagen, 2024).....	36
Figur 13 - Sintef - bygget (TU.no, 2021).	37
Figur 14 - Avfallspyramiden (Byggallianse, 2021).	39

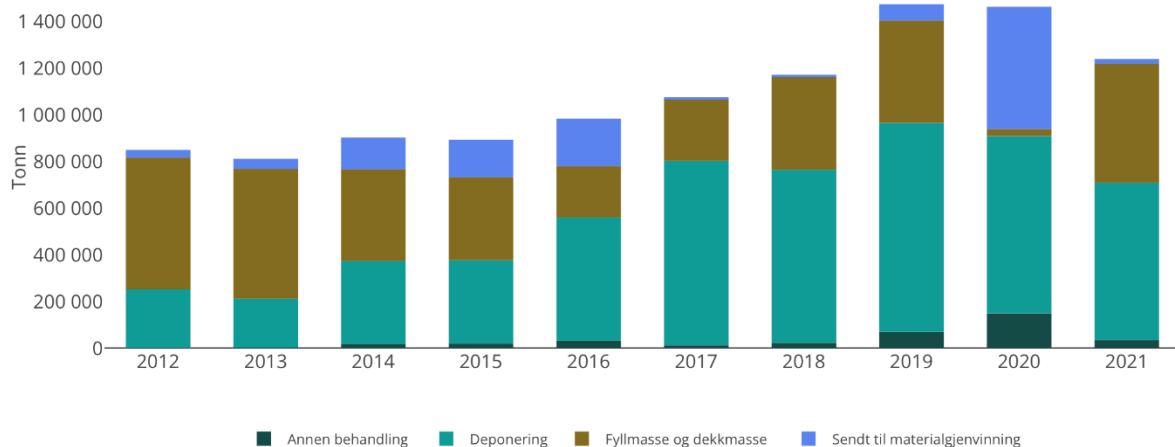
Tabelliste

Tabell 1 Oversikt over kildesøket og litteraturen som ble bruk.	17
Tabell 2 Oversikt over forskjellen mellom total- og rehabilitetsrivning.....	22
Tabell 3 Oversikt over de ulike tilnørmingene ved rivning av bærende konstruksjoner.	23
Tabell 4 Avfallsfraksjoner og hvordan de typisk beehandles ved endt livsløp. (Byggforsk, 2011).....	25

1 Innledning

Norge har som mål å bli et lavutslippssamfunn innen 2050, i samsvar med Parisavtalen og FNs bærekraftsmål. Gjenbruk ved rivning av bygninger og rehabilitering spiller en viktig rolle i denne overgangen. For å nå klimamålene er det avgjørende at vi blir flinkere til å utnytte den eksisterende bygningsmassen og infrastrukturen i landet. Byggenæringen er ansvarlig for en fjerdedel av både avfallhåndtering og råvareforbruket i Norge. Mye av disse materialene fra bygninger og infrastruktur som rives kunne blitt gjenbrukt (Sintef, u.d)

Hvert år blir det produsert omtrent 4 millioner kubikkmeter betong i Norge, og denne produksjonen krever bruk av 10 millioner tonn tilslag av sand og stein. Fra bygg- og anleggsbransjen genereres det årlig omtrent 1,5 millioner tonn avfall, hvorav 1,1 millioner tonn er betongrelatert avfall, og av dette utgjør 0,8 millioner tonn ren betong. Statistisk sentralbyrå (SSB) rapporterer at cirka 791 000 tonn av dette avfallet ender på deponier, mens 239 000 tonn blir anvendt som fyllmateriale og 40 000 tonn blir resirkulert (Petersen, u.d.).



Figur 1 - behandling av betong- og teglavfall (Miljødirektoratet, 20.12.2022).

I 2021 håndterte Norge omtrent 1,2 millioner tonn avfall fra betong og tegl, primært generert av bygg- og anleggsbransjen. Av dette ble 54% sendt til deponering, mens 41% ble anvendt som fyllmateriale og dekke, noe som betraktes som en form for materialgjenvinning. Denne

trenden forventes å øke som følge av en ny regulering fra 2020 angående bruk av lett forurenset betong (Miljødirektoratet, 20.12.2022).

Oppgaven er en del av forskningsprosjektet NTNU Balance. Målet med dette prosjektet er å lette overgangen til en sirkulær bioøkonomi i Norge gjennom et strategisk beslutningsverktøy. Dette verktøyet skal gjøre det mulig for beslutningstakere, næringsliv og sivilsamfunn å koordinere tiltak for å balansere sysselsetting, dempe klimaendringer og optimalisere ressursbruk (NTNU Balance, 2020).

Det mest lønnsomme for både klima og miljøet er rehabilitering av bygget, dersom rehabilitering ikke er mulig bør det neste steget være å gjenbruke materialene på andre prosjekter (Nitter, 7.12.2020). Rivning burde som nevnt være siste utvei, men når vi først skal rive er det viktig at denne praksisen er så miljøvennlig og effektiv som mulig. For å forstå hvordan vi kan oppnå dette, er det nødvendig å undersøke dagens praksis for rivning og analysere gjeldende regelverk og forskrifter for å identifisere eventuelle begrensninger som hindrer fremgangen mot bærekraftig rivning og gjenbruk. Hensikten er å støtte beslutningstakere i koordineringen av tiltak som kan optimalisere ressursbruken, særlig når det gjelder rivningsavfall. Valg av rivningsteknikker er avgjørende da de bestemmer hvilken type rivningsavfall som genereres, derfor bør valget baseres på hvilken type rivningsavfall som er best egnet for gjenbruk. Avslutningsvis er målet å presentere konkrete endringsforslag som kan fremme en mer bærekraftig rivningspraksis i Norge.

1.1 Formål

Hensikten med denne oppgaven er å støtte Norges mål om å bli et lavutslippssamfunn innen 2050 ved å forbedre praksisen for gjenbruk og resirkulering i bygg- og anleggsbransjen. Dette er avgjørende for å nå klimamålene og redusere råvareforbruk og avfall. Forskningsprosjektet NTNU Balance fokuserer på å utvikle et strategisk beslutningsverktøy som skal hjelpe beslutningstakere, næringsliv og sivilsamfunn med å koordinere tiltak for å fremme en sirkulær bioøkonomi, balansere sysselsetting, redusere klimaendringer og optimalisere ressursbruk. Oppgaven vil undersøke dagens praksis for rivning, analysere gjeldende regelverk og presentere konkrete endringsforslag for å fremme en mer bærekraftig rivningspraksis i Norge.

1.2 Problemstilling

Vi har valgt å tolke temaet «utvikle nye rivingsteknikker, basert på kartlegging av dagens metoder» som en mulighet til å forbedre eksisterende metoder for å oppnå målene i forskningsprosjektet, nemlig å akselerere overgangen til en sirkulær bioøkonomi. Riving av bygningskonstruksjoner, spesielt plasstøpt betong, spiller en nøkkelrolle i denne overgangen på grunn av de betydelige utslippene og ressursforbruket som er involvert.

For å utvikle nye og forbedrede eksisterende rivingsteknikker, er det nødvendig å først forstå de nåværende metodene som benyttes. Vi har derfor gjennomført en grundig kartlegging av dagens rivingsteknikker for plasstøpt betong. Dette inkluderer en detaljert analyse av de rammebetingelsene som påvirker praksisen, med et spesielt fokus på lovgivning. Lovgivning er en kritisk faktor som kan enten fremme eller hemme implementeringen av bærekraftige teknikker.

Basert på vår kartlegging har vi formulert følgende problemstilling:

I hvilken grad begrenser dagens lovgivning implementeringen av bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong i Norge, og hvordan kan lovgivningen endres for å fremme gjenbruk og resirkulering?

Denne problemstillingen behandler de sentrale aspektene ved vår forskning og legger grunnlaget for videre arbeid med å utvikle rivingsteknikker som er i tråd med målene for en sirkulær bioøkonomi. Gjennom å identifisere de juridiske hindringene og foreslå nødvendige endringer, håper vi å kunne bidra til en mer bærekraftig byggesektor. For å lettere kunne besvare denne problemstillingen har vi valgt å formulere tre forskningsspørsmål. Disse spørsmålene er som følger:

Forskningsspørsmål:

- a. Hvorvidt er prinsipper for sirkularitet integrert i dagens lovgivning, og i hvilken grad bidrar dette til å fremme gjenbruk?*
- b. I hvilken grad finnes bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong, evt. hvilke bergrensninger finnes? (f.eks lovverket)*
- c. Hvilke aktører er sentrale i å drive frem bærekraftig utvikling innen byggeindustrien i Norge?*

1.3 Avgrensninger og forutsetninger

I denne studien avgrensner vi oss til å undersøke rivingsteknikker for plastøpt betong. Dette valget er gjort for å kunne gå mer i dybden på et materiale som representerer en av de mest utfordrende konstruksjonsløsningene å gjenbruke bærekraftig. Betong er også en av de største bidragsyterne til klimagassutslipp, noe som gjør det spesielt relevant å studere i en samfunnsaktuell kontekst.

Vi forholder oss til gjeldende norske lover og forskrifter, samt direktiver fra EU, og utelukker dermed internasjonale lovverk og praksiser. Dette tillater et grundig fokus på de spesifikke utfordringene og mulighetene som eksisterer innenfor den norske.

1.3.1 Litteraturstudie som metode

Vi har valgt litteraturstudie som metode for å løse problemstillingen, da det finnes mye litteratur om plastøpt betong. Denne metoden gir en bred oversikt over eksisterende kunnskap. Vi fokuserer på variablene materialgjenvinning, utslipp, kostnader, tidsforbruk og lovgivningseffekt for å vurdere bærekraftige implikasjoner. Prosessen innebærer søk, kritisk evaluering og publisering av funn. Vi bruker forskningsspørsmålene aktivt gjennom hele oppgaven for å sikre at vi dekker alle relevante aspekter.

1.4 Samfunnsperspektiv

Når vi utvikler og implementerer nye rivingsteknikker for plastøpt betong, er det avgjørende å vurdere de samfunnmessige perspektivene. Disse perspektivene handler om hvordan endringene påvirker samfunnet som helhet, inkludert miljø, økonomi, folkehelse og sosial bærekraft.

Miljøpåvirkning: Nye rivingsteknikker kan redusere miljøbelastningen betydelig ved å minimere utslipp av klimagasser og redusere mengden avfall som sendes til deponi. Dette er viktig for å møte nasjonale og internasjonale klimamål og for å beskytte økosystemer. Ved å fremme materialgjenvinning og resirkulering kan vi også bidra til å bevare naturressurser.

Økonomisk påvirkning: Overgangen til mer bærekraftige rivningsteknikker kan ha økonomiske implikasjoner for ulike interessenter. På kort sikt kan det innebære økte kostnader for utvikling og implementering av nye metoder. På lang sikt kan det imidlertid føre til kostnadsbesparelser gjennom reduserte avfallshåndteringskostnader og økt verdi av gjenvunnet materiale. Økonomiske incentiver og støtteordninger fra myndighetene kan spille en viktig rolle i å lette denne overgangen.

Sosial bærekraft: Implementering av nye teknikker kan også påvirke arbeidsmarkedet og lokalsamfunnene. Det kan skape nye arbeidsplasser innenfor bærekraftig teknologi og resirkulering, samt kreve opplæring og kompetanseutvikling for eksisterende arbeidstakere. I tillegg kan det bidra til sosialt ansvar ved å sikre tryggere arbeidsforhold og redusere de negative sosiale konsekvensene av avfallsdeponering.

1.4.1 Relevante bærekraftsmål

For å adressere bærekraft i konteksten av rivningsteknikker og sirkularitet i byggebransjen, er det essensielt å knytte arbeidet til de globale målene for bærekraftig utvikling fastsatt av FN. Blant de 17 bærekraftsmålene er mål 12, "Ansvarlig forbruk og produksjon" spesielt relevant. Dette målet oppfordrer til bærekraftige forbruks- og produksjonsmønstre, som er fundamentalt for å utvikle og implementere rivningsteknikker som minimerer avfall og maksimerer gjenbruk og resirkulering av materialer. Fokuset på dette målet understreker nødvendigheten av å omstrukturere bygge- og rivningspraksiser for å redusere byggebransjens



Figur 2 - FNs bærekraftsmål (FN, 2024).

fotavtrykk. Implementering av sirkularitetsprinsipper støtter mål om mer effektiv ressursutnyttelse og avfallsreduksjon, som er avgjørende for ansvarlig forbruk og produksjon.

Videre bidrar bærekraftige rivningsteknikker direkte til andre relevante bærekraftsmål, som mål 11, "Bærekraftige byer og samfunn," og mål 13, "Klimatiltak." Ved å redusere miljøpåvirkningen fra byggeaktiviteter og forbedre ressursutnyttelsen, støtter disse teknikkene utviklingen av mer bærekraftige bymiljøer, noe som er kritisk for å opprettholde byers levedyktighet og motstandsdyktighet. I tillegg reduserer de klimagassutslipp gjennom mindre energikrevende rivningsprosesser og gjenbruk av materialer, noe som viser hvordan bærekraftige rivningsteknikker kan ha en bred og betydelig innvirkning på oppnåelsen av flere av FN's bærekraftsmål ved å adressere kritiske aspekter ved miljømessig bærekraft (FN, 2024).

1.4.2 Bærekraft og sirkulærøkonomi i byggebransjen

SSB presenterte tallene for byggeavfall for 2022 i desember 2023. Byggebransjen genererte 2,11 millioner tonn avfall i 2022, som er 16% mer enn i 2021 (Chaudhary, 2024). I EUs rammedirektiv for avfall fastsetter at 70% av det ikke-farlige avfallet fra bygg-og anlegg skal gjenvinnnes eller forberedes til ombruk innen 2020. For at byggebransjen skal oppnå de ambisiøse målene om 70% ombruk av ikke-farlige anleggsavfall, og samtidig redusere behovet for nye ressurser, vil det være like viktig å minimere ressursutslipp som å fremme prinsippene for sirkulær økonomi i byggebransjen (Miljødirektorat, 2019).

1.5 Fremstilling og struktur

Oppgaven er strukturert for å gi en klar og logisk gjennomgang av temaet. Nedenfor forklares de ulike kapitlene og deres formål:

Kapittel 2 er teorikapittelet. Her utforskes relevant litteratur og teorier som danner grunnlaget for studien. Fokusområder inkluderer bærekraftig bygging, sirkulær økonomi og materialgjenbruk. Dette kapittelet gir den nødvendige bakgrunnen og konteksten som trengs for å forstå de senere kapitlene, og fremhever aktuelle utfordringer og løsninger innen feltet.

Kapittel 3 er metodekapittelet. Det beskriver hvordan forskningen er gjennomført, inkludert valg av kvalitativ metode og prosessen for datainnsamling og analyse. Kapittelet gir en grundig forklaring på hvorfor bestemte metoder er valgt, og hvordan de bidrar til å besvare oppgavens problemstilling. Gjennom dette kapittelet sikres transparens og etterprøvbarehet i forskningen.

Kapittel 4 presenterer de viktigste funnene fra datainnsamlingen. Her legges data og observasjoner frem på en systematisk måte, og resultatene analyseres for å gi innsikt i forskningsspørsmålene. Kapittelet fungerer som en bro mellom metoden og diskusjonen, og gir et grunnlag for videre analyse.

Diskusjonskapittelet analyserer resultatene i lys av den teoretiske rammen. Det undersøker hvordan funnene relaterer seg til eksisterende litteratur og praksis, og diskuterer hvilke implikasjoner de har. Her sammenlignes teori med praksis, og det trekkes linjer mellom funnene og virkeligheten for å gi en dypere forståelse av temaet.

Konklusjonskapittelet oppsummerer de viktigste funnene og besvarer oppgavens problemstilling. Det gir også anbefalinger for praksis og fremtidig forskning, basert på kunnskapen som er oppnådd gjennom studien. Kapittelet avslutter oppgaven ved å trekke sammen de viktigste trådene og gi en klar konklusjon.

2 Teori

I dette kapittelet presenteres den teoretiske rammen som ligger til grunn for oppgaven. Formålet er å gi en grundig oversikt over relevant teori og avklare det faglige temaet og dets relevans. Denne gjennomgangen danner grunnlaget for analysen, diskusjonen i de påfølgende kapitlene og tilnærming til problemstillingen.

2.1 Lovgivningens rolle i bærekraftig praksis

For å forstå problemstillingen og samspillet mellom lovgivere, markedet og samfunnsbehov, er det nyttig å starte med en grunnleggende innføring i retts sosiologi. Dette feltet undersøker hvordan ulike aktører påvirker hverandre og bidrar til å forme våre juridiske og sosiale systemer. Innledningen skal legge et solid fundament for videre analyse av disse komplekse forholdene.

For å nå klimamålene for 2030 er det essensielt at bedrifter adopterer mer miljøvennlige praksiser. Det er imidlertid ikke alltid økonomisk gunstig for bedrifter å gjøre prosesser mer miljøvennlige, da dette kan medføre høyere umiddelbare kostnader sammenlignet med tradisjonelle metoder. Derfor er det viktig å skape incentiver for bedrifter til å endre praksiser. Dette kan inkludere tilbud om gunstigere lån eller andre økonomiske insentiver, samt innføring av lovpålagte krav som fremmer miljøvennlige teknikker. Ved å kombinere økonomiske fordeler med juridiske krav, kan man motivere bedrifter til å investere i bærekraftige løsninger som bidrar positivt til samfunnet og miljøet.

Et konkret eksempel på hvordan lovgivning kan fremme bærekraft, er innføringen av Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) i EU i 2002. Direktivet satte strengere krav til energieffektiviteten i nybygg for alle medlemsland, inkludert Norge gjennom EØS-avtalen. Ifølge EU-kommisjonen har dette direktivet bidratt til å redusere primærenergiforbruket med omtrent 9,8 % fra 2005 til 2018 (European Commission, 2020; IEA, 2020).

