



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2023 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

# **Bærekraftig ombruk av teglstein**

Sustainable reuse of brick stone

**Signe Johansen Aanes**  
Byggeteknikk og arkitektur

## FORORD

Verdien av å få utføre et dypdykk i et egenvalgt tema og bygge opp sin egen oppgave kan ikke sammenlignes. Den har gitt meg en ny forståelse for bransjen, tillatt meg å møte mange flotte mennesker, gjort meg til en bedre skriver og gitt meg muligheten til å lære om teglstein som materiale.

Teglsteinen er en av de eldste byggematerialene vi har. Steinen har vært med på å forme de fleste av verdens byer og er en grunnsten i vår sivilisasjon (bokstavelig talt). Steinen er laget av mennesker for mennesker. Den kan brukes av alle og har av den grunn ofte blitt vurdert til et arbeiderklasse materiale, som burde gjemmes bort og dekkes til. Kvalitetene til steinen har likevel brakt den frem, og i dag er estetikken den eier en av dens største verdier. Å få gjøre et dypdykk i dette materialet har vært en reise jeg i dag setter stor pris på.

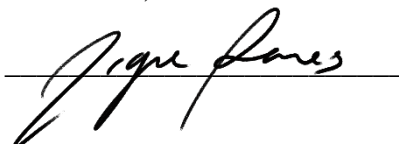
Denne prosessen har også vist meg hvor hjelpsomme mennesker er, både de aktørene jeg har møtt i bransjen gjennom denne prosessen, men også de folkene jeg har i livet mitt som har stilt opp hele veien.

Jeg vil derfor benytte denne anledningen til å takke min hovedveileder Gabrielle Bergh som alltid har vært til stede og bidratt med god veiledning og støtte gjennom denne prosessen.

Videre vil jeg takke alle aktører som har stilt opp under mastergradsoppgaven, både i form av veiledning for temaet og via intervjuer. Det er mange av dere og jeg setter pris på dere alle.

Til slutt vil jeg takke venner og familie som har bidratt med hjelp og moralsk støtte gjennom prosessen. Jeg hadde ikke klart dette uten dere.

Ås, 15.05.2023



---

Signe Johansen Aanes

## SAMMENDRAG

De siste årene har det blitt lagt mer vekt på å bygge bærekraftig med en mer sirkulær materialflyt. Materialene skal utnyttes til deres fulle potensiale og forbli i bruk lengst mulig. Deponering skal minimeres, uttak av jomfrumaterialer begrenses og de brukte materialer skal få nytt liv gjennom ombruk, gjenbruk eller resirkulering. Materialer, som teglstein, med lang teknisk og estetisk levetid er spesielt godt egnet i en sirkulær materialflyt. Den høye CO2 kostnaden ved produksjon blir mindre belastende om materialet er i bruk ut hele sin levetid.

Når ombruk innlemmes i et byggeprosjekt, oppstår det nye problemstillinger. I denne oppgaven ses det på disse erfaringene og utfordringene som oppstår i prosjekter hvor det brukes ombruksstein eller hvor det designes med tanke på fremtidig ombruk av stein. Oppgaven har blitt utført via litteraturstudie og ved kvalitative intervjuer med aktører som har bidratt i ombruksprosjekter med teglstein.

Ombrukssteinens største utfordringer er usikkerhet på kvaliteten til materialet, tilgang på materialet og mangelen på et marked av aktører som kan tilby kjøp, salg og håndtering av teglstein. For å få til bærekraftig bruk av ombrukssteinen er det derfor viktig å teste den, kartlegge mulige materialbanker og få inn et marked med aktører som kan tilby nødvendige tjenester.

Når det designes for fremtidig ombruk av teglstein er hovedproblemene knyttet til mørtelen. En mørtel som tillater fremtidig ombruk, må være myk nok til at steinen skal kunne separeres, men dette gir også mørtelen dårligere heft noe som begrenser mulige design med mindre det legges inn ekstra konstruktive tiltak.

For at teglsteinen skal være et bærekraftig ombruksmateriale må det tas hensyn til de problemstillingene som oppstår under prosjektene. Med kunnskap fra pilotprosjekter, veiledere og erfarne aktører kan disse problemstillingene løses og ombruksprosjekter utføres med suksess.

## ABSTRACT

In recent years there has been more emphasis on sustainable construction through a circular management of materials. In this system materials would be utilized to their full potential and stay in circulation or as long as possible. Disposal would be kept to a minimum, extraction of virgin materials limited and used materials given new life in form of reuse or recycling. Materials, like brick stone, with long technical and aesthetic life is especially well suited to a system of circular material management. The high CO<sub>2</sub> production cost becomes less taxing if a material is used until the end of its lifetime.

Incorporating reuse of materials into a building project poses new challenges that must be addressed. This thesis intends to investigate these challenges that arise when reusing brick stone or designing for future reuse of brick stone. The research for this thesis has been conducted through a combination of literary studies and qualitative interviews with individuals who have participated in projects where reuse of brick stone is involved.

The main challenges of reusing stone are assessing the quality of the stone, the access of material sources and the lack of a market for purchase, sale, and handling of the material. It's therefore important to test the stone, map out material sources and build a market that can supply the needed services to make reusing brick stone sustainable.

When designing for future construction of used brick stone the main challenges are connected to the mortar used. A mortar that allows future reuse must be soft enough to later be separated. This makes the mortar less adhesive and limits the possible design unless extra constructive measures are applied.

For brick stone to be a sustainable material, the unique considerations of incorporating reused materials in a project must be addressed. With more knowledge from pilot projects, guidelines, and experienced parties the challenges can be solved, and projects that incorporate reusing of materials can be conducted successfully.

# INNHOILDSFORTEGNELSE

Forord.....	I
Sammendrag .....	II
Abstract.....	III
<b>1. Innledning .....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Problemstilling og Formål .....	2
1.3 Begrensinger .....	3
1.4 Begrepsforklaring .....	4
1.5 Struktur .....	6
<b>2. Teori.....</b>	<b>7</b>
2.1 Introduksjon .....	7
2.1.1 Sirkularitet og materialeffektivitet .....	8
2.1.2 Hvorfor ombruk av teglstein .....	9
2.2 Teglstein.....	12
2.2.1 Materialets historie .....	12
2.2.2 Mørtelen .....	13
2.2.3 Steinen .....	14
2.2.4 Ombrukssteinen.....	15
2.2.5 Vurdering for ombruk .....	16
2.2.6 Testing og krav .....	17
2.3 Bygge med ombrukstein .....	20
2.3.1 Teglvegger.....	20
2.3.2 Den konstruktive kapasiteten til teglveggen .....	21
2.4 Design for fremtidig ombruk .....	22
2.4.1 Designprinsipper for ombrukbarhet .....	22
2.5 Designprosessen og ombruk .....	24

2.6 Markedet i dag .....	26
2.7 Ny teknologi .....	27
<b>3. Metode .....</b>	<b>29</b>
3.1 Forming av problemstilling .....	29
3.2 Valg av metode .....	30
3.2.1 Prosjektstudie .....	30
3.2.2 Kvalitative intervjuer.....	31
3.3 Litteraturstudie.....	31
3.4 Intervju.....	33
3.4.1 Valg av prosjektene .....	33
3.4.2 Utvelgelse av informanter .....	33
3.4.3 Datainnsamling og behandling.....	34
3.5 Dataanalyse.....	35
3.6 Etske- og personvernhsyn .....	35
3.7 Evaluering av metode .....	36
<b>4. Prosjektene.....</b>	<b>38</b>
4.1 Prosjekt 1: Ruseløkka skole.....	38
4.2 Prosjekt 4: Eikeli Skole.....	39
4.3 Prosjekt 3: Vollsveien 13H.....	40
4.4 Prosjekt 4: Vollsveien 9-11.....	41
4.5 Prosjekt 5: Lilleakerveien 4E+F .....	42
<b>5.Resultater .....</b>	<b>43</b>
5.1. Prosjektene.....	43
5.1.2 Informantene .....	44
5.1.3 Synspunkt og holdninger.....	44
5.2.Ombrukssteinen .....	46
5.2.1 Lokalstein .....	46

5.2.2	Importstein .....	49
5.2.3	Marked for ombruksteglstein .....	50
5.2.4	Klimabeskyttelse .....	52
5.2.5	Oppsetting .....	53
5.2.6	Estetikk og vedlikehold .....	53
5.3	Fremtidig ombruk .....	54
5.3.1	Mørteltype .....	54
5.3.2	Konstruktive tiltak .....	55
5.3.3	Byggeprosess .....	55
5.4	Referanseprosjekter og erfaring .....	56
5.5	Hvorfor ombruk .....	57
5.5.1	Klima .....	57
5.5.2	Historisk tilknytning .....	58
<b>6.</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>59</b>
6.1	Teglstein som bærekraftig materiale .....	59
6.1.1	Klima- og miljøpotensialet .....	59
6.1.2	Ombrukspotensialet .....	60
6.1.3	Historisk bærekraftig .....	61
6.1.4	Estetisk levetid .....	61
6.2	Bruk av ombrukssteinen .....	62
6.2.1	Ombrukssteinen .....	62
6.2.2	Tilgang og prosessering av steinen .....	64
6.2.3	Tid og kostnad .....	65
6.2.4	Lovverk .....	66
6.3	Design for Fremtidig ombruk av steinen .....	66
6.3.1	Utfordringer med teglstein som fremtidig ombruksmateriale .....	66
6.3.2	Design og konstruksjon .....	67

6.3.3 Byggeprosess.....	67
<b>7. Konklusjon.....</b>	<b>69</b>
<b>8. Veien videre .....</b>	<b>71</b>
<b>9. Referanseliste.....</b>	<b>72</b>
<b>10. Vedlegg .....</b>	<b>78</b>



## FIGUROVERSIKT

Figur 1: sirkulære kretsløp, inspirert av (Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021).....	8
Figur 2 Klimagassutslipp murstein, inspirert av (Kilvær et al., 2019).....	10
Figur 3: Prosentandel reduksjon i klimagassutslipp, inspirert av (Kilvær et al., 2019).....	11
Figur 4: Massivvegg og Trondhemshulmursvegg, inspirert av (Nordby, 2009).....	20
Figur 5: Hulmursvegg og Forblendingsvegg, inspirert av (Nordby, 2009).....	21
Figur 6: Designprinsipper for ombrukbarhet, inspirert av (Nordby, 2009).....	22
Figur 7: Ordinær designprosess, inspirert av (Kozminska, 2019).....	24
Figur 8: Designprosess som involverer ombruksmaterialer, inspirert av (Kozminska, 2019).	25
Figur 9: Designprosess ved design for fremtidig ombruk, inspirert av (Kozminska, 2019)....	25
Figur 10: Ruseløkka skole, hentet fra (Furture Built, 2023).....	38
Figur 11: Eikeli skole, hentet fra (Furture Built, 2023).....	39
Figur 12: Vollsveien 13H, hentet fra (Mustad, 2023).....	40
Figur 13: Vollsveien 9-11, hentet fra (Furture Built, 2023).....	41
Figur 14: Lilleakerveien 4E+F, hentet fra (LPO, 2022).....	42
Figur 15: Basert på informasjon fra intervjuene, rekkefølgen kan differensiere.....	46
Figur 16: Markedsgrunnlag, inspirert av informasjon fra intervju.....	51

## TABELLOVERSIKT

Tabell 1: Basert på tabell fra nettsiden vcob.dk (VCOB, 2023). .....	9
Tabell 2: liste over søkeord.....	32
Tabell 3 Informant oversikt.....	33

# 1. INNLEDNING

## 1.1 BAKGRUNN

Med klimaendringene kommer fatale konsekvenser. Ifølge FNs nyeste rapport, er verden på vei mot en temperaturøkning på 3,2 °C om det ikke gjøres betydelige tiltak (IPCC, 2023). FN har satt et mål om å begrense temperaturøkningen til maksimum 2 °C, helst 1,5 °C, og for å få til det må klimagassutslippet reduseres med 43 % innen 2030 og 84 % innen 2050 sammenlignet med utslippene i 2019 (IPCC, 2023).

Byggebransjen spiller en betydelig rolle for utslipp av klimagasser, da den står for en tredjedel av det globale CO<sub>2</sub>-utslippet (Serrenho et al., 2019). Bransjen forbruker i dag store mengder råmaterialer og bidrar til ødeleggelse av natur. Utvinningen av naturressurser er årsak til 90 prosent av tapet av biologisk mangfold og 50 % av de globale klimaendringene (Klima og miljødepartementet, 2021). Byggebransjen står for 50 % av det globale forbruket av primærmaterialene (Verhagen et al., 2021). En slik bruk av ressurser er med på trenden som fører til at jordas overforbruksdag, dagen som markerer datoen når menneskeheten har brukt opp alle de biologiske ressursene som jorda reproducerer i løpet av et år, kommer stadig tidligere i året (Global Footprint Network, 2023). I 2022 var dagen den 12. april i Norge, over to måneder før verdens overforbruksdag den 28. juli for verden (Global Footprint Network, 2023)

I tillegg til å være en betydelig kilde til klimagassutslipp og påvirkning på biologisk mangfold, genererer byggebransjen også enorme mengder avfall. Den står for en milliard tonn avfall noe som tilsvarer 20 til 30 % av den totale avfallsmengden i EU (Gallego-Schmid et al., 2020). I Norge står byggebransjen for hele 40 % av alt avfall i landet (Klima og miljødepartementet, 2021).

Ombruk av byggematerialer kan bidra til å løse disse problemene. Det kan bidra til å redusere behovet for ny produksjon av materialer, minske behovet for uttak av nye naturressurser, redusere avfallsmengden og redusere klimagassutslippene knyttet til produksjon og transport av nye materialer.

## 1.2 PROBLEMSTILLING OG FORMÅL

Problemstillingen i denne oppgaven er:

*«Hvordan kan erfaringer fra dagens ombruksprosjekter med teglstein bidra til bærekraftig bruk av materialet i fremtiden?»*

Denne problemstillingen er delt inn i de to følgende forskningsspørsmålene:

1. Hvilke innhentede erfaringer ved bruk av brukt teglstein kan bidra til et bærekraftig bruk av materiale i fremtiden?

Formålet med dette forskningsspørsmålet er å se på de utfordringene og erfaringer som er blitt gjort i et prosjekt hvor det er benyttet brukt teglstein i fasaden, og hvordan disse erfaringene kan bidra til å finne bedre løsninger for fremtidige prosjekter.

2. Hvilke innhentede erfaringer ved design for fremtidig ombruk av teglstein kan bidra til et bærekraftig bruk av materiale i fremtiden?

Formålet med dette forskningsspørsmålet er å se på de utfordringer og erfaringer som kom frem i prosjektene der fasadedesign for fremtidig ombruk av teglstein ble vurdert, og hvordan disse erfaringene kan bidra til å finne bedre løsninger for fremtidige ombruksprosjekter

Ved å besvare disse forskningsspørsmålene bidrar denne oppgaven til økt kunnskap om bruken av ombruksstein og design for fremtidig ombruk av steinen. Hvordan den best mulig kan anvendes i et byggeprosjekt og hvilke faktorer som bør tas i betraktning for å kunne gjennomføre et effektivt og bærekraftig prosjekt. Dette er viktig fordi byggeprosjekt kan redusere utslippene sine av CO<sub>2</sub> og forbruket av råmaterialer.

### 1.3 BEGRENŚINGER

Oppgavens begrensninger:

- Oppgaven ser på teglstein som et bærekraftig ombruksmateriale.
- Oppgaven ser på mulighetene til å løse dagens utfordringer med bruk av ombruksstein og design for fremtidig ombruk av stein.
- Oppgaven ser ikke direkte på hvordan ombruk av teglstein kan økes i bransjen, selv om konsekvensen av å løse dagens utfordringer kan bidra til økt ombruksgrad.
- Oppgaven er ikke en undersøkelse av markedet i dag, den refererer til markedet, men det er ikke blitt gjort noen undersøkelse av hvilke tilbud som eksisterer.

Prosjektbegrensninger gjort i oppgaven:

- Prosjektet måtte enten benytte bruk eller vurdert bruk av ombruksstein eller bygging for fremtidig ombruk av steinen. Bakgrunnen for at det er både snakk om prosjekter der det er blitt benyttet og vurdert benyttet er at det finnes få slike prosjekter i dag. Prosjekter hvor det har blitt vurdert forteller også om hvilke utfordringer som kommer opp under en slik prosess da det sannsynligvis var disse utfordringene som stoppet prosjektets bruk av ombruk av tegl.
- Prosjektene er begrenset til totalentrepriser.
- Alle bygg er plassert i Osloområdet. Denne begrensningen ble gjort for at prosjektene som ble vurdert skulle ha et mest mulig likt klimagrunnlag.
- Prosjektene måtte være større bygg med en fasade over flere etasjer. Dette ble gjort for å utelukke privathus og mindre prosjekter.
- Prosjektene som benyttet ombruksstein måtte gjøre dette i en funksjonelt ny fasade, noe som ekskluderer prosjekter der fasadene ble restaurert. Grunnlaget for dette er at ombruksstein satt inn i en ny fasade vil oppføre seg annerledes enn om den blir satt inn i en restaurert gammel fasade.

## 1.4 BEGREPSFORKLARING

**Ombruk:** Prosessen der et materiale brukes om igjen i sin originale form og til sitt opprinnelige formål (Marit Lindstad et al., 2021).

**Bærekraftig ombruk:** I denne oppgaven brukes uttrykket bærekraftig ombruk om ombruk som er økonomisk, funksjonelt og miljømessig bærekraftig å utføre.

**Materialgjenvinning:** Prosess det materialer brukes i nye produkter (Nordby, 2019).

**Gjenbruk:** Prosess der materiale brukes igjen enten i form av materialgjenvinning eller ombruk (Marit Lindstad et al., 2021). Ombruk og gjenbruk brukes mye om hverandre av aktører i bransjen, i siteringer vil det derfor ofte stå gjenbruk når det menes ombruk.

**Sirkulær økonomi:** En økonomi hvor det implementeres ombruk, gjenbruk og andre ressurs besparende tiltak slik at minst mulig skal gå tapt (Marit Lindstad et al., 2021).

**LCA:** Life Cycle Assessment. Norsk: Livsløpvurdering, en vitenskapelig metode for å avgjøre miljø- og ressurspåvirkningen gjennom livsløpet til et produkt (LCA, 2023).

**CE-merking:** Certification in EU. Sertifisering som legger til rette for omsetting av produkter i EU. Produkter må være CE-merket før de kan omsettes (Kilvær et al., 2019).

**EAD:** European Assessment document, Norsk: Europeisk bedømmelsesdokument, som gjelder på produktgruppenivå og er gyldig for hele EU/EØS (Kilvær et al., 2019).

**ETA:** European Technical Assessment. Norsk: Europeisk teknisk bedømmelse, utvikle ut ifra en EAD og muliggjør CE-merking av byggevarer (Kilvær et al., 2019).

**Teknisk levetid:** Tiden det tar før en bygningsdels tekniske funksjon blir utslitt (Kampesæter et al., 2009)

**Estetisk levetid:** Tiden det tar før en bygningsdel ikke er estetisk tilfredsstillende lengre (Kampesæter et al., 2009)

**Murstein:** Stein brukt i mur-konstruksjoner, dette kan være teglstein, naturstein, betongstein eller annet.

**Teglstein:** Leire som er blitt formet som steinklosser og brent.

**Stein:** I denne oppgaven referer stein utelukkende til teglstein. Om det er snakk om andre typer stein så vil det spesifiseres.

**Ombruksstein:** I denne oppgaven gjelder det teglstein som har blitt brukt tidligere.

**Lokalteglstein:** Lokalteglstein er et begrep som kan bety ulike ting menes det i denne oppgaven er det bare snakk om teglstein som kommer fra samme tomt som byggene bygges på når det snakkes om prosjektene.

**Informant:** Her refereres det til personer intervjuet i oppgaven

**Aktør:** Her refereres det til selskaper innenfor byggebransjen som ikke er intervjuet i denne oppgaven.

**Oppgaven:** Brukes her for mastergradsoppgaven

## 1.5 STRUKTUR

Oppgaven følger følgende struktur:

- 1. Innledning** Dette kapitlet skal introdusere oppgaven ved å fortelle om bakgrunnen, komme med begrepsforklaringer, beskrive problemstilling og formålet til oppgaven
- 2. Teori** Teorien skal gi et innblikk i litteraturen som eksisterer om temaet i dag og skal sammen med resultatene fra intervjuene brukes til å svare på oppgavens problemstilling
- 3. Metode** Metodekapitlet skal fortelle om metoden brukt for å komme frem til resultatene
- 4. Prosjektene** Dette kapitlet skal introdusere prosjektene brukt i studien
- 5. Resultater** Resultatkapitlet skal presentere resultatene fra intervjuene
- 6. Diskusjon** Diskusjonskapitlet skal diskutere informasjonene som kom frem under litteraturstudiet beskrevet i teorien og resultatene fra intervjuundersøkelsen og skal legge et grunnlag for konklusjonen
- 7. Konklusjon** Konklusjonen skal besvare forskningsspørsmålene og problemstillingen

## 2. TEORI

### 2.1 INTRODUKSJON

Teorikapittelet skal undersøke relevant litteratur for bruk av ombruksstein og fremtidig ombruk av teglstein.

Kapittelet følger følgende struktur:

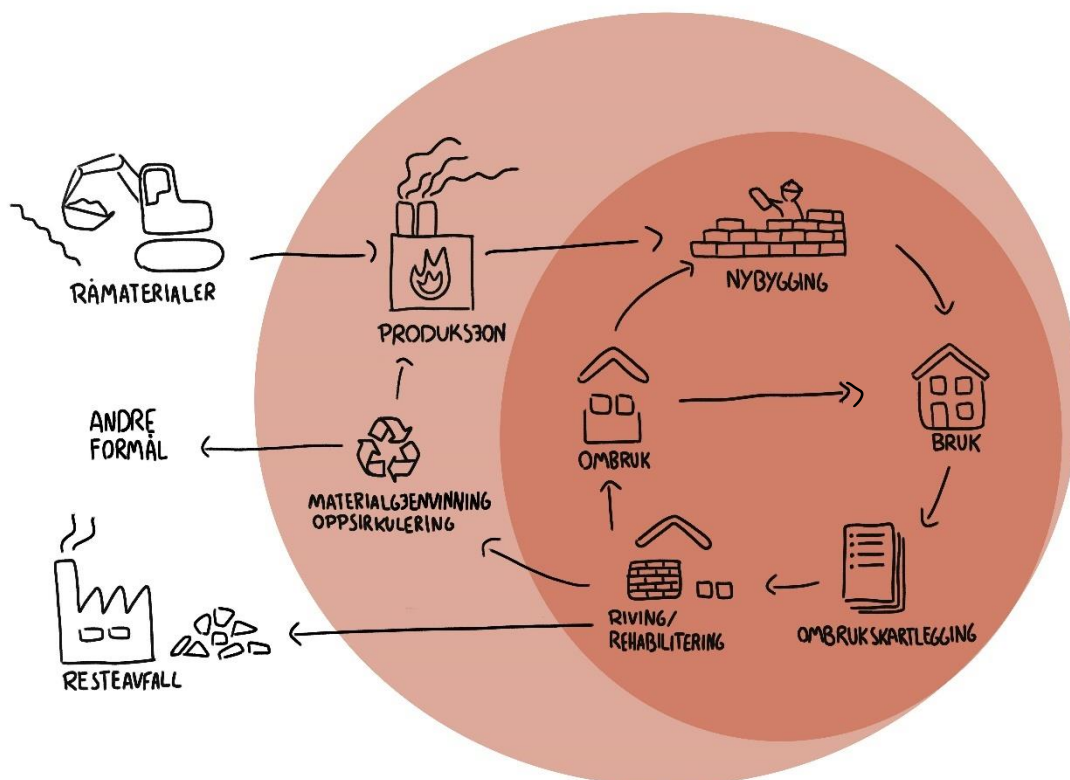
- |  |   |
|--|---|
| <b>2.1 Introduksjon</b>                | 2.1.1 Sirkularitet og materialeffektivitet        |
|  | 2.1.2 Hvorfor ombruk av teglstein                 |
| <b>2.2 Teglstein</b>                   | 2.2.1 Materialets historie                        |
|  | 2.2.2 Mørtelen                                    |
|  | 2.2.3 Steinen                                     |
|  | 2.2.4 Ombrukssteinen                              |
|  | 2.2.5 Vurdering for ombruk                        |
|  | 2.2.6 Testing og krav                             |
| <b>2.3 Bygge med ombruksstein</b>      | 2.3.1 Teglvegger                                  |
|  | 2.3.2 Den konstruktive kapasiteten til teglveggen |
| <b>2.4 Design for fremtidig ombruk</b> | 2.4.1 Designprinsipper for ombrukbarhet           |
| <b>2.5 Designprosess og ombruk</b>     |   |
| <b>2.6 Markedet i dag</b>              |   |
| <b>2.7 Ny teknologi</b>                |   |

Strukturen er temabasert og er satt opp i følgende rekkefølge for å få minst mulig repetisjon.



## 2.1.1 SIRKULARITET OG MATERIALEFFEKTIVITET

Det siste århundret, spesielt etter andre verdenskrig, har byggene som har blitt satt opp reflektert et verdisyn med mindre omtanke for fremtidige konsekvenser, som viser seg å ha en betydelig påvirkning på klima og miljø (Nordby, 2009). Natursynet er gjeldene, med grunnholdninger basert på turbo-kapitalisme og rovdrift av naturressurser forbruker materialene på en oppsiktsvekkende lite gjennomtenkt måte (Nordby, 2009). Dagens byggeskikk kan ikke fortsette. Fremtiden krever innovative løsninger i byggebransjen for å minske de katastrofale effektene som klimaendring og tap av biologisk mangfold har (IPCC, 2023). Det er avgjørende at regjeringer verden over legger til rette for at byggeindustrien kan tilpasse seg denne hastende økologiske krisen og bygge bærekraftig (Pelsmakers & Newman, 2021). Sirkulær økonomi, et økonomisystem som bygger på prinsipper fra det sirkulære kretsløpet i naturen (Nilsen, 2023), kan være en del av løsningen. Systemet transformerer produkter og tjenester for å eliminere problemet med avfall og dets miljøpåvirkninger ved å benytte fornybare ressurser og lukkede materialsøyfer (Kozminska, 2019).



FIGUR 1: SIRKULÆRE KRETSLØP, INSPIRERT AV (GRØNN BYGGALLIANSE & STATSBYGG, 2021).

I Norge blir kun 2,4 % av alle materialer resirkulert tilbake inn i økonomien (Nilsen, 2023). Norge er også ett av landene med høyest forbruk av materialer per person og er derfor langt

unna en sirkulæromstilling (Nilsen, 2023). I 2021 sto byggebransjen for 1,82 millioner tonn avfall, 38 % av det, 695 455 tonn, kom fra tegl, betong og andre tunge byggematerialer (Statistisk Sentralbyrå, 2022). En mer ressurseffektiv bruk og håndtering av overskuddsmasser vil kunne redusere behovet for areal til deponering, minske behovet for nye mineralske byggematerialer, forbedre logistikken, redusere transport, klimagassutslipp og kostnader ved mange infrastrukturprosjekt (Klima og miljødepartementet, 2021). Det kan dermed bli et viktig bidrag for at Norge skal kunne nå målene for reduksjon av klimagassutslipp og være et foregangsland slik regjeringen har satt som mål i Granavolden-plattformen (2021).

### 2.1.2 HVORFOR OMBRUK AV TEGLSTEIN

Samfunnet i dag er avhengig av store mengder byggematerialer, men det er forurensende å utvinne primærressurser. Derfor er gjenvinning en nødvendighet (Brunner, 2015). Urban Mining er et begrep som betegner uthenting og systematisk gjenbruk av menneskeskapte materialer fra urbane områder, som baseres på at byer inneholder store mengder materialer inkorporert i bygninger, infrastruktur og landfyllinger (Brunner, 2015). Eldre byer har spesielt gode grunnlag for å hente ut brukte materialer (Brunner, 2015). Oslo er en by med store mengder teglbygg, da byen fikk murtvang i 1624 (Thue & Gunnarsjaa, 2023), som betyr at det finnes materialbanker i området og derfor et potensiale for ombruk.

Teglsteinen har gode ombruksegenskaper, den er robust, har lang levetid og kan, gitt de rette forholdene, demonteres og settes opp igjen (Buset, 2023). Steinen har blitt vurdert av den danske VCOB - Videncenter for Cirkulær Økonomi (VCOB, 2023) vist i tabell 1.

<b>TEGLSTEIN FRA ÅR 0 – 2020</b>				
<b>SAMLET VURDERING</b>		<b>VURDERING AV FARLIG STOFFER</b>		
<b>Ombruk</b>	<b>Gjenbruk</b>	<b>Inneklima</b>	<b>Eksternt miljø</b>	<b>Arbeidsmiljø</b>
<b>GODT EGNET</b>	<b>MULIG</b>	<b>GODT EGNET</b>	<b>DÅRLIG</b>	<b>DÅRLIG</b>

*TABELL 1: BASERT PÅ TABELL FRA NETTSIDEN VCOB.DK (VCOB, 2023).*

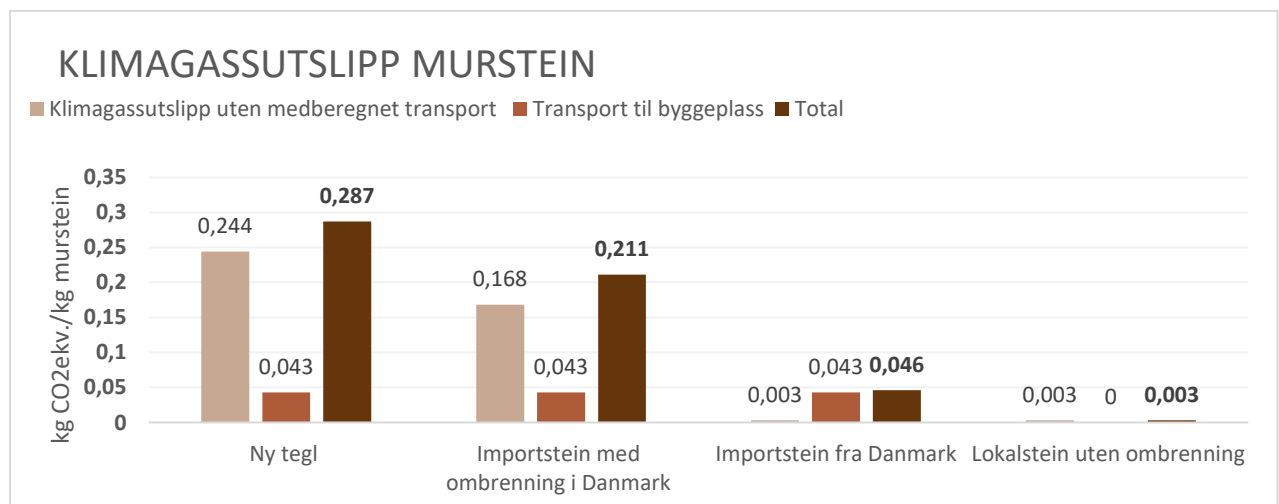
Som vist i tabell 1 gir materialet et godt inneklima, som betyr at det fungerer bra i innvendige fasader. Teglstein inneholder riktignok tungmetaller som kan påvirke arbeidsmiljøet, men

steinen blir likevel ikke regnet som en risiko. Tabell 1 viser at teglstein scorer dårlig på eksternt miljø. Med eksternt miljø menes det den påvirkningen materialet har på miljøet om det blir behandlet som avfall, altså ikke gjenvinnes. Derfor er en dårlig score her positivt for ombrukspotensialet (VCOB, 2023).

I dag rives og kastes om lag 50 000 tonn teglstein i året i Norge, samtidig bygges det med 40 000 tonn ny teglstein årlig (Høine, 2023). Produsering av ny teglstein er en energikrevende prosess som slipper ut store mengder klimagasser per kvadratmeter fasade sammenlignet med andre kledningsmaterialer (Sørnes et al., 2014). Ny teglstein transportert fra Danmark har et utslipp 0.287 kg CO<sub>2</sub> ekv./ kg murstein (Kilvær et al., 2019). Ved en LCA av materialet, altså en livsløpsvurdering til et materiale og ikke bare produksjonskostnadene, så kommer teglstein svært godt ut (Nordby, 2009). Bygg i dag bygges for å stå i 60 år (Helgesen, 2020), som betyr at teglsteinen ikke får levd opp til sitt fulle potensiale. Indirekte utslipp, spesielt fra produksjon av byggevarer, står for den største andelen av livsløpskostnadene til energieffektive bygninger (Röck et al., 2020). For å minimere klima- og miljøpåvirkningene til materialet så burde det ifølge LCA brukes så lenge som mulig (Röck et al., 2020).

### KLIMAGASSREDUSKJON

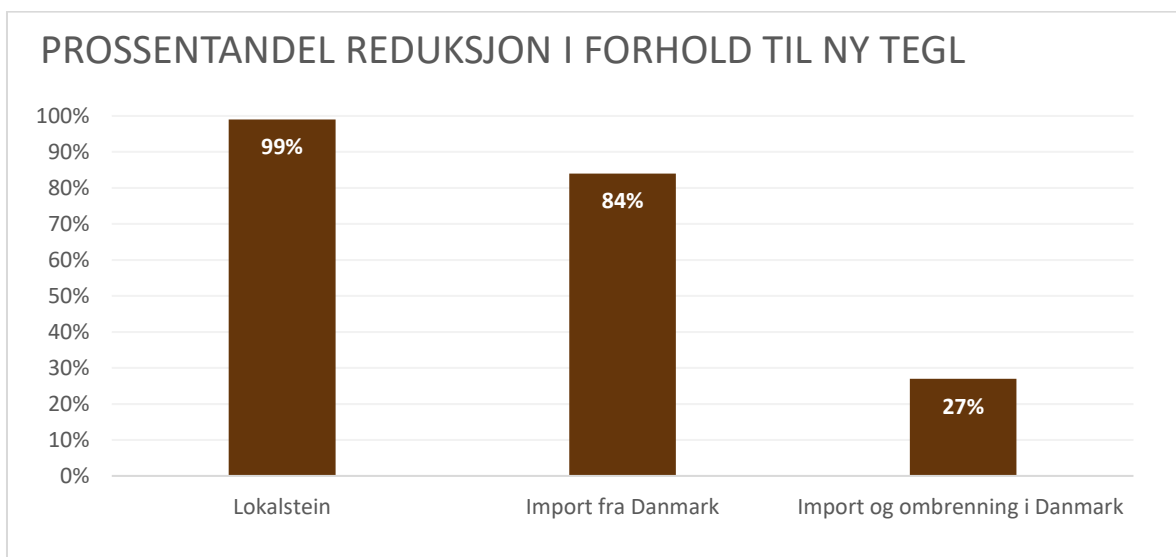
Norge har som mål å kutte klimagassutslippene med 90 til 95 % innen 2050, som krever kutt i alle sektorer (Klima og miljødepartementet, 2021). For å oppnå dette burde det derfor brukes materialer med lavest mulig CO<sub>2</sub> utslipp. Fra figur 2 vises det at ombruksstein har for både ombrent importstein, ikke ombrent importstein og lokalstein lavere CO<sub>2</sub> utslipp nivåer enn ny stein (Kilvær et al., 2019).



FIGUR 2 KLIMAGASSUTSLIPP MURSTEIN, INSPIRERT AV (KILVÆR ET AL., 2019)

## TRANSPORT

Tegl er et forholdsvis tungt materiale som betyr at transporten fort blir energikrevende. Ettersom det ikke eksisterer teglverk i Norge (Thue & Gunnarsjaa, 2023) må all ny teglstein importeres. Ombruksstein, enten det er fra en nærliggende materialbank eller importert fra Danmark, har stort potensiale i å kutte CO2 kostnadene. Bruk av materialet blir aller mest effektiv når den utføres innenfor samme område da transportutslippene dermed blir lavere (Brunner, 2015). Figur 3 viser den mulige prosentreduksjonen i CO2 utslipp basert på opprinnelsen til steinen. Tallene i figur 3 gjelder for Oslo. Transportering av stein til andre deler av landet vil gi andre CO2 utslipp.



FIGUR 3: PROSENTANDEL REDUKSJON I KLIMAGASSUTSLIPP, INSPIRERT AV (KILVÆR ET AL., 2019)

## MATERIALUTHENTING

Uthenting av ressurser i seg selv er miljøbelastende. Samtidig har økende ressursmangel satt større fokus på bærekraftshensyn, redusering av miljøpåvirkninger og leting etter mer miljøvennlige løsninger (Terrones-Saeta et al., 2020). Når det hentes ut jomfrumaterialer til produksjon av steinen fører det til ressursuttømming, ødeleggelser av naturen, og energiforbruk (Shakir & Mohammed, 2013). Jomfrumaterialene blir hentet fra blant annet elvebredder og åssider, og denne aktiviteten skaper forurensning og etterlater seg sår i landskapet (Shakir & Mohammed, 2013). Dette har skapt et trykk på bransjen for å finne alternativer. Ett av dem er å resirkulere brukte materialer som erstatning for ny leire ved produksjon av steinen (Shakir & Mohammed, 2013). Dette gjør produksjonen mindre ressursbelastende, men fjerner ikke problemet med CO2 utslippet ved selve produksjonen av

steinen. Til sammenligning vil, i det ideelle tilfellet, ombruksstein kreve kun lokal urban mining og derav kutte nesten alle CO2 utslippene.

## 2.2 TEGLSTEIN

Teglsteinen er et særs lettbrukelig og allsidig materiale. Steinen er utformet slik at den kan brukes av enkeltpersoner uten hjelp av maskiner (Tveteraas & Boysen, 1976). Steinens form tillater en stor variasjon i design, og gir den gode trykkegenskapene som gjør at den kan bære store laster. I sin enkleste form inneholder steinen kun leire, en ressurs som kan ekstraheres i store deler av verden, og krever kun en tørkeprosess for å kunne brukes. Disse egenskapene har gjort at steinen har blitt bruk i alt fra skur til katedraler og eksisterer i konstruksjoner verden over.

Bruk og ombruk av steinen er likevel ikke uten utfordringer. Tegl, og spesielt ombruksstein, har sine kriterier for best mulig bruk som må ta hensyn til. For å kunne håndtere utfordringene som kan forekomme, er en forståelse av materialets historie, egenskaper, tidligere bruk og hvordan materialet påvirkes av sin konstruksjon og miljøet det står i, essensielt.

### 2.2.1 MATERIALETS HISTORIE

Teglstein er, sammen med naturstein og trevirke, et av de eldste byggematerialene (Tveteraas & Boysen, 1976). Bruk av teglstein kan dateres til 5000 år tilbake i tid hvor det nevnes i første Mosebok, men det kan tenkes at materialet har vært kjent i Kina lenge før det (Hakonsen et al., 2009). Opprinnelig var produksjonsprosedyren svært enkel. Råmaterialet, leiren, formet i blokker for så å tørke i solen (Tveteraas & Boysen, 1976). Slik stein hadde begrenset styrke og tålte vann dårlig, det egnest seg derfor best i land med tørt klima. I deler av verden blir det fortsatt produsert stein på denne måten (Boysen, 1995). Med ny teknologi kom muligheten til å brenne leirsteinene som ga dem høyere styrke og hardhet. Det kom også redskaper som tillot å grave frem leiren der den tidligere hadde vært mindre tilgjengelig (Tveteraas & Boysen, 1976). Denne endringen i materialkvalitet og tilgjengelighet økte bruken av materialet og spredte det til nye lokasjoner. Nå kunne leirsteinen brukes i land med mindre gunstige klima og dårligere tilgjengelighet (Tveteraas & Boysen, 1976).

Teglsteinen kom til Norge på 1200 tallet da det første teglsteinsbygget ble satt opp i Trondheim (Hakonsen et al., 2009). Rester av middelalderbygg som bruker teglstein er funnet i Oslo, Trondheim, Tønsberg og Valdesholm (Thue & Gunnarsjaa, 2023). Fra 1230 drev

Norge med egen teglproduksjon og ved slutten av 1800 tallet var det rundt 300 murverk i Norge (Hakonsen et al., 2009). I dag er det ingen teglproduksjon i landet, da det siste verket, Bratsberg teglverk i Telemark, ble lagt ned i 2014 (Thue & Gunnarsjaa, 2023). En årsak til dette kan tenkes å være Norges tilgang og tradisjon med trevirke, en annen kan være at det krever mye organisering og investering i forhold til andre materialer (Hakonsen et al., 2009).

I motsetning til naturstein har teglsteinen hatt en mer beskjeden historie frem til moderne tid. De fleste monumentale arkitektoniske byggverkene, før innføringen av betong og stål, består av naturstein (Tveteraas & Boysen, 1976). Naturstein krever uthogging, spesialkunnskap og mye arbeidskraft og ble derfor ofte forbeholdt byggeprosjekter som omfattet store grupper med mennesker (Tveteraas & Boysen, 1976). Teglstein derimot er et materiale som lett kan håndteres av enkeltpersoner. Tveteraas og Boysen skrev det slik «Ved enhver pyramide lå det en by av teglstein» (Tveteraas & Boysen, 1976).

Riktig nok ble det også bygget monumentale bygg i teglsten, spesielt i områder med lite naturstein. Den europeiske gotikken er en periode der teglsteinsbygg var et anerkjent materiale på linje med naturstein, det finnes derfor flere gotiske kirker av teglstein (Tveteraas & Boysen, 1976).

Menneskets forhold til mursteiner har endret seg mye gjennom epokene basert på den estetiske holdningen til tiden og de teknologiske mulighetene de hadde (Tveteraas & Boysen, 1976). Den industrielle revolusjonen førte med seg utvikling av materialene stål, glass og betong som tillot nye uttrykksformer, og endret hvordan det bygges (Tveteraas & Boysen, 1976). I dag konstrueres det ofte ikke etter materialenes prinsipper, men heller etter ønsket design og bygningstekniske krav som har ført til at materialene fra dagens bygg er vanskelig å ombruke. Den gamle praksisen å ta teglstein fra ett bygg å sette den inn i neste er derfor i stor grad blitt gått bort ifra (Buset, 2023).

### 2.2.2 MØRTELEN

Mørtel for mur-konstruksjoner faller som regel i en av tre kategorier; kalkmørtel, sementmørtel og en blanding av disse (Addis, 2006). Kalkmørtel er en mykere mørtel, som tillater demontering uten at steinen blir ødelagt og lett kan renses vekk (Nordby, 2019). Sementmørtelen er en hardere mørtel, den har bedre heft, tåler mer og tillater andre konstruksjoner enn kalkmørtelen, men gjør steinen vanskeligere å separere ved demontering (SINTEF, 2017). Kalkmørtel var standard før den på 1900 tallet begynte å bli faset ut til fordel for sementmørtel (Sørnes et al., 2014).

Kalkmørtelen har en rekke fordeler. Den har for det første en lavere klimabelastningen enn sementmørtel (Moropoulou Antonia & Asterios, 2011). Videre trenger ikke konstruksjoner med kalkmørtel ekspansjonsfuger slik de ville gjort med sementmørtel, da materialet er mer fleksibelt og hydraulisk enn sement (Nordby, 2009). Mørtelen er også smidig å mure med, og den lengre tørkeprosessen gjør at den kan brukes og endres på fra en dag til neste (Nordby, 2009). Kalkmørtel sammen med teglstein gir også en homogen vegg som er mindre utsatt for frostsprengning (Nordby, 2009)

Herdetiden til kalkmørtel er på 91 dager, en god del lengre enn sementmørtels 28 dager (Buset, 2023). Den lengre tiden kalkmørtel trenger for å tørke og oppnå full styrke, kan gå utover koordineringen og effektiviteten på byggeplassen (Nordby, 2009). I tillegg kan ikke mørtelen utsettes for frost under herdetiden og byggeprosessen må tilrettelegges deretter (Nordby, 2009).

### 2.2.3 STEINEN

Teglstein består av tørket og brent leire og regnes som et monomateriale på tross av at det inneholder tilsetningsstoffer (Nordby, 2009). Leiren er en kompleks gruppe materialer som er en sammensetning av ulike mineraler som hver har sin egen mineralogi, geologiske forekomst, teknologi og applikasjon (Shakir & Mohammed, 2013). Leiren kan tilsettes ulike stoffer for å få ønskede kvaliteter (Boysen, 1995). Brenningsgrad, temperaturen steinen brennes på, avgjør robustheten til steinen og den kategoriseres i fire ulike brenningsgrader: lettbrent, mellombrent, hardbrent og klinker (Buset, 2023). En høyere brenningsgrad vil gi en mer solid stein, med mindre porer, mørkere farge, mer trykkfasthet og bedre frostsikkerhet (Boysen, 1995). Tilsvarende vil en stein brent på lavere temperatur ha lys farge, mer åpen porestruktur, mindre trykkfasthet og dårligere frostmotstandsevne (Boysen, 1995). Stein brent på høy temperatur er derfor bedre egnet i utsatte konstruksjoner som yttervegger, og spesielt deler av fasaden som ikke er beskyttet av puss, overheng eller andre tiltak (Sørnes et al., 2014). Stein med en mer åpen porestruktur kan oppta og avgi fukt og kan dermed bidra til et bedre inneklima (Nordby, 2009). Ved å differensiere på kvaliteten til steinen etter brenningsgrad kan det oppnås en rekke miljømessige fordeler da en mykere stein for innebruk krever en mye lavere brenningstemperatur (400 til 600 °C) i motsetning til en stein som skal brennes til sitring (1000+ °C) (Nordby, 2009). Det kreves betydelig mindre energi å brenne stein ved lavere temperaturer og dette vil gi en mer miljøvennlig stein.

Teglstein har høy termisk masse, og steinen samler opp og lagrer mye varmeenergi, samtidig har den moderat ledningsevne (Hakonsen et al., 2009). Denne kombinasjonen gjør materialet godt egnet som en temperaturregulator gjennom døgnsyklusen, som er med på å skape et godt innemiljø (Hakonsen et al., 2009).

#### 2.2.4 OMBRUKSSTEINEN

I denne oppgaven deles ombrukstein inn i to kategorier, lokalstein og importstein. Importstein er stein som importeres inn i landet. Lokalstein er stein som kommer fra samme tomt som det bygges på. Bruk av lokal ombrukstein betyr at aktørene selv står ansvarlig for å kartlegge, teste og håndtere steinen.

Steinen er som tidligere nevnt godt egnet som ombruksmateriale, men akkurat hva den kan benyttes til avhenger av de tekniske egenskapene til steinen. Teglstein som skal benyttes over flere etasjer må ha tilstrekkelig trykkfasthet, skal steinen stå i ytterfasade må den være frostsikker, med mindre den dekkes av puss (Kilvær et al., 2019). I realiteten er det vanskelig å sikre at kvaliteten på all steinen i et parti er god nok da den kan variere mye, spesielt når det kommer til frostsikkerhet (Sørnes et al., 2014). Derfor bør det påberegnes utskifting av ombrukstein brukt utendørs (Sørnes et al., 2014). Gjenvinningsgraden i et utvalg kan variere med 5-50 % avhengig av hvilke krav som kreves av steinen, mørtel brukt, helse og miljøfarlige stoffer og rivemetode (Sørnes et al., 2014)

Grunnen til at eldre stein varierer så mye i kvalitet kommer av hvordan de har blitt brukt og hvordan de tidligere ble produsert. Tidligere brente ovnene mye mer ujevnt noe som skapte et større sprik i kvaliteten til steinen. Stein som lå lengst inn ble brent på en høyere temperatur enn stein som lå lengre ut, og fikk derfor mer styrke og frostsikkerhet (Tveteraas & Boysen, 1976). Stein med lavere brenningsgrad ble brukt i innervegger, mens den med høyere brenningsgrad ble benyttet i ytterfasaden. Steinen burde derfor sorteres når bygget rives (Kilvær et al., 2019). I dag brukes som regel hardbrent stein til ombrukstein, siden kvaliteten på den er best egnet (Buset, 2023). Lavbrent stein kan imidlertid fungere god på steder der den ikke er utsatt for frost.

Ombruksteinen har som regel et rustikt utseende med en naturlig variasjon fra stein til stein som skaper et spill i fasaden, noe som har gjort materialet populært blant arkitekter og designere (Reclaimed, 2023). Både farge, form, materialitet og størrelse kan variere og avhengig av hvilket uttrykk som ønskes å fremheve kan det være et positivt eller negativt karaktertrekk (Reclaimed, 2023).



## 2.2.5 VURDERING FOR OMBRUK

For å avgjøre optimal måte å ombruke materialer på er det nødvendig å utføre en detaljert og ofte spesialist basert undersøkelse av materialenes tekniske egenskaper, nåværende kvalitet, tidligere bruk, varighet, kjemiske sammensetning, miljø belastning, giftighet, og andre mulige defekter (Kozminska, 2019). Men før det kjøres tester kan det ut ifra konstruksjonens alder, lokasjon til bygget, plassering i veggen og bruk, få en tidlig innsikt i hvilke kvaliteter steinen har og hvor godt egnet den er til ombruk.

### ALDER

Alderen sier noe om hvilke frostkvalitet som kan forvente av steinen og hvilken mørtel som sannsynligvis ble brukt i konstruksjonen. Mørteltypen har stor betydning på hvor lett det er å demontere veggen. Ifølge Sintef sin rapport «Forsvarlig ombruk av byggevarer» (Kilvær et al., 2019), så kan konstruksjonene deles opp i fire epoker etter når de ble konstruert:

Oppført før ca. 1925

- Stein fra ytterfasade er sannsynligvis egnet for direkte ombruk og krever ingen viderebehandling utenom rensing
- Stein fra innerfasade krever sannsynligvis etterbehandling i form av gjenbrenning grunnet for dårlig frostmotstand for å kunne brukes i yttervegg

Oppført mellom ca. 1925 – 1955

- Mørtelens fasthet kan være begrensende for ombruk og burde derfor kontrolleres om det er mulig å separere stein fra mørtel. Steinen kan sannsynligvis ombrukes

Oppført etter ca. 1955

- Stein oppført etter 1955 er sannsynligvis satt sammen med en så hard mørtel at det kreves spesielle mekaniske rengjøringsutstyr for å separere steinen. En slik teknologi er ikke tilgjengelig i dag

Oppført etter ca. 1975

- Stein oppført etter 1975 er nesten utelukkende oppført med sementmørtel og med frostsikker murstein. Så selv om mursteinen er av god kvalitet så kan den ikke hentes ut i dag grunnet den harde mørtelen

Alderen til steinen kan også fortelle om hvilke miljø og helsefarlige stoffer den kan inneholde. PCB, polyklorerte bifenyler, en gruppe organiske stoffer som er kjent for å ha en skade på mennesker og dyr. Stoffet ble brukt i maling og murpuss i perioden 1940-1975 og i fugemasser i perioden 1960-1978 (Norsk Gjenvinning, 2019).

Eldre teglkonstruksjoner var massive vegger der steinen gikk fra ytterfasade til indrefasade. Slike vegger kalles «varme vegger», altså ble varmen innenfra transportert gjennom veggen helt til ytterste stein (Buset, 2023). Stein fra varme vegger har derfor ikke nødvendigvis fått testet sin frostsikkerhet og det kan derfor ikke garanteres at den kommer til å holde i en ny konstruksjon (Buset, 2023).

## LOKASJON

Hvor bygget befinner seg forteller om hvilke klima og miljøeffekter steinen har vært utsatt for. Stein fra innlandet har ofte opplevd større temperatursvingninger, stein ved vannkilder har vært mer fuktutsatt, stein ved kyst har blitt utsatt for høyere saltnivå. Disse faktorene vil påvirke steinens styrke og holdbarhet (Hjelseth, 2019).

## PLASSERING

Retning på fasaden påvirker hvor mye sol, regn og vind steinen har blitt utsatt for. Stein i tørrere plasseringer vil ha blitt mindre belastet, men også ikke blitt testet slik stein satt i mer utsatte plasseringer vil ha blitt (Hjelseth, 2019). Stein som har blitt mer utsatt værpåkjenninger og fortsatt holder seg fint har sannsynligvis bedre frostkvalitet.

### 2.2.6 TESTING OG KRAV

Ombruk av byggevarer har blitt mer ettertraktet de siste årene, ikke bare for å begrense avfallsmengden og klimagass utslippet som produksjon av byggevarer fører med seg, men også fordi prisene på jomfrumaterialer har blitt stadig dyrere (Kommunal og distriktsdepartementet, 2022). De høye kravene som er tilpasset nye byggematerialer, har imidlertid vært en barriere for omsetting av brukte varer (Kommunal og distriktsdepartementet, 2022). Regjeringen har derfor vedtatt nye regler i forskrift om ombruk av byggevarer som tredde i kraft 1.juli 2022 for å gjøre salg av brukte byggevarer lettere ved at dokumentasjonsprosessen skal være enklere å gjennomføre og bedre tilpasset brukte varer (Kommunal og distriktsdepartementet, 2022).

Ombruksvarer som ikke skal omsettes trenger ikke å oppfylle kravene til byggevareforskriften (Direktoratet for byggkvalitet, 2023). Dette kom fra et høringsforslag fra direktoratet for byggkvalitet (DiBK) som ble stilt i september 2021 (Katharina Th. Bramslev, 2021). Høringsforslaget gikk ut på å endre dokumentasjons prosedyren av produkter til byggverk slik at byggevarer som faller under særnorske regler ikke skal kreve dokumentasjon, gitt at de ikke skal omsettes (Katharina Th. Bramslev, 2021). Varer som skal omsettes kan ikke dokumenteres som ny stein, det er derfor i 2020 kommet en EAD (Europeisk bedømmelsesdokument) som grunnlag for frivillig utarbeidelse av ETA (Europeisk teknisk bedømmelse) og CE-merke ombruksstein (Kilvær et al., 2019). Dette er den første EADen for ombruksbyggevarer i EU og er i prinsippet identisk med standarden EN 771 for ny teglstein (Kilvær et al., 2019). Dette gjør teglstein til det første byggematerialet som kan CE-merkes og derav lovlig markedsføres og omsettes i EU og EØS (Rambæk, 2021).

### OMBRUKSKARTLEGGING

I rapporten fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) poengteres det at for å kunne drive forsvarlig ombruk må byggevarene være egnet, som vil si at varene må ha egenskapene som kreves for den funksjonen de skal ha i bygget og kan ikke inneholde helse og miljøskadelige stoffer (Kilvær et al., 2019). Videre sier rapporten at for å sikre dette er god dokumentasjon av byggevarens egenskaper nødvendig. Ombrukskartlegging spiller en viktig rolle for å skaffe slik dokumentasjon. Det går ut på å finne og vurdere komponenter som kan ombrukes i et bygg som skal rives eller renoveres (Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021). I 2021 publiserte Statsbygg og Grønn Byggallianse sin veileder for ombrukskartlegging, «Ombrukskartlegging og bestilling – slik gjør du det», som skal fungere som et verktøy med formål om å øke ombruk ved å øke kunnskapen om ombrukskartlegging hos aktører i bransjen (Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021). Den skal gjøre det enklere å bestille ombrukskartlegging og gi en oversikt over metoder og prinsipper som kan anvendes ved en ombrukskartlegging (Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021). Fra 1. juli 2023 så blir det lovpålagt med ombrukskartlegging i bygg (Direktoratet for byggkvalitet, 2022a) .

### TIDLIGERE TESTING

Kvaliteten til ombrukstein kan, av en erfaren murer, ofte vurderes ved øyekast (Addis, 2006). Med dette menes det at ut ifra farge og skår i steinen kan en som har jobbet mye med stein vurdere dens kvalitet. En annen gammel metode for å sjekke kvaliteten til steinen er klangtest. Klangtest er en test der en slår steinen mot hverandre for å høre hvilken lyd den lager, stein

brent på en høy temperatur har en tydelig klang (Buset, 2023). Denne enkle formen for sortering holder ikke for kravene til dokumentasjon i bygg i 2023, det finnes heller ikke mange aktører i dag som har erfaringen til å utføre tradisjonell sortering (Buset, 2023).

## TESTING I DAG

Selv om det ikke er krav til testing av stein som ikke skal omsetts, så burde tester likevel utføres for å sikre at kvalitetene til steinen er tilfredsstillende. CEN/TS 772-22 er frosttesten som utføres i dag, den utføres ved å fryse og tine steinen 100 ganger etter hverandre for å se hvor mye den tåler (Buset, 2023). En enklere frosttest går ut på å se hvor mye vann porene til steinen kan suge til seg. Om det er nok plass inni porene etter at steinen har vært dynket i vann til at det vannet kan fryse og dermed ekspandere (10 % volumøkning fra vann til is) uten at den sprenger, så regnes steinen som frostsikker (Buset, 2023). Ved kjøp av ombruksstein er det viktig å være klar over at ulike aktører gjør testene ulikt og der er derfor viktig å gjøre en vurdering basert på informasjon av materialet og hvordan det skal plasseres i veggen, altså hvor utsatt den kommer til å bli for fukt (Buset, 2023).

## MILJØGIFTER

Teglstein kan inneholde helse- og miljøfarlige stoffer som ved utlekking kan forurense grunnvann, overflatevann, grunn og sedimenter som igjen gjør at disse skadelige stoffene kommer i kontakt med mennesker og organismer (Miljødirektoratet, 2023). Det skal foretas en miljøkartlegging av teglkonstruksjonen før nedrivning av bygget, og nivået av helse- og miljøfarlige stoffer skal vurderes opp mot grenseverdiene og håndteres deretter (Sørnes et al., 2014). utfordringer rundt HMS (helse, miljø og sikkerhet) kommer spesielt fra støv, PCB i fuger, maling eller annen overflatebehandling, tungmetaller, klorparafiner (Sørnes et al., 2014). Overgår PCB et nivå på 0,01 mg/kg så kan ikke steinen brukes videre (Kilvær et al., 2019).

## 2.3 BYGGE MED OMBRUKSTEIN

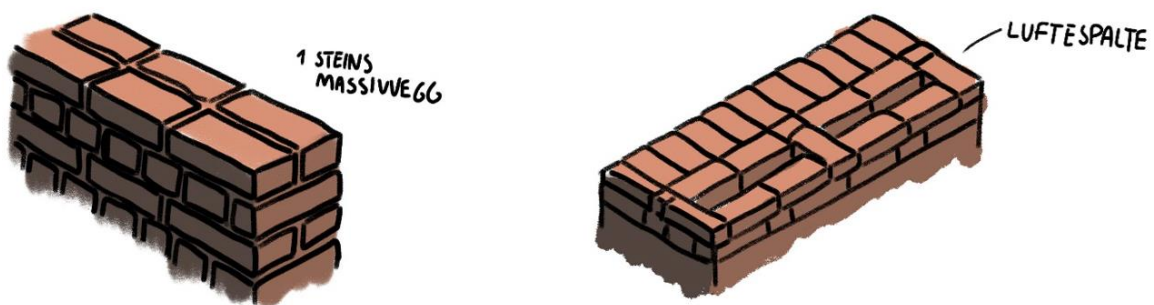
Tidligere var det som regel den som bygget huset som også vedlikeholdte bygget og brukte det. Dette skapte en harmoni mellom alle krav som skulle stilles enten de var økonomiske, tekniske eller estetiske (Tveteraas & Boysen, 1976). På mange måter var dette en ideell prosess, de sørget for at byggene som ble bygget ble kvalitetsbygg og ivaretatt etter beste evne (Tveteraas & Boysen, 1976).

### 2.3.1 TEGLVEGGER

Veggers oppbygning har endret seg med tiden. Tidligere ble det bygget solide vegger som var ment for å holde over lang tid og baserte seg på materialets prinsipper. I dag er det andre hensyn som gjelder. Strengere krav til konstruktive og klimaregulerende kvaliteter, har ført til mer komplekse vegger som bruker flere materialer enn i de tidligere, enkle massivveggene (Nordby, 2009). Dagens vegger er derfor sårbare, da materialer av ulik kvalitet har ulik levelengde og derfor må byttes ut i forskjellig hastighet (Nordby, 2009). I tillegg forsøker moderne vegger å fristille seg fra mange av materialenes prinsipper når det kommer til design og konstruksjon.

### MASSIVVEGGER

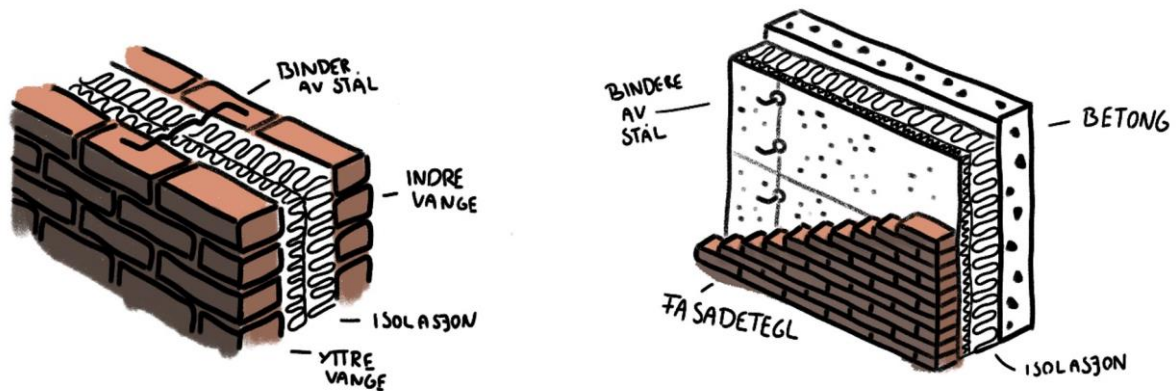
Massive vegger er mur-konstruksjoner med gjennomgående stein, og de kan ha en tykkelse på  $\frac{1}{2}$  til 3 steiner (SINTEF, 2017). Som nevnt i 2.2.5 kalles slike vegger gjerne varme vegger da varmen innefra vil nå helt ut til ytterste stein og hjelpe med å tørke den ut og dermed minske sjansen for frostspriegning (Buset, 2023). Det finnes også mur-varianter med gjennomgående stein men med luftespalter for å minske varmegjennomgangen, (eksempler på dette er Tondhjemshulmur, Bergenshulmur og Engelskhulmur) (SINTEF, 2017).



FIGUR 4: MASSIVVEGG OG TRONDHJEMSHULMURSVEGG, INSPIRERT AV (NORDBY, 2009)

## FORBLENDINGSVEGGER

I løpet av 1900 tallet begynte veggene å isoleres. I dag skal en forblendingsvegg ha minst 150 mm med isolasjon og en drenert luftspalte mellom teglskallet og resterende vegg (Buset, 2023). Moderne vegger skal oppnå lavest mulig U-verdi for å minimere tap av energi. Steinen bidrar ikke til veggens bæreevne eller stabilitet og den eneste trykklasten steinen opplever er av forblendingsveggenes egenvekt (SINTEF, 2017).



FIGUR 5: HULMURSVegg OG FORBLENDINGSVEGG, INSPIRERT AV (NORDBY, 2009)

### 2.3.2 DEN KONSTRUKTIVE KAPASITETEN TIL TEGLVEGGEN

Teglstein tåler mye trykk, settes det to steiner oppå hverandre vil de kunne bære opp mot 1000 kN (Hakonsen et al., 2009). I teorien kan en murvegg bygges opp mot 400 m i høyden, gitt at den bare utsettes for egenvekt. (Hakonsen et al., 2009). Legges det mørtel mellom går dette ned til 200 kN (Hakonsen et al., 2009). Derimot har to stein festet med mørtel en strekkfasthet på 10 kN. (Hakonsen et al., 2009). Det er derfor strekkfastheten som vanligvis begrenser mulighetene når det kommer til bruk av teglstein fremfor trykkfastheten.

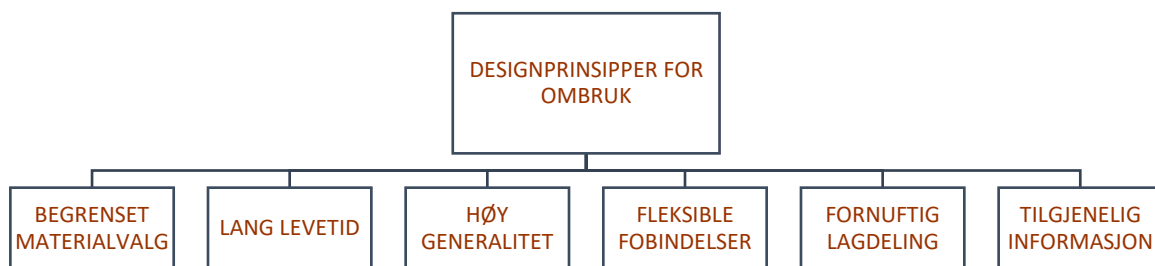
Mørtelens begrensede evne til å tåle strekk skaper problemer når det kommer til åpninger i fasaden (Hakonsen et al., 2009). Lange horisontale spenn krever ekstra tiltak som innlegging av betongbjelker over vinduene eller ekstra stål (Hakonsen et al., 2009). Problemet øker når steinen mures med en mørtel med dårligere heft, som kalkmørtel. Tradisjonelt ble dette løst ved å mure buer over åpninger. Buene sørget for at vekten ble overført i form av trykkrefter ned i søylene fremfor å basere seg på mørtelens kapasitet til å tåle strekk (Hakonsen et al., 2009).

## 2.4 DESIGN FOR FREMTIDIG OMBRUK

Bygging for fremtidig ombruk vil si å bygge slik at veggen demonteres slik at enkeltstein kan brukes om i en annen fasade (kilde). I dag er den vanlige praksisen at steinen blir knust og brukt til fyllinger (Nordby, 2009). Design for fremtidig ombruk gjør det mulig å unngå denne degraderingen av materialet og tillater det å fortsette sin syklus i sin originale form (kilde?).

### 2.4.1 DESIGNPRINSIPPER FOR OMBRUKBARHET

Anne S. Nordby har i sin doktoravhandling (Nordby, 2009) beskrevet seks designprinsipper for ombrukbarhet: Begrenset materialvalg, lang levetid, høy generalitet, fleksible forbindelser, fornuftig lagdeling og tilgjengelig informasjon. Se figur 6. Følgende tekst vil gå gjennom disse.



FIGUR 6: DESIGNPRINSIPPER FOR OMBRUKBARHET, INSPIRERT AV (NORDBY, 2009)

#### BEGRENSET MATEIALVSLG

Et begrenset materialvalg er gunstig. Den enkle materialsammensetningen gir fordeler når det kommer til demontering, sortering og etterbruk. Teglstein i seg selv regnes som tidligere nevnt som et monomateriale og kan fungere som bærende element i innervegg og yttervegg. En teglkonstruksjon krever som regel ikke andre materialer enn mørtel for å kunne bygges med, og er derfor en konstruksjon med enkel materialsammensetning. I tillegg inneholder steinen i utgangspunktet ingen miljøgifter og trenger ingen overflatebehandling.

#### LANG LEVETID

Teglstein er et materiale med lang holdbarhet som tåler å tas ut av ett bygg og settes inn i et annet. Dette gjør den egnet til ombruk.

Levetiden til materialet knyttes også opp mot det arkitektoniske uttrykket. Ønsket om tidsriktig arkitektur fører til at design blir utdatert og bygg sårbare for de raske syklusene. Bygg av kvalitetsmaterialer som teglstein kan derimot holde seg godt kan gi et tidløst design og en lang arkitektonisk levetid.

### HØY GENERALITET

Generalitet gjelder både for bygg og materialer. Bygg med høy generalitet er tilpasningsdyktige og kan derfor anvendes til forskjellig bruk. Eksempel på levedyktige teglkonstruksjoner er bygårder, som på grunn av deres endringsdyktighet har kunnet blitt ombygges etter brukernes behov (Leland & Svendsen, 2006). For byggevarer er en generell utforming viktig, og teglstein faller godt innenfor denne kategorien med et enkelt design og standardiserte dimensjoner. Teglsteinens format gir grunnlag for arkitektonisk fleksibilitet og funksjonelle løsninger. Størrelsen legger også et grunnlag for selvbygging og fremmer derfor lokalt ombruk.

### REVERSIBLE FORBINDELSER

For å kunne bruke om materialer i en konstruksjon så må den være demonterbar. Derfor må knutepunktene mellom elementene være reversible. Kjemiske bindinger som mørtel er i utgangspunktet ikke ideelt, isteden foretrekkes mekaniske fester. Mørtelen må renses av steinen før den kan bli brukt og dette er en dyr og tidkrevende prosess. Ved tilsetning av sement blir mørtelen hardere, separasjonsprosessen vanskeligere og rensingen mer tidkrevende. Teglstein kan også tørrmures. Da brukes stålelementer til å holde steinen på plass og gjør det lett å demontere konstruksjonen.

### FORNUFTIG LAGDELING

Lagdeling går ut på å bygge i lag etter behov for utskifting basert på levetiden til elementene brukt i laget. Dermed unngås det at materialer med lengre levetid som teglstein må utbyttes grunnet andre materials kortere levetid. Historisk var byggets vegger gjennomgående, i teglkonstruksjoner var det stein hele veien gjennom. Men med høyere krav til byggets funksjon ble det mer komplekse materialsammensetninger i veggene. For å oppnå gjenbrukbarhet er det da viktig å både integrere og differensiere konstruksjoner. Brukes det sjikt så må de være konstruktivt uavhengige og ligge i rekkefølge etter levetid slik at de kan erstattes ettersom.



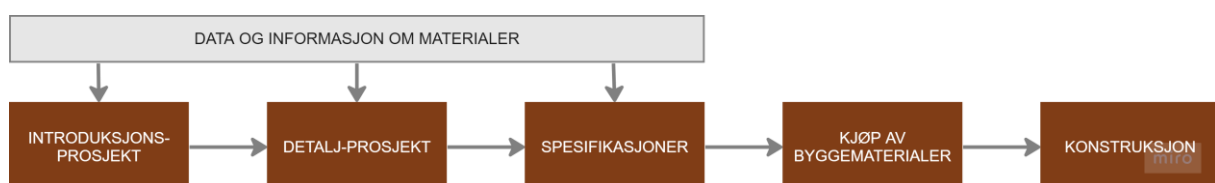
## TILGJENGELIG INFORMASJON

En viktig del av bygging for fremtidig ombruk er å få på plass god dokumentasjon om materialenes kvalitet. Det krever en sporbarhet, gjerne digital, som gir en klarhet i hvilke byggevarer bygget består av, dette er det dårlig med i dagens bygningsmasse (Sletbak-Akerø, 2021). Det skal dokumenteres at byggevarerne som brukes har egenskaper som fører til best mulig utnyttelse av naturressurser, som blant annet innebærer at materialene skal være egnet for ombruk (Direktoratet for byggkvalitet, 2022b). I 2022 kom det en ny standard (NS 3456) for dokumentasjon av FDVU (forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling) som vil bidra til dette (Standard Norge, 2022). Ved god tidlig dokumentasjon vil fremtidig ombruk bli betraktelig lettere.

## 2.5 DESIGNPROSESSEN OG OMBRUK

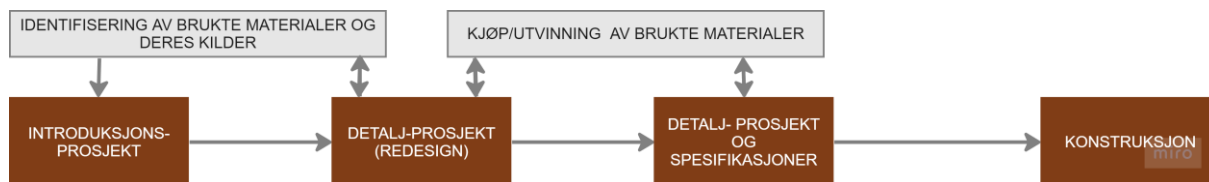
Å velge å bruke gjenbrukte materialer krever en analyse av tekniske, estetiske, økonomiske og sosiale aspekter som ofte resulterer i en lengre og dyrere design og konstruksjons prosess, i tillegg er det store kostnader knyttet til å nå de nødvendige standardene eller for å få de sertifiseringer og tillatelser som kreves (Kozminska, 2019). Kostnadsberegningene og prosjektets tid bør være fleksible nok til å ta hensyn til uforutsette hendelser som kommer av å bruke ombruks materialer. Dette kan innebære deres begrensede tilgjengelighet og fravær av regulerte prosedyrer og arbeidsmetoder (Kozminska, 2019). Derfor burde design og konstruksjonsprosessen medberegne den tiden som er nødvendig for å identifisere kilder for materiale, sørge for deres tilgjengelighet, rådføre om deres måte å gjenbrukes på så vel som iterative modifikasjoner til prosjektets spesifikasjoner (Kozminska, 2019).

Kozminska har i sin rapport (Kozminska, 2019) ble det sett på måten designprosessen skiller seg fra normalprosessen når ombruk involveres. Følgende tekst og figurer er basert på den:



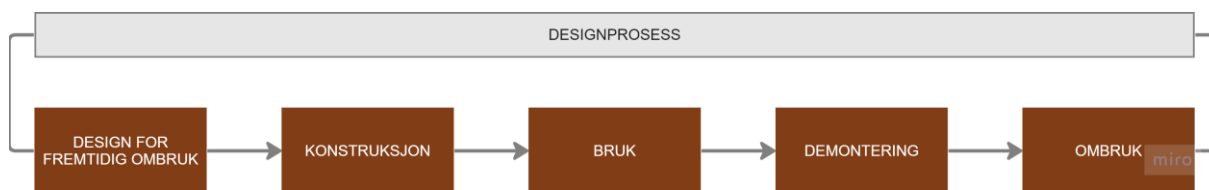
FIGUR 7: ORDINÆR DESIGNPROSESS, INSPIRERT AV (KOZMINSKA, 2019)

Som vist i figur 7 så ordiner designprosess er linear i form av at bygget blir prosjektet, materialene blir valgt og informasjonen fra materialene bestemmer konstruksjonen.



FIGUR 8: DESIGNPROSESS SOM INVOLVERER OMBRUKSMATERIALER, INSPIRERT AV (KOZMINSKA, 2019)

I en designprosess som tar i bruk ombruksmaterialer (vist i figur 8), blir det viktig å identifisere ombruksmaterialene som ønskes å brukes. Ombruksmaterialene og designprosessen vil påvirke hverandre frem og tilbake etter som tilgang på, og informasjon om, materialet kan være mangelfull og uforutsigbar.



FIGUR 9: DESIGNPROSESS VED DESIGN FOR FREMTIDIG OMBRUK, INSPIRERT AV (KOZMINSKA, 2019)

Designprosesser som legger til rette for fremtidig ombruk av materialer følger heller ikke en standard designprosess. Når det designes, må hele byggets levetid tas i betraktning. Hvilken rekkefølge materialer skal byttes ut i, hvilke bindeelementer som er best for demontering og hvordan bygget skal rives for å optimalisere ombruk blir en viktig del av designprosessen.

I essens er bærekraft og ombruk, en vitenskap, det kan ikke bare være ingeniører og spesialister som finner grønne løsninger, bærekraft må inkludere alle aktører og være en integrert del av designprosessen (Pelsmakers & Newman, 2021) Aktører i bransjen må tilpasse seg revurdere konvensjonelle praksiser for å øke etterspørsel for og effektivt integrere ombruk materialer i prosessen (Gorgolewski, 2019).

## 2.6 MARKEDET I DAG

Nordby (Nordby, 2019) knytter markedsbarrierene for ombruk i Norge som følgende:

- Et marked som er lite utviklet for profesjonelle aktører da det mangler de økonomiske driftskreftene. Konstruksjonsprosesser med brukte materialer blir kompliserte og dyre grunnet den tilleggstiden som kreves for demontering, prosjektering og usikkerheten knyttet til produktets dokumentasjon
- Mangel på informasjon om konstruksjonsprodukter
- En regulering som ikke er blitt tilpasset salg og bruk av byggematerialer i nye bygg

Men markedet er i endring.

Den 14.03.2023 åpnet Sirkulær ressursentral dørene (Pådriv, 2023). Ressursentralen skal bidra til å redusere klimagassutslipp, råvareforbruk og avfallsmengde ved å gjøre det lettere å velge ombruk (Pådriv, 2023). Dette blir det største byggevarerhuset i Europa for brukte byggevarer (Arkitektur, 2023). Sirkulær ressursentral vil tilby en lagringsplass til varer etter de har blitt demontert og venter på å bli brukt igjen, som vil gjøre det mer økonomisk å utføre et ombruksprosjekt (Ombygg, 2023).

Det har også de siste årene kommet aktører som retter seg direkte mot ombruk av tegl. En av de mest fremoverlente i markedet er Høine som tilbyr kartlegging, rensing og testing av norsk murstein (Høine, 2023). I tillegg importerer de teglstein CE-merket fra Sentral-Europa og er dermed med på å skape et marked for kjøp og salg av teglstein i landet (Høine, 2023).

Det er aktører på markedet i dag som tilbyr teglstein produsert brent med biogass som kan fungere som et alternativ. I følge Wienerberger skal steinserien de kaller LESS redusere materialforbruket under produksjon med 15 % og CO<sub>2</sub> utslippene under produksjonen med 70-90 % (Wienerberger, 2023).

### PROSJEKTER I NORGE

Det er få nybygg i Norge som har blitt bygget eller planlegges bygget med fasade i flere etasjer av ombruksstein. Det samme gjelder for prosjekter som er bygget for fremtidig ombruk av teglsteinen. Peab beskrev prosjektet sitt Eikeli skole som «det første store norske prosjektet der det er blitt brukt ombrukstegl» (PEAB, 2022). En grundig gjennomgang av utvalgte prosjekter i Norge presenteres i kapittel 4.

## PROSJEKTER I EUROPA

Norge er et land med relativt lite kultur for å bygge i med teglstein. I resterende deler av Europa er det derimot en lengre og mer utbredt tradisjon for å bruke materialet. Som betyr at det der finnes flere og lettere tilgjengelige materialbanker der. Det eksisterer også teglverk, noe som det nevnt tidligere ikke gjør i Norge. Klimaet lengre sør i Europa er også mer «teglvennlig», med dette menes det: mildere temperaturer, tørrere klima og færre fryse-tinesykluser, noe som gjør det til en mindre problematisk prosess å bruke materialet. Derfor finnes det flere bygg hvor det er blitt brukt ombruksstein. Danmark, som et eksempel, er en av de nasjonene som er mest fremoverlent når det kommer til bruk av ombruksstein i nye bygg. De har aktører som Gamle Mursten som har drevet med ombruk av teglstein siden 2003 (Mursten, 2023).

## 2.7 NY TEKNOLOGI

Det foregår nå en utvikling av nye teknologier i bransjen, noen eksempler er beskrevet under:

### UPV – Ultrasonic pulse velocity method

UPV er en metode som har som formål å teste kvaliteten til ombruksstein uten å måtte ødelegge den (Azam et al., 2022). Fungerer dette så kan hele utvalget av stein testes, og det slipper å være en usikkerhet om at noe av steinen i utvalget ikke har samme kvalitet som resten. Ifra artikkelen: «Development of Quality Assessment Criteria for Burnt Clay Bricks of Different Ages Based on Ultrasonic Pulse Velocity Test» så fikk de som resultat at en UPV test kan brukes for å vurdere trykkstyren til ny stein med opptil 80% nøyaktighet. Studien viser også at UPV kan brukes til å vurdere trykkstyrke kvaliteten på steinen i gamle konstruksjoner (Azam et al., 2022).

### SWIR - Short-wave Infrared Range Spectrometry

Ifølge artikkelen: «Using Short-wave Infrared Range Spectrometry Data to Determine Brick Characteristics» så er SWIR en metode som bruker Kortbølge infrarød rekkeviddespektrometri til å differensiere stein av ulik alder. Den har en 98 % nøyaktighet når det kommet til å skille ulike typer stein, og en 100 % nøyaktighet når det kommer til å skille stein av ulik brenningsgrad (700°C, 950°C, 1060°C) (Laefera et al., 2020). Steinens

brenningsgrad forteller om kvaliteten dens, og det er derfor svært nyttig å kunne vite hvilken brenningsgrad den har.

## 3. METODE

Dette kapittelet inneholder en beskrivelse av metoden brukt for å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene tatt opp i oppgaven.

Kapittelets følger følgende struktur:

- 3.1 Forming av problemstilling**
- 3.2 Valg av metode**
  - 3.2.1 Prosjektstudie
  - 3.2.2 Kvalitative intervjuer
- 3.3 Litteraturstudie**
- 3.4 Intervju**
  - 3.4.1 Valg av prosjekter
  - 3.4.2 Utvelgelse av informanter
  - 3.4.3 Datainnsamling og behandling
- 3.5 Dataanalyse**
- 3.6 Etske- og personvern hensyn**
- 3.7 Evaluering av metode**

### 3.1 FORMING AV PROBLEMSTILLING

En god oppgave skal styres av problemstillingen og ikke kildene brukt i den, problemformulering legger opp til kvalitet i oppgaven ved å stille spørsmål som er presist og konkret formulert (Rienecker et al., 2009). Det er derfor viktig å utforme en problemstilling som representerer det som ønskes å skrive om. For å kunne lage en god problemstilling må det velges og utforskes et tema. To hensyn som veide tungt når det kom til valg av temaet, det måtte være bransje relevant og være fremtidsrettet med tanke på klima og miljø. Tidlig ble det avgjort at oppgaven skulle omhandle sirkulære bygg, men da dette er et svært stort felt så ble det viktig å snevre inn. Derfor ble det utført en rekke uoffisielle møter med aktører fra forskjellige firmaer for å høre deres tanker om temaet ettersom det utviklet seg. Aktørene som deltok var Future built, Veidekke, WSP, Høine, Sweco, Svanemerket, Mustad og Link-

Arkitektur. Møtene sammen med litteraturstudien og veiledningen formet problemstillingen og forskningsspørsmålene til oppgaven.

### 3.2 VALG AV METODE

I et helhetlig forskningsdesign må det finnes et logisk forhold mellom metode og forskningsspørsmålene som stilles, metoden blir en strategi for å løse problemer og komme frem til ny kunnskap (Furseth et al., 2020). Metoden ble valgt etter følgende problemstilling og forskningsspørsmål:

*«Hvordan kan erfaringer fra dagens ombruksprosjekter med teglstein bidra til bærekraftig bruk av materialet i fremtiden?»*

1. Hvilke innhentede erfaringer ved bruk av brukt teglstein kan bidra til et bærekraftig bruk av materiale i fremtiden?
2. Hvilke innhentede erfaringer ved design for fremtidig ombruk av teglstein kan bidra til et bærekraftig bruk av materiale i fremtiden?

Metoden ble valgt er en prosjektstudie av fem prosjekter ved hjelp av kvalitative intervju. Dette begrunnes i et ønske om å lære av utførte prosjekter, se hvilke utfordringer som har oppstått, hvordan de ble håndtert og hva som i fremtidige prosjekter kan gjøres for å best møte de utfordringene som kan oppstå.

#### 3.2.1 PROSJEKTSTUDIE

En prosjektstudie defineres som en empirisk undersøkelse som studerer et samtidsfenomen i en kontekst fra det virkelige liv når grensene mellom fenomen og kontekst ikke er tydelige og hvor flere kilder av bevis er brukt (Andersen, 2013). Prosjektstudier egner seg når det dreier seg om hvordan eller hvorfor spørsmål, når undersøker har lite kontroll over hendelser som forekommer og når fokuset er på et samtidsproblem med kontekst i virkeligheten (Andersen, 2013). Spørsmålene som stilles i denne oppgaven er hvilke utfordringer som oppstår under prosjektene som velger å implementere ombruk av tegl, hvordan oppstår de og hva som kan gjøres for å best møte slike utfordringer. Derfor regnes valg av metoden prosjektstudie som passende for å besvare disse forskningsspørsmålene.

Antall prosjekter velges ut ifra formål, problemformulering og metode (Rienecker et al., 2009). Flere prosjekter brukes for å vise ulikheter, kontraster og mønstre, derav reduserer tilfeldighet (Rienecker et al., 2009). Et større utvalg på (fem) blir her sett på som ideelt da dette gir et mer overordnet perspektiv og gir muligheten til å utforske ulike prosjekters utfordringer for å få med flest mulig av de fallgruvene som kan oppstå under et ombruksprosjekt med tegl.

### 3.2.2 KVALITATIVE INTERVJUER

Å vise interesse for hvordan noe gjøres, sies, oppleves, fremstår eller utvikles er det som vanligvis definerer en kvalitativ metode (Brinkmann et al., 2012). Dataene i denne oppgaven er erfaringsbaserte, temaet omhandler ulike aktørers erfaringer når det kommer til prosessen rundt ombruk ble det bestemt at en kvalitativ intervjuform var mest passende. Kvalitative forskningsintervju søker å forstå verden fra informantens side, det søker å få frem betydningen av folks erfaringer og avdekke deres opplevelser av verden (Kvale et al., 2015).

Intervjuene ble valgt til å være semistrukturerte. I semistrukturerte intervju brukes en intervjuguide, men spørsmålene holdes forholdsvis åpne og følges ikke slavisk under intervjuet (Anker, 2020). Dette ses på som ideelt da problemstillingen er av en karakter der kvalitative data er vanskelig å samle og en stram intervjuguide ikke vil tillate den samme friheten til å la informantene få frem sine erfaringer.

### 3.3 LITTERATURSTUDIE

Ved skriving av oppgave tas det utgangspunkt i viten andre allerede har kommet frem til og videreutvikling av den (Furseth et al., 2020). Litteraturstudien skal oppsummere den teori som finnes fra før av om det problemet som ønskes å utforske (Furseth et al., 2020). Det er derfor viktig å starte litteraturstudien allerede mens temaet utforskes og problemstillingen utvikles, slik at oppgaven som skrives er grunnlagt i forskning som eksisterer, men ikke repeterer forskning som allerede er gjort. Litteraturstudien sammen med samtaler i bransjen la da grunnlaget for problemstillingen til oppgaven. Studien var også viktig for å kunne best mulig forstå konteksten rundt temaene som dukket opp under intervjuene. Litteraturstudien fortsatte videre etter intervjuene, det kom frem ny temaer under dem som var viktig å få med i oppgavens teoridel.

Litteratursøket hadde to formål, å utforske temaområdet og å peke på hvilke faktorer som det må legges spesiell vekt på i oppgaven (Silkaset et al., 2021). Dette la grunnlag for de to



fasene i søket. Første fase var da ikke-systematiske søk for å utforske temaet. Her ble søke ord som vist i tabell under brukt i Google og Google scholar, videre ble det søkt i Oria som er NMBUs digitale bibliotek, web of science, Research gate og Science Direct. Ut ifra dokumenter funnet fra temautforskningen ble det utført en kjedesøking, en prosess der et dokument referanser leder til neste dokument (Rienecker et al., 2009). Videre ble det utført systematisk søking, søking etter informasjon om et spesifikt tema (Rienecker et al., 2009), for å dypere kunne undersøke oppgavens temaer. Det kom fort frem mye relevant informasjon og det ble derfor nødvendig å begrense søket.

SØKEORD	ENGELSK
Sirkulær økonomi	Circular economy
Sirkularitet	Circularity
Ombruk	Reuse
Gjenbruk	Recycling
Tegl	Brick
Ombruksstein	Reused brick
Avfallshåndtering	Waste management
Ombruksdesign	Design for reuse

TABELL 2: LISTE OVER SØKEORD

## AVGRENSNING AV LITTERATURSTUDIE

Begrensingen av studiets litteraturstudie baserte seg på ulike faktorer. I hovedsak ble det begrenset på relevans for gitt tema. Noen temaer var det viktig å begrense kilder etter når de ble publisert, grunnet store endringer i bransjen når det kommer til ombruk de siste årene. Dette gjelder spesielt når det kommer til lovverk. Litteraturen måtte også begrenses i forhold til nasjonalitet. Hva som er relevant for andre land gjelder nødvendigvis ikke Norge. Når det kommer til materialegenskapene til teglstein så sto oppgaven mer fritt i valg av kilder siden alder og nasjonalitet ikke hadde stor innvirkning på validiteten. Det ble derfor ikke satt noen begrensning på litteratursøket, det ble heller skjønsmessig vurdert etter tema til kilden.

### 3.4 INTERVJU

Det ble utført totalt ti intervjuer, ni med ulike aktører fra prosjektene, og ett med ekstern murmester som ga relevant prosjektuavhengig informasjon angående ombruk av tegl. To av prosjektaktørene jobbet på to av prosjektene, og de ble derfor intervjuet for begge prosjektene samtidig.

#### 3.4.1 VALG AV PROSJEKTENE

Prosjektene ble funnet gjennom samtale med aktører i bransjen og søk på nettet. Først ble det valgt ut tre prosjekter til oppgaven, men under intervjuene dukket det opp to til som var av interesse og det endte med totalt fem. Prosjektene ble vurdert etter deres relevans til problemstillingen. De skulle inkludere nye fasader hvor det enten var brukt eller planlagt bruk av ombruksstein eller fremtidig ombruk av tegl.

#### 3.4.2 UTVELGELSE AV INFORMANTER

Strategien bruk for utvelgelse av informantene tok utgangspunkt i å velge aktører med ulike bakgrunner som hadde jobbet med teglfasaden i deres prosjekt. Originalt var det planlagt å intervju en arkitekt, en rådgivende ingeniør og en entreprenør fra hvert av prosjektene. Men dette lot seg ikke gjøre. Det var problematisk å finne villige informanter til noen av prosjektene, andre prosjekter var i en så tidlig fase at det var lite relevant å intervju enkelte aktører. Den endelige utvelgelsen av aktører ble som vist i tabell 3.

Ruseløkka skole	Eikeli skole	Vollsveien 13H	Vollsveien 9-11	Lilleakerveien 4E+F
- ARK 1	- ENT 2 - EKS 2	- ARK 3 - BH 3-4 - RIB 3-4 - ENT 3	- ARK 4 - BH 3-4 - RIB 3-4	- ARK 5

TABELL 3 INFORMANT OVERSIKT

Her står forkortelsene for: ARK – arkitekt, ENT – entreprenør, EKS – ekstern murmester, BH – Byggherre, RIB – rådgivende byggingeniør. Tallene bak viser hvilket prosjekt(er) informantene tilhører. I tillegg til informantene over ble det holdt intervju med en prosjektuavhengige ekstern murmesterne – EKS U.

Prosjektene hvor det var flere informanter ga de beste resultatene, det var derfor et tap at ikke alle prosjektene fikk ønsket antall intervjuer. På prosjektene med en informant ble konsekvensene et ensidig perspektiv som ikke ble utfordret av andre aktører, dette kan ha resultert i feilaktig eller tapt informasjon. Ved mere tid skulle det gjerne vært gjort flere intervjuer ved Ruseløkka skole, Eikeli skole og Lilleakerveien 4E+F. Ved Ruseløkka skole ble både RIB og BH kontaktet, men de hadde ikke mulighet. For Eikeli Skole hadde det vært interessant å snakke med BH, men grunnet oppgavens begrensede tid lot ikke dette seg gjøre. Lilleakerveien 4E+F er et prosjekt i veldig tidlig fase, men et intervju med BH hadde fortsatt vært interessant, dette ble også begrenset av tiden.

### 3.4.3 DATAINNSAMLING OG BEHANDLING

Etter utvelgelsen av prosjektene startet prosessen med å bygge opp en intervjuguide som inneholdt de spørsmålene som kunne komme opp under intervjuet (se vedlegg 3) Guiden sitt formål var å gi informantene mulighet til å forberede seg til intervjuet samtidig som den var en veileder for selve intervjuet. Samtidig ble det utviklet en samtykkeerklæring. Etter både intervjuguiden og samtykkeerklæringen var sendt inn og godkjent av NSD, startet prosessen med intervjuene. Informantene som takket ja til intervju fikk tilsendt samtykkeerklæring og intervjuguide på e-post i god tid før intervjuene.

Under intervjuene ble noen av temaene vurdert som mer viktige enn andre. Dette ble valgt ut ifra skjønn rundt hvilken aktør som ble intervjuet og prosjektet det handlet om. Spørsmålene ble forsøkt holdt åpne for å unngå ledene spørsmål som kunne gi feilaktige svar.

Så langt det gikk ble det valgt å holde fysiske intervjuer, men tidspunkt og lokasjon forårsaket at noen måtte utføres over teams. Intervjuer utført ansikt til ansikt har som styrke at det etableres en åpenhet og tillit mellom aktørene, samtalen får som regel en god flyt og intervjueren får en bedre kontroll over situasjonen (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Web baserte intervju har mange av de samme fordelene med at de tillater en god flyt og en viss kontroll over situasjonene for intervjuer, i tillegg har de lavere kostnader da transport ikke er en faktor (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Svakheten for webbaserte intervjuer er at det ikke oppstår den samme tilliten som deet ville gjort i person og det er lettere å miste fokus (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Intervjuene ansikt til ansikt opplevdes mer behagelige og ga en bedre flyt i samtalen som trolig resultere i mer relevant informasjon.

Under intervjuene ble tatt lydopptak ved hjelp av diktafon, en app utgitt av Universitetet i Oslo automatisk lagrer filene på Nettskjema.no som er en sikker database for oppbevaring av

data. Det ble utført lydopptak for å sørge for at minst mulig informasjon gikk tapt. Lydopptakene ble så transkribert så kort tid etter intervjuene som lot seg gjøre for å kunne huske mest mulig av selve samtalen og konteksten ordene ble sagt i. Skriftspråk og tale er to svært forskjellige språklige medier, når den muntlige, levende interaksjonen representeres i tekst, fryses den fast og det er ikke gitt at denne teksten dekker all informasjon som kom frem under intervjuet (Brinkmann et al., 2012). Under noen av intervjuene ble det vist digitale modeller av prosjektet. Denne informasjonen kunne ikke lett overføres til tekst og ble derfor utelatt. Sitatene presentert i kapittel 5, hentet fra de transkriberte intervjuene, har fått fjernet enkeltord som ikke bidro eller var forstyrrende for innholdet og meningen i sitatet.

### 3.5 DATAANALYSE

Det finnes flere typer analysestrategier og hvilken som velges må ha sammenheng med materialet som skrives om og hvilket teoriperspektiv som brukes (Anker, 2020). Første del av analysen ble utført ved koding. Koding er en av de vanligste teknikkene for datanalyse i dag og brukes for å få en oversikt over tekstmaterialet ved å knytte et eller flere nøkkelord til et tekstsegment og dermed senere tillate identifisering av en uttalelse (Kvale et al., 2015). Kodingen ble utført både begrepsstyrt og datastyrt. Med begrepsstyrt menes det at før kodingsprosessen startet blir det utviklet koder for dataen, datastyrt derimot er når kodene utvikles under tolkningen av materialet (Kvale et al., 2015).

Dataene ble så metningsfortettet, som vil si at informantenes uttalelser fortolkes til kortere formuleringer og den umiddelbare meningen uttrykkes med få ord (Kvale et al., 2015). Videre ble dataene under samme kodeord vurdert oppimot hverandre. Selve analysen ble utført i Excel og eksempel kan ses i vedlegg 2

### 3.6 ETISKE- OG PERSONVERN HENSYN

Intervjuforskning har mange moralske og etiske spørsmål. Etske problemstillinger oppstår spesielt grunnet de kompliserte forholdene som kommer med å utforske personers privatliv og legge beskrivelsene ut i offentligheten (Kvale et al., 2015). I denne oppgaven ses det ikke på privatlivet til informantene, men den deler enkeltpersoners private meninger, derfor må det sørges for at aktørene er informert og samtykker til undersøkelsens bruk av de data som kommer frem fra intervjuene. Informert samtykke innebærer at deltagerne blir informert om formålet og hovedtrekkene i undersøkelsen så vel som fordeler og risikoer som kan oppstå

under forskningsprosjektet (Kvale et al., 2015). Dette innebærer også at deltakerne stiller opp frivillig og er klar over deres rett til å trekke seg fra undersøkelsen (Kvale et al., 2015).

Intervjuene utført via lydopptak krever ekstra tiltak til lagring og behandling av data for å sørge for at personvern opprettholdes. Lydopptakene ble derfor oppbevart kortest mulig tid og slettet før frist dato gitt i samtykkeerklæringen.

Under transkripsjonen ble personopplysninger som navn og eventuelle andre opplysninger av personligform ikke tatt med for å bevare aktørens anonymitet. Ingen av aktørene krevde konfidensialitet, men slik informasjon gir ikke noe til oppgaven og ble derfor utelatt. Det anerkjennes likevel at da prosjektene er navngitt kan firmaene intervjuet lett oppsøkes, men å kunne diskutere prosjektene er en essensiell del av oppgaven og kunne derfor ikke utelates.

### 3.7 EVALUERING AV METODE

Valg av metode har stor påvirkning på oppgavens validitet, derfor bør det alltid stille spørsmål om metoden brukt er egnet til å belyse oppgavens problemstilling (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Spørsmålet om validitet kan ifølge Jacobsen & Jacobsen (Jacobsen & Jacobsen, 2022) knyttes opp til to forhold:

1. Intern validitet, gir et mål på nøyaktigheten til oppgaven, hvorvidt beskrivelsene i oppgaven er sanne og sammenhengene reelle
2. Ekstern validitet, hvor stor grad resultatene fra oppgaven kan generaliseres, altså hvorvidt den kan overføres til andre sammenhenger.

I intervjuundersøkelser slik gjort i denne oppgaven vil det alltid være en usikkerhet i hvor representativ beskrivelsen til informantene er virkeligheten, det vil si en usikkerhet i oppgavens interne validitet. Informanter er farget av sitt syn, det gjelder derfor som intervjuer å ikke være naiv ovenfor informasjonen gitt, men kritisk reflektere over den. Validiteten og påliteligheten kan videre begrenses av intervjuers evne til å tolke data riktig, som kan komme i form av unøyaktig registrering eller analyse av data. Dette ble forsøkt unngått i oppgaven ved å utføre transkriberingen nøye og passe på at ingen viktig informasjon gikk tapt.

Kildekritikk er også et viktig element for å oppnå intern validitet. En vurdering undersøkelsen har fått tak i de riktige kildene og at kildene gir riktig informasjon (Jacobsen & Jacobsen,

2022). Ved all datainnhenting gjort i oppgaven ble kildene vurdert etter relabilitet og validitet til problemstillingen.

Gjennom dataanalysen vil forskeren distansere seg fra kilden til dataene ved å systematisere, forenkle, abstrahere og legge til elementer og dermed risikere å forvrengte dataen ved å legge til egne meninger og fordommer (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Dette ble forsøkt unngått ved å stille oppfølgingsspørsmål under intervjuene for å klargjøre informasjon, transkribere lydopptakene ordrett og unngå å ta med informasjon hvor intervjuer var usikker tolkningen.

Den kvalitative metoden har teoretisk generalisering som styrke, som vil si å kunne avdekke fenomener og forutsetninger for at noe skal ha effekt og etablere en kausalisme (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Likevel vil det være en usikkerhet hvorvidt den dataen som registreres ved et prosjekt vil kunne generaliseres til andre prosjekter (Jacobsen & Jacobsen, 2022). Prosjektene brukt i denne oppgaven har alle unike karaktertrekk, det er derfor ikke gitt at en handling som er hensiktsmessig i ett prosjekt er det også i neste.

Forskningskvalitetens i den kvalitative oppgave er knyttet til forskerens evne til å reflektere over sammenhengen mellom forskningen gjort og resultatene som gis (Hammersley et al., 1987).

## 4. PROSJEKTENE

Prosjektene som ble valgt ut blir i dette kapitlet beskrevet. Fellesnevner for alle prosjektene er at de har brukt, planlegger å bruke eller vurderer bruk av ombruksstein i fasaden. De ligger også alle i Oslo området.

### 4.1 PROSJEKT 1: RUSELØKKA SKOLE



FIGUR 10: RUSELØKKA SKOLE, HENTET FRA (FUTURE BUILT, 2023)

#### PROSJEKT INFORMASJON:

<b>Status</b>	Ferdigstilt 2021
<b>Type</b>	Skole
<b>Lokasjon</b>	Ruseløkka, Oslo
<b>Entreprise</b>	Total
<b>Ombrukstatus</b>	Ombruksstein brukt i innervegg
<b>Opphav tegl</b>	Lokalstein fra tomt

## 4.2 PROSJEKT 4: EIKELI SKOLE



FIGUR 11: EIKELI SKOLE, HENTET FRA (FUTURE BUILT, 2023)

### PROSJEKT INFORMASJON:

<b>Status</b>	Ferdigstilt 2022
<b>Type</b>	Skole
<b>Lokasjon</b>	Eikeli, Bærum
<b>Entreprise</b>	Total
<b>Ombrukstatus</b>	Ombruksstein brukt i yttervegg
<b>Opphav tegl</b>	Importert fra Danmark



### 4.3 PROSJEKT 3: VOLLSVEIEN 13H



*FIGUR 12: VOLLSVEIEN 13H, HENTET FRA (MUSTAD, 2023)*

#### **PROSJEKT INFORMASJON:**

<b>Status</b>	Under bygging
<b>Type</b>	Multifunksjonelt
<b>Lokasjon</b>	Lilleakerbyen, Oslo
<b>Entreprise</b>	Total
<b>Ombrukstatus</b>	Ombruksstein brukt i yttervegg
<b>Opphav tegl</b>	Lokal og importert fra Tyskland

#### 4.4 PROSJEKT 4: VOLLSVEIEN 9-11



*FIGUR 13: VOLLSVEIEN 9-11, HENTET FRA (FUTURE BUILT, 2023)*

#### **PROSJEKT INFORMASJON:**

<b>Status</b>	Prosjektering
<b>Type</b>	Kontorbygg
<b>Lokasjon</b>	Lilleakerbyen, Oslo
<b>Entreprise</b>	Total
<b>Ombbrukstatus</b>	Ikke bestemt
<b>Opphav tegl</b>	Ikke bestemt

## 4.5 PROSJEKT 5: LILLEAKERVEIEN 4E+F



FIGUR 14: LILLEAKERVEIEN 4E+F, HENTET FRA (LPO, 2022)

### PROSJEKT INFORMASJON:

<b>Status</b>	Prosjektering
<b>Type</b>	Kontorbygg
<b>Lokasjon</b>	Lilleakerbyen, Oslo
<b>Entreprise</b>	Total
<b>Ombbrukstatus</b>	Ikke bestemt
<b>Opphav tegl</b>	Ikke bestemt

## 5.RESULTATER

I dette kapittelet skal resultatene innhentet fra intervjuene presenteres. Kapittel strukturen er som vist under.

<b>5.1 Prosjektene</b>	5.1.2	Informantene
	5.1.3	Synspunkter og holdninger
<b>5.2 Ombrukssteinen</b>	5.2.1	Lokalstein
	5.2.2	Importstein
	5.2.3	Marked for ombrukteglstein
	5.2.4	Klimabeskyttelse
	5.2.5	Oppsetting
	5.2.6	Estetikk og vedlikehold
<b>5.3 Fremtidig ombruk</b>	5.3.1	Mørteltype
	5.3.2	Konstruktive tiltak
	5.3.3	Byggeprosess
	5.3.4	Holdbarhet og vedlikehold
<b>5.4 Referanseprosjekter og erfaring</b>		
<b>5.5 Hvorfor ombruk</b>	5.5.1	Klima
	5.5.2	Historisk tilknytning

### 5.1. PROSJEKTENE

De utvalgte prosjektene i oppgaven befinner seg i ulike faser, noen helt i startfasen andre er ferdigstilte, som ga oppgaven et bredt perspektiv, med synspunkter fra aktørene i ulike deler av prosessen.

Opgaven mangler eksempler på bygg som har bygget for fremtidig ombruk av teglstein hvilket kan anses som en mangel. Det er heller ingen av prosjektene som har stått ferdig i mer enn 2 år og dermed ingen prosjekter som har fått testet fasaden over tid. Prosjektene som er under utvikling ble ikke sett på videre etter intervjuene ble utført, fremgang som har forekommet etter har ikke blitt tatt med i Oppgaven.

Alle prosjektene var totalentrepriser, derav kan det ikke vurderes hvordan entrepriseformen har en innvirkning. Det ble likevel spurt om hvordan samarbeid hadde en påvirkning på prosjektets ombruksprosess.

### 5.1.2 INFORMANTENE

Informantene som ble utvalgt har erfaring i bruk av ombruksstein, noen gjennom en lang karriere, men de fleste av dem via ett eller ett par prosjekter. Kunnskapsnivået om temaet varierte derfor mellom informantene. Deres synspunkter og holdninger var ulike etter deres posisjon i bransjen, de var alle farget av sin bakgrunn og erfaring, som førte til at de kom med ulike utfordringer og løsninger ved ombruk av tegl.

### 5.1.3 SYNSPUNKT OG HOLDNINGER

Byggebransjen er kjent for å være en konservativ bransje, som ble påpekt av flere informanter. De mente at bransjen måtte endre holdning og ta flere sjanser for å kunne bidra til kutt i klimagassutslipp. ARK - 4 beskrev det slik:

*«Byggebransjen i Norge er jo utrolig konservativ. ... Noe vi føler på som kontor er at når du jobber i en bransje som har det største CO2 avtrykke på norsk landjord. Da har du en forpliktelse til å gjøre bedre.»*

Holdningen til bruk av ombruksstein var positiv. Alle informantene, med ulik grad av entusiasme, sa de kunne tenke seg å bruke materialet igjen. Flere av dem hadde foreslått bruk av ombruksmaterialet i andre prosjekter. Hva som var viktig for de ulike aktørene og i hvilken grad av skepsis som burde holdes til materialet var derimot varierende. Arkitektene fokuserte mest på det estetiske til steinen. Deres bekymringer lå i hovedsak i estetikken. Om den steinen de fikk hadde det rette uttrykket og om mengdene av den var store nok til at den dekket behovet slik at det kunne unngås ett lappeteppe av ulike steintyper. Rådgivende bygg ingeniør, var opptatt av å følge standarden og at steinen hadde bestått de tester som krevdes. Byggherre, intervjuet her, var en stor driver for bruk av ombruksstein i sine bygg. De så det som en verdi å kunne bruke et ombruksmateriale både grunnet dens bærekrafts fordeler, men også fordi det ga en historisk tilknytning til område de eide. BH 3-4 formulerte det slik:

*«Vårt engasjement stammer fra et eierskap til området. Vi har eid det gjennom 150 år og har tenkt til å være i område og ta vare på det fremover, da blir bærekraft viktig. ... Vi har en lang historie og tenker langsiktig. Det gjelder ikke bare klima og miljø, men en respekt for området og et lokalt resyme»*

Entreprenørene satte økonomien høyest. ENT 2 ville stilt seg positiv til å gjennomføre flere ombruksprosjekter så var informanten positiv, men stilte seg skeptisk til om ledelsen kom til å ta initiativ til en slik handling. ENT 3 bekreftet dette.

Murmesterne, EKS 2 og EKS U, var skeptiske, ikke til å bruke ombruksstein, men til måten det var blitt utført i prosjektene. Både EKS 2 og EKS U fryktet at bransjen ikke tok de hensynene som krevdes, spesielt når det kom til steinens frostsikkerhet og konstruksjonens tilpasning til materialets behov. Videre fryktet de at disse fasadene ikke kom til å holde og med sitt forfall dra ned ombrukssteinens omdømme.

## 5.2.OMBRUKSSTEINEN

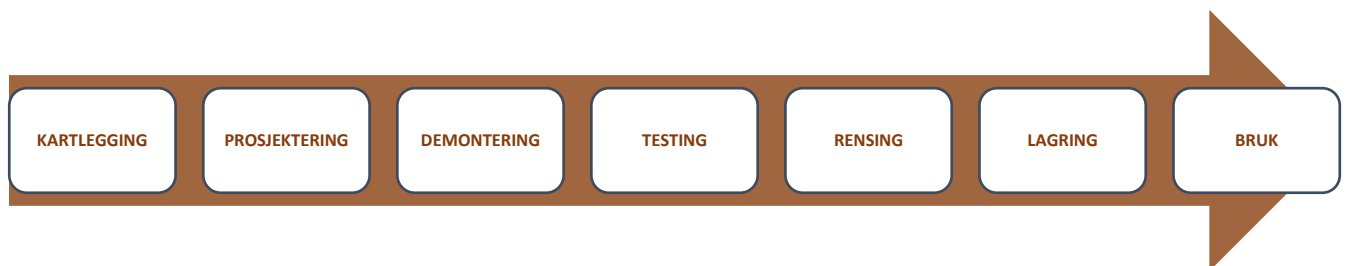
Under intervjuene kom det frem ombrukssteins uforutsigbarhet som materiale, steinens tidligere liv kan avsløre mange av dens kvaliteter og dermed utfordringene som kan komme ved bruk. Hvor steinen kommer i fra, hvor den ble brukt i konstruksjonen til donorbygget og hva den har blitt utsatt for gjennom sin brukstid har mye å si for hvilke begrensninger steinen har. Som EKS U utalte under intervju:

*«Du tar noe ut fra sitt opprinnelige hjem og skal flytte den inn i noe helt nytt. Og den overgangen er der alle utfordringer ligger.»*

I prosjektene brukt i oppgaven var den lokale steinen fra bygg som hadde stått på samme tomt og importsteinen kom fra Tyskland (Vollsveien 13H) og Danmark (Eikeli skole).

### 5.2.1 LOKALSTEIN

Proessen for bruk av lokalteglstein er her satt opp som syv steg basert på hvordan informantene beskrev den. I dette delkapittelet vil utfordringene i de delene av prosessen som er unik for lokalsteinen diskuteres.



*FIGUR 15: BASERT PÅ INFORMASJON FRA INTERVJUENE, REKKEFØLGEN KAN DIFFERENSIERE*

#### **KARTLEGGING**

Kartlegging går ut på å finne hvilke ressurser aktøren sitter med. En kartlegging forteller likevel ikke hele sannheten, som regel kan ikke all steinen som ble kartlagt brukes til ønsket formål. Ved Vollsveien 13H viste det seg at ca. halvparten av steinen som ble tatt ned hadde for dårlig frostsikkerhet til bruk i ytterfasaden. Resultatet ble en bestilling av brukt teglstein fra Tyskland for å få nok stein til å dekke ytterfasaden. Steinene av dårligere kvalitet ble isteden brukt innervegger av bygget eller som en del av massivveggene som ble restaurert. For Ruseløkka skole var det en lignende utfordring, den lokale steinen kunne ikke brukes så det måtte bestilles ny teglstein til ytterfasaden. Ombrukssteinen endte opp på to fasader inni bygget.

Under kartleggingen av Ruseløkka skole ble det påvist at donorbyggets stein var dekket av en maling med høye nivåer av sink. Verdiene ble regnet som håndterbare og steinen ble rensset og brukt igjen.

## DEMONTERING

Ved ombruk kreves det en demontering utført uten skade på materialet, deretter sorteres steinen etter kvalitet. BH 3-4 nevner det som utfordrende da mange riveselskaper ofte er motvillige siden en slik prosess ofte er dyrere og mer tidkrevende. Men markedet er i endring. BH 3-4 informerte om at det var aktører som nå spesialiserte seg i demontering for ombruk.

## TESTING

Testing av den lokale steinen ble utført i prosjektene der den ble brukt. Ved Vollsveien 13H ble steinen testet av Sintef. Ruseløkka skole, fikk en ekstern aktør til å vurdere steinen. Hva dette innebar ble ikke utdypet siden ARK 1 ikke visste og de var eneste informant ved prosjektet. Testingen utført ved Vollsveien 13H ga, som tidligere nevnt, blandete resultater. Selv den steinen valgt til bruk i ytterfasade, anerkjente de en risiko ved å bruke. BH utalte det slik:

*«Så neste var jo teste teglsteinen, var den frostbestandig. Dette var en utfordring og da må jo sånne som oss ta en sjans og si: selv om ikke dette er aller sikreste teglsteinen så tar vi en sjanse på at det går bra»*

Steinens egenskap til å tåle frost er den kvaliteten som gjorde at materialet ble valgt bort. Der de fortsatt valgte å bruke den i ytterfasaden var bekymring blant informantene om hvordan den kom til å holde seg. Noen var mer bekymret enn andre, men alle informantene involvert var enig i at det var risikoer ved å bruke materialet.

Testene av ombruksstein er ulike etter hvem som utfører dem. Sintef sine tester ble beskrevet som strenge og urealistiske av RIB 3-4:

*«Det vi har lært i ettertid er at det finnes en snillere frosttest enn den Sintef brukte. Det de gjør er at de vanmetter den også fryser den ned og tiner den opp igjen sånn ca. 84 ganger tror jeg. Dette mener vi er litt urealistiske da vi mener den ikke kommer til å bli utsatt for så hard belastning»*

EKS U var enig i at testene var strenge, men poengterte også viktigheten av å vurdere resultatene til testene opp mot hvor og hvordan steinen skulle brukes. Besto steinen Sintef sin



test kunne den brukes ved de tøffeste klimatiske forholdene i landet. EKS U mente at det var viktig å ha med aktører på prosjektene som hadde erfaring til å foreta seg slike vurderinger.

Trykkegenskapene til steinen ble nevnt som svært viktig, men ble lite diskutert under intervjuene. Usikkerhetsmomentet er mye mindre ved trykk, testene er lettere å gjennomføre og teglstein har generelt gode trykkegenskaper. EKS U:

*«Styrke er veldig lett test å utføre. Mye mer presis test enn en frosttest. Med frosttest så er det så mange variabler.»*

For Vollsveien 9-11 og Lilleakerveien 4E+F var trykk et tema, de høye fasadene førte til en stor belastning på den nedre steinen. ARK 5 sa dette om prosjektet sitt:

*«Her har vi jo et høyt bygg med stort fasadeareal og det har blitt diskutert om vi skal bruke ombrukstegl. Skal man bruke ombruksteglstein så man må være sikker på at den skal ha bæreevne for den fulle fasaden»*

Usikkerhetsmoment med stikkprøver nevnt av ARK 5 er en av de store utfordringene med bruk av ombruksstein. Steinene som blir testet er nødvendigvis ikke representativt for all steinen i utvalget. Ved Vollsveien 13H forsøkte de å håndtere dette ved å sortere lokalesteinen i grupper av stein med lignende kvalitet og kjøre tester på steiner fra hver gruppe (RIB 3-4).

## RENSING

Flere av informantene ved prosjektet Vollsveien 13H og Ruseløkka skole nevnte rensing av ombrukssteinen som en utfordring. For å kunne bruke ombruksstein så er rensing en nødvendig del av prosessen. Hvilken grad dette er et problem avhenger av donasjonsteglsteinen. Vollsveien 13H utførte rensingen selv, murene ble satt til å rense steinen i en kjeller. Hvor tidkrevende og dyr denne prosessen var det noe usikkerhet blant aktørene. BH mente selv det hadde gått fint:

*«Så vi begynte å demontere og renske og da så vi at dette får vi til. Og vi får det til sirka samme pris som det ville vært å kjøpe ny teglstein.»*

Ruseløkka skole hadde ifølge ARK 1 vært en vanskelig og dyr prosess. Det at steinen var dekket med av maling med høy verdi av sink skapte utfordring når det kom til nedtaking og rensing. Renseprosessen ble også dyr grunnet at det måtte settes av et område der den kunne utføres.

## LAGRING

Som ved rensing så er leie av område for lagring dyrt. Problemet med plass til bearbeiding og lagring av steinen ble den største utfordringen ved Ruseløkka skole. ARK 1 uttrykket det slik:

*«For det var et av problemene at det var en så lang periode mellom at bygget ble revet og steinen skulle brukes. Det er dyrt å leie tomt og lager. Steinen som ble brukt ble lagret på et lager som Oslo bygg leide.»*

Lagringsplass mellom rivning og bruk ble bekreftet som et problem av flere informanter både i intervju og samtaler. BH 3-4 nevnte ikke lagring som et problem Vollsveien 13H.

### 5.2.2 IMPORTSTEIN

Mange av problemstillingene som dukker opp i prosessen ved bruk av lokalstein er irrelevante for importstein. Prosessen ved kjøp av importstein ligner prosessen ved kjøp av ny stein. Den er allerede testet og kommer klar til bruk på paller. Bestilling av stein gir en valgmulighet og usikkerheten ved kvalitet, estetikk og mengde blir derfor mindre. Prosjektering med steinen vil fungere ifølge RIB 3-4 som ny stein:

*«Tingen med gjenbruksteglstein er at når den har blitt sertifisert så fungerer den som en ny teglstein så da er det jo bare å prosjektere det som en ny fasade.»*

### MATERIALKVALITET

Selv om det å bestille steinen ligner prosessen ved ny stein er det likevel ingen garanti for at steinen kommer til å oppføre seg som ny stein. I intervjuene med EKS 2 og EKS U kom det frem en usikkerhet rundt frostsikkerheten til stein importert fra utlandet. Steinen kjøpt inn til Eikeli skole fra Danmark har fått en frostsikkerhet klasse F1, dette mente EKS 2 at ikke var godt nokk, stein brukt i ytterfasade i Norge burde ha frostsikkerhet F2. Informanten utalte det slik:

*«Gjenbruksteglstein som ikke kan dokumenteres forsikkerhet F2 eller bedre, burde man ikke bruke i ytterfasader sånn. Det er min erfaring som gammel murer og som skaderådgiver»*

Ved Eikeli skole kom det i tillegg frem i intervju med både murmester og entreprenør at det hadde vært usikkerhet rundt klimadataene fra steinens opphav. Klimadataene hadde vært mangelfulle, steinens frostkvalitet ble isteden vurdert etter værdata fra opphavsområdet. EKS 2 sa det slik:

*«De kunne heller ikke dokumentere klima der borte. Det tok lang tid og vi fikk ikke ordentlig dokumentasjon, men de så seg fornøyd med noe vurdering med værdata rundt plassen. Men dokumentasjon var mangelfull.»*

Fra ARK 4, BH 3-4 og EKS U ble det poengtert at selv om steinen hadde blitt utsatt for samme mengde svingninger over null som den kom til å bli utsatt for i Norge, betydde dette likevel ikke at steinen kom til å tåle de ekstreme temperatursvingningene i Oslo som på et ordinært år går mellom -20 til 30. Også poengtert av AKR 4 at et kystklima som Oslo kan ha en negativ påvirkning på stein som kommer fra innlandsklima. Dessverre kom det ikke frem i intervjuene om den bestilte steinen hadde blitt brukt ved kyst eller ikke. For prosjektene i Lilleakerbyen var elven også en faktor som skapte dis og utsatte steinen for mer fukt.

Usikkerheten rundt frostkvaliteten til danskstein er en av grunnene til at det ved Vollsveien 9-11 har blitt laget et tilbudsgrunnlag hvor førstevalget er ombruksstein bestilt gjennom HØINE fra Danmark og andrevalget en biogassprodusert stein fra Wienerberger. Dette ble bekreftet fra alle informantene involvert i prosjektet.

## TRANSPORT

En annen utfordring med bestilt importstein er klimagassutslippet som kommer med transporten. EKS U mente derfor det var lite poeng med importstein og at steinen burde være mest mulig lokal for å få et godt utbytte. BH 3-4 mente de hadde fått kuttet klimagassutslippet ved å importere stein sammenlignet med det som ville forekommet ved bruk av ny stein.

### 5.2.3 MARKED FOR OMBRUKSTEGLSTEIN

Materialtilgang var et problem i alle prosjektene både for importstein og lokalstein, som ifølge informantene stammet fra et manglende marked. De beskrev et marked uten aktører som kan demontere, ta imot, kjøpe, håndtere, oppbevare, selge og levere stein.

For importstein handlet det om konkurranse på markedet, eksisterer det bare en aktør som leverer så blir skaper dette problemer når entreprenørene skal gi tilbud. ARK 4 utalte det slik:

*«Vi kjenner ikke til så mange flere leverandører enn Høine dessverre. Dette er noe som vi ser når vi har sittet med utarbeidelsen som et tilbudsunderlag hvor da entreprenørene skal komme inn å legge inn tilbud og da er jo konkurranse alltid en fordel»*

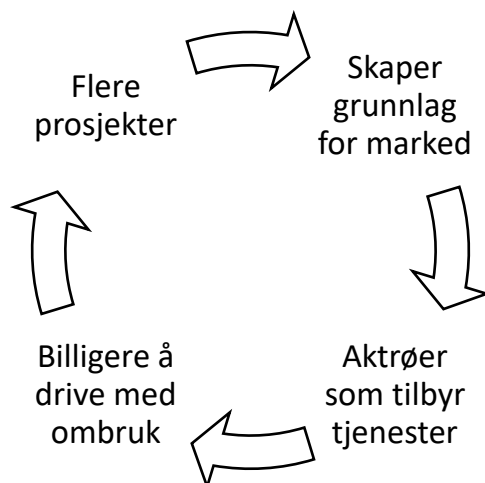
For aktører som ønsker å benytte egen stein eller annen lokalstein er mangelen på et marked utfordrerne. Uten et marked må aktørene med egen stein selv sørge for kartlegging,

demontering, rensing og lagring for å kunne bruke den. Derfor nevner flere av informantene at et marked med materialbanker og aktører som kan tilby håndtering, kjøp og salg som en løsning for å unngå de kunnskapskrevende, dyre og tidkrevende prosessene som kommer med ombruk av lokalstein. ARK 1 sa det slik:

*«Det hadde vært fint om man hadde fått til å ha en materialbank som man har i Danmark hvor man kan kjøpe gjenbruksteglstein istedenfor at det nødvendigvis må være fra det bygget man river.»*

Et marked ville kunne effektivisert rensingen ved at de kunne tilby maskinens, noe som ifølge RIB 3-4 mener ikke finnes i Norge i dag, steinen må isteden sendes til utlandet om den skal maskinenes. For at et slik marked skal være økonomisk er det avhengig av aktører som både driver og bruker det, et riveselskap som har gjennomført den mer kostnadsstunge demonteringsprosessen forså å bli sittende på steinen de har revet taper penger (ENT 2). ENT 2 beskrev det slik:

*«Om det var en aktør som fant ut at han skulle begynne med gjenbruk og begynte å kjøpe og selge og fikk liksom litt draget utav dette her sånn at den som reiv fikk avsetning og fikk solgt det videre, så hadde det nokk blitt litt fart i dette her.»*



FIGUR 16: MARKEDSGRUNNLAG, INSPIRERT AV INFORMASJON FRA INTERVJU

#### 5.2.4 KLIMABESKYTTELSE

Absorpsjon av vann er grunnlaget for frostsprengning, det ble derfor poengtert av samtlige informanter at steinen måtte få mulighet til å tørke ut. I massivvegger er steinen i ytterdelen av vegg naturlig beskyttet mot frost fra varmen som strømmer gjennom den fra innsiden ifølge EKS U. Når steinen blir plassert i en forblendingsvegg uten tilgang på varme fra innsiden av bygget er det da uvisst hvordan den kommer til å reagere. EKS U utalte:

*«En stein i en forblendingsvegg har færre uttørkingsmuligheter, da må vi finne ut hvor mye fukt tar den til seg og begrense det slik at den ikke tar mer enn det den tåler også må den få hvile og tørke opp igjen. ... jeg kan påstå at de fleste ikke tåler det.»*

Klimaet steinen utsettes for har stor påvirkning på hvor godt den holder ved frost, under intervjuene ble dette tatt opp gjentatte ganger. Lysforhold, fuktmengde, temperatur og hvilke tørkemuligheter den har ble nevnt som faktorer som må tas hensyn til ved prosjektering.

Murmesterne var skeptiske til at kvalitetssjekkert ombruksstein blir brukt på samme som ny stein, de mente at klimabeskyttende elementer burde tas med når ombrukssteinen skulle tas i bruk. EKS 2 sa det slik:

*«Man må jo ta hensyn til de materialene man bruker slik at de får så gunstige forhold som mulig. Og der er marginene så små spesielt når det gjelder gjenbruk.»*

Dagens design ble vurdert som utfordrende da det ga minimal beskyttelse for steinen. Arkitektene ifølge murmesterne ville ha et design som uten klimabeskyttende tiltak som beslag på toppen eller takoverheng. EKS U utalte det slik:

*«Går du 150 år tilbake i tid så var det takutstikk som gikk godt ut. Bare det tiltaket gjør at fasaden blir mye mer beskyttet og tåler derfor mye mer.»*

EKS U mente en del av løsningen kunne være å velge plasseringen til ombrukssteinen i fasaden slik at den ble skjermet fra været, enten at den fikk stå på en fasade med gode lysforhold og derfor gode tørkemuligheter, eller at den ble plassert i en bakgård. Og da la de mer trøblede fasadene få ha ny stein.

Ved Vollsveien 13H ble det ifølge BH 3-4 ikke gjort noen klimabeskyttende tiltak i form av plassering i vegg eller takoverheng, men de hadde lagt en overflatebehandling på steinen. Hva denne overflatebehandling var kom ikke frem under intervjuet. Men de mente dette skulle være tilfredsstillende for å sikre frostkvaliteten til steinen.

Ved Eikeli skole ble det også nevnt at feil ved konstruksjonen hadde ført til en mindre optimal luftespalte som EKS 2 mener er en ekstra belastning på steinen. De påpeker at selv stein av god kvalitet kan fryse i stykker om den ikke blir behandlet riktig.

Som et alternativ til å bruke steinen ute og utsette den for klima og miljø mente EKS U og EKS 2 at den gjorde seg bedre inne. Ifølge EKS U har gjør egenskapene til steinen som dens magasinerende effekt som gjør at steinen tar opp og gir fra seg fuktighet, dens statiske overflate som krevde minimal med vask og vedlikehold da den ikke tiltrekker seg «møkk» og steinens lydisolerende egenskaper. Alle disse effektene var med på å skape et godt innemiljø.

### 5.2.5 OPPSETTING

Gjennom intervjuene kom det ikke frem noen unike utfordringer ved oppsetting av vegger med ombruksstein. EKS 2 mente at å sette opp vegger med brukt stein kunne være lettere enn med ny stein, gitt at ombrukssteinen kom på paller slik den ville gjort om den var ny. De begrunnet dette i at steinen, igjennom riveprosessen, hadde blitt avrundet som gjorde dem lettere å håndtere.

For å kutte CO2 kostnadene ved oppsetting ble det ifølge ENT 3-4 ved Vollsveien 13H murt opp på tomta istedenfor å sende steinen til fabrikk for å få prefabrikkerte elementer. Hvorvidt det faktisk var en CO2 gevinst i dette er entreprenør usikker på, de påstår at det er blitt gjort lite forskning på området.

### 5.2.6 ESTETIKK OG VEDLIKEHOLD

Estetikken til ombrukssteinen ble nevnt av alle aktørene som en av de positive kvalitetene ved materialet. ARK 3 utalte det slik:

*«Det som er fint er at teglstein som er brukt er at den har mye spill, man ser at de har levd ett liv, for det er det jeg ikke liker med ny teglstein at den ser litt for flat ut.»*

En bekymring ved bruk av ombruksstein som arkitektene delte var faren for å ikke ha nok av en type stein slik at sluttresultatet ble et lappeteppe av stein i ulike farge og form. ARK 5:

*«Ofte ser man jo det som en leveranse og da gir det en helhet, men når du skal skalere det opp så er denne helheten mer usikker. Man må være bevist på at det er en risiko. Vi vil ikke at hele bygget skal bli flekkete fordi bygget er for stort til at du klarer å få samme teglstein overalt»*

Ved Vollsveien 13H var det tilfelle at det ikke var nokk lokalstein. Variasjon i farge mente de at de ikke hadde kontroll over, men variasjonen i størrelsen på steinen ble nevnt som en faktor av ARK 3. De sa dette hadde ført til at de måtte legge ekstra vekt på fugene mellom steinen og at dette skapte en uforutsigbarhet for sluttresultatet til veggen.

Usikkerheten rundt estetikken til steinen brukt ved Ruseløkka skole grunnet malingslaget som skjulte steinens utseende, ble nevnt som en utfordring for ARK 1. ARK 1 utalte det slik:

*«Vi visste jo ikke hvordan de steinene som var i gamlebygget så ut da de var dekket av maling. Vi var usikre på om det kom til å bli fint eller ikke»*

ARK 5 stilte spørsmål om folk var klar for en ombruksestetikk, om det kom til å bli mye for dem å se den overalt.

For Vollsveien 9-11 nevnte ARK 4 at å vedlikeholde fasaden kunne bli en utfordring da byggets omgivelser ikke tillot at store maskiner kom til uten at det førte til store ødeleggelser. Derfor var det et mål å få en mest mulig vedlikeholdsfri fasade som holder ut byggets levetid på 120 år.

### 5.3 FREMTIDIG OMBRUK

Prosjektene i oppgaven har alle vurdert å bygge demonterbare fasader, slik teglsteinen kan tas ned og brukes på nytt i andre bygg. Med andre ord, bygge for fremtidig ombruk. Ved Vollsveien 13H blir det ifølge BH 3-4 bygget for fremtidig ombruk, Vollsveien 9-11 og Lilleakerveien 4E+F vurderer å bygge en slik fasade, men da intervjuene ble utført var det enda ikke avgjort om det blir. I dette delkapittelet vil utfordringene og komplikasjonene som kom frem under intervjuene gjennomgås.

#### 5.3.1 MØRTELTYPE

For at steinen skal kunne bli brukt om igjen må den kunne separeres, flere av informantene mente at dette bare var mulig med kalkmørtel. Ved prosjektet Vollsveien 13H påsto BH 3-4 likevel at kalksementblandingsmørtelen brukt, var svak nok til at steinene kunne separeres uten å knuses:

*«Den mørtelen vi bruker på 13H har vi testet nå, for vi murte opp med en ikke superhard mørtel så testa vi da over en vegg på 2x2 meter når den var ferdig herdet så prøvde vi å*

*demontere for å se om vi fikk det til, og det fikk vi til. Så jeg tror vi skal kunne demontere 13H.»*

Fortsatt er det myke mørteltyper til kalk som gjør det lettes å separere steinen. Derfor ble den også mye omdiskutert under intervjuene.

### 5.3.2 KONSTRUKTIVE TILTAK

Kalkmørtels dårlige evne til å henge sammen er ikke ideelt for mye moderne design, den krever å stå i trykk noe som er vanskelig å få til når det designes store firkantede åpninger (EKS U) (EKS 2) (RIB 3-4) (AKR 4). Blant arkitektene er det en motvilje i å måtte begrenses designet ut ifra materialets prinsipper. ARK 4 sa det slik:

*«At det blir en ny verdiskapning som man klarer å gjøre med det uttrykket man er påvirket av i egen tid. At man klarer å ta en gammel ressurs å få det til å bli noe nytt og varig og ikke nødvendigvis er tvunget til å få dette til å se ut som et bygg som er 200 år gammel»*

Vollsveien 9-11 sin fasade har med sin høye, slanke fasade med mange store åpninger et dårlig egnet design for bruk av kalkmørtel. For å realisere en fasade med et slikt design og en svakere mørtel har de måtte sette inn ekstra tiltak i form av stål (RIB 3-4) (ARK 4). Stålbjelker ble prosjektert som horisontale bånd rundt bygget slik at steinen kunne legges oppå. Men dette krevde mer stål og begrenser derfor klimagevinsten til bygget.

Designet var det stoppet Ruseløkka skole i å bruke kalkmørtel. Ifølge ARK 1 kom forslaget inn allerede etter bygget var designet og et bytte av mørtel ville ført til at fasaden måtte blitt designet på nytt noe som økonomisk ikke lot seg gjøre. ARK 1 presiserer derfor viktigheten av å være tidlig ute med ideen i prosessen hvis det ønskes å gjennomføre den. ARK 1 sa det slik:

*«Det er viktig å få det tidlig. Det må være et premiss når det sendes ut til entreprenør fordi de ville sikkert kreve masse ekstratillegg for å bruke ombruksteglstein over det de egentlig hadde lagt plan for. Men ja om det kommer inn tidlig i prosjektet og BH er interessert og har en klarhet over at det koster litt mere.»*

### 5.3.3 BYGGEPROSESS

Kalkmørtel har en lengre tørketid en sementmørtel noe som forlenger byggeprosessen og kan forstyrre koordineringen mellom fagene (EKS U) (RIB3-4) (ARK4). Kalk kan heller ikke mures i samme hastighet som sementmørtel dette er grunnet, ifølge EKS U, i at den svake



mørtelen ikke tåler trykk, om det da skal mures over flere etasjer så må det påberegnes mer ventetid slik at mørtelen for herdet slik at ikke trykkbelastningen skal bli for stor under byggeprosessen. RIB 3-4 og EKS U mener at når det da jobbes med entreprenører som vil at muringen skal gå fort og de er vant med en sementmørtel som tørker på 28 dager så blir det problematisk. EKS U mener også at klimaskallet er relativt uavhengig av resten av byggeprosjektet og med litt planlegging så kan den få stå for seg selv og ta den tiden den trenger uten at det forstyrrer resten av koordineringen og gjør byggeprosessen dyrere. Kalkmørtel kan ikke utsettes for frost mens den tørker, det fører til frostsprengninger, som begrenser når det kan mures med kalk, RIB 3-4 kaller det kalkmørtelsesongen fra april til september.

BH 3-4 nevner at materialer med lavere CO<sub>2</sub> utslipp har lengre tørketid, men om koordineringen med tørketiden ikke fungerer kan det fort hende at veggen blir nødt til å varmesopp under frostsasjonen. En slik fyringsprosess vil føre til mer forbruk av energi og derav også økt utslipp av CO<sub>2</sub> (BH 3-4) (RIB 3-4).

Holdbarheten til kalkmørtel kan være en utfordring, ifølge ARK 4 forvitrer den raskere en sement. Dette er et problem som kan løses ved etterfylling av mørtel, men ARK 4 mener at det ikke er gunstig for Vollsveien 9-11 da bygget som tidligere nevnt har en fasade som er utilgjengelig og har en utforming som er dårlig egnet til det.

## 5.4 REFERANSEPROSJEKTER OG ERFARING

Mangel på referanseprosjekt var en problemstilling som ble nevnt i samtlige av intervjuene. Det finnes eksempler på slike prosjekter utenfor Norge, men når det ikke kunne henvises til bygg utsatt for norsk klima så ble det regnet som en større risiko av enkelte aktører. ARK 4 beskrev det slik:

*«De tenker sånn: om dette ikke har blitt gjort i Norge før da er vi ikke interesserte. Selv om du kan henvise til 50 tyske prosjekter med tilsvarende klima så er de ikke interessert.»*

Som tidligere nevnt var denne skepsisen stor blant murmesterne. De mente at deres erfaring med bruk av ombruksstein talte mot måten den brukes på i dag og at denne ikke ble hørt av bransjen. EKS U og EKS 2 nevnte begge en frykt for at disse veggene som ble satt opp nå ikke kom til å holde i mer enn 10 år og med dette sverte navnet til ombrukssteinen. EKS U beskrev det slik:

*«Det jeg frykter er at det nå skal komme opp masse fasader som om noen få år, ja det går 10 år. Så kommer det alvorlige skader. Men det er veldig vanskelig for oss å komme inn i disse miljøene som skeptikerne som sier dette går aldri bra. ... Men det går an å gjøre det bra. Men du må ha med folk som ikke bare kan teorien, men også erfaringen. Den faglige tilknytningen.»*

Mangel på erfaring ble nevnt som en påvirkende faktor på økonomien, EKS U sa det slik:

*«Jeg påstår om du har firma som er gode på det, du kan vel spørre spørsmål om vi har det nå, men på 90 tallet så hadde vi det. Når du har firma som kan det da blir det billig og raskt. Men om du har firma som er gode på betong så er det det som blir billig»*

Kalkmørtel har ikke blitt brukt i nybygg i større grad på 50 år, derfor er det få referanseprosjekter på dette ifølge ARK 4. De sier det heller ikke finnes gode referanser i utlandet å se til.

## 5.5 HVORFOR OMBRUK

Under intervjuene kom det frem at prosjektene valgte ombruk i hovedsak av to grunner:

Klima og historisk tilknytning

### 5.5.1 KLIMA

De gjennomførte prosjektene så alle en klimagevinst i bruk av ombrukssteinen. Dette var en drivende faktor ikke bare for klimaet i seg selv, men også for å kunne oppnå sertifiseringene som var ønsket. Alle prosjektene hadde mål om å være fremoverlente og forbilder i bransjen. Både Ruseløkka skole og Eikeli skole er plusshus og regnet som Future built forbildeprosjekter. Eikeli skole nådde BREAAAM Excellent og Ruseløkka skole BREEAM very good.

Krav til utføring av CO2 regnskap er ifølge ARK 4 en motivator for aktører til å senke utslippene sine. AKR 4 forklarte dette utsagnet slik:

*«Vi ser jo at det nå kommer krav i TEK til at du skal vise til vurderinger som er gjort rundt CO2 avtrykk. Det er ikke noe krav til bestemte CO2 avtrykk, men det kommer til å komme inn at du skal vise vurderinger til det. Når dette kommer inn så vil det til å bli litt flaut å vise til at vi har beregnet CO2 avtrykket også ble det høyt også kjørte vi bare på likevel.»*

BH 3-4 påstår at bærekraft er en driver både for finansiering av prosjektet og rekruttering av nye ansatte, ingen ønsker å jobbe hos aktører hvor bærekraft ikke blir tatt alvorlig. BH 3-4:

*«Bærekraft er en slags ny valuta både for rekruttering og finansiering.»*

### 5.5.2 HISTORISK TILKNYTNING

For flere av prosjektene ble det nevnt at materialet hadde en historisk tilknytning til stede, enten i form av at bygg på området hadde fungert som donorbygg eller at området i seg selv hadde en historie med materiale. Denne verdien var en stor driver til materialvalget og videre det å ombruke materialer som eksempelvis har Ruseløkka skole hvor den ombrukte steinen stammer fra et tidligere bygg på tomte. Et annet eksempel er Vollsveien 13H hvor teglsteinen kom fra originalbyggets fasade som ble tatt ned satt opp i en ny fasade. Eksempler der de historiske verdiene ble sett på som grunnleggende for materialvalget finnes også i Vollsveien 9-11 og Lilleakerveien 4E+F begge i prosjekteringsfasen så materialet har ikke blitt valgt enda. I disse prosjektene er det ikke aktuelt å ta fra et lokalt donorbygg, men ønske om å bruke teglstein og aller helts ombruksstein, kommer fra at området har en sterk historisk tilknytning til materialet. BH 3-4 sier dette:

*«Teglstein er jo et viktig element i disse byggene for det var en del av det industrielle uttrykket. Da var jo det å jobbe med tegl, få frem telg, ta vare på teglstein viktig. ... Det går fint an å lage moderne arkitektur med historiske materialer eller varige materialer som binder sammen og forteller en historie. Og det at de har blitt brukt før er jo bare en fordel, de har jo en skjønnhet og et sympatisk uttrykk. Og det går fint an å variere, teglstein er et materiale hvor du kan variere mye og fortsatt få til noe spennende.»*

## 6. DISKUSJON

I dette kapitlet skal teori og resultater diskuteres for å forsøke svare på problemstillingen «*Hvordan kan erfaringer fra dagens ombruksprosjekter med teglstein bidra til bærekraftig bruk av materialet i fremtiden?*». Først skal det klargjøres hvorfor teglstein er en bærekraftig ombruksressurs. Videre skal erfaringene ved bruk av ombruksstein og fremtidig ombruk av teglstein som kom frem både via litteraturstudien og intervjuene diskuteres og det skal foreslås tiltak til mulige løsninger.

Kapitlet følger følgende struktur

<b>6.1 Teglstein som bærekraftig materiale</b>	6.1.1	Klima- og miljøpotensialet
	6.1.2	Ombrukspotensialet
	6.1.3	Historisk bærekraftig
	6.1.4	Estetisk levetid
<b>6.2 Bruk av ombrukssteinen</b>	6.2.1	Ombrukssteinen
	6.2.2	Tilgang og prosessering av steinen
	6.2.3	Tid og kostnader
	6.2.4	Lovverk
<b>6.3 Design for fremtidig ombruk av steinen</b>	6.3.1	Utfordringer med teglstein som fremtidig ombruksmateriale
	6.3.2	Design og konstruksjon
	6.3.3	Byggeprosess

### 6.1 TEGLSTEIN SOM BÆREKRAFTIG MATERIALE

Teglstein har et potensiale som bærekraftig materiale i en sirkulær økonomi, noe som har kommet frem både gjennom litteraturstudien og intervjuene. Steinen gjør seg spesielt godt på disse fire områdene: Klima- og miljøpotensial, ombrukspotensial, historisk bærekraftighet og estetisk levetid.

#### 6.1.1 KLIMA- OG MILJØPOTENSIALET

I kapittel 2.1.2. ble teglsteinens påvirkning på natur og klima vurdert. Det viste seg at uttak av steinen medførte naturødeleggelser og forurensning av uttaksområdet (Shakir & Mohammed, 2013). Samtidig kastes det i Norge 50 000 tonn teglstein i året (Høine, 2023) noe som fører til

mye unødvendig avfall. Bruk av ombruksstein og bygging for fremtidig ombruk av stein vil medføre avfallsreduksjon og bevaring av naturressurser da det kreves mindre jomfrumaterialer.

Videre medførte produksjon av ny teglstein klimagassutslipp på 0.287 kg CO<sub>2</sub> ekv./ kg murstein (Kilvær et al., 2019). Ved bruk av ombruksstein kan dette tallet reduseres betraktelig. For lokalstein som ikke trengs å transporteres er klimagassutslippet oppimot 99% lavere enn det er fra produksjon av ny teglstein (Kilvær et al., 2019).

Selv om teglstein har en forurensende produksjon sammenlignet med andre materialer (Sørnes et al., 2014) så kan det totalt sett spare inn klimagassutslipp ved å kutte på andre områder. Sammenlignes steinens LCA med andre materialer, så kommer den ganske godt ut gitt at den får lov til å stå ut sin levetid (Nordby, 2009). En teglkonstruksjon kan holde seg fin i århundrer, men bygg i dag har en planlagt levetid på 60 år (Helgesen, 2020). For at steinens LCA skal bli lavest mulig må den brukes lengst mulig. Kasting av stein etter ordinær levetid til et bygg er derfor langt i fra en full utnyttelse av materialet.

Fra kapittel 5.5.1 kom det frem at det var en klimagevinst ved bruk av ombruksstein, sammenlignet med bruk av ny stein, i begge de ferdigstilte prosjektene. Det var et mål i prosjektene om ikke bare å kutte i klimagassutslipp, men også oppnå ulike sertifiseringer som igjen ga finansiering og et bedre rykte som arbeidsgiver.

### 6.1.2 OMBRUKSPOTENSIALET

VCOB regner teglstein som «godt egnet» for ombruk (VCOB, 2023). For at et materiale skal være ombrukbart burde konstruksjonene hvor det er brukt ha et begrenset materialvalg, materialet burde ha lang levetid og høy generalitet (Nordby, 2009). Alle disse er karakteristikk for bruk av teglstein.

Steinen er temperaturregulerende og fuktkorrigerende som gjør at den skaper et godt innemiljø (EKS U)(EKS 2)(Nordby, 2009). Den har en ikke-statisk flate som gjør at den samler lite «møkk», og trenger derfor mindre renhold enn andre fasadematerialer (EKS U).

Nordby nevner i sin doktorgradsavhandling seks kriterier for at et materiale skal være egnet for ombruk, hvorav teglstein lett kan oppfylle fem av dem (Nordby, 2009). Følgende prinsipper er: Begrenset materialvalg, lang levetid, høy generalitet, fornuftig lagdeling og tilgjengelig informasjon.

Begrenset materialutvalg er noe som faller teglkonstruksjoner naturlig. I utgangspunktet trengs det bare mørtel og teglstein for å konstruere en teglsteins mur. Likevel er det i dag ofte at det legges inn andre materialer i konstruksjonen som stål, noe som kompliserer ombruk for deler av fasaden.

Lang levetid og høy generalitet er kvaliteter som naturlig tilhører steinen. Den er i utgangspunktet svært robust, tåler store mengder trykk, og gitt sin brenningsgrad kan den også tåle mye frost. Steinen taper heller ikke utseende med tiden. Formen gir en stor variasjon i design som igjen gir den en høy generalitet.

Fornuftig lagdeling kan gjøres både i massivvegger og forblendingsvegger. De kan stå relativt uavhengig fra resterende deler av konstruksjonen. Forblendingsvegg vil kunne fungere som en ytterhud og behøver bare festes til resten av veggen. Massivvegger er gjennomgående teglstein og har derfor ikke sjikt. Mer komplisert blir det om det legges isolasjon mellom veggen. Fornuftig lagdeling handler også om at det skal være mulig å komme seg til elementer som må byttes oftere. Dette kan være problematisk, da teglfasaden ikke kan fjernes for å komme til underliggende sjikt som har kortere levetid.

Tilgjengelig informasjon om ombrukssteinen er viktig for å vite dens holdbarhet og styrke. I eldre bygningsmasser er det ofte vanskelig å få tak i denne informasjonen om steinen. Men med gode systemer for digital dokumentering blir informasjon om materialet lett å anskaffe for fremtidige ombrukskartlegging.

### 6.1.3 HISTORISK BÆREKRAFTIG

Teglstein er et historisk materiale, ikke bare er det ett av de eldste byggematerialene i verden, men det har også en sterk tilknytning til Oslo og byens historie (Tveteraas & Boysen, 1976). Det finnes bygårder, kirker, industribygg og andre byggerier av teglstein rundt omkring i byen. En del av grunnen til dette er at byen fikk murtvang i 1624 (Thue & Gunnarsjaa, 2023). Dette nevnt som en motivasjon til å bruke materialet i alle prosjektene. Spesielt Lilleakerbyen satser veldig på teglstein da området er et gammelt industriområde og fortsatt har eksisterende bygg fra denne perioden, de ønsker å bygge nybygg som tar med seg deler av denne tradisjonen (BH 3-4)(RIB 3-4)(ARK 3)(ARK 4)(ARK 5).

### 6.1.4 ESTETISK LEVETID

Fra kapittel 2.4.1 (Nordby, 2009), ble det beskrevet at levetiden til materialet ikke bare avhenger av steinens tekniske levetid, men også den estetiske levetiden til bygget. Bygg står i

fare for å rives grunnet utdatert design, som igjen avhenger delvis av kvaliteten til det valgte materialet. Et materiale som teglstein som har høy kvalitet og holder seg godt er derfor med på å forlenge levetiden til bygget.

Teglstein er et materiale som er kjent for å bli vakrere med tiden, da bruk av steinen medfører et spill av form og farge i steinens overflate. Arkitektene intervjuet nevnte dette som en veldig god kvalitet ved materialet (ARK 1) (ARK 3) (ARK 4) (ARK 5).

## 6.2 BRUK AV OMBRUKSSTEINEN

Gjennom teorien fra litteraturstudien og erfaringene fra resultatene kom det frem en rekke utfordringer rundt bruk av ombruksstein, men også mulige løsninger på disse utfordringene.

### 6.2.1 OMBRUKSSTEINEN

Er steinen av for dårlig kvalitet så risikeres det en ødelagt fasade innen få år, noe som skaper større økonomiske kostnader og øker klimaavtrykket til bygget betraktelig. Derfor er det viktig å vite at den steinen som brukes kommer til å holde ut byggets levetid. Trykk og frostegenskapene til steinen har blitt identifisert som de viktigste å teste for vurdering av kvaliteten til materialet. En stein med dårlig trykkapasitet vil ikke kunne bære vekten av fasaden og en stein med dårlig frostkapasitet vil være i risiko for å sprenges når den utsettes for fukt og temperatursvingninger. Fra de undersøkte prosjektene er det frostegenskapene til steinen som har vært mest kritisk. Trykkeegenskapene er lettere å håndtere, fordi teglstein har generelt gode trykkeegenskaper (Hakonsen et al., 2009), og testene er lette å gjennomføre (EKS U). Frost er det vanskeligere med. Selv om ombruksstein har stått i en ytterfasade og holdt seg fin i 150 + år så er dette ingen garanti for at den vil klare seg i forblendingsvegg (Buset, 2023). Dette kommer av at stein i massivvegg får varme innenfra og vil derfor få mulighet til å tørke ut. Steinen vil heller ikke nå like lave temperaturer som teglstein i fasader uten varmegjennomgang (Buset, 2023). Moderne vegger må isoleres for å oppfylle U-verdi krav og tillater derfor ikke denne varmegjennomgangen.

Teglsteinens tidligere bruk og tidligere klima er viktig å vite for å kunne vurdere dens frostmotstand. Eldre stein ble brent i ovner som hadde mer ujevn brenning hvor noe av steinen ble brent hardere enn andre (Tveteraas & Boysen, 1976). Den ble så sortert på byggeplassen etter kvalitet av erfarne murere som kunne, ut i fra farge og lyd steinen lagde, vurdere hvilken plassering den burde ha (Buset, 2023). Stein i yttervegg har som regel en

hardere brenningsgrad og er derfor bedre egnet til bruk i værutsatte fasader. Stein i innervegger er generelt brent på lavere temperaturer og de har heller ingen historie å vise til når det kommer til å tåle frost (Kilvær et al., 2019). Både ved Vollsveien 13H og Ruseløkka skole ble stein med for dårlig kvalitet tatt inn og brukt på innervegger. Informasjon om steinenes brenningsgrad, tidligere posisjon i konstruksjon og tidligere klima den har vært utsatt for er derfor gode indikatorer for kvaliteten til steinen.

Selv om det er mulig, ut ifra steinen forhistorie, å få en ide om steinens frostmotstand burde ikke aktører se dette som sikkert nok. I dag er standarden for testing i Norge å sende steinen til Sintef, noe som ble utført ved Vollsveien 13H (RIB 3-4). Testene til Sintef ble vurdert som strenge av flere informanter, men murmester mente at testene var mer en veiledning og at de burde brukes som et utgangspunkt for en vurdering av hva steinen kan brukes til (EKS U).

Problemet med frosttestene er at ikke alle steinene kan testes. Dette ble nevnt som en usikkerhet av rådgivende byggingeniør (RIB 3-4) ved Vollsveien 13H. Der sorterte de steinen i grupper for så sende noen fra hver gruppe til testing. Akkurat hvilke resultater de fikk var ikke klart, men både BH 3-4 og RIB 3-4 regnet det som en viss risiko å bruke steinen. Dette var en risiko BH 3-4 var villig til å ta, da de mente at slike sjanser måtte tas for å være fremoverlent i bransjen. BH 3-4 mente forhåndsregler de hadde tatt med å legge overflatebehandling på steinen for å minske frostpåvirkningen var tilfredsstillende nok for at fasaden skulle holde.

Overflatebehandling er ett av flere tiltak som kan gjøres for å gi steinen klimabeskyttelse. For eksempel stein dekket med puss blir ikke påvirket av frost (Kilvær et al., 2019). Både EKS U og EKS 2 nevnte viktigheten av klimabeskyttelse som tiltak for å gi steinen best mulig holdbarhet. De hadde begge tro på steinens potensiale til ombruk, men var skeptiske til måten det var blitt gjort på i prosjektene sett på i denne oppgaven. Ifølge dem var det viktig å sørge for at steinen var mest mulig tørr i form av takoverheng, fasaderetning med mer. De mente begge at hvis det gjordes slike tiltak så kom steinen til å holde seg. Disse klimabeskyttelsestiltakene vil påvirke byggets design, noe det var skepsis til blant enkelte av arkitektene.

For importstein er testene allerede gjort av selger, omsetting av stein krever CE-merking. Problemet er at stein fra utlandet har muligens ikke hatt den samme klimapåvirkningen som stein i Norge vil bli utsatt for og det ble derfor gjort en klimaanalyse ved Eikeli skole for å vurdere om steinens frostegenskaper (ENT 2) (EKS 2). Fra dataene vurderte aktørene ved



prosjektet steinen som god nok, men det bør nevnes at det var noen mangler i dataene og dessuten var murmester ved prosjektet var uenig og vurderte ikke dataene som gode nok til å dokumentere steinens kvalitet (EKS 2).

For testing av stein utvikles det også nye metoder, men under intervjuene kom det ikke frem at disse var blitt utnyttet.

Fra kapittel 2.2.6 kom det frem at muligheten for giftstoffer også er en risiko som må vurderes. Er steinen malt, hatt kontakt med fuger av PCB eller andre helse- og miljøskadelige stoffer må den testes, og verdiene av stoffene må vurderes opp mot grenseverdier. Ved Ruseløkka skole var det et lag med sinkinnholdig maling som måtte testes og vurderes noe som kompliserte prosessen rundt ombruk av steinen (ARK 1).

## 6.2.2 TILGANG OG PROSESSERING AV STEINEN

Fra kapittel 2.5, 2.6 og 5.2.3 kom det frem at et av de største problemene både med lokalstein og importstein var mangel på tilgang på materialer.

For importstein handlet det om leveranse og konkurranse på markedet. Når det er få leverandører blir det ingen konkurranse, som blir problematisk når det skal leveres tilbud (ARK 4). Flere leverandører vill forhindre en slik monopoleffekt.

For lokalstein er det en utfordring å finne gode materialbanker. Materialbankene må inneholde stein av en god nok kvalitet og være satt sammen av en mørtel som gjør det mulig å separere steinen fra hverandre. For at mørtelen skal kunne separeres burde det være kalkmørtel. I nyere bygg, bygg oppført etter 1955, er det som regel blitt brukt sementmørtel som gjør det vanskelig å separere og rense steinen uten å ødelegge den.

For å kunne hente ut lokalstein må konstruksjonen demonteres uten at steinen blir ødelagt. Dette er en mer tidkrevende og kostbar prosess enn tradisjonell nedrivning. Det er begrenset med aktører på markedet som kan tilby dette, men markedet er voksende (BH 3-4).

Lokalstein fra egen tomt må gjennom en lengre prosess med kartlegging, demontering, testing, rensing og lagring før bruk. Dette ble beskrevet i kapittel 5.2.1. Å kunne kjøpe allerede prosessert teglstein fra andre materialbanker, eller kunne sende sin egen teglstein til prosessering hadde gjort denne prosessen betraktelig lettere. Et slikt marked mangler i bransjen i dag ifølge informantene, men det bør nevnes at det ble under denne oppgaven ikke

foretatt noen markedsanalyse eller kartlegging av materialbanker. Dette kan være en interessant å se videre på.

Nordby identifiserer et manglede marked i Norge med profesjonelle aktører som en av barrierene for ombruk (Nordby, 2019). Nordby påpeker videre at markedet i dag mangler økonomisk grunnlag for at disse aktører skal kunne eksistere. Et økonomisk grunnlag må skapes av etterspørsel, det kreves derfor flere prosjekter som har behov for og dermed kan ta i bruk slike tjenester for at de skal komme på banen. Dette understreker viktigheten av pilotprosjekter som er villige til å ta de ekstra kostnadene og risikoene ved innovative ombruksprosjekter og skape en etterspørsel etter tjenester.

For Ruseløkka skole var mangel på aktører i markedet et stort problem da det å håndtere den lokalsteinen ble en dyr og tidkrevende (ARK 1). De bemerket at det dyreste var å leie et område til prosessering og lagring av teglsteinen. Med aktører som sirkulærressursentral vil fremtidig lagring forhåpentligvis bli et mindre problem.

### 6.2.3 TID OG KOSTNAD

Å velge brukte materialer krever en analyse av tekniske, estetiske, økonomiske og sosiale aspekter som ofte resulterer i en lengre og dyrere konstruksjonsprosess, (Kozminska, 2019). Derfor burde design og konstruksjonsprosessen medberegne den tiden og de kostnadene som er nødvendig for å identifisere kilder for materiale, sørge for deres tilgjengelighet, rådføre om deres måte å gjenbrukes på så vel som iterative modifikasjoner til prosjektets spesifikasjoner (Kozminska, 2019).

Med større risiko kommer det flere kostnader. Fra intervjuene kom det frem at entreprenør legger på ekstra kostnader ved bruk av ombruksstein da deres mangel på erfaring og mangel på norske referanseprosjekter gjør at de beregner det som en økt risiko for dem å gjennomføre. Flere av informantene mener dette er ubegrunnet. De sier at det å bygge med ombruksstein er det samme som å bygge med en vanlig teglstein. Flere referanseprosjekter og generelt mer erfaring i bransjen vil høyst sannsynlig minske kostnadene.

Ombrukssteinen har en risiko i at levetiden dens er kortere enn bygget den skal brukes i. Denne risikoen veier spesielt tungt på eier av bygget da det kan føre til store fremtidige kostnader. Samtidig så er teglstein et robust materiale, gjort rett så kan den stå i årtusener og kreve lite vedlikehold og dermed spare inn fremtidige kostnader. Om det finnes en garanti for

at ombruksstein står som ny teglstein så kan det lønne seg å bruke ombruksstein fremfor andre materialer.

En faktor som muligens kan gjøre bruk av ombruksmaterialer billigere er ressursmangler. Det har lenge vært billigere å bruke ny teglstein, men dette kan endre seg da situasjonen i verden i dag gjør det vanskeligere å få tilgang på råmaterialer.

#### 6.2.4 LOVVERK

Lovverket har de siste årene endret seg til ombrukets favør, nå kan byggherre selv bruke sin egen ombruksstein uten at de må oppfylle kravene til byggeforskriften (Direktoratet for byggkvalitet, 2022a). For omsetting av stein er det kommet en ny EAD som gjør at brukt teglstein nå kan CE-merkes og selges (Kilvær et al., 2019). Disse endringene gjør det lettere for aktører i bransjen både å bruke egen stein, omsette egen stein og kjøpe stein fra andre. Dette vil sannsynligvis øke bruk av ombruksstein.

### 6.3 DESIGN FOR FREMTIDIG OMBRUK AV STEINEN

Prosjektene intervjuet i oppgaven har alle vurdert eller vurderer design for fremtidig ombruk av teglstein, men så langt er det bare Vollsveien 13H og Vollsveien 9-11 som har gjort et forsøk (BH 3-4). I denne oppgaven ble det ikke sett på noen ferdige prosjekter hvor design for ombruk i fremtiden har blitt utført, og veggene fått stått over tid. Det er derfor vanskelig å vite hvor vellykket et slikt prosjekt ville blitt. Den faktiske ombruksgraden blir først avslørt etter at fasaden har stått ut sin levetid og blitt demontert.

#### 6.3.1 UTFORDRINGER MED TEGLSTEIN SOM FREMTIDIG OMBRUKSMATERIALE

Teglstein egner seg godt til framtidig ombruk, men i kapittel 2.4.1 og 5.3 kom det frem at mørtelen kan gjøre design og bygging av fasaden problematisk. Fleksible forbindelser nevnes av Nordby som en av de seks prinsippene for å designe for fremtidig ombruk (Nordby, 2009). Mørtel er en kjemisk forbindelse og varierer i fleksibilitet avhengig av dens sement-kalkforhold. For at en teglvegg skal være demonterbar må mørtelen være reversibel, som vil si at steinen må kunne separeres og mørtelen renses vekk uten at steinen blir ødelagt i prosessen. Dette er betraktelig lettere om mørtelen ikke er hardere enn steinen, altså burde det brukes en myk mørtel. Mørtel kan deles inn i tre typer, kalkmørtel, sementmørtel og en

blanding av dem (Addis, 2006). Mørtel av kalk er mykere og dermed separerer lettere en mørtel av sement. Derfor vil en høyere grad av kalk gjøre det lettere å ombruke steinen.

Problemet med kalkmørtel er at den har begrensede egenskaper når det kommer til heft og trykktoleranse. Dette betyr at ikke alle design lar seg konstruere. Den har også en lengre tørketid som er utfordrende i moderne prosjekter med begrenset tidsskjema (Nordby, 2009).

### 6.3.2 DESIGN OG KONSTRUKSJON

I alle prosjekter er det nødvendig å finne en balanse mellom de ønskede kvalitetene til fasaden. Ved valg av kalkmørtel, vil det medføre en endring i hvordan fasaden designes. Ønskes det samtidig å beholde et mer «moderne» uttrykk med store vindusareal og firkantede åpninger så vil det høyst sannsynlig medføre ekstra konstruktive tiltak da kalkmørtelens dårlige heft ikke tillater dette (RIB 3-4) (ARK 1) (ARK 4).

I en bransje der standarden har blitt at det designes etter ønske til aktører fremfor materialets prinsipper blir dette en utfordring. Ved Vollsveien 9-11 blir det forsøkt å lage en løsning for en demonterbar vegg med et moderne design med store åpninger. For å få til denne løsningen må det legges inn mer stål i fasaden noe som minker klimagevinsten. En annen mulig løsning nevnt av ARK 1 er å velge fasader hvor kalkmørtel brukes, og bruke sementmørtel der det kreves mer heft, eventuelt bruke andre materialer. Men dette minker ombruksgraden av teglsteinen.

Designet var grunnen for at Ruseløkka skole ikke kunne bygge en fasade med kalkmørtel. Fasaden var allerede tegnet da forslaget om kalkmørtel kom inn og dette forslaget fungerte ikke med kvalitetene til mørtelen. Kostnadene av å redesigne fasadene ble for store til at det lot seg gjøre. ARK 1 poengterte derfor viktigheten med å ta med slike forslag fra starten av prosessen.

En måte å åpne opp for design for fremtidig ombruk som ikke krever spesialdesign er å ha bedre renseteknikker slik at det blir mulig å ha en hardere mørtel. Slike renseteknikker er under utvikling.

### 6.3.3 BYGGEPROSESS

En annen utfordring med kalkmørtel er tørketiden, som er rundt tre ganger så lang som sementmørtel. For en entreprenør som er vant til en tørketid på 28 dager blir dette utfordrende da de må koordinere fagene annerledes (RIB 3-4) (EKS U). Den lengre tørketiden gjør også at

fasaden ikke kan bygges like raskt når det da tar tid for mørtelen å få den trykkfastheten den skal ha for å kunne bære vekten av fasaden (EKS U). Dette setter begrensinger for hvor fort det kan bygges i høyden. Kalkmørtel kan heller ikke utsettes for frost under tørkeprosessen, derfor burde det bare bygges med kalk fra perioden mellom april og september (RIB 3-4). Blir noen av de andre fagfeltene forsinket kan det risikeres å måtte vente en hel vinter før det blir mulig å bygge fasaden, ellers må det brukes energi for å varme opp veggen mens den tørker noe som vil øke klimaavtrykket.

EKS U poengterte at en forblendingsvegg er relativt uavhengig av resten av konstruksjonen og med riktig koordinering så kan fasaden bygges separat fra resten av konstruksjonen. EKS U kommenterte også at aktører som vet hva de gjør blir effektive og billige. Med erfarne aktører i bransjen kan dette ta ned risikoen betraktelig ved prosjektet og dermed også kostnadene.

## 7. KONKLUSJON

Konklusjonen vil svare på forskningsspørsmålene i rekkefølge, forså besvare problemstillingen.

### **Hvilke innhentede erfaringer ved bruk av brukt teglstein kan bidra til et bærekraftig bruk av materiale i fremtiden:**

Et marked som tilbyr tjenester i form av kjøp, salg og håndtering av ombrukssteinen vil forenkle og effektivisere bruk av ombruksstein og gjøre det mer økonomisk bærekraftig.

Aktører med kunnskap og erfaring minsker risikoen, øker effektiviteten og senker kostnadene i ombruksprosjekter. Det er også viktig å ha en klarhet i hvordan ombruk kan påvirke prosessen i et byggeprosjekt og medberegne dette i tidsbruk, koordinering av fagfelt og økonomi. Referanseprosjekter i form av pilotprosjekter kan fungere som inspirasjon og veiledere for andre aktører i bransjen.

Det burde bare brukes stein som passerer trykk- og frosttester. Derfor burde det også utføres tester på steinen for å sørge for at den lever opp til nødvendig standard. Miljø- og helsefarlige stoffer må sjekkes for. Det er også viktig at den steinen som blir testet er representativt for steinen i utvalget. Informasjon om materialets kvaliteter burde være lett tilgjengelig.

For å sørge for at steinen har best mulig sjans for å overleve så burde det utføres klimabeskyttende tiltak slik at den står så beskyttet som mulig mot vær og vind. Dette gjelder spesielt stein av mer usikker kvalitet.

Det er viktig at regelverket fremmer ombruk gjennom krav og systemer som legger til rette for det. Gode veiledere for hvordan ombruk bør gjennomføres burde også være tilgjengelig.

### **Hvilke innhentede erfaringer ved design for fremtidig ombruk av teglstein kan bidra til et bærekraftig bruk av materiale i fremtiden:**

For at teglstein skal være mulig å ombruke i fremtiden burde den følge de seks designprinsippene: Begrenset materialvalg, høy generalitet, lang levetid, fornuftig lagdeling, fleksible forbindelser og tilgjengelig informasjon.

Lang levetid og høy generalitet ligger allerede i steinens natur. Begrenset materialvalg er vanlig i teglsteinkonstruksjoner, men i noen tilfeller inneholder de andre materialer som stål.

Dette burde unngås da det minsker ombruksgraden til veggen. Fornuftig lagdeling og tilgjengelig informasjon er mulig å få til. En teglvegg enten det er en forblendingsfasade eller massivvegg er relativt uavhengig av resten av bygget. Informasjon om steinens kvalitet kan dokumenteres før den brukes i fasaden.

Fleksible forbindelser er problematisk, da mørtel som en kjemisk forbindelse ikke er ideelt for ombruk. Steinen må kunne separeres og renses uten å ødelegges for at ombruk skal være mulig, noe som krever en svakere mørtel som kalkmørtel. Samtidig vil den dårlige heften til mørtelen begrenser designmulighetene til fasaden om det ikke gjøres ekstra tiltak for å styrke konstruksjonen. En mulig løsning på dette kan være å bruke kalkmørtel på deler av fasaden der heft ikke er viktig. Nye teknologier innenfor rensing og mørteltyper er under utvikling.

En svakere mørtel fører til en lengre konstruksjonsprosess grunnet mørtelens lengre tørketid, noe som også forstyrrer koordineringen mellom fagfeltene på byggeplassen. Derfor er det viktig å medberegne ekstra tid og involvere aktører som har erfaring med bruk av materialet i ombruksprosjekter.

***«Hvordan kan erfaringer fra dagens ombruksprosjekter med teglstein bidra til bærekraftig bruk av materialet i fremtiden?»***

For at teglsteinen skal være et bærekraftig ombruksmateriale må det tas hensyn til de problemstillingene som oppstår i ombruksprosjekter den brukes i. Kunnskap fra tidligere prosjekter, erfarne aktører, forskning og veiledere for bruk av ombruksmaterialer er viktig for å unngå fallgruver som kan oppstå. Materialets kvaliteter burde testes, dokumenteres og tas hensyn til i prosjekteringen av bygget. Tilgang på et marked med erfarne aktører som kan utføre og effektivisere tjenester som gjør det mer bærekraftig å drive et ombruksprosjekt. Pilotprosjekter er med på å bygge den nødvendige erfaringen og kunnskapen som trengs, samt forme et grunnlag for et marked av aktører som kan tilby behøvede tjenester. Disse faktorene vil øke suksessraten på ombruksprosjekter og gjøre teglstein til et bærekraftig ombruksmateriale som bidrar til en byggebransjen basert på sirkulære prinsipper.

## 8. VEIEN VIDERE

Gjennom denne oppgaven har det kommet frem en rekke temaer som kan være interessant å se videre på.

En vurdering av markedet som ser på hvilke tjenester som tilbys i dag og hva som eventuelt mangler for å kunne gjennomføre et effektivt ombruksprosjekt. Hvordan dette markedet kan effektiviseres slik at prosjekter som involverer bruk av ombruksmaterialer får en tids- og kostnadseffektiv prosess.

Nye teknologier for ombruk av teglstein er på vei inn. Å vurdere hvilket bidrag og effekter disse kan ha på prosessen rundt ombruks av teglstein kunne vært interessant.

Oslo har mange gamle teglbygg, men det er uvisst hvor lett det er å hente ut stein fra disse. En kartlegging av tilgjengelige materialbanker for ombrukstegl og hva som kan hentes ut av dem. Kunne vært et nyttig å se på.

Følge prosjektene fra denne oppgaven. Det kommer til å være interessant å se hvordan fasadene som blir bygget nå står over tid. Derfor kunne en oppgave som skrives om noen år foreta en oppfølging på prosjektene og se hvordan de har klart seg.



## 9. REFERANSELISTE

- Addis, B. (2006). *Building with reclaimed components and materials : a design handbook for reuse and recycling*. London: Earthscan.
- Andersen, S. S. (2013). *Casestudier : forskningsstrategi, generalisering og forklaring*. 2. utg. utg. Bergen: Fagbokforl.
- Anker, T. (2020). *Analyse i praksis : en håndbok for masterstudenter*. 1. utgave, 1. opplag. utg. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Arkitektur. (2023). *Sirkulær sentral åpner*. Arkitektur.no: Arkitektur. Tilgjengelig fra: <https://www.arkitektur.no/aktuelt/miljoe/sirkulaer-sentral-aapner/> (lest 03.04.2023).
- Azam, R., Riaz, M. R., Haq, E. U., Shihata, A. & Zawam, M. (2022). Development of Quality Assessment Criteria for Burnt Clay Bricks of Different Ages Based on Ultrasonic Pulse Velocity Test. *Buildings*, 12 (8): 1069.
- Boysen, M. (1995). *Byggfag : yrkesteori*. Oslo: Yrkesopplæring ans.
- Brinkmann, S., Tanggaard, L. & Hansen, W. (2012). *Kvalitative metoder : empiri og teoriutvikling*. Kvalitative metoder en grundbog. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Brunner, P. H. (2015). Journal of industrial ecology. *Journal of industrial ecology.*, 15 (3): 339-341.
- Buset, Ø. (2023). Gjenbruk av tegl - fordeler og fallgruber. *Murmesteren*, 106 (3): 14-19.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022a). § 9-7. *Kartlegging av farlig avfall, bygningsfraksjoner som må fjernes og materialer som er egnet for ombruk. Krav til rapportering*. dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-7#panel\\_faq-heading](https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-7#panel_faq-heading) (lest 22.04.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022b). *Kapittel 9 Ytre miljø*
- § 9-5. *Byggavfall og ombruk*. dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-5> (lest 12.05.2023).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2023). *Veiviser selge gamle byggevarer*. dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggevarer/veileder-for-ombruk-av-byggevarer> (lest 19.04.2023).

- Furseth, I., Everett, E. L. & Furseth, I. (2020). *Masteroppgaven : hvordan begynne - og fullføre*. 3. utgave. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Furture Built. (2023). *Forbildeprosjekter* futurebuilt.no: Furture Built. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#> (lest 13.05.2023).
- Gallego-Schmid, A., Chen, H. M., Sharmina, M. & Mendoza, J. M. F. (2020). Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, 260: 121115.
- Global Footprint Network. (2023). *Earth Overshoot Day*. overshootday.org: Global Footprint Network. Tilgjengelig fra: <https://www.overshootday.org/> (lest 23.02.2023).
- Gorgolewski, M. (2019). The architecture of reuse. *Earth and Environmental Science*, 225 (1): 012030.
- Grønn Byggallianse & Statsbygg. (2021). *Ombrukskartlegging og bestilling slik gjør du det*. byggalliansen.no: Grønn Byggallianse og Statsbygg
- Hakonsen, F., Dahle, E., Dahl, T. & Krokstrand, O. H. (2009). *Norsk murarkitektur*. Oslo: Gyldendal akademisk Byggutengrenser.no.
- Hammersley, M., Atkinson, P. & Strømholm, P. (1987). *Feltmetodikk : grunnlaget for feltarbeid og feltforskning*. Ethnography. Oslo: Gyldendal.
- Helgesen, P. I. (2020). *Fotavtrykksmetodikk i Enova*. enova.no: ENOVA.
- Hjelseth, S. (2019). *Reuse of bricks - How can used clay masonry bricks be certified and reused*. Trondheim Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Høine. (2023). *Om oss*. høine.no: Høine. Tilgjengelig fra: <https://www.hoine.no/om-oss> (lest 03.04.2023).
- IPCC. (2023). *Assessment report / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Assessment Report / Intergovernmental Panel on Climate Change. ipcc.ch: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jacobsen, D. I. & Jacobsen, D. I. (2022). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. 4. utgave. utg. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Kampesæter, A., Bjørnberg, S. & Listerud, C. A. (2009). *Levetider i praksis - prinsipper og bruksområder*: Multiconsult.

- Katharina Th. Bramslev, T. T. D. (2021). *Høringssvar til endringer i DOK § 9 relatert til omsetting av brukte byggevarer*. Direktoratet for byggkvalitet Byggalliansen.no: Byggalliansen (lest 20.04.2023).
- Kilvær, L., Sunde, O. W., Eid, M. S., Rydingen, O. & Fjeldheim, H. (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer*. I: AS, R. (red.). resirqel.no: Resirqel AS.
- Klima og miljødepartementet. (2021). *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi* regjeringa no: Klima og miljødepartementet
- Kommunal og distriktsdepartementet. (2022). *Gjør det enklere å selge brukte byggevarer*. Regjeringen.no: Regjeringen.
- Kozminska, U. (2019). Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies. *Earth and Environmental Science*, 225 (1): 012033.
- Kvale, S., Brinkmann, S., Anderssen, T. M. & Rygge, J. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. 3. utg. utg. Interview[s] learning the craft of qualitative research interviewing. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Laefera, D. F., Zahirib, Z. & Gowenc, A. (2020). Using Short-wave Infrared Range Spectrometry Data to Determine Brick Characteristics. *International journal of architectural heritage* 14 (1).
- LCA. (2023). *Hva er LCA*. lca.no: LCA. Tilgjengelig fra: <https://lca.no/hva-er-lca/> (lest 05.05.2023).
- Leland, B. N. & Svendsen, S. E. (2006). *Boligdesign, omforming og gjenbruk*.: Kommuneforlaget.
- LPO. (2022). *Arkitekturrådet Lilleakerveien 4E+F*. Upublisert manuskript.
- Marit Lindstad, R. R. L., Caroline Khoury Nilsen, Eirik Rudi Wærner, Roar Hansen, Per Fredrik Kempf, Solvår Reiten & Lars Petter Bingh. (2021). *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP 5)*. I: NFFA, N.-n. C. O. (red.). [www.byggmiljo.no](http://www.byggmiljo.no).
- Miljødirektoratet. (2023). *Veileder: Betong og tegl fra riveprosjekter*. Miljødirektoratet.no: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/for-naringsliv/massehandtering/betong-og-tegl-fra-riveprosjekter/kartlegging-av-farlig-avfall-og-miljosaneringsbeskrivelse/> (lest 22.04.2023).

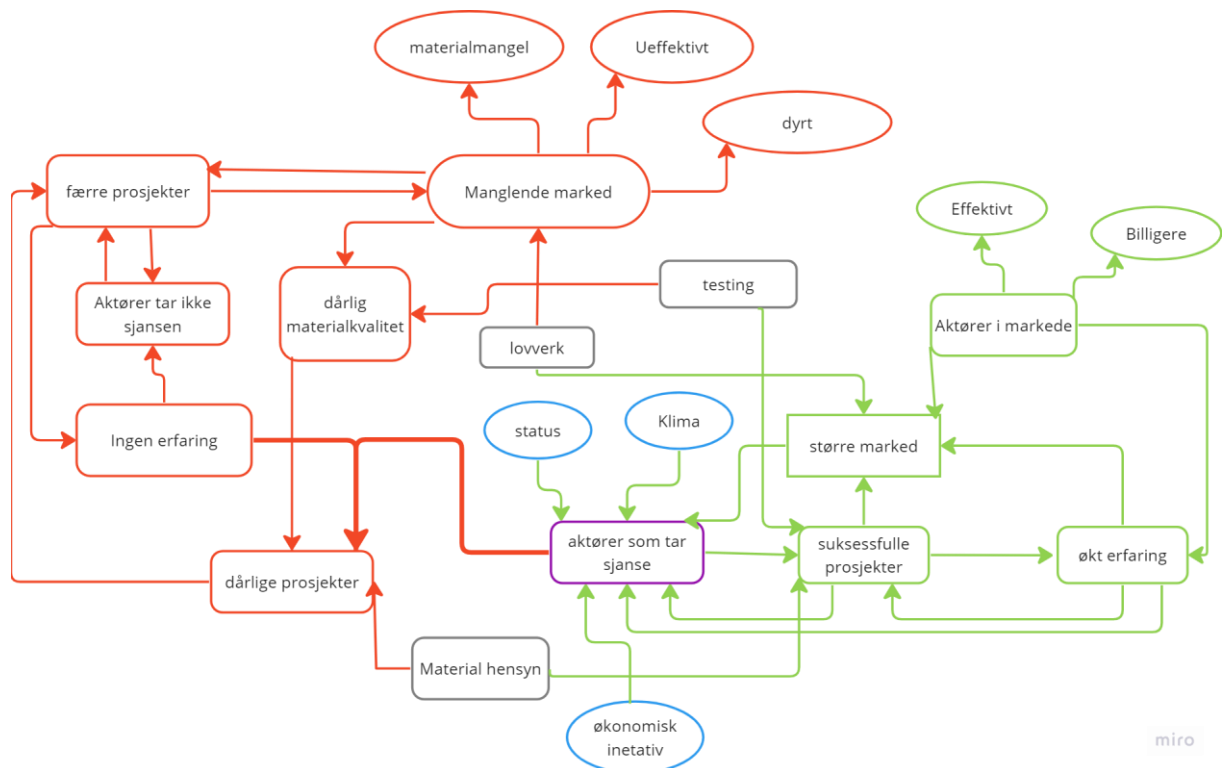
- Moropoulou Antonia, K. C., Karoglou Maria, Aggelakopoulou Eleni, Bakolas, & Asterios, D. A. (2011). Life Cycle Analysis of Mortars and its Environmental Impact *Materials Research Society symposia proceedings. Materials Research Society*, 895.
- Mursten, G. (2023). *Fortid og fremtid i hver enkel mursten*. Gamlemursten.dk. Tilgjengelig fra: <http://gamlemursten.dk/> (lest 18.04.2023).
- Mustad. (2023). *Vollsveien 13H*. mustadeiendom.no: Mustad. Tilgjengelig fra: <https://mustadeiendom.no/eiendom/vollsveien-13-h> (lest 13.05.2023).
- Nilsen, H. R. (2023). *Sirkulær økonomi: Store norske leksikon*. snl.no: SNL. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/sirkul%C3%A6r\\_%C3%B8konomi](https://snl.no/sirkul%C3%A6r_%C3%B8konomi) (lest 29.03.2023).
- Nordby, A. S. (2009). *Salvageability of building materials: Reasons, criteria and consequences regarding architectural design that facilitate reuse and recycling*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Nordby, A. S. (2019). Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector. *Earth and Environmental Science*, 225 (1): 012061.
- Norsk Gjenvinning. (2019). *Avfall med PCB*. norskgjenvinning.no: Norsk gjenvinning Tilgjengelig fra: <https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/farlig-avfall/avfall-med-pcb/>.
- Ombygg. (2023). *Din lagersentral og handelsplass for ombrukbare byggematerialer og bygningskomponenter*. ombygg.no: Ombygg. Tilgjengelig fra: <https://www.ombygg.no/om-ombygg> (lest 12.05.2023).
- PEAB. (2022). *Første store prosjekt med ombrukstegl*. peab.no. Tilgjengelig fra: <https://peab.no/presserom/nyheter-og-pressemeldinger/forste-store-prosjekt-med-ombrukstegl/> (lest 18.04.2023).
- Pelsmakers, S. & Newman, N. (2021). *Everything needs to change : architecture and the climate emergency*. Design studio, b. 1. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing.
- Pådriv. (2023). *Sirkulær ressursentral: Pådriv* Tilgjengelig fra: <https://www.paadriv.no/prosjekt/sras> (lest 03.04.2023).
- Rambæk, I. (2021). *Gammel murstein skal brukes om igjen i nye bygg*: Sintef. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/gammel-murstein-lever-videre-i-nye-bygg/> (lest 03.04.2023).
- Reclaimed. (2023). *Designing with Reclaimed Bricks*. Reclaimedbrickcompany.co.uk: Reclaimed brick company. Tilgjengelig fra: <https://reclaimedbrickcompany.co.uk/blogs/yard-display/designing-with-reclaimed-bricks>.

- Rienecker, L., Stray Jørgensen, P., Skov, S. & Landaas, W. (2009). *Den gode oppgaven : håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole*. 2. utg. Den gode oppgave. Bergen: Fagbokforl.
- Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T. & Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, 258: 114107.
- Serrenho, A. C., André, D., Drewniok, M., Dunant, C. & Allwood, J. M. (2019). Testing the Greenhouse Gas Emissions Reduction Potential of Alternative Strategies for the English Housing Stock. *Resources, Conservation and Recycling*, 144: 267-275.
- Shakir, A. A. & Mohammed, A. A. (2013). Manufacturing of Bricks in the Past, in the Present and in the Future: A state of the Art Review. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 2 (3).
- Silkoset, R., Silkoset, R., Gripsrud, G. & Olsson, U. H. (2021). *Metode, dataanalyse og innsikt*. 4. utgave. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- SINTEF. (2017). *Byggforskserien - 723.308 Eldre yttervegger av mur og betong. Metoder og materialer*. byggforsk.no: SINTEF. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/677/eldre\\_yttervegger\\_av\\_mur\\_og\\_betong\\_metoder\\_og\\_materialer](https://www.byggforsk.no/dokument/677/eldre_yttervegger_av_mur_og_betong_metoder_og_materialer) (lest 30.04.2023).
- Sletbak-Akerø, T. (2021). *Hvordan gjøre ombruk enkelt og trygt? treindustrien.no*: Treindustrien Tilgjengelig fra: <https://www.treindustrien.no/aktuelt/krav-til-dokumentasjon-av-brukte-byggevarer> (lest 12.05.2023).
- Standard Norge. (2022). *Dokumentasjon av FDVU – NS 3456*. standard.no: Standard Norge. Tilgjengelig fra: [https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/fasilitetsstyring/dokumentasjon-av-fdvu/?gclid=Cj0KCQjwpPKiBhDvARIsACn-gzATxBdXrhGPTHbqWJwrzQ6bc\\_5nBDAGTjY2UDDp95P-BB9ekcoXrzwaAkgEALw\\_wcB](https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/fasilitetsstyring/dokumentasjon-av-fdvu/?gclid=Cj0KCQjwpPKiBhDvARIsACn-gzATxBdXrhGPTHbqWJwrzQ6bc_5nBDAGTjY2UDDp95P-BB9ekcoXrzwaAkgEALw_wcB) (lest 11.05.2023).
- Statistisk Sentralbyrå. (2022). *Avfall fra byggeaktivitet*. ssb.no: Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet> (lest 13.04.2023).
- Sørnes, K., Nordby, A. S., Henning, F., Hashem, S. M. B., Mysen, M. & Schlanbusch, R. D. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Sintef fag. Oslo: SINTEF.

- Terrones-Saeta, J. M., Suárez-Macías, J., Corpas-Iglesias, F. A., Korobiichuk, V. & Shamrai, V. (2020). Development of Ceramic Materials for the Manufacture of Bricks with Stone Cutting Sludge from Granite. *Minerals* 10: 621.
- Thue, J. V. & Gunnarsjaa, A. (2023). *Teglstein: Store norske leksikon*. snl.no: SNL.  
Tilgjengelig fra: <https://snl.no/teglstein> (lest 06.03.2023).
- Tveteraas, R. & Boysen, J.-J. (1976). *Tegl i bygg*. no#: Yrkesopplæringsrådet for håndverk og industri.
- VCOB. (2023). *Materialeatlas*. vcob.dk. Tilgjengelig fra: <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/byggevarer/materialeatlas/> (lest 19.04.2023).
- Verhagen, T. J., Sauer, M. L., Voet, E. v. d. & Sprecher, B. (2021). Matching Demolition and Construction Material Flows, an Urban Mining Case Study. *Sustainability*, 13 (2).
- Wienerberger. (2023). *LESS - miljøvennlig teglstein for fremtidens bygg*. Wienerberger.no.  
Tilgjengelig fra: [https://www.wienerberger.no/produkter/teglstein/less\\_teglsteinserien\\_med\\_baerekraftige\\_fordeler.html](https://www.wienerberger.no/produkter/teglstein/less_teglsteinserien_med_baerekraftige_fordeler.html) (lest 12.04.2023).

# 10. VEDLEGG

## VEDLEGG 1: TANKEKART BRUK I PROSESS



## VEDLEGG 2: EKSEMPEL FRA DATAANALYSE

Tema	type	Undertema	nøkkelord	Prosjekt	Utfordring	Utdyping
Design	ARK 4	Vedlikehold	Tomt	V9-11	Vanskelig tomt å vedlikeholde	
Design	ARK 4	Vedlikehold	Levetid	Generelt	ulik levetid på komponenter	Settesammen komponenter slik at de kan byttes ut når ødelagt
Design	ARK 4	Vedlikehold	Demontering	Generelt	Demontere uten å ødelegge noe annet	
Design	ARK 4	Vedlikehold		Generelt	Designe for minimalt vedlikehold	
Design	ARK 4	Vedlikehold	Refuging	Generelt	Svakmørtel må refuges	
Design	ARK 4	Vedlikehold	Refuging	V9-11	Refuging er vanskelig å få til på tomt grunnnet stor høydeforskjell	
Design	ARK 4	Prosjekt	Behov	Generelt	Hvert prosjekt har egne design behov	Faktorer som kan påvirke: Tomtens form, plassering, lys, vær, behov, bruk
Verdi	ARK 4		Design	Generelt		
Konstruksjon	ARK 4	Styrke	Høyde	Generelt	Økt høyde på fasade fører til høy statisk belastning	Krever ekstra konstruktive tiltak
Konstruksjon	ARK 4	Styrke	Slankhet	Generelt	Høye, slanke fasader er utfordrende å konstruere	Krever ekstra konstruktive tiltak
Konstruksjon	ARK 4	Historisk	Isolasjon	Generelt	Massiveggeri uten isolasjon og dampspørre lot steinen tørke ut med varmen innen ifra	Dette kan bety at steinen ikke tåler å komme i en vegg som ikke tilater varmegjennomgang
Konstruksjon	ARK 4	Historisk	Krav	Generelt	Historisk design gjør det dårlig med moderne krav	
Verdi	ARK 4		Historisk	V9-11		
Material	ARK 4	Kvaliteter	Balanse	Generelt	Finne balanse mellom hva man ønsker seg fra maetialet og hva det kan gi	
Material	ARK 4	Kalkmørtel	Demontering	Generelt		
Material	ARK 4	Kalkmørtel	Referanseprosjekt	Generelt	mangel på referanseprosjekter skaper usikkerhet blant aktører	
Material	ARK 4	Kalkmørtel	Tørketid	Generelt	kalkmørtel trenger lengre tørketid og andre metoder	
Material	ARK 4	Estetikk	Levetid	Generelt	Usikkerhet om hvordan ombruktstegj kommer til å holde seg, spesielt for prosjekter med lengre levetid	
Material	ARK 4	Ombruk	igjen	Generelt	vil materialet kunne ombrukes igjen om	



## **VEDLEGG 3: INTERVJUGUIDE**

### **Intervjuguide**

Denne intervjuguiden er et eksempel på hvordan intervjuet kommer til å bli strukturert og hvilken informasjon som ønskes å innhentes. Det er ikke nødvendigvis alle spørsmålene som blir tatt med.

Ingen personopplysninger kommer til å komme med i den endelige oppgaven. Det blir gjort lydopptak under intervjuet, disse blir slettet etter oppgaven er levert, dette betyr senest 30. august 2023.

### **Oppvarming**

Kan du fortelle om firmaet du jobber for?

Hva er din posisjon i firmaet og prosjektet?

### **Prosjektet**

Kan du fortelle meg om bygget?

Når ble prosjektet påstartet?

Hvilken entreprisform blir brukt i prosjektet?

Hvordan opplever du samarbeidet mellom aktørene i prosjektet?

### **Designet**

Kan du fortelle meg om arkitekturen til bygget?

Ble arkitekturen påvirket av bruken av ombrukstegl?

Endret designet seg gjennom prosessen grunnet bruk av ombruks tegl, i så fall hvordan endret det seg og hvorfor?

### **Prosesen**

Oppstod det noen utfordringer i løpet av prosessen?

Om så, hvorfor oppsto de og hva blir gjort for å løse dem?

Har prosessen blitt lengre grunnet valget om å bruke ombrukstegl?

Har prosessen blitt dyrere grunnet valget om å bruke ombrukstegl?

### **Materialet**

Hva kan du fortelle meg om teglsteinen og mørtelen brukt i prosjektet?

Ble det gjort noen endringer av materialvalg under prosessen?

Var materialtilgang en utfordring?

Var materiallagring en utfordring?

### **Miljø**

Hvordan påvirket materialvalget miljø regnskapet?

Ble det gjort LCA beregninger?

## **Konstruksjon**

Hva kan du fortelle meg om konstruksjonen til bygget?

Har det blitt gjort ekstra tiltak for å kunne bruke ombrukstegl i fasaden?

## **Ettertanker**

Hva er din formening om prosjektet i dag?

Hvordan opplever du at bruken av ombrukstegl har påvirket prosjektprosessen?

Ser du det som hensiktsmessig å bruke ombrukstegl?

Hvilken deler av bygget regner du det som mest hensiktsmessig å bruke ombrukstegl i?

Har dere gjort erfaringer som dere vil ta med i neste prosjekt?

Ville du utført et prosjekt med ombrukstegl igjen?

Har du noe forslag til hva som kan gjøre en slik prosess enklere i fremtiden?

Har valget med å bruke ombrukstegl skapt verdi til prosjektet?

## **Avsluttende**

Er det noe mer du ønsker å si som ikke har blitt nevnt?

Er det noen som du synes jeg burde snakke med angående tema?

Er det noe du tenker jeg burde ha spurt om?

Har du noen tilbakemelding på intervjuet?



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway