



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Ombruk av betongelementer: Analyse av marked, barrierer, muligheter og potensiale for klimagassreduksjon ved ombruk av hulldekker fra Regjeringskvartalet

Reuse of precast concrete elements:

An analysis of market, barriers, possibilities, and climate gas reduction potential for reused hollow-core slabs from Regjeringskvartalet

Ingrid Staveland Reppe

Fornybar energi

Forord

Denne oppgaven representerer avslutningen på min mastergrad i fornybar energi, med fordypning i forvaltning og utnyttelse av avfallsressurser. Dermed representerer den også avslutningen av fem fantastiske studieår ved NMBU. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Veidekke, etter ønske om å lære mer om ombrukspotensiale for bygningskomponenter.

En stor takk rettes til masterveileder Ole Jørgen Hanssen, for svært god oppfølging og konstruktive tilbakemeldinger gjennom hele masterperioden. Tusen takk til Anette Nihlén Moritz og Tollef Eliassen i Veidekke, som har vært med hele veien fra valg av tema og studieobjekt, til oppfølging og hjelp til datainnsamling underveis i oppgaven. Takk til samtlige informanter som tok seg tiden til å bli intervjuet, og som bidro med gode innspill og erfaringer. Spesielt stor takk til Steinar Røine som også har bidratt med innspill til miljøanalysen underveis i prosessen. Tusen takk til mamma, Gro Staveland, for at du har tatt deg tiden til å lese gjennom stadig nye versjoner av oppgaven og kommet med mange tilbakemeldinger som har forbedret den. Tusen takk til medstudentene mine Solveig Johannessen Gilleberg, Ane Lillebuen Berge, Eline Olsson, og ikke minst min bestevenninne Lin April Løstegård for digitale morgenkaffemøter og skriveøkter flere ganger i uka gjennom masterperioden. Til slutt vil jeg takke alle mine gode studievenner, og spesielt jentene i Collegium Alfa, som har gjort tiden min i den lille Åsbobla helt uvurderlig.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 30. mai 2021

Ingrid Staveland Reppe

Sammendrag

Bygg- og anleggsbransjen bidrar med omtrent en fjerdedel av alt avfallet som produseres i Norge, med 3,2 av 12,22 millioner tonn i 2019 (SSB, u.å.-b). Hulldekelementer av betong er en tung bygningskomponent som er mye brukt i byggeprosjekter i Norge. Dermed er det også høye tall tilknyttet klimagassutslipp og avfallsmengder ved produksjon og avhending av elementene. Oppgaven har til formål å undersøke eksisterende barrierer og muligheter for ombrukskomponenter innenfor dagens rammer, samt mulige tiltak for å øke graden av ombruk i framtiden. Samtidig vurderes markedspotensialet for ombrukshulldekker. Det utføres også en miljøanalyse for å vurdere i hvilken grad ombruk av hulldekker kan medføre klimagassreduksjon, med ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet som studieobjekt.

Resultatene i oppgaven viser at økonomi er den største barrieren for ombruk av bygningskomponenter i dag. Usikkerhet grunnet mange ukjente faktorer, og et lite tilpasset regelverk er også store barrierer for ombruk som ble funnet. Samtidig er markedet for ombrukskomponenter lite utviklet, og det mangler incentiver for å satse på ombruk i større grad. Erfaringene med ombruksvirksomhet i Regjeringskvartalet forventes å ha viktig overføringsverdi til andre prosjekter som ønsker å benytte seg av ombrukshulldekker. Det blir foreslått flere tiltak for å øke graden av ombruk, blant annet økonomiske støtteordninger, økt fokus på design for demontering, leasing av elementer og endringer i regelverket. I tillegg forventes det at høye miljøambisjoner hos de største aktørene vil ha en positiv effekt på ombruksgraden grunnet høy klimagevinst. Miljøanalysen viser at ombrukshulldekker vil ha et vesentlig lavere klimagassutslipp enn nye hulldekker uansett valg av form for avhending. Faktisk kan ombrukshulldekkene transporteres en ekstra avstand på nesten 1100 km før de oppnår like høyt klimagassutslipp som systemene for nye hulldekker, gitt forutsetningene i oppgaven. Bruk av knust betong som fyllmasse i vei vil ha lavere klimagassutslipp enn deponering når betongen kan brukes som substitusjon for pukk, men resultatet vil være svært avhengig av transportavstand.

Siden økonomi ofte er førende for prosjektbeslutninger, anbefales det å videre undersøke hvor de økonomiske utfordringene er størst, og hvilke økonomiske variabler som er viktigst i prosjekter med tilknytning til ombrukskomponenter.

Abstract

The construction industry produces about a quarter of all the waste produced in Norway, with 3.2 out of 12.22 million tons in 2019 (SSB, u.å.-b). Concrete hollow-core slabs are heavy building components that are widely used in construction projects in Norway. Thus, their production and disposal have high numbers associated with greenhouse gas emissions and waste volumes. The thesis' purpose is to investigate existing barriers and opportunities for the reuse of building components within the current framework, as well as possible measures to increase the amount of reused building components in the future. At the same time, the market potential for reused hollow-core slabs is assessed. An environmental analysis is also carried out to assess the reused hollow-core slabs' potential for greenhouse gas emissions reduction in projects, using the hollow-core slabs from Regjeringskvartalet as a study object.

The thesis' results show that finances are the biggest barrier to the reuse of building components today. Uncertainty due to many unknown factors, and poorly adapted regulations are also major barriers to reuse of building components that were found. At the same time, the market for reuse is poorly developed, and there is a lack of incentives to invest in reuse to a greater extent. The experiences with reuse activities in Regjeringskvartalet are expected to have applicability in other projects. Several measures are proposed to increase the amount of reuse, including financial support, increased focus on design for disassembly, leasing of elements and changes in regulations. Additionally, it is expected that high environmental ambitions among some of the biggest stakeholders will have a positive effect on the amount of reuse due to lower associated emissions. The environmental analysis shows that reuse of hollow-core slabs will have significantly lower greenhouse gas emissions than using new ones, regardless of the choice of form of disposal. In fact, the reused hollow-core slabs can be transported an extra distance of almost 1100 km before they attain the same amount of greenhouse gas emissions as the systems for new hollow-core slabs, given the assumptions made in this thesis. The use of crushed concrete as road filling material will have lower greenhouse gas emissions than landfilling when the concrete can be used as a substitute for crushed stone, but the result will be highly dependent on transport distances.

Since economy often is a leading factor in project decisions, it is recommended to further investigate where the financial challenges are greatest, and which economic variables are most important in projects related to reusing building components.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Figurliste	VI
Tabelliste	VII
Begrepsforklaring	VIII
1. Introduksjon	1
1.1. Bærekraftig utvikling.....	1
1.2. Avfall og sirkulær økonomi	2
1.3. Bygg- og anleggsbransjens påvirkning	4
1.4. Betong som materiale.....	5
1.5. Framtidige planer for ombruk.....	6
1.6. Bakgrunn for oppgaven.....	7
1.7. Oppbygging av oppgaven.....	7
2. Mål og problemstilling	8
2.1. Mål med oppgaven	8
2.2. Problemstilling og forskningsspørsmål.....	8
2.3. Omfang og avgrensninger.....	9
3. Kunnskapsgrunnlag	10
3.1. Innledning.....	10
3.2. Marked og markedspotensial for ombrukskomponenter	10
3.3. Holdninger og miljøfokus	11
3.4. Økonomiske utfordringer og muligheter for ombrukskomponenter.....	12
3.5. Regelverk og standarder.....	13
3.6. Utfordringer og muligheter ved logistikk.....	15
3.7. Tekniske forhold rundt rivning og demontering av bygg og materialer	16
3.8. Miljøvurdering av bygg og materialer	17
4. Metodikk og datagrunnlag	20
4.1. Innledning til forskningsdesign	20
4.2. Kvalitativ metode.....	21
4.2.1. Litteraturstudie.....	21
4.2.2. Semistrukturerte intervju	21
4.3. Kvantitativ analyse.....	26
4.3.1. Datagrunnlag	26
4.3.2. Miljøvurdering.....	27
4.4. Studiens validitet og reliabilitet.....	31

5. Studieobjekt: Regjeringskvartalet, Regjeringsbygg 4 (R4)	33
5.1. Innledning.....	33
5.2. Holdninger og motivasjon.....	34
5.3. Økonomiske forhold	34
5.4. Erfaringer med regelverk	35
5.5. Tekniske og logistiske erfaringer.....	36
5.6. Miljøvurdering.....	37
6. Resultater	38
6.1. Erfaringer fra ombruksvirksomhet i Regjeringskvartalet	38
6.1.1. Innledning	38
6.1.2. Økonomi	38
6.1.3. Regelverk og standarder	38
6.1.4. Logistikk.....	39
6.1.5. Tekniske utfordringer	39
6.2. Markedspotensial og markedsmekanismer.....	40
6.3. Viktige barrierer og drivere for ombruksløsninger.....	43
6.3.1. Innledning	43
6.3.2. Holdninger og tankesett i bransjen	44
6.3.3. Tekniske barrierer og muligheter for ombruk av hulldekker.....	45
6.3.4. Barrierer og muligheter i regelverk og standarder.....	47
6.3.5. Økonomiske barrierer og muligheter.....	49
6.3.6. Barrierer og muligheter med hensyn til logistikk	49
6.4. Miljøanalyse	51
7. Diskusjon	55
7.1. Erfaringer fra ombruksvirksomhet i Regjeringskvartalet	55
7.2. Marked og markedspotensial	56
7.3. Viktige barrierer og muligheter for ombruksvirksomhet.....	58
7.3.1. Holdninger og motivasjon	58
7.3.2. Økonomi	59
7.3.3. Regelverk og standarder	60
7.3.4. Logistikk.....	61
7.3.5. Tekniske utfordringer og muligheter.....	62
7.3.6. Mulige feilkilder og usikkerhet knyttet til intervjuene	63
7.4. Miljøanalyse	63
7.5. Videre arbeid.....	65
8. Konklusjon	66
9. Referanser	67
Vedlegg	72
Vedlegg 1: Intervjuguide Gruppe 1	72
Vedlegg 2: Intervjuguide Gruppe 2	73
Vedlegg 3: Godkjenning fra NSD.....	74
Vedlegg 4: Datagrunnlag miljøanalyse (Excel)	76

Figurliste

Figur 1: FNs bærekraftsmål for bygg-bransjen (World Green Building Council, u.å.)	1
Figur 2: Lineær- og sirkulær økonomi (selvkomponert, basert på Boye, 2019)	2
Figur 3: Avfallspyramiden (selvkomponert, basert på Boye, 2019)	3
Figur 4: Avfall fra bygg- tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer. Basert på tall fra (SSB, u.å.-a)	4
Figur 5: Hulldekkeelementer i betong (Contiga AS, 2020)	6
Figur 6: Flytskjema for dokumentasjon ved ombruk (Kilvær et al., 2019)	14
Figur 7: Forskningsdesign for studien.....	20
Figur 8: Fargekoding for sortering av temaer i Excel	25
Figur 9: Scenario 1 og 2, Ombruk og substitusjon eller deponering.....	28
Figur 10: Scenario 3 og 4, Nyproduksjon og substitusjon eller deponering	30
Figur 11: Skissering av Regjeringsbygg 4 (R4) (Kartverket, u.å.).....	33
Figur 12: Fordeling av merkostnader for leveranse av ombrukshulldekker fra R4 til OSBL (Fjeldheim et al., 2020)	35
Figur 13: Oppsummering av barrierer og endringer som forventes å være viktige for å øke andel ombruk i markedet.....	44
Figur 14: Samlet resultat alle scenarioer i miljøanalysen.....	52

Tabelliste

Tabell 1: Utvalg av søkeord i litteratursøk	21
Tabell 2: Oversikt over informanter	22
Tabell 3: 6- trinns guide for tematisk analyse	24
Tabell 4: Sammenstilling av datagrunnlag i miljøanalyse	26
Tabell 5: Oppsett miljøanalyse for ulike scenarioer	31
Tabell 6: Resultater miljøanalyse	51
Tabell 7: Sensitivitetsanalyse B1 karbonatisering	53
Tabell 8: Sensitivitetsanalyse C3 transportavstand for knust betong	53
Tabell 9: Sensitivitetsanalyse av transportavstander- og typer for ombrukshulldekker	54

Begrepsforklaring

I masteroppgaven vil det brukes ord eller forkortelser som er bransjespesifikke eller som kan ha flere betydninger avhengig av hvilken kilde som brukes. Derfor er et utvalg av ord og forkortelser som er brukt i oppgaven definert her.

Begrep/forkortelse	Forklaring
Ombruk	Enhver aktivitet hvor produkter eller komponenter som ikke er avfall blir brukt igjen til samme formål som de ble laget for.
Gjenbruk	Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved ombruk eller gjenvinning
BA-bransjen	Forkortelse for bygg- og anleggsbransjen
BREEAM	Forkortelse for Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Miljøsertifiseringssystem
NHP5	Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2021-2023)
TEK	Forkortelse for Byggeteknisk forskrift
DiBK	Forkortelse for Direktoratet for byggkvalitet
EPD	Forkortelse for Environmental Product Declaration. Kalles også miljødeklarasjon på norsk. Kortfattet tredjepartsverifisert og registrert dokument med informasjon om produkters miljøprestasjon gjennom hele livsløpet
GWP	Forkortelse for Global Warming Potential. Mål på klimapåvirkning. Angir potensiale for å forårsake global oppvarming. Måleenhet er CO ₂ -ekvivalenter
CO ₂ - ekvivalenter	Måleenhet for klimapåvirkning. Angir potensiell global oppvarmingseffekt (GWP), relativt til oppvarmingseffekten til utslipp av CO ₂ til atmosfæren. Forkortes ofte som CO ₂ - ekv. eller CO ₂ e
Livsløpsvurdering	Analysemetode der man sammenstiller miljøpåvirkningen av alle ledd i en produksjonskjede. Norsk navn på LCA
LCA	Se livsløpsvurdering

1. Introduksjon

1.1. Bærekraftig utvikling

Bærekraftig utvikling er et begrep som stadig har blitt mer integrert i samfunnet. Begrepet ble først definert i 1987 i rapporten «Our Common Future» av Brundtland-kommisjonen. Begrepet baserer seg på at det kun finnes en klode med begrensede ressurser, og at vi må ta vare på den for kommende generasjoner. Bærekraft består av tre dimensjoner; økonomi, sosiale forhold og miljø og klima, som alle påvirker hverandre (FN-sambandet, 2019).

For å oppnå bærekraftig utvikling, er verden avhengig av å stoppe klimaendringene (FN-sambandet, 2019). I 2015 ble den internasjonale Parisavtalen vedtatt som et viktig skritt for å nå det målet. Avtalen er juridisk bindende og skal sørge for at land jobber for å begrense de globale klimaendringene. Målet med avtalen er at temperaturen på kloden ikke skal stige mer enn 2, helst ikke mer enn 1,5 °C før århundreskiftet, sammenlignet med før-industriell tid. For å nå målet skal medlemslandene kutte utslippene av drivhusgasser snarest mulig (United Nations, u.å.). Samme år som Parisavtalen ble signert ble også FNs 17 bærekraftsmål vedtatt (FN-sambandet, 2019). Arbeidsplanen består av 17 mål som innen 2030 skal bidra til å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringer. Bærekraftsmålene i Figur 1 er blant dem som er relevante for bygg-bransjen (World Green Building Council, u.å.).

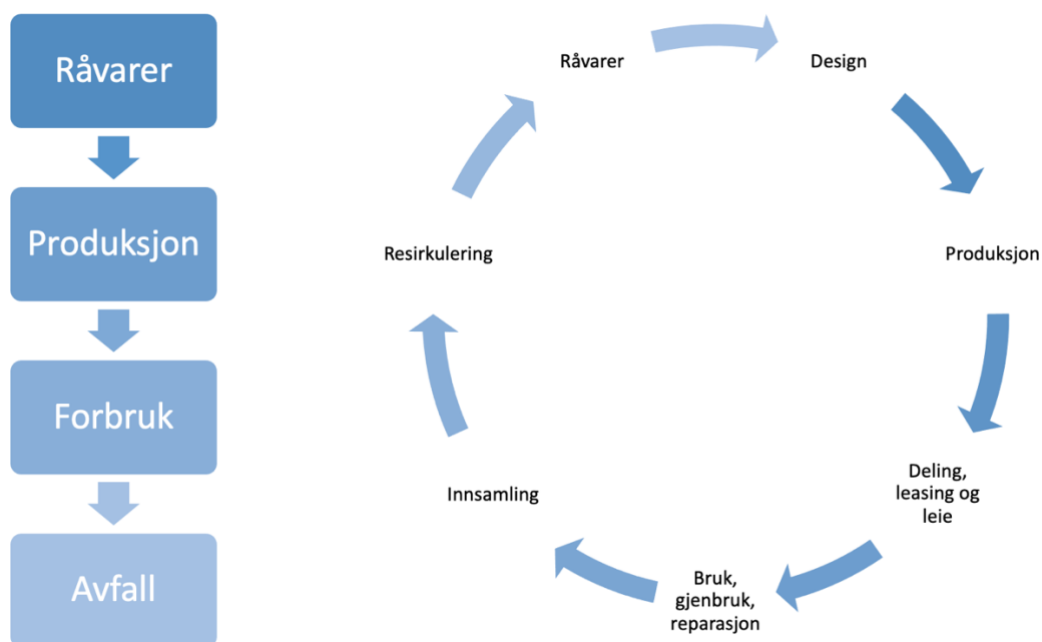


Figur 1: FNs bærekraftsmål for bygg-bransjen (World Green Building Council, u.å.)

1.2. Avfall og sirkulær økonomi

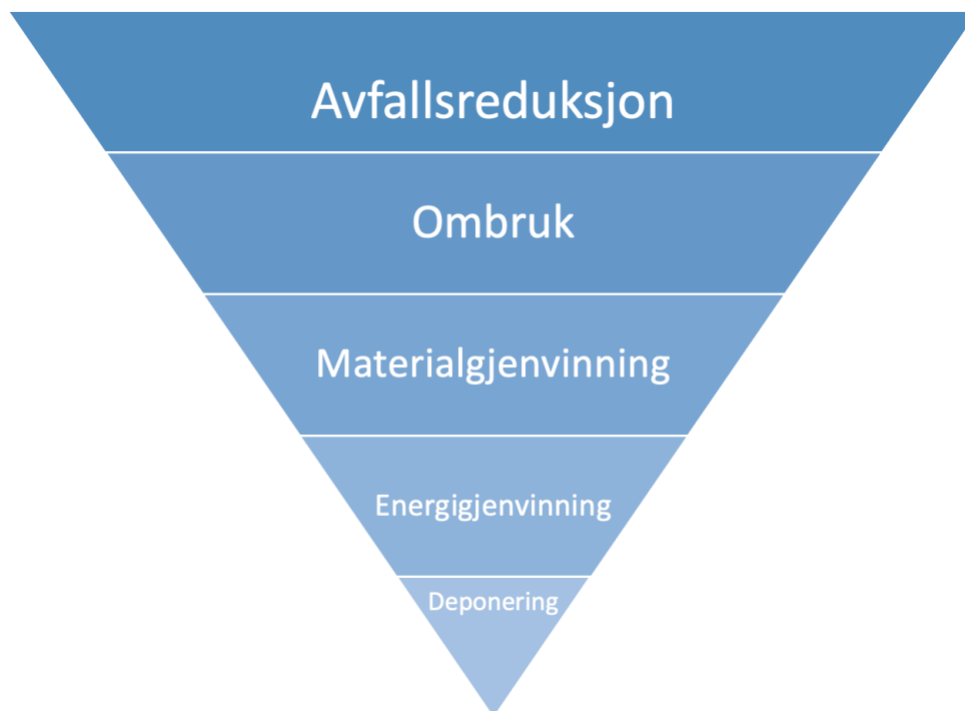
Sirkulær økonomi har de siste årene blitt et velkjent begrep, og utfordrer dagens lineære økonomi. Ved en lineær økonomi utnyttes jordens ressurser lite effektivt og det brukes i stor grad ikke-fornybare ressurser i produksjonen. Mange produkter brukes bare en gang, og etter endt bruk ender de som avfall til sluttbehandling (se Figur 2). Målet med sirkulær økonomi er derimot å bli stadig mindre avhengig av å hente ut jomfruelige og ikke-fornybare ressurser fra naturen, og heller beholde de allerede eksisterende materialene i sirkulasjon (Boye, 2019; Ghisellini et al., 2018), noe som også er illustrert i Figur 2. Siden uttrykket har blitt så populært, har antallet fagartikler om sirkulær økonomi steget svært fort de siste årene. Artiklene bruker ofte forskjellige definisjoner, og Kirchherr et al. (2017) har skrevet en vitenskapelig artikkel som har analysert alle definisjonene, og samlet dem til én. De viser hvor komplekst begrep sirkulær økonomi er. Gjennom analysen av alle definisjonene kom de fram til definisjonen:

“A circular economy describes an economic system that is based on business models which replace the ‘end-of-life’ concept with reducing, alternatively reusing, recycling and recovering materials in production/distribution and consumption processes, thus operating at the micro level (products, companies, consumers), meso level (eco-industrial parks) and macro level (city, region, nation and beyond), with the aim to accomplish sustainable development, which implies creating environmental quality, economic prosperity and social equity, to the benefit of current and future generations.” (Kirchherr et al., 2017)



Figur 2: Lineær- og sirkulær økonomi (selvkomponert, basert på Boye, 2019)

Avfallspyramiden i Figur 3 viser et prioritert sett av strategier for å ta vare på avfallsressursene innen sirkulær økonomi. Størst fokus rettes mot avfallsreduksjon, altså at man kaster mindre enn før. Her inngår vedlikehold, reparasjon og deling. Den beste måten å redusere avfallsmengden på er å redusere forbruk. Andre prioritering er ombruk, som er hovedfokuset i denne oppgaven. Ombruk betyr løsninger som opprettholder verdien på materialene så lenge som mulig, som produkter til bruk i samme funksjon. Trinn tre, materialgjenvinning, betyr for eksempel å prosessere materialene til en form der de kan inngå som råvarer til nye produkter. Prosessen kan være energikrevende, og materialet kan forringes i prosessen. Trinn fire, energigjenvinning, vil si at materialer brennes og dermed skaper ny energi. Siden materialene taper sin verdi som basis for nye produkter i prosessen, blir energigjenvinning lite prioritert i avfallshierarkiet. Helt nederst kommer deponering, hvor materialet ikke blir utnyttet. Deponering er ikke en del av sirkulær økonomi, og er det minst ønskede alternativet (Boye, 2019).



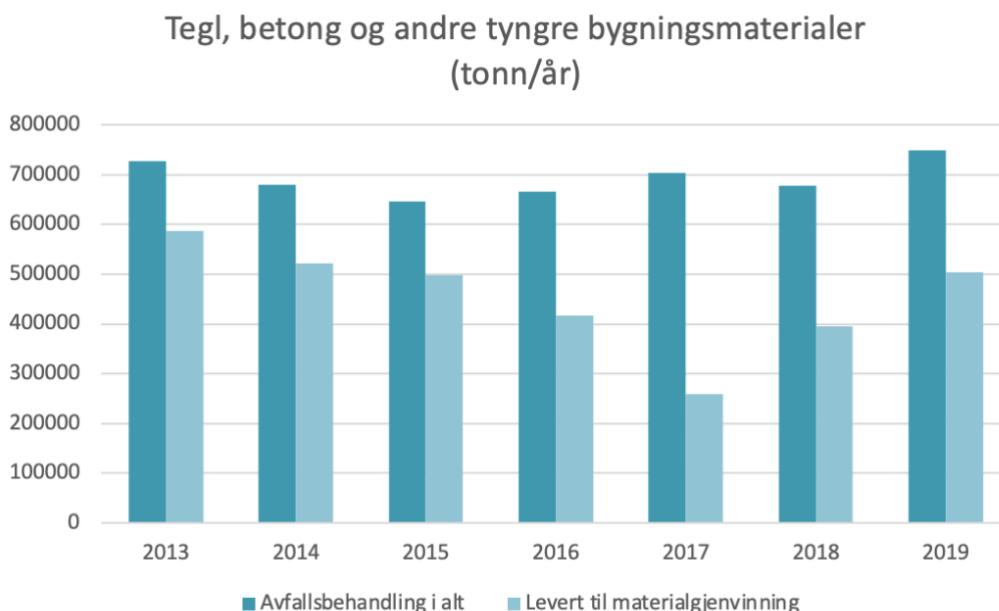
Figur 3: Avfallspyramiden (selvkomponert, basert på Boye, 2019)

Begrepet «gjenbruk» brukes ofte om begrepet «ombruk». Gjenbruk kan bety både ombruk og materialgjenvinning, og vil derfor kunne gjelde både «ombruk» og «materialgjenvinning» i avfallspyramiden. Begrepet ombruk blir derfor konsekvent brukt i oppgaven for å unngå

misforståelser. Ombruk er i Avfallsdirektivet (European Union, 2008) definert som enhver aktivitet hvor produkter eller komponenter som ikke er avfall blir brukt igjen til samme formål som de ble laget for. Definisjonen er oversatt fra engelsk.

1.3. Bygg- og anleggsbransjens påvirkning

Bygg- og anleggsbransjen (heretter BA-bransjen) produserer omtrent en fjerdedel av alt avfallet som produseres i Norge, med 3,2 av 12,22 millioner tonn i 2019 (SSB, u.å.-b). SSB har statistikk på byggeavfall fra nybygging, rehabilitering og rivning av bygg. Statistikken er likevel noe ukorrekt, blant annet fordi delstrømmer fra rehabiliteringsprosjekter blir ekskludert. Derfor er beregnet avfallsmengde sannsynligvis for lav (Rønning et al., 2016). «Tegl og betong og andre tyngre bygningsmaterialer» er kategorien med størst bidrag til avfallsgenerering pr tonn, noe som kan henge sammen med at det er materialer som er mye brukt i bygg- og anleggssammenheng, samtidig som det er tunge materialer i seg selv. Figur 4 viser utviklingen i avfall til behandling fra år 2013 til 2019. Statistikken viser en relativt jevn mengde avfallsbehandling totalt, men ganske store variasjoner i levering til materialgjenvinning. Likevel har det vært noe økning i avfallsmengde de siste årene, som utgjorde 667 459 tonn i 2018, og 749 205 tonn i 2019 (SSB, u.å.-b). Det vil si en økning på 14% i denne perioden. SSBs statistikk rapporterer ikke for ombruk av ulike materialer som en egen kategori.



Figur 4: Avfall fra bygg- tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer. Basert på tall fra (SSB, u.å.-a)

I Rammedirektivet for avfall kreves det at minst 70 vektprosent av alt bygg- og anleggsavfall skal materialgjenvinnes eller ombrukes innen 2020 (Regjeringen, 2013). Statistikken viser mye variasjon over de siste årene. Status for BA-bransjen i 2014 var 61% (Klima- og miljødepartementet, 2017). I 2016 var andelen 42% (Skogesal, 2019), og i 2018 var den på 43% (Lindstad et al., 2021). Grunnen til en lavere materialgjenvinningsgrad de siste årene kan henge sammen med usikkerhet i bruk av lettere forurensede masser av betong og tegl, spesielt i tilknytning til stoffet krom 6 (Cr VI) (Lindstad et al., 2021). Dagens statistikk vurderes samtidig som svært mangelfull, blant annet fordi anleggsavfall ikke inngår i statistikken og fordi tall fra rehabilitering av bygg er usikre. Derfor kan ikke statistikken brukes for å vurdere om målet er oppnådd (Skogesal, 2019)

1.4. Betong som materiale

Betong er en blanding av ulike materialer som sement, vann, tilslag og tilsetningsstoffer. Tilslaget er vanligvis en blanding av sand, stein og pukk, og der blandingsforholdet kan variere. Ved å tilpasse blandingsforholdet oppnås ulike typer egenskaper (Grønn Byggallianse, 2018). Sementproduksjon er energikrevende og står for den største delen av klimagassutslipp fra betong (Grønn Byggallianse, 2018). Betong kan gjenvinnes ved å enten bli brukt inn i produksjon av ny betong eller som fyllmasse ved anleggsarbeider (Brambilla et al., 2019). I Norge blir ikke gjenvunnet betong brukt i produksjon av ny betong siden det er lite kostnadseffektivt (Rønning et al., 2016). Betongen vil re-karbonisere, altså ta opp CO₂ som ble sluppet ut ved produksjon, i en viss grad når den knuses i størrelsesorden 1-8 mm. Da vil 60-80% av utslippet fra produksjon tas opp igjen. Mye av betongens lagrede energi går tapt i knusing, så gjenvinning prioriteres etter ombruk (Leland, 2008) som vist i Figur 3: Avfallspyramiden.

Gjenvinning av betong har som nevnt vært problematisk de siste årene, på grunn av økt fokus på innhold av det miljøskadelige stoffet krom 6 (Cr VI). I 2016 kom Miljødirektoratet med en veiledning om øvre grenseverdi på 2mg/kg betong for krom 6, noe som har ført til at store andeler betongavfall havner på deponi (Seehusen, 2019). I 2020 kom Miljødirektoratet med et klarere regelverk for anvendelse av lettere forurensede masser (Lindstad et al., 2021). En høyere grense betyr at større andel betong vil være godkjent for gjenvinning. Samtidig problematiseres det i nyeste Nasjonal handlingsplan for byggavfall (NHP5) at for sterkt fokus på sirkulær økonomi kan føre til resirkulering av miljøfarlige stoffer. Det anses som viktig at den sirkulære

økonomien er bærekraftig, forsvarlig og pålitelig i et langsiktig perspektiv (Lindstad et al., 2021).

Hulldekkeelementer av betong brukes som etasjeskillere og takkonstruksjoner. Elementene er mye brukt i kontor- og industribygg (Store norske leksikon, u.å.). Den tekniske levetiden til bærende betongelementer er generelt lengre enn levetiden til en bygning. Ved å ombruke betongelementer direkte i nye bygg unngås en eventuell resirkulerings- eller omgjøringsprosess (Naber, 2012). Figur 5 viser hvordan hulldekkeelementer i betong kan se ut.



Figur 5: Hulldekkeelementer i betong (Contiga AS, 2020)

1.5. Framtidige planer for ombruk

Regjeringen ønsker å åpne for mer ombruk av byggematerialer. Regelverket er en begrensende faktor i dag, og dagens praksis har gjort en omstilling til sirkulær økonomi vanskelig. Regelverket har derfor fått en gjennomgang med mål om økt ombruk og gjenvinning.. Direktoratet for byggkvalitet (heretter kalt DiBK) skal utarbeide en veileder for ombruk av byggevarer, samt foreslå endringer i nasjonale regler for å øke graden av ombruk (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021a). Fristen for å utarbeide en veileder var 1. mai 2021, og den er nå tilgjengelig på DiBK sine nettsider. Fristen for å foreslå endringer i regelverk er 1. juli 2021 (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021b). Med andre ord kan det forventes at det tilrettelegges for ombruk av byggevarer i større grad framover. Samtidig vil Nasjonal strategi for sirkulær økonomi etter planen ferdigstilles første halvår 2021 (Klima- og

miljødepartementet, u.å.). Den kan forventes å være betydningsfull for hvordan BA-bransjen skal nå sine nasjonale mål, og kan tyde på et økt nasjonalt fokus på sirkulær økonomi i årene fremover.

1.6. Bakgrunn for oppgaven

Veidekke er samarbeidspartner i denne oppgaven, og tema ble valgt på bakgrunn av egen interesse og deres behov. Valget falt på ombruk av hulldekke i betong av flere grunner. For det første er betong et tungt og mye brukt materiale, og dermed svært utslagsgivende på avfallsstatistikkene. Samtidig er betong svært energikrevende å produsere, og det er derfor antatt at ombruk vil ha store utslag på klimagassutslipp. Veidekke har vært involvert i prosjektet med ombruk av hulldekkeelementer fra Regjeringsbygg 4 (R4), og det ble derfor foreslått å bruke det prosjektet som studieobjekt. Hulldekkelementer av betong er et tungt materiale som er mye brukt i byggeprosjekter i Norge. Dermed er det også høye tall tilknyttet klimagassutslipp og avfallsmengder ved produksjon og avhending av elementene. Å ombruke hulldekkelementer vil potensielt medføre en stor klimagassreduksjon og besparelse av ressurser.

1.7. Oppbygging av oppgaven

I kapittel 2 presenteres målet med oppgaven, valgt problemstilling og forskningsspørsmål, samt oppgavens omfang og avgrensninger. I kapittel 3 presenteres kunnskapsgrunnlaget, med allerede eksisterende litteratur som er relevant for oppgaven. Kapittel 4 tar for seg metoden som er brukt, inndelt i kvalitativ og kvantitativ metode. Kapittel 5 går i dybden på erfaringene fra ombruk av hulldekker fra Regjeringsbygg 4, gjengitt med bakgrunn i eksisterende og tilgjengelige erfaringsrapporter. Resultatene i oppgaven er beskrevet i kapittel 6, hvor de er inndelt med bakgrunn i forskningsspørsmålene. Funnene blir diskutert i kapittel 7 sammen med en anbefaling om videre arbeid, og en konklusjon gis i kapittel 8. Deretter følger referanseliste og vedlegg.

2. Mål og problemstilling

2.1. Mål med oppgaven

BA-bransjen står for en stor del av både utslipp av klimagasser og avfallsmengder i Norge. Dermed er det på høy tid å finne nye løsninger for å ta hånd om de nevnte utfordringene. Veidekke er en aktør med høy miljøprofil og ambisiøse klimamål, med blant annet mål om å bli klimanøytrale innen 2045. I tillegg har de startet med klimagassbudsjett fra 2021, som skal følges opp på lik linje som økonomiske- og HMS-mål (Veidekke, 2021). Som et trinn på veien ønsker Veidekke derfor å undersøke mulighetene for å bidra til mer ombruk av byggematerialer i framtiden.

Målet med oppgaven har vært å gi en oversikt over eksisterende barrierer og muligheter for ombruk av betongelementer med dagens begrensninger. Samtidig skulle det undersøkes og vurderes mulige tiltak som kan iverksettes for å øke andelen ombruk av byggevarer i framtiden. Målet skulle nås ved å samle erfaringer og innspill fra BA-bransjen i sammenheng med rivningen av Regjeringskvartalet og generelle erfaringer i bransjen, slik at Veidekke og bransjen som helhet kan nytte seg av de erfaringene som del av et beslutningsgrunnlag knyttet til mulig ombruk i senere prosjekter. I tillegg skulle det gjennomføres en miljøanalyse for å vurdere klimagasspotensiale ved ulike scenarier, som en del av beslutningsgrunnlaget.

2.2. Problemstilling og forskningsspørsmål

Hovedproblemstilling for oppgaven: *Hva er dagens erfaringer og holdninger til ombrukshulldekke, og hva er markeds- og klimapotensiale for bruk av ombrukshulldekker?*

Forskningsspørsmål:

1. Hvordan kan erfaringene fra ombruk av hulldekker i Regjeringskvartalet bidra til å øke bruken av ombrukshulldekker i andre prosjekter?
2. Hva er markedspotensialet for ombrukshulldekker; er det samsvar mellom tilgang og etterspørsel?
3. Hva er de viktigste barrierene og driverne for å velge en ombruksløsning fremfor en nyproduksjonsløsning?
4. I hvilken grad kan økt ombruk av hulldekker bidra til reduserte klimagassutslipp i prosjektvirksomhet?

2.3. Omfang og avgrensninger

Oppgavens omfang er avgrenset til materialet betong, og bygningskomponenten hulldekke. Likevel vil deler av oppgaven omhandle byggevarer på et mer generelt nivå. Forskningsspørsmålene har blitt brukt for å avgrense oppgavens omfang der det har blitt ansett naturlig.

Studieobjektet i oppgaven, Regjeringskvartalet, er geografisk avgrenset til Oslo-regionen. Det er derfor å anse som et spesifikt prosjekt, men funnene kan ha overføringsverdi til andre deler av Norge. Studieobjektet er et pilotprosjekt, slik at erfaringene som gjøres i den forbindelse vil kunne ha verdi for andre aktører. Bruk av Oslo-regionen som geografisk avgrensning i oppgaven er bestemt med tanke på studieobjektet og informantenes arbeidsplasser. Oslo-regionen er et stort marked for bygnings- og rivningspraksis, og det antas derfor at tilstrekkelig informasjon vil kunne innhentes i valgt område.

Oppgavens tidsperspektiv er omtrent fem måneder (januar-juni 2021), som en 30-studiepoengs masteroppgave ved NMBU. Arbeidsomfanget har vært med på å legge føringer for blant annet antall intervjuer som har blitt gjennomført og omfanget av miljøanalysen.

3. Kunnskapsgrunnlag

3.1. Innledning

Ombruk blir vurdert opp mot ulike typer tema som lovverk, økonomi, tekniske løsninger og miljø- og klimaeffekt. Alle faktorene vil spille en rolle med hensyn til om en bedrift velger å benytte seg av ombruksprodukter i sine byggeprosjekter. Kunnskapsgrunnlaget vil ta for seg det viktigste regelverket i Norge tilknyttet bygging, hvordan økonomi spiller en rolle i ombrukssammenheng, bransjens motivasjon for ombruk, marked og markedspotensial for ombruksprodukter, tekniske forhold som rivningspraksis og design for demontering og miljøvurderinger av ombruksprodukter.

Betong er energikrevende å produsere, og vil derfor være fordelaktig å planlegge ombruk for. Spesielt hulldekker er godt egnet for ombruk (Leland, 2008). Det finnes noen pilotprosjekter i Norge som har tatt i bruk ombrukshulldekker, men på grunn av ulike utfordringer knyttet til ombruk er de fortsatt få. Ulike barrierer for ombruk av byggevarer er et utredet tema i både rapporter og vitenskapelige artikler, og det er tilsynelatende mange faktorer som spiller inn på valget om bruk av ombrukskomponenter. Videre følger en gjennomgang av de mest vanlige barrierene for ombruk av byggevarer og mulighetene som finnes innenfor dagens ramme. Samtidig inkluderes litteratur som peker på mulige tiltak for å øke graden av ombruk.

3.2. Marked og markedspotensial for ombrukskomponenter

Dagens etterspørsel etter ombruksvarer i BA-bransjen er tilnærmet lik null. Unntaket er for eksempel pilotprosjekter med høye miljøambisjoner (Nordby, 2018). Eksempler på slike prosjekter er Kristian Augusts Gate 13 og Oslo Storbylegevakt, som blant annet benytter seg av ombrukshulldekker fra Regjeringsbygg 4. Årsakene for et så langt beskjedent marked er sammensatte. Ibenholt et al. (2020) og Nordby (2018) beskriver utfordringer ved at det mangler en markeds plass og et utviklet marked for profesjonelle aktører. Det er vanskelig å oppskalere markedet for ombruksprodukter både fordi det er lav tilgang i kvalitet og kvantitet, og fordi etterspørselen i markedet er såpass lav (Nußholz et al., 2019). Samtidig mener Minunno et al. (2020) at ombruk av materialer blir stadig mer vanlig til tross for et begrenset marked for brukte materialer og konkurranse med gjenvinningssektoren. Sertifiseringsordninger øker etterspørselen etter ombruksprodukter, men er frivillige å bruke (Nußholz et al., 2019).

Som mulige tiltak for å øke andelen ombruk peker Ibenholt et al. (2020) på utvikling av en markedsportal for ombruk. Også Nordby (2018) foreslår en markeds plass som et mulig tiltak for å øke graden av ombruk. Det finnes noen markeds kanaler for ombruksvarer i dag, som finn.no og resirquel.no, men foreløpig er omfanget i relativt liten og uvisst skala. Samtidig skjer det en utvikling av markedet framover. Blant annet skal Trøndelag Fylkeskommune bruke 15 millioner på en digital markeds plass for brukte byggevarer. Plattformen er ment for profesjonelle aktører som blant annet byggherrer og entreprenører (Gundersen, 2021). En slik plattform er viktig i utviklingen av et profesjonelt marked for ombruksvarer. I nyere tid er det også aktører som spesialisere seg på å tilby tjenester innen ombruk, som Loopfront og Rehub. Loopfront er den største digitale gjenbruksplattformen i Norge for byggenæringen, og tilbyr ulike tjenester som blant annet et digitalt marked for ombruksvarer, diverse rapporter og ombrukskartlegging (Loopfront, u.å.). Både plattformen til Loopfront og Rehub er lukket, slik at det kreves en abonnementsordning for å få tilgang på tjenestene som tilbys. Rehub har en gratisversjon av abonnementsordningen, og den gir deg da tilgang til å søke opp produkter. En økning i aktører som driver med ombruk vil øke konkurranse, tilgang på materialer, og skape nisjer (Nußholz et al., 2019).

3.3. Holdninger og miljøfokus

Lineær økonomi er en modell som fortsatt står sterkt i samfunnet. Dagens system er basert på et prinsipp om at råvarer alltid er lett tilgjengelige og billige å avhende (Brambilla et al., 2019). Av flere ulike grunner blir avfall som potensielt kunne blitt gjenvunnet eller ombrukt heller deponert. Blant annet må tankesettet endres til å anse avfall som en viktig ressurs i stedet for et problem, for å kunne oppnå en sirkulær økonomi (Ghisellini et al., 2018). Med nye, innovative forretningsmodeller basert på sirkulær økonomi vil bedrifter føres nærmere en tankegang og strategi som omfatter handel med ombruksvarer (Nußholz et al., 2019).

I følge Nordby (2018) er nasjonale mål om reduserte klimagassutslipp i bygg blant de viktigste drivkreftene for økt ombruk av byggevarer. Petersen og Holthe (2016) peker på at BREEAM-sertifisering av nybygg og større renoveringsprosjekter vil kunne gi poeng for ombruk av bærekonstruksjoner. For en byggherre med høye miljøambisjoner kan det da antas å ha innvirkning på deres valg om bruk av ombruksprodukter eller ikke.

3.4. Økonomiske utfordringer og muligheter for ombrukskomponenter

Økonomi er et lite utredet tema i vitenskapelige artikler med hensyn til ombruk i bygg-sammenheng (Ghisellini et al., 2018). Det er likevel noe litteratur som påpeker viktige barrierer og muligheter for ombruk av bygningsvarer, som vil bli gjennomgått.

De økonomiske virkemidlene for å gjøre ombruk konkurransedyktig er underutviklede (Nußholz et al., 2019). For å øke økonomisk incentiv for ombruk er nye skattestrukturer, avgifter og økonomisk støtte mulige løsninger. Andre muligheter er å øke avgift til avfallshåndtering, spesielt til deponi (Nordby, 2018). I følge Naber (2012) vil ombrukshulldekker medføre en 20% høyere kostnad enn bruk av nye hulldekker. Som et tiltak for å redusere forskjellen foreslås det at staten burde gripe inn for å dekke forskjellen. I tillegg er kravet til CE-merking til hinder for ombruk da det er en fordyrende prosess for ombruksvarer (Nordby, 2018). Testing av produkter for å framskaffe dokumentasjon kan også være kostnadskrevende (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Dokumentasjonskravet sikrer at byggevarer som omsettes har en tilstrekkelig kvalitet, og det er en garanti mot fabrikkfeil. For ombruksprodukter kan dokumentasjonskravet skape økonomiske utfordringer siden ingen ønsker et slikt økonomisk ansvar (Wærner, 2020).

Byggeprosessen ved ombruk blir komplisert og fordyrende, på grunn av ekstra tid til rivning og prosjektering, samt usikkerhet tilknyttet dokumentasjon (Nordby, 2018). Chini og Bruening (2003) og Ghisellini et al. (2018) peker på viktige økonomiske faktorer som lav kostnad for avhending, ukjente kostnader ved rivning, samt andre ukjente økonomiske kostnader. I de fleste tilfeller vil konvensjonell rivning være det billigste alternativet, altså at bygget vil knuses og dermed ødelegges komponentene i bygget. Arbeidskraft vil være mye dyrere for selektiv rivning, som et direkte resultat av en lengre prosess. Coelho og de Brito (2011) anslår en seksdobling i kostnader til arbeidskraft ved selektiv rivning. I enkelte tilfeller kan det være mer økonomisk lønnsomt å velge selektiv rivning, for eksempel om det er høye kostnader for avhending av avfall (Coelho & de Brito, 2011; Nyland et al., 2019), eller om det fører til lavere kostnader for transport fra byggeplass (Nyland et al., 2019).

Den viktigste økonomiske faktoren er i følge Rakhshan et al. (2021) kostnaden ved å kjøpe ombrukelementer tidlig i et prosjekt, som kan ha konsekvenser for kontantstrømmen til prosjektet. Andre viktige faktorer som pekes på er økt økonomisk risiko, selve anskaffelsesprosessen, og kostnader tilknyttet arbeidskraft. De komplekse økonomiske

faktorene gjør at lønnsomheten med hensyn til ombrukselementer blir svært usikker ifølge studien.

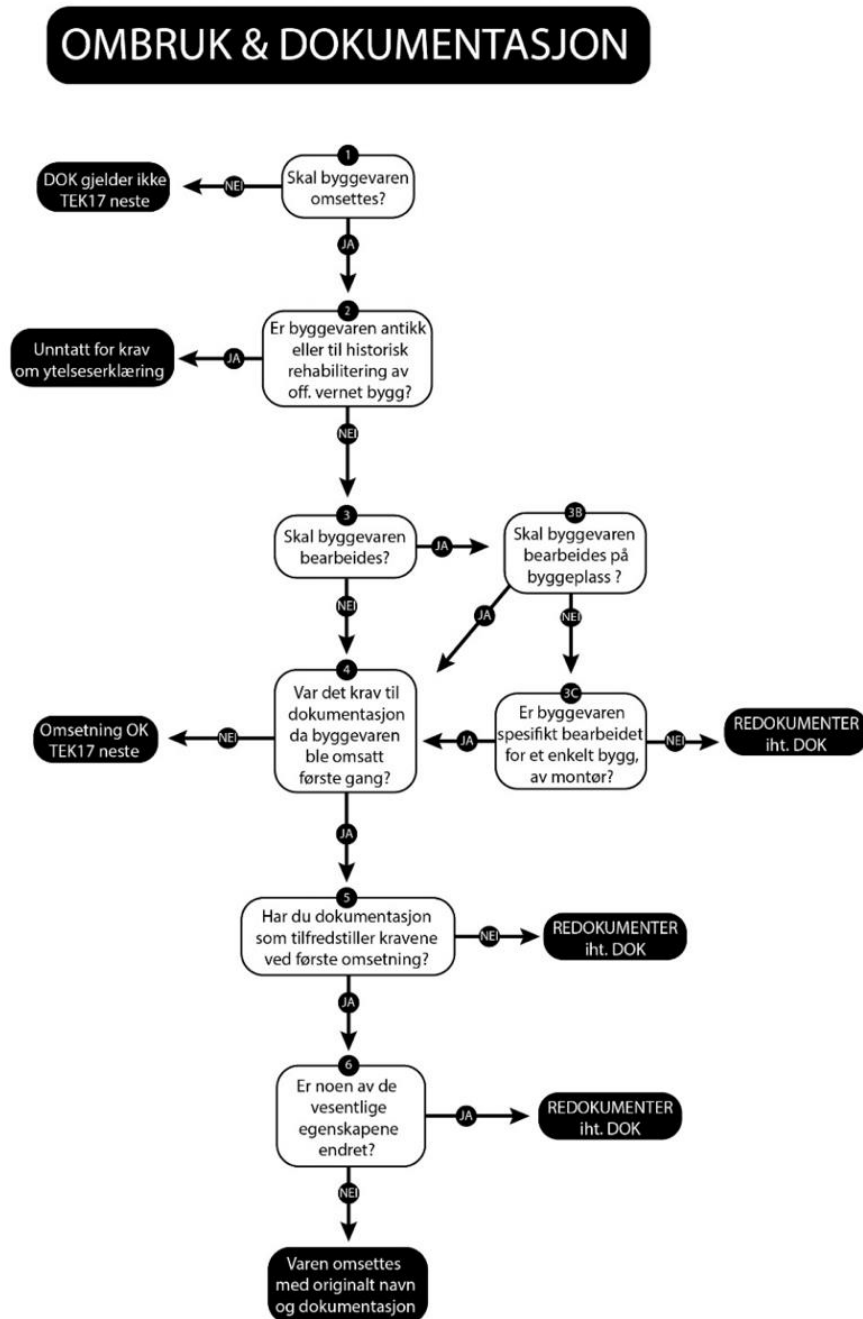
3.5. Regelverk og standarder

Regelverket skal bidra til at det bygges sikre bygg, som oppfyller kravene til helse- og miljøskadelige stoffer, konstruksjonssikkerhet og brannsikkerhet. Kravene gjelder uavhengig av om det brukes nye eller ombrukte materialer. Det stilles krav både i TEK17 og byggvareforskriften for både nye bygg og ombruksbygg, samt de materialene som inngår (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

TEK17 er gjeldende byggteknisk forskrift. Formålet med forskriften er å sikre planlegging, prosjektering og utførelse av tiltak med hensyn til visuell kvalitet, universell utforming og oppfyllelse av tekniske krav til sikkerhet, helse, miljø og energi (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Forskriften sier noe om minste krav til egenskaper som et bygg må ha for å være lovlig i Norge (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.-c). BA-bransjen er kilde til store deler materialbruk og avfallsproduksjon, noe som har innvirkning på nasjonale miljømål. Derfor har TEK17 et eget kapittel som omhandler ytre miljø (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.-b). I følge TEK17 skal det velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning (§9-5 (2)). Det må selv gjøres en vurdering av egnethet for ombruk dersom det ikke foreligger tilstrekkelig informasjon fra før (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.-a). Det finnes ikke noe krav om bruk av ombrukskomponenter.