2.2 Sirkulær Økonomi i Byggsektoren

2.2.1 Hva er sirkulær økonomi

Sirkulær økonomi er et konsept som handler om å maksimere en produktets levetid, ved først å utnytte det fullt ut, for å så gi produktet et nytt liv med minimale klimagassutslipp (Miljødirektoratet, 2023). Dette konseptet legger vekt på betydningen av å sirkulere ressurser, fremme effektiviteten i bruken av materialer, og understøtter ideen om at ingenting skal gå til spille. Ved å legge til rette for lokal gjenbruk og gjenvinning, har ideen som hensikt å bekjempe dagens ressursløsning og overforbruk. Miljødirektoratet definerer sirkulær økonomi slik:

I en sirkulær økonomi må produktene vare så lenge som mulig, repareres, oppgraderes og i større grad brukes om igjen. Når produktene ikke kan brukes om igjen, kan avfallet materialgjenvinnes og brukes som råvarer i ny produksjon. Slik utnytter vi de samme ressursene flere ganger og minst mulig går tapt.
(Miljødirektoratet, 2023)¹



Figur 3 - Illustrasjon av en sirkulær økonomi. (Svanemerket, 2023)

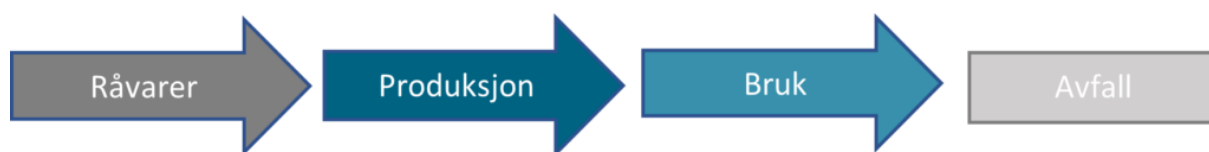
¹ <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>

2.2.2 utfordringer med dagens lineære økonomi

Utfordringene med dagens lineære økonomi er at den ikke er bærekraftig, hovedsakelig fordi den bygger på en "ta-produksjon-bruk-kast" modell som fører til massiv ressursutnyttelse og avfallsgenerering (Miljødirektoratet, 2023): Denne modellen fungerer på premisset om ubegrensede ressurser, noe som er langt fra realiteten på en planet med begrensede naturressurser og økosystemer som ikke kan regenerere raskt nok til å holde tritt med menneskelig forbruk og avfall.

Svanemerket definerer Lineær økonomi slik:

Lineær økonomi er en bruk-og-kast-økonomi. Vi henter ressurser ut fra naturen, bearbeider dem til produkter som vi bruker, og deretter kvitter oss med. Så utvinnes nye ressurser fra naturen — og hele prosessen gjentar seg. (Svanemerket, 2023)²



Figur 4 - Illustrasjon av en lineær økonomi. (Svanemerket, 2023)

For det første fører denne tilnærmingen til alvorlige miljøproblemer som klimaendringer, forurensning og tap av biologisk mangfold. Overforbruk av fossile brensler bidrar til klimaforandringer og forurensning, mens avfallsgenerering fra en lineær økonomi forurenser luft, vann og jord. Dette påvirker både menneskers helse og økosystemers velvære negativt (Environmental and Energy Study Institute, 2021).

For det andre er denne modellen økonomisk ineffektiv på lang sikt. Ressursknapphet blir stadig mer fremtredende, noe som fører til økte råvarepriser, som igjen gjør det vanskeligere for bedrifter å opprettholde sine operasjoner uten å justere sine praksiser. Dette kan resultere i økonomisk ustabilitet og konflikter over ressurser. Samlet sett gjør ressursknapphet og økende

² <https://svanemerket.no/miljo/sirkulaer-okonomi/>

råvarepriser det utfordrende for bedrifter å opprettholde bærekraftige operasjoner (UNEP, 2019).

For det tredje er det sosiale konsekvenser, inkludert ulikhet i tilgang til ressurser og muligheter. En lineær økonomi favoriserer ofte de som kontrollerer produksjonsmidlene og ressursene, noe som fører til økt ulikhet og sosial uro. Avhengigheten av fossil energi forverrer sosiale urettferdigheter ytterligere ved å skade marginaliserte samfunn (Earthjustice, 2023).

Det er derfor et økende behov for å overgå til en sirkulær økonomi, som er designet for å være regenerativ av natur. I en sirkulær økonomi blir produkter og materialer designet for å ha lengst mulig levetid, og etter bruk blir de gjenbrukt, reparert, omgjort eller resirkulert, noe som reduserer behovet for nye råvarer og minimerer avfall. Dette krever betydelige endringer i produksjonsprosesser, forretningsmodeller, forbruksmønstre og til og med samfunnets verdier og normer. En overgang til en sirkulær økonomi kan bidra til å løse miljømessige, økonomiske og sosiale utfordringer (UNEP, 2019; Earthjustice, 2023).

2.2.3 Overgangen til en sirkulær økonomi i byggebransjen

For å akselerere overgangen til en sirkulær byggebransje har Norge forpliktet seg til en rekke nasjonale og internasjonale mål gjennom strategier og retningslinjer. Disse tiltakene er avgjørende for å forstå hvordan rivningsteknikker kan utvikles for å støtte en sirkulær økonomi i byggebransjen.

En sentral del av Norges forpliktelser kommer frem i "Nasjonal strategi for en grønn, sirkulær økonomi" og den tilhørende "Handlingsplanen for en sirkulær økonomi." Disse planene kartlegger hvordan Norge skal redusere avfall, fremme gjenbruk og resirkulering, samt støtte bærekraftig produksjon og forbruk. Handlingsplanene dekker flere sektorer, inkludert byggebransjen, og legger en klar retning mot en mer sirkulær økonomi innen 2030.

Byggebransjen er svært sentral i denne overgangen, og en ny tilnærming til rive- og byggepraksis er uunngåelig. De nasjonale planene viser Norges ambisjon om å være i forkant av overgangen til en mer bærekraftig og ressurseffektiv praksis. Dette innebærer også å minimere ressursutslipp og fremme prinsippene for sirkulær økonomi i byggebransjen (Miljødirektoratet, 2019).

Casestudier og eksempler

Flere prosjekter i Norge har allerede vist hvordan prinsippene for sirkulær økonomi kan implementeres i byggebransjen. Et fremtredende eksempel er **Powerhouse Brattørkaia**³ i Trondheim, som er et av verdens nordligste energipositiv bygg. Bygget, fullført i 2019, genererer mer energi enn det bruker over sin levetid, inkludert konstruksjon, drift og demontering. Dette oppnås ved å bruke nesten 3000 m² solcellepaneler som produserer omtrent 500 000 kWh ren energi årlig, nok til å dekke behovene til både bygningen selv og nærliggende infrastruktur som elektriske busser og biler. Bygget er også designet for maksimal energieffektivitet med intelligente løsninger for ventilasjon og varmegjenvinning, samt bruk av sjøvann til oppvarming og kjøling (Snøhetta, 2019; Archello, 2024).

Et annet eksempel er **Økern Portal**⁴ i Oslo, et unikt kontorbygg med fokus på sirkulær økonomi og bærekraft. Bygget inkluderer innovative løsninger som et gjenbrukssenter for kontormøbler, hvor møbler kan repareres og gjenbrukes. Materialene brukt i konstruksjonen er valgt for deres holdbarhet og mulighet for resirkulering. Prosjektet er et samarbeid mellom lokale myndigheter, private entreprenører og arkitekter, og det har en rekke miljøvennlige funksjoner som reduserer energiforbruket og fremmer bærekraftige praksiser i byggebransjen. Økern Portal har også blitt tildelt Cityprisen 2022 for sitt viktige bidrag til byutvikling og sertifiseringsnivået «BREEAM Excellent» (Vedal, 2024).

2.3 Betong

Betong er det mest brukte byggematerialet både i Norge og på det globale byggemarkedet. Dette skyldes hovedsakelig betongens høye styrke under store belastninger, dens lange levetid, og lave vedlikeholdsbehov. I konstruksjoner anvendes betong ofte i form av plasstøpt betong eller som prefabrikkerte elementer, som for eksempel hulldekker (SNL, 2019).

³ <https://www.snohetta.com/projects/powerhouse-brattorkaia>

⁴ <https://www.vedal.no/prosjekt/okern-portal/#:~:text=%C3%98kern%20Portal%20er%20et%20unik,til%20den%20gjeve%20Cityprisen%202022.>



Figur 5 - Montering prefabrikkerte betong (Betongkonsept, 2023).

2.3.1 Betongens oppbygning

Betong er et allsidig byggemateriale sammensatt av sement, vann og tilslag. Tilslag kan være produkter som sand, singel, eller pukk. Sement blandes med vann, og danner det vi kaller sementlim. Limet binder seg rundt tilslagsmaterialene og fyller ut hulrommene. Dette gir betongen en kompakt og sterk struktur. Grus, en naturlig kombinasjon av sand og singel, er også en vanlig komponent. Det finnes ulike metoder for å produsere betong tilpasset forskjellige formål. For å oppnå en lettere betong kan for eksempel materialer som lettklinker benyttes i blandingen. (SNL, 2019)

Tilslagets egenskaper er avgjørende for betongens kvalitet. Materialene må være faste og værbestandige, med en ideelt sett rund eller kubisk form for å sikre optimal pakking. Overflatene bør ikke være for glatte, for å få bedre heft med sementlimen. En velbalansert sammensetning av kornstørrelser er avgjørende for å produsere høykvalitets betong. De mindre kornene fyller ut tomrommene mellom de større kornene, dette bidrar til en mer kompakt struktur og reduserer behovet for sementlim. (SNL, 2019)

2.3.2 Grunnleggende om Plasstøpt Betong

Plasstøpt betong er en etablert konstruksjonsmetode for alle typer bygg i Norge og resten av verden, preget av sitt on-site produksjonsprinsipp. Denne teknikken brukes ofte i konstruksjoner der formene og størrelsene varierer eller der strukturell integritet er en prioritet.

Plasstøpt betong produseres ved at fersk betong, som består av sement, grove og fine stein- og grusaggregater samt vann, enten blandes det direkte på byggestedet eller så transporteres det i flytende form med en betongbil fra et lokalt betongblandeverk. I sin ferske tilstand har betongen en spesifikk viskositet og helles direkte inn i forskalingen der den endelige konstruksjonen skal stå. Plasstøpt betong brukes i en rekke ulike byggelementer, slik som søyler, dekker, vegger, og andre betongkonstruksjoner. I motsetning til prefabrikerte betongelementer, som støpes under kontrollerte forhold hos produsenten, tilbyr plasstøpt betong en høy grad av tilpasningsmuligheter for det spesifikke prosjektet. Dette gjør plasstøpt betong særlig velegnet til konstruksjoner som krever unike løsninger eller spesiell tilpasning til lokalitetens forhold. (SNL, 2019).

Produksjonen av plasstøpte konstruksjoner er arbeidsintensiv og krever nøye kvalitetssikring for å sikre at hver konstruksjon oppnår ønsket form og nødvendige egenskaper. Denne prosessen inkluderer etablering av forskaling, innlegging av stålarmering, og selve betongstøpingen. Når støpingen er fullført, må forskalingen fjernes. Deretter må betongen herde til den har oppnådd tilstrekkelig styrke, så kan konstruksjonsdelen anses som ferdig.



Figur 6 - Støping av gulv (blanderiet).

Til tross for dens mange fordeler, innebærer bruk av plasstøpt betong også noen utfordringer. Blant disse er vanskelighetene med å gjenbruke eller fjerne betongen, ettersom den er støpt og herdet til en solid struktur. Dette kan gjøre fremtidige renoveringer eller endringer på bygget mer komplekse og kostbare. Videre kan fjerning av plasstøpt betong være både tidkrevende og ressurskrevende, noe som stiller større krav til bærekraft og miljøhensyn i byggeprosjekter.

3 Metode

Målsettingen med denne bacheloroppgaven er å utforske bærekraftige rivningsmetoder som støtter utviklingen mot en sirkulær økonomi i den norske byggebransjen. Dette innebærer en kombinasjon av litteraturstudier, bransjeinnsikt og ekspertuttalelser for å undersøke og videreutvikle nye rivningsteknikker som fremmer sirkulær økonomi. Dette kapittelet gir en gjennomgang av metodene som er benyttet i arbeidet med oppgaven. Her presenteres metodiske valg, samt fordeler og ulemper ved disse. Metodevalgene er nøye utvalgt for å besvare problemstillingen i oppgaven.

3.1 Forskningsmetode

I Store norske leksikon defineres vitenskap som «*en systematisk, metodisk og kritisk undersøkelse, studium eller forskning innenfor et bestemt felt*» (Haraldsen, 2023). Metode i en vitenskapelig sammenheng er et middel for å søke kunnskap for en spesifikk utfordring. Ved å bruke både kvalitative og kvantitative tilnærminger til å formidle kunnskap og informasjon, kan vi belyse potensielle løsninger på forskningsutfordringer.

Kvalitativ metode fokuserer på innsamling og analyse av beskrivende informasjon om et emne, fremfor å måle inntrykk og synspunkter kvantitativt. Kvalitative data kan samles gjennom direkte observasjon, deltakelse, informantintervjuer, dokumentanalyse og respondentintervjuer. Kvantitative data, derimot, består av objektive, tallbaserte fakta og analyseres ved bruk av statistiske metoder. Ofte samles kvantitative data gjennom spørreskjemaer. Kombinasjonen av disse metodene kan styrke troverdigheten og gi et mer mangfoldig perspektiv på problemstillingen (Ndla , 2019).

3.2 Metodevalg

Valg av metode bør være nøye tilpasset problemstillingen og kunne illustrere denne på en tydelig og presis måte. I denne oppgaven benyttes en kombinasjon av litteraturstudier og intervjuer som metoder. Dette gjør det mulig å samle kvalitative data fra ulike kilder for å undersøke, forklare og reflektere rundt temaet. Den kombinerte bruken av disse metodene gir

et omfattende datagrunnlag som belyser problemstillingen fra flere vinkler (Ndla , 2019). Muligheten for å inkludere kvantitative data under skriveprosessen er også vurdert, avhengig av relevansen for problemstillingen.

3.2.1 Kildesøk

Tabell 1 Oversikt over kildesøket og litteraturen som ble bruk.

Søkemotor	Søkeord	Relevante Funn	Relevans	Antall treff på søk
Google	BREEAM	« <i>BREEAM-NOR</i> ».	Rapporten er aktuell ettersom den forklarer grundig om BREEAM.	118 000 000
Google	LEED	« <i>LEED er miljøsertifisering til bygg</i> ».	Rapporten forklarer om LEED sertifisering.	8 480 000
Google scholar	Robotic Demolition	« <i>Vision-based robotic system for on-site construction and demolition waste sorting and recycling</i> ».	Denne rapporten forklarer nye utstyr for rivnings metoder.	6 190
Google	Gjenbruk av betong	« <i>Gjenbruk av betong ga millionbesparelse</i> ».	Denne rapporten beskriver et prosjekt i Bodø.	112 000
Google	Sirkulær økonomi	« <i>Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi</i> ».	Regjerings kunnskapsgrunnlag for sirkulær økonomi innenfor byggebransjen.	7 750
Google	Bærekraftig rivning	« <i>Sirkulærøkonomi i bygg og anlegg</i> ».	Sintefs prosjekt i Oslo.	381 000
Google scholar	Ombruk bygg	« <i>Ombruk kontra riving og nybygg Sammenligningsstudie av klimagassutslipp og pris for bæresystemer</i> ».	Gjennomføring av prosjekt i Møre og Romsdal fylkeskommune.	162
Google	Rivning metode	« <i>Gjennomføring av rivearbeider</i> »	Anvisningen er svært aktuell da den tar for seg praksis og metode for rivning.	247 000

Google	Rivning planlegging	«Planlegging av rivearbeider»	Anvisningen er svært relevant da den tar for seg alle punktene rundt planlegging av rivning.	1 410 000
Google	Resirkulert tilslag av betong	«Resirkulert tilslag av tegl og betong»	Anvisningen tar for seg ulike aspekter rundt resirkulert tilslag.	3 730
Google	concrete crushing on site	«On-Site Concrete Crushing & Recycling»	Er levrاندør av mobilt knuseanlegg, og forklarer hva metoden går ut på.	19 200 000
Google	does audits minimize construction waste	«Construction has a waste problem. Are audits the solution?»	Viser effekten av ombrukskartlegging, med eksempler som: The Westbury Hotel	54 500 000
Google scholar	reuse of concrete using sawing	«Environmental and economic analysis of new construction techniques reusing existing concrete elements: two case studies»	To case prosjekter, som tar for seg gjenbruk av sagde betongelementer.	15 700
Google scholar	Rivning oppgave	«Ombruk kontra riving og nybygg: Sammenligningsstudie av klimagassutslipp og pris for bæresystemer»	Viser casestudie om rivning av en bygg i Ålesund.	1 810
Google	Study of Demolition Methods	«Comparative Study of Demolition Methods»	Evaluerer ulike teknikker og prosesser for å rive bygninger	324

3.2.2 Kildekritikk

For å sikre at informasjonen var troverdig og relevant, gjennomførte vi en grundig kildekritisk prosess. Det er spesielt viktig i den raske utviklingen i byggebransjen. Uten denne tilnærmingen kunne studien ha basert seg på upålitelig informasjon og svekket troverdigheten. Strengt kvalitetskriterier for kildematerialet ble implementert for å minimere risikoen for feil.

Litteraturstudiet la grunnlaget for arbeidet ved å etablere et solid teoretisk rammeverk. Dette gjorde det mulig å bygge opp en omfattende bakgrunn for forskningsprosjektet, forsterke

argumentasjonen for innovative rivningsteknikker og avdekke mulige hindringer. Det ga dybde i analyse og diskusjon, samtidig som det identifiserte forskningsgap. Utfordringen med omfattende litteratursøk er den betydelige tids- og ressursbruken, noe som kan være en hindring i en tidsbegrenset akademisk ramme som en bacheloroppgave. Likevel mener vi at fordelene ved en solid underbygget argumentasjon oppveier denne ulempen.

Selv om litteraturstudie har mange fordeler, er det også noen ulemper. En ulempe er at man er begrenset til eksisterende litteratur, noe som kan gjøre det vanskelig å tilføre nye vinkler eller perspektiver. Løsninger blir ofte avhengige av forfatterens vinkling.

4 Resultater

I dette kapitlet oppsummeres funnene fra litteraturgjennomgangen. Det presenteres detaljerte studier av både nye og eksisterende teknikker for riving og gjenvinning av plasstøpt betong, samt hvordan frivillige ordninger spesifikt påvirker bærekraftige riving av betong. Videre introduseres praktiske eksempler på hvor bærekraftige praksiser har blitt implementert. Deres fordeler og ulemper evalueres.

4.1 Rivningsteknikker - kartlegging av dagens metoder

I dette delkapitlet utforskes og kartlegges rivningsprosessen spesifikt for plasstøpt betong, for å danne et fundament for videre drøfting i oppgaven. Rivningsprosessen deles inn i tre hovedfaser: Planleggingsfasen, Utførelsesfasen, og Avfall/Materialhåndtering. Målet er å få en grundig forståelse av de ulike rivningsteknikkene som brukes i dagens praksis for plasstøpt betong og de rammebetingelsene som påvirker valg av metode.

4.1.1 Planleggingsfasen

Planleggingsfasen er avgjørende i ethvert rivningsprosjekt, ettersom den legger grunnlaget for en sikker, miljøvennlig, effektiv og økonomisk gjennomføring. Byggforsk sin anvisning «*Planlegging av rivearbeider*»⁵ tar for seg hele denne prosessen, vi tar derfor utgangspunkt i denne avnisingen videre i denne delen. Planleggingsfasen innebærer en detaljert risikovurdering og implementering av sikkerhetstiltak for å oppfylle gjeldende regelverk og standarder, som igjen søker å sikre helse, miljø og sikkerhet (*HMS*) på anleggsstedet. En godt planlagt rivning bidrar ikke bare til å redusere kostnader, men også til å minimere miljøbelastningen, noe som resulterer i en mer bærekraftig prosess.

Miljøkartlegging spiller en viktig rolle i rivningsprosesser, spesielt i eldre konstruksjoner der det er nødvendig å identifisere helse- og miljøfarlige materialer. I tilknytning til dette, må det utarbeides en miljøsaneringsbeskrivelse som sikrer forsvarlig håndtering og fjerning av disse materialene. Juridisk forberedelse er også essensielt, inkludert en gjennomgang av relevante

⁵ https://www.byggforsk.no/dokument/645/planlegging_av_rivearbeider (Byggforsk, 2011a)

lover og forskrifter, spesielt *plan- og bygningsloven*, for å sikre at alle nødvendige tillatelser er på plass. Planleggingsfasen krever videre utvikling av en avfallsplan som inkluderer detaljerte prosedyrer for sortering, håndtering og gjenvinning av byggavfall. Dette bidrar til å minimere mengden avfall som sendes til deponi. Fra 1. juli 2023 har det blitt innført et lovpålagt krav om *ombrukskartlegging*, noe som innebærer at yrkesbygg og boligblokker spesielt må kartlegges for muligheter til *ombruk* før rivning. Denne delen av planleggingsprosessen vil utforskes mer detaljert i seksjonen om avfall og materialhåndtering.

Valg av rivningsmetode

En analyse av bygningens konstruksjon og beliggenhet, samt utfordringer som støy, støv og vibrasjoner, er nødvendig for å velge passende rivningsmetoder. Ansvarsdefinering i henhold til plan- og bygningsloven, inkludert roller som tiltakshaver, ansvarlig søker, prosjekterende, utførende og uavhengig kontrollerende, er essensielt for en velordnet prosess. En omfattende planleggingsprosess sikrer at riveprosjektet utføres i tråd med lovverk, med fokus på sikkerhet, minimal miljøpåvirkning og effektiv ressursbruk.

4.1.2 Utførelsesfasen

Etter planleggingsfasen starter rivningsarbeidene, som tilpasses etter prosjektets natur og målsetninger. I denne fasen utforskes og velges de rivningsteknikkene som best støtter prosjektets behov, noe som er sentralt for å videreutvikle teorigrunnlaget for drøfting av innovative teknikker i oppgaven. Byggforsk sin anvisning «*Gjennomføring av rivearbeider*»⁶ tar for seg rivningsprosessen på en god måte, vi tar derfor utgangspunkt i denne avnisen videre i denne delen.

Rivningsarbeid innen byggsektoren kan kategoriseres i to hovedtyper: rehabiliteringsrivning og totalrivning. Rehabiliteringsrivning tar sikte på selektiv fjerning av deler av en bygning for oppussing eller omstrukturering, mens totalrivning innebærer fullstendig nedtaking av byggestrukturen. Valget av rivningsmetode påvirkes av om konstruksjonene er bærende eller ikke, samt av andre kritiske faktorer som bygningens integritet og omkringliggende miljø.

⁶ https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_av_rivearbeider (Byggforsk, 2011b)

Tabell 2 Oversikt over forskjellen mellom total- og rehabiliteringsrivning. (Byggforsk, 2011b)

Rehabiliteringsrivning	Totalrivning
Innebærer bruk av spesialisert utstyr som minigravere, betongsager og rivningsroboter. Dette gjør det mulig å tilpasse eller oppgradere bygningsdeler på en måte som minimerer påvirkningen på resten av strukturen.	Omfatter nedrivning av både bærende og ikke-bærende strukturer, der det er essensielt å vurdere bygningens integritet og omkringliggende miljø sikkerhet. Prosessen kan kreve større maskineri og grundig forberedelse for å minimere miljøpåvirkningen.

Begge rivningstypene understreker behovet for grundig planlegging og risikovurdering, som Byggforsks anvisninger fremhever gjennomføring av rivearbeider, for å sikre at prosessene er både effektive og sikre. Vurderingen av ikke-bærende konstruksjoner er spesielt kritisk for å unngå overbelastning som følge av strukturelle endringer. (Byggforsk, 2011b).

Rehabilitering - riving av deler av bygning

Dagens metoder for gjennomføring av rivearbeider er beskrevet i Byggforsks anvisning, *Gjennomføring av rivearbeider*. De fremhever viktigheten av grundig planlegging og risikovurdering for å sikre effektive og sikre arbeidsprosesser.

Ikke-bærende konstruksjoner

I rehabiliteringsprosjekter som involverer ikke-bærende konstruksjoner av plaststøpt betong, kan det noen ganger være tilstrekkelig å kun arbeide med disse elementene. Typiske oppgaver inkluderer fjerning av overflatebelegg på vegger, demontering av innvendige skillevegger, himlinger og gulvbelegg. Dette gjøres for å tilpasse bygningen til nye brukerkrav, forbedre eller utskifte spesifikke elementer, eller forberede for en større ombygging. Det er avgjørende å nøye vurdere hvordan disse ikke-bærende konstruksjonene er integrert med byggets hovedstruktur, for å unngå å gå på bekostning av byggets stabilitet.

Bærende konstruksjoner:

Fjerning av bærende konstruksjoner krever nøye planlegging og presis utførelse for å opprettholde byggets stabilitet. Det er nødvendig å installere midlertidige støttekonstruksjoner som sikrer bygningens strukturelle integritet. Disse tiltakene er søknadspliktige og må godkjennes allerede i planleggingsfasen. Når bærende konstruksjoner fjernes, blir det

nødvendig å innkludere en konstruksjonsingeniør til å vurdere og sikre at både midlertidige og permanente elementer tåler de påkrevde lastene. Ved helriving av bygg er det viktig å planlegge håndteringen av tomten etter rivningen, slik at restmaterialer og avfall blir håndtert på en effektiv og miljøvennlig måte. Riveprosessen kan påvirkes av en rekke faktorer, inkludert bygningens design, størrelse, avstand til omkringliggende bygg, forekomsten av miljøfarlige materialer, og behovet for å kontrollere støy og støv.

I Byggforsks *Gjennomføring av rivearbeider*⁷ beskrives metoder for å rive bærende betongkonstruksjoner slik:

Tabell 3 Oversikt over de ulike tilnærmingene ved rivning av bærende konstruksjoner. (Byggforsk, 2011b)

Riving med små maskiner	Riving med store maskiner	Andre metoder for helriving
Små rivemaskiner eller roboter bryter opp konstruksjoner i små biter.	Store rivemaskiner fjerner rivemassene utvendig, og kan utstyres med verktøy som pigghammer, saks, skuffe, eller klype	Bygningen kan sages i deler og delene senkes ned med kraner, og deretter behandles videre på bakkenivå.
Rivemassene transporteres enten via interne eller midlertidige eksterne sjakter ved hjelp av minilastere.	basert på behovene til prosjektet. Sikkerhetstiltak kan inkludere opprettelse av støtdempende lag rundt konstruksjonen, beskyttelse mot sprut til naboer eller personell, bygging av ramper for å gi maskiner høyere rekkevidde, og tiltak mot støvspredning	Bygningens elementer kan demonteres og senkes ned for videre behandling.
Det er viktig å sette opp ekstern sikring for å forhindre uønsket nedfall.		

Spesielle riveprosesser

Teknikker som sprengning og velting benyttes i spesifikke tilfeller, hvor planlegging rundt sikkerhet og områdets bruk post-riving er kritisk. Mekanisk og kjemisk sprengning er alternativer for nøyaktig separasjon av materialer når standard sprengningsmetoder er upraktiske. (Byggforsk, 2011b).

⁷ https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_av_rivearbeider#i44

Oppsummering og bærekraft

Effektiv riving innebærer miljøhensyn og bærekraft, der bruk av elektriske, utslippsfrie maskiner anbefales for å minimere miljøpåvirkningen. God ventilasjon er viktig ved bruk av utstyr som genererer eksos. Trenden mot utslippsfrie byggeplasser og finansielle incentiver som grønne lån, understreker en økende bevissthet om bærekraft i byggebransjen.

Praksis og sikkerhetsforanstaltninger

Moderne rivningspraksis legger stor vekt på sikkerhet, miljøpåvirkning og resirkulering av materialer. Før et rivningsprosjekt starter, utføres en detaljert planlegging og risikovurdering. Dette inkluderer vurdering av strukturens tilstand, nærliggende strukturer, samt potensielle miljø- og helsefarer som asbest eller blybasert maling.

For å minimere miljøpåvirkningen, fokuserer mange prosjekter på selektiv rivning og gjenvinning av materialer. Dette bidrar ikke bare til bærekraft, men kan også redusere projektkostnadene ved å selge gjenvunnet materiale eller unngå deponikostnader.

Sikkerheten for arbeidere og omgivelsene er viktig. Streng sikkerhetsprotokoller følges, inkludert bruk av personlig verneutstyr (PPE), sikring av området rundt rivningsstedet, og kontinuerlig overvåking av luftkvalitet og støvnivåer. Teknologiske fremskritt, som bruk av droner for inspeksjon og 3D-modellering for å planlegge eksplosiver, har også forbedret sikkerheten og effektiviteten i rivningsbransjen. (Byggforsk, 2011b).

4.1.3 Materialgjennbruk og ressursforvaltning

Materialgjennbruk og ressursforvaltning er essensielle aspekter ved bærekraftig byggepraksis, som adresseres i Byggteknisk forskrift Kapittel 9 om ytre miljø. Dette kapittelet setter standarder for hvordan avfall skal håndteres i bygge- og rivningsprosjekter, med et sterkt fokus på miljøbevissthet og effektiv ressursbruk.

I henhold til § 9-6, er utarbeidelse av en avfallsplan påkrevd for prosjekter av en viss størrelse eller omfang. Denne planen skal gjøre rede for hvordan byggavfall, fordelt på ulike avfallstyper og -mengder, skal håndteres. Dette inkluderer oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, vesentlige endringer, reparasjoner, og riving når disse aktivitetene overskrider fastsatte grenser for areal og avfallsmengde.

Paragraf 9-7 tar for seg nødvendigheten av en grundig kartlegging av farlig avfall og bygningsfraksjoner som enten skal fjernes eller kan gjenbrukes. Kartleggingen skal resultere i en rapport som omfatter alt fra utførerens identitet til detaljerte analyser av materialprøver. Formålet er å identifisere materialer som er egnet for ombruk, og dermed fremme materialgjennbruk innenfor prosjektets rammer.

Avfallssortering, som beskrevet i § 9-8, krever at minst 70 vektprosent av avfallet fra de nevnte tiltakene sorteres i rene fraksjoner. Dette understreker viktigheten av å minimere restavfall og maksimere potensialet for materialgjennbruk og gjenvinning. Sluttrapporten for avfallshåndtering, nevnt i § 9-9, skal dokumentere den faktiske disponeringen av avfall, for å sikre at praksis stemmer overens med de oppsatte målene om bærekraftighet.

Til slutt setter § 9-10 fokus på utslippskrav for vedfyrte ildsteder, for å minimere miljøbelastningen fra byggeaktiviteter. Dette er spesielt relevant i konteksten av forurensningskontroll og energiutnyttelse, hvor selv historiske og bevaringsverdige ildsteder må vurderes for deres miljøpåvirkning. Gjennom en helhetlig tilnærming til avfallshåndtering, kartlegging av farlig avfall og ombruksmuligheter, samt strenge krav til sortering og dokumentasjon, fremmer TEK17 materialgjennbruk og ressursforvaltning som kritiske komponenter i bærekraftig byggepraksis. Dette kapittelet i TEK17 er dermed avgjørende for å drive fram prinsipper om bærekraft og miljøansvar i byggesektoren.

Tabell 4 Avfallsfraksjoner og hvordan de typisk behandles ved endt livsløp. (Byggforsk, 2011a)

Avfallsfraksjon på byggeplass (ved endt livsløp)	Type gjenvinning ved endt livsløp (vanlig praksis)
Jern og andre metaller	Materialgjenvinning
Asfalt	Materialgjenvinning
Betong, tegl, lettklinker o.l.	Materialgjenvinning
Forurenset betong, tegl, lettklinker o.l.	Deponi
Restavfall	Energigjenvinning
Gipsbaserte materialer	Materialgjenvinning, deponi
Glass	Materialgjenvinning, deponi
Trevirke, ikke impregnert	Energigjenvinning
Plast	Energigjenvinning

Farlig avfall	Destruksjon
---------------	-------------

Deponi

Deponi innebærer forsvarlig sluttbehandling av avfall som ikke kan gjenvinnes eller energiutnyttes. Dette avfallet legges på godkjente deponier hvor det sikres at miljøet ikke skades. Deponiene er tettet i bunnen for å forhindre utslipp til jord og vann, og sigevann samles opp og renses (Avfall Norge, 2023; Store norske leksikon, 2018). I Norge har deponering blitt sterkt regulert, med et forbud fra 2009 mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall for å redusere klimagassutslipp. Dette forbudet har bidratt til å redusere deponeringens andel av norske klimagassutslipp til omtrent 2 % (Store norske leksikon, 2018). Avfall som ikke kan gjenvinnes eller inneholder miljøgifter, som forurenset betong, legges på deponi for å sikre forsvarlig håndtering (Wikipedia, 2023).

Gjenvinning

Gjenvinning innebærer at avfall omdannes til nye råmaterialer som kan brukes til å lage nye produkter. Dette inkluderer materialgjenvinning, hvor materialer som metall, asfalt og betong behandles for å kunne brukes igjen. Energigjenvinning derimot, innebærer forbrenning av avfall som plast og trevirke for å produsere energi. Fra 1999 til 2014 betalte norske aktører inn nesten 5 milliarder kroner i avgifter for å stimulere til materialgjenvinning og redusere mengder til deponi (Avfall Norge, 2023). Gjenvinning har derfor en betydelig rolle i å redusere miljøbelastningen og spare ressurser.

Destruksjon

Destruksjon brukes for å håndtere farlig avfall som inneholder giftige eller skadelige stoffer. Dette avfallet behandles i spesialanlegg hvor det nøytraliseres eller ødelegges på en måte som sikrer at det ikke utgjør en risiko for miljøet eller menneskers helse. For eksempel, avfall med høyt innhold av tungmetaller, som ikke bør gjenvinnes av miljøårsaker, legges i deponi for farlig avfall for å sikre at miljøgifter blir forsvarlig håndtert (Store norske leksikon, 2018; Avfall Norge, 2023).

SSB presenterte tallene for byggeavfall for 2022 i desember 2023. Byggebransjen genererte 2,11 millioner tonn avfall i 2022, som er 16 % mer enn i 2021 (Chaudhary, 2024). EUs rammedirektiv for avfall fastsetter at 70 % av det ikke-farlige avfallet fra bygg og anlegg skal gjenvinnes eller forberedes til ombruk innen 2020. For at byggebransjen skal oppnå de ambisiøse målene om 70 % ombruk av ikke-farlig anleggsavfall og samtidig redusere behovet for nye ressurser, vil det være like viktig å minimere ressursutslipp som å fremme prinsippene for sirkulær økonomi i byggebransjen (Miljødirektoratet, 2019).

4.2 Lovgivning og reguleringer

4.2.1 Gjenbruk

I henhold til Byggtenisk forskrift, spesielt Kapittel 9 om ytre miljø, § 9-5, vektlegges prinsippene om reduksjon av byggavfall og fremming av ombruk. Byggtenisk forskrift definerer byggavfall som materialer og gjenstander som genereres fra bygging, rehabilitering, vedlikehold, eller riving av byggverk. Hovedformålet er å sikre at byggverk oppnår en forsvarlig og tilsiktet levetid, hvorav avfallsmengden over byggverkets livsløp begrenses til et minimum.

For å redusere totalavfallsmengden, oppfordres det til valg av bestandige materialer som tåler tidens tann og som er egnet for ombruk og materialgjenvinning. Dette innebærer også at byggverk må prosjekteres og bygges med tanke på fremtidig demontering, noe som skal være gjennomførbart innenfor praktiske og økonomiske rammer. Forskrift understreker viktigheten av å benytte byggepraksiser som både er miljøvennlige og økonomisk bærekraftige, ved å promotere byggverk som er designet for enkel ombygging, dermed forlengende deres brukstid og reduserende avfallsmengder.

4.2.2 Ombrukskartlegging i Byggtenisk forskrift

Ombrukskartlegging, som beskrevet i Byggtenisk forskrift § 9-7, er en prosess for å identifisere materialer eller bygningsfraksjoner i eksisterende byggverk som er egnet for ombruk. Denne kartleggingen er en del av en bredere strategi for å redusere avfall og fremme

bærekraftig bruk av ressurser i byggebransjen. Formålet er å identifisere og dokumentere materialer som kan gjenbrukes i stedet for å bli behandlet som avfall, noe som bidrar til en mer ressurseffektiv og miljøvennlig praksis.

Kartleggingen skal gjennomføres for tiltak i eksisterende byggverk som involverer endring, reparasjon eller riving, og er spesielt viktig der disse tiltakene er søknadspliktige. Prosessen innebærer å detaljert vurdere og beskrive bygningsdeler og materialer som kan ha potensial for gjenbruk, basert på faktorer som deres tilstand, restlevetid, og egnethet i nye anvendelser.

Rapporten fra ombrukskartleggingen skal inneholde spesifikk informasjon som hvem som har utført kartleggingen, dato, sted, detaljer om byggverket, og en oversikt over identifiserte ombruksmaterialer. Den skal også følge Norsk Standard NS 3451:2022 for å systematisere og standardisere denne informasjonen. (Resirqel, 2023)

Ved å fokusere på ombruk, støtter TEK 17 en sirkulær tilnærming i byggebransjen, hvor materialer og produkter får forlenget liv gjennom gjenbruk i nye byggeprosjekter. Dette bidrar til å redusere både avfallsproduksjon og behovet for nye råmaterialer, styrker bærekraftig utvikling og understøtter miljømessige målsetninger.

4.2.3 Eksempler

Fylkeskommunen Møre og Romsdal

Fylkeskommunen Møre og Romsdal planlegger en renovering eller nybygging av Ørsta kulturhus på den mest bærekraftige måten. Kulturhuset i Ørsta er et kulturelt samlingspunkt med fasiliteter som bibliotek, storsal, kino og ungdomsklubb.



Figur 7 - Fasade av Ørsta kulturhus (google street view).

Fylkeskommunen har publisert en rapport om prosjektet, som vurderer tre ulike alternativer for nybygg. Den første løsningen innebærer gjenbruk av eksisterende bygningsdeler, hvor betongbæresystemene er blant de beste alternativene å beholde. Stålfagverket i taket må byttes ut på grunn av økte krav til snølast, mens TRP-platene har potensial for gjenbruk andre steder i bygget, avhengig av tilstanden.

Det andre forslaget innebærer å rive det eksisterende bygget og bygge et helt nytt med bæresystem i massiv tre og limtre. Til slutt foreslår det tredje alternativet også riving av eksisterende bygg, med erstatning av bæresystemet med prefabrikkert betong og stål (søyler og bjelker).

Tre studenter ved NTNU Ålesund har i samarbeid med Multiconsult AS utarbeidet sin bacheloroppgave om dette prosjektet. Resultatene deres viser at gjenbruk gir lavere utslipp sammenlignet med de to andre foreslåtte nybyggene, og at det også er det mest kostnadseffektive alternativet. Likevel er ikke gjenbruk det beste alternativet på grunn av tilstanden til det eksisterende bygget. Problemer som vannskader og konstruksjonsmangler hindret ombruk (STK.SMH.TM, 2023).

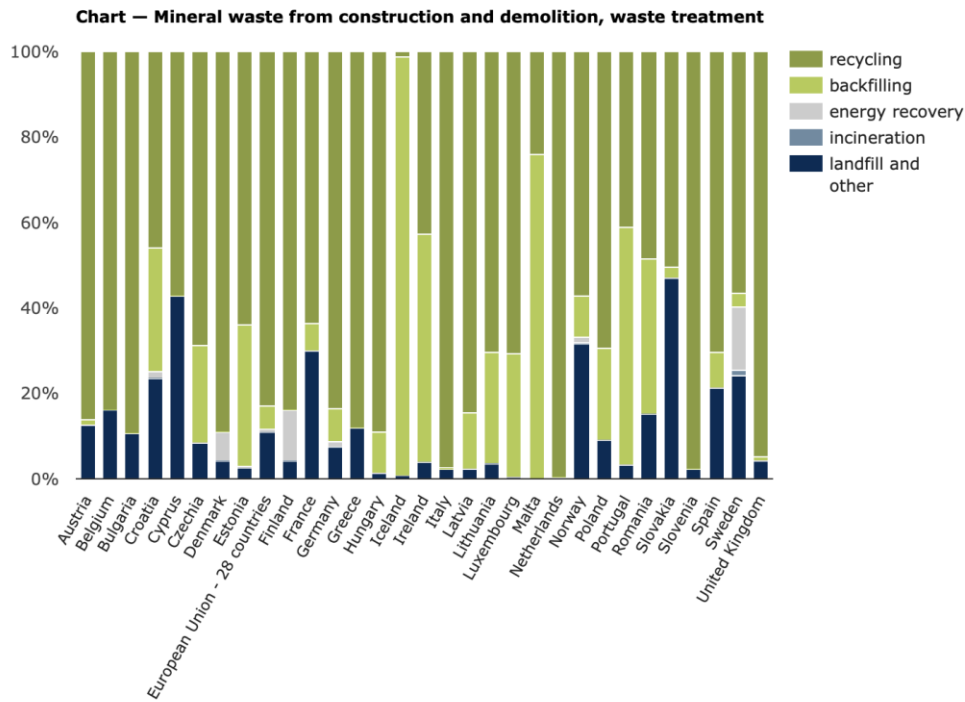
The Westbury Hotel - London

Ramboll har selv publisert en artikkel⁸ hvor de snakker om kartlegging av bygginger, og erfaringer fra egne prosjekter. The Westbury Hotel i London var opprinnelig planlagt revet, men en grundig ombrukskartlegging avdekket et betydelig potensial for gjenbruk av materialer. Dette resulterte i en justering av planene, hvor de valgte å utvide bygningen og bevare størstedelen av den eksisterende strukturen. Ramboll hevder at løsningen deres, ved hjelp av kartlegging for ombruk, bidro til å spare 3500 tonn karbon og 5000 tonn bygningsavfall.

4.3 Rivningsteknikker og innovasjon

I Europa møter man en del utfordringer og muligheter når det gjelder håndtering av avfall fra rivning (C&DW), hvor målet er å fremme en mer sirkulær økonomi. Dette avfallet inneholder en del materialer som betong, murstein og keramikk. Disse materialene er verdifulle og kan gjenbrukes eller gjenvinnes, for å øke sirkulartiteten i håndtering av C&DW har europeiske land iverksatt og foreslått en rekke tiltak, dette inkluderer økonomiske insentiver som grønne skatter som justerer kostnadene for å reflektere de økonomiske og miljømessige fordelene. I området for kvalitet og standardisering er det utviklet standarder for resirkulerte materialer for å sikre en konsistent og pålitelig kvalitet. Dette er da avgjørende for å bygge tillit blant forbrukere og entreprenører. Dermed har det blitt foreslått system for sertifisering og sporbarhet for å forbedre gjennomsiktigheten og styrke tilliten for disse materialene. I følge det europeiske miljøbyrået det kreves investeringer i avanserte teknologi for å forbedre separasjon og rensing av resirkulerte materialer, dette er nødvendig dersom man skal redusere forekomsten av forurensning og farlige stoffer. I tillegg har det blitt snakket om innføring av materialplass og pre-demolition, som er et tiltak som tar sikte på å fremme mer effektiv og målrettet gjenbruk og resirkulering av materialer i bygg og rivningssektoren (European environment agency , 2023).

⁸ <https://www.ramboll.com/en-gb/insights/resource-management-and-circular-economy/construction-has-a-waste-problem-are-audits-the-solution>



Figur 8 - Mineralavfall fra bygging og rivning, avfallshåndtering i EU. (European environment agency, 2023).

Grafen over viser håndtering av mineralske avfall fra bygg- og rivningsaktiviteter i forskjellige land i Europa, inkludert Norge. I diagrammet over ser vi ut til at Norge har en veldig høy andel av resirkulering av mineralske avfall fra aktiviteter i bygg og rivning, med en liten andel som går til energigjenvinning som forbrenning og annen håndtering av deponering.

4.3.1 Nye rivningsteknikker

Med økt fokus på miljøbevissthet og behovet for bærekraftig utvikling, har rivningsteknikker og gjenvinning av plaststøpt betong fått fornyet oppmerksomhet. Vanligvis benyttes store og tunge mekaniske utstyr som hydrauliske hammere til rivning av betongkonstruksjoner. Selv om disse verktøyene er effektive for å nedbryte store konstruksjoner, fører de også til betydelig fragmentering av materiale og miljøpåvirkning. Dette har ført til en overgang til utvikling av nye og mer miljøvennlige teknikker for rivning (Arathy H. Menon, 2017).

Robotisert rivning

Studien "Robotic Demolition Increases Efficiency and Safety" undersøker hvordan robotisert rivning blir stadig mer utbredt, samt hvordan teknologiske innovasjoner kan forbedre effektiviteten og avfallshåndteringen på byggeplasser. Fokuset ligger på bygg- og rivningsavfall (CDW), som utgjør en betydelig del av det faste avfallet i urbane områder som Hongkong og EU. Studien ser på hvordan teknologiske løsninger kan forbedre gjenvinningsprosessen.

Tradisjonelle metoder for rivning og avfallshåndtering har vært arbeidsintensive og tidkrevende, noe som har ført til ineffektiv gjenvinning. For å møte disse utfordringene foreslår forskerne en robotisert tilnærming som integrerer avanserte teknologier som datamaskinsyn, Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), og instance-segmentering. Disse teknologiene gjør det mulig å identifisere og sortere bygg- og rivningsavfall på stedet, noe som kan føre til mer effektiv resirkulering og gjenbruk av materialer (Zeli Wang, 2020).

On-site betongknusing

Mobil betongknusing som en rivningsteknikk sørger for resirkulerebart betongmaterialer direkte på byggeplassen. Prosessen starter med å samle inn betongen som skal rives, deretter blir betongen sortert før den knuses ved hjelp av mobilt utstyr. Dette utstyret kan enkelt transporteres til ulike rivningsområder og inkluderer maskiner for fjerning av jernholdige metaller, sikting og separasjon av urenheter for å sikre renere og mer brukbare materialer.

Fordelene ved mobil betongknusing inkluderer kostnadsbesparelser ved å eliminere behovet for transport og deponering av betongavfall. Ved å knuse betongen på stedet kan materialene umiddelbart gjenbrukes, spesielt om det er snakk om ubunden bruk. I tillegg er denne metoden miljøvennlig ved at den reduserer mengden avfall som sendes til deponier og minimerer karbonutslippene som følger med transport.



Figur 9 - Mobil betongknuser på en byggeplass Priestly Demolition (2024).

På den andre siden kan de innledende kostnadene forbundet med oppsett og kjøp av det nødvendige utstyret være høye. Denne tilnærmingen gir oss tilslag som produkt, og erstatter derfor ikke behovet for sement. Til tross for disse utfordringene, gir mobil betongknusing en bærekraftig og kostnadseffektiv løsning for moderne rivningsprosjekter (Priestly Demolition, 2024).

Betongsaging som metode

Rivning av bygninger innebærer destruksjon av strukturer ved bruk av maskiner, eksplosiver eller manuelle teknikker, med målet om å minimere påvirkningen på omgivelsene. I byggebransjen brukes flere metoder for nedrivning av betong, hvor betongsaging er en av de fremste. Betongsaging er en teknikk utviklet for å fjerne spesifikke deler av en struktur presist og kontrollert, uten å forårsake skade eller vibrasjoner som kan oppstå ved bruk av eksplosiver. Denne metoden er spesielt verdifull i renoveringsprosjekter hvor bare deler av en bygning skal oppgraderes, uten å rive ned hele strukturen. Kombinasjonen av effektivitet og

nøyaktighet gjør betongsaging populær i moderne rivnings- og renoveringsprosjekter. Det finnes flere teknikker innen betongsaging, inkludert kjedesaging, diamantkjerneboring og wiresaging (Arathy H. Menon, 2017).



Figur 10 - Uttrekkingsprosessen av betongblokkene (C Küpfer1, 2022).

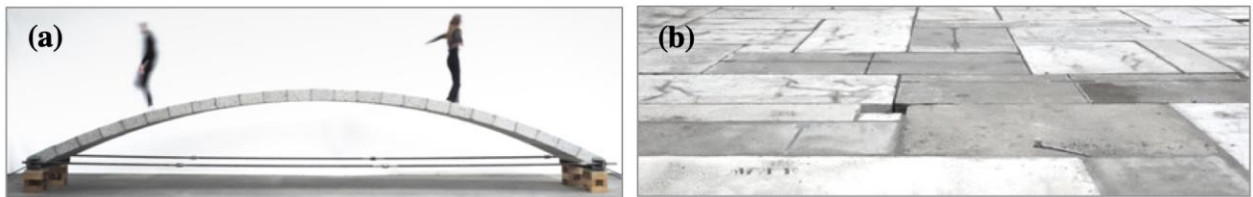
Kjedesagsteknikken tillater skjæring gjennom tykk betong ved bruk av større kraft, noe som gjør den egnet for mer robuste materialer. Diamantkjerneboring bruker en borekjerne for å skape rene og nøyaktige hull i betong, og velges ofte i situasjoner som krever presis betongfjerning uten overdreven støy eller vibrasjon. Wiresaging brukes på svært tykke eller vanskelig tilgjengelige betongstrukturer og er svært effektiv for å oppnå presise kutt, spesielt på store strukturer som broer eller tykke betongvegger. (Arathy H. Menon, 2017).

4.3.2 Eksempler

Casestudie i Sveits

Ifølge en artikkel presentert i "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science", gjennomførte man to casestudier i Sveits hvor betongelementer fra bygninger som skulle rives, ble saget ut og gjenbrukt i nye konstruksjoner. Betongelementene ble nøye fjernet ved hjelp av presise og effektive sageteknikker for å bevare både deres strukturelle integritet og estetiske kvaliteter.

I det første prosjektet ble betong hentet fra kjellervegger i en bygning og brukt i en buebro. Betongblokkene ble først saget til ønsket dimensjon på stedet før de ble transportert til prosjektsstedet, der de ble anvendt til å konstruere en postspent buebro. I det andre prosjektet ble betongblokkene, saget ut fra forskjellige ombyggings- og riveprosjekter, gjenbrukt for å anlegge en parkeringsplass. Her ble blokkene, som varierte i størrelse, plassert manuelt for å minimere behovet for ytterligere tilskjæring og fungerte som bærende elementer i parkeringsanlegget.



Figur 11 - De to casestudiene en fotgjengerbro med en spennvidde på 10 meter (a) og et parkeringsområde på 233 kvadratmeter (b) (C Küpfer1, 2022).

En omfattende miljømessig og økonomisk analyse ble utført for begge prosjektene, noe som ga verdifull innsikt i at saging for gjenbruk hadde en betydelig lavere miljøpåvirkning sammenlignet med tradisjonelle byggemetoder som involverer bruk av ny eller resirkulert betong. Selv om denne metoden kan være dyrere for entreprenører med tanke på den nødvendige arbeidsintensiteten for å forberede blokkene – som inkluderer saging, transport og justering – tilbyr den likevel betydelige fordeler som presisjon, miljøvennlig, fleksibilitet og støvminimering (C Küpfer1, 2022).

Bodø kommune

I løpet av de siste årene har mange byggeprosjekter fokusert spesifikt på miljøvennlige tiltak. Sommeren 2021 startet entreprenørselskapet Mesta et prosjekt i Bodø for å oppgradere kum- og avløpssystemet langs veien fra Bodø flyplass til sentrum. I jakten på miljøvennlige løsninger inngikk firmaet et samarbeid med Nordland Betong. De besluttet å bruke betong hentet fra riving av gamle bygninger som fyllmasse i vann- og avløpsprosjektet. Ifølge Mesta bidrar denne metoden til å redusere både transportbehovet og CO₂-utslippene betydelig. Løsningen er ikke bare kostnadseffektiv, men også gunstig for miljøet, og spiller en viktig rolle i fremmingen av sirkulær økonomi innen byggenæringen (Hagen, 2024).



Figur 12 - Betong fra gamle hus i Bodø ble fyllmasse på VA-prosjekt (Hagen, 2024)

Sintef

I Oslo har det være en del bærekraftige rehabiliteringer hvor de har prøvd å finne løsninger for å minimere avfallsmengden slik at de kan oppnå en sirkulær økonomi. SINTEF tok initiativ og test ut løsning for å rehabiliterer for 65 år gamle laboratoriebygning sin i Oslo på en bærekraftig måte. De har ombrukt byggets betongsskjelett og lagt på avanserte fasader av solcelle, bygget ble rehabilitert mens den var i bruk. Dette prosjektet er basert på forskning SINTEF har utført på nullutslippsbygninger og rehabilitering, den totale kostnaden ble 15000 kr per kvadratmeter, og dersom de skulle bygge det på hadde det kostet dobbelt så mye per kvadratmeter. Sintef sparte miljøet for flere tusen tonn klimagasser og avfall ved å rehabiliterer bygget fremfor å bygge på nytt, i tillegg er dette lønnsomt med tanke på energiforbruk og fornybart vis (Sintef, 2021).



Figur 13 - Sintef - bygget (TU.no, 2021).

AF Gruppen

AF gruppen står for de fleste rivingsprosjekter i Norge. I en av deres prosjekter hvor de hadde oppdrag om å rive ned et fylkeshus i Vestland fylkeskommune på 11 etasjer. oppdraget ble det et vellykket prosjekt, hvor 20 000 tonn betong er revet, knust og skal brukes på nytt (Afgruppen, 2020).

4.3.3 utfordringer og muligheter for ombruk av betong

Flere faktorer kompliserer bruken av ombruksmaterialer, inkludert kostnader, krav og usikkerhet til regelverk. For eksempel, det ligger en oppfatning om at alle materialer, uansett nytt eller gammelt, må CE-merkes. Gamle materialer må dessuten gjennom samme godkjenningsprosesser som nye byggematerialer. Dette kan dermed være både kostbart og komplisert, og utfordrer Norges ambisjoner om å være ledende innen utviklingen av en grønn sirkulær økonomi. Ettersom Norge vil nå sine miljømål innen 2050, har regjeringen utarbeidet med denne utfordringen, og som et resultat av dette er det foreslått en endring i reglene for CE-merking. Den nye regelendringen har mål å oppheve kravet om merking for materialer som ble produsert før 2013 (Regjeringen , 2020).

4.4 Markedsdrevne initiativer

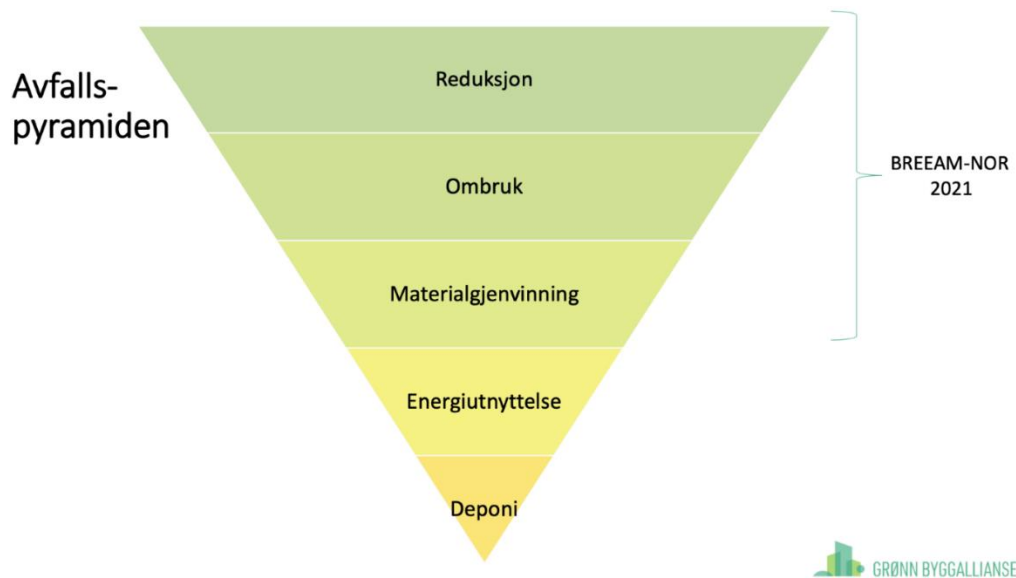
Frivillige ordninger som BREEAM (Building Research Establishment Environment Assessment Method) og LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) spiller en sentral rolle i å fremme bærekraftige rivningsmetoder for betongkonstruksjoner. Både BREEAM og LEED inneholder flere ulike kategorier som evalueres for å oppnå en bærekraftig miljøsertifisering (Grønn Byggallianse). Dette inkluderer omhyggelig håndtering av materialer for å fremme gjenbruk og resirkulering og å minimere den generelle miljøpåvirkningen av rivningsprosessen. Målet med teamene i avfall kategorien er å minimere avfallsmengden og fokuserer på ombruk og materialgjenvinning.

4.4.1 BREEAM

I Norge har BREEAM-NOR blitt det ledende verktøyet for miljøsertifisering av nybygg og større rehabiliteringer. Drevet av en lokal tilpasning til norske forhold, legger BREEAM-NOR spesiell vekt på miljøaspekter ved rivning. Dette inkluderer omhyggelig håndtering av materialer for å fremme gjenbruk og resirkulering og å minimere den generelle miljøpåvirkningen av rivningsprosessen (Grønn Byggallianse).

Rivningsprosesser under BREEAM-NOR evalueres basert på strategier for ressursgjenvinning, effektiv avfallshåndtering, og reduksjon av direkte miljøpåvirkninger som støy, støv, og forurensning. Ved å følge disse prinsippene kan rivningsprosjekter oppnå høyere BREEAM-NOR-sertifiseringsnivåer, som dokumenterer prosjektets kvalitet og bærekraft (Grønn Byggallianse).

BREEAM-NOR 2021 legger stor vekt på bærekraftige praksiser gjennom alle faser i byggeprosjekter, inkludert rivingsfasen, for å fremme ansvarlige håndtering av materialer som Betong. Ordningen oppfordrer til utvikling av en ressursstyringsplan som minimerer avfallsgenerering og sikrer effektiv avfallssortering, ombruk og resirkulering på byggeplassen. Poenget tildeles for gjennomføring av mulighetsstudier før riving for å maksimere ombruk og gjenvinning av materialer. Dermed vil dette bidra til å minimere avfall som ender på deponi og på den måten forbedrer bærekraften (Byggallianse, 2021).



Figur 14 - Avfallspyramiden (Byggallianse, 2021).

4.4.2 LEED

LEED på sin side, setter en internasjonal standard for bærekraft i byggebransjen og inkluderer spesifikke kriterier for rivningsfasen. Det fokuserer på energi- og ressursgjenvinning, kvaliteten på inn klimaet etter rivning og generell reduksjon av miljøfotavtrykk (Rockfon, 2021).

Ved rivning oppfordrer LEED til praksiser som maksimerer gjenbruk og resirkulering av materialer, samt implementering av teknikker for å redusere miljøbelastningen. Dette innebærer detaljerte planer for håndtering av rivningsavfall, effektiv ressursutnyttelse og minimering av negativ påvirkning på lokalmiljøet (Rockfon, 2021).

Både BREEAM-NOR og LEED spiller en viktig rolle i å fremme miljøvennlig rivning, ved å sette strenge standarder for miljømessig ytelse. De fokuserer på nøye vurdering og planlegging før samt underrivningsfasen for å sikre at mulighetene for ombruk og gjenvinning maksimeres. Dette inkluderer omfattende mulighetsstudier og utvikling av detaljerte ressursstyringsplaner. Disse initiativene hjelper byggebransjen til å møte økende krav fra både lovgivere og markedet, og sikrer at rivningsfasen bidrar positivt til byggeprosjektets samlede bærekraft.

4.5 Analyse av Lovgivning og Standarder

a. *Hvorvidt er prinsipper for sirkularitet integrert i dagens lovgivning, og i hvilken grad bidrar dette til å fremme gjenbruk?*

Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)

For det første er plan- og bygningsloven sentral for reguleringen av rive- og byggepraksisen i Norge. Loven regulerer alle plan- og byggesaker i landet gjennom krav til leddene i byggeprosessen. For eksempel forbud mot å bygge i 100-meters beltet i strandsonen i lovens § 1-8 første ledd, hva som krever søknad om dispensasjon i kapittel 19 og hva som krever byggesøknad i kapittel 20. Loven er derfor sentral for hvordan byggepraksisen er i samfunnet. Når det gjelder riving, vises det eksempelvis gjennom lovens § 1-6 hvor det fremgår at riving, endring og andre tiltak tilknyttet konstruksjoner, bygninger og anlegg omfattes av lovens tiltak.

Det følger for eksempel av plan- og bygningsloven §§ 20-1 første ledd bokstav a og e samt 20-2 første ledd om søknadsplikt, at riving av tiltakene «tilbygging, påbygging, underbygging eller plassering av bygning, konstruksjon eller anlegg» omfattes av byggetiltakene som er søknadspliktige i loven. Når kommunen skal vurdere om søknaden skal innvilges eller avlås må de ta hensyn til det som følger av lovens formålsbestemmelse i § 1-1. Her fremheves § 1-1 første, andre og femte ledd: «Loven skal fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner», «Planlegging etter loven skal bidra til å samordne statlige, regionale og kommunale oppgaver og gi grunnlag for vedtak om bruk og vern av ressurser» og «Prinsippet om universell utforming skal ivaretas i planleggingen og kravene til det enkelte byggetiltak». Dette illustrerer hvordan prinsipper om sirkularitet er innarbeidet ved at det kreves at løsninger skal være bærekraftige, noe som er et sentralt element i en sirkulær økonomi. I tillegg til dette kombineres det med krav til universell utforming, noe som kan fremme mer effektivt gjenbruk. Dette viser at lovgivningen sikter mot å styre praksisen mot en mer sirkulær fremtid.

Videre kommer det fram i plan- og bygningsloven § 3-1 første ledd bokstav g at planlegging etter loven skal «ta klimahensyn gjennom reduksjon av klimagassutslipp». Dette understreker at mer miljøvennlige løsninger skal prioriteres. Utslippsreducerende tiltak er også et sentalt prinsipp i en sirkulær økonomi.

Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven)

For det andre er naturmangfoldloven sentral i bevaringen av naturmangfoldet og stiller krav til prosesser som påvirker natur og ressurser. I lovens formålsparagraf, § 1, fremgår det at

loven skal sikre at naturen med sitt biologiske, landskapsmessige og geologiske mangfold samt økologiske prosesser opprettholdes gjennom bærekraftig bruk og vern. Dette inkluderer å ivareta grunnlaget for menneskenes virksomhet, kultur, helse og trivsel, nå og i fremtiden, samt å bevare grunnlaget for samisk kultur.

Dette viser en tydelig kobling til sirkulære prinsipper ved at loven legger vekt på langsiktig og bærekraftig forvaltning av naturressurser, som er en kjernekomponent i sirkulær økonomi.

Videre i naturmangfoldloven §§ 8 til 12 fastslår loven prinsipper for hvordan offentlige beslutninger som påvirker naturmangfoldet skal tas. For eksempel krever § 8 at offentlige beslutninger skal baseres på vitenskapelig kunnskap om naturtilstander og effekter av inngrep, noe som understreker viktigheten av informert og datastyrt forvaltning. Dette prinsippet støtter sirkulær tankegang ved at det fremmer en kunnskapsbasert tilnærming for å minimere negativ påvirkning og fremme bærekraftige løsninger. Paragraf 9 introduserer "føre-var-prinsippet", som krever at det skal tas hensyn til risikoen for vesentlig skade på naturmangfoldet, selv i fravær av fullstendig kunnskap. Dette prinsippet er forankret i sirkulær økonomi da det oppmuntrer til risikominimering og forsiktighet i beslutningstaking, med mål om å bevare ressurser og miljø for fremtidige generasjoner.

Samlet sett illustrerer naturmangfoldloven flere viktige prinsipper for sirkulær økonomi gjennom vektleggingen av bærekraftig forvaltning, vitenskapsbaserte beslutninger, og en føre-var-tilnærming. Dette bidrar til en lovgivning som støtter en mer sirkulær og bærekraftig fremtid.

Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift)

For det tredje kommer den mest sentrale forskriften, nemlig byggt teknisk forskrift. Denne forskriften regulerer alt av tekniske krav og retningslinjer for byggverk i Norge. Spesifikt med hensyn til ytre miljø, fastsetter forskriftens § 9-1 generelle krav om at byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljø. Dette understreker en grunnleggende sirkulær tilnærming ved å minimere ressursbruk og miljøpåvirkning gjennom hele byggets livssyklus.

I byggt teknisk forskrift § 9-5 om byggavfall og ombruk, pålegges det en utforming av byggverk som sikrer en lang og forsvarlig levetid, samtidig som det legges til rette for ombruk og materialgjenvinning. Dette er i tråd med sirkulære økonomiprinsipper, som fokuserer på å forlenge levetiden til materialer og redusere avfall. Ved å fremme valg av produkter egnet for ombruk og demontering styrker forskriften prinsippene for en sirkulær økonomi i byggesektoren. Paragraf 9-6 tar for seg avfallsplaner for større bygge- og riveprosjekter, og krever detaljert dokumentasjon på håndteringen av byggavfall fordelt på ulike avfallstyper og -mengder. Dette kravet sikrer at avfallshåndtering er en integrert del av byggeprosessen, og bidrar til effektiv ressursbruk og reduksjon av avfallsmengder.

Paragrafene 9-7 og 9-8 videreutdyper krav til kartlegging og sortering av farlig avfall og andre materialer, noe som understøtter både miljømessig forsvarlighet og potensialet for gjenbruk av materialer. Dette hjelper i å identifisere materialer som kan gjenbrukes eller gjenvinnes, og sikrer at farlige stoffer håndteres på en sikker måte.

Samlet viser byggt teknisk forskrift en klar tilnærming til integrering av sirkulære prinsipper gjennom krav som fremmer bærekraftig design, effektiv ressursbruk, og ombruk av materialer. Disse prinsippene speiler de i plan- og bygningsloven og naturmangfoldsloven, og tyder på et overordnet mål om en mer bærekraftig og sirkulær praksis i byggebransjen i Norge.

Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften)

Kapittel 14A. Betong og tegl fra riveprosjekter

§ 14a-2. Virkeområde Bestemmelsene i dette kapitlet gjelder rivning av byggverk eller del av byggverk i betong eller tegl og bruk av betong og tegl fra riveprosjekter til anleggsarbeid, inkludert bygging av vei eller parkeringsplass, etablering av støyvoll og igjenfylling etter graving

Forskriften i Kapittel 14A av avfallsforskriften tydeliggjør viktigheten av gjenvinning av betong og tegl fra riveprosjekter. Den innledende § 14a-1 setter klare formål for bestemmelsene, som er å fremme sirkulære prinsipper ved å redusere avfall og maksimere ressursutnyttelsen gjennom gjenbruk. Dette understreker betydningen av å minske miljøpåvirkningen og fremme ressursøkonomi, sentrale aspekter av en sirkulær økonomi.

Videre utdyper § 14a-2 virkeområdet for forskriften, spesifikt rettet mot rivning av betong- og teglbyggverk og bruken av materialene i anleggsarbeider som veibygging, parkeringsplasser, støyvoller og igjenfylling etter graving. Gjennom regulering og oppmuntring til ombruk av betong og tegl, støtter forskriften en sirkulær praksis, reduserer behovet for nye råmaterialer og minimerer mengden avfall som ender opp på deponi. Ved å integrere disse aspektene skaper forskriften en mer helhetlig tilnærming til bærekraftig byggepraksis og bidrar til å forme en mer ressurseffektiv og miljøvennlig byggebransje.

Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften)

§ 1. Formål Forskriftens formål er å verne arbeidstakerne mot farer ved at det tas hensyn til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser i forbindelse med planlegging, prosjektering og utførelse av bygge- eller anleggsarbeider

For å undersøke hvordan byggherreforskriften regulerer sirkulære prinsipper, kan vi se på forskjellige bestemmelser i forskriften. Forskriften setter først og fremst klare rammer for byggherrens ansvarligheter, noe som også omfatter oppfølging av miljøvennlige tiltak.

Først ifølge forskriftens § 3 har byggherren et overordnet ansvar for å sikre at alle arbeider utføres sikkerhetsmessig og helsemessig forsvarlig, og dette strekker seg til å inkludere miljøhensyn som avfallshåndtering. Dette betyr at byggherren må sørge for at alle tiltak for miljøvern og ressursbruk implementeres effektivt.

Videre krever forskriftens § 15 at byggherren utpeker koordinatorene for sikkerhet og helse både i planleggings- og utførelsesfasen for prosjekter av en viss størrelse. Disse koordinatorene skal sørge for at sikkerhets- og helseplanen inkluderer miljømessige tiltak, som håndtering av byggavfall og fremming av materialgjenvinning.

Paragrafene 6 og 8 i forskriften omhandler risikovurdering og utarbeidelse av sikkerhets- og helseplaner. Her er det en forventning om at miljøtiltak integreres i planene, noe som innebærer strategier for bærekraftig praksis inkludert ombruk og minimering av avfall.

Disse bestemmelsene viser hvordan byggherreforskriften ikke bare fokuserer på sikkerhet og helse, de viser også at de indirekte støtter sirkulære prinsipper ved å kreve at miljøhensyn tas i betraktning i planleggings- og utførelsesfasene av bygge- og anleggsprosjekter.

Veileder til forurensningsforskriften kapittel 33

Gjenvinning av betong fra andre produsenter

Mottak av betongrester fra andre produsenter kan tillates dersom restene er å anse som et produkt. Det betyr at de mottatte betongrestene er klare til bruk uten bearbeiding (knusing, sortering mv.) og har en tilstand som oppfyller kravene til gjenvinning i avfallsforskriften § 14a (Miljødirektoratet, u.å.).

Dette viser hvordan sirkularitetsprinsipper er integrert i forskriften ved å tillate mottak av betongrester som et produkt, forutsatt at de oppfyller kravene til gjenvinning uten videre bearbeiding. Dette tiltaket fremmer gjenbruk og reduserer avfall, noe som er viktig for en sirkulær tilpasning.

b. Hvorvidt er prinsipper for sirkularitet integrert i dagens lovgivning, og i hvilken grad bidrar dette til å fremme gjenbruk? (betong)

Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)

For det første er norsk lov om gjenvinning av betongavfall, spesifisert i § 33-13, viktig i styringen av bygge- og rivningsavfall i Norge. Denne bestemmelsen regulerer direkte hvordan betongavfall håndteres gjennom byggeprosessen ved å kreve at det primært skal gjenvinnes ved bruk som tilslag i ny betongproduksjon, eller benyttes innenfor samme produksjonsprosess for å erstatte andre materialer. For eksempel spesifiserer loven at betongavfall som ikke kan benyttes direkte i produksjonen, skal gjenvinnes på andre måter forutsatt at det ikke inneholder skadelige metaller eller kjemikalier og ikke omfatter armeringsjern eller plast.

I tillegg til de grunnleggende kravene om gjenvinning av betong, omhandler lovens § 33-13 andre ledd mulighetene for resirkulering av betongavfall under forutsetning av at visse miljøstandarder og helsekrav overholdes. Dette illustrerer hvordan prinsipper om bærekraft er integrert i lovgivningen, ved at det legges vekt på gjenbruk av materialer som en sentral del av en sirkulær økonomi. Når det gjelder håndtering av betongavfall som ikke kan gjenvinnes, pålegger loven at dette skal leveres til godkjente avfallsanlegg, noe som sikrer en forsvarlig miljømessig behandling.

Standard NS-EN 206

Betong – NS-EN 206:2013+A2:2021+NA:2022

5.2.3 Valg av tilslag

5.2.3.3 Gjenvunnet tilslag

Standarden inneholder retningslinjer for bruk av gjenvunnet tilslag i betong, som viser at det er tilrettelagt for gjenvinning i standarden. Det spesifiseres at gjenvunnet tilslag kan brukes som tilslag i betong, under forutsetning av at det brukes internt av produsenten eller produsentgruppen og ikke tilsettes i mengder større enn 5% av den totale tilslagsmassen, med mindre det er fraksjonert. Dette fremhever begrensninger i gjeldende standarder vedrørende gjenbruk av materialer fra revet plasstøpt betong.

Standardens relevans understrekes ytterligere gjennom uttalelser fra fagfolk som Boy-Arne Buyle ved UiT Norges arktiske universitet, som peker på utfordringer og begrensninger knyttet til gjeldende standarder, slik som NS-EN 206. Disse standardene setter grenser for hvor stor prosentandel av tilslaget som kan være resirkulert, noe som kan hemme større bruk av gjenvunnet materiale i betongproduksjonen. Buyle fremhever behovet for at slike standarder revideres for å holde tritt med teknologisk utvikling og fremme enda større grad av bærekraft i byggebransjen (Hagen, 2023).

Byggforsk - Resirkulert tilslag av tegl og betong

Byggforsk sin anvisning om resirkulert tilslag fra spesielt betong er høyst relevant i diskusjonen om mer bærekraftige metoder for rivning av plasstøpt betong. Denne anvisningen dekker de ulike aspektene ved gjenbruk samt de økonomiske implikasjonene av metoden.

Anvisningen gir oss verdifull innsikt i hvordan vi bør tilnærme oss nye rivningsteknikker, med et særlig fokus på gjenbruksmulighetene.

I anvisningen deler de opp bruken av resirkulert tilslag i to hovedkategorier, bunden og ubunden bruk. Der bunden bruk gjelder produkter som betong og asfalt, hvor tilslaget inngår som en integrert del av materialets struktur. Ubunden bruk omhandler derimot tilslag brukt i løsmasser, som for eksempel veifyll og dreneringslag. Det kommer også frem at for resirkulert tilslag er det ubundet bruk som har det største bruksområdet. Dette skyldes flere grunner, blant annet viser Byggforsk til de strengere kvalitets- og egenskapskravene som stilles i bundet bruk. På samme måte som betong forurenset av miljøskadelige stoffer som PCB, må også betong som er utsatt for korrosjon deponeres når det forekommer høye mengder forurensninger som gjør det vanskelig å rense eller gjenvinne materialet på en god og effektiv måte. Byggforsk skriver følgende:

Bunden bruk er et reelt alternativ til naturlig tilslag i konstruksjonsbetong. Resirkulert tilslag kan erstatte en del av det naturlige tilslaget i betongkonstruksjoner som ikke er utsatt for kloridinitiert armeringskorrosjon, se NS-EN 206. Skal betongen brukes i aggressive eksponeringsklasser eller for høye fastheter, kreves spesiell dokumentasjon av betongens egenskaper.

Dette indikerer at bruken av resirkulert tilsalg er en mulighet og et alternativ for enkelte konstruksjoner. Men samtidig så syns vi det gir et inntrykk av utfordringene rundt spesielt bundet bruk og kostnadsbilde rundt innplementeringen av resirkulerttilslag. Tilsaget må gjennom en kvalitetskontroll, for så å måtte blandes ganske restriktivt med naturlig tilsalg. Vi syns dette indikerer en utfordring som er gjennomgående med gjennbruk på denne måten og det er at det ikke et konsadseffektivt alternativ.

Byggforsk-anvisningen dekker flere aspekter ved bruk av resirkulert tilslag i betong. Ifølge Byggforsk: «Undersøkelser har vist at opp til 40 % resirkulert tilslag kan gi gode resultater og liten forskjell fra betong med naturlig tilslag. Betong med opptil 40 % grovt, resirkulert tilslag har imidlertid vist god frostmotstand.»

Denne informasjonen understreker at bruk av resirkulert tilslag kan være en bærekraftig og effektiv løsning, spesielt med tanke på frostmotstand. Men hva med det økonomiske kostnadsbilde ved å bruke resirkulert tilslag i betong? Vi skal se nærmere på kostnadene knyttet til implementering av resirkulerte materialer i byggeprosjekter.

Byggforsk har også skrevet en gjennomgang av økonomien knyttet til produksjonen og implementeringen av resirkulert tilslag.

Det er flere faktorer som spiller inn, og vi skal se nærmere på de to kategoriene vi diskuterte tidligere: bundet og ubundet bruk. En felles utfordring for begge kategoriene er transportkostnadene, som naturligvis vil variere. Hvis betongen kan knuses og gjenbrukes på stedet, eliminerer man transportleddet som er den største utslippsfaktoren knyttet til gjenbruken av betong. Kostnadene og innsatsen knyttet til å dokumentere at tilslaget oppfyller nødvendige standarder, kan også påvirke den totale økonomiske levedyktigheten av å bruke gjenvunnet tilslag. Dette indikerer at ubunden bruk kan være en praktisk og god løsning for resirkulert tilslag og rivningsmassen knuses på stedet.

5 Diskusjon og analyse

5.1 Vurdering av lovgivningens effektivitet

Det er lovgivningen som danner grunnlaget for hvordan standardene ser ut. Standardene er i ikke lov, men de gjør rede for de tekniske retningslinjene innenfor lovgivningen. Standardene er derfor viktige for å sikre at bygge- og rivningsbransjen opererer innenfor rammer som ikke bare oppfyller juridiske krav, men også fremmer teknisk integritet og sikkerhet. Imidlertid, når det kommer til implementering av sirkularitetsprinsipper, spiller disse standardene en kritisk rolle i å definere hvordan materialer kan gjenbrukes effektivt og bærekraftig.

Effektiviteten av lovgivningen i å fremme sirkularitet avhenger i stor grad av hvor klart og konkret disse standardene formulerer kravene til gjenbruk og resirkulering. Det er derfor viktig å først vurdere selve lovene for så å se hvordan standardene former byggepraksisen, igjen for å avgjøre om de virkelig fremmer en mer sirkulær tilnærming. Denne delen vil derfor undersøke sammenhengen mellom lovgivning, standarder, og faktisk praksis i rivningssektoren, og diskutere i hvilken grad de eksisterende regelverkene støtter opp under målene om bærekraft og effektiv ressursutnyttelse.

5.1.1 utfordringer i gjeldene lovgivning

Selv om plan- og bygningsloven og naturmangfoldloven legger et godt grunnlag for bærekraftige praksiser, er det flere utfordringer med implementeringen av sirkularitetsprinsipper i praksis. Disse utfordringene relaterer seg hovedsakelig til tolkning og anvendelse av lovene.

Plan- og bygningsloven (pbl) er sentral for reguleringen av bygge- og rivepraksisen i Norge. Loven dekker alle plan- og byggesaker og inneholder viktige bestemmelser som skal sikre bærekraftig utvikling (§ 1-1). For eksempel stiller loven krav om søknadsplikt ved riving og endringer i byggverk (§§ 20-1, 20-2), noe som skal sikre at bærekraftige hensyn blir tatt i betraktning. Til tross for disse bestemmelsene, er det ofte en tendens til at økonomiske hensyn blir prioritert i byggesaker, noe som kan hindre full implementering av sirkulære prinsipper.

Dette skaper en barriere mot praksiser som fokuserer på langsiktige miljøfordeler og livssyklus-kostnader.

Naturmangfoldloven har som mål å sikre bærekraftig bruk og vern av naturressurser, noe som er en kjernekomponent i en sirkulær økonomi (§ 1). Loven krever at offentlige beslutninger som påvirker naturmangfoldet skal baseres på vitenskapelig kunnskap (§ 8) og at risiko for vesentlig skade på naturmangfoldet skal unngås, selv i fravær av fullstendig kunnskap (§ 9, "føre-var-prinsippet"). Likevel kan det være utfordringer med å implementere disse prinsippene i konkrete prosjekter, spesielt når økonomiske interesser dominerer beslutningsprosessen.

Byggteknisk forskrift (TEK17) stiller krav til at byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og miljø (§ 9-1). Forskriften inneholder også bestemmelser om ombruk og materialgjenvinning (§ 9-5), som er i tråd med prinsippene for en sirkulær økonomi. For eksempel krever forskriften at det utarbeides avfallsplaner for større bygge- og riveprosjekter (§ 9-6), og at farlig avfall kartlegges og håndteres forsvarlig (§§ 9-7, 9-8). Til tross for disse kravene, kan den praktiske implementeringen være krevende og kostnads-krevende, noe som ofte fører til at aktører i byggebransjen er motvillige til å følge dem fullt ut.

Et konkret eksempel er avfallsforskriften kapittel 14A, som regulerer håndtering av betong og tegl fra riveprosjekter. Forskriften understreker viktigheten av gjenvinning ved å kreve at slike materialer primært skal brukes til nye byggeprosjekter eller til andre konstruksjonsformål (§ 14a-2). Likevel kan kravene til håndtering og dokumentasjon være omfattende, noe som kan «avskrekke» aktører fra å benytte resirkulert materiale.

En sentral utfordring i gjeldende lovgivning er dermed at selv om lovene og forskriftene inneholder klare krav til bærekraftige praksiser, er implementeringen ofte begrenset av praktiske og økonomiske hensyn. For å overkomme disse utfordringene må lovgivningen tilpasses for bedre å støtte gjennomføringen av sirkulære prinsipper, samtidig som den opprettholder nødvendige kvalitets- og sikkerhetskrav. Dette kan innebære å gjøre lovene mer preskriptive og tydelige, slik at kravene blir lettere å følge i praksis..

5.1.2 Effekten av pålagt ombrukskartlegging

Fra 1. juli 2023 trådte vedtaket om lovpålagt ombrukskartlegging i kraft i Norge. Dette vedtaket gjelder for rivning eller endring av hele bygninger eller deler av bygninger som omfatter mer enn 100 m² bruksareal (BRA), eller når arbeidet genererer mer enn 10 tonn bygg- og rivningsavfall. Selv om BREEAM-NOR har innført lignende krav allerede i 2016⁹ for å oppnå poeng, er det nye lovkravet under TEK-17 fortsatt relativt nytt, og det finnes derfor begrenset med publiserte data om effekten av disse tiltakene så langt. For å bedre forstå effekten av ombrukskartlegging, kan vi undersøke tidligere prosjekter der slik kartlegging har blitt implementert:

The Westbury Hotel - London

Som tidligere nevnt har Ramboll selv publisert en artikkel¹⁰ hvor de snakker om kartlegging av bygginger, og erfaringer fra egne prosjekter. The Westbury Hotel i London var opprinnelig planlagt revet, men en grundig ombrukskartlegging avdekket et betydelig potensial for gjenbruk av materialer. Dette resulterte i en justering av planene, hvor de valgte å utvide bygningen og bevare størstedelen av den eksisterende strukturen. Ramboll hevder at løsningen deres, ved hjelp av kartlegging for ombruk, bidro til å spare 3500 tonn karbon og 5000 tonn bygningsavfall.

I lys av den nylige innføringen av lovpålagt ombrukskartlegging i Norge, er det sannsynlig at kravet vil føre til vesentlige endringer i bransjens tilnærming til rivningspraksis. Lovkravet legger opp til en mer miljøvennlig og bærekraftig prosess ved at det oppfordrer til grundigere vurderinger av byggematerialer og potensialet for deres gjenbruk før rivning finner sted. Eksemplet med The Westbury Hotel understreker hvordan slik kartlegging ikke bare kan redusere avfall og karbonutslipp, men også endre de opprinnelige rivningsplanene til fordel for bevaring og ombruk. Dette peker mot at lovpålagt ombrukskartlegging kan være en effektiv vei mot en grønnere byggebransje, der ressursene utnyttes mer optimalt og miljøpåvirkningen minimeres. Implementeringen av slike reguleringer kan dermed være en nøkkel til en mer bærekraftig fremtid innen byggesektoren.

⁹ <https://kb.breeam.com/knowledgebase/nc11-wst-01-within-breeam-2008-wst-1-criteria-requirements-concerning-the-pre-demolition-audit-were-dependent-upon-forming-part-of-the-principle-contractors-works-this-reference-has-been-removed-in/>

¹⁰ <https://www.ramboll.com/en-gb/insights/resource-management-and-circular-economy/construction-has-a-waste-problem-are-audits-the-solution>

5.1.3 Mangler og Begrensninger i Standarder

Standarder som NS-EN 206 er avgjørende for å sikre kvalitet og pålitelighet i betongproduksjon, men de inneholder også mangler og begrensninger som kan hemme en mer bærekraftig utvikling i byggebransjen.

For det første setter NS-EN 206 klare begrensninger på andelen resirkulert materiale som kan brukes i betong. Dette kan fremstå som motstridende med dagens teknologiske fremskritt, som har gjort det mulig å trygt og effektivt bruke resirkulerte materialer i konstruksjoner. Slike begrensninger kan dermed hindre innovasjon og bærekraftige praksiser i bransjen.

Videre peker Byggforsk i sine anvisninger på de økonomiske ulempene ved bruk av resirkulert tilslag. Anvisningen tydeliggjør at håndteringskostnadene ved betongproduksjon øker betydelig når man benytter resirkulert tilslag. Siden det grove tilslaget ikke erstattes 100 % med resirkulert materiale, må blandeverket håndtere et ekstra tilslag. I tillegg øker kostnadene til lagring fordi det kreves installasjon av en ekstra silo. Ingen norske betongleverandører har så langt satset på fast levering av betong med resirkulert tilslag på grunn av disse økte kostnadene.

En annen utfordring med NS-EN 206 er at den legger mye av ansvaret for implementering av bærekraftige løsninger på bransjen selv. Uten tilstrekkelige insentiver, både økonomiske og lovpålagte, mangler mange aktører motivasjonen til å utvikle og anvende mer bærekraftige metoder og materialer. Dette konservative synet fører til at mange i bransjen er motvillige til å ta i bruk resirkulerte materialer, selv når teknologien og forskningen støtter deres bruk.

Byggforsk fremhever også flere praktiske utfordringer knyttet til resirkulert tilslag som kan kreve justeringer i standardene. For eksempel er det behov for mer detaljerte retningslinjer for hvordan resirkulerte materialer kan integreres i betongproduksjonen uten at det går på bekostningen av kvaliteten og sikkerheten til de ferdige konstruksjonene.

For å møte disse utfordringene er det nødvendig med en dynamisk tilpasning av standardene. Dette innebærer at standarder som NS-EN 206 må oppdateres jevnlig for å reflektere de nyeste teknologiske og miljømessige mulighetene. Det bør også innføres sterkere insentiver og reguleringer som fremmer bruk av resirkulerte materialer. Ved å gjøre disse endringene kan standardene bidra til å drive bransjen mot en mer bærekraftig fremtid, samtidig som de opprettholder de nødvendige kvalitets- og sikkerhetskravene.

5.1.4 Integrasjon og samhandling

For å sikre en helhetlig og effektiv implementering av bærekraftige praksiser i byggebransjen, er det viktig med en integrert tilnærming mellom lovgivning, forskrifter og standarder.

Lovgivningens rolle er spesielt viktig, da det ofte ikke er noen umiddelbar økonomisk gevinst ved å innføre bærekraftige metoder. Derfor er det nødvendig å styre bransjen i riktig retning, og lover og forskrifter er de mest effektive virkemidlene for å oppnå dette.

Lovgivning setter de overordnede målene og rammebetingelsene for bærekraft. For eksempel fremmer plan- og bygningsloven bærekraftig utvikling og klimahensyn som grunnleggende prinsipper (§ 1-1). Denne loven gir de brede retningslinjene som skal sikre at byggeprosjekter ivaretar miljømessige, økonomiske og sosiale hensyn.

Forskrifter beskriver hvordan disse overordnede målene kan nås gjennom spesifikke, praktiske tiltak. Byggeteknisk forskrift (TEK17) konkretiserer kravene til miljøvennlig bygging, inkludert krav til ombruk og gjenvinning av byggematerialer (§ 9-5). Forskrifter fungerer dermed som en bro mellom lovens mål og den faktiske gjennomføringen på byggeplassen.

Standarder, som NS-EN 206, sikrer at de tekniske løsningene som brukes i byggeprosjekter, er både innovative og gjennomførbare. Disse standardene gir detaljerte spesifikasjoner for materialer og metoder, og sikrer at kvaliteten og sikkerheten opprettholdes. De gir også veiledning om beste praksis, noe som bidrar til å drive industrien mot høyere standarder for bærekraft.

For at dette systemet skal fungere optimalt, må reguleringene og veiledningene kontinuerlig oppdateres for å holde tritt med de nyeste miljøkravene og teknologiske utviklingene. Dette krever en dynamisk og fleksibel tilnærming, hvor innspill fra forskning, industri og myndigheter samles og integreres i en helhetlig strategi.

Videre er det viktig med tverrfaglig samarbeid og dialog mellom de forskjellige aktørene i bransjen. Dette inkluderer myndigheter, standardiseringsorganer, byggebransjen, forskningsmiljøer og miljøorganisasjoner. Gjennom samarbeid kan man identifisere og løse utfordringer, dele kunnskap og erfaringer, og sikre at alle aspekter av bærekraftig bygging blir ivare tatt.

Sammenlagt kan en harmonisert tilnærming, hvor lovgivning, forskrifter og standarder utfyller hverandre, bidra til å styrke bærekraftig praksis i byggebransjen. Dette vil ikke bare fremme en mer miljøvennlig utvikling, men også sikre at industrien er rustet til å møte fremtidige krav og utfordringer.

5.2 Oppsummering av forskningsspørsmålene:

a. Hvorvidt er prinsipper for sirkularitet integrert i dagens lovgivning, og i hvilken grad bidrar dette til å fremme gjenbruk?

Prinsipper for sirkularitet er godt integrert i dagens lovgivning, særlig gjennom plan- og bygningsloven og naturmangfoldloven, som begge legger et fundament for bærekraftige praksiser. Plan- og bygningsloven regulerer rive- og byggepraksis med klare krav til miljøhensyn, som fremgår av lovens formål om bærekraftig utvikling (§ 1-1) og klimahensyn (§ 3-1). Disse kravene fremmer sirkulære prinsipper ved å oppmuntre til miljøvennlige og bærekraftige løsninger. Naturmangfoldloven fokuserer på bærekraftig forvaltning av naturressurser og implementerer føre-var-prinsippet (§ 9), som begge er viktige for en sirkulær økonomi.

Byggteknisk forskrift bidrar også med spesifikke krav til bærekraftig design og ressursbruk. For eksempel understreker § 9-1 at byggverk skal konstrueres og rives med minst mulig belastning på naturressurser, og § 9-5 legger til rette for ombruk og materialgjenvinning. Disse bestemmelsene sikrer at sirkulære prinsipper blir praktisk integrert i byggeprosessen, noe som fremmer gjenbruk og reduserer avfallsmengder.

Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall, spesielt Kapittel 14A om betong og tegl fra riveprosjekter, fremmer også sirkulære prinsipper ved å kreve gjenvinning og gjenbruk av materialer fra rivning. Dette reduserer behovet for nye råmaterialer og minimerer avfall, noe som er sentralt i en sirkulær økonomi. NS-EN 206 setter rammer for bruk av resirkulert tilslag i betongproduksjon og åpner for innovasjon og bruk av gjenvunnet tilslag, men overlater mye av ansvaret til næringslivet, som mangler gode grunner for å utvikle og implementere bærekraftige løsninger.

Selv om lovene og forskriftene inneholder klare krav til bærekraftige praksiser, er implementeringen ofte utfordrende på grunn av praktiske og økonomiske hensyn. For å overkomme disse utfordringene må lovgivningen tilpasses for bedre å støtte gjennomføringen av sirkulære prinsipper, samtidig som nødvendige kvalitets- og sikkerhetskrav opprettholdes. Dette kan innebære å gjøre lovene mer presise og tydelige, slik at kravene blir lettere å følge i praksis.

Oppsummert viser analysen at integreringen av sirkulære prinsipper i lovgivningen har som mål å fremme gjenbruk. For å sikre at bransjen utvikler og implementerer mer bærekraftige praksiser, bør det være en kombinasjon av tydelige lovpålagte krav og økonomiske insentiver. Dette vil tvinge bransjen mot en mer sirkulær tilnærming og forhåpentligvis bidra til en mer bærekraftig fremtid.

b. I hvilken grad finnes bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong, evt. hvilke begrensninger finnes? (for eksempel lovverket)

Bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong har utviklet seg betydelig de siste årene, med både teknologiske fremskritt og endringer i regelverk som legger til rette for en mer sirkulær økonomi i byggebransjen. Tradisjonelle metoder som bruk av hydrauliske hammere har vært effektive, men de har også ført til betydelig fragmentering av materialer og negative miljøkonsekvenser. Derfor er det et økende behov for nye metoder som reduserer miljøpåvirkningen og øker effektiviteten i håndteringen av bygg- og rivningsavfall (CDW).

Teknologiske innovasjoner som robotisert rivning har vist seg å kunne forbedre både effektiviteten og håndteringen av avfall på byggeplasser. Roboter utstyrt med avanserte teknologier som datamaskinsyn og Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) kan identifisere og sortere materialer mer nøyaktig, noe som optimaliserer gjenvinningsprosessen og øker resirkulering og gjenbruk av materialer som betong. Selv om kostnadene for implementering og vedlikehold av slike teknologier kan være høye, kan de langsiktige miljøeffektene oppveie de initiale utgiftene.

Betongsaging er et eksempel på rivingsteknikk som reduserer miljøpåvirkningen og fremmer gjenbruk av materialer. Denne metoden tillater selektiv utskilling av betongelementer uten betydelig skade, noe som maksimerer potensialet for gjenbruk og minimerer miljøbelastningen. Den tidligere nevnte casestudien, har vist at slike metoder kan resultere i

effektiv gjenbruk av betongelementer i nye konstruksjonsprosjekter og viser til bemerkelsesverdige miljø- og kostnadsbesparelser.

Selv om den sveitsiske studien viser til et lovende utslippsbildet, påpekte de også flere utfordringer. Studien viser til usikre transport- og tilpassningskostnader, mens metoden også innehar tekniske utfordringer som tidsbruk og effektivitet. Manglende veiledning og standarder gjør at denne metoden møter lignende problemer som resirkulert tilslag. Forskning på dette området krever betydelige investeringer av næringslivet, noe som gjør det uattraktivt sammenlignet med mer miljøfientlige metoder. Konseptet med å slippe å bruke nye ressurser som sement og naturlig tilslag, gjør denne metoden mer miljøvennlig enn tilsvarende metoder, men kanskje ikke like bærekraftig.

I Norge har prosjekter som de i Bodø kommune og Sintef-bygningen i Oslo også vist hvordan eksisterende betongstrukturer kan gjenbrukes på kreative og miljøvennlige måter. For eksempel, i Sintefs rehabiliteringsprosjekt, ble eksisterende betongstrukturer kombinert med solcellefasader for å minimere behovet rivning av betong, noe som resulterte i betydelige reduksjoner i klimagassutslipp og avfall men ga bygget et nytt uttrykk.

Byggforsk sin anvisning om resirkulert tilslag av tegl og betong er svært relevant i diskusjonen om bærekraftige rivningsteknikker. Anvisningen dekker ulike aspekter ved gjenbruk samt de økonomiske implikasjonene av metoden. Den deler bruken av resirkulert tilslag inn i to hovedkategorier: bunden og ubunden bruk. Bunden bruk gjelder produkter som betong og asfalt, hvor tilslaget inngår som en integrert del av materialets struktur, mens ubunden bruk omfatter tilslag brukt i løsmasser, som veifyll og dreneringslag. Ubunden bruk har det største bruksområdet på grunn av strengere kvalitets- og egenskapskrav for bunden bruk.

Selv om bunden bruk av resirkulert tilslag kan være et reelt alternativ til naturlig tilslag i konstruksjonsbetong, stilles det krav om dokumentasjon av betongens egenskaper, spesielt i aggressive eksponeringsklasser eller for høye fastheter. Dette kan medføre økte kostnader og utfordringer knyttet til kvalitetskontroll. Ifølge Byggforsk kan betong med opptil 40 % grovt resirkulert tilslag gi gode resultater og god frostmotstand, men økonomiske vurderinger må tas i betraktning, inkludert transportkostnader og dokumentasjonskrav.

Samlet sett finnes det bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong som kan fremme en sirkulær økonomi i byggebransjen. Imidlertid er det fortsatt utfordringer knyttet til kostnader, kvalitetskontroll og regelverk. For å maksimere fordelene ved disse teknikkene, er det nødvendig med en kombinasjon av lovpålagte krav og økonomiske insentiver som fremmer utvikling og implementering av bærekraftige praksiser. Dette vil bidra til å redusere avfallsmengden, minimere miljøpåvirkningen og sikre en mer bærekraftig fremtid for byggebransjen.

c. Hvilke aktører er sentrale i å drive frem bærekraftig utvikling innen byggeindustrien i Norge?

Bærekraftig utvikling innen byggeindustrien i Norge er en kompleks prosess der flere nøkkelaktører bidrar. Blant disse er lovgivere, frivillige sertifiseringsordninger, nasjonale strategier og ledende byggeprosjekter. Spesielt har BREEAM (Building Research Establishment Environment Assessment Method) hatt en betydelig innflytelse.

Lovgivere og deres rolle

Lovgivere har spilt en avgjørende rolle i å fremme bærekraftig praksis gjennom utforming og håndheving av miljølovgivning og forskrifter. Krav til energiytelse i bygninger er et eksempel på slike tiltak som setter standarder for byggeindustrien. Et konkret eksempel er innføringen av Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) i EU i 2002. Direktivet satte strengere krav til energieffektiviteten i nybygg for alle medlemsland, inkludert Norge gjennom EØS-avtalen. Ifølge EU-kommisjonen har dette direktivet bidratt til å redusere primærenergiforbruket med omtrent 9,8 % fra 2005 til 2018 (European Commission, 2020; IEA, 2020).

Selv om lovgivning er et effektivt virkemiddel, er den ofte inspirert av frivillige initiativer og standarder som BREEAM. Lovgivere tar ofte utgangspunkt i de høyeste standardene som disse sertifiseringsordningene setter, noe som viser samspillet mellom reguleringer og frivillige standarder.

BREEAM og Sertifiseringer

BREEAM-NOR, som er tilpasset norske forhold, har etablert seg som det ledende verktøyet for miljøsertifisering av nybygg og større rehabiliteringer i Norge. Sertifiseringsordningen

setter høye standarder for bærekraft med fokus på gjenbruk, resirkulering og minimal miljøpåvirkning. Prosjekter som oppnår høy BREEAM-NOR-sertifisering viser at de oppfyller strenge miljøkrav, og dette har blitt en målestokk for kvalitet og bærekraft.

Ledende Byggeprosjekter

Nye store byggeprosjekter i Norge streber etter å oppnå så høy sertifisering som mulig, noe som illustrerer BREEAMs innflytelse. For eksempel, Powerhouse Brattørkaia i Trondheim har oppnådd BREEAM-NOR Outstanding-sertifisering, som er den høyeste mulige klassifiseringen. Dette bygget genererer mer energi enn det bruker over sin levetid og setter dermed en høy standard for fremtidige prosjekter.

Andre eksempler inkluderer:

Økern Portal i Oslo: Dette kontorbygget har fått BREEAM Excellent-sertifisering ved å fokusere på sirkulær økonomi og innovative løsninger som et gjenbrukssenter for kontormøbler og holdbare materialer.

Sintef i Oslo: Sintef har rehabilitert en eldre laboratoriebygning ved å ombruke betongskjelettet og installere solcellefasader, noe som har resultert i betydelige miljøgevinster og høy BREEAM-NOR-standard.

Både lovgivning og frivillige sertifiseringsordninger som BREEAM spiller viktige roller i å drive byggeindustrien mot mer bærekraftig praksis. Lovgivning fungerer som et nødvendig rammeverk som sikrer at minimumskravene til bærekraft oppfylles, mens BREEAM setter en høyere standard som inspirerer til enda bedre prestasjoner. Nye store prosjekter viser hvordan disse standardene integreres og strekker grensene for hva som er mulig innen bærekraftig bygging.

Oppsummering

Lovgivere har vært sentrale i å sette og håndheve høye forventninger og standarder for bærekraftig bygging, inspirert av sertifiseringsordninger som BREEAM-NOR. Sammen med nasjonale strategier og ledende prosjekter som Powerhouse Brattørkaia og Økern Portal, har de drevet frem en sirkulær økonomi gjennom fokus på gjenbruk, resirkulering og miljøvennlige byggemetoder. BREEAMs rolle i å sette ambisiøse mål har vært avgjørende for å heve standardene og fremme fremtidens bærekraftige byggepraksis.

5.3 Avsluttende kommentarer

Det er tydelig at for å implementere bærekraft på en god måte i bygge- og rivningspraksisen i Norge, må vi fokusere på resirkulering og ombruk allerede i designfasen. Dette innebærer å planlegge for demontering og gjenbruk av materialer fra starten av prosjektet. Valg av resirkulerbare materialer og utvikling av systemer for effektiv sortering og distribusjon av brukte byggematerialer er avgjørende. Samarbeid mellom aktører i byggebransjen vil bidra til å skape en sirkulær økonomi og redusere avfallsmengden, noe som sikrer en mer bærekraftig praksis.

I vår oppgave planla vi å inkludere bransjeinnsikt og ekspertuttalelser gjennom intervjuer med sentrale aktører. Til tross for flere forsøk på å nå AF Gruppen og ombrukskartlegger i Gjøvik kommune, fikk vi dessverre ingen respons. Tilgang til nyere og praktisk kunnskap fra disse kildene ville ha gitt oss en dypere forståelse og økt relevans i vårt arbeid.

5.3.1 Diskusjon rundt metodevalg

Denne oppgaven tar for seg utviklingen av bærekraftige metoder for rivningsteknikker, som støtter overgangen til en sirkulær økonomi i Norges byggebransje. Ved å bruke en blanding av litteraturstudie, bransjeinnsikt og ekspertråd valgte vi disse metodene nøye for å svare på problemstillingen. Denne strukturen sikrer en kombinasjon av teoretisk innsikt og praktisk betydning.

6 Konklusjon

Problemstillingen i denne oppgaven har vært å vurdere i *hvilken grad dagens lovgivning begrenser implementeringen av bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong i Norge, og hvordan lovgivningen kan endres for å fremme gjenbruk og resirkulering.*

Gjennom drøftelsen har det blitt klart at dagens lovgivning og standarder gir et godt fundament for bærekraftige praksiser i bygge- og rivningsbransjen, men det er betydelige utfordringer knyttet til praktisk implementering. Lovgivning som plan- og bygningsloven, naturmangfoldloven, og byggt teknisk forskrift (TEK17) har alle bestemmelser som fremmer sirkulære prinsipper. Imidlertid viser analysen at økonomiske hensyn ofte dominerer beslutningsprosessen, noe som kan hindre full implementering av sirkulære prinsipper i praksis.

6.1 Vurdering av dagens lovgivning:

For det første er lovene ofte generelle og mangler spesifikke krav og retningslinjer for hvordan bærekraftige rivingsteknikker skal implementeres i praksis. Dette skaper tolkningsutfordringer for aktørene i byggebransjen, som kan føre til at bærekraftige metoder velges bort til fordel for mer økonomisk fordelaktige alternativer. Videre er kostnadene ved implementering av avanserte teknologiske løsninger, som robotisert rivning og betongsaging, høye. Uten tilstrekkelige økonomiske insentiver er aktørene i byggebransjen motvillige til å investere i disse teknikkene.

Videre mangler standardene detaljerte retningslinjer for hvordan resirkulerte materialer kan integreres i betongproduksjon uten å gå på bekostning av kvaliteten og sikkerheten. Dette skaper ytterligere utfordringer for implementeringen av bærekraftige rivingsteknikker.

Lovgivningen setter i grunn ingen begrensninger for bærekraftige rivingsteknikker, men bransjen mangler veiledning og kunnskap rundt resirkulert betongtilslag. Samtidig er lovgivningen for vag når det kommer til pålegg om sirkularitet. Dette resulterer i at bærekraftige metoder ofte velges bort til fordel for mer økonomisk fordelaktige alternativer. Uten klare retningslinjer og økonomiske insentiver for bruk av avanserte teknologier og

resirkulerte materialer, blir implementeringen av bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong begrenset.

6.2 Anbefalinger basert på resultarter og drøftelse

For å overkomme disse utfordringene og fremme gjenbruk og resirkulering i byggebransjen, bør følgende tre alternative løsninger vurderes:

1. Introduksjon av økonomiske insentiver og støtteordninger for aktører som implementerer bærekraftige rivingsteknikker og bruker resirkulerte materialer. Dette kan inkludere skattefradrag, subsidier, og støtte til forskning og utvikling.
2. En revisjon av eksisterende lovgivning for å gjøre kravene mer preskriptive og tydelige. Dette vil gjøre det enklere for aktørene å forstå og følge kravene til bærekraftige praksiser. Det kan også være hensiktsmessig å innføre obligatoriske bærekraftsvurderinger for større riveprosjekter.
3. Oppdatering av standarder som NS-EN 206 for å tillate større bruk av resirkulerte materialer, samt utvikling av detaljerte veiledninger for hvordan bærekraftige rivingsteknikker kan implementeres i praksis uten å gå på bekostning kvalitet og sikkerhet.

6.3 Videre arbeid

Dagens lovgivning begrenser implementeringen av bærekraftige rivingsteknikker for plasstøpt betong i Norge hovedsakelig på grunn av praktiske og økonomiske hindringer. For å fremme gjenbruk og resirkulering, er det nødvendig med en kombinasjon av økonomiske insentiver, klarere og mer preskriptiv lovgivning, og oppdaterte standarder. Videre arbeid bør fokusere på å integrere disse elementene for å sikre at bransjen kan utvikle og implementere mer bærekraftige praksiser, noe som vil bidra til en mer sirkulær og miljøvennlig byggeindustri i fremtiden.

Litteraturliste

Lover

Plan- og bygningsloven (2008) *Lov om planlegging og byggesaksbehandling*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71?q=pbl> (Hentet: 20. Mai 2024)

Naturmangfoldloven (2009) *Lov om forvaltning av naturens mangfold*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100> (Hentet: 20. Mai 2024)

Forskrifter

Byggteknisk forskrift (2017) *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840> (Hentet: 20. Mai 2024)

Avfallsforskriften (2004) *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930> (Hentet: 20. Mai 2024)

Byggherreforskriften (2009) *Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-08-03-1028> (Hentet: 20. Mai 2024)

Forurensningsforskriften (2004) *Forskrift om begrenning av forurensning*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> (Hentet: 20. Mai 2024)

Nettsider

Miljødirektoratet (2024) *Regelverket om produksjon av betong*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/industri/for-naringsliv/betongproduksjon/regelverket-om-produksjon-av-betong/> (Hentet: 20. mai 2024).

H. S. Lile. (2022) *Retts sosiologi*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/retts-sosiologi> (Hentet: 10. mai 2024).

NTNU Balance, (2020). *NTNU Balance*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/ept/balance> (Hentet: 15. mai 2024).

European Commission (2020) *Energy Efficiency Directive and the Energy Performance of Buildings Directive*. Tilgjengelig fra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0954> (Hentet: 15. mai 2024).

IEA (2020) *Buildings – Energy Efficiency 2020 – Analysis*. Tilgjengelig fra: <https://www.iea.org/reports/buildings-energy-efficiency-2020> (Hentet: 15. mai 2024).

Miljødirektoratet (2023) *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (Hentet: 15. mai 2024).

Svanemerket (u.å.) *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://svanemerket.no/miljo/sirkulaer-okonomi/#:~:text=Hva%20er%20line%C3%A6r%20%C3%B8konomi%3F,og%20hele%20prosessen%20gjentar%20seg> (Hentet: 15. mai 2024).

Environmental and Energy Study Institute (2021) *Climate, Environmental, and Health Impacts of Fossil Fuels*. Tilgjengelig fra: <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-climate-environmental-and-health-impacts-of-fossil-fuels> (Hentet: 15. mai 2024).

UNEP (2019) *We're gobbling up the Earth's resources at an unsustainable rate*. Tilgjengelig fra: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/were-gobbling-earths-resources-unsustainable-rate> (Hentet: 15. mai 2024).

Earthjustice (2023) *There's a Biodiversity Crisis, and Oil and Gas Are Making It Worse*. Tilgjengelig fra: <https://earthjustice.org/features/biodiversity-crisis-oil-gas> (Hentet: 15. mai 2024).

Regjeringen (2019) *Handlingsplan for en sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/0173313ba73941c6b5072c5a0ee27434/no/pdfs/handlingsplan-sirkulaer-okonomi.pdf> (Hentet: 15. mai 2024).

Snøhetta (2019) *Powerhouse Brattørkaia – the World's Northernmost Energy-Positive Building*. Tilgjengelig fra: <https://snohetta.com/projects/456-powerhouse-brattorkaia-the-worlds-northernmost-energy-positive-building#> (Hentet: 15. mai 2024).

Store norske leksikon (2019) *Betong*. Tilgjengelig på: <https://snl.no/betong> (Hentet: 15. mai 2024).

Miljødirektoratet. (u.å.) *Gjenvinning av betongavfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/industri/for-naringsliv/betongproduksjon/gjenvinning-av-betongavfall/> (Hentet: 20. mai 2024).

Vedal (2024) *Økern Portal, Vedal*. Tilgjengelig på: <https://www.vedal.no/prosjekt/okern-portal/#:~:text=%C3%98kern%20Portal%20er%20et%20unikt,til%20den%20gjeve%20Cityprisen%202022> (Hentet: 15. mai 2024).

Avfall Norge. (2023). *Deponi*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no> (Hentet: 10. mai 2024).

Store norske leksikon. (2018). *Avfallsdeponi*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallsdeponi> (Hentet: 10. mai 2024).

Wikipedia. (2023). *Deponi*. Tilgjengelig fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/Deponi> (Hentet: 10. mai 2024).

Byggallianse. (2021). *Avfalls-kapitlet i BREEAM-NOR 2021, Innspillsmøte WST*. Tilgjengelig fra <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2021/06/Innspillsmote-WST.pdf> (Hentet: 10. april 2024).

Chaudhary, M. (2024). *Økning i byggavfall i 2022*. SSB Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet/artikler/okning-i-byggavfall-i-2022> (Hentet: 10. april 2024).

Deloitte. (2020). *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi*.

Delutredning 1 tilgjengelig fra https://www.regjeringen.no/contentassets/70958265348442759bed5bcbb408ddcc/deloitte_kunnskapsgrunnlag-sirkular-okonomi_potensialer.pdf (Hentet: 13. mai 2024).

Ekins. (2019). *The Circular Economy: What, Why, How and Where*. UCL Institute for Sustainable Resources, University College London, Tilgjengelig fra <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Ekins-2019-Circular-Economy-What-Why-How-Where.pdf> (Hentet: 13. mai 2024).

FN. (2024). *FNs bærekraftsmål*, tilgjengelig fra <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (Hentet: 15. mai 2024).

Grønn Byggallianse . (u.d.). *BREEAM-NOR er Norges mest brukte miljøsertifiseringssystem for bygg*. Byggallianse, tilgjengelig fra <https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/nysgjerrig-pa-breeam-nor/> (Hentet: 13. mai 2024).

Hagen, N. (2024). *Gjenbruk av betong ga millionbesparelse*. Anleggsmaskinen, tilgjengelig fra <https://anleggsmaskinen.no/2024/01/gjenbruk-av-betong-ga-millionbesparelse/> (Hentet: 10. mai 2024).

Miljødirektorat. (2019). *Avfallsplan 2020-2025*. Regjeringen, tilgjengelig fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf> (Hentet: 10. mai 2024).

Miljødirektoratet. (20.12.2022). *Betong og teglavfall*. Tilgjengelig fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/betong--og-teglavfall/> (Hentet: 10. mai 2024).

Nitter, K. (7.12.2020). *De mest bærekraftige byggene finnes allerede*. Tilgjengelig fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/de-mest-barekraftige-byggene-finneres-allerede/> (Hentet: 10. mai 2024)

Petersen, B. G. (u.d.). *Betong for fremtidig gjenvinning og ombruk*. Tilgjengelig fra https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/02/Dag-1_1130-1145_Berit-Gudding-Peteresen.pdf. (Hentet: 15. april 2024).

Regjeringen . (2020). *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi*. Delutredning 2 tilgjengelig fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/kunnskapsgrunnlag-for-nasjonal-strategi-for-sirkular-okonomi/id2714834/>. (Hentet: 13. april 2024)

Rockfon. (2021). *LEED sertifisering*. Tilgjengelig fra <https://www.rockfon.no/barekraft/sertifiseringssystem-for-bygg/leed-certification/>. (Hentet: 10. mai 2024).

Sintef. (2021). *Sirkulærøkonomi i bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra <https://www.sintef.no/fagomrader/byggematerialer/sirkularokonomi-i-byggenaringen/>. (Hentet: 10. april 2024).

STK.SMH.TM. (2023). *Ombruk kontra riving og nybygg: Sammenligningsstudie av klimagassutslipp og pris for bæresystemer*. Tilgjengelig fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3077906?show=full>. (Hentet: 10. april 2024).

Afgruppen. (2020). *Presisjonsriving i Bergen*. Tilgjengelig fra. <https://afgruppen.no/prosjekter/miljo/river-fylkeshuset-i-bergen> (Hentet: 20. april 2024)

Arathy H. Menon, D. G. (2017). *Comparative Study of Demolition Methods*. Tilgjengelig fra. https://www.ijasret.com/VolumeArticles/FullTextPDF/139_IJASRET_Comparative_Study_of_Demolition_Methods.pdf (Hentet: 20. april 2024)

MacDonald, B. (2023) Construction has a waste problem. Are audits the solution?. Ramboll. Tilgjengelig fra: <https://www.ramboll.com/en-gb/insights/resource-management-and-circular-economy/construction-has-a-waste-problem-are-audits-the-solution> (Hentet: 20. mai 2024).

C Küpfer¹, M. B.-M. (2022). *Environmental and economic analysis of new construction techniques reusing existing concrete elements: two case studies*. Tilgjengelig fra. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1078/1/012013/pdf> (Hentet: 18. april 2024)

European environment agency . (2023). *Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy*. Tilgjengelig fra. <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges> (Hentet:18. april 2024)

TU.no. (2021). *Sintef-bygget i Oslo får ny drakt med solceller og passivhus-isolasjon*. Tilgjengelig fra. <https://www.tu.no/artikler/sintef-bygget-i-oslo-far-ny-drakt-med-solceller-og-passivhus-isolasjon-br/515558> (Hentet:16. mai 2024)

Zeli Wang, H. L. (2020). *Vision-based robotic system for on-site construction and demolition waste sorting and recycling*. [https://pdf.sciencedirectassets.com/312002/1-s2.0-S2352710220X00040/1-s2.0-S2352710220334021/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEI7%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQC%2FU8CDezsWKE7Xyt7mXgWrQl0QaTl5Zyxq8g79ckQaAlhAI X4%2B%2F](https://pdf.sciencedirectassets.com/312002/1-s2.0-S2352710220X00040/1-s2.0-S2352710220334021/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEI7%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQC%2FU8CDezsWKE7Xyt7mXgWrQl0QaTl5Zyxq8g79ckQaAlhAI X4%2B%2F) (Hentet:2. mai 2024)

Hagen, R.S. (2023). *Betong må ombrukes i størst mulig grad. Fremtidens Byggenæring*. Tilgjengelig fra: <https://www.fremtidensbygg.no/betong-ma-ombrukes-i-storst-mulig-grad/> (Hentet: 19. Mai 2024)

Priestly Demolition (2024) *On-Site Concrete Crushing*. Tilgjengelig på: <https://priestly.ca/services-solutions/concrete-crushing/> (Hentet: 19. mai 2024).

SINTEF Byggforsk. (2015) *Resirkulert tilslag av tegl og betong*. Byggforskserien. Tilgjengelig på: <https://www.byggforsk.no/dokument/3162/resirkulert-tilslag-av-tegl-og-betong> (Hentet: 20. mai 2024).

SINTEF Byggforsk. (2011) *Planlegging av rivearbeider*. Byggforskserien. Tilgjengelig på: <https://www.byggforsk.no/dokument/645/planlegging-av-rivearbeider> (Hentet: 20. mai 2024).

SINTEF Byggforsk. (2011) *Gjennomføring av rivearbeider*. Byggforskserien. Tilgjengelig på: <https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering-av-rivearbeider> (Hentet: 20. mai 2024).

DNB. (u.å.) *Næringseiendom og boligprosjekter*. Tilgjengelig fra: <https://www.dnb.no/bedrift/finansiering/bedriftslan/gronne-lan/naringseiendom-og-boligprosjekter> (Hentet: 20. mai 2024).

Klima- og miljødepartementet. (2020) *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/kunnskapsgrunnlag-for-nasjonal-strategi-for-sirkular-okonomi/id2714834/> (Hentet: 20. mai 2024).

DNB. (u.å.) *Sustainable Product Framework*. Tilgjengelig fra: https://www.dnb.no/portalfont/nedlast/no/om-oss/samfunnsansvar/Sustainable_Product_Framework_norsk.pdf (Hentet: 20. mai 2024).

DiBK. (2022) *Årsrapport 2022*. Tilgjengelig fra: https://www.dibk.no/om-oss/Arssrapporter/_attachment/inline/3a243ca3-aea4-4a92-ab77-1c36f40c7364:b45384487765ca0f5c81893ee2b4e20d35a0d0a2/DiBK-arsrapport-2022.pdf (Hentet: 20. mai 2024).

SINTEF. (u.å.) *Utslippsfrie byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/fagomrader/utslippsfrie-byggeplasser/> (Hentet: 20. mai 2024).

Miljødirektoratet. (2023) *Utslippsfrie byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/bygg-og-anlegg/utslippsfrie-byggeplasser/> (Hentet: 20. mai 2024).

Standard Norge. (2022) *Betong – NS-EN 206*. Tilgjengelig fra: <https://standard.no/fagomrader/materialer/betong--ns-en-206/> (Hentet: 20. mai 2024).

Miljødirektoratet. (2020) *Publikasjon M-1625*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf#page=336> (Hentet: 20. mai 2024).

Regjeringen. (2021) *Nasjonalt strategi for en grønn, sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf> (Hentet: 20. mai 2024).

Regjeringen. (2024) *Handlingsplan for en sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/0173313ba73941c6b5072c5a0ee27434/no/pdfs/handlingsplan-sirkulaer-okonomi.pdf> (Hentet: 20. mai 2024).

Byggalliansen. (2021) *Veilder ombrukskarlegging*. Tilgjengelig fra: https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2021/08/Veilder_ombrukskarlegging_med_vedlegg.pdf (Hentet: 20. mai 2024).

Fremtidens Byggenæring. (2023) *Betong må ombrukes i størst mulig grad*. Tilgjengelig fra: <https://www.fremtidensbygg.no/betong-ma-ombrukes-i-storst-mulig-grad/> (Hentet: 20. mai 2024).

Andrew, R. M. (2019) *Global CO2 emissions from cement production, 1928–2018*. *Earth System Science Data*, 11, 1675–1710. Tilgjengelig fra: <https://essd.copernicus.org/articles/11/1675/2019/> (Hentet: 20. mai 2024).

SSB. (2023) *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet> (Hentet: 20. mai 2024).

Resirqel. (2023) *Lovpålagt krav om ombrukskartlegging i Tek17*. Tilgjengelig fra: <https://www.resirqel.no/lovpalagt-krav-om-ombrukskartlegging-i-tek17> (Hentet: 20. mai 2024).

Ellen MacArthur Foundation. (u.å.) *Cities and a circular economy*. Tilgjengelig fra: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/cities/overview> (Hentet: 20. mai 2024).

FN-sambandet. (2023) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://fn.no/tema/baerekraftig-utvikling-fattigdom-og-befolkning/baerekraftig-utvikling> (Hentet: 20. mai 2024).

Gudding-Petersen, B. (2020) *Betong for fremtidig gjenvinning og ombruk*. Tilgjengelig fra: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/02/Dag-1_1130-1145_Berit-Gudding-Peteresen.pdf (Hentet: 20. mai 2024).

SINTEF. (2018) *SiteCast*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/prosjekter/2018/sitecast/> (Hentet: 20. mai 2024).

Store norske leksikon. (2020) *Plasstøpt betong*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/plasst%C3%B8pt_betong (Hentet: 20. mai 2024).

Store norske leksikon. (2020) *Betong*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/betong> (Hentet: 20. mai 2024).

Store norske leksikon. (2021) *Prefabrikasjon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/prefabrikasjon> (Hentet: 20. mai 2024).

Blanderiet. (u.å.) *Støyping av såle og golv*. Tilgjengelig fra: <https://www.blanderiet.no/sale-og-golv/index.html> (Hentet: 20. mai 2024).

VS Element. (u.å.) *Totalleverandør av betongelementer*. Tilgjengelig fra: <https://vselement.no/> (Hentet: 20. mai 2024).

Direktoratet for byggkvalitet. (2024) *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Tilgjengelig fra: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17> (Hentet: 20. mai 2024).

YouTube. (2024) *The Circular Economy Show*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=KF3PtpaDsm8> (Hentet: 20. mai 2024).

European Commission. (2020) *2020 assessment of the progress made by Member States towards the implementation of the Energy Efficiency Directive 2012/27/EU and towards the deployment of nearly zero-energy buildings and cost-optimal minimum energy performance requirements in the EU in accordance with the Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU*. Tilgjengelig fra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0954> (Hentet: 20. mai 2024).

EPB Center. (u.å.) *The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*. Tilgjengelig fra: <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/> (Hentet: 20. mai 2024).

European Commission. (u.å.) *Energy Performance of Buildings Directive*. Tilgjengelig fra: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (Hentet: 20. mai 2024).

Norsk Betongforening. (2024) *Høringsdokument NB-18*. Tilgjengelig fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/NB-18-horing-mars-2024.pdf> (Hentet: 20. mai 2024).

Betongkonsept. (2023). *Betongkonsept - Alt innen betong!* Tilgjengelig fra: <https://www.betongkonsept.no/referanseprosjekter> (Hentet: 15. mai 2024)

Haraldsen, F. (2023). *vitenskap*. Tilgjengelig fra <https://snl.no/vitenskap> (Hentet: 5. april 2024)

Ndla . (2019). *Valg av forskningsmetode*. Tilgjengelig fra. <https://ndla.no/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:2:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:2:7d43618f-5198-4b32-9e3f-74c7d73ffb27/resource:1:56937> (Hentet: 5. april 2024)

Resirqel. (2023). *Ombrukskartlegging*. Tilgjengelig fra: <https://www.resirqel.no/ombrukskartlegging> (Hentet: 21. mai 2024)

Illustrasjonsliste

Rivningsrobot i aksjon" (2024) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://www.betongborr.se/rivning-och-demolering.html> (Hentet: 21. mai 2024).

Behandling av betong- og teglavfall" (2022) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/betong--og-teglavfall/> (Hentet: 21. mai 2024).

FNs bærekraftsmål" (2024) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (Hentet: 21. mai 2024).

"Fasene i sirkulær økonomi" (2023) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://svanemerket.no/miljo/sirkulaer-okonomi/#:~:text=Hva%20er%20line%C3%A6r%20%C3%B8konomi%3F> (Hentet: 21. mai 2024).

"Fasene i lineær økonomi" (2023) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://svanemerket.no/miljo/sirkulaer-okonomi/#:~:text=Hva%20er%20line%C3%A6r%20%C3%B8konomi%3F> (Hentet: 21. mai 2024).

"Betongkonstruksjon under bygging" [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://www.betongkonsept.no/referanseprosjekter/> (Hentet: 21. mai 2024).

"Støping av gulv" [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://www.blanderiet.no/sale-og-golv/index.html> (Hentet: 21. mai 2024).

Google street view

"Mineral waste from construction and demolition, waste treatment" (2024) [chart].
Tilgjengelig fra: <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges> (Hentet: 21. mai 2024).

"Mobil betongknuser på en byggeplass" [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://priestly.ca/services-solutions/concrete-crushing/> (Hentet: 21. mai 2024).

"Uttrekkingsprosess av betongblokkene" (C Küpfer, 2022) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1078/1/012013/pdf> (Hentet: 21. mai 2024).

"To case studier med gjenbrukt betong" [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1078/1/012013/pdf> (Hentet: 21. mai 2024).

"Betong fra gamle hus i Bodø ble fyllmasse på VA-prosjekt" (Foto: Mesta) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://anleggsmaskinen.no/2024/01/gjenbruk-av-betong-ga-millionbesparelse/> (Hentet: 21. mai 2024).

"Sintef-bygget i Oslo får ny drakt med solceller og passivhus-isolasjon" (2021) [digital photography]. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/sintef-bygget-i-oslo-far-ny-drakt-med-solceller-og-passivhus-isolasjon-br/515558> (Hentet: 21. mai 2024).

"Avfallspyramiden" (Byggallianse, 2021) [digital illustration]. Tilgjengelig fra:
<https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2021/06/Innspillsmote-WST.pdf> (Hentet: 21.
mai 2024).

Vedlegg