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) gjennomfører byggevareforordningen (forordning (EU) nr. 305/2011) i norsk rett, og regulerer omsetning av byggevarer i Norge (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Alle byggevarer må forholde seg til byggevareforordningen og dokumentasjonsplikten i henhold til DOK, uavhengig av om de er nye eller ombruksvarer, så lenge de skal omsettes i et marked (Nordby, 2018). DOK gjelder likevel kun for byggevarer produsert etter 2013, da byggevareforordningen trådte i kraft (Wærner, 2020). Byggevareforordningen er innrettet mot nye produkter, og omtaler per i dag ikke ombruk av byggevarer. Forordningen passer bra for produsenter med serieproduksjon og utarbeidede produksjonskontrollsystemer (Wærner, 2020). For ombruksvarer oppstår det derimot utfordringer med tanke på dokumentasjon, og regelverket kan dermed virke hemmende for bruk av ombruksvarer (Høibye & Sand, 2018; Nordby, 2018; Wærner, 2020). Ved intern ombruk, det vil si med samme byggherre, omsettes ikke produktet og dermed tiltrer ikke

dokumentasjonskravet. Produktet må likevel oppfylle kravene i TEK (Nordby, 2018; Wærner, 2020). Prosessen for dokumentasjon av ombruksvarer med hensyn til DOK og TEK er vist i Figur 6.



Figur 6: Flytskjema for dokumentasjon ved ombruk (Kilvær et al., 2019)

Tolkning av regelverket kan oppleves som problematisk. Derfor har Kilvær et al. (2019) på vegne av DiBK utredet mulighetene for ombruk med dagens regelverk. Rapporten konkluderer

med at forsvarlig ombruk er mulig med dagens regelverk, men at det er store utfordringer. Det er spesielt usikkerheten rundt regelverk, standarder og prosedyrer som er utfordrende. Også private aktører har undersøkt regelverket for ombruk. Advokatfirmaet Kluge undersøkte på vegne av Entra ASA ombruk av hulldekkeelementer til deres prosjekt i Kristian Augusts gate 13 (Nyland et al., 2019). De påpeker at det samme regelverket gjelder for både nyproduserte og ombrukskomponenter, samt at det ikke finnes et klart regelverk for dokumentasjon i samsvar med regelverk eller tekniske egenskaper der det ikke kan skaffes original dokumentasjon.

I rammedirektivet for avfall er det for BA- bransjen et krav om at minst 70 vektprosent skal materialgjenvinnes eller ombrukes innen 2020. Det vil si at maksimum 30% av avfallet skal forbrennes eller deponeres. Kravet vurderes som utfordrende, da det fører til økte kostnader og trolig ikke kan oppnås uten nye virkemidler (Regjeringen, 2013). Markedet utvikles sakte da mål som i rammedirektivet for avfall vektlegger mengden av materialer, men har ikke fokus på kvaliteten til materialene eller økonomiske aspekter for å kunne nå målet (Nußholz et al., 2019).

Det er dokumentert flere barrierer ved implementering av ombruk, spesielt med hensyn til regler om dokumentasjon av kvalitetskrav (Ibenholt et al., 2020). Myndighetene anses som sentrale for å kunne avklare og justere regelverket både for anvendelse og for kjøp og salg av ombruksvarer. Fremstilling av standarder for dokumentasjon av ombruksprodukter anses som et av flere mulige tiltak for å øke andelen ombruk (Ibenholt et al., 2020; Nußholz et al., 2019). Å integrere prinsippene innen sirkulær økonomi i offentlige anskaffelser kan være et viktig tiltak for å øke graden av ombruk (Nußholz et al., 2019). I Nederland er det innført forbud mot deponering av bygningsavfall som kan ombrukes eller gjenvinnes eller, som har ført til at ombruks- og gjenvinningsgraden er på omtrent 95% (Coelho & de Brito, 2011). Nordby (2018) foreslår mulige tiltak for kommunale myndigheter som kan øke graden av ombruk, blant annet tilrettelegging for ombruk gjennom krav som byggherre og i byggesaksbehandling. Et annet forslag er en ordning hvor kommunale myndigheter får mulighet til å vurdere og eventuelt gi dispensasjon fra dokumentasjonskrav. Samtidig trekkes det paralleller til ordninger som vrakpant for bil eller el-retur. En lignende ordning kunne vært pålagt for ulike produsenter av bygningskomponenter, for å øke ombruksvolumet (Nordby, 2018).

3.6. Utfordringer og muligheter ved logistikk

Logistikk er et tema innen ombruksprosessen som er sparsomt beskrevet i vitenskapelig litteratur. De som nevner utfordringer med tidsaspektet, påpeker at det er vanskelig å forutsi

tilgjengeligheten til et ombruksprodukt, noe som er spesielt utfordrende innenfor tidshorizonten til prosjekteringen av et nytt bygg (Ibenholt et al., 2020; Nordby, 2018). Ombruk krever ofte selektiv rivning, slik at eventuelle ombrukskomponenter ikke blir skadet. Ofte er korte tidsrammer for rivningen blant de største barrierene for å utføre selektiv rivning (Coelho & de Brito, 2011; Naber, 2012; Sørnes et al., 2014). Derfor krever valg av ombruksprodukter at aktørene er mer fleksible enn ved bruk av nye bygningskomponenter, samtidig som det krever samarbeid mellom flere aktører (Nußholz et al., 2019). Andre barrierer for logistikk er både tilknyttet rivning, transport og mellomagring fram til nytt prosjekt. I tillegg vil prosjektering og byggeprosess endres når det tas i bruk ombruksvarer (Ibenholt et al., 2020).

3.7. Tekniske forhold rundt rivning og demontering av bygg og materialer

Det finnes flere måter å rive et bygg på. Den mest hensiktsmessige metoden for hvert enkelt bygg avhenger av bygningstype (som ofte har sammenheng med bygningsalder), arbeidskraft, utstyr, og tidsramme for rivningen (Coelho & de Brito, 2011). Metodene for rivning kan deles inn i konvensjonell rivning, selektiv rivning (demontering), eller en blanding av dem (Ghisellini et al., 2018). Hvilken teknisk løsning som velges vil påvirke andelen materiale til ombruk og gjenvinning, samt kostnaden for rivningen (Coelho & de Brito, 2011; Naber, 2012).

I følge Kilvær et al. (2019) er nedtygging og knusing normal riveprosedyre for hulldekker. Skal selektiv demontering utføres kreves det en mer skånsom og systematisk tilnærming. Begge fremgangsmåtene beskrives som destruktive, og styrke og det påpekes at kvalitet i hulldekkene er ikke sikret. Derfor er ikke ombruk alltid mulig selv om hulldekkene demonteres i stedet for å knuses. Selektiv rivning er ikke vanlig, men økt bruk av ombrukskartlegginger i eksisterende bygg som skal rives kan føre til at det foregår i større skala (Nußholz et al., 2019).

Tidligere ble bygninger bygget uten tanke på at de en dag ville bli revet og at man kunne ombruke komponenter. Derfor har gamle konstruksjoner ofte et design som vanskeliggjør ombruk. Som en konsekvens, må det gjøres en vurdering av ombrukspotensiale og muligheten for selektiv rivning i hvert enkelt bygg (Chini & Bruening, 2003). Kilvær et al. (2019) beskriver utfordringer knyttet til ombruk av hulldekker i eksisterende bygg, da de vanligvis monteres på en ikke-reversibel måte. Eksempler er endeforankring, fugestøp og påstøp.

Tiltak for å forenkle ombruk av hulldekker i fremtiden er økt bruk av standardiserte moduler (Ibenholt et al., 2020; Leland, 2008; Nußholz et al., 2019). Leland (2008) beskriver også andre

prinsipper som bør ligge til grunn når et bygg skal designes for demontering. Blant annet bør det benyttes bestandige materialer som tåler montering og demontering gjentatte ganger, unngås overflatebehandling som vanskeliggjør gjenvinning og ombruk, og benyttes mekaniske forbindelser som også er demonterbare. Det vil si at det bør benyttes bolter og låser fremfor liming, sveising og støpning. Design for demontering og ombruk anses som et viktig tiltak for å minimere avfallsmengder fra bygg (Ghisellini et al., 2018). Noen av fordelene med å designe et bygg for ombruk er reduserte kostnader for behandling av bygningsavfall når det er sortert, og samfunnsøkonomiske gevinster som reduksjon av klimagassutslipp, energibruk og andre miljø- og ressursbelastninger (Leland, 2008). Samtidig finnes det noen få eksempler på rehabilitering av bygg i stedet for nybygging i Norge, som Sintef sitt bygg i Oslo (Susegg et al., 2021). Det anses å være et viktig tiltak for å redusere klimagassutslipp og å nå Norges klimamål.

3.8. Miljøvurdering av bygg og materialer

Det har blitt stadig mer vanlig å beregne miljøpåvirkning i bygg. Årsaker til økning i dokumentering av miljøprestasjon er blant annet krav om EPD, krav fra ulike byggeprogram som Futurebuilt, og miljømerkeordninger som BREEAM, som belønner prosjekter med godt dokumentert miljøprestasjon (Nordby et al., 2015). Hvilken tilnærming som brukes ved gjennomføring av vurderingen kan ha stor påvirkning på resultatene. Med forskjellige systemgrenser innen eksempelvis elektrisitetssmiks, tidsperspektiv, resirkulering og sluttbehandling vil det ikke være et reelt sammenligningsgrunnlag for ulike materials miljøprestasjon (Nordby et al., 2015). Også Rønning og Tellnes (2018) påpeker at en LCA generelt ofte ikke er et gyldig sammenligningsgrunnlag. Det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner basert på bare én analyse.

Nordby (2018) anslår at potensiell klimagassreduksjon for ombrukskomponenter er rundt 94% per tonn materiale, og påpeker at ombruk i stor skala kan ha stor betydning for et prosjekts klimaregnskap. Klimagassutslipp brukes ofte for å beskrive et produkts miljøprestasjon, men Nußholz et al. (2019) påpeker at for stort fokus på å redusere klimagassutslipp kan føre til at andre typer bidrag som øko-toksisitet vil øke, dersom det ikke er korrelasjon mellom kategoriene. Likevel viser forskning vanligvis stor sammenheng mellom klimagassutslipp og de fleste andre miljøkategorier (Nußholz et al., 2019).

Det er få studier innen bygnings- og rivningsavfall som omhandler ombruk, i størrelsesorden bare 4% av gjeldende litteratur ifølge Ghisellini et al. (2018). Samtidig anses ombruk som mest

ønskede alternativ for rivningsavfall utenom avfallsreduksjon, da ombruk medfører minimalt med bearbeiding og energibruk. Gjenvinning anses som et godt alternativ der ombruk ikke er mulig. Ghisellini et al. (2018) kom gjennom sin litteraturstudie fram til at gjenvinning og ombruk av byggematerialer i de fleste tilfeller vil være mer miljømessig gunstig enn forbrenning eller deponering. Den miljømessige fordelene med både ombruk og gjenvinning er at produksjon av nye materialer vil erstattes av eksisterende materialer. Det påpekes samtidig at resultatene vil være veldig avhengig av område og forutsetningene for hvert prosjekt, samt valgt funksjonell enhet og systemgrenser. Ved valg av nyproduserte betongelementer eller ombrukselementer, vil ombrukselementer i nesten alle tilfeller være mest miljøvennlig. Grunnen er at ombrukselementene ikke har utslipp tilknyttet produksjon, som gir store miljøfordeler. Ekstra utslipp i forbindelse med ombrukselementer er i hovedsak tilknyttet demontering, fordi bruken av maskiner vil ta lengre tid enn ved konvensjonell rivning (Brambilla et al., 2019). Generelt er det lite utslipp tilknyttet slutfasen til et produkt sammenlignet med de andre fasene i livsløpet (Ghisellini et al., 2018).

Transport over lengre avstander kan føre til at den miljømessige gevinsten fra ombruksprodukter forsvinner (Brambilla et al., 2019; Ghisellini et al., 2018; Nußholz et al., 2019). Ombrukselementene kan få dårligere miljøprestasjon enn nyproduserte elementer dersom de må fraktes over 1000 km, noe som er svært usannsynlig. For distanser mellom 20-200 km vil alltid ombrukselementene være mest miljøvennlig ifølge Brambilla et al. (2019). For ulike typer nyproduserte betongelementer er det elementtypen hulledekk som jevnt over har de høyeste miljøprestasjonene (Brambilla et al., 2019).

Ved gjenvinning av betong som tilslag i ny betong beregnes det at 8 kg CO_{2e} unnslippes ved å bytte ut tilslag med resirkulert betong. Utslipet fra resirkulert betong er da antatt å utgjøre 30-50% av utslippet fra alternative nye råmaterialer. Det påpekes at kalkulasjonene er gjort for et enkelt produkt og at en oppskalering til industrielt nivå kan føre til endringer i resultatene (Nußholz et al., 2019). Transport spiller en viktig rolle også ved gjenvinning av materialer. Gjenvinning av rivningsavfall på stedet vil vanligvis foretrekkes fremfor å måtte transportere materialene til et gjenvinningsanlegg eller deponering (Ghisellini et al., 2018). Betong har evnen til å ta opp CO₂ ved en kjemisk reaksjon som kalles karbonatisering. Det er ikke vanlig å inkludere CO₂-opptaket i livsløpsvurderinger, og CO₂-opptaket blir vurdert som nesten ubetydelig sammenlignet med utslippene fra produksjon av ny betong (Collins, 2010). Knusing av betong etter et byggs levetid vil imidlertid kunne føre til at opptaket av CO₂ øker betraktelig.

Knust betong vil dekke en større overflate og vil dermed ha høyere opptak av CO₂ (Collins, 2010; Leland, 2008). De siste årene har det vært utført flere studier om karbonatisering av betong, og flere studier har konkludert med at karbonopptaket kan være høyere enn først antatt (Lyng et al., 2014).

4. Metodikk og datagrunnlag

4.1. Innledning til forskningsdesign

Innen forskningsmetodikk skilles det vanligvis mellom kvalitativ og kvantitativ metode. Kvantitativ metode tar for seg opptelling og utbredelse, mens kvalitativ metode tar for seg mønstre og kjennetegn ved studien. Metoden skal vise hvordan studien skal gjennomføres, og hvordan data skal innsamles, tolkes og vurderes. I denne studien oppfattes det hensiktsmessig å benytte seg av begge metodene. Deduktiv metode, det vil si bruk av eksisterende litteratur, ble brukt ved utforming av forskningsspørsmålene. Kunnskapsstatus har blitt kartlagt gjennom et bredt litteratursøk og dokumentgjennomgang. Oppbygningen av oppgaven basert på problemstillingen er gitt i Figur 7.



Figur 7: Forskningsdesign for studien

Første del av problemstillingen omhandler holdninger og erfaringer, og har blitt vurdert hensiktsmessig å løse med en kvalitativ metode. Markedspotensial for ombrukshulldekker ble også vurdert til å løses med kvalitativ metode. Semistrukturerte intervju ble utført for å besvare denne delen av problemstillingen. Andre del av problemstillingen omhandler klimapotensiale for ombrukshulldekker i ulike scenarioer, og kvantitativ metode ble vurdert som beste tilnærming. Det ble utført en dokumentstudie for å samle inn relevant data med hensyn til valgt problemstilling. Det innebar i hovedsak innsamling og gjennomgang av relevante EPDer, og er

beskrevet nærmere i kapittel 4.3.1. Studieobjektet ble brukt overordnet for å besvare flere deler av problemstillingen, både for å anskaffe erfaringer direkte tilknyttet prosjektet og for å vurdere klimapotensiale til ombrukshulldekker.

4.2. Kvalitativ metode

4.2.1. Litteraturstudie

Et bredt litteratursøk ble gjennomført for å skaffe en oversikt over status på forskningsområdet, og for å skaffe en helhetlig forståelse av tema. Litteratursøk og dokumentgjennomgang ble i all hovedsak utført før intervjuene ble utført, for å sikre nok bakgrunnsinformasjon om tema. Litteratursøket danner grunnlaget for oppgavens sekundærdata.

Ulike databaser som Web of Science, Google Scholar, Elsevier og Oria ble brukt for å utføre litteratursøket. Søket startet svært bredt, og så ble «snøballmetoden» brukt for å finne den mest relevante litteraturen. Siden det har vært en stor utvikling innenfor ombruk av byggematerialer i Norge bare de siste årene, ble det forsøkt å bruke mest mulig nyere litteratur. Som et supplement til litteratursøket ble det anbefalt og tilsendt relevant litteratur fra Veidekke. Noe av litteraturen var allerede oppdaget gjennom litteratursøk, mens noe var ukjent. Søkeord brukt i litteratursøket inneholder både norske og engelske ord, og et utvalg er fremstilt i Tabell 1.

Tabell 1: Utvalg av søkeord i litteratursøk

Søkeord Norsk	Søkeord Engelsk
Bygningsdesign	Design for disassembly (DfD)
Sirkulærøkonomi	Building structure + reuse
Ombruk	Building design + reuse
Bygg+gjenbruk/ombruk	Circular economy
Byggevarer/byggematerialer + ombruk	Upcycle
Design for ombruk	Reuse + concrete
TEK	Recycle + concrete
Hulldekke	Hollow core slab

4.2.2. Semistrukturerte intervju

Et intervju er en målbevisst samtale mellom to eller flere mennesker, hvor den som intervjuer stiller kortfattede spørsmål som intervjuobjektet er villig til å svare på (Saunders et al., 2015).

Hvis forskningen skal ha en utforskende tilnærming er det ofte hensiktsmessig å velge semi-strukturerte intervjuer eller dybdeintervjuer som forskningsdesign. I tillegg gir en slik tilnærming muligheten til å få intervjuobjektene til å utdype og forklare svarene sine, eller å komme inn på andre deler av tema som ikke originalt var tiltenkt (Saunders et al., 2015). Dermed vil intervjuene kunne inneholde bred og detaljert informasjon. Intervjuene legger grunnlag for oppgavens primærdata.

Det ble valgt å dele informantene inn i to grupper. Gruppe 1 er direkte tilknyttet ombrukshulldekkene i studieobjektet Regjeringskvartalet (R4). Gruppe 2 er informanter med mye kunnskap om betong, ombruk og/eller ombrukshulldekke, som kan dekke ulike aspekter ved problemstillingen. Informantene dekker samlet sett de forskningsspørsmålene som er basert på kvalitativ metode. Informantene i gruppe 1 ble anbefalt av Veidekke, på bakgrunn av deres tilknytning til studieobjektet. Informantene i gruppe 2 ble utvalgt på flere grunnlag. Enkelte kontaktpersoner ble anbefalt av Veidekke, noen av hovedveileder, noen gjennom tidligere intervjuer, mens resterende ble funnet gjennom artikler og øvrig litteratur. Antall informanter i studien er naturlig avgrenset gjennom oppgavens omfang i tid og ressurser. Det endelige utvalget av informanter er gjengitt i Tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over informanter

Gruppe	Navn	Firma	Tittel
1	Håvar Haugen Espelid	Entra ASA	Senior prosjektleder
1	Oddvar Steinsholt	Veidekke ASA	Prosjektleder Riving
1	Peter Holiman Kermit	Contiga AS	Betongteknolog
1	Tollef Eliassen	Veidekke ASA	Fagansvarlig Miljø i Anlegg
2	John Erik Reiersen	Betongelementforeningen	Daglig leder
2	Steinar Røine	Spenncon AS	Miljøkonsulent
2	Eirik Rudi Wærner	Multiconsult ASA	Miljørådgiver
2	Anne Solgaard	Grønn Byggallianse	Leder for kompetanseheving
2	Ingunn Marton	Direktoratet for Byggkvalitet	Senioringeniør

Det ble valgt å utforme to intervjuguider, som utgangspunkt for intervjuene innenfor hver av de to gruppene av informanter. Intervjuguidene ble utformet på grunnlag av de beskrevne forskningsspørsmålene i kapittel 2, Mål og problemstilling. Intervjuguide 2 er bredt utformet, for å passe til informantenes brede bakgrunn. Begge intervjuguidene er grovt inndelt i

innledning, hoveddel med ulike tema, og avslutning. Intervjuguiden har kun vært et utgangspunkt for samtalen, og dermed har intervjuene hatt litt ulikt fokus.

Forskningsetikk i forbindelse med intervjuer innebærer blant annet å innhente samtykke til informantene og følge regelverket for lagring av data og konfidensialitet. Studien er meldt inn til Norsk senter for forskningsdata (NSD), som har godkjent studien etter gjeldende regelverk. Informantene har gitt sitt samtykke og blitt informert om studiens formål, samt deres egne rettigheter i forbindelse med studien. Infoskriv, samtykkeerklæring og intervjuguide ble utsendt i forkant av intervjuene. Intervjuguiden ble sendt ut noen dager i forkant av intervjuene slik at informantene fikk mulighet til å lese gjennom på forhånd og stille forberedt til intervjuet. Semi-strukturerte intervjuer har noen kjente usikkerheter ved datakvalitet (Saunders et al., 2015). Blant dem som er relevant for denne oppgaven er pålitelighet og bias. Det vil bli diskutert nærmere i kapittel 0.

Samtlige intervjuer ble gjennomført over plattformen Teams. Ideelt sett burde intervjuene vært gjennomført fysisk, men det ikke var en mulighet på grunn av Covid-19 pandemien. Derfor ble videosamtale ansett som beste alternativ. Fordelen med å sette opp videointervju er at det er mindre tidkrevende, og derfor skaper en lavere terskel for å si ja for informantene. Det ble satt av én time til hvert intervju, og maksimum et intervju hver dag. Grensen ble satt for å sikre at intervjueren selv var like opplagt under alle intervjuene. Påfølgende transkribering ble gjort senest samme uke som intervjuet ble avholdt. Informantene ble stilt et utvalg av spørsmål med utgangspunkt i intervjuguiden, og ble stilt både åpne og ledende spørsmål (Saunders et al., 2015), med hovedvekt på åpne spørsmål. Alle intervjuer ble satt opp på formiddagen for å sikre at informantene var opplagte. Intervjuene ble tatt videoopptak av, med informantenes samtykke. I tillegg ble det tatt notater underveis der det var ønske om oppfølgingsspørsmål. Opptak av intervjuene forenklet arbeidet med transkribering i etterkant, da det muliggjorde spoling fram og tilbake flere ganger for å høre hva som ble sagt. Intervjuene ble transkribert ordrett og i sin helhet, med unntak av fyllord som «ehm», «liksom», «på en måte» og lignende ord som ble vurdert til å ikke ha innvirkning på budskapet til informanten. Sammendrag fra hvert intervju ble tilsendt informantene i etterkant for godkjenning.

Det ble brukt tematisk analyse for å analysere intervjuene. Tematisk analyse er en prosess for å identifisere mønstre eller tema innen kvalitative data (Maguire & Delahunt, 2017). Braun og

Clarke (2006) sin 6- trinns guide for tematisk analyse ble brukt for å analysere intervjuene. Oversikten er oversatt til norsk og vist forenklet i Tabell 3.

Tabell 3: 6- trinns guide for tematisk analyse

Steg	Innhold	Kommentar
1	Bli kjent med dataene	Transkribere, lese, skrive ned ideer, lese igjen
2	Generere koder for dataene	Kode interessante trekk i dataene
3	Søke etter temaer	Samle koder i potensielle temaer
4	Gjennomgang av temaer	Se om temaene og kodene kan relateres
5	Definere og navngi temaer	Analysere og forbedre temaene
6	Produsere rapporten	Siste gjennomgang av analysen

Koding kan gjøres på forskjellige måter, avhengig av oppgavens bakgrunn og forskningsspørsmål. Når spesifikke forskningsspørsmål skal besvares gjennom analysen, som i denne oppgaven, kan det brukes en teoretisk tematisk analyse. Det vil si at kun data som er relevante eller interessante for forskningsspørsmålene blir kodet (Maguire & Delahunt, 2017). I tillegg har det blitt brukt åpen koding, som vil si at kodene har blitt tilpasset og endret underveis i prosessen. Braun og Clarke (2006) forklarer «tema» som noe viktig som beskriver en sammenheng med forskningsspørsmålene, og som viser et mønster i svarene i datasettene. Det er ikke fastsatt hvor stort eller lite et tema skal være. Derfor må forskeren selv bedømme hva som er et tema, men det er viktig å beholde fleksibilitet i temaene. En kode har heller ikke en fastsatt form, og det er opp til forskeren å bestemme hvordan kodene skal se ut. Vanligvis vil en kode være mer spesifikk enn et tema. Det er også hensiktsmessig å kode for så mange mønstre i dataene som mulig, da det gir mer frihet senere i analysen (Braun & Clarke, 2006). Programmet Excel ble brukt for å kode dataene og sortere dem i temaer. Bree og Gallagher (2016) beskriver Excel som en enkel og rimelig måte for å analysere blant annet intervjuer, da de fleste universiteter har tilgang til Microsoft-pakken og både studenter og ansatte vet hvordan programmene brukes. Det ble brukt fargekoding for å sortere kodene inn i temaer, hvor det ble totalt 9 temaer. Temaene er gjengitt i Figur 8. Inndelingen til resultatene i oppgaven ble ytterligere sammenslått, hvor det ble valgt å slå sammen «teknisk» med «design (for ombruk)», og «holdninger/usikkerhet» med «miljø».

Teknisk
Lowverk/standard
Økonomi
Logistikk
Regjeringskvartalet
Holdninger/ usikkerhet
Marked (mekanismer)
Design (for ombruk)
Miljø

Figur 8: Fargekoding for sortering av temaer i Excel

I temaene «teknisk» og «design (for ombruk)» inngår funn som omhandler det fysiske bygget og materialene. Design ble innlemmet i kategorien fordi design i stor grad også omhandler det fysiske bygget, og det dermed ble ansett som overflødig å ha to separate kategorier. I temaet «lovverk/standard» inngår alle rettslige bestemmelser, som problemstillinger rundt TEK og DOK. I tillegg er problemstillinger rundt standarder innlemmet i samme kapittel da det ble ansett hensiktsmessig. I temaet «økonomi» inngår alle økonomiske problemstillinger. I «logistikk» inngår funn rundt tid og plass. Det vil si problemstillinger rundt tidsaspektet med ombruk i et prosjekt, og i hovedsak aspekter knyttet til mellomlagring. «Regjeringskvartalet» omhandler funn som handler spesifikt om prosjektene i tilknytning til ombrukshulldekkene fra R4. «Holdninger/usikkerhet» og «miljø» ble slått sammen fordi begge i hovedsak omhandler menneskelige faktorer og motivasjon for å velge eller ikke velge ombruk. «Marked (mekanismer)» omhandler hvordan markedet for ombruksprodukter oppfattes i dag, og hvordan det forventes å utvikle seg i årene framover.

4.3. Kvantitativ analyse

4.3.1. Datagrunnlag

Det har blitt samlet inn data fra ulike kilder for å kunne besvare den kvantitative delen av problemstillingen. En sammenstilling av kildene som har blitt brukt som datagrunnlag og hvor de er hentet fra er gitt i Tabell 4. Analysen følger fasene som brukes i en EPD. Alle fasene som har blitt ansett aktuelle har blitt inkludert i analysen.

Tabell 4: Sammenstilling av datagrunnlag i miljøanalyse

Fase	Hentet fra	Type
A1-A4 ombrukshulldekker	(Contiga AS, 2020); Høydahl og Walter (2020)	EPD Masteroppgave
A1-A4 nye hulldekker	EPD Norge- hulldekker Se Vedlegg 4: Datagrunnlag miljøanalyse for detaljer	EPD
A5 Montering	Loe Betongelementer AS (2018)	EPD
B1 Karbonatisering	Røine (2021)	Karbonatiserings- kalkulator
C1 Rivning	Eliassen (2021)	Interne beregninger
C2 Transport	SimaPro	Ecoinvent 3.6 Cut-off
C3 Avfallsbehandling	Eliassen (2021)	Interne beregninger
D Substitusjon	Franzefoss Pukk AS (2021)	EPD

A1-A4 ombrukshulldekker: Data har blitt hentet fra spesifikk EPD tilsendt fra Contiga AS, og fra masteroppgave skrevet av Høydahl og Walter (2020). Det er valgt å benytte gjennomsnittstall for de to kildene for hver av fasene A1-A4 som datagrunnlag.

A1-A4 nye hulldekker: Det er valgt å benytte gjennomsnittstall for hver fase fra fem ulike EPDer for hulldekker, som var tilgjengelige på epd-norge.no. Se forøvrig Vedlegg 4: Datagrunnlag miljøanalyse for detaljert informasjon.

A5 montering: Det ble benyttet en EPD for hulldekker fra Loe Betongelementer. Den inkluderer fase A5, og brukes som datagrunnlag. Den tar utgangspunkt i energikilder brukt til montering. Det er usikkerhet knyttet til datagrunnlaget som blir diskutert senere i oppgaven.

B1 karbonatisering: Data innhentet med hjelp av Røine (2021) basert på karbonatiseringskalkulator. Kalkulatoren skal bli en del av datagrunnlaget for beregning av karbonatisering av hulldekker i nye EPDer. Ved beregning av karbonatisering benyttes det betongklasse B45, sementtype CEM II/B-V med 21-35% flygeaske, og det forutsettes en egenvekt på 370 kg. Det forutsettes i beregningene at hulldekkene skal stå udekket innendørs i et tørt klima.

C1 Rivning: Beregninger gjort basert på data fra Veidekke (Eliassen, 2021). Det forutsettes bruk av én rivemaskin, én knusemaskin og én hjullaster for å rive ned massene.

C2 Transport: Databasen Ecoinvent 3.6 Cut-off har blitt brukt gjennom programmet SimaPro for å hente ut data om utslipp fra transport. Det har blitt tatt utgangspunkt i bruk av EURO 6 trailer > 32 tonn i analysen.

C3 Avfallsbehandling: Datagrunnlaget er basert på et grovt estimat fra Eliassen (2021). Det forutsettes bruk av én knusemaskin, én gravemaskin og én hjullaster. Det er mye usikkerhet i bruk av dataene, som blir diskutert senere.

D Ombruk/gjenvinning: Data hentet fra EPD på pukk fra Franzefoss Steinskogen. Det blir inkludert pukk til og med knusestrinn 1.

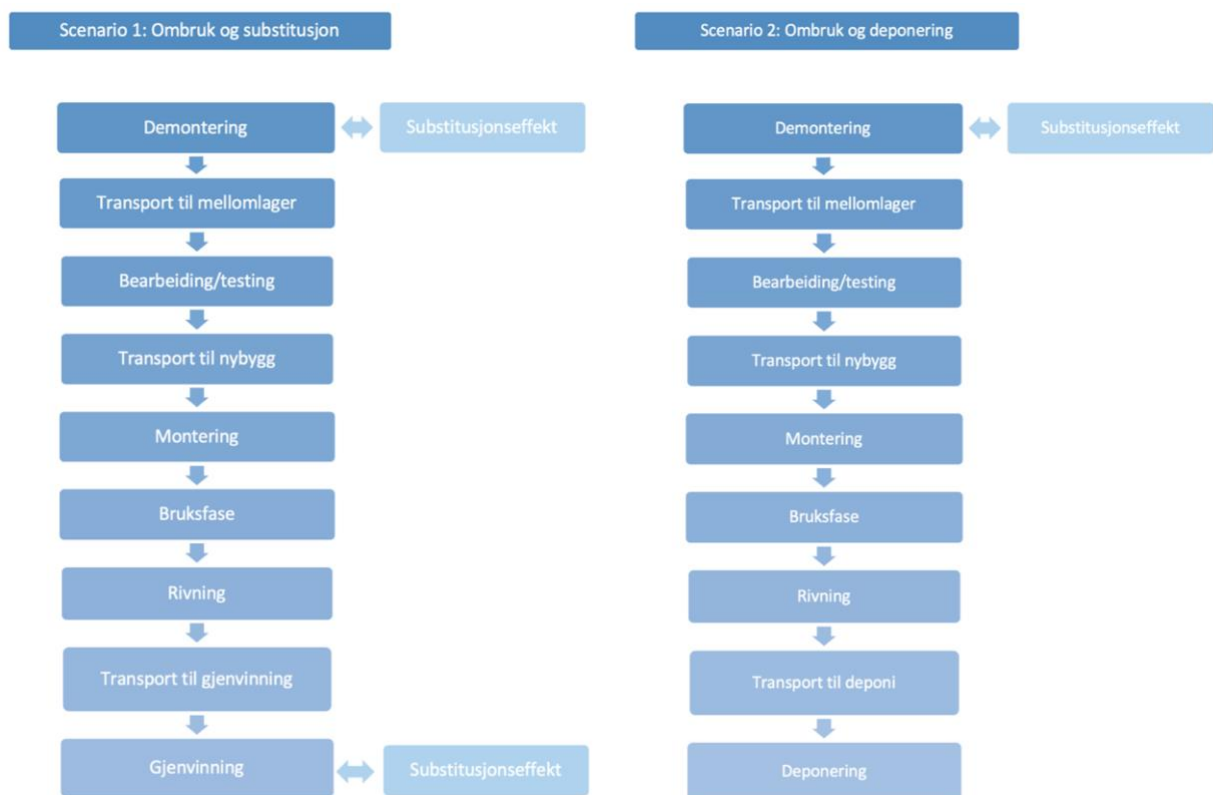
4.3.2. Miljøvurdering

Målet med analysen er å gi et grovt estimat på klimagassutslipp tilknyttet ulike scenarier som inkluderer både tilvirkning og avhending av hulldekker. Scenariene antas å være realistiske valg en byggherre eller rivningsentreprenør står ovenfor. Det er tatt utgangspunkt i Regjeringskvartalet som case-studie, og analysen er tilpasset Oslo, som er et område med relativt korte transportavstander. Metodiske valg kan ha betydning for resultatet av analysen, og for sammenligningsgrunnlaget med lignende studier. Levetid for bygningsmaterialer i Norge settes vanligvis lik levetiden til bygget, som er 60 år. Det er derfor valgt å bruke samme tidshorisont i oppgavens analyse. Det er valgt å bruke følgende funksjonelle enhet:

Funksjonell enhet: 1 tonn betonghulldekke som bærende dekke i et bygg i Oslo i en periode over 60 år, inkludert tilvirkning og avhending.

Det er valgt å analysere fire ulike scenarioer for bruk av hulldekker og behandling av materialene etter bruk, basert på mulige valg innen tilvirkning og avhending av hulldekker. Scenario 1 (S1) tar for seg ombruk av hulldekker i et eksisterende bygg, for bruk inn i et nytt bygg. I tillegg vil hulldekkene etter endt levetid i bygget brukes som fyllmasse i vei, som substitusjon for pukk. Scenario 2 (S2) tar også for seg ombruk av hulldekker, men med deponering som avhendingsmetode. Scenario 3 (S3) tar for seg produksjon av nye hulldekker og gjenvinning av betongen som fyllmasse i vei etter byggets endte levetid, som i scenario 1. Scenario 4 (S4) tar for seg produksjon av nye hulldekker og deponering av betongen etter byggets endte levetid.

Scenario 1 og 2 er fremstilt i Figur 9 og viser systemet for et ombrukshulldekke av typen fra Regjeringskvartalet. Det første steget er demontering av hulldekke i et eksisterende bygg som skal rives. Deretter må hulldekkene transporteres til en fabrikk eller et mellomlager hvor de kan testes og bearbeides. Det forutsettes at hulldekkene kan lagres og bearbeides/testes på samme sted, og det blir derfor ikke en ekstra transportetappe. De tre første stegene erstatter prosessen med produksjon av et nytt hulldekke.



Figur 9: Scenario 1 og 2, Ombruk og substitusjon eller deponering

De neste stegene involverer transport til nybygg, montering av hulldekkene, og deretter bruksfasen som involverer karbonatisering av betongen. Deretter forutsettes det at bygget skal rives, og i S1 skal massene transporteres til Franzefoss avd. Steinskogen for å bli knust tilstrekkelig til å kunne brukes som fyllmasse i vei. Den ferdig knuste betongen forventes å erstatte materialet pukk fra samme sted. S2 er likt som S1 fram til det siste transportleddet. I stedet for å fraktes til knuseverk, forutsettes det at massene transporteres til deponi på Asak massemtak.

Systemet for scenario 3 og 4 vises i Figur 10. De første tre trinnene skiller seg fra S1 og S2, da S3 og S4 tar for seg produksjon av nye hulldekker. I første trinn inngår utslipp knyttet til produksjon av råmaterialene, deretter transport fra opprinnelse til fabrikk, og til slutt utslipp fra fabrikk som produserer hulldekkene. Trinnene transport til bygg, montering og bruksfase er like for alle scenarioene, men transportavstand vil variere. Etter bruksfasen forekommer rivning av bygget, som antas å være konvensjonell rivning. Deretter skal betongavfallet i S3 fraktes til knuseverk, og så knuses i mindre biter. Den knuste betongen vil erstatte et annet materiale, som forutsettes å være pukk. Trinnene i S4 er like som for S3 helt fram til de siste to trinnene. Det forventes at betongavfallet i S4 kjøres til deponi på Asak massemtak, og dermed blir transportavstanden annerledes. Siden avfallet deponeres, vil det heller ikke oppnå effekten av substitusjon med et annet materiale, som i S1 og S3. For deponering er det forutsatt at knusing på riveplass er tilstrekkelig nedknusing, og dermed er det ikke hensyntatt noen utslipp i deponeringsfasen.



Figur 10: Scenario 3 og 4, Nyproduksjon og substitusjon eller deponering

Oppsettet for analysen er vist i Tabell 5, med utgangspunkt i fasene i en EPD. Det er gjort en rekke forutsetninger for analysen, som vil ha innvirkning på resultatene og sammenligningsgrunnlaget med andre analyser. Det er forutsatt at hulldekker veier 370 kg pr m² og at hulldekkene som utgangspunkt er HD 265, som er en relativt vanlig dimensjon. Det antas at det ikke er utslipp tilknyttet hulldekkene i bruksfasen. Dermed antas det at hulldekkene vil ha levetid like lenge som bygget uten behov for vedlikehold av noe slag. Det blir brukt EURO 6 trailer > 32 tonn der det ikke brukes gjennomsnittsdata for transport. Valg av transport er bestemt på grunnlag av samtale med Eliassen (2021). Det er også lagt inn utslipp fra en transportetappe i C3, som er transport fra knuseverk til veiprojekt. Det er for å lage et mest mulig realistisk scenario, som er sammenlignbart med effekten av substitusjon med pukk. Samtidig forutsettes det at det uansett ikke ville blitt brukt knuseverk på R4, grunnet sentrumsnært område. Det forutsettes videre at hulldekkene ikke inneholder noen miljøgifter, slik at betongen kan brukes innen alle scenarioene gitt i analysen. Videre antas det for enkelthetskyld at pukk er det eneste substitusjonsmaterialet for knust betong.

Tabell 5: Oppsett miljøanalyse for ulike scenarioer

			Scenario 1: ombruk og gjenvinning	Scenario 2: ombruk og deponering	Scenario 3: nyproduksjon og gjenvinning	Scenario 4: nyproduksjon og deponering
Produktfase	Råmaterialer	A1	Demontering	Demontering	Sement, tilslag, vann, armering	Sement, tilslag, vann, armering
	Transport	A2	Transport	Transport	Transport til fabrikk	Transport til fabrikk
	Tilvirkning	A3	Bearbeiding	Bearbeiding	Produksjon av betong	Produksjon av betong
Konstruksjons- fase	Transport	A4	Transport fra fabrikk	Transport fra fabrikk	Transport fra fabrikk	Transport fra fabrikk
	Montering	A5	Montering i nytt bygg	Montering i nytt bygg	Montering i nytt bygg	Montering i nytt bygg
Bruksfase	Bruk	B1	Karbonatisering	Karbonatisering	Karbonatisering	Karbonatisering
	Vedlikehold	B2	N/A	N/A	N/A	N/A
	Reparasjon	B3				
	Utskifting	B4				
	Renovering	B5				
Slutfase	Demontering	C1	Rivning	Rivning	Rivning	Rivning
	Transport	C2	Transport til gjenvinningsanlegg	Transport til deponi	Transport til gjenvinningsanlegg	Transport til deponi
	Avfallsbehandling	C3	Knusning	Knusning	Knusning	Knusning
	Avfall til sluttbehandling	C4	N/A	N/A	N/A	N/A
Utenfor systemet	Ombruk/gjenvinning	D	Substitusjonseffekt		Substitusjonseffekt	

Fase D er normalt utenfor systemgrensene, men det er valgt å inkludere fasen for å se effekten av substitusjon med annet materiale. Karbonatisering for gjenvunnet betong har ikke blitt inkludert, da det forutsettes å inngå i neste livsløp. Det er valgt å kun analysere klimagassutslipp i miljøanalysen. Det ble valgt fordi miljø- og klimamål i bransjen ofte i størst grad omhandler klimagassutslipp, og fordi tidsaspektet til oppgaven førte til en naturlig begrensning i omfanget av analysen.

4.4. Studiens validitet og reliabilitet

Validitet vil si i hvilken grad man ut ifra resultatene av et forsøk kan trekke gyldige slutninger om det man har hatt til formål å måle. Studien tar for seg et studieobjekt i Oslo-regionen, og er basert på et lite utvalg informanter, som er lokalisert i Oslo-regionen. Det kan påvirke resultatenes overførbarhet til andre steder i Norge, og det er usikkert i hvilken grad de kan brukes andre deler i landet. Trolig vil transportavstander utgjøre en større andel påvirkning på

klimagassutslipp i distrikts-Norge. Analyse av endringer i regelverk vil være likt for alle områder innad i Norge.

Relabilitet er viktig for å sikre at arbeidet kan brukes videre, og måler i hvilken grad analysen kan etterprøves. Informantene er listet opp med navn og intervjuguiden er lagt ved, slik at man i prinsippet vil kunne komme fram til samme resultater ved å gjøre studien på nytt. I tillegg ble det brukt tematisk analyse i kvalitativ metode, for å sikre mest mulig likhet i intervjuene. Miljøanalysen inkluderer beskrivelse av systemene og vedlegg med datagrunnlag, slik at det vil være mulig å etterprøve resultatene.

5. Studieobjekt: Regjeringskvartalet, Regjeringsbygg 4 (R4)

5.1. Innledning

I oktober 2020 foreslo Regjeringen oppstart av første byggetrinn i det nye regjeringskvartalet. Det er Kommunal- og moderniseringsdepartementet som er ansvarlig for gjennomføringen av prosjektet, og Statsbygg, som byggherre, har omfattende oppgaver i gjennomføring av prosjektet. Oppstarts-bevilgningen er på 1,3 milliarder kroner, innenfor en kostnadsramme på 20,5 milliarder kroner for byggetrinn 1 (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2020). Regjeringsbygg 4 (R4) ble hardt skadet under bombeeksplosjonen 22. juli 2011, og 28. juli 2018 gav Oslo kommune v/ Plan og bygningsetaten rammetillatelse for rivning av R4, inkludert det tilknyttede bygget Møllergata 17 (M17). R4 ble oppført mellom 1985 og 1988, og hadde ni etasjer, to kjelleretasjer, og helikopterdekk på taket. Statsbygg har hatt ambisiøse miljømål i forbindelse med prosjektet, og har ønsket å ombruke deler av bygningsmaterialene. Hulldekkelementer er blant materialene som ombrukes i nye bygg, noe som er første gang i Norge (Statsbygg, u.å.). I 2019 startet rivningen av Regjeringsbygg (R4), som ble ferdigstilt i 2020 (Statsbygg, u.å.). Det ble tatt ut 28 hulldekker til Skanska, 21 til Entra og tre stykker til Veidekke i forbindelse med rivningen. Rivningsområdet er skissert i gult i Figur 11.



Figur 11: Skissering av Regjeringsbygg 4 (R4) (Kartverket, u.å.)

Det har blitt utformet erfaringsrapporter som har blitt tilegnet gjennom to pilotprosjekter som har brukt ombrukshulldekker fra R4, Kristian Augusts gate 13 (KA13) v/ Entra ASA og Oslo

Storbylegevakt v/ Skanska Norge. Den ene rapporten som gjennomgås nedenfor er en erfaringsrapport tilknyttet hele ombruksprosjektet KA13, som også tar for seg erfaringer med ombrukshulldekker spesifikt. Rapporten er publisert på Futurebuilt sin hjemmeside. Den andre er en konseptutredning i forbindelse med dokumentasjon av ombrukshulldekkene brukt i Oslo Storbylegevakt (OSBL), som også inkluderer generelle erfaringer fra prosjektet. Prosjektet fikk støtte fra Enova, og rapporten vil publiseres gjennom deres kanaler. Kapittelet er videre inndelt tematisk.

5.2. Holdninger og motivasjon

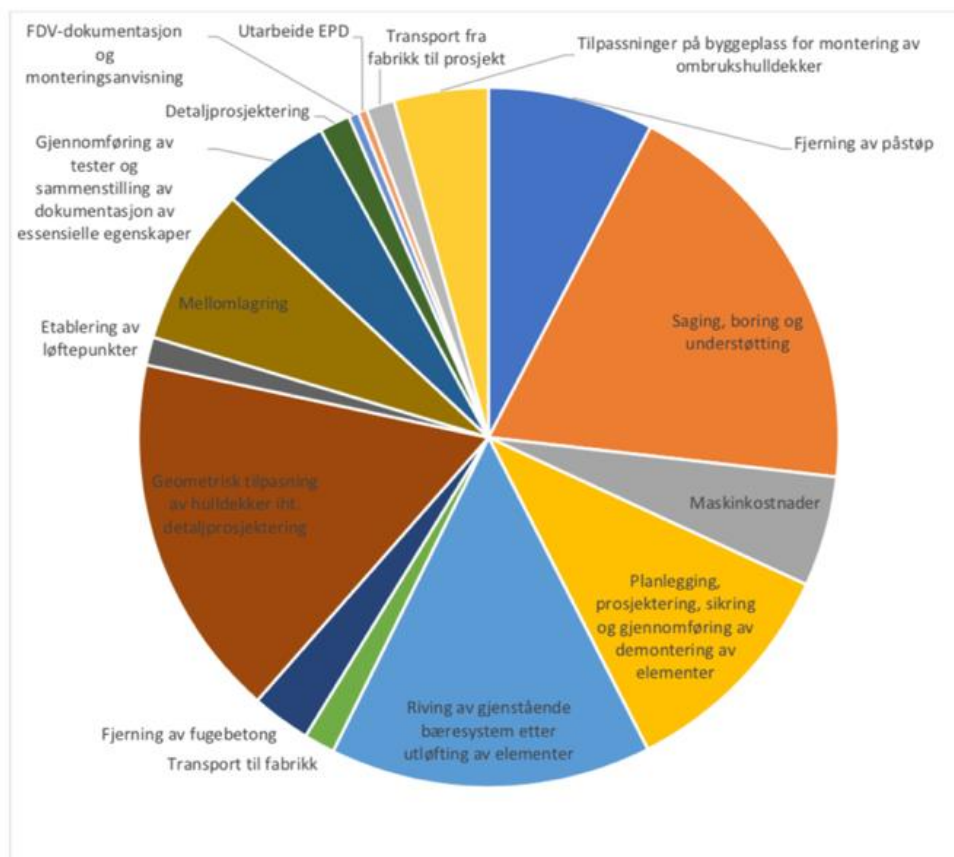
Skanska skriver selv i rapporten at de jobber med en strategi for sirkulær økonomi. Ombruk av hulldekker anses som et viktig tiltak, da det forventes å ha stort potensiale for reduksjon av klimagassutslipp, og kan brukes allerede i dag. Entra på sin side skriver at de har som mål å være miljøledende og å alltid ha et pilotprosjekt i sin portefølje, noe som veide tungt da det ble besluttet å starte med ombruksprosjektet i KA13. I KA13 var det stort fokus på sirkulær økonomi og ombruk av mange ulike byggevarer. Det beskrives som et krevende prosjekt på flere områder, men det har vært et stort engasjement hos de ulike aktørene som har vært involvert, som har vært en suksessfaktor.

5.3. Økonomiske forhold

Erfaringsrapportene fra pilotprosjektene tilsier at kostnadene for ombrukshulldekker er mye høyere enn for nye. Kostnader vil variere ut ifra forutsetningene for hvert enkelt prosjekt. Derfor vil erfaringene fra Regjeringskvartalet gi en pekepinn på kostnader, men ikke nødvendigvis være direkte overførbare til andre prosjekter.

Ombruket i prosjektet OSBL var spesielt kostnadsdrivende på grunn av flere forhold. Noen viktige kostnadsdrivere var trang rivingstomt og nærhet til Høyesterett, bæresystem i bygget som trengte ekstra støtte, solid påstøp på hulldekkene som måtte fjernes og samtidig krevde den planlagte bruken av hulldekkene på OSBL mye tilpassing. Ved optimale forhold knyttet til de nevnte kostnadsdriverne i prosjektet anslås det at kostnadene kan nærmest halveres (Fjeldheim et al., 2020). Se Figur 12 for fordeling av kostnader for ombrukshulldekkene fra Regjeringskvartalet. Av figuren kan man se at enkelte av utgiftspostene har stort

reduksjonspotensiale med forutsetning om at et nytt prosjekt vil ha færre av kostnadsdriverne som beskrevet over.



Figur 12: Fordeling av merkostnader for leveranse av ombrukshulldekker fra R4 til OSBL (Fjeldheim et al., 2020)

For prosjektet KA13 er prisestimatet for ombrukshulldekker 5-6 ganger høyere enn for nye hulldekker, ekskludert kostnader til prosjektering og administrasjon. Det er stor usikkerhet knyttet til kostnadene da det er et pilotprosjekt og det har vært mange involverte. Kostnadspostene er oppsummert punktvis i rapporten, og inkluderer demontering (Veidekke), testing (Sintef), transport, tilknyttet bearbeiding og klargjøring, samt montering (Øst-Riv) og ekstra prosjektering (RIB) og administrasjon (Insenti). Det forventes at kostnadene vil synke dersom ombruk blir mer industrialisert. Det påpekes også at dersom klimagassutslipp i større grad hadde hatt en prislapp, kunne ombruk av for eksempel hulldekker vært lønnsomt. En erfaring å ta med seg videre er at arbeidsomfanget ble mye større enn for normal prosjektering, og det vil være vanskelig å estimere med tanke på eventuell fastpris.

5.4. Erfaringer med regelverk

En sentral utfordring for å sikre forsvarlig ombruk har vært tolkning av regelverket, da det er laget for nyproduksjon. Det beskrives store utfordringer dersom det ikke foreligger original

dokumentasjon på produktets sentrale egenskaper, og det er usikkerhet i hvilken framgangsmåte som skal følges for å sikre forsvarlig ombruk. I konseptutredningen til OSBL i forbindelse med ombrukshulldekkene fra Regjeringskvartalet har flere aktører etablert en metode for dokumentasjon og gjennomføring av ombruk av hulldekkene. Den følger gjeldende regelverk og er i tilknytning til NS-EN 1168, som er standarden for nyproduserte hulldekker. Metoden og erfaringene som ble gjort vil være et viktig grunnlag for videre standardisering og industrialisering av ombrukshulldekker i Norge. Prosessbeskrivelsen for ombrukshulldekkene i OSBL vurderes av Standard Norge som et utgangspunkt for en Norsk Spesifikasjon. Det kan bli viktig for andre aktører som ønsker å benytte seg av ombrukshulldekker (Fjeldheim et al., 2020).

I erfaringsrapporten til KA13 beskrives det også lite kunnskap om regelverket rundt dokumentasjon av ombrukshulldekker ved oppstart av prosjektet. Da det ikke finnes en harmonisert standard for ombrukshulldekker, er det heller ikke krav til CE-merking. Uten CE-merke er det ikke lenger en produsent som har ansvaret for byggevarene, og i dette prosjektet ble det presisert i kontrakten at Entra måtte påta seg risikoen for direkte kostnader med hensyn til gjennomføring av dokumentasjonskrav. Det ble gjort beregninger som viste at kapasiteten til ombrukshulldekkene med hensyn til krav i TEK var mer enn oppfylt. Det er samtidig uklart hva som er minimumskrav til dokumentasjon i henhold til TEK. Kravene i DOK beskrives også som vanskelige, og kan føre til at ombruk ikke gjennomføres (Entra ASA, 2021).

5.5. Tekniske og logistiske erfaringer

I OSBL-prosjektet har svinn som følge av skader under demontering blitt vurdert til 0,6 prosent. For saging blir det et kostnadsspørsmål når betongen er så sterk som i Regjeringskvartalet. I tillegg beskrives det som vanskelig å unngå avskalling etter kapping, og dermed må alle elementene sjekkes etter at de har blitt kappet i riktig lengde. Rett kapp anbefales i stedet for skråkapp for å unngå skader på elementene. Totalt sett ble 3% av hulldekkene kassert som følge av skader. Det poengteres i rapporten at det er mulig å utvikle metoder for å verifisere kapasitet i et mindre testomfang enn det ble gjort i OSBL. For fremtidige bygg anbefales det også i rapporten å utvikle reversible koblinger for hulldekkene og å unngå konstruktivt armert påstøp. Demontering beskrives som en krevende prosess, og det poengteres i OSBL-prosjektet at det ikke hadde vært mulig å gjennomføre dersom Statsbygg ikke hadde vært fleksible på tidsbruken.

For KA13 ble ikke påstøp fjernet, da den satt så godt fast og det ville blitt en for omfattende jobb. På grunn av ekstra vekt fra påstøpen ble det valgt å kun bruke elementene i tre etasjer. Påstøpen førte til en redusert takhøyde. Ved utheising kunne ikke vanlig løfteutstyr brukes på grunn av den ekstra høyden fra påstøp. Derfor ble det produsert eget utstyr for å løfte ut elementene. Selve utheisingen beskrives som problemfri. En av erfaringene fra demontering var at det krever nøye planlegging for å sikre at bygget som skal demonteres holdes stabilt hele tiden, og at utheisingen av elementene gjøres sikkerhetsmessig. I tillegg påpekes det at det er viktig med nok plass for å kunne mellomlagre og bearbeide hulldekkene. Et IT-verktøy for å holde orden på informasjon om ulike ombruksvarer til enhver tid beskrives som et viktig hjelpemiddel i større prosjekter. Det beskrives også mangel på en sentral markedsplass for å finne brukte byggevarer, men Resirqel og Rehub var involvert for å bistå med å finne varer.

5.6. Miljøvurdering

Det har blitt gjort to kjente beregninger av utslipp for ombrukshulldekkene fra R4. Den ene er en EPD laget av Contiga for ombrukshulldekkene som ble brukt i Oslo Storbylegevakt. Den andre er laget for ombrukshulldekkene som ble brukt i Kristian Augusts Gate 13 (KA13) i forbindelse med en masteroppgave som ble skrevet i 2020. EPDen for ombrukshulldekkene fra Regjeringskvartalet til Oslo Storbylegevakt, laget av Contiga, viser et samlet utslipp i fase A1-A4 på 19,98 kg CO₂-ekvivalenter per tonn ombrukshulldekke. Høydahl og Walter (2020) beregnet klimagassutslipp for ombrukshulldekkene fra Regjeringskvartalet til Kristian Augusts Gate 13. De kom fram til et utslipp på 13,9 kg CO₂-ekvivalenter per tonn ombrukshulldekke i fase A1-A4, som tilsvarte 89% miljøbesparelse sammenlignet med bruk av nye hulldekker. Det ble i deres masteroppgave vurdert at transport stod for opptil 90% av utslippene, men at hulldekkene fortsatt måtte transporteres 890 km før utslippene tilsvarte nye hulldekker. Siden transportavstander og behov for bearbeiding vil være prosjektavhengig, må utslippene beregnes for hvert prosjekt.

6. Resultater

6.1. Erfaringer fra ombruksvirksomhet i Regjeringskvartalet

6.1.1. Innledning

Funnene i dette kapittelet legger grunnlaget for besvarelse av forskningsspørsmål 1 «Hvordan kan erfaringene fra ombruk av hulldekker i Regjeringskvartalet bidra til å øke bruken av ombrukshulldekker i andre prosjekter?». Informantene beskriver mange utfordringer og lærdommer gjort i løpet av prosessen, men det som går igjen som et viktig poeng er at pilotprosjektene viser at det er teknisk mulig å bruke ombrukshulldekker. Det at de har fått det til på et prosjekt som egentlig var vanskelig og lite tilrettelagt for ombruk, viser potensialet for ombruk. Informantene beskriver samtidig en tro på at det kommer til å bli mer ombruk framover, men at det foreløpig er mange hindre i veiene. En av de store fordelene med ombruk er miljøbesparelsen ifølge flere informanter, hvor Espelid trekker fram eksempelet fra KA13 med 89% klimagassbesparelse fra ombrukshulldekkene.

6.1.2. Økonomi

Alle informantene som var involvert i prosjektene ved Regjeringskvartalet beskriver økonomien i tilknytning til ombruk av hulldekkene som svært utfordrende. Prisestimatet på et ombrukshulldekke fra R4 oppgis av informantene til å være minst 5 ganger høyere enn prisen for nyproduksjon. Kostnadene i tilknytning til ombrukshulldekkene har vært høye, og faktorene som har forhøyet kostnaden er mange.

Blant annet fremhever Steinsholt at det gikk omtrent 4 uker ekstra til demontering, utover estimert rivningstid, som var kostbart. Det var bare et av flere ledd som fordyret prosessen. Demontering beskrives av flere som tidskrevende, og dermed også kostnadsdrivende. Behovet for ekstra dokumentasjon er en annen kilde til økte kostnader som beskrives hyppig. Samtidig poengterer en informant at dersom bygget var designet for ombruk, og hulldekkene kunne skrus løs og løftes rett ut ville kostnadene blitt mye lavere. Økonomien i prosjektet beskrives derfor som lite bærekraftig med de forutsetningene som gjaldt for Regjeringskvartalet.

6.1.3. Regelverk og standarder

Informantene beskriver regelverket som vanskelig å forholde seg til, med mye usikkerhet og uklarheter. En informant beskriver i detalj hvordan usikkerhet i hvor mye som må dokumenteres fører til at det utføres flere tester enn det som egentlig ville vært nødvendig. Slike

usikkerheter fører til en dokumentasjonsprosess som er både unødvendig tidkrevende og kostbar. Flere informanter påker også utfordringer med produsentansvar, da den som avhender produktet er ansvarlig for det. Dermed er det få incentiver for å gi bort et produkt i stedet for å kaste det.

En informant beskriver at suksessfaktoren i prosjektet var at det fantes originaltegninger og informasjon om produksjonen av hulldekkene. Samtidig påpeker informanten at fordelene med hulldekker framfor andre typer elementer er at standarden for hulldekker inneholder en standardisert testmetode for å verifisere kapasiteten til hulldekkene. Det gir en trygghet ved bruk av hulldekker fremfor andre typer elementer. For prosjektet OSBL ble det laget et system for ombrukshulldekkene, som forhåpentligvis kan bli brukt i arbeidet med å lage en bransjestandard for ombrukshulldekker.

6.1.4. Logistikk

Flere informanter beskriver forholdene rundt logistikk på bygningstomta som spesielt vanskelige, da det var lite plass. Logistikkutfordringen blir beskrevet både vedrørende selve uttaket av hulldekkene fordi det er trangt og lite plass tilgjengelig, men også at det ikke var muligheter for mellomlagring direkte på tomte. Det påpekes at Regjeringskvartalet var et spesielt vanskelig prosjekt med hensyn til logistikk, noe som kanskje ikke vil være tilfellet i et annet prosjekt. Et par informanter problematiserer spesielt utfordringene rundt rettidighet i prosjektet. Det at uttaket av materialer ikke nødvendigvis foregår samtidig som behovet for materialene er der. Det skaper utfordringer både med hensyn til lagring, og det kan føre til forsinkelser i prosjektdriften.

6.1.5. Tekniske utfordringer

I tilknytning til det tekniske ble det oppgitt flere forhold som er aktuelle å ta med seg videre. Det ble blant annet gjort en del erfaringer rundt selve demonteringen av hulldekkene. Hulldekkene måtte sages løs, som en informant beskriver som vanskeligere enn forventet. Det oppstod dermed rissdannelser i noen av elementene, som førte til at noen av dem måtte kasseres. Spesielt skråkapping blir beskrevet som utfordrende. Erfaringen ble dermed at det beste er å bruke hulldekkene som de er, uten å skjære i dem, i den grad det er mulig. Dersom de må skjæres, beskrives rettkapping som det beste alternativet.

Bearbeiding av hulldekkene var også et område som frembragte mye lærdom. Hulldekkene hadde omtrent 8 cm påstøp, som gjorde det både vanskelig og kostbart å bearbeide dem. Erfaringene fra KA13 prosjektet var at påstøpen var for vanskelig å fjerne. Den ble beholdt på siden det ble vurdert både tidkrevende å fjerne den og at det kunne føre til usikkert resultat. Ideelt sett ville man ha fjernet den for å få mest ut av takhøyden påpeker flere informanter. Videre beskrives ikke bearbeidingen som noe problematisk. For OSBL ble påstøpen pigget av og det blir beskrevet som utfordrende. I tillegg til ekstra takhøyde, beskrives god heft for sparkling som en fordel med pigging, da overflaten blir litt ujevn. Tilpassing i form av kapping av hulldekker er en annen lærdom som blir beskrevet av flere informanter. Informantene beskriver kvaliteten og kapasiteten på ombrukshulldekkene som svært god, noe som ble konkludert med etter testing. Ved spørsmål om holdbarheten til ombrukshulldekker var det konsensus om at så lenge de står tørt vil de mest sannsynlig holde lenge, som på Regjeringskvartalet.

Flere informanter beskriver lærdom ved utheising av hulldekkene. Hulldekkene som skulle til KA13 måtte ha en ny type løfteanordning for å kunne løftes sikkert ut av bygget. HMS beskrives som svært viktig på byggeplassen, og da var de avhengige av å kunne løfte ut elementene på en annen måte enn standardmetoden.

6.2. Markedspotensial og markedsmekanismer

Funnene i dette kapittelet legger grunnlaget for besvarelse av forskningsspørsmål 2 «Hva er markedspotensialet for ombrukshulldekker; er det samsvar mellom tilgang og etterspørsel?», og resultatene har blitt innhentet gjennom intervjuer.

Markedet for ombrukshulldekker beskrives i dag som noe begrenset, og av enkelte nærmest som ikke-eksisterende. Tilgangen på ombrukshulldekker er det også uenighet om. En informant påpeker at tilgangen er stor, fordi mye er bygget med hulldekke. En annen informant påpeker at så lenge det rives bygg med hulldekker, så vil det være tilgang. Samtidig problematiseres det at en teoretisk tilgang ikke nødvendigvis betyr en faktisk tilgang, for eksempel fordi hulldekkene ligger for vanskelig til. Reiersen påpeker at det ikke finnes informasjon i den lokale matrikkelen om materialvalg i bygg, og heller ikke informasjon om hvor mange bygg som inneholder betongelementer som rives årlig. Dermed kan det være vanskelig å tallfeste det faktiske markedspotensialet. Til gjengjeld finnes det informasjon om hvor mange hulldekkeelementer som er produsert.

John Erik Reiersen, Betongelementforeningen: *Vi vet at det er produsert 55 millioner m² hulldekker i Norge siden 1974 og fram til nå.*

Markedspotensialet i form av tilbud beskrives derfor som teoretisk. Så lenge det rives bygg som er bygd med hulldekker, så er det en teoretisk tilgang. Likevel betyr altså ikke det at det er en praktisk tilgang. Det problematiseres at det er uvisst hvilke og hvor mange hulldekker som ligger så vanskelig til at det ikke er ressursmessig eller økonomisk forsvarlig å benytte seg av dem likevel.

Standardmetoden er å kjøpe nye materialer, påpeker en informant. Derfor kan det være vanskelig å se for seg en etterspørsel med de barrierene som finnes i dag. For å kunne benytte seg av ombrukskomponenter, beskrives det et behov for å kunne kjøpe varene på lik linje som nye byggevarer. Å sikre tilgang til rett tid beskrives også som viktig, og det er noe som dermed kan være en barriere for bruk av ombruksprodukter.

Håvar Haugen Espelid, Entra ASA: *Vi er avhengige av at det er lett tilgang på ombruksmaterialer og at vi kan kjøpe de produktene av en leverandør som om vi kjøper helt nye produkter.*

Tollef Eliassen, Veidekke ASA: *Hvis du går ut i markedet for å kjøpe produkter, så er det ikke ombruksprodukter du kjøper på den lokale byggevareforhandleren.*

Informantene beskriver et behov for etterspørsel for å få til et marked. Byggherrene beskrives som en svært viktig aktør i den sammenheng. Hvis byggherrene etterspør ombrukskomponenter vil markedet følge. Flere av informantene drar paralleller til de offentlige byggherrene i de ombruksprosjektene som allerede har blitt gjennomført.

Anne Solgaard, Grønn Byggallianse: *Uten en klar bestilling fra byggherre og viljen til å investere den ekstra tiden, så kommer det jo aldri til å skje. Det er første dominobrikke.*

Ifølge flertallet av intervjuobjektene er kostnadene tilknyttet ombruk av hulldekkeelementer i dag en klar barriere for etterspørsel. Dersom det skjer en form for oppskalering eller industrialisering av prosessen, forventes det et større markedspotensial. Det er da sannsynlig at

kostnadene synker, og dermed vil det bli høyere etterspørsel på sikt. Samtidig påpeker Reiersen at ombruk kan foregå samtidig som myndighetene setter stoppere for rivning av bygg. Et sannsynlig scenario i framtiden kan derfor være at rivning blir ulovlig, noe som er tilfellet i Wien i dag. Dermed må en virksomhet tilpasses bygget, og ikke motsatt, slik det er i dag.

John Erik Reiersen, Betongelementforeningen: [...] men samtidig et parallell-løp, at det blir et økt krav fra samfunnet om at man ikke skal rive. Og det er jo egentlig den beste formen for gjenbruk. At vi ikke demonterer, men vi bruker det på nytt, i en ny funksjon.

Røine trekker paralleller til lignende markedssituasjoner som har oppstått i markedet tidligere. Det trekkes paralleller til BREEAM-sertifiseringer hvor BREEAM-NOR begynte å gi poeng for levert EPD, for å øke andelen EPDer som ble produsert. Et annet eksempel er etterspørsel etter lavkarbon-betong. Lavkarbon-betong var et produkt uten en definisjon, som kunder begynte å etterspørre. Dermed ble det laget en norsk publikasjon som definerte produktet. Eksemplene er fullstendig markedsdrevet, uten incentiver fra myndighetene. Disse situasjonene har ført til at Norge på den ene siden er ledende i Europa på å produsere EPDer, og på den andre siden er det stor etterspørsel etter lavkarbon-betong. Det er dermed ikke myndighetsstyrt, men markedsstyrt påvirkning som fører til etterspørsel beskriver han.

Steinar Røine, Spencon: «Så situasjonen er markedsdrevet og markedet gjør trekk og tiltak som gjør at man driver det fram. Og jeg tenker at det er tilfellet med ombruk også.»

Samtidig påpeker Røine at det er en andel kunder som prinsipielt etterspør produkter knyttet til resirkulering, miljø og ombruk. Det er likevel vanskelig å anslå om andelen er stor nok til å kalle det et reelt marked. Solgaard påpeker at det kommer en ny versjon av BREEAM mot slutten av 2021. Den nye versjonen skal ifølge informanten ha mer fokus på ombruk. Den forrige versjonen gir bare poeng for ombrukskartlegging, så en fornyelse kan ifølge Solgaard gi økt interesse for ombruk i markedet.

Hvem som er ansvarlig aktør for omstilling til økt ombruk i bransjen, er det ganske stor enighet om blant informantene. Flertallet av de spurte peker på byggherre som en viktig pådriver. En informant påpeker at byggherre må ta ansvar for å ikke la bygg bli revet uten at det er nødvendig, og samtidig kan de etterspørre ombrukskomponenter dersom et bygg skal rives eller bygges. Samtidig er det flere informanter som poengterer at det ikke bare er én aktør som er

ansvarlig for en omstilling, men at det er viktig å få til et samarbeid mellom alle som er involverte. I underkant av halvparten av informantene mener at det er markedet som helhet som er ansvarlige, altså alle som er involverte i byggevirksomhet.

Wærner trekker fram at en ny markedsgruppe, ombruksentreprenører, er en mulig løsning for å øke andelen ombruk av byggevarer. Han beskriver at det skal være en gruppe mennesker som har kunnskap om alle ledd i prosessen. Dermed blir det en rasjonell prosess påpeker han. En slik type entreprenører forventes å være på markedet innen relativt kort tid.

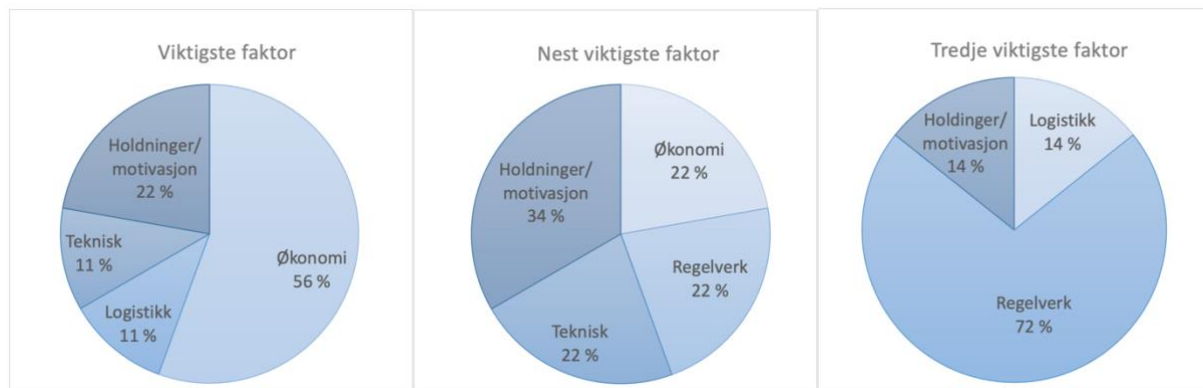
Eirik Rudi Wærner, Multiconsult: Jeg ser for meg at vi kommer til å få en ny type entreprenører som er ombruksentreprenører, som etter hvert får kunnskap om hvordan du skal gjøre ting.

Wærner påpeker at når EU strammer inn antallet CO₂-kvoter så kan man samtidig forvente at prisen på nye byggevarer stiger. Det vil da føre til økt etterspørsel etter ombruk både fordi CO₂-utslippet fra ombrukshulldekker er mye lavere, og fordi nye byggevarer blir dyrere.

6.3. Viktige barrierer og drivere for ombruksløsninger

6.3.1. Innledning

Funnene i dette kapitlet legger grunnlaget for besvarelse av forskningsspørsmål 3 «Hva er de viktigste barrierene og driverne for å velge en ombruksløsning fremfor en nyproduksjonsløsning?». En oppsummering av det som informantene anser som de viktigste barrierene eller endringene som må til for å få økt ombruk av byggematerialer er gitt i Figur 13. Figuren viser prosentvis fordeling av det informantene oppgir som viktigste, nest- og tredje viktigste barrierer eller behov for endringer for å øke graden av ombruk. Som figuren viser er økonomi klart ansett som den viktigste barrieren for ombruk i dag. Den nest viktigste faktoren er det noe spredte meninger om, men den som flest påpeker er noe tilbakeholdenhet blant aktørene i bransjen. Som tredje viktigste barriere er det klart flest som påpeker regelverket. Samlet sett er økonomi og regelverk de barrierene som blir påpekt av flest. Videre i resultatene utdypes funnene i hver kategori.



Figur 13: Oppsummering av barrierer og endringer som forventes å være viktige for å øke andel ombruk i markedet

6.3.2. Holdninger og tankesett i bransjen

Ved spørsmål om holdninger til ombruk av byggematerialer, hadde informantene nokså ulik oppfatning. Det som var gjennomgående er et ønske i bransjen om å få til mer ombruk, men at det bunner ut i et spørsmål om kostnader. Spørsmålet er stadig hvem som skal betale for å få til ombruken. Dermed blir ønsket om å få til mer ombruk i praksis mer en nysgjerrighet rundt mulighetene for ombruk enn faktisk gjennomføring. I tillegg fremheves holdningene til brukte produkter som en mulig barriere.

Oddvar Steinsholt, Veidekke ASA: *Det er pedagogisk vanskelig å få en kunde til å betale like mye, kanskje mer, for et produkt som i gåseøyne er "brukt".*

Drivere for økt ombruk beskrives i hovedsak som egen motivasjon og mulighetene til å vise til klimagassreduksjoner. Fortsatt preges bransjen av en «bruk- og kast mentalitet», som til en viss grad setter en stopper for utviklingen av potensialet for ombruk. Likevel er interessen for sirkulær økonomi generelt veldig høy, som smitter over på interessen for ombruk som et spesifikt område. Utålmodigheten etter å få til mer ombruk er høy, men barrierene er fortsatt så store at mange av prosjektene ikke gjennomføres i praksis. Dermed blir det et utfordringsfokus heller enn et mulighetsfokus beskrives det av flere informanter. Samtidig påpeker Reiersen at ombruk kan åpne for nye muligheter i bransjen.

John Erik Reiersen, Betongelementforeningen: *Hvis man har en forretningsmessig approach så er det bare et mulighetsrom som må utnyttes.*

Reiersen viser til at ombruk egentlig er noe som har blitt gjort i lang tid, før man hadde mulighet til å transportere materialer over lange avstander. Da brukte man det som var tilgjengelig.

Dermed ble betongelementer montert slik at de senere kunne demonteres og brukes igjen. Videre beskriver han at samfunnet har sklidd bort fra en slik tankegang, blant annet fordi transport har blitt så billig.

Flere av informantene mener at miljøaspektet peker seg ut som en klar begrunnelse for å velge ombruksprodukter som et alternativ til nyproduserte elementer. Det blir stadig viktigere å dokumentere en god miljøprofil, og sirkulær økonomi oppfattes som et viktig satsningsområde i bransjen. Å velge ombruk oppfattes som et signal om at man ønsker å ta vare på ressursene best mulig og lengst mulig ifølge Solgaard. Det å velge ombrukskomponenter beskrives av flere som viktig for å få ned utslippene fra bygg. Å bygge kun med ombrukskomponenter vil teoretisk sett føre til at et bygg vil ha svært lavt CO₂-utslipp. Samtidig har nyproduserte hulldekker i dag allerede lave klimagassutslipp ifølge Kermit.

Peter Holiman Kermit, Contiga AS: Det er ikke noe tvil om at nyproduserte hulldekker i dag er ekstremt miljøoptimalisert. Hvis man regner på råbygg så er hulldekker et veldig CO₂-effektivt dekke.

Røine stiller spørsmål ved miljønytt av ombrukshulldekker når man om 3-4 år får karbonfangst- og lagring fra sement. Det forventes da omtrent en halvering i utslipp fra sement, som i et nytt hulldekke representerer omtrent 70% av utslippene. Solgaard poengterer også at det kan være mer å vinne på å tenke sirkulær økonomi i en bred forstand, i stedet for å fokusere kun på ombruk.

6.3.3. Tekniske barrierer og muligheter for ombruk av hulldekker

Flere av informantene viser eksempler på tekniske barrierer for ombruk av hulldekkerelementer. De tekniske utfordringene er likevel noe som beskrives i relativt liten grad av informantene. I de tilfellene tekniske utfordringer er tema i intervjuene er det i hovedsak knyttet til de ekstra kostnadene det medfører. Det er likevel noen gjengangere vedrørende tekniske utfordringer.

Den største hindringen, som også framheves av flest, er irreversibelheten i dagens løsninger i eksisterende bygg. Hulldekkene støpes i stor grad sammen, noe som er både kostbart, ressurskrevende og tidkrevende å fjerne. En informant trekker fram at støping er mest vanlig fordi det er enkelt, billigere og mer praktisk. Hulldekker brukes ofte som etasjeskillere, og derfor må de henge sammen som en solid masse. Fordelen med å støpe i betong er også at det

blir god kraftfordelingen i dekkene, og at det blir svært lydtett og brannsikert. Den samme informanten trekker fram en utfordring ved at alle betongelementer er spesialtilpasset det bygget de skal være i, og at elementer må passe nøyaktig inn i nytt bygg. Dermed kan det være vanskelig å finne elementer som faktisk passer inn i et nytt bygg ved ombruk. Samtidig trekker informanten fram mulighetene ved standardisering av elementer for å bøte på den barrieren.

En informant trekker fram at hulldekker er laget for å kunne ha en levetid på inntil 100 år, og at de ofte kan leve lenger under gunstige forhold. Flere informanter framhever at faktorer som påvirker holdbarheten negativt er eksempelvis vær og vind, og mye salter. Dersom de står i et tørt miljø innendørs forventes de å ha mye lenger holdbarhet enn om de er plassert slik at fukt kan trenge inn. Samtidig påpekes det at elementer med mekaniske skader alltid må lukes ut. En annen informant trekker fram at hulldekker kan produseres med enten 50 eller 100 års levetid. Samtidig fremheves det at det er få ekstra kostnader med å dokumentere for 100 år. Anbefalingen er derfor å dokumentere for lengste mulige levetid, og etter det har stått i 100 år er det kanskje mulig å få dokumentert restytelse på enda flere år.

Informantene som fremhever tekniske utfordringer, peker samtidig på flere mulige løsninger. Det viktigste som kan endres fra dagens prosess er å finne nye løsninger hvor man ikke støper ned hulldekkene. Konkret for hulldekker beskrives også muligheter i produksjon, som å standardisere lengder, bredder, høyder og innkobling. Noe annet som påpekes hyppig er behov for nye innfestingsmetoder. For eksempel kan man unngå å sveise sammen hulldekkene ved å bolte dem sammen i stedet. Da kan de skrus fra hverandre ved demontering. Utfordringene er der helt klart, men de åpner også opp for nytenkning ifølge Kermit.

Peter Holiman Kermit, Contiga AS: Så denne sammenkoblingen mellom elementer er en utfordring, men det er definitivt noe som er et potensiale for forskning og utvikling.

Design for demontering og ombruk var ikke et tema under intervjuene, men likevel var det mange som påpekte viktigheten av planlegging for senere demontering av bygg. Det blir også sett på som en av de største utfordringene ved ombruk av eksisterende byggemasse. En informant påpeker at det blir en del svinn når bygget ikke er laget for demontering. Hadde det derimot blitt planlagt ville man fått mye større utnyttelse av materialene.

Steinar Røine, Spenncon AS: *De største utfordringene er jo at det overhodet ikke er tilpasset for at dette skal demonteres.*

Anne Solgaard, Grønn Byggallianse: *Det er mye enklere å planlegge for fremtidig ombruk enn å få til ombruk fra et bygg som ikke var designet for ombruk.*

Røine forklarer at det allerede i dag finnes muligheter for å unngå å støpe ned hulldekkene. Eksempler på slike systemer er om man legger isolasjon rett oppå og deretter støper, eller om man har datagulv, hvor det er behov for luftrom til tekniske føringer. Det siste eksempelet er om man skal bruke termisk varme, ved at lufta sirkulerer over betongen og varmer den opp, noe som er svært energieffektivt. Sparebank 1 i Trondheim beskrives som et slikt bygg. Videre argumenterer Røine for at en begrunnelse for å ikke støpe ned hulldekkene kan da være at man ønsker å forberede for ombruk. Han poengterer likevel at det er vanskelig å få noen til å ta den ekstra kostnaden nå, lenge før bygget skal rives. En annen teknisk løsning som han beskriver er muligheten for å støpe inn løft ved produksjon av hulldekkene, som vil gjøre demonteringsprosessen mye mer lettvinnt. Videre forklarer han at det allerede finnes prosesser for det, men at det er litt dyrere, og derfor er det ikke så vanlig.

6.3.4. Barrierer og muligheter i regelverk og standarder

Barrierer i dagens regelverk beskrives hyppig av informantene, men anses av få for å være den viktigste hindringen for økt ombruk av byggematerialer. Over 70% av informantene vurderer derimot regelverket som den tredje største barrieren. Den største utfordringen ved regelverket beskrives som at det i dag er laget for nye produkter, og dermed ikke tilpasset ombruksprodukter. Dermed beskriver mange informanter en del forvirring og usikkerhet med hensyn til lovligheten av omsetting av ulike typer ombruksprodukter. I tillegg beskrives tolkning av regelverket som tidkrevende, som igjen er både kostbart og ressurskrevende. Responsen hos flere er at regelverket kan være strengt, men at det må bli mer tydeliggjort og tilpasset ombruk. Flere informanter poengterer at det er viktig at ombruksproduktene er frie for miljøgifter. Marton i Direktoratet for Byggekvalitet beskriver sikkerhet i bygg som aller viktigste prioritet for dem.

Ingunn Marton, DiBK; *Først og fremst for oss så er det viktig at de byggematerialene som brukes tilfredsstillende de kravene de skal fylle, altså de kravene som står i TEK.*

Produktene mangler ofte eller har mangelfull originaldokumentasjon, og det å framskaffe dokumentasjon beskrives av mange informanter som utfordrende. Usikkerheter i hva som er behovet for testing fører til en dokumentasjonsprosess som er både tidkrevende og kostbar ifølge flere informanter. Deriblant beskrives beregning av bestandighet i henhold til TEK som en stor jobb. Samtidig påpekes det av flere at selv om regelverket skaper barrierer, så er det ikke feil at det er strengt. Det viktigste er at det bygges trygge bygg. Flere informanter poengterer behovet for et mer tydelig regelverk, og er forventningsfulle til den nye tolkningen som er på vei.

Ansvarsforskyvningen ved ombruk beskrives også som utfordrende av flere. Det at den som avhender produktet er ansvarlig for det ved omsetning beskrives som en risiko som kanskje ikke alle er villige til å påta seg. Det er få standarder som sier noe om ombruk, og blant annet ombrukshulldekker er ikke dekket av standarden for nyproduserte hulldekker påpeker flere. Marton beskriver vanskeligheter med at standarden for hulldekker ikke er laget med hensyn på ombruk. Den beskriver en prosess hvor produktet går fra flytende til fast form, noe som naturligvis ikke er mulig for et ombrukshulldekker.

Ingunn Marton, DiBK: Hvis det har endret egenskapene sine vesentlig, da må du CE-merke på nytt. Og det er utfordrende for eksempel for et betongelement, fordi den standarden som det skal CE-merkes etter, er skrevet for en produksjonsprosess der betongelement går fra flytende til fast form, eller herdet form da.

Å lage en harmonisert standard for ombrukshulldekker anser informantene som en mulighet for å lette prosessen for bruk av ombrukshulldekker, men det anses ikke å være blant de viktigste driverne for økt ombruk av hulldekkerelementene. En informant trekker fram at fordelene med en harmonisert standard er at du kan bygge CE-merkede bygg, som vil skape en trygghet for byggherre. I tillegg påpeker en informant at det vil være enklere å få en 3. parts verifisering av produktene.

Wærner foreslår også tiltak som endrede avskrivningsregler for bygg som et mulig tiltak for en bedre sirkulær økonomi. Reglene må føre til at det blir mer lønnsomt å vedlikeholde enn å rive. Da oppnår man lettere lenger levetid på et bygg fortsetter han. Det er ikke et tiltak som vil være fordelaktig for ombruk av byggevarer, men det vil hjelpe med å bevare bygg, som flere av informantene beskriver som den beste formen for ombruk.

6.3.5. Økonomiske barrierer og muligheter

Over halvparten av informantene viser til økonomi som den absolutt største barrieren for økt ombruk av byggevarer, og de fleste informantene beskriver økonomi som en stor barriere. For det første vil ikke prosjekter gjennomføres dersom de ikke er lønnsomme ifølge flere informanter. Kostnadene knyttet til ombruk er fortsatt veldig høye, og årsakene til det er varierte og komplekse. Det er store kostnader tilknyttet demontering av hulldekker i dagens bygg, mellomlagring, samt testing og dokumentering av teknisk kapasitet. En annen barriere for ombruk er at nye byggevarer er så billige i dag, at det skal mye til for å konkurrere på pris. Hvis det er billigere eller like dyrt å kjøpe nytt, så er det mindre risiko i å kjøpe et produkt fra fabrikk og med garanti. Måten ombrukshulldekkene framstilles på kan ikke sammenlignes med en industriell prosess, og er mye mer ressurskrevende beskriver flere informanter.

Røine har beregnet kostnadene på nyproduksjon versus ombruk i et «solskinns»-scenario. Per kvadratmeter hulldekke ville man sattet igjen med omtrent 300 kroner for å teste, tilpasse og bearbeide ombrukshulldekket. I et scenario hvor alt er strømlinjeformet, og prosessen er tilrettelagt, kan ombrukshulldekket i prinsippet bli billigere. Det poengteres likevel at det forutsettes en helt annen type prosess enn det er i dag.

Selv om økonomi anses som den største barrieren for økt ombruk av byggevarer, kom det opp mange forslag for å bøte på utfordringene som oppstår. Flere foreslår en form for statlig økonomisk incentiv. Det kan være momsfratak for ombruksvarer eller beskatning på nye byggevarer. Det kan også være en statlig premiering i form av tilskudd for de som velger å benytte seg av ombruksprodukter. Statlig premiering kan også brukes som incentiv inn i konkurranser, slik at de som benytter seg av ombruksprodukter får et fortrinn, som å bygge en etasje høyere. Dermed oppnår man en form for lønnsomhet utover pengeverdi beskriver en informant. Billigere leie av lagerlokaler er et annet forslag som blir nevnt.

6.3.6. Barrierer og muligheter med hensyn til logistikk

Et fåtall av informantene tok opp utfordringer med logistikk. Likevel fremheves logistikk av enkelte informanter som et område som innehar store utfordringer. Den største utfordringen beskrives som rettidighet. Det er vanskelig å tilpasse en prosess slik at byggevarer blir demontert i et bygg til akkurat samme tid som det skal monteres i et nytt bygg påpeker flere. Det kan også være vanskelig å i det hele tatt oppdrive de materialene som trengs. Igjen fører slike utfordringer med seg et stadig behov for å omprosjekttere. Mellomlagring anses også som

utfordrende av flere grunner. Det er vanskelig å finne egnede og store nok områder for lagring. I tillegg kan lagring være et svært fordyrende ledd. I tillegg er det ofte stramme sluttfrister for fullføring av prosjekter.

Flere informanter påpeker at byggherre og prosjekterere må legge inn nok tid til å demontere, der de ser for seg en mulighet for ombruk. En informant beskriver en svært stor forskjell i tidsaspektet på tradisjonell rivning og demontering. Det understrekes viktigheten av å sette av tiden i forkant av prosjektet, hvis ikke er det svært sannsynlig at det ikke vil bli gjennomført. Det er enighet blant informantene om at man ønsker minst mulig mellomlagring, der det er mulig. Det er også et tydelig behov for å få produktene til rett tid i et prosjekt. En informant beskriver digitale plattformer som Loopfront som en mulig løsning. Da kan man finne avtaker til produktene opptil flere år før et bygg skal rives, og dermed få en mer forutsigbar prosess. Samtidig beskrives leasing av flere av informantene, og anses som en spennende mulighet for å bedre logistikken rundt ombruk.

John Erik Reiersen, Betongelementforeningen: *Kanskje det blir den nye forretningsmodellen, at vi bare leaser det ut, for 60 år eller 90 år.*

Ellers er depot eller sentrallager for ombrukskomponenter en mulighet som har blitt pekt på flere ganger. En av informantene poengterer at produsentene har store lagerområder, og dermed kunne hatt et lager med ombrukshulldekker som til enhver tid kan tilbys kundene. Da vil det alltid være produkter tilgjengelige når det er behov for dem, og man mister dermed den potensielle utfordringen med rettidighet. Samtidig poengteres det at miljøfotavtrykket til totalprosjektet vil bli lavere dersom det blir en mulighet.

6.4. Miljøanalyse

Funnene i dette kapittelet legger grunnlaget for besvarelse av forskningsspørsmål 4 «I hvilken grad kan økt ombruk av hulldekker bidra til reduserte klimagassutslipp i prosjektvirksomhet?». Resultatet fra miljøanalysen er vist i Tabell 6. Alle tall er oppgitt i kg CO_{2e} pr tonn hulldekke, og resultatet forklares nærmere under tabellen.

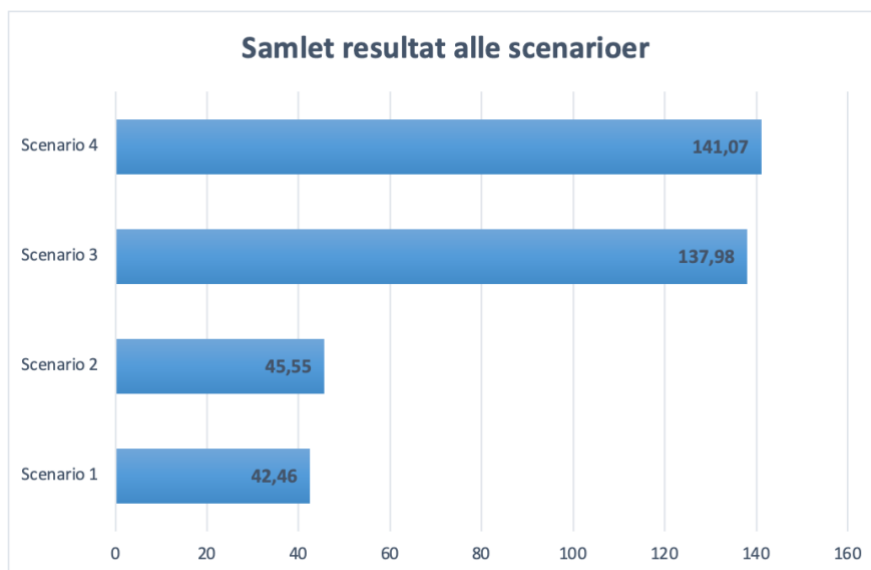
Tabell 6: Resultater miljøanalyse

			Scenario 1: ombruk og gjenvinning	Scenario 2: ombruk og deponering	Scenario 3: nyproduksjon og gjenvinning	Scenario 4: nyproduksjon og deponering
Produktfase	Råmaterialer	A1	3,14	3,14	95,47	95,47
	Transport	A2	5,91	5,91	6,08	6,08
	Tilvirkning	A3	0,11	0,11	4,08	4,08
Konstruksjons- fase	Transport	A4	7,77	7,77	9,02	9,02
	Montering	A5	1,01	1,01	1,01	1,01
Bruksfase	Bruk	B1	-1,60	-1,60	-3,80	-3,80
	Vedlikehold	B2	N/A	N/A	N/A	N/A
	Reparasjon	B3				
	Utskifting	B4				
	Renovering	B5				
Slutfase	Demontering	C1	25,95	25,95	25,95	25,95
	Transport	C2	1,63	3,26	1,63	3,26
	Avfallsbehandling	C3	3,24	N/A	3,24	N/A
	Avfall til sluttbehandling	C4	N/A	N/A	N/A	N/A
Utenfor systemet	Ombruk/gjenvinning	D	-4,70	N/A	-4,70	N/A
Sum			42,46	45,55	137,98	141,07

Scenario 1 og 2: I produktfasen er det utslipp fra transport som har høyest bidrag. Bearbeiding av hulldekkene har tilnærmet null utslipp, som vises i A3. Transport i A4 har også relativt høyt bidrag til klimagassutslipp i scenarioet. Under B1 Bruk inngår karbonatisering, hvor virkningen vil være tregere for ombrukshulldekkene. Rivning av bygget er den absolutt største bidragsyteren til klimagassutslipp, med 25,95 kg CO_{2e}. I S1 beregnes også effekten av substitusjon med et annet materiale, som vil gi en liten gevinst for totalregnskapet. S2 vil følge sammen prosess som S1 fram til transport til avfallsbehandling. Avfallet vil kjøres til deponi på Asak massemttak, og det er ikke beregnet noen utslipp i forbindelse med selve deponeringen. Usikkerhet med tanke på antakelsen blir diskutert i kapittel 7.4.

Scenario 3 og 4: Utslipp fra produksjon av råmaterialer utgjør den absolutt største delen av klimagassregnskapet til nye hulledekker. Utslipp fra tilvirkning vil også være noe høyere enn for ombrukshulledekker. Karbonatisering vil foregå raskere i starten, og derfor har nye hulledekker en del mer opptak av CO₂ enn ombrukshulledekker i fase B1. Det forutsettes samme rivningsprosess i alle scenarioene, så derfor vil også S3 og S4 ha relativt høye utslipp i demonteringsfasen i C1. Deretter følger utslippene fra slutfasen, hvor det forutsettes lik slutfase for S1 og S3, og lik for S2 og S4 som vist i tabellen.

Figur 14 viser en sammenligning av totalutslippet for hvert av scenarioene, gitt i kg CO_{2e}. Det som kommer dårligst ut er S4, som innebærer nyproduksjon og deponering. S3 er nokså likt, men har noe lavere utslipp i slutfasen grunnet substitusjon med annet materiale. S1 som innebærer ombruk av hulledekker og gjenvinning i slutfasen vil ha lavest utslipp med oppgavens forutsetninger. S2 har noe høyere utslipp enn S1 grunnet deponering som avfallsbehandling. Som figuren viser er utslipp fra scenario 4 lik 141,07 kg CO_{2e}. Det er omtrent tre ganger høyere enn tilsvarende system for ombrukshulledekker, eller 95,52 kg CO_{2e} høyere. Det samme utslippsforholdet gjelder for scenario 3 og 1.



Figur 14: Samlet resultat alle scenarioer i miljøanalysen

Det ble utført flere analyser for å vurdere sensitivitet for endringer innen noen av fasene med størst usikkerhet. Dermed ble det lettere å vurdere i hvilken grad usikkerhet i datagrunnlaget kunne ha innvirkning på resultatet. I Tabell 7 vises en sensitivitetsanalyse for karbonatisering, fra 50% lavere opptak enn forutsatt til 50% høyere opptak av CO₂ enn forutsatt. Analysen viser

at feilberegning av karboniseringspotensiale kan tilsvare opptil 1,9 kg CO₂ innenfor analysens rammer. En antakelse med maksimum 50% avvik fra datagrunnlaget vil fortsatt ha liten innvirkning for totalregnskapet, da karbonatisering står for en så liten andel av beregnede utslipp i utgangspunktet.

Tabell 7: Sensitivitetsanalyse B1 karbonatisering

	Dekket (år 0-60)	Dekket (år 60-120)	Udekket (år 0-60)	Udekket (år 60-120)
Utgangspunkt	2,7	1,10	3,8	1,6
10% lavere	2,43	0,99	3,42	1,44
20% lavere	2,16	0,88	3,04	1,28
30% lavere	1,89	0,77	2,66	1,12
40% lavere	1,62	0,66	2,28	0,96
50% lavere	1,35	0,55	1,9	0,8
10% høyere	2,97	1,21	4,18	1,76
20% høyere	3,24	1,32	4,56	1,92
30% høyere	3,51	1,43	4,94	2,08
40% høyere	3,78	1,54	5,32	2,24
50% høyere	4,05	1,65	5,7	2,4

Transportavstander er også en usikkerhetsfaktor i miljøanalysen, og det har derfor blitt analysert hvordan mulige variasjoner i transportavstand i C3 (knusing og transport) kan påvirke resultatet. Analysen viser at transportavstand vil ha stor påvirkning på resultatet, som er vist i Tabell 8. Pukk har et utslipp på 4,7 kg CO_{2e}, og knust betong har et utslipp på 3,24 CO_{2e} ved samme transportdistanse, som vist i Tabell 6. Ved transportavstander på over 35 km vil bruk av knust betong ha mer tilknyttede utslipp enn bruk av pukk som fyllmasse i vei. Det er ikke tatt hensyn til mulig returlast ved beregning av utslipp fra transport, som kunne ha medført lavere utslipp ved allokering.

Tabell 8: Sensitivitetsanalyse C3 transportavstand for knust betong

Transportavstand (km)	Utslipp fra transport	Utslipp fra knust betong	Totalt utslipp i C3
10	0,9	1,44	2,34
20	1,8	1,44	3,24
30	2,7	1,44	4,14
35	3,15	1,44	4,59
40	3,6	1,44	5,04
45	4,05	1,44	5,49
50	4,5	1,44	5,94

For ombrukshulldekkene er det rivning som utgjør høyest utslipp, men det vil være likt uansett hvilket scenario som velges. Transportavstander og type transport kan derimot variere mye, og det er derfor gjort en analyse på hvor langt og med hvilken transport ombrukshulldekkene kan transporteres før de oppnår samme mengde klimagassutslipp som nyproduserte hulldekker. Alle data til transport er hentet fra databasen Ecoinvent 3.6 Cut-off gjennom SimaPro. Resultatet er oppgitt som kg CO_{2e} pr tonn hulldekke og er fremstilt i Tabell 9.

Tabell 9: Sensitivitetsanalyse av transportavstander- og typer for ombrukshulldekker

Type transport	EURO 6 lastebil > 32 tonn	EURO 5 lastebil >32 tonn	EURO 6 lastebil 16-32 tonn	EURO 6 lastebil 7,5-16 tonn
Transportavstand (km)	0,09	0,093	0,168	0,221
100	9	9,3	16,8	22,1
200	18	18,6	33,6	44,2
400	36	37,2	67,2	88,4
500	45	46,5	84	110,5
600	54	55,8	100,8	132,6
800	72	74,4	134,4	176,8
1000	90	93	168	221
1100	99	102,3	184,8	243,1
1200	108	111,6	201,6	265,2

Utslipet fra S1 og S2 er som tidligere beskrevet 95,52 kg CO_{2e} lavere enn for S3 og S4. Dermed kan ombrukshulldekkene transporteres en avstand tilsvarende 95,52 kg CO_{2e} utover transporten som allerede er inkludert i scenarioene. Totalutslippene for scenario 3 og 4 er såpass mye høyere at ombrukshulldekkene kunne blitt kjørt en ekstra avstand på nesten 1100 km i en EURO 6 lastebil > 32 tonn før de når samme mengde utslipp, som vist i Tabell 9. Transportalternativet i analysen som vil gi lavest distanse er bruk av en EURO 6 lastebil på 7,5-16 tonn. I det tilfellet kan ombrukshulldekkene transporteres en ekstra avstand på omtrent 450 km før utslippene blir like høye som systemene for nyproduserte hulldekker.

7. Diskusjon

7.1. Erfaringer fra ombruksvirksomhet i Regjeringskvartalet

Prosjektene med ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet anses å være viktige prosjekter for å legge premisser for framtidig ombruk av hulldekker. Erfaringene fra prosjektet viser at det er mulig å ombruke hulldekker, men at det finnes mange barrierer som begrenser ombruk i dag. Funnene fra intervjuene tyder på en tilbakeholdenhet for bruk av ombrukskomponenter på et generelt nivå, og mye usikkerhet tilknyttet kostnader og vanskelige lovkrav. Likevel har ønsket om innovasjon basert på ambisiøse klimamål ført til at prosjektene ble gjennomført. Prosjektene med ombrukshulldekker ved rivning av Regjeringskvartalet forventes å ha viktig overføringsverdi til andre prosjekter som vurderer å benytte seg av ombrukshulldekker.

Økonomi har vært en stor utfordring i prosjektene. Med et prisestimat på ombrukshulldekker som er 5-6 ganger høyere enn nye hulldekker, er det vanskelig å forsvare ombruk som et alternativ til bruk av nye elementer. Resultatene for R4 viser at forhold som ressurser til tolkning av regelverk, nødvendig testing, saging og demontering resulterte i dårlig lønnsomhet. Det kan forventes noe bedre økonomiske forutsetninger i andre prosjekter dersom forholdene er mer tilrettelagt for ombruk. I tillegg er det allerede utformet utredninger for regelverk og prosesser for testing av hulldekker, som framtidige prosjekter kan benytte seg av. Selv med optimale forhold vil ombrukshulldekker være et mye dyrere alternativ enn nyproduserte hulldekker med dagens forutsetninger. Det taler for at drivkrefter i markedet må bli sterkere for at kunder i fremtiden skal velge ombruksløsninger, som for eksempel økonomiske støtteordninger og et regelverk som i større grad favoriserer ombrukskomponenter.

Demontering av hulldekkene ble beskrevet som en utfordring ved rivningen av Regjeringskvartalet, da hulldekkene ikke ble montert med tanke på senere demontering den gangen R4 ble bygget. Likevel er demontering en nødvendighet for ombruk, slik at materialene kommer hele ut av bygget. De erfaringene som kan videreformidles fra prosjektene er dermed heller noen tekniske erfaringer for å gjøre demonteringen lettest mulig. Det som nevnes av informantene omhandler i hovedsak hvordan saging burde foregå. Det anbefales rett kapping i stedet for skråkapp, noe som er en konkret og lett overførbar erfaring å ta med seg videre. Det kan forventes at de fleste bygg med hulldekker som ble bygget i samme tidsepoke som R4 har samme utfordringer med hensyn til demontering, da det ikke var fokus på design for demontering før. Bearbeiding av hulldekker er også en relevant erfaring å ta med seg inn i nye

prosjekter. Bearbeidingsbehovet er avhengig av behovet i prosjektet som skal benytte seg av hulldekkene. For prosjektet OSBL måtte påstøpen pigges av, som krevde ekstra ressurser til bearbeiding og skapte avfall. For prosjektet KA13 ble påstøpen beholdt på, noe som resulterte i et mye lavere bearbeidingsbehov. Fordelen med å beholde påstøpen på er mindre behov for bearbeiding, som er en arbeidskrevende prosess. Ulempen er at prosjektet potensielt må tåle en lavere takhøyde. Dersom det prosjekteres inn ekstra takhøyde i et nytt prosjekt, kan man slippe like mye bearbeiding av ombrukshulldekkene. Det vil i så fall føre til ressursbesparelse. Behovet for bearbeiding må gjerne også ses i sammenheng med økonomiske kostnader. Hvis framtidige bygg og materialer designes med tanke på å demonteres en gang i framtiden, vil mange av de tekniske utfordringene kunne minskes.

Logistikk har vist seg vanskelig på Regjeringskvartalet på grunn av en smal rivningstomt med lite tilgjengelig areal. I tillegg har prosjektene erfart behovet for rettidighet ved levering av materialer, hvorav det var vanskelig å estimere hvor mye ekstra tid som ville gå med for å få ombrukshulldekkene klare til bruk. Ofte passer ikke tidslinjen på rivningstomta og det nye prosjektet, som skaper utfordringer og ekstra usikkerhetsmomenter. Tilgangen på tilgjengelige komponenter er også usikker. Det kan være svært problematisk når et prosjekt har en stram tidsfrist, og ikke har tilstrekkelig med tid til å søke etter komponenter. På lovverkssiden har det blitt gjort grundige utredninger med hensyn til lovligheten av å benytte seg av hulldekkene. En av hovedutfordringene har vært å finne ut av hva som egentlig er lov, og mye ressurser ble dermed brukt på juridisk bistand. Det er tydelig et behov for klargjøring, og på noen områder også en endring for å skape mer rom for ombruk. Myndighetene er ansvarlige for å tilpasse både regelverk og økonomiske virkemidler slik at de samsvarer med de ambisiøse klimamålene som staten har forpliktet seg til.

7.2. Marked og markedspotensial

Funnene fra intervjuene tilsier at markedet for brukte hulldekker per dags dato er lite og underutviklet. Funnene samsvarer godt med kjent kunnskap fra litteraturen (Ibenholt et al., 2020; Nordby, 2018; Nußholz et al., 2019). Gjennom intervjuene fremkommer det også mye usikkerhet i tilgang på brukte hulldekker i markedet. Statistikken er mangelfull med hensyn til hvor komponentene finnes og hvor mye som er tilgjengelig. Det kan være problematisk av flere grunner. Som beskrevet av flere informanter så er det nødvendig å få tilgang på komponentene til riktig tid og sted i byggeprosjekter. Ved mangel på informasjon om hvor og hvilke materialer som finnes, så blir det en tungvint prosess. Den usikkerheten kan nok i mange tilfeller føre til

at man benytter seg av nyproduserte materialer i stedet, noe som er en trygg og kjent prosess. Det blir dermed lite attraktivt å omstille seg til en ny og ukjent prosess, når det finnes så få incentiver for omstilling. Selv om det hypotetisk skulle finnes informasjon om hvilke bygg som inneholder ulike typer materialer, er det ikke sikkert at det ville hatt en stor effekt på etterspørselen. Problemet er at materialene kan ligge så vanskelig til, at de uansett ikke ville blitt benyttet ut fra et økonomisk grunnlag. Dermed er man ikke garantert en forenklet prosess selv om det finnes mer informasjon om materialene. Slik informasjon om tilgang til materialer vil nok føre til økt interesse til en viss grad, men det er usikkert hvor mye det vil påvirke en endelig avgjørelse.

Etterspørselen etter ombruksprodukter er i dag svært lav. Inntrykket er at interessentene i markedet trenger flere forbildeprosjekter og aktører som går i forkant for å vise at det er mulig. Byggherre er en av aktørene som forventes å spille en viktig rolle i omstillingen til økt ombruk, og spesielt fremheves offentlige byggherrer. Dersom staten ønsker mer ombruk i bransjen, er det fornuftig at det offentlige også går frem som et godt forbilde. Byggherrer har mange muligheter til å påvirke markedet, blant annet ved å etterspørre ombruksprodukter eller tilrettelegging for demontering. Sannsynligheten for at ombruksprodukter vil bli etterspurt vil nok også henge sammen med økt press fra myndighetene om å minimere avfallsmengder og klimagassutslipp fra bygg. Markedet som helhet pekes også på som en viktig aktør. Det at kunder konsekvent etterspør ombruksprodukter, og at eksempelvis produsenter og arkitekter deltar i prosessen, er et viktig steg på veien for å skape et storskala marked. Røine påpeker lignende markedssituasjoner som har oppstått før når det har oppstått en økt etterspørsel. Det kan forventes at markedet for ombruksprodukter vil ha samme utvikling som etterspørsel etter EPD og lavkarbonbetong. Dersom man oppnår en etterspørsel etter ombruksprodukter blant kundene, kan man da forvente en stor utvikling i markedet i årene fremover. Spørsmålet er hvordan den etterspørselen kan skapes med de begrensningene som finnes for ombrukskomponenter i dag. Med så få incentiver, og mange flere ulemper enn fordeler ved å velge ombruk, er myndighetene nødt til å redusere ulempene, dersom det er ønskelig for staten at bransjen faktisk skal øke bruken av ombrukskomponenter.

Noe kostnadsreduksjon bør kunne forventes sammenlignet med ombrukshulldekkene fra R4, da de prosjektene tok kostnadene med å utrede muligheter og begrensninger i regelverk, samt lage en prosess for testing av ombrukshulldekker. Flere beregninger for potensiale for klimagassreduksjon for ombrukskomponenter vil nok også føre til at flere aktører ser potensiale

for å redusere sitt totalregnskap for klimagassutslipp. Samlet sett er det dermed mange faktorer som kan skape en økt interesse i årene framover.

Selv om markedet for ombruksprodukter er minimalt i dag, så forventes det likevel en økning i markedsandel over de neste årene etter hvert som barrierene for ombruk blir mindre. Blant annet er både tolkning og mulig endring av regelverket en prosess som allerede er igangsatt. Endringer og klargjøringer på lovverksiden kan forventes allerede på nyåret. Det er ikke sikkert at det i seg selv vil ha en stor effekt, men det er likevel ett mindre usikkerhetsmoment for dem som vurderer å benytte seg av ombrukskomponenter. Samtidig fører pilotprosjektene med seg erfaringer og grunnlag for bedre utformede prosesser for ulike ombrukskomponenter. Slike erfaringer vil redusere usikkerhet for framtidige prosjekter, og i noen tilfeller føre til en mindre kostnadskrevende prosess. På en annen side kan de aktørene som allerede har erfaringer med ombruksprosesser benytte seg av de som et konkurransefortrinn ved tildeling av nye prosjekter.

Ulike plattformer for ombruk som Resirqel, Loopfront og Rehub har blitt grunnlagt og utviklet kun de siste årene. Det at flere ulike aktører satser så sterkt på ombruk må bety at de anser et behov og en etterspørsel etter ombruksprodukter og tjenester både nå og i framtiden. Flere aktører på markedet fører også til økt konkurranse, noe som kan være sunt for å utvikle de beste og mest kostnadseffektive løsningene for ombruk.

7.3. Viktige barrierer og muligheter for ombruksvirksomhet

7.3.1. Holdninger og motivasjon

Resultatene viser at det er et fokus rettet mot utfordringene i stedet for mulighetene for ombruk hos deler av bransjen, mye grunnet de økonomiske barrierene. Samtidig er det fortsatt en «bruk og kast» mentalitet i samfunnet, som også sitter sterkt i BA-bransjen. Det er behov for å skifte fokus mot økt grad av ressursbesparelse, som det ut ifra intervjuene virker som bransjen allerede er på vei mot. Med stadig flere miljø- og klimastrategier hos de største aktørene, kan det forventes at ombruk får stadig mer oppmerksomhet i tiden framover som et viktig tiltak for å sikre interne målsetninger. Det virker samtidig som om målet er å ha den mest ambisiøse miljøstrategien, som kan virke svært fremmede for blant annet ombruk av ombrukskomponenter. Spesielt om det blir enda mer tydelig hvor mye klimagassutslipp og ressurser som kan bespares ved å velge ombruk som alternativ, kan det være at aktørene velger ombruk i noen prosjekter selv om det ikke er det økonomisk mest lønnsomme valget.

Den viktigste motivasjonen for å velge ombruk er klimagassreduksjon, og derfor er det viktig å fremheve potensialet for reduserte klimagassutslipp knyttet til ulike typer ombrukskomponenter. Samtidig er det viktig med kunnskapsdeling og samarbeid for å komme fram til de beste løsningene. Miljø og sirkulær økonomi blir stadig større satsningsområder, og er dermed også store drivere for økt ombruk. Sertifiseringsordninger som BREEAM, som begynner å gi poeng for ombruk, kan også øke motivasjonen for ombruk hos byggherrer.

7.3.2. Økonomi

Funnene viser at økonomi anses å være den absolutt viktigste barrieren for ombruk av byggematerialer. Resultatene tilsier at bransjen ønsker mer ombruk, men at økonomi vil være en viktig barriere i et prosjektperspektiv. Prosjekter må være lønnsomme for å gjennomføres, og med en pris på ombrukshulldekke som tilsvarer 5-6 ganger høyere kostnader enn nyproduksjon, så blir det vanskelig å forsvare bruken av dem i et økonomisk perspektiv. Valg av ombrukskomponenter er dermed avhengig av at kunden er villig til å betale den ekstra prisen det koster. Årsakene til forhøyede kostnader varierer fra ressurser til tolkning av regelverk, testing og dokumentasjon av komponentene, eventuell mellomlagring, og som vist i Figur 12 vil saging og tilpassing påvirke kostnaden i stor grad. Sammensetningen av problematikk fører til at det ikke er én enkel løsning for å gjøre ombruken økonomisk konkurransedyktig. Hvor mye kostnaden ved å bruke ombrukskomponenter vil påvirke total kostnaden for et prosjekt er uvisst, og er et klart anbefalt område for videre forskning.

En viktig utfordring er at nye byggematerialer i dag er billige, og i tillegg slipper man risikoen som oppstår ved bruk av ombrukskomponenter. Ombruk klarer derfor ikke å konkurrere på rene økonomiske grunnlag, som beskrevet i forrige avsnitt. Det er heller ingen umiddelbare løsninger som vil ha store utslag på kostnadsutfordringen. Teoretisk sett skal det være mulig for ombruksprodukter å bli billigere enn nyproduserte i følge Roine. Det er likevel svært lite sannsynlig i eksisterende bygg, da de ikke er tilrettelagt for demontering. For framtidige bygg som er designet for demontering kan det derimot forventes lavere kostnader ved ombruk, og kanskje til og med billigere materialer enn ved nyproduksjon. Det forutsetter likevel at noen tar kostnaden med design for demontering ved første gangs bygging. Det begynner å bli mer fokus på sirkulær økonomi og ressursbesparelse i samfunnet, men lineær økonomi står fortsatt sterkt i forretningsmodellene. Det er derfor vanskelig å forutsi i hvilken grad en byggherre ønsker å

tilrettelegge for senere ombruk av bygningsdeler, dersom det vil føre til mye høyere totalkostnader for bygget.

De økonomiske virkemidlene som foreslås både i litteraturen og av informantene er i all hovedsak av statlig karakter. Det tyder på at markedskrefter alene ikke er sterke nok til å endre konkurransevilkårene i favør av ombruksprodukter, og at det er behov for statlige virkemidler i tillegg. For at ombruk skal bli konkurransedyktig bør det derfor enten opprettes støtteordninger for å kompensere for høye kostnader, eller så må prisen på nye byggevarer forhøyes. Et alternativ kan også være en kombinasjon av de nevnte tiltakene. Om det skal bli mulig å få til noen slike ordninger må myndighetene gripe inn og ta en vurdering. Med tanke på de ambisiøse klimamålene nasjonalt, også i BA-bransjen, er det ikke helt usannsynlig at det vil oppstå noen økonomiske virkemidler i favør av ombrukskomponenter mens markedet fortsatt er relativt ungt.

7.3.3. Regelverk og standarder

Gjennom litteraturen oppleves regelverket som en stor barriere for ombruk. Likevel viser funnene fra intervjuene at regelverket bare anses som den tredje største barrieren av flertallet. Det kan tyde på en forskjellig oppfatning av barrierer i teorien og i praksis. I pilotprosjektene med ombrukshulldekker fra R4 var det dog mer fokus på regelverk, og det ble lagt inn mye ressurser for å tolke det.

Den største utfordringen med regelverket er at det er laget for nye produkter, og tar derfor lite hensyn til ombruk. Det er mye forvirring og usikkerhet rundt hva som er lovlig, som tyder på at det er noen svakheter ved dagens regelverk. DiBK er i en prosess med klargjøring av regelverket nå, og det kan derfor forventes at det blir mer tydelig for framtidige prosjekter enn det har vært for prosjektene i tilknytning til Regjeringskvartalet. Dokumentasjonsprosessen blir også beskrevet som krevende, men erfaringene med ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet vil nok bringe med seg viktig lærdom som flere kan nytte seg av i senere tid. Det er flere prosesser i gang i år, og det er derfor vanskelig å spekulere i hva som blir resultatet, og hvordan det vil påvirke situasjonen for fremtidig ombruk. Det forventes uansett å ha en positiv effekt for ombruk, men spørsmålet er hvor stor effekt det vil ha for beslutningstakere, sett i sammenheng med de andre barrierene for ombruk.

Sikkerhet trekkes stadig frem som et viktig argument for å være påpasselig med for milde krav til materialer. Sikkerhet må alltid være første prioritet, men i hvilken grad det skal forsøkes å tilrettelegge for ombruk er en annen sak. Det burde være mulig å få til klimavennlige bygg uten at det går på kompromiss med sikkerhet. Igjen, kan det nok forventes noe oppklaring mot slutten av året eller neste år.

Standarder for fabrikkproduserte komponenter er ikke laget med tanke på ombruk, og derfor er det få av dem som kan brukes for ombruksprodukter. Det er mulig å lage en harmonisert standard for ombrukshulldekker, men det er ikke sikkert det vil ha stor praktisk betydning. Fordelen er at man da kan bygge CE-merkede bygg og det er lettere å få 3. parts verifisering. Det ville kanskje ført til at enda flere benytter seg av ombrukskomponenter, men det er usikkert akkurat hvor stor effekt det ville hatt.

Endrede avskrivningsregler for bygg, som har til hensikt å bevare bygget lenger, var et av forslagene til tiltak som ble nevnt av en informant. En slik type regelendring kan helt klart føre til at bygg tas vare på lenger, som vil være positivt i et sirkulærøkonomisk perspektiv. Myndighetene er ansvarlige for å stadig forbedre regelverket slik at det er tilpasset nye klimagass- og ressursbesparende tiltak.

7.3.4. Logistikk

Logistikk er ikke et tema som blir fokusert som utfordrende på verken i litteraturen eller i intervjuene. Det er likevel noen funn som er viktige å vurdere med hensyn til mulighetene for ombruk. Rettidighet er kanskje det viktigste. Et prosjekt har en tidslinje å forholde seg til, og er dermed avhengig av å få de ulike komponentene til riktig tid for å unngå forsinkelser. Ombrukskomponenter kan være utfordrende å bruke fordi det kan oppstå uventede hendelser underveis, som at rivning tar lenger tid enn forventet eller at det viser seg at komponentene var av for dårlig kvalitet til å kunne brukes likevel. I tillegg er ikke ombrukskomponenter tilgjengelige på samme måte som nyproduserte komponenter. En løsning kan være ombrukskartlegginger av bygg som skal rives i nær framtid. Likevel må man forvente å planlegge på en helt annen måte enn om det brukes nye materialer, som vil kreve planlegging og samarbeid på en annen måte enn bransjen er vandt med i dag. Flere informanter påpeker viktigheten av å sette av nok tid til demontering. Dersom det blir lagt inn i planleggingen fra starten av, vil nok ombruk også bli lettere å få til i praksis. Samtidig kan det forventes at dersom ombruk blir mer vanlig i bransjen, vil det være naturlig å tenke på demontering når et bygg i

framtiden skal fjernes. Byggherre anses som ansvarlig for å sette av den ekstra tiden det tar for å tilrettelegge for ombruk. Utvidet tidsbruk vil også være et kostnadsspørsmål, og det er dermed mulig at for eksempel myndighetene må kompensere for økte kostnader for at det skal bli mulig i praksis.

Mellomlagring beskrives som vanskelig tilgjengelig og kostnadsdrivende. Det er dermed behov for å se etter løsninger som kan minske utfordringen. En mulig løsning for hulldekker kan være å bruke lagerområder hos produsentene, som har mye plass i utgangspunktet. I tillegg beskrives leasing som en mulig ny forretningsmodell for produsentene, slik at hulldekkene kunne blitt leaset for levetiden til bygget. Da er det produsenten som eier hulldekkene, og dermed har ansvar for dem når bygget skal rives eller demonteres en gang i fremtiden. Hadde produsentene vært eier og hatt fullt ansvar for hulldekkene, kunne de hatt et lager med brukte hulldekker til enhver tid, som var klare for levering etter kundens ønske. Et slikt system ville også betraktelig redusert utfordringen med rettidighet. Å opprette et slikt system vil være avhengig av at betongelementprodusenter er villige til å tilby leasing som en tjeneste, og ikke minst at markedet konsekvent må etterspørre leasing-elementer.

7.3.5. Tekniske utfordringer og muligheter

Tekniske barrierer anses ikke av informantene som de viktigste, men det er fortsatt noen utfordringer som påpekes. Irreversibilitet i løsningene i dagens bygg beskrives som en av de viktigste utfordringene for å få til ombruk av hulldekker. Med hulldekker som er støpt sammen slik som ved R4, er det krevende og dyrt å separere dem. Å separere dem anses ikke som en barriere i seg selv, men kostnaden er en stor barriere. Utheising beskrives også som utfordrende med eksisterende hulldekker, da det må lages nye fester. I tillegg påpekes det at hulldekker er spesialtilpasset for hvert bygg. Dermed kan det være vanskelig å finne ombrukshulldekker som passer til et nytt prosjekt. Det kan føre til at bygget må tilpasses tilgjengelige komponenter, og ikke motsatt. En slik overgang krever samarbeid mellom flere aktører, som byggherre, arkitekter og miljørådgivere, og det krever nye tankemåter. Da må man bygge ut ifra hva som er tilgjengelig og kan dermed ikke planlegge i samme grad som i dag. For framtidige bygg som skal designes for ombruk vil standardisering av hulldekker være en mulig løsning, og bruk av metoder slik at hulldekkene ikke trenger påstøp eller å støpes sammen i endene. Det finnes allerede metoder for å unngå å støpe sammen hulldekkene, som å bolte dem sammen i stedet. For å unngå påstøp finnes det også muligheter innen dagens rammer. Slike muligheter er dermed et valg byggherre må ta stilling til, og eventuelt etterspørre i anbud. Igjen vil det føre

med seg ekstra kostnader, men det vil forenkle de tekniske utfordringene ved framtidig ombruk. Samtidig bør det lages nye innfestingsmetoder for inn- og utheising som ikke vil være hemmende for framtidig ombruk. Produsentene kan lage slike fester i dag, men det er litt dyrere. Dermed er produksjon av slike fester avhengig av at kunden etterspør det og godtar den ekstra kostnaden det medfører.

Hulldekker kan produseres med dokumentasjon på 50 eller 100 års levetid, og flere informanter påpeker viktigheten av å ha tilgjengelig dokumentasjon. Dersom man alltid dokumenterer for lengst mulig levetid, vil det mest sannsynlig være lettere å ombruke hulldekkene i nye bygg ved en senere anledning. Forslagene til tekniske løsninger gjelder for nye hulldekker og bygg. Det antyder at det er få løsninger for tilrettelegging og forenkling av prosessen med hensyn til allerede monterte hulldekker i eksisterende bygg. Det er derfor viktig å fokusere på mulighetene for design for demontering, og kundene må etterspørre løsninger som kan demonteres i senere tid.

7.3.6. Mulige feilkilder og usikkerhet knyttet til intervjuene

Utvalget av informanter ble begrenset grunnet oppgavens tids- og ressursbegrensing. Det kan ha ført til ensidige og mindre nyanserte innspill. For å kompensere for mengden informanter er det forsøkt å finne informanter med faglig tyngde fra ulike deler av bransjen. Det ville vært fordelaktig å ha et større utvalg av informanter for å belyse flere mulige utfordringer og tiltak innenfor oppgavens avgrensinger.

Bias kan knyttes til intervjueren gjennom kommentarer, tonefall eller kroppsspråk. Intervjuobjekter kan også vise partiskhet gjennom å unngå å dele detaljer om eller diskutere enkelte tema. På den måten vil intervjuobjektet kun gi et delaktig bilde av situasjonen. Selve intervjuene kan også ha innvirkning på resultatene, da det kan være at spørsmålene burde vært utformet annerledes eller stilt på en annen måte. Det er forsøkt å stille åpne spørsmål for å unngå at informantene blir ledet i en bestemt retning, og kan svare ærlig og fritt ut ifra sin kompetanse.

7.4. Miljøanalyse

Som resultatene viser, er det klart høyest utslipp i tilknytning til råmaterialer ved nyproduksjon av hulldekker. Fase A1 for nye hulldekker tilsvarer alene over dobbel mengde av utslippet fra hele systemet til ombrukshulldekkene uavhengig av valgt metode for avhending. Dermed må

det skje store endringer i råmaterialeuttak for å konkurrere med ombrukshulldekker på grunnlag av lavest klimagassutslipp. Uansett valgt transport i analysen kan ombrukshulldekkene transporteres en ekstra avstand på mellom 450 og 1100 km før de oppnår samme mengde klimagassutslipp som systemene for nyproduserte hulldekker. Tidligere i oppgaven ble det satt spørsmålsteget ved analysens overførbarhet til distrikts-Norge på grunn av generelt lengre transportavstander enn i Oslo. Resultatene fra analysen viser at ombrukshulldekker mest sannsynlig vil være mer klimagassbesparende enn nye hulldekker uansett hvor i Norge de skal brukes, men at besparelsen reduseres avhengig av transportavstand og vil variere ut ifra valgt transportmiddel. Så lenge det finnes tilgjengelige ombrukshulldekker innen en omkrets på 450 km fra et prosjekt, vil dermed ombrukshulldekker fortsatt være mindre eller like klimagass-intensive som nye hulldekker. Funnene samsvarer godt med tidligere forskning, som anslår store forskjeller fra prosjekt til prosjekt, men alltid klimagassbesparelse for ombrukshulldekker som transporteres opp til 200 km og i noen tilfeller opp til 1000 km (Brambilla et al., 2019). Det påpekes i artikkelen at det er urealistisk å transportere dem over 1000 km uansett. Resultatene til Høydahl og Walter (2020) viser at ombrukshulldekkene kan transporteres 890 km før utslippene tilsvarer nye hulldekker, med forutsetningene gjort i deres oppgave. Basert på tidligere forskning antas det dermed at funnene i analysen er realistiske, selv om resultatet vil variere mye som tidligere nevnt.

Det er stor usikkerhet i noe av datagrunnlaget som har blitt brukt i analysen, men usikkerheten forventes ikke å ha avgjørende påvirkning på sammenligningen mellom nye hulldekker og ombrukshulldekker. Det er fordi produksjon av nye hulldekker utgjør en vesentlig andel av totale utslipp, og datagrunnlaget for utslipp fra produksjon av hulldekker er godt dokumentert. EPD anses som en spesifikk og troverdig kilde, som i tillegg er tredjepartsverifisert. Samtidig har det i analysen blitt laget et gjennomsnitt av flere EPDer for hulldekker med verdier som er relativt like. Det må med andre ord forekomme store avvik fra datagrunnlaget dersom ombrukshulldekker skal få et høyere klimagassutslipp enn nye hulldekker. For valg mellom deponering og gjenvinning med substitusjon er det derimot små marginer, og andre metodiske valg eller datagrunnlag kan føre til et annerledes resultat. Transport er en viktig faktor ved gjenvinning av betong, og i analysen viste det seg at den knuste betongen ikke kunne transporteres over 35 km før substitusjonseffekten forsvinner. Dersom knusingen av betong i realiteten er mer utslippsintensiv eller at betongavfallet må transporteres lenger enn forventet, skal det lite til før det heller vil lønne seg å deponere avfallet med de forutsetningene som er gjort i oppgaven. Det er ikke vurdert andre substitusjonsmaterialer enn pukk. Dersom

betongavfallet ble brukt inn i produksjon av ny betong kunne det også hatt en innvirkning på resultatet. Som en forenkling av oppgaven forutsettes det også at deponering ikke har tilknyttede utslipp. Det er ikke nødvendigvis riktig, og utslipp tilknyttet selve deponeringen kunne med fordel blitt inkludert i analysen. Utslipp knyttet til montering inkluderer kun energikilder, og ekskluderer dermed fuging og støping. Dersom det hadde blitt inkludert ville utslippet økt betraktelig. Det forutsettes likevel at montering vil være likt uavhengig av scenario, og det vil dermed ikke påvirke forholdet mellom de ulike scenarioene.

7.5. Videre arbeid

BA-bransjen jobber for å oppnå krav om 70% materialgjenvinning. Samtidig er dagens statistikk så mangelfull, at det er vanskelig å vite hvordan bransjen egentlig ligger an med tanke på de gitte målene. Bransjen har dermed ikke et reelt sammenligningsgrunnlag på avfallsstatistikken fra år til år. Det er behov for en oppgradering av statistikken slik at bransjen har faktiske tall å forholde seg til. Ombruk burde også blitt inkludert som en separat del av statistikken, da det ikke kan sammenlignes direkte med gjenvinning. Samtidig har ombruk en egen prioritet i avfallspyramiden, og burde gis større prioritet også i statistikken for å synliggjøre andelen i Norge.

Markedspotensialet skulle som utgangspunkt tallfestes i oppgaven. På grunn av manglende datagrunnlag ble ikke det gjort. Det ville vært svært interessant å finne ut hvor store mengder hulldekker som er tilgjengelige i bygg, og hvor de finnes. Dermed ville det være lettere å forutse hvordan et marked for ombrukskomponenter potensielt kan utvikle seg i årene framover. Siden økonomi ofte er førende for prosjektbeslutninger, anbefales det også å videre undersøke hvor de økonomiske utfordringene er størst, og hvilke økonomiske variabler som er viktigst i prosjekter med tilknytning til ombrukskomponenter. Det kunne skapt et beslutningsgrunnlag for tiltaksbehov dersom det ønskes mer ombrukskomponenter i markedet.

Miljøanalysen var en liten del av oppgaven, og har potensiale for videre utvikling. Den vurderer ikke ressursutnyttelse eller andre miljøaspekter enn klimagassutslipp. I tillegg er det mye usikkerhet tilknyttet deler av datagrunnlaget som kan forbedres. Det ville vært interessant å vurdere flere ulike former for avhending med en grundigere tilnærming, for eksempel å inkludere knust betong i produksjon av ny betong, noe som fikk lite fokus i oppgavens miljøanalyse.

8. Konklusjon

Målet med oppgaven var å gi en oversikt over eksisterende barrierer og muligheter for ombruk av betongelementer innenfor dagens begrensninger. Samtidig skulle det undersøkes og vurderes mulige tiltak som kan iverksettes for å øke andelen ombruk av byggevarer i framtiden. En siste del av oppgaven var å vurdere miljøpotensialet for ombruk og gjenvinning av hulldekker i ulike scenarioer, som et tilskudd til et beslutningsgrunnlag for bransjen.

Resultatene viser at økonomi er den absolutt største barrieren for ombruk i dag, og at det ikke er noen enhetlig løsning for å bedre lønnsomheten. Regelverket er under endring, og forventes å ha noe betydning for ombruk, selv om omfanget fortsatt er uvisst. Samtidig forventes det mer ombruk i framtiden, og flere aktører har gjennom pilotprosjekter som KA13 og OSBL allerede vist at det er mulig. Slike prosjekter forventes å ha bragt frem erfaringer som kan minske usikkerheten og forenkle prosessen for de som følger etter. Stadig mer ambisiøse miljømål hos de ulike aktørene fremtvinger innovasjon for å komme fram til klimagassbesparende løsninger. Resultatene fra miljøanalysen viser at systemene for ombrukshulldekker har et vesentlig lavere klimagassavtrykk enn systemene for nyproduserte hulldekker med oppgavens forutsetninger. Ombrukshulldekkene kan transporteres opptil en distanse på nesten 1100 km før de oppnår like høyt klimagassutslipp som i systemene for nyproduserte hulldekker, noe som anses som svært usannsynlig. For gjenvinning av knust betong som fyllmasse i vei, er transportavstand en følsom variabel, og gjenvinning kan ved substitusjon med pukk få høyere klimagassutslipp ved distanser på over 35 km.

Studien har overføringsverdi til andre prosjekter som ønsker å benytte seg av ombrukskomponenter, og aktører som holder til i andre landsdeler enn Oslo-området. Det understrekes at resultater ofte vil være prosjektspesifikke, og at overføringsverdi fra både erfaringsdeling og miljøanalyse vil ha stor variasjon fra prosjekt til prosjekt.

9. Referanser

- Boye, E. (2019). *Sirkulær framtid – om skiftet fra lineær til sirkulær økonomi*. I: Framtiden i våre hender (red.).
- Brambilla, G., Lavagna, M., Vasdravellis, G. & Castiglioni, C. A. (2019). Environmental benefits arising from demountable steel-concrete composite floor systems in buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 141: 133-142. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.014>.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psycholog. *Qualitative Research in Psychology*, 3 (2): 77-101.
- Bree, R. & Gallagher, G. (2016). Using Microsoft Excel to code and thematically analyse qualitative data: a simple, cost-effective approach. *AISHE-J*, 8.
- Chini, A. & Bruening, S. (2003). Deconstruction and materials reuse in the United States.
- Coelho, A. & de Brito, J. (2011). Economic analysis of conventional versus selective demolition—A case study. *Resources Conservation and Recycling - RESOUR CONSERV RECYCL*, 55: 382-392. doi: 10.1016/j.resconrec.2010.11.003.
- Collins, F. (2010). Inclusion of carbonation during the life cycle of built and recycled concrete: influence on their carbon footprint. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15 (6): 549-556. doi: 10.1007/s11367-010-0191-4.
- Contiga AS. (2020). *Ombrukshulldekke fra Regjeringskvartal R4 til Oslo Storbylegevakt*.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2018). *Ombruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles?* Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/> (lest 09.03.2021).
- Direktoratet for byggkvalitet. (u.å.-a). *Kapittel 9 Ytre miljø*
- § 9-5. *Byggavfall*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-5/> (lest 30.01.21).
- Direktoratet for byggkvalitet. (u.å.-b). *Kapittel 9 Ytre miljø*
- Innledning til kapittel 9 Ytre miljø*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/innledning-til-kapittel-9/> (lest 30.01.21).
- Direktoratet for byggkvalitet. (u.å.-c). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/> (lest 30.01.21).
- Eliassen, T. (2021). *Telefonsamtale med Fagansvarlig miljø i anlegg, Tollef Eliassen, Veidekke ASA (18.05.21)* (18.05.21).
- Entra ASA. (2021). *Erfaringsrapport ombruk Kristian Augusts gate 13*. Futurebuilt.

- European Union. (2008). *DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.*
- Fjeldheim, H., Smeplass, S., Rist, T., Kjøge, H., Kermit, P. H., Udahl, G., Steinsholt, O., Eliassen, T., Karlsen, J., Kanstad, T., et al. (2020). *Konseptutredning for fremstilling og dokumentasjon av ombrukshulldekker fra Regjeringskvartalet til bruk i Oslo Storbylegevakt.*
- FN-sambandet. (2019). *Bærekraftig utvikling.* Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>.
- Franzefoss Pukk AS. (2021). *Knust stein/pukk, Franzefoss avd. Steinskogen.* epd-norge.no. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317489-1614071300/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2695-1401_Knust-stein-pukk--Franzefoss-avd-Steinskogen.pdf.
- Ghisellini, P., Ripa, M. & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178: 618-643. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>.
- Grønn Byggallianse. (2018). *Grønn materialguide.* Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf> (lest 18.03.2021).
- Gundersen, L. (2021). *Bruker 15 millioner på «Finn.no» for brukte byggematerialer.* Avfallsbransjen.no. Tilgjengelig fra: <https://avfallsbransjen.no/2021/02/24/skal-hindre-at-materialer-ender-pa-dynga-lager-finn-no-for-brukte-byggematerialer/>.
- Høiby, L. & Sand, H. (2018). *Circular economy in the Nordic construction sector* Nordic Council of Ministers.
- Høydahl, V. V. r. & Walter, H. K. (2020). *Ombruk av byggematerialer og -produkter i et bærekraftperspektiv:* Norwegian University of Science and Technology.
- Ibenholt, K., Frisell, M. M., Gobakken, L. R., Hegnes, A. W. & Walbækken, M. M. (2020). *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen.* Oslo: Samfunnsøkonomisk analyse AS.
- Kilvær, L., Sunde, O. W., Eid, M. S., Fjeldheim, H. & Rydningen, O. (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer:* DiBK.
- Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127: 221-237.

- Klima- og miljødepartementet. (2017). *Meld. St. 45*
- Avfall som ressurs– avfallspolitikk og sirkulær økonomi*: Regjeringen.
- Klima- og miljødepartementet. (u.å.). *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/sirkular-okonomi/id2700997/>.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2020). *Nytt regjeringsskvarartal*. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/regjeringsskvarartalet/nytt-RKV/id712726/>.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2021a). *Nå blir det enklere å bruke brukte byggematerialer om igjen*.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2021b). *Tildelingsbrev 2021 – Direktoratet for byggkvalitet*. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/bef58a2b56824de4bedb0d7c0e5d42da/tildelingsbrev-2021-direktoratet-for-byggkvalitet-pdf.pdf> (lest 01.02.2021).
- Leland, B. N. (2008). *PROSJEKTERING FOR OMBRUK OG GJENVINNING*. Oslo: RIF – Rådgivende Ingeniørers Forening.
- Lindstad, M., Landet, R. R., Nilsen, C. K., Wærner, E. R., Hansen, R., Kempf, P. F., Reiten, S. & Bingham, L. P. (2021). *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP 5)*.
<http://www.byggemiljo.no/>.
- Loe Betongelementer AS. (2018). *Hulldekke B45 M45*. epd-norge.no. Tilgjengelig fra:
https://www.epd-norge.no/getfile.php/139397-1538061158/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-1638-656_Hulldekke-B45-M45.pdf.
- Loopfront. (u.å.). *Produkt*. loopfront.no. Tilgjengelig fra:
<https://www.loopfront.com/no/produkt>.
- Lyng, K., Rønning, A., Vold, M. & Svanes, E. (2014). *Karbonopptak i betong i LCA og EPD: Østfoldforskning (NORSUS)*.
- Maguire, M. & Delahunt, B. (2017). *Doing a Thematic Analysis: A Practical, Step-by-Step Guide for Learning and Teaching Scholars*. *AISHE-J*, 3.
- Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G. M. & Gruner, R. L. (2020). Exploring environmental benefits of reuse and recycle practices: A circular economy case study of a modular building. *Resources, Conservation & Recycling*, 160. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104855>.

- Naber, N. R. (2012). *Reuse of hollow core slabs from office buildings to residential buildings*: TU Delft.
- Nordby, A. S., Solli, C. & Dahlstrøm, O. (2015). *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer*. I: AS, A. V. (red.). Energi og miljø. Trondheim.
- Nordby, A. S. (2018). *Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg*. Sandvika.
- Nußholz, J. L. K., Nygaard Rasmussen, F. & Milios, L. (2019). Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy. *Resources, Conservation and Recycling*, 141: 308-316. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.036>.
- Nyland, E., Apelseth, M. & Espelid H. H. (2019). Brukte materialer er gode som nye byggeklosser - men med dagens regelverk blir de fort bremseklosser. Tilgjengelig fra: https://www.kluge.no/contentassets/3bffc3d960fa42bf80047f68f19ec963/ombruk-byggno_article1413876.pdf.
- Petersen, A. K. & Holthe, K. (2016). *OMBRUK OG MATERIALGJENVINNING AV BETONG*: Multiconsult.
- Rakhshan, K., Morel, J.-C. & Daneshkhah, A. (2021). A probabilistic predictive model for assessing the economic reusability of load-bearing building components: Developing a Circular Economy framework. *Sustainable Production and Consumption*, 27: 630-642. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.031>.
- Regjeringen. (2013). *Rammedirektivet for avfall*: Miljøverndepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/>.
- Røine, S. (2021). *Mailutveksling med miljøkonsulent Steinar Røine, Spenncon AS (20.05.21)* (20.05.21).
- Rønning, A., Engelsen, C. J. & Brekke, A. (2016). *Materialstrømsanalyse - byggavfall. Betong gips og vindusglass*: Østlandsforskning. Tilgjengelig fra: <https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2015/06/OR-03-16-Materialstr%C3%B8msanalyse-byggavfall-002.pdf>.
- Rønning, A., . & Tellnes, L. G. F. (2018). *Blir det bedre bygg ved bruk av LCA? Gjennomgang av noen utvalgte LCA-studier*: Østfoldforskning.
- Saunders, M. N. k., Lewis, P. & Thornhill, A. (2015). *Research Methods for Business Students*.

- Seehusen, J. (2019). *Miljødirektoratet vil lette på kravene for gjenbruk: – Vil føre til en dobling av gjenvinning av gammel betong*: TU bygg. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/miljodirektoratet-vil-lette-pa-kravene-for-gjenbruk-vil-fore-til-en-dobling-av-gjenvinning-av-gammel-betong/473140> (lest 02.03.2021).
- Skogesal, O. (2019). *Statistikk over BA-avfall*: NHP-nettverket.
- SSB. (u.å.-a). *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09781/tableViewLayout1/> (lest 26.03.2021).
- SSB. (u.å.-b). *Avfallsregnskapet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfregno> (lest 02.03.2021).
- Statsbygg. (u.å). *Riving av Regjeringsbygg 4 (R4)* Tilgjengelig fra: <https://dok.statsbygg.no/wp-content/uploads/2020/05/rivingR4.pdf>.
- Statsbygg. (u.å.). *Nytt regjeringskvartal*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/prosjekter-og-eiendommer/nytt-regjeringskvartal>.
- Store norske leksikon. (u.å.). *hulldekke-element*. snl.no. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hulldekke-element>.
- Susegg, E., Hunnes, S. & Grynning, S. (2021). *Sintef rehabiliterer fremfor å bygge nytt. Det sparer miljøet for flere tusen tonn klimagasser*. aftenposten.no. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/viten/i/wezpgL/sintef-rehabiliterer-fremfor-aa-bygge-nytt-det-sparer-miljoet-for-fler> (lest 29.05.21).
- Sørnes, K., Nordby, A. S., Fjeldheim, H., Hashem, S. M. B., Mysen, M. & Schlanbusch, R. D. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*: SINTEF fag,.
- United Nations. (u.å.). *The Paris Agreement*. Tilgjengelig fra: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.
- Veidekke. (2021). *Veidekke skal bli klimanøytralt innen 2045*. Veidekke.no. Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/pressemeldinger/article36744.ece> (lest 16.05.2021).
- World Green Building Council. (u.å.). *Green building & the Sustainable Development Goals*. Tilgjengelig fra: <https://www.worldgbc.org/green-building-sustainable-development-goals> (lest 04.05.21).
- Wærner, E. (2020). *Ombruk av byggevarer- hva er kravene?* Byggemiljø. Tilgjengelig fra: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/06/Ombruk_krav.pdf (lest 09.03.2021).

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide Gruppe 1

Intervjuguide: Gruppe 1

Del 1: Introduksjon

Spørsmål 1: Hva er din rolle i bransjen?

Spørsmål 2: Hva har vært din rolle i prosjektet med ombrukshuldekk fra Regjeringskvartalet?

Del 2: Erfaringer ved ombruk i bransjen

Spørsmål 3: Hvilke faktorer er det som bestemmer om (bedrift) skal benytte jomfruelige eller ombruksmaterialer i byggeprosjekter?

- Ranger gjerne de 3 viktigste grunnene

Spørsmål 4: Hva mener du er de viktigste endringene som må til for å tilrettelegge for ombruk?

- Tekniske
- Krav og reguleringer
- Økonomiske
- Holdninger
- Tid/plass

Spørsmål 5: Hvor i prosessen mener du de viktigste utfordringene ligger med hensyn til ombruk?

Del 3: Erfaringer ved ombrukshuldekk fra R4

Spørsmål 6: Hvordan har erfaringene fra Regjeringskvartalet påvirket deres synspunkt på bruk av ombrukshuldekker i fremtiden?

Spørsmål 7: Hvordan vil en evt. harmonisert standard eller EAD for ombrukshuldekker påvirke beslutningen om å benytte ombrukshuldekker i større grad?

Spørsmål 8: Kan man forvente like lang holdbarhet for ombrukshuldekkene som for nye?

Spørsmål 9: Hvor mye bearbeiding av huldekkene har det vært behov for?

- Kan de tas rett ut og settes rett inn?

Del 4: Avslutning

Spørsmål 10: Er det noe du vil tilføye?

- Er det noe som har vært uklart?
- Er det noen temaer du føler vi ikke har snakket om?
- Har du andre kommentarer?

Vedlegg 2: Intervjuguide Gruppe 2

Intervjuguide: Gruppe 2

Del 1: Introduksjon

Spørsmål 1: Hva er din rolle i bransjen?

Spørsmål 2: Hvordan jobber din virksomhet med omstilling til økt ombruk av bygningskomponenter?

Spørsmål 3: Hva er dine erfaringer med ombruk av byggematerialer? Hvor lenge har dere vært involvert i slik virksomhet?

Del 2: Erfaringer ved ombruk i bransjen

Spørsmål 4: Hvilke faktorer mener du er utslagsgivende for om det skal brukes ombruksmaterialer i byggeprosjekter?

- Ranger gjerne de 3 viktigste årsakene

Spørsmål 5: Hva mener du er de viktigste endringene som må til for å oppnå økt grad av ombruk i byggeprosjekter?

- Tekniske løsninger
- Krav og reguleringer
- Økonomiske endringer eller incentiver
- Holdninger
- Tid/plass

Spørsmål 6: Hvor i prosessen mener du de viktigste utfordringene ligger med hensyn til ombruk?

Spørsmål 7: Hva er markedspotensialet for ombrukshulldekke i dag?

- Hvordan er tilgang på ombrukskomponenter?
- Hvordan er etterspørsel etter ombrukskomponenter?
- Hva med de neste årene?

Spørsmål 8: Hva er din egen holdning til ombruk?

Spørsmål 9: Hvem anser du som ansvarlig aktør i en omstilling til økt ombruk i bransjen?

Del 4: Avslutning

Spørsmål 10: Er det noe du vil tilføye?

- Er det noe som har vært uklart?
- Er det noen temaer du føler vi ikke har snakket om?
- Har du andre kommentarer?

Vedlegg 3: Godkjenning fra NSD

NSD sin vurdering

Prosjekttittel

Ombruk av hulldekkelementer; hva er status og hvordan ser framtiden ut?

Referansenummer

501502

Registrert

10.02.2021 av Ingrid Staveland Reppe - ingrid.staveland.reppe@nmbu.no

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet – NMBU / Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Ole Jørgen Hanssen, ole.jorgen.hanssen@nmbu.no, tlf: 90727977

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Ingrid Staveland Reppe, ingrid.staveland.reppe@nmbu.no, tlf: 94159433

Prosjektperiode

04.01.2021 - 30.06.2021

Status

17.02.2021 - Vurdert

Vurdering (1)

17.02.2021 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 17.02.2021, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

DEL PROSJEKTET MED PROSJEKTANSVARLIG

Det er obligatorisk for studenter å dele meldeskjemaet med prosjektansvarlig (veileder). Det gjøres ved å trykke på "Del prosjekt" i meldeskjemaet.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde:

<https://www.nsd.no/personverntjenester/fyll-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema>

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 30.06.2021

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål
dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

Teams er databehandler i prosjektet. NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29.

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Vedlegg 4: Datagrunnlag miljøanalyse (Excel)

Nyproduksjon A1-A4

DE	Contiga Lavkarbon A Pr tonn	Spenncon hulldekke Pr tonn	Block Berge bygg Lavkarbon A Pr tonn	Element NOR B45M40 Lavkarbon B Pr tonn
Fase				
A1	97,4	91,4	96,4	88,1
A2	13,74	2,01	1,44	6,73
A3	7,44	2,25	1,7	6
A4	7,97	4,36	8,6	15,9
Total (Kg CO2e pr tonn)	126,55	100,02	108,14	116,73

NOBI 265 Pr tonn	Forholdstall 2,702702703	Gjennomsnitt Pr tonn	NOBI 265 pr m2 (370kg pr m2)	Forholdstall 1000/370
104,05		95,47		38,5
6,46		6,08		2,39
3,00		4,08		1,11
4,14		9,02		1,53
117,65		113,82		43,53

Ombruk A1-A4

A1	
Contiga	5,28
Høydahl og Walter	0,99
Gjennomsnitt	3,135 Kg CO2e pr tonn hulldekke

A2	
Contiga	5,02
Høydahl og Walter	6,8
Gjennomsnitt	5,91 Kg CO2e pr tonn hulldekke

A3	
Contiga	0,095
Høydahl og Walter	0,13
Gjennomsnitt	0,1125 Kg CO2e pr tonn hulldekke

A4	
Contiga	9,59
Høydahl og Walter	5,95
Gjennomsnitt	7,77 Kg CO2e pr tonn hulldekke

B1 Bruk

Karbonatisering udekket overflate	
120 år	5,4 kg CO2 e (opptak)
60 første år	3,8 kg CO2 e (opptak)
60 siste år	1,6 kg CO2 e (opptak)

Karbonatisering dekket overflate	
120 år	3,80 kg CO2 e (opptak)
60 første år	2,7 kg CO2 e (opptak)
60 siste år	1,10 kg CO2 e (opptak)

C1 Rivning

40,00 L (diesel)
12,00 m²/t
3,33 L/m²
2,70 m²/tonn hulldekke
2,88 kg CO₂/liter diesel
25,95 Kg CO₂e pr tonn hulldekke

C2 Transport til avfallsbehandling

Deponi	Asak	Utslipp (kg CO ₂ e)
	36,2 km (R4-Asak)	3,26
Fyllmasse	Franzefoss avd. Steinskogen	
	18,1 km	1,63
EURO 6 trailer	0,09 Kg CO ₂ e/tkm (SimaPro)	

D Substitusjon

Pukk fra Franzefoss avd. Steinskogen

1,14 Kg CO₂e (Sprengstein)
1,93 Kg CO₂e (1. knusetrinn)
3,07 Kg CO₂e (Total pukk)
18,10 km (Steinskogen-R4)
0,09 Kg CO₂e/tkm (SimaPro)
4,70 Utslipp (kg CO₂e)

C3 knusing til fyllmasse

40 L diesel/time
80 tonn/time
0,5 l/ tonn
1 tonn hulldekke
2,88 kg CO₂/ liter
20 km (hypotetisk veiprojekt)
0,09 Kg CO₂e/tkm (SimaPro)
3,24 Kg CO₂ pr tonn hulldekke



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway