

Rikke Andvik Heimdal

Vurdering av ombrukspotensial i tidstypiske kontorbygninger for å bærekraftig industrialisere ombruk

Ombrukskartlegging av casestudier

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Rolf André Bohne

Juni 2022

Rikke Andvik Heimdal

Vurdering av ombrukspotensial i tidstypiske kontorbygninger for å bærekraftig industrialisere ombruk

Ombrukskartlegging av casestudier

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Rolf André Bohne
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Byggebransjens ressursforbruk har fått økende oppmerksomhet i parallell med klimaendringene. Nesten 60 % av bundet karbon i et bygg stammer fra produksjonen av bygget og bygningsmaterialene. Produksjon av bygningsmaterialer, konstruksjon og rehabilitering fører til opp mot 12 % av verdens klimagassutslipp. Vårt totale materialforbruk er ventet å doble seg innen 2060 og byggebransjen har innsett at det kreves sirkulære prinsipper som materialeffektive strategier for å redusere ressursforbruket. Ombruk av bygningsmaterialer kan gi mindre utslipp og minimere avfall. Ombruk er enda ikke etablert i bransjen, blant annet på grunn av manglende informasjon om eksisterende bygninger og kostnader knyttet til hele ombruksprosessen.

Denne masteroppgaven undersøker ombrukspotensialet i tidstypiske kontorbygninger og hva som må gjøres for å bærekraftig industrialisere ombruk fra eksisterende bygninger. For å svare ut problemstillingen er det gjennomført et litteraturstudie og et casestudie. Det er utført et omfattende litteratursøk innenfor temaene sirkulær økonomi og ombruk i byggebransjen. Casestudiet analyserer fire casebygg gjennom ombrukskartlegging med dokumentanalyse og fysisk befaring. Casebyggene blir undersøkt er fire tidstypiske kontorbygninger fra ulike tidsperioder.

Gjennom ombrukskartleggingen er det identifisert bygningskomponenter i tidstypiske kontorbygninger. I alle byggene er det kartlagt bæresystem og strukturer av plasstøpt betong eller hulldekker. Nyere kontorbygg har mer bærende stål, mens eldre kontorbygg har betong i de fleste bygningsdelene. Kontorbygningene fra 70-tallet og frem til i dag har ofte glassfasadesystemer. Oppgaven identifiserer at kontorbygninger går gjennom flere endringer i løpet av levetiden, og derfor er det mange like innvendige komponenter uavhengig av byggeåret. Det er kartlagt store mengder ventilasjonskanaler i stål, bindingsverkvegger, systemvegger med glass, nytt sanitærutstyr samt himlingsplater og teppegulv.

Videre avslører oppgaven at ombrukspotensialet i eksisterende kontorbygninger er relativt høyt. Det er høyere ombrukspotensial i nyere eksisterende kontorbygninger, sammenlignet med de som er bygget før 80-tallet. Mange av de kartlagte komponentene har gode tekniske egenskaper og lang levetid som gjør dem egnet til ombruk. I tillegg er de energikrevende å produsere slik at ombruk kan gi store utslippsbesparelser. Dette gjelder betongelementene, stålkomponentene, teglstein og glass. De fleste materialene er derimot ikke lønnsomme å ombruke i dag. De lette innvendige materialene som gulvbelegg og himling er i dag enklere og billigere å ombruke.

Basert på funnene i oppgaven blir det foreslått mål for å bærekraftig industrialisere ombruk. Målene innebærer at den eksisterende bygningsmassen må kartlegges, det må skaffes digital kontroll på eksisterende bygningskomponenter, det må etableres standardiserte ombruksprosesser og det må utvikles et modulbasert system. I tillegg må det innføres økonomiske insentiver og byggebransjen må omstille seg på endringer og nye forretningsmodeller. Ved å etablere ombruk i en industriell skala kan det bli enklere å ombruke de tyngre og mer energikrevende materialene. I tillegg kan ombruksprosessen blir mer forutsigbar for alle involverte aktører. Forhåpentligvis vil ombruk etableres som en allmenn og mer lønnsom praksis i byggebransjen.

Abstract

Resource consumption in the AEC industry has received increasing attention in parallel with climate change. Almost 60 % of the embodied carbon in a building date back to the production of the building and the building materials. In addition, these processes including rehabilitation, generates up to 12 % of the world's greenhouse gas emissions. Our total material consumption is expected to double by 2060, and the construction industry has realized that circular principles such as material efficiency strategies are necessary to reduce the resource consumption. Reuse of building materials can result in emission reductions and minimize waste. Reuse is not yet established in the industry due to several challenges including lack of information on the built environment and costs related to the entire reuse process.

This master's thesis examines the reuse potential of time-typical office buildings and how to sustainably industrialize reuse from existing buildings. A literature study and a case study were conducted. A thorough literature search was carried out on the topics of circular economy and reuse in the construction industry. The case study mapped four case buildings with document analysis and on-site inspections. The four case buildings are representative office buildings from different time periods.

The mapping identified building components in time-typical office buildings. All the buildings have foundations and structures of on-site mixed concrete or pre-cast concrete. Newer office buildings consist of more load-bearing steel, whereas older office buildings have concrete in most areas. Buildings from the 1970s to present often have glass facade systems. This thesis establish that office buildings undergo several changes during their lifetime, and therefore there are many identical internal components regardless of the year of construction. Large amounts of steel ventilation ducts, half-timbered walls, glass system walls, new sanitary equipment, ceiling tiles, and carpet floors were mapped.

Moreover, the thesis reveal that the reuse potential in existing office buildings is relatively high. There is a higher reuse potential in never existing building, compared to those built before the 80s. Many of the mapped components have good technical properties and a long service life, which makes them suitable for reuse. Furthermore, because of their energy-intensive production, reuse can provide significant emission savings. This applies to the concrete elements, steel components, masonry bricks, and glass. However most materials are not profitable for reuse today. Today, lightweight interior materials such as floor coverings and ceilings are easier and cheaper to reuse.

Based on these findings, the thesis propose goals to sustainable industrialize reuse. The goals include mapping the existing builing stock, obtain digital control of existing building components, etasblish standardized reuse processes and develop a module-based system. In addition, financial incentives must be introduced and the AEC industry must adapt to changes and new business models. By establishing reuse on an industrial scale, reuse of the heavier and more energy-intensive materials can be manageable. Furthermore, te reuse process can become more predictable for all the parties involved. Hopefully, reuse will thus be established as a common and more profitable practice in the construction industry.

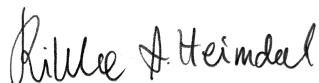
Forord

Denne masteroppgaven er utformet våren 2022 i forbindelse med avslutningen på det 5-årige studieprogrammet Bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven er utarbeidet for emnet *TBA4905 Bygnings- og materialteknikk* under studieretningen «Bygg og anlegg» med fordypelse i bygnings- og materialteknikk. Masteroppgaven har strukket seg over 20 uker og vektlegges 30 studiepoeng.

Tema for masteroppgaven er sirkulær økonomi og ombruk i byggebransjen. Motivasjonen for valg av tematikken er et ønske om å opparbeide mer kunnskap og utvikle interessen for en bærekraftig byggebransje. Engasjementet for tema startet med sommerjobb i et rådgivende firma som utvikler en digital markeds plass for ombruksvarer. Det er et ekstremt dagsaktuelt tema så det har skjedd endringer i bransjen gjennom hele arbeidet med oppgaven. Det har vært spennende å følge utviklingen, og jeg sitter igjen med mye nyttig erfaring.

Først rettes det en stor takk til veileder ved NTNU, Rolf André Bohne, som har bidratt med innspill og veiledning. Jardar Lohne ved NTNU var også en stor hjelp i forbindelse med prosjektoppgaven og tema for masteroppgaven. Deres engasjement for en bærekraftig byggesektor har smittet over. Videre rettes det en takk til eiendomssjefer og driftsledere i E.C.Dahls Eiendom som bidro med caseoppgaver og bistod på befaring av casebyggene. Mine medstudenter på lesesal fortjener også en takk etter alle lærerike og støttende samtaler samt nødvendige pauser på takterrassen når Trondheim har bydd på fint vær.

Trondheim, 10.juni 2022



Rikke Andvik Heimdal

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	iii
Forord	v
Figurer	ix
Tabeller	x
Begrepsliste	xi
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Tema og problemstilling	2
1.3 Målformulering	2
1.4 Omfang og begrensninger	3
1.5 Oppgavens oppbygging	4
2 Teori	5
2.1 Byggebransjens påvirkning på klimaendringer	5
2.2 Klimatiltak og sirkulær økonomi	7
2.3 Ombruk i byggesektoren	12
2.4 Materialbanker, BIM og digitale tvillinger	15
2.5 Dagens sirkulære byggebransje	19
2.6 Eksisterende bygningsmasse	26
2.7 Ombrukbarhet av bygningskomponenter	30
3 Metode	37
3.1 Forskningsdesign	37
3.2 Litteraturstudie	39
3.3 Casestudier	43
3.4 Ombrukskartlegging	44
4 Casebyggene	51
4.1 Prinsens gate 49	51
4.2 Pirsenteret Pir I	55
4.3 Nordre gate 10	59
4.4 Nordre gate 12	62
5 Resultater	65
5.1 Prinsens gate 49	65
5.2 Pirsenteret Pir I	68
5.3 Nordre gate 10	71
5.4 Nordre gate 12	74
5.5 Oppsummering av noen kartlagte bygningskomponenter	78
6 Diskusjon	79
6.1 Hvilke bygningskomponenter finnes i tidstypiske kontorbygninger?	79
6.2 Hvilke bygningskomponenter i eksisterende kontorbygninger egner seg for ombruk i et teknisk og økonomisk perspektiv?	82

6.3	Hva skal til for å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i industriell skala?	87
7	Konklusjon	95
	Referanser	101
	Vedlegg	A-1
A	Litteraturanalyse i Excel	A-1
B	Dokumentanalyse Nordre gate 12	B-1
C	Mengdeberegninger Prinsens gate 49	C-1
D	Mengdeberegninger Pir I	D-1
E	Mengdeberegninger Nordre gate 10	E-1
F	Mengdeberegninger Nordre gate 12	F-1

Figurer

1.1	Leserveiledning med oversikt over oppgavens oppbygging og innhold. . .	4
2.1	Materialer i avfallsmengder for ulike byggeaktiviteter	6
2.2	FNs bærekraftsmål	8
2.3	Avfallshierarkiet	10
2.4	Sammenlikning av livsløpet til en byggevare	13
2.5	Konseptet med materialbanker	15
2.6	Komponenter for å utarbeide en digital tvilling	17
2.7	Behandling av avfall fra byggesektoren	20
2.8	Industrialisert prosess til Gamle Murstein	23
2.9	Ombrukskartlegging i livsløpet til et bygg	24
2.10	Byggestatistikkareal for kontorbygninger 1977-1999	26
2.11	Arkitektoniske stilarter	27
2.12	Ombruksprosess uten DfD	29
2.13	Laginndeling av en bygning med ulik levetid	30
3.1	Forskningsdesign for denne oppgaven.	37
3.2	Flytskjema for søkestrategi.	40
3.3	Tre faser i en ombrukskartlegging	44
3.4	Digital mappe med dokumentasjonen for et av caseprosjektene	45
3.5	Analyseskjema for vurdering av dokumentene.	46
4.1	Foto av Prinsens gate 49	51
4.2	Situasjonskart av Prinsens gate 49	52
4.3	Snitt- og plantegning av Prinsens gate 49	53
4.4	Foto av Pir I sett fra øst.	55
4.5	Situasjonskart over Pir I	55
4.6	Blokkinnndeling av Pir I	56
4.7	Spennvidder i Pir 1	57
4.8	Foto av Nordre gate 10	59
4.9	Situasjonskart av Nordre gate 10	60
4.10	Snittegning Nordre gate 10	61
4.11	Plantegning Nordre gate 10	61
4.12	Foto av Nordre gate 12	62
4.13	Situasjonskart av Nordre gate 12	63
4.14	Snittegninger av Nordre gate 12	63
4.15	Eldre plantegning av Nordre gate 12	64
5.1	Bilder fra kartlegging av Prinsens gate 49	66
5.2	Bilder fra kartlegging av Pir I del 1	69
5.3	Bilder fra kartlegging av Pir I del 2	69
5.4	Bilde av bæresystem i Nordre gate 10	72
5.5	Bilde fra kartlegging av Nordre gate 10 del 1	72
5.6	Bilde fra kartlegging av Nordre gate 10 del 2	73
5.7	Bilder fra kartlegging av Nordre gate 12	75
6.1	Sammenlikning av standardiserte prosesser for en byggevare	87
6.2	Foreslått industriell prosess for ombruk	88
6.3	Digitalisert industriell prosess for ombruk	92

Tabeller

2.1	Utfordringer med ombruk i byggebransjen.	14
2.2	Arkitektoniske stilarter og karakteristikk	28
2.3	Ombrukspotensial av tunge materialer	31
2.4	Ombrukspotensial for lette materialer	34
3.1	Søkeordkombinasjoner i ulike databaser.	40
3.2	TONE-prinsippet	41
3.3	Dokumenter innhentet til dokumentstudiet	45
4.1	Plan og funksjoner i Prinsens gate 49.	51
4.2	Bygningstekniske beskrivelser for Prinsens gate 49	54
4.3	Plan og funksjoner i Pir I.	55
4.4	Kvalitets- og ytelsesbeskrivelse for Pir I	58
4.5	Plan og funksjoner i Nordre gate 10.	59
4.6	Plan og funksjoner i Nordre gate 12.	62
4.7	Byggebeskrivelser for Nordre gate 12	64
5.1	Resultater Prinsens gate 49	67
5.2	Resultater Pir I	70
5.3	Resultater Nordre gate 10	73
5.4	Innervegger i ulike plan ut i fra befaring og byggebeskrivelsene.	75
5.5	Resultater Nordre gate 12	76
5.6	Bæresystem i de ulike tidstypiske kontorbygningene.	78
5.7	Fasadematerialer i de ulike tidstypiske kontorbygningene.	78
6.1	Bygningskomponenter i tidstypiske kontorbygninger	81
6.2	Ombruk vurdert ut i fra teknisk og økonomisk perspektiv	85
6.3	Utarbeidelse av standardmoduler for dekker	90

Begrepsliste

Begrep	Forklaring
BIM	Bygningsinformasjonsmodell som brukes til å lage, redigere og administrere virtuell bygningsdata (Copeland & Bilec, 2020).
Bundet karbon	Karbonavtrykket til et materiale eller et bygg (Circular Ecology, u.å).
BVF	Byggevarereforordningen som fastsetter regler for omsetning og tilsyn av CE-merkede byggevarer (DiBK, u.å).
Byggevarer	Varer som er produsert og bragt i omsetning med sikte på å inngå permanent i byggverk eller deler av byggverk (DiBK, u.å). Inventar regnes ikke som byggevarer (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021).
Bygningsdeler	Alt i et bygg som er fastmontert, som inkluderer byggematerialer, ventilasjon og sanitærutstyr (Sandberg mfl., 2022).
Bygningskomponent	En del av en samlet bygningskropp (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). En komponent er en identifiserbar bygningsdel, deler av bygg eller tekniske installasjoner som kan skiftes ut eller oppgraderes enkeltvis.
Bærekraftig utvikling	En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner får dekket sine (FN-sambandet, 2021a). Innebarer de tre områdene: klima og miljø, økonomi og sosiale forhold.
Design for demontering	Bygningsdelene blir tilrettelagt for endringer i bruksområde og demontering (Sandberg mfl., 2022).
Digital tvilling	Representerer et fysisk element og er koblet med det fysiske elementet så det kan utvikles for å reflektere forandringene i elementet (Shahzad mfl., 2022).
Direkte ombruk	Ombruk av bygningskomponent internt eller eksternt til tilsvarende formål uten vesentlig bearbeidelse (Grønn Byggallianse, 2022).
DOK	Forskrift om dokumentasjon av byggevarer. Inneholder blant annet BVF og krav til byggevarer som ikke er CE-merket (DiBK, u.å).
Ekstern ombruk	Når en bygningsdel tas ut for å selges eller gis bort til prosjekter med andre eiere for å brukes på nytt (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021).
Energiutnyttelse/ Energigjenvinning	Prosesser der energien fra avfall som brennes utnyttes i fjernvarmeanlegg (Miljødirektoratet, 2020).
Gjenvinning	Samlebetegnelse for material- og energigjenvinning (Miljødirektoratet, 2020).
Intern ombruk	Ombruk innenfor samme organisasjon og som dermed ikke vil rammes av Byggevarereforordningen (DOK) (Sandberg mfl., 2022).
Lineær økonomi	Basert på utvinning, produksjon og bruk, og forbrenning eller deponering av avfall (Miljødirektoratet, 2020).
Lokal ombruk	Omplasserte bygningsdeler brukt i samme bygg, til samme eller annet formål (Sandberg mfl., 2022).
Materiale	Den fysiske massen som en bygningskomponent, produkt og byggevarer består av (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021).
Materialbank	Bygninger der materialer og komponenter forblir i en sløyfe og unngår avfallsproduksjon (Honic mfl., 2021).
Materialeffektivitet	Tekniske strategier, forretningsmodeller, forbrukernes preferanser og politiske virkemidler som fører til en betydelig reduksjon i produksjon av energikrevende materialer (Hertwich mfl., 2019).
Materialgjenvinning	Avfall som omdannes til nye produkter (Miljødirektoratet, 2020). Blir ofte kalt resirkulering.

Materialpass	Elektronisk data om et bygningsmateriale i en bygning og dets egenskaper og kvalitet (BAMB, 2020).
Ombruk	Bruker gjenstander om igjen (Miljøverndepartementet, 2013).
Ombruk fra donorbygg	Når ombruk av en bygningskomponent skjer annensteds enn i bygningen den opprinnelig kom fra (Sørnes mfl., 2014). Bygningen som bygningsdelen opprinnelig kom fra kalles donorbygg.
Ombrukbarhet	Bygningsdeler som er ombrukbare, har egenskaper som muliggjør eller forenkler ombruk (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). I denne oppgaven brukes begrepene ombrukbarhet og ombrukspotensial om samme definisjon.
Ombrukskartlegging	Identifiserer ombrukbare bygningskomponenter i eksisterende bygg for å ombruke i det samme bygget eller i et annet bygg (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021).
Omsetning av byggevarer	Skjer ved ekstern ombruk når en bygningsdel bytter eier (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Blir dermed omfattet av DOK.
Oppsirkulering	Gir brukte komponenter ny verdi gjennom bearbeiding og produktutvikling (FutureBuilt, 2019).
Prosjektering	Planlegge, utforme, detaljtegne og beskrive et bygg (Rygh & Gunnarsjaa, 2022).
Realisert ombruk	Den brukte bygningsdelen blir demontert og montert for ny bruk (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021).
Rehabilitering	Ombruk der mest mulig av de opprinnelige komponentene beholdes på opprinnelig plass og til samme bruk (FutureBuilt, 2019). Omfatter tiltak som ligger i spennet mellom enkelt vedlikehold/reparasjon og full transformasjon av bygget
Resirkulering	Begrep om prosesser der ressurser, råvarer og produkter er i omløp og brukes om igjen (Miljødirektoratet, 2020).
Ressurseffektivitet	Omfatter materialeffektivitet, men er et bredere begrep som inkluderer andre ressurser som vann, energi, biologisk mangfold, land og økonomiske ressurser i sammenheng med klimaendringer (Hertwich mfl., 2019).
Sirkulær økonomi	Verdien av produkter, materialer og ressurser beholdes så lenge som mulig slik at generert avfall minimeres (Hertwich mfl., 2019).
Scan-to-BIM	Bruk av laserskanning og objektkjenning til å transformere en skanning av et bygg til en BIM-modell (Copeland & Bilec, 2020).
TEK17	Byggteknisk forskrift som gir veiledning om tekniske krav til byggverk (Kilvær mfl., 2019).
Urban mining	Strategier for å re-introdusere ressurser fra den eksisterende bygningsmassen (Heisel & Rau-Oberhuber, 2020). Inkluderer ombruk.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er allerede estimert at menneskelig aktivitet har bidratt til global oppvarming med 1°C, og denne økningen vil nå 1,5°C mellom 2030 og 2050 hvis global oppvarming fortsetter å øke med samme hastighet (Allen mfl., 2018). I følge FNs klimapanel (IPCC) kreves det raske og omfattende tiltak for at ikke den globale temperaturen skal stige mer og forårsake fatale konsekvenser. Vårt utbredte ressurs- og materialforbruk er største bidragsyter til økende klimagassutslipp. Verden fortsetter å urbaniseres raskt, og dermed øker etterspørselen etter bygg og arealer (UN-Habitat, 2020). Norsk byggebransje refereres ofte til som «40 %-næringen» der nesten 40 % av all energibruk, ressursbruk og avfall kan spores til næringen (Kvellheim & Lien, 2018). Byggebransjen står nå foran store omveltninger når bransjen skal takle de store klimautfordringene den står ovenfor (Brekkehus, 2021).

For å oppnå en bærekraftig utvikling i byggebransjen har det allerede blitt implementert en del strategier og verktøy. Det er nesten utenlukkende fokus på energi-effektive tiltak for at byggesektoren skal nå klimamål (UNEP, 2021; Kvellheim og Lien, 2018). Livssyklusanalyse (LCA) er også et verktøy med økt anvendelse fordi det vurderer utslipp fra bygninger gjennom hele livssyklusen (Honic mfl., 2021). EU har implementert ressursstrategier som materialgjenvinning for å håndtere avfall og redusere forbruket av naturressurser. En slik strategi assosieres med sirkulær økonomi, som er en kontrast til dagens lineære bruk-og-kast-modell. Sirkulær økonomi har fått økende oppmerksomhet de siste årene (Reike mfl., 2018).

I sirkulære modeller opptrer materialer i bygninger som materialbanker ved å forbli i en sløyfe og ikke omgjøres til avfall (Honic mfl., 2021). Målet burde være å ombruke og resirkulere materialene fra disse bankene, en metode kalt *urban mining*. Strategier for urban mining blir vanligvis implementert på nye bygninger, samtidig som mengden med nybygg øker sakte (Rose & Stegemann, 2019). Bygninger har lang levetid og består av store og tunge materialer, noe som medfører flere barrierer for urban mining (Lanau & Liu, 2020). Riveaktivitet utføres på stedet og ombrukbare materialer krever transport og lagring, noe som krever god planlegging. Planlegging er utfordrende ettersom informasjonen om komponenter og ombrukspotensial i eksisterende bygninger er mangelfull. I kontrast er nye bygninger godt dokumenterte (Honic mfl., 2021).

«Fremtiden ligger i fortiden» skriver sjefsredaktør for bygg.no, Arve Brekkehus, i en artikkel om byggenæringens fremtid (Brekkehus, 2021). Norsk byggebransje har innsett at det kreves sirkulære tiltak for å utnytte fortiden og redusere utslipp knyttet til energikrevende materialutvinnelse (Hertwich mfl., 2019). Det er gjennomført norske pilotprosjekter innen ombruk og nye aktører kommer stadig på banen for å tilby ombrukstjenester i form av ombruksrådgivning, ombrukskartlegging og digitale markedsplasser for brukte byggevarer. På tross av denne utviklingen, virker markedet kun rettet mot bygninger som snart skal rives og med fokus på ombruk av lette bygningskomponenter som inventar. Bransjen peker på at nye byggevarer er enklere og billigere å omsette ut i fra dagens regelverk (Høydahl & Walter, 2020).

Produksjonen av nye byggevarer foregår i en industriell prosess med standardiserte reguleringer for testing og dokumentasjon, mens ombrukbare byggevarer ikke har noe lignende system (Fufa mfl., 2021).

Det er behov for å tidlig analysere den eksisterende bygningsmassen slik at ombruksprosessen blir mer forutsigbar. Samtidig er det utfordrende at ombruksvarer ikke er konkurransedyktige på markedet. Da oppstår spørsmålet om det er mulig å industrialisere ombruksvarer på lik linje med en ny byggevare?

1.2 Tema og problemstilling

I forkant av denne masteroppgaven ble det høsten 2021 utarbeidet en prosjektoppgave med temaet ombruk som materialeeffektiv strategi. Prosjektoppgaven undersøkte ombrukspotensialet i ett eksisterende kontorbygg. Hovedfunnene fra prosjektoppgaven viste at det var flere bygningskomponenter som er egnet for ombruk ut i fra et miljøperspektiv, samtidig som det er flere tekniske og økonomiske utfordringer. Funnene i prosjektoppgaven har bidratt til utarbeidelse av tema og problemstilling for denne oppgaven.

Temaet for masteroppgaven er sirkulær økonomi og ombruk i eksisterende bebyggelse. Ettersom byggebransjen bidrar til en stor del av Norges material- og energiforbruk er det viktig å belyse dette temaet for å avdekke muligheter til å gjøre bransjen mer materialeffektiv og miljøvennlig. Problemstillingen som skal besvares er

Hva er ombrukspotensialet i tidstypiske kontorbygninger, og hva må gjøres for å bærekraftig industrialisere ombruk fra eksisterende bygninger?

For å svare ut problemstillingen er det valgt å danne tre forskningsspørsmål:

1. Hvilke bygningskomponenter finnes i tidstypiske kontorbygninger?
2. Hvilke bygningskomponenter i eksisterende kontorbygninger egner seg for ombruk i et teknisk og økonomisk perspektiv?
3. Hva skal til for å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i industriell skala?

1.3 Målformulering

Formålet med problemstillingen er å undersøke ombruk av bygningskomponenter i tidstypisk eksisterende bebyggelse og hvordan dette kan industrialiseres for at byggenæringen kan dra nytte av eksisterende bygningskomponenter i fremtiden på den mest bærekraftige måten. Industrialisering vil i denne oppgaven bety at ombruk fra eksisterende bygninger skal realiseres gjennom industrielle og standardiserte metoder. At noe er bærekraftig handler om å imøtekomme både klima og miljø, økonomi og sosiale forhold.

Det er valgt å dele problemstillingen i tre forskningsspørsmål (FS). Forskningsspørsmål 1 (FS1) skal kartlegge bygningskomponenter i eksisterende kontorbygninger. Det betyr at det skal gjøres en kartlegging av komponentenes materialtyper, dimensjon og mengde. Videre skal forskningsspørsmål 2 (FS2) svare på mulighetene for ombruk av de kartlagte bygningskomponentene ut i fra et teknisk og økonomisk perspektiv. Forskningsspørsmål 3 (FS3) skal vurdere hva som skal til for å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i en industriell skala ut i fra resultatene. De tre forskningsspørsmålene skal til slutt bidra til å svare ut problemstillingen.

1.4 Omfang og begrensninger

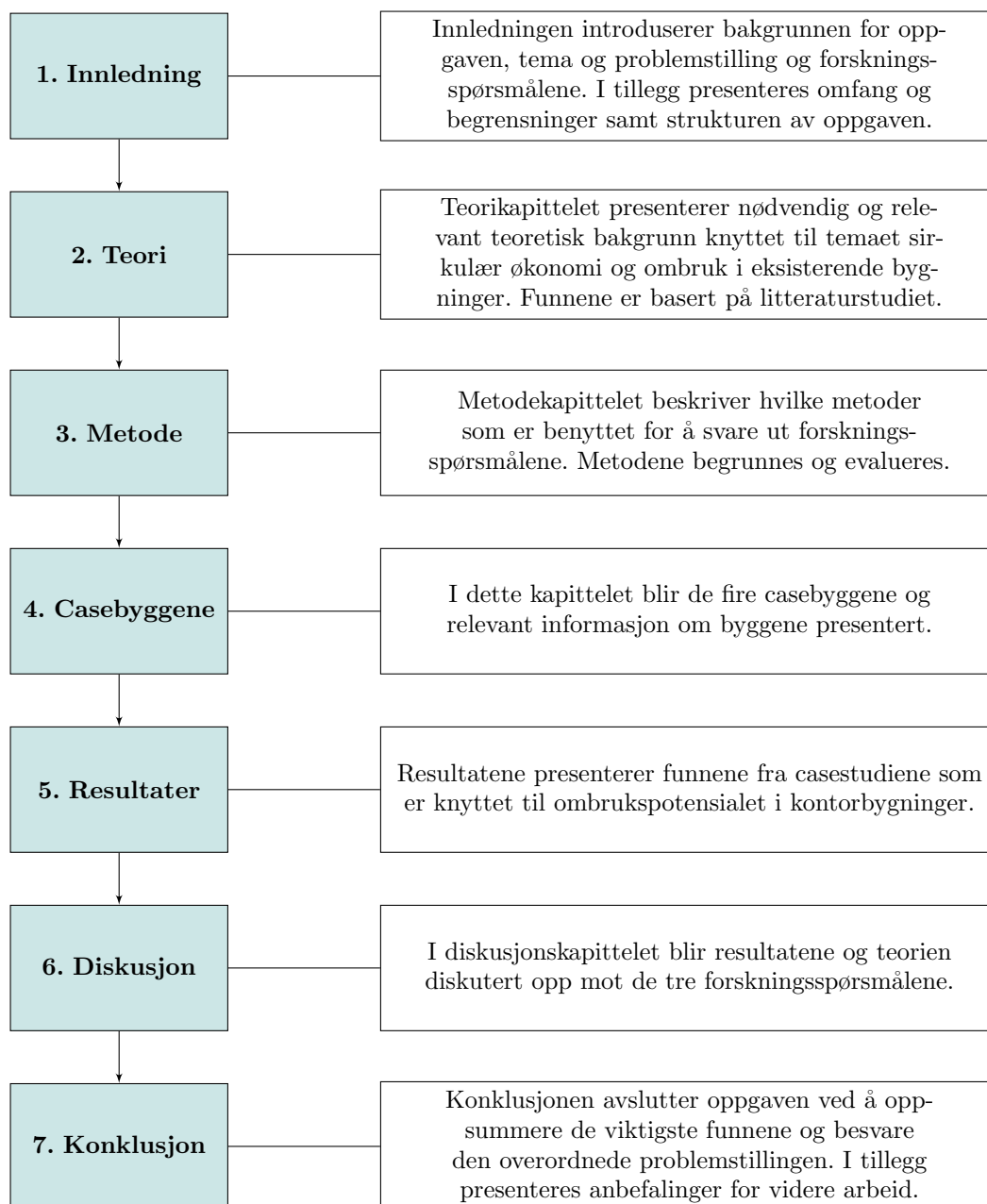
Ettersom det valgte tema er relativt bredt har det vært nødvendig å begrense omfanget av oppgaven. Problemstillingen viser at oppgaven er avgrenset til å undersøke eksisterende kontorbygninger. Selv om temaet omhandler den eksisterende bygningsmassen var det nødvendig å fokusere på én bygningstype for å ikke lage en for omfattende oppgave samt snevre inn forskningsområdet. I tillegg er det i litteraturen påpekt lite informasjon om materialer i næringsbygg. Kontorbygninger er også gunstig for kartlegging ettersom etasjene ofte er likt utformet.

Forskingsspørsmålene bidrar også til å definere forskningsfokuset. For å vurdere ombrukspotensial i kontorbygninger og industrialisering av ombruk er det fokus på funn fra kartlegging. Kartleggingen er igjen begrenset til å kartlegge komponenter med mulig ombrukspotensial for å være relevant og ikke for omfattende. FS2 viser at det også er valgt å avgrense vurderingen av ombruk til et teknisk og økonomisk perspektiv. Det er utført flere studier av det miljømessige aspektet ved ombruk med verktøy som LCA, og funnene tyder ofte på at ombruk av et materiale kan gi lavere klimagassutslipp enn et nytt materiale. Avgrensingen er også gjort med tanke på relevans til FS3 for å etablere ombruk i en industriell skala.

Utarbeidelse av oppgaven har hatt en tidsbegrensning på 20 uker som også har satt begrensninger for arbeidet med oppgaven. Tidsbegrensningen satte blant annet føring for antall kontorbygninger som ble undersøkt i løpet av arbeidsperioden. Ettersom det valgte tema er høyst aktuelt er det også mange oppdateringer og nye rapporter om temaet som publiseres ukentlig. Med den gitte tidsbegrensningen var det derfor nødvendig å sette en stopper for når det kunne hentes inn mer informasjon. Det kan derfor være nyere oppdateringer og nyheter på området som ikke er inkludert i oppgaven.

1.5 Oppgavens oppbygging

Oppbyggingen av denne oppgaven følger en vitenskapelig struktur. En slik struktur har tradisjonelt sett en innledning, metodedel, resultater og en diskusjon. Ettersom denne strukturen er anvendelig og allment brukt er denne oppbyggingen likedan. Figur 1.1 viser en leserveiledning for oppgavens oppbygging, som avsluttes med en referanseliste og vedlegg i slutten av oppgaven.



Figur 1.1: Leserveiledning med oversikt over oppgavens oppbygging og innhold.

2 Teori

Dette kapittelet tar for seg det teoretiske grunnlaget relevant til oppgavens tema og problemstilling. Bakgrunnen for problemstillingen er verdens klimautfordring og byggebransjen sitt bidrag til ressursbruk og klimagassutslipp. Derfor presenteres relatert teori til disse temaene samt teori om sirkulær økonomi og ombruk i eksisterende bebyggelse.

2.1 Byggebransjens påvirkning på klimaendringer

Byggesektoren bidrar til store karbonutslipp. Bygninger står for 40 % av verdens materialforbruk (Rees, 1999) og konstruksjon og drift av bygninger står for 37 % av verdens CO₂-utslipp relatert til energi (UNEP, 2021). Verdens materialbruk er også forventet å doble seg innen 2060, der byggesektoren vil stå for en tredjedel av denne økningen. I Norge står bygg- og anleggsvirksomheten også for 24 % av all avfallsproduksjon (Meld. St. 40 (2020–2021)).

2.1.1 Bundet karbon

Utslipp fra bygninger må reduseres langs hele livssyklusen igjennom en kombinasjon av redusert energibehov, bruk av fornybare energikilder og fokus på bundet karbon i bygningsmaterialer (UNEP, 2021). Bundet karbon i bygninger og bygningsmaterialer innebærer hele karbonavtrykket til bygningen eller materialet (Circular Ecology, u.å). Det handler om å vurdere alle klimagassutslippene, ofte fra vugge til produksjon (cradle to gate), vugge til bruk (cradle to site) eller vugge til grav (cradle to grave). På verdensbasis fører materialutvinning, produksjon av bygningsmaterialer, konstruksjon og renovering av bygninger til 5-12 % av alle klimagassutslipp (European Commission, 2020).

Utslipp fra bundet karbon utgjør en stor del av utslippene fra byggesektoren og kan ofte tilsvare 20-50 % av hele karbonutslippet til et nytt bygg (Circular Ecology, u.å). En studie fra Danmark har blant annet undersøkt bundet karbon i et kontorbygg (Malabi Eberhardt mfl., 2021). Resultatene viser at 58 % av bundet karbon ligger i produksjonen av bygget og derav bygningsmaterialer, 27 % er en konsekvens av komponent- og materialutskiftning under drift og 16 % var fra slutten av levetiden (riving). Kontorbygget som ble brukt som case hadde yttervegger av glass og aluminium i fasaden, noe som ga høye bidrag til bundet karbon på grunn av produksjon og utskiftning. Også dekker og tak av betong bidro til en stor andel av byggets bundet karbon. Studien peker videre på at bidrag til bundet karbon i eksisterende bygninger for det meste kommer fra produksjonsfasen.

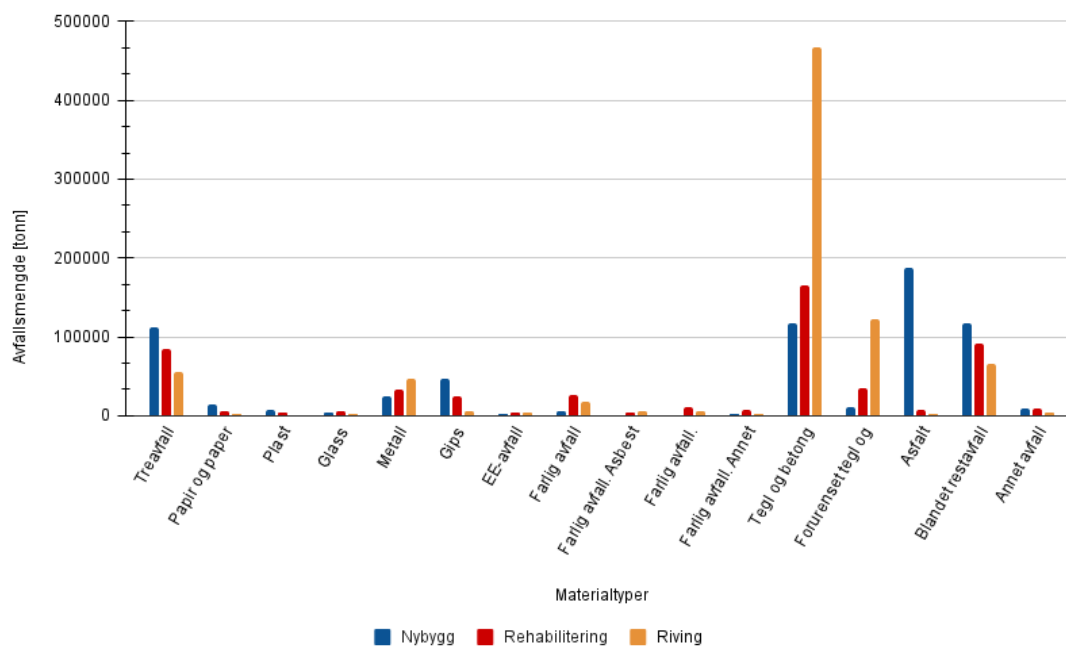
I motsetning til operasjonell karbonutslipp, kan ikke bundet karbon reverseres (Circular Ecology, u.å). Operasjonell karbonutslipp kan når som helst forbedres under levetiden til en bygning, for eksempel gjennom tiltak for energieffektivisering. Energieffektivitet i byggesektoren er viktig for å oppnå nullutslippsnivået (UNEP, 2021), men det blir i økende grad like viktig å tenkte sirkulært for bygningsmaterialer. In-

vesteringer i energieffektivitet i byggesektoren har økt med 40 % siden 2015 (UNEP, 2021). Det er spesielt viktig å ha fokus på bundet karbon når det blir bygget flere nye energieffektive bygninger og bygninger renoveres for å bli energieffektive.

2.1.2 Avfallsmengder

Byggesektoren genererer også store mengder avfall. Den globale avfallsmengden øker, og EU produserer 2,5 billioner tonn med avfall hvert år (European Commission, 2020). I Europa står byggesektoren for over 35 % av det totale avfallet. Når det gjelder karakterisering av byggeavfall i EU, står betong for omtrent 90 % av totalt avfallsvolum (Bogoviku & Waldmann, 2021).

Også Norge genererer det store mengder avfall fra byggesektoren. Tall fra SSB viser at Norge produserte ca. 1,95 millioner tonn med avfall fra byggeaktivitet i 2019 (SSB, 2021). Riving av bygg generer mest avfall, der generert avfall er anslått til 796 254 tonn, som tilsvarer 41 % av totalt byggeavfall. Samtidig står nybygging for 657 706 tonn avfall og rehabilitering står for 494 681 tonn avfall, som tilsvarer henholdsvis 34 % og 25 % av avfallsmengden. Figur 2.1 viser hvilke materialer som avfallsmengden fra norsk byggeaktivitet består av gitt i tonn.



Figur 2.1: Materialer i avfallsmengder for ulike byggeaktiviteter fra byggesektoren i 2019. Tall hentet fra SSB (SSB, 2021).

Figur 2.1 viser at tegl- og betongavfall er den dominerende avfallstypen fra både riving og rehabilitering. Etersom stistikken har enheten tonn er dette heller ikke siden de nevnte materialene er tunge. Fra nybygg produseres det mest avfall med asfalt, men også tegl og betong og treavfall er overveiende. Blandet restavfall, metall og gips er også er en stor del av avfallsmengden.

2.2 Klimatiltak og sirkulær økonomi

I lys av menneskeskapte utslipp som fører til klimaendringer, har flere av verdens land og organisasjoner innført klimatiltak. Klimatiltakene innebærer avtaler, mål og sirkulære handlingsplaner for å redusere karbonutslippet. Videre teoridel gjennomgår noen av disse klimatiltakene som kan sette føring for hvordan byggebransjen utvikles.

2.2.1 Parisavtalen og FNs klimarapport

Parisavtalen ble vedtatt i 2015 og er en internasjonal avtale mellom verdens land for å redusere klimaendringene (FN-sambandet, 2020). Avtalen innebærer blant annet at alle land er forpliktet til å kutte klimagassutslipp, lage en nasjonal plan for dette og rapportere om utslippskuttene. Temperaturen på kloden skal heller ikke stige mer enn 2° og helst ikke mer enn 1,5°. Mellom 2050 og 2100 skal verden være klimanøytral, som vil si at det ikke skal slippes ut mer klimagass enn det som er mulig å fange opp eller fjerne. FNs klimapanel (IPCC) sin nye klimarapport forteller at det kreves umiddelbare og raske tiltak for å nå målene som ble satt i Parisavtalen (Allen mfl., 2018). Dagens løfter om klimagassreduksjon er ikke gode nok til at verden klarer å holde seg under temperaturgrensen på 1,5°. Selv om flere land allerede har startet med reduserende tiltak, kreves det ytterligere bedre ambisjoner og endringstempo for en global endring.

2.2.2 FNs bærekraftsmål for bærekraftig utvikling

Verdens utfordringer henger sammen, og det kreves en bærekraftig utvikling for å løse disse. Bærekraftig utvikling ble først introdusert av Brundtlandkommisjonen i 1987 og FN definerer bærekraftig utvikling med «En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (FN-sambandet, 2021a). De tre dimensjonene av bærekraftig utvikling er klima og miljø, økonomi og sosiale forhold, og sammenhengen mellom disse avgjør om noe er bærekraftig. For å oppnå en bærekraftig utvikling har FN utviklet bærekraftsmålene (FN-sambandet, 2021b). De 17 målene er en felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030. Bærekraftsmålene er basert på tusenårsmålene som ble vedtatt i 2000, men er mer omfattende og ambisiøse. De 17 bærekraftsmålene er vist i Figur 2.2 og målene som anses som mest relevante til denne oppgavens tema er fremhevet.



Figur 2.2: FNs bærekraftsmål (FN-sambandet, 2021b).

For temaet sirkulær økonomi og ombruk i byggebransjen fremheves spesielt mål 8, 9, 11, 12, 13 og 17 i Figur 2.2. I tillegg til de 17 hovedmålene er det også lansert flere delmål (FN-sambandet, 2021b). For mål 11 om bærekraftige byer og lokalsamfunn er det blant annet delmål om bærekraftig urbanisering, bedre ressursbruk i byer og reduksjon av byenes negative påvirkning på miljøet. For mål 12 om ansvarlig forbruk og produksjon fremheves blant annet redusering av avfallsmengden gjennom forebygging, reduksjon, materialgjenvinning og ombruk samt at bærekraftige ordninger skal fremmes i offentlige anskaffelser.

Selv om målene innebærer samarbeid for å nå dem, er det også i landenes egeninteresse å nå bærekraftsmålene, som også gjelder Norge (Meld. St. 40 (2020–2021)). I 2021 la regjeringen i Norge frem en nasjonal handlingsplan for bærekraftsmålene. Flere av de største utfordringene for Norge er knyttet til bærekraftsmålene om klimagassutslipp, natur, ressursforbruk og forbruk. Selv om Norge får høyeste skår på flere bærekraftsmål, skårer Norge lavere på mål 12 og 13 på grunn av høyt materialforbruk og CO₂-utslipp.

2.2.3 The European Green Deal og EU-taksonomien

For å nå målene i Parisavtalen har EU lansert *the European Green Deal Investment Plan* og klassifiseringssystemet EU-taksonomien (Trippel, 2020). En omstilling mot en mer bærekraftig, lavkarbon og ressurseffektiv økonomi krever enorme investeringer, både fra det offentlige og private. European Green Deal fastsetter at det kreves årlige investeringer på minst 260 milliarder euro for å nå de nåværende energi- og klimamålene, og ytterligere årlige investeringer på 100-150 milliarder euro for å nå noen av EUs miljøpolitiske mål. Etersom EU har et budsjett på 165 milliarder euro, er det tydelig at nye investeringer krever en reform av EUs finanssektor. For å mobilisere nok midler til bærekraftige investeringer og skape et rammeverk for private investorer og offentlig sektor kreves det en avklaring om hva som anses som bære-

kraftig investering. European Green Deal peker på at EU-taksonomien er et av de viktigste tiltakene for å oppnå dette.

EU-taksonomien ble publisert i 2020 og er et klassifiseringssystem som etablerer en liste med miljømessig bærekraftige økonomiske aktiviteter (European Commission, u.å). I følge Lucarelli mfl. (2020) er formålet med EU-taksonomien å avgjøre om virksomheter sine ulike økonomiske aktiviteter er miljømessig bærekraftige og i hvilken grad bedriften i seg selv er bærekraftig, gitt de individuelle bidragene fra hver aktivitet som bedriften yter. Dette kan dermed være en viktig rolle i å øke bærekraftige investeringer og implementere the European Green Deal (European Commission, u.å). Taksonomien fastsetter seks miljømål:

- Begrense klimaendringene.
- Tilpasning til klimaendringene.
- Bærekraftig bruk og beskyttelse av vann- og marineressurser.
- Overgang til sirkulær økonomi.
- Forebygge og kontrollere forurensning.
- Beskytte og restaurere biologisk mangfold og økosystemer.

En økonomisk aktivitet er klassifisert som miljømessig bærekraftig dersom den bidrar vesentlig til minst ett av de seks miljømålene, den følger prinsippet *Do No Significant Harm* (DNSH) til andre miljømål og den samsvarer med minstekrav til sosiale forhold (Lucarelli mfl., 2020).

EU-taksonomien definerer også økonomiske aktiviteter som er knyttet til byggesektoren, og gir egne kriterier for disse (Kvale & Norang, 2021). For miljømål om sirkulær økonomi, stilles det blant annet krav til at minst 70 % av vekten av ikke-farlig avfall fra bygging og riving på byggeplass skal forberedes på ombruk, resirkulering og andre former for materialgjenvinning. I tillegg skal design og konstruksjonsteknikker støtte sirkulære prinsipper og vise vurdering av demontering eller tilpasningsevne i bygget. Det antas at taksonomien er EØS-relevant, men den er foreløpig ikke tatt inn i EØS-avtalen (Prop. 208 LS (2020–2021)). Likevel har finansdepartementet foreslått å gjennomføre to forordninger i en ny lov der den ene er offentliggjøring av EU-taksonomien.

2.2.4 Sirkulær økonomi og EUs sirkulære handlingsplan

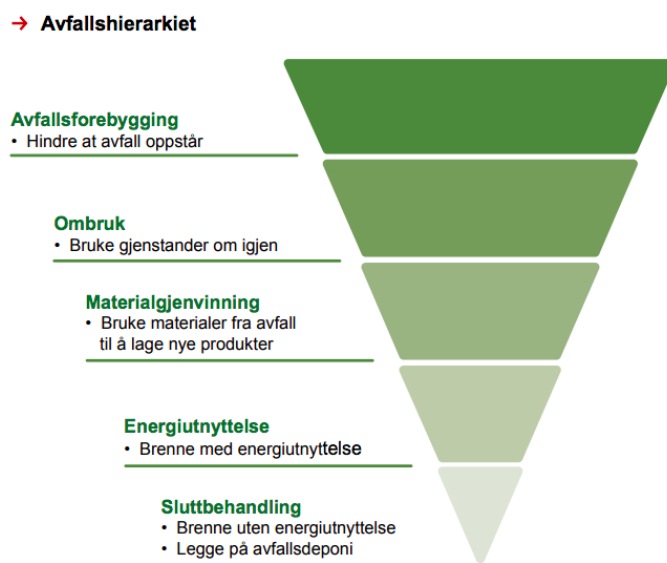
Sirkulær økonomi handler om å lukke sløyfer (Geissdoerfer mfl., 2017). For å definere sirkulær økonomi har ofte krav, mål og konseptet blitt forklart eller sammenlignet med lineær praksis (Reike mfl., 2018). Som en kontrast til lineær økonomi innebærer sirkulær økonomi å bryte med *ta-lag-bruk og kast*-modellen, som er en lineær modell basert på antagelsen om at det er rikelige mengder med ressurser som er enkelt å kvitte seg med. Sirkulær økonomi er også ofte fremstilt som en alternativ modell til produksjon og forbruk, der ressursbruken blir koblet fra økonomisk vekst, som dermed kan bidra til bærekraftig utvikling. Ved å se på sammenhengen mellom

bærekraft og sirkulær økonomi har Geissdoerfer mfl. (2017) definert sirkulær økonomi som et system der ressursbruken reduseres og sløyfer lukkes gjennom strategier som vedlikehold, reparasjon, ombruk og materialgjenvinning. En sirkulær økonomi er gjenopplivende og fornyende og har som mål å beholde verdien og nytten av produkter, komponenter og materialer til enhver tid (Mercader-Moyano & Esquivias, 2020).

I 2020 kom EU med en ny handlingsplan kalt *The new Circular Economy Action Plan* (European Commission, 2020). Europas nye agenda for bærekraftig utvikling skal bygges på denne handlingsplanen. Målet med overgangen til sirkulær økonomi er å redusere presset på naturressursene og nå EUs mål om klimanøytralitet innen 2050. Eftersom byggesektoren har et betydelig forbruk av ressurser og tilhørende utslipp, foreslår handlingsplanen en ny strategi for et bærekraftig bygd miljø. Denne strategien skal fremme bedre materialeeffektivitet som er estimert til å redusere utslippene med 80 %. Dette står i likhet med FN's *Global Alliance for Buildings and Construction* (GABC) som foreslår materialeeffektivitet og etablering av databaser som tiltak for å minimere utslipp fra materialer (UNEP, 2021).

2.2.5 Materialeffektivitet

Materialeffektivitet er en av strategiene for å redusere utslippene fra materialer (Hertwich mfl., 2019). Materialer er i dag nødvendig, men produksjonen av dem er en stor kilde til utslipp. Utslipp fra materialproduksjon utgjorde 23 % av verdens klimagassutslipp i 2015. De fleste utslippene fra materialer stammer fra produksjonen av jern og stål (32%), sement, kalk og gips (25 %) og plastikk og gummi (13 %). Materialeffektive strategier innebærer produktdesign med mindre materialer, utvidelse av levetid, vedlikeholdseffektivitet, ombruk og resirkulering. Materialeffektivitet i form av ombruk og materialgjenvinning er strategier i avfallshierarkiet vist i Figur 2.3.



Figur 2.3: Avfallshierarkiet (Miljøverndepartementet, 2013)

Figur 2.3 viser avfallshierarkiet som er en prioritert rekkefølge for avfallshåndtering. Håndtering av avfall etter dette prinsippet vil generelt gi det mest ressurseffektive og miljøriktige valget for avfallshåndtering (European Commission, 2011). Politikk rundt materialeffektivitet har oppstått gjennom tiltak for å forbedre ressursomfanget av avfallshåndtering med lite forbindelse til demping av klimaendringene (Hertwich mfl., 2019). Derfor er det sentralt at EUs nye sirkulære handlingsplan og GABC fremmer materialeffektivitet for klimagassreduksjon.

Når det har vært snakk om materialeffektiv strategi har det tradisjonelt sett vært fokus på resirkulering. Resirkulering er en av hovedstrategiene for å kutte i energi-forbruket på grunn av materialproduksjon, redusere klimapåvirkningene og redusere avfall, som også er en stor strategi i EUs handlingsplan for sirkulær økonomi (Honic mfl., 2021). Andre like eller mer lovende materialeffektive strategier har ikke vært i fokus (Hertwich mfl., 2019), og politikk om sirkulær økonomi har blant annet fått kritikk for å promotere resirkulering over ombruk (Kyrö, 2020). Ofte forveksles resirkulering med materialgjenvinning, der materialgjenvinning er en betegnelse på å omdanne avfall til nye produkter. Etersom engelske artikler ofte bruker ordet *recycling* for materialgjenvinning er det i denne oppgaven valgt å anse resirkulering og materialgjenvinning som samme strategi.

2.3 Ombruk i byggesektoren

Ombruk er en form for *urban mining*, som i følge Heisel og Rau-Oberhuber (2020) er en strategi for å re-introdusere ressurser fra den eksisterende bygningsmassen (Heisel & Rau-Oberhuber, 2020). Ombruk kan defineres som at et produkt, komponenter eller en hel bygningsstruktur brukes om igjen, i stedet for at det rives og sendes til resirkulering, gjenvinning eller avfall (European Commission, 2011, Bertino mfl., 2021). Ombruk av en bygningskomponent kan innebære at komponenten demonteres fra det opprinnelige bygget, blir vurdert, eventuelt solgt og montert i et nytt bygg.

I følge Grønn Byggallianse (2022) vil ombruk av bygningskomponent til tilsvarende formål uten vesentlig bearbeidelse kalles *Direkte ombruk*. Direkte ombruk kan skje både *internt* i en organisasjon eller *eksternt* ved omsetning. Sørnes mfl. (2014) skiller mellom *lokal ombruk* og *ombruk annensteds*. Lokal ombruk er ombruk av bygningselementer som hentes fra samme bygning som oppgraderes. Hvis bygningskomponentene kommer fra andre bygninger vil det være annensteds ombruk eller ombruk anskaffet fra donorbygg (Nordby mfl., 2021).

2.3.1 Omfang av ombruksbegrepet

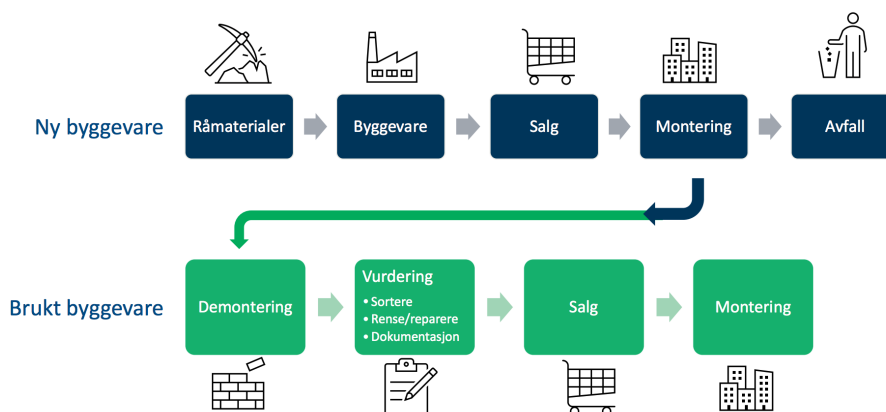
Omfanget av ombruksbegrepet er ulikt i litteraturen. Blant annet skriver Kilvær mfl. (2019) at ombruk ikke inkluderer rehabilitering. Det er i kontrast med FutureBuilt sine kriterier for sirkulære bygg. I deres kriterier vil ombruk av eksisterende bygg og bygningsdeler i opprinnelig funksjon telle likt som ombruk av bygningsdeler som er flyttet på internt i et rehabiliteringsprosjekt eller importert fra donorbygg (FutureBuilt, 2019). FutureBuilt argumenterer med at rehabilitering generelt sett gir lavere miljøbelastning enn riving og nybygg, og ved at rehabilitering inngår i ombruksbegrepet presiserer de viktigheten av å unngå å rive massive bygningsdeler. I følge erfaringsrapporten fra ombruksprosjektet Kristian Augusts gate 13 (KA13) kan et rehabiliteringsprosjekt som beholder mest mulig av de eksisterende konstruksjonene oppnå høy grad av lokal ombruk og kriteriene i et sirkulært bygg (Nordby mfl., 2021). Det er valgt å anse rehabilitering av et helt bæresystem som ombruk.

Miljødirektoratet (2020) vekt på at ombruk av et produkt eller materiale ikke skal kreve særlig bearbeidning, mens Kilvær mfl. (2019) mener at ombruk kan kreve bearbeidning og at et produkt kan brukes til et annet formål. I denne oppgaven anses noe bearbeidning som en del av ombruksbegrepet, men dersom et produkt brukes til et helt nytt formål vil ikke produktet ha et fullstendig ombrukspotensial. Begrepe- ne oppsirkulering (upcycling) og nedsirkulering (downcycling) er relevante i denne sammenhengen. Oppsirkulering innebærer at materialer får ny verdi gjennom produktutvikling og bearbeidning (FutureBuilt, 2019), ofte ved at byggevaren benyttes på en annen måte enn den opprinnelig var tiltenkt (Kilvær mfl., 2019). Dette gjelder for eksempel for glass og vinduer som ombrukes til innvendige glassvegger og dører. Dette står i kontrast med nedsirkulering, som er prosessen med å bryte ned et produkt til enkeltdele for materialgjenvinning, energigjenvinning eller deponi. Ved nedsirkulering får et produkt lavere verdi enn opprinnelig. Materialgjenvinning av betong gjennom nedknusing til tilslag er et eksempel på en slik nedsirkulering.

2.3.2 Fordeler og ulemper med ombruk

Det finnes flere fordeler med ombruk. Ombruk fører til at det ikke er behov for å produsere et nytt produkt (European Commission, 2011). Ombruk minsker dermed utslipp samtidig som avfall reduseres og materialressurser blir tatt vare på lengst mulig (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). I følge Honic mfl. (2021) krever også ombruk av komponenter mindre prosessering enn resirkulering, og derfor bør ombruk prioriteres ved eventuell demontering. En kostnadsvurdering fra KA13 viser at det er mulig å spare kostnader med ombruk (Nordby mfl., 2021). Det ble blant annet antatt at ombruk av kjølebafler ga 66 % besparelse. Loopfront og Asker kommune har kartlagt potensial for ombruk av møbler og innvendige byggematerialer i 25 kommunale bygninger der arbeidet har resultert i 11 millioner kroner i kostnadsbesparelser (Sandberg & Kvellheim, 2021). Nye strategier for ombruk vil også kunne bidra til å utvikle nye arbeidsplasser og forretningsmodeller (Sandberg & Kvellheim, 2021). Dette kan blant annet være digitalisering, sporing av materialer, kvalitets-sikring, videresalg, reparasjoner og vedlikehold, eierskapsmodeller og industrialisert produksjon.

Selv om det er flere fordeler med ombruk, er det i litteraturen også funnet en del utfordringer med ombruk. I denne sammenhengen er det relevant å trekke inn forskjellen mellom livsløpet til en ny byggevare sammenlignet med en brukt byggevare til ombruk vist i Figur 2.4.



Figur 2.4: Sammenlikning av livsløpet til en ny byggevare kontra en brukt byggevare til ombruk (SINTEF, 2022).

Mange av utfordringene med ombruk inngår i prosessene for en brukt byggevare vist i Figur 2.4. Noen av utfordringene er listet opp i Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Utfordringer med ombruk i byggebransjen.

Utfordring	Forklaring
Demontering	Ombruk krever at bygningskomponenter kan demonteres fra bygninger uten å tilføre skade for å opprettholde verdien, som et alternativ til riving av bygg (Bertino mfl., 2021). Siden bygninger, komponenter og materialer ikke er designet for ombruk (Sandberg & Kvellheim, 2021), krever demontering mer skånsomme prosedyrer enn riving, som tidkrevende manuelle operasjoner (Nordby mfl., 2021).
Etterbehandling	Noen ombruksmaterialer krever etterbehandling for å oppnå den kvaliteten som er krevd av forskrift eller bruker, som gir ekstra utgifter (Nordby mfl., 2021). Blant annet måtte ombrukt stålkonstruksjon i KA13 gjennom scanning for kvalitetssikring og destruktiv testing.
Transport og lagring	Brukte byggematerialer krever muligens transportering og mellomlagring (Nordby mfl., 2021). Erfaring viser at kostnader til transport og lagring utgjør en vesentlig andel av totalkostnadene i et byggeprosjekt. Oppvarming av lagerlokale kan også bidra med en merkbar mengde utslipp i klimagassregnskapet. Ved lokal ombruk trenger nødvendigvis ikke elementer å fraktes til mellomlagring eller bearbeiding.
Miljøberegninger av utslipp	Det er vanskelig å knytte utslipp til ombruksprosesser (Nordby mfl., 2021). I KA13-prosjektet måtte det gjøres forenklinger for utslipp knyttet til prosesser som demontering, transport og lagring.
Miljøgifter	Mye kan ikke ombrukes fordi det kan være giftige stoffer i eldre byggematerialer (Sandberg & Kvellheim, 2021). Noen av disse miljøgiftene er PCB og asbest. PCB er giftige syntetiske klorforbindelser som har alvorlige langtidsvirkninger for helse og er svært giftige i miljøet (Miljødirektoratet, u.å-b). PCB ble brukt i bygningsmaterialer som mørteltilsetning, i isolerglasslim, fugemasse og i maling. Bygninger bygget i perioden 1940-1980 kan inneholde PCB. Asbest er silikatmineraler som kan være kreftfremkallende (Arbeidstilsynet, u.å). Asbestmaterialer ble tidligere brukt i bygninger og installasjoner, og kan fortsatt finnes i bygninger fra rundt 1920 til 1985.
Krav og dokumentasjon av byggematerialer	Krav og dokumentasjon er ikke tilpasset byggevarer for ombruk. Byggevareforordningen (BVF) i forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) setter krav ved omsetning av byggevarer (Nordby mfl., 2021). DOK/BVF er utarbeidet med formål om å regulere nye produkter, og tar ikke hensyn til omsetning av brukte byggevarer (Kilvær mfl., 2019). Teknisk forskrift (TEK17) setter krav til produkter til byggverk. En brukt byggevare må redokumenteres for å tilfredsstille krav for omsetning og til egenskaper som kreves for å brukes i bygget den skal brukes i.
Kostnader	Aktører i byggebransjen påpeker at det vil ta mange år før det vil lønne seg økonomisk å demontere bygg, frakte materialer, eventuelt mellomlagre dem og få det resertifisert, og så bruke det i nye bygg (Sandberg & Kvellheim, 2021). Høydahl og Walter (2020) gjennomførte også intervjuer med sentrale aktører i byggebransjen der det blant annet pekes på at byggematerialer er så billige.
Eksisterende materialer	Lite informasjon og dokumentasjon om den eksisterende bygningsmassen. Spesielt om egenskaper, kvalitet og innhold av miljøgifter i eksisterende byggematerialer (Sandberg & Kvellheim, 2021). KA13-prosjektet viste at materialkartlegging også er veldig tid- og ressurskrevende (Sandberg & Kvellheim, 2021).
Tilbud og etterspørsel	Ikke nok ombrukbare materialer fra riving til å møte etterspørselen etter materialer til bygging (Torsvik, 2021). I følge Høydahl og Walter (2020) må uforutsigbarhet i tilførsel av ombruksmaterialer løses ettersom ombruksvarer ikke er hyllevarer på samme måte som nye materialer.

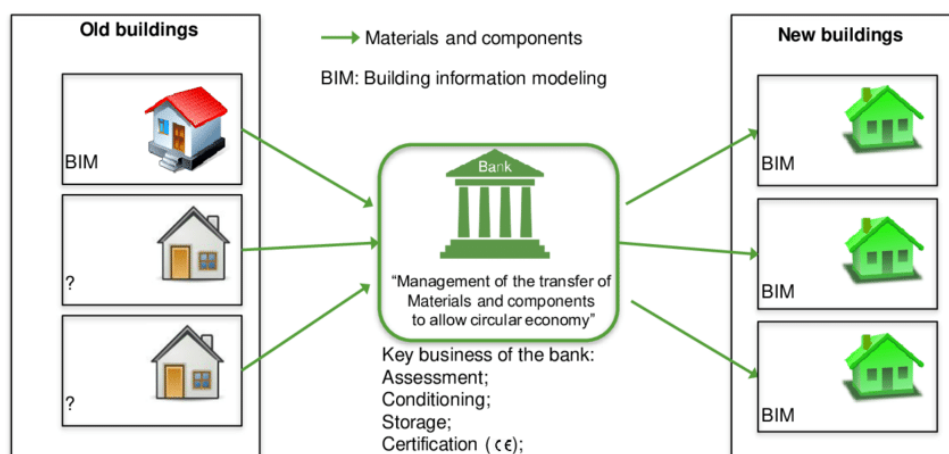
2.4 Materialbanker, BIM og digitale tvillinger

I likhet med økende fokus på sirkulær økonomi og ombruk, har også ny teknologi fått innfeste i byggebransjen. Bygninger kan anses som materialbanker, der digitale modeller av bankene kan gi nyttig informasjon for å øke sirkulariteten i bransjen. Denne teoridelen gir en innføring i sentrale aspekter ved materialbanker og digitale løsninger som BIM og digitale tvillinger.

2.4.1 Materialbanker og materialpass

I sirkulære modeller vil materialer og komponenter i bygninger fungere som materialbanker ved å forbli i en sløyfe og unngå avfallsproduksjon (Honic mfl., 2021). EU har blant annet finansiert et prosjekt kalt *Buildings as Material Banks (BAMB)*. I følge BAMB sine sider skal prosjektet skape sirkulære løsninger i byggesektoren ved å anse bygninger som materialbanker for å gi informasjon om komponenter, produkter og materialer i bygninger (BAMB, 2020). I materialbanker identifiseres bygningsmaterialer i en bygning med materialpass som gir informasjon om egenskaper samt kvalitet for å gi dem en verdi til å resirkuleres eller ombrukes (BAMB, 2020; Madaster, 2021).

Cai og Waldmann (2019) forklarer konseptet med materialbank ved hjelp av Figur 2.5.



Figur 2.5: Figur som illustrerer konseptet med materialbanker (Cai & Waldmann, 2019).

Figur 2.5 viser at hovedformålene til materialbanker er å gi informasjon om vurdering, behandling og lagring samt sertifisering av materialer og komponenter fra eksisterende bygninger som kan brukes i nye bygninger. Vurdering av materialer er nødvendig for å bestemme gjenværende bæreevne og re-monteringsevne, behandling er nødvendig på komponenter som ikke kan ombrukes direkte på grunn av skader og

lagring er nødvendig når umiddelbar ombruk etter demontering ikke er mulig. Den mest avgjørende informasjonen er i følge Cai og Waldmann (2019) resertifisering av materialer og komponenter for å gi en forsikring eller garanti for kritiske egenskaper for ombrukbare varer.

Madaster er en digital løsning for registrering og analyse av materialer og produkter i bygg (Madaster, 2021). Hvert registrerte bygg i plattformen blir en materialbank og data om bygget genereres til materialpass. En av de største argumentene for å implementere og bruke slike digitale plattformer er behovet for detaljert dokumentasjon av materialer i bygninger, for å gi nødvendig kunnskap for å forstå og bruke eksisterende bygninger som materiallagre (Heisel & Rau-Oberhuber, 2020).

2.4.2 BIM og ny teknologi

Bruken av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) har også oppnådd stor oppmerksomhet på verdensbasis (Charef & Emmitt, 2021). BIM kan enkelt forklares som en digital representasjon av noe med verdi (Charef & Emmitt, 2021), og er ofte referert til som en 3D-modell hvor all informasjon er lagret (Aguiar mfl., 2019). Det er i dag utstrakt bruk av BIM i nybygg og modellene av bygg utvikles gjennom hele prosjekteringsprosessen. Det er enda ikke vanlig å bruke BIM under driftsfasen og mange aktører er ikke vant med å bruke BIM for vedlikeholdsformål. BIM kan derimot bidra til å fremme sirkulære prinsipper gjennom den grafiske informasjonen som er pålitelig og lett å oppdrive.

Flere avgjørende ombruksbarrierer kan løses ved å integrere materialpass med BIM (Charef & Emmitt, 2021). Honic mfl. (2021) undersøker utviklingen av materialpass med BIM på et eksisterende bygg. Ved å bruke BIM skulle de undersøke om det var mulig å gi informasjon om demontering av ulike materiallag. På grunn av lite dokumentasjon av bygget mente de at det var behov for å bruke laserskanning og fysiske undersøkelser av bygget for å lage en nøyaktig BIM modell med riktig geometri og materialsammensetning. Det resulterende materialpasset ga informasjon om totale materialmengder, resirkulerbare mengder, avfallsmengder, resirkuleringspotensialet samt miljøpåvirkninger. Metoden med BIM ble videre anbefalt ettersom den ga eksakte mengder og nødvendig informasjon til et materialpass.

Eksisterende bygninger kan deles inn i bygninger prosjektert med BIM og bygninger uten BIM (Cai & Waldmann, 2019), slik som vist i Figur 2.5. Nye bygninger har ofte BIM, men de fleste eksisterende bygningene har ikke brukt BIM under prosjekteringsfasen (Copeland & Bilec, 2020). Med innsamling av data, undersøkelser og eksisterende bygningsinformasjon kan bygningseiere likevel utvikle en BIM-modell, slik som Honic mfl. (2021) gjorde. *Scan-to-BIM* er et fremskritt innen BIM-programvare som bruker laserskanning og objektgjenkjenning, og transformerer en skanning av et bygg til en nøyaktig BIM-modell. Etter hvert vil også skanningsteknologi med gjenkjenning av tekstur og penetrering av overflate kunne gjøre det mulig å identifisere materialer både på og under overflaten (Rose & Stegemann, 2019).

BIM-modeller kan informere og lagre informasjon, men i følge Bertin mfl. (2020) er ikke den digitale modellen tilstrekkelig til å sikre bærekraftig og integrert data. En

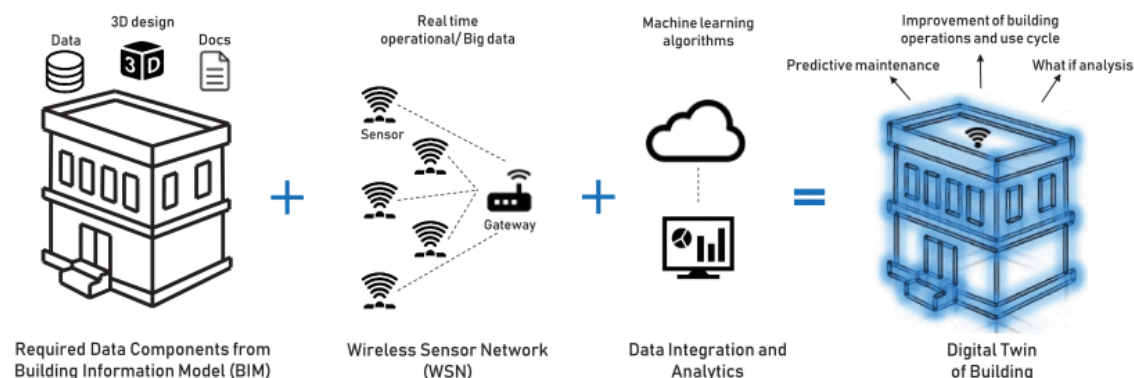
av utfordringene ved å realisere ombruk er behovet for å spore materialer. Både Bertin mfl. (2020) og Copeland og Bilec (2020) nevner *Radio Frequency Identification* (RFID) som en løsning for å koble BIM-modeller med fysiske enheter for sporing. Det er en metode som muliggjør sporing og arkivering av egenskaper til bygningskomponenter. RFID-brikker kan bli inkorporert i komponentene eller festes til dem. Bertin mfl. (2020) mener *urban mining* med blant annet laserskanning vil forenkle tilgangen til et bredt utvalg av ombrukbare materialer. En slik digitalisering av bygg kan også kalles digitale tvillinger.

2.4.3 Digitale tvillinger

Digitale tvillinger er ikke nytt i produksjon-, romfart- eller bilindustrien, men det er relativt nytt i byggenæringen (Shahzad mfl., 2022). Det er flere definisjoner av digitale tvillinger i litteraturen, men det er en felles enighet om at (Shahzad mfl., 2022):

- En digital tvilling representerer et fysisk element.
- Den digitale tvillingen må kobles med det fysiske elementet så den kan utvikles for å reflektere forandringene.

I byggenæringen er fysiske elementer bygde elementer som for eksempel bygninger, broer eller tunneller (Shahzad mfl., 2022). En digital tvilling referer til en 3D-modell som inneholder informasjon som kan forbindes med det fysiske elementet. Khajavi mfl. (2019) illustrerer i Figur 2.6 hvilke komponenter som er essensielle for å lage en digital tvilling av et bygg.



Figur 2.6: Illustrasjon av komponenter som er nødvendig for å utarbeide en digital tvilling og ulikhetene mellom BIM (Khajavi mfl., 2019).

Figur 2.6 illustrerer også forskjellen mellom BIM og digitale tvillinger. Tre store forskjeller i følge Khajavi mfl. (2019) er oppsummert i tre punkter:

1. BIM var utviklet for å forbedre effektiviteten i prosjektering og produksjon, og brukes fortsatt i disse fasene, mens en digital tvilling er designet for å overvåke fysiske hendelser og forberede operasjonell effektivitet og vedlikehold.

2. BIM var ikke utviklet for å fungere med sanntidsdata og brukes fortsatt i prosjektfaser som ikke krever sanntidsdata, mens en digital tvilling er en ren motsetning til en fysisk eiendel og BIM. En digital tvilling jobber med sanntidsdata fra sensorene for å registrere og analysere teknisk informasjon og klimaparametere med formål om å være en svært nøyaktig digital simulering av bygget.
3. Det kreves ulik data for å konstruere en BIM og en digital tvilling.

Det er størst fokus på bruk av digitale tvillinger i driftsfasen (Halmetoja, 2022). For teknisk vedlikehold kan digitale tvillinger gi driftsleder informasjon om teknisk informasjon, visualisering av hendelser og tilby smarte analyser ved hjelp av sanntidsdata. Gjennom visualisering av bygningssystemer kan digitale tvillinger oppdage flere problemer under drift og bidrar dermed til bedre og mer lønnsommere vedlikehold. Digitale tvillinger kan også analysere brukertilfredshet gjennom klimaparametere. Dette kan også bidra til å optimere energiytelsen til et bygg.

Bertin mfl. (2020) peker på konsekvensene av store massive datasett som produseres i materialbanker og i løpet av bygningers levetid. Flere og mer komplekse BIM-modeller vil kreve høyere informasjonslagringskapasitet ettersom det vil genereres enorme mengder data, spesielt dersom bygningskomponentene skal overvåkes under drift. Etter hvert som mengden data i en BIM øker, først og fremst på grunn av sensorer, vil også dataproblemene forverres. Halmetoja (2022) peker også på utfordringer med digitale tvillinger som oppdatering av data og presentasjon av nyeste data, omfang av brukergrensesnittet, cybersikkerhet og integrering med andre smarte løsninger.

2.5 Dagens sirkulære byggebransje

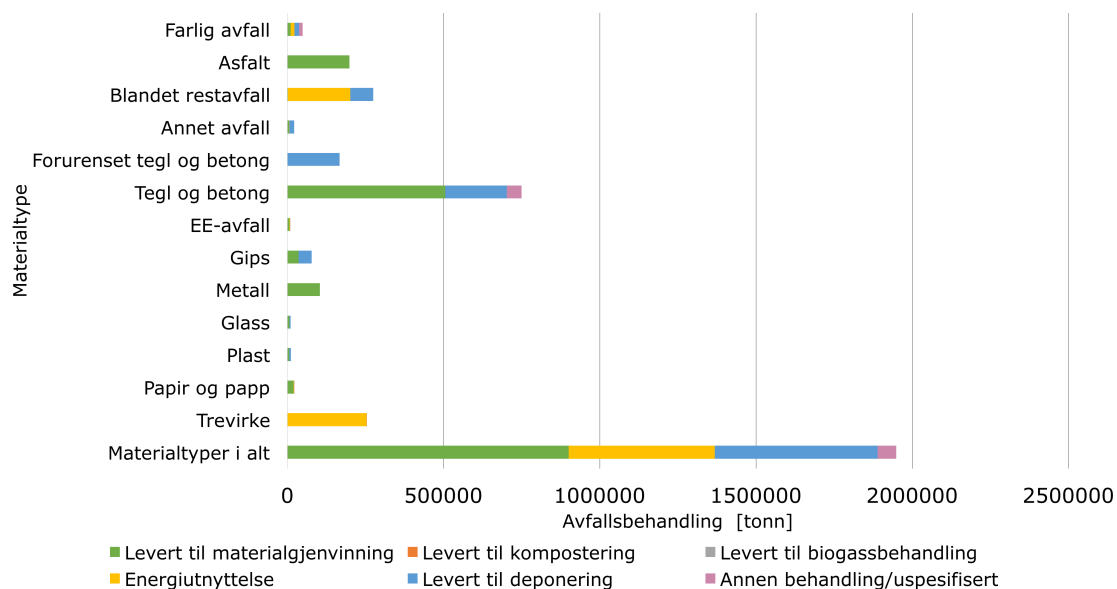
Selv om det er mye fokus og forskning på sirkulære prinsipper i byggenæringen, betyr ikke det at prinsippene er implementert i bransjen. På en annen side gjennomføres det flere og flere pilotprosjekter med ombruk, flere aktører kommer på banen og det holdes seminarer og publiseres veiledere for å gjøre bransjen mer sirkulær. Denne teoridelen skal derfor ta for seg hva ståa er i dag innenfor sirkularitet og ombruk i byggebransjen.

2.5.1 Sirkulær økonomi i Norge

I følge *Circularity Gap Report Norway 2020* er Norges sirkularitetsgrad på bare 2,4 % (de Wit mfl., 2020). Til sammenligning er gjennomsnittet på verdensbasis 8,6 %. Norge har et høyt årlig forbruk per person og av alle ressurser som forbrukes i landet, blir over 97 % ikke sirkulert tilbake i økonomien. Omlegging til sirkulær økonomi innenfor samfunnsbehovene mat, bolig og infrastruktur kan gi størst effekt på Norges materialfotavtrykk. Rapporten peker blant annet på at byggebransjen produserer store mengder avfall, der alt for lite gjenbrukes eller gjenvinnes. Et av hovedpunktene i rapporten for å øke sirkulariteten i Norge er en sirkulær byggebransje. Rapporten nevner at det allerede er en positiv retning mot sirkularitet i byggesektoren, spesielt med bruk av miljøvennlige materialer som tre over stål. Norge har også vært en pioner med energieffektive bygninger. På den annen side er byggesektoren sterkt ressurskrevende.

2.5.2 Avfallshåndtering

Våren 2021 lanserte regjeringen en nasjonal strategi for sirkulær økonomi (Sandberg & Kvellheim, 2021). Et konkret mål er at 70 % av byggeavfall skal forberedes for ombruk eller materialgjenvinning. Videre har regjeringen endret avfallsforskriften for å tydeliggjøre kravene og legge til rette for mer ombruk av betong og tegl. I dag finnes det ikke tall på ombruksandelen av byggeavfall i Norge, og de nærmeste representative tallene gjelder materialgjenvinning av byggeavfall som betong, tegl og tyngre materialer. Behandling av avfall fra byggesektoren i 2019 er vist i Figur 2.7.



Figur 2.7: Ulik behandling av avfall fra byggesektoren i 2019. Tall hentet fra SSB (SSB, 2021).

Figur 2.7 viser at over 40 % av totalt avfall materialgjenvinnes, og resterende blir levert til deponering eller energiutnyttelse. For tegl og betong blir nesten 70 % materialgjenvunnet, mens metaller og papir/papp nesten 100 % materialgjenvinnes. All trevirke leveres til energigjenvinning. For gips blir halvparten materialgjenvunnet mens den andre halvparten leveres til deponi.

2.5.3 Ombruk i dagens byggebransje

Norge begynner å gå mot en mer sirkulær økonomi med ombruk av byggematerialer (Sandberg & Kvellheim, 2021). Det er en økende interesse for ombruk blant flere aktører i Norge. Dette gjelder for eksempel arkitekter og konsultentselskaper. Interessen kommer blant annet til uttrykk gjennom lansering av digitale plattformer for ombruk og inngåelse av samarbeid med plattformene. Loopfront, Resirqel og Rehub er eksempler på digitale løsninger som tilbyr ombruksprosesser som kartlegging, dokumentering, samhandling og kjøp og salg av ombruksvarer (Loopfront, u.å.; Resirqel, u.å.; Rehub, u.å.). Resirqel har også åpnet «Sirkulær Ressursentral» i samarbeid med Pådriv og Statsbygg, som skal være et lager og handleplass for ombruksmaterialer (Statsbygg, 2021). Andre viktige aktører er entreprenører, byggherrer og eiendomsaktører samt kommuner og andre leverandører og interesseorganisasjoner i bygg- og anleggsbransjen (Sandberg & Kvellheim, 2021). Entreprenører og byggherrer jobber blant annet med miljømål, der ombruk kan inngå.

Statsbygg er en viktig byggherre som har startet opp arbeidet med ombruk. Statsbygg har blant annet inngått avtale med både Loopfront, Rehub og Madaster for å teste ut databasene (Sivertsen mfl., 2022). I Statsbygg sin hovedstrategi for 2021-2025 har de fastsatt delmål om å være en pådriver i omstilling til sirkulær økonomi og delmål om å redusere behov for nybygg ved å utnytte muligheter i eksisterende bygg. Delmålene inneholder også konkrete milepæler som omfatter

ombrukskartlegging i rehabiliterings- og riveprosjekter, pilotprosjekter innenfor sirkulærøkonomi og metoder for å vise nytter og miljøeffekter av gjenbruk og utnyttelse av eksisterende bygningsmasse. I følge Anja Sivertsen i Statsbygg har byggherren akkurat begynt å bestille ombrukskartlegging, og de har ikke kommet langt med hensyn til realisering av ombruk (Sivertsen mfl., 2022).

FutureBuilt og Grønn Byggallianse er andre aktører som jobber for å fremme ombruk. FutureBuilt er et fellesprosjekt mellom flere av kommunene på østlandet, der målet er å realisere forbildeprosjekter for bærekraftige bygg (Sandberg & Kvellheim, 2021). FutureBuilt-prosjektet KA13 åpnet i 2021 og anses som Norges første sirkulære bygg. Det er FutureBuilt som har utarbeidet kriterier for sirkulære bygg som skal legge til rette for ressursutnyttelse på høyest mulig nivå, blant annet med kriteriet om at sirkulære bygg må bestå av minst 50 % ombrukte og ombrukbare komponenter gitt i vekt (FutureBuilt, 2019). Grønn Byggallianse består av medlemmer fra virksomheter innenfor bygg- og eiendomssektoren og jobber for at bransjen skal ta hensyn til miljø og bærekraft (Grønn Byggallianse, 2017). Det er Grønn Byggallianse som publiserte den nye BREEAM-NOR manualen våren 2022. Den nye versjonen vektlegger ombruk og ombrukskartlegging i større grad enn før med kapitlet *Materialeffektivitet og ombruk*. I manualen er det blant annet mulig å oppnå poeng ved at minimum 20 % av ombrukbare komponenter er ombrukt. Et prosjekt kan selv velge relevant enhet for bygningskomponenten.

Det er også pågående forskning på ombruk av bygningmaterialer i Norge. SINTEF i samarbeid med flere aktører har lansert forskningsprosjektet REBUS der målet er å utvikle kunnskap for å raskere og bredere implementere ombruk av byggematerialer (SINTEF, 2021). Prosjektet er delt inn i fem forskningsområder: brukerkrav, vurdering av bygningskomponenter til ombruk, livssyklus- og bærekraftsanalyse, pilotprosjekter og erfaringsverktøy samt nettverksstrategier. Prosjektet skal gjennom samarbeid med industrien finne praktiske løsninger og utvikle metoder for å raskere implementere ombruk. Forskningsområdet for vurdering av bygningskomponenter til ombruk skal blant annet utvikle et system for ombrukbare materialer med nye former for teknisk- og miljømessig dokumentasjon og nye måter å observere, kartlegge og sortere verdifulle bygningskomponenter til ombruk.

2.5.4 Støtteordninger til ombruk

Støtte pekes på som insentivordninger for økt ombruk (Sandberg & Kvellheim, 2021). Enova er en virksomhet eid av Klima- og miljødepartementet som gir støtte til tiltak for lavere klimagassutslipp, innovasjon og teknologiutvikling (Enova, u.å). Våren 2022 lanserte Enova nye støtteordninger for ombruk i byggenæringen ettersom interessen for ombruk er sterkt økende (Enova, 2022). De nye støtteprogrammene er 1. Ombrukskartlegging, 2. Mulighetsstudie for ombruk og arealfleksibilitet i bygg og 3. Prosjektering for ombruk. I støtteprogram 1 får byggeier støtte til å utføre befaring, tilstandsvurdering, kartlegging og utarbeidelse av ombruksrapport. For støtteprogram 2 støtter Enova en mulighetsstudie av alternative løsninger i tidlig fase av et byggeprosjekt for blant annet design for fremtidig ombruk, bygging med mest ombruk eller ombruk av hele bygg. I den siste støtteordningen gir Enova støtte til den ekstra tiden som må legges ned i prosjekteringsfasen knyttet til ombruk.

Klimasats er en støtteordning fra Miljødirektoratet som støtter kommuner og fylkeskommuner som ønsker å kutte utslipp og bidra til omstilling til lavutslippssamfunnet (Miljødirektoratet, u.å-a). De fleste prosjektene de har støttet har omhandlet tiltak som direkte kutter klimagassutslipp, men 18 prosjekter var om sirkulær økonomi, avfallsreduksjon og prosjekter med ombruk av byggematerialer (Sandberg & Kvellheim, 2021). Future Built fikk blant annet tre millioner kroner i støtte for prosjektet «Sirkulære bygg» i 2018. Klimasats-prosjektet Skur 38 er et rehabiliteringsprosjekt der Oslo Kommune ønsker å ombruke byggematerialer (Miljødirektoratet, u.å-c). Prosjektet er også et forbildeprosjekt i FutureBuilt og verktøyet til Loopfront ble brukt til ombrukskartlegging (FutureBuilt, 2022).

2.5.5 Nye krav og lovverk for ombruk

1.juni 2022 publiserte Kommunal- og distriktsdepartementet en forskrift om endring i byggesaksforskriften (SAK 10) og en forskrift om endring i TEK17 (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2022). Endringene innebærer krav om at nye bygninger skal bygges slik at de senere kan demonteres, og materialer skal kartlegges for ombruk ved større arbeid i eksisterende bygg. Det innføres også krav om klimagassregnskap for boligblokker og yrkesbygg. Disse endringene trer i kraft 1.juli 2022. Kommunal- og distriktsminister Sigbjørn Gjelsvik peker også på at målet er å holde byggekostnader så lave som mulig, så det er satt i gang et arbeid for å vurdere aktuelle virkemidler.

Det er ikke krav til CE-merking når byggevarer fra før 2014 brukes om igjen (Kilvær mfl., 2019), men en brukt byggevare må oppfylle dokumentasjonskravene som var gyldig da den ble bragt i omsetning. Samtidig kan ikke egenskapene til byggevaren være endret, byggevaren må selges under opprinnelig produktnavn og byggevaren må selges med opprinnelig dokumentasjon. Disse punktene vil i mange tilfeller være vanskelig å oppfylle for en eldre byggevare. I følge DOK vil også selgeren av en brukt byggevare opptre som produsent hvis det ønskes å gjøre endringer i byggevaren eller byggevaren har endrede egenskaper enn opprinnelig, noe som ofte er tilfelle. I Miljødirektoratet sitt webinar om gjenbruk nevner Anja Sivertsen, som er miljørådgiver i Statsbygg, at de som kjøper brukte byggevarer fra eksterne prosjekter etter hvert kan bli ansvarlig for å dokumentere dem selv, noe som vil gjøre det lettere å omsette brukte byggevarer (Sivertsen mfl., 2022).

2.5.6 Industrialisering av redokumentasjon av ombruksprodukter

Det er en pågående utvikling for å industrialisere redokumentasjon av ombruksbyggevarer. Den danske bedriften Gamle Murstein redokumenterer blant annet brukt teglstein ved å gjennomføre en prosess liknende det eksisterende dokumentasjonssystemet for nyproduksjon av teglstein (Fufa mfl., 2021). Bedriften henter teglstein fra riveprosjekter og sorterer, renser, redokumenterer og selger brukt teglstein til nye prosjekter. Prosessen er organisert likt som overordnede prinsipp ved produksjon av en ny byggevare slik som illustrert i Figur 2.8.



Figur 2.8: Illustrasjon av den industrialiserte produksjonsprosessen til Gamle Murstein (Fufa mfl., 2021).

Ved bruk av denne modellen har Gamle Murstein påtatt seg rollen som produsent. En fordel er at kunder som ønsker ombrukstegl, kan få kjøpt ombrukstegl med nødvendige produktdokumentasjoner på samme måte som ny teglstein. Det var ikke mulig å bruke den harmoniserte standarden for teglstein direkte ved redokumentasjon, men deler av innholdet ble hentet direkte mens noe ble modifisert for å ivareta forskjellene mellom ombruk og nyproduksjon. Slik som Gamle Murstein har utviklet en industriell modell for redokumentasjon av murstein, kan det være mulig å hente elementer fra harmoniserte produktstandarder og det eksisterende systemet for å sette opp en prosess for redokumentasjon av flere ombruksbyggevarer. Det er i lite grad prøvd ut for andre byggevarer, med unntak av lastbærende stål. For lastbærende stål er det blant annet etablert retningslinjer for hvordan stålet kan karakteriseres ved ikke-destruktiv testing. Det er også etablert sammenhenger mellom stålqualiteten til konstruksjonsstål og en rekke egenskaper, og derfor blir andre egenskaper som ellers testes med destruktiv prøving estimert.

REBUS-prosjektet har i forbindelse med sitt ene forskningsområde *Vurdering av bygningskomponenter til ombruk* gjort en gjennomgang av byggevarer med hensyn til potensial for redokumentasjon av ombruksbyggevaren (Fufa mfl., 2021). De valgte byggevarer til gjennomgang ut i fra de tre følgende kriteriene:

1. Byggevaren må ha en harmonisert standard, europeisk bedømmelsesdokument (EAD) eller retningslinjer for teknisk godkjenning som et utgangspunkt til å lage retningslinjer for tilsvarende ombruksbyggevare.
2. Det er mulig å ha fysiske eksemplarer av ombruksbyggevaren for prøving i praksis.
3. SINTEF har fagekspertise på byggevaren ettersom kunnskap om vurdering og dokumentasjon av en ny byggevare kan være et godt utgangspunkt ved vurdering av ombruksbyggevarer.

Noen av byggevarene som ble valgt ut å vurdere ut i fra kriteriene er for eksempel gatestein, skillevegger i glass, vinduer, dører, ventilasjonskanaler og ventiler, gulvbelegg, murprodukter, isolasjon, sanitærutstyr, gipsplater, betongelementer, tre og konstruksjonsstål (Fufa mfl., 2021). Per i dag er det kun utført prøving og vurdering av gatestein, og resterende resultater av vurderingene skal fremlegges i en fremtidig REBUS-rapport.

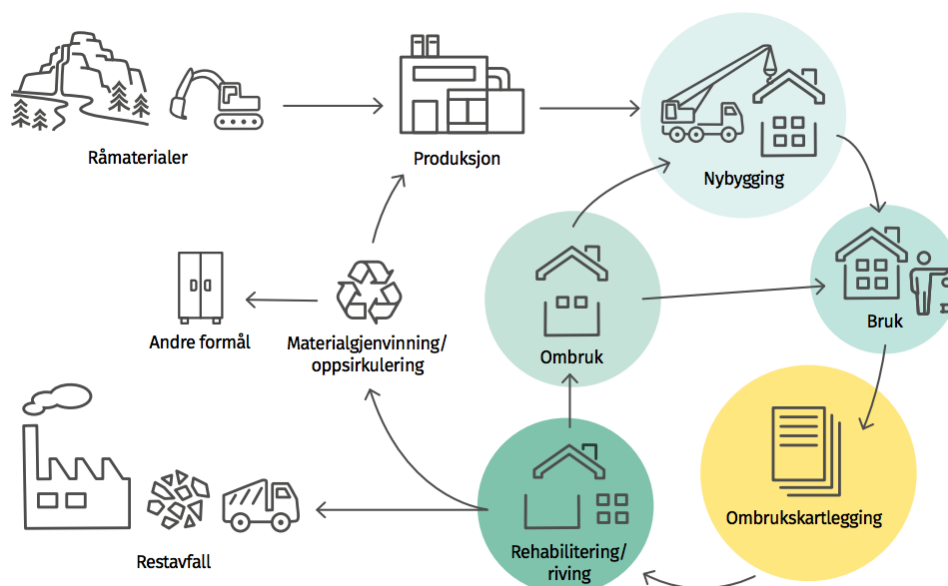
2.5.7 Dagens ombrukskartlegging

1.juli 2022 gjelder endringene i TEK17 og kravene til ombrukskartlegging trer i kraft (Kommunal-og distriktsdepartementet, 2022). Endringene angående ombrukskartlegging lyder:

For søknadspliktige tiltak nevnt i §9-6 første ledd bokstav b til d skal det for eksisterende boligblokk og yrkesbygning kartlegges om noen av bygningsfraksjonene som skal fjernes, er egnet for ombruk. Det skal utarbeides en egen rapport fra ombrukskartleggingen (Kommunal-og distriktsdepartementet, 2022).

De søknadspliktige tiltakene i §9-6 første ledd bokstav d gjelder oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av bygninger, konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygg- og rivningsavfall. Det er også innført krav om hva en ombrukskartlegging minst skal inneholde.

I følge Statsbygg og Grønn Byggallianse er det første skrittet for å realisere ombruk i praksis å kartlegge komponenter i et bygg som enten skal rehabiliteres, demonteres eller rives (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Ombrukskartlegging skal identifisere ombrukbare bygningskomponenter i eksisterende bygg for å ombruke i det samme bygget eller i et annet bygg. Det som i et bygg identifiseres som ombrukbart kan være byggevarer, bygningsdeler, komponenter, interiør, materialer og produkter. For å være en pådriver i omstilling til sirkulær økonomi og utnyttelse av eksisterende bygg har Statsbygg i samarbeid med Grønn Byggallianse utarbeidet en veileder for ombrukskartlegging med innspill fra relevante og erfarne aktører. I veilederen er det utarbeidet en figur for å illustrere hvordan ombrukskartlegging kan settes i system i livsløpet til et bygg, vist i Figur 2.9.



Figur 2.9: Figur som illustrerer når ombrukskartlegging bør gjennomføres og hvordan det kan påvirke byggets livsløp. Hentet fra Statsbygg og Grønn Byggallianse sin veileder om ombrukskartlegging (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021).

Figur 2.9 viser at ombrukskartleggingen skal utføres før det er bestemt om et eksisterende bygg skal rehabiliteres eller rives. Deretter kan komponenter fra bygget enten ombrukes, resirkuleres eller sendes til restavfall. Komponentene som er ombrukbare kan videre bli brukt i nybygg eller i allerede eksisterende bygninger. Å utelukkende utføre en ombrukskartlegging kan i midlertidig ikke realisere ombruk (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Likevel blir det nevnt i veilederen at ombrukskartlegging skal kunne bidra til å etablere velfungerende markeder for brukte materialer og verdiskapning gjennom omsetning og bruk av ombrukbare produkter.

Tidspunkt for når det er lurt å gjennomføre en ombrukskartlegging varierer. Tidspunktet kan bestemmes av formålet med kartleggingen eller av at funnene skal foreligge i tide til å være en del av beslutningsgrunnlaget for et prosjekt (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Veilederen anbefaler at kartlegging til ekstern ombruk bør utføres så tidlig som mulig for å unngå eventuell mellomlagring. På en annen side vil det være en utfordring med tidlig ombrukskartlegging som skjer lenge før fjerning av bygningskomponenter. Forutsetninger og rammebetingelser kan være endret, det kan ha skjedd endringer i markedet som påvirker ombrukspotensialet og det kan ha blitt gjort endringer i bygget etter kartleggingen. I slike tilfeller anbefaler veilederen en ny gjennomgang for å vurdere ombrukspotensialet på nytt.

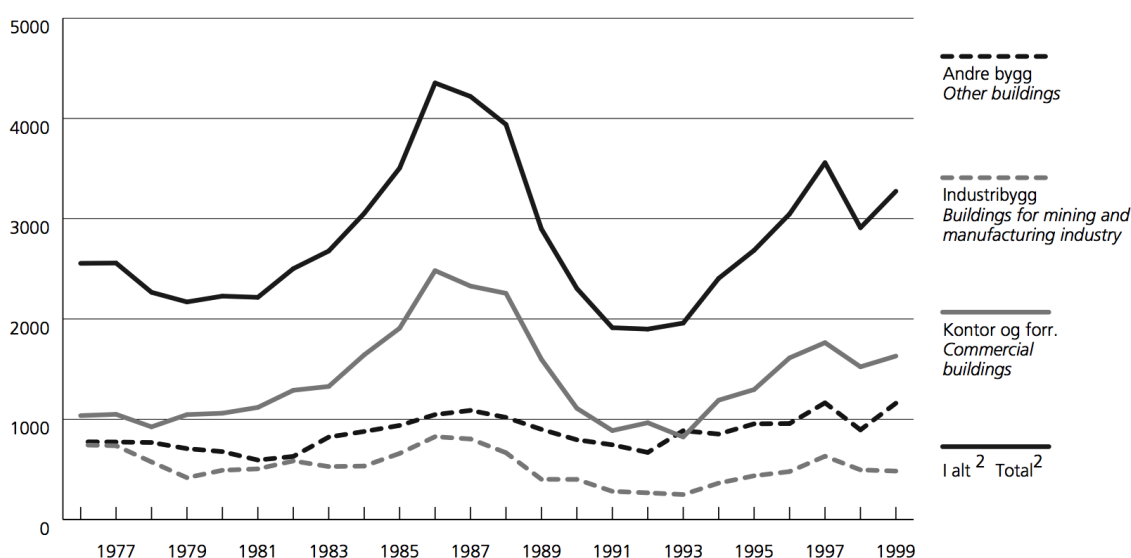
Etter hvert som det gjennomføres flere pilotprosjekter med ombruk som KA13 og Skur 38, begynner bransjen å danne seg noen erfaringer med realisert ombruk og ombrukskartlegging. Mange aktører med erfaring legger stor vekt på at kartlegging bør gjennomføres tidlig (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). I tillegg anbefales det å gjennomføre ombrukskartlegging i flere omganger. Den første vurderingen kan være en materialteknisk mulighetsstudie, mens den neste kartlegging blir en mer markedsrettet vurdering. Andre erfaringer peker på utfordringen med å få inn eksterne ombruksprodukter til et prosjekt (Sivertsen mfl., 2022). Den vanligvis lineære prosessen i prosjekteringen avbrytes av iterative prosesser underveis ettersom elementer fra andre bygg ofte dukker opp underveis.

2.6 Eksisterende bygningsmasse

Denne oppgaven kartlegger bygningskomponenter i kontorbygninger, og det er nødvendig med innsikt i utforming av den eksisterende bygningsmassen for å kunne vurdere oppføringen av byggene og deres representativitet til tidstypisk perioder. Denne teoridelen skal gi innsikt i byggeaktivitet og stilarter. I tillegg presenteres mulighetene for sirkulære prinsipper i eksisterende bygningsmasse som ikke er prosjektert med hensyn på demonterbarhet. Ettersom oppgaven kartlegger tidstypiske kontorbygninger er fokuset på næringsbygg og tidstypiske trekk i byggemåter og arkitektur.

2.6.1 Byggeaktivitet

Per februar 2022 er det totalt 4,2 millioner bygninger i Norge (SSB, 2022). 38 912 av disse er kontor- og forretningsbygninger. Den norske bygningsmassen er relativt ny, der ca. 2/3 av bygningene er reist etter 1960 (Bohne & Wærner, 2014). SSB sin byggearealstatistikk for 1999 (2000) kan representere byggeaktiviteten for kontorbygg fra 70-tallet til slutten av 90-tallet, vist i Figur 2.10.

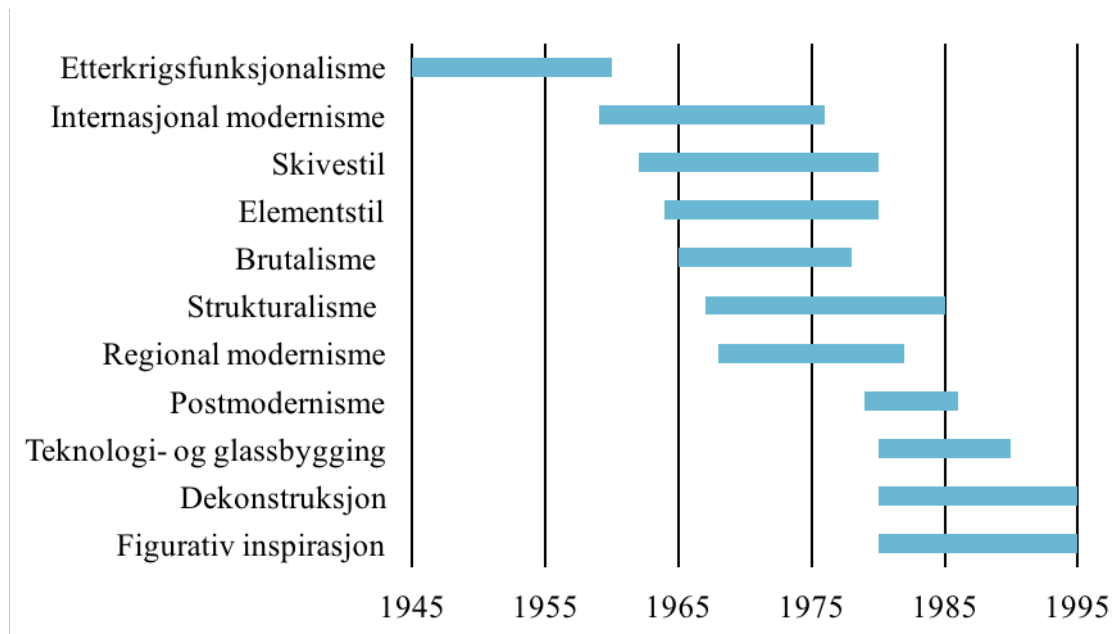


Figur 2.10: Graf som viser igangsatte bygg over perioden 1977 til 1999. Gitt i bruksareal til andre bygg enn boliger med enheten 1000 m². Hentet fra SSB sin byggearealstatistikk for 1999 (SSB, 2000).

Figur 2.10 viser at det var en stor økning av igangsatt byggeareal innen kontor- og forretningsbygninger på midten av 80-tallet. Grafen viser også at bygging av kontorbygg tok seg opp igjen på slutten av 90-tallet. Basert på byggearealstatistikk for 1976 tok byggeaktiviteten seg også generelt opp på 70-tallet (SSB, 1977). Tallene på igangsatte bygg før 70-tallet ligger på under halvparten av byggearealet sammenlignet med tallene på 70-tallet i Figur 2.10.

2.6.2 Arkitektoniske stilarter fra 1950 til idag

Fra 1945 og til i dag er det mange samfunnsendringer som er med på å prege bygningsmassen (SINTEF Byggforsk, 1995). Det var for eksempel byggeboom etter 2.verdenskrig og overflod på 80-tallet, slik som Figur 2.10 også viser. Byggforskserien deler inn i stilistiske tyngdepunkter og tidsspenn, som er overordnet vist i Figur 2.11 og karakteristikkene fra hver stilart oppsummeres i Tabell 2.2.



Figur 2.11: Oversikt over stilarter over ulike tiderperioder. Bearbeidet figur fra SINTEF Byggforsk (1995).

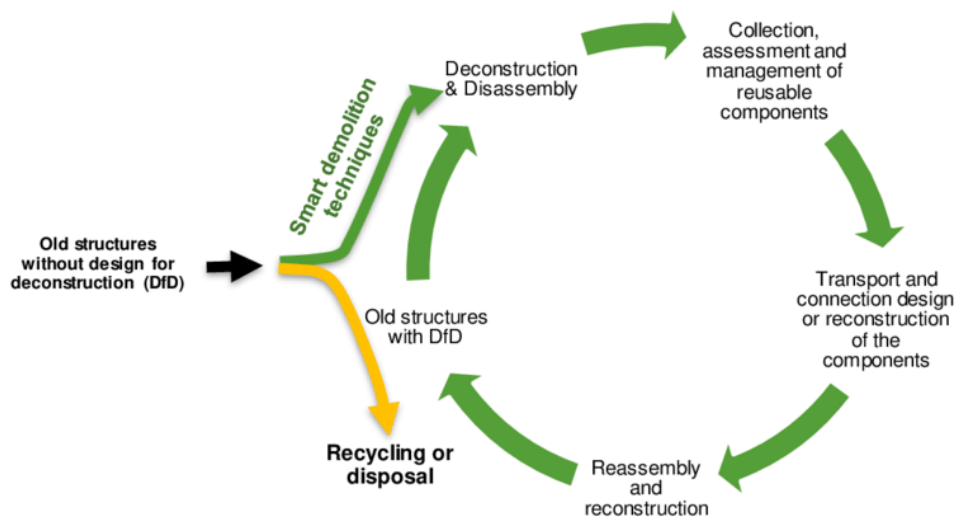
Tabell 2.2: Arkitektoniske stilarter og karakteristikk hentet fra SINTEF Byggforsk (1995).

Stilart	Karakteristikk
Etterkrigsfunksjonalisme	<ul style="list-style-type: none"> • Materialknapphet, rasjonering og arealbegrensning. • Lite erfaring med betong. • Lav blokkbebyggelse i tegl i byer. • Småhus i tre mindre steder.
Internasjonal modernisme	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologisk utvikling på 60-tallet. • Fokus på gjenreising og oppbygging av velferdsstaten. • Nye utenlandske impulser med glass, stål og betong.
Skivestil	<ul style="list-style-type: none"> • Tverrvegger i blokker ble bærende. • Ytterveggene kunne lages ikke-bærende. • Godt isolerte og lette konstruksjoner. • Tynne plater i asbestement, PVC, metall og lettbetong. • Typisk stil for større blokker.
Elementstilen	<ul style="list-style-type: none"> • Ny produksjonsmåte. • Prefabrikkerte elementer ble vanlig. • Elementer montert for å vise hvordan fasaden var bygget opp.
Brutalismen	<ul style="list-style-type: none"> • Reaksjon på den abstrakte modernismen fra 30-tallet. • Solide og robuste uttrykk med vekt på materialtyngde. • Tydelige kraftige betongbjelker- og søyler.
Strukturalisme	<ul style="list-style-type: none"> • Reaksjon mot gode og rasjonelle løsninger. • Mer vekt på brukernes ønske og behov for forandring og vekst. • Fleksible bygg med gridsystem: bærende skjelett fylt med rom. • Ofte brukt på større offentlige og private bygg. • Materialer som betong, fliser og naturstein.
Regional modernisme	<ul style="list-style-type: none"> • Mer friere regionalt orientert retning. • Viser i større nærings- og offentlige bygg utover 70- og 80-tallet. • Vekt på åpenhet og tverrfaglighet i utviklingen. • Terrengtilpasning og variasjon ble viktig. • Friere og mer asymmetriske bygg, kontra frikantede bygg.
Postmodernismen	<ul style="list-style-type: none"> • Motsetninger i virkemidler fra ulike tidsperioder og kulturer. • I 1980 skjer det et brudd med de nøkterne og logiske stilene. • Voksende interesse for byggeskikk. • Byggeskikkutvalget ble etablert i 1982.
Teknologi- og glassbygging	<ul style="list-style-type: none"> • Inspirasjon fra tekniske installasjoner og høyteknologi. • Utstrakt bruk av glass i fasader og overbygde arealer. • Synlige konstruksjoner og installasjoner for å framtre moderne.
Dekonstruksjon	<ul style="list-style-type: none"> • Brøt med logikk, der ulike former og volumer ble satt sammen. • Ulike byggemåter og materialer i samme bygninger.
Figurativ inspirasjon	<ul style="list-style-type: none"> • Vektla det billedlige og organiske ved utforming av bygg.
90-tallsnyfunksjonalisme	<ul style="list-style-type: none"> • Vokste frem ved midten av 90-tallet. • Strammet inn på virkemidler. • Fastere grep i materialer, utforming og samspill med plassering. • Linjer til modernisme med 90-tallets teknologi og materialer.

2.6.3 Design for demontering

Eksisterende bygninger kan deles inn i to grupper: bygninger som allerede er prosjektert for behandling ved enden av livsløpet som design for demontering (DfD) og bygningene som ikke er prosjektert med hensyn til demontering (Cai & Waldmann, 2019). Bygninger som er designet for demontering har god tilpasningsdyktighet (Leland, 2004). Noen av hovedprinsippene for tilpasningsdyktighet er overdimensjonering, målsamordning og standardisering, laginndeling og mønster for tilvekst og underoppdeling (Arge & Landstad, 2002). Overdimensjonering handler blant annet om romlige reserver og overkapasitet på konstruksjoner og systemer. Selv om TEK anbefaler en netto himlingshøyde på 2,7 m i et arbeidslokale (SINTEF Byggforsk, 2004), kan en økning av etasjehøyde føre til høy grad av generalitet (bruksmuligheter) (Arge & Landstad, 2002). Etasjehøyde er vanskelig å endre under en bygnings levetid og er avgjørende for fremtidig tilpasningsdyktighet.

Fokuset på tilpasningsdyktige løsninger og bygninger har økt de siste årene. I teorien kan de fleste bygninger med DfD enkelt oppnå høyt potensiale av sirkularitet ettersom bygningskomponentene enkelt kan demonteres, samles, transportes og settes sammen igjen til nye strukturer. Likevel er realiteten er at de fleste eksisterende bygninger ikke har DfD. Eksisterende komponenter i bygninger uten DfD kan uansett inngå i sirkulære prosesser dersom komponentene i bygget er undersøkt før demontering, det er utarbeidet demonteringsanvisninger og elementene forsiktig kan tas ut av strukturen. Ombruk av komponenter fra bygninger uten DfD må ofte demonteres gjennom en kutteprosess. Figur 2.12 viser en optimal prosess der bygg som ikke har DfD inngår i samme ombruksprosess som bygg designet for ombruk.



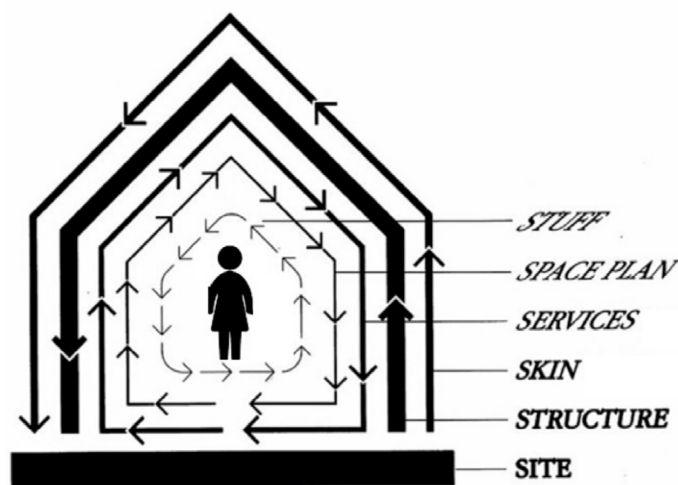
Figur 2.12: Ideell ombruksprosess av eksisterende bygningskomponenter (Cai & Waldmann, 2019)

2.7 Ombrukbarhet av bygningskomponenter

De forrige teoridelene har belyst flere faktorer som påvirker ombrukbarhet. Dette er for eksempel demontering uten skade, helse- og miljøfarlige stoffer og muligheten til å oppfylle gjeldende krav. En bygningskomponent anses som ombrukbar dersom det er potensial for at den kan bli ombrukt om igjen i fremtiden. Denne teoridelen belyser levetidsperspektivet som også avgjør ombrukbarheten av bygningskomponenter samt hva teorien sier om ombrukspotensial til ulike materialer.

2.7.1 Levetidsperspektiv

Ombruk av bygninger og bygningskomponenter er avhengig av levetiden. SINTEF Byggforsk definerer levetiden for en bygning eller bygningsdel som den tiden bygningen eller deler av bygningen oppfyller krav til ønsket funksjon (SINTEF Byggforsk, 2017). Funksjon er ofte tilknyttet den tekniske funksjonen til en komponent. Boliger har en levetid opp til 100 år (Cellucci, 2021) og i følge Bohne og Wærner (2014) blir de ofte ikke revet, men rehabilitert under livstiden på grunn av bruksendringer. Andre kommersielle bygninger blir derimot ofte revet etter 60 år. Riving av bygninger er vanligvis ikke en konsekvens av slutten av levetiden, men på grunn av utvikling av større prosjekter i urbane områder. En bygning kan deles inn i syv komponentlag, der hvert lag har ulik levetid. Dette er illustrert i Figur 2.13 der de tykkeste lagene har lengst levetid.



Figur 2.13: Bygning med seks lag med ulik levetid. Offisielt publisert av Stewart Brand i 1994 (Cellucci, 2021).

Den mest bestandige komponenten i et bygg er i følge Figur 2.13 *site*, som er fundamentet, og den minst bestandige er *stuff* som vil si innvendige ting. Fundamentet kan ha levetid på 100+ år som kan vare gjennom flere bygninger (Guldager & Sommer, 2019). Strukturen har en levetid på 50+ år, som ofte er lenger enn levetiden til selve bygningen. Derfor er det for eksempel gunstig å ombruke strukturen i bygninger. Fasaden (*skin*) eksponeres for ytre påkjenninger og har en levetid på 30+ år,

mens *services* som tekniske systemer og *space plan* som innvendige vegger har en levetid på 10+ år grunnet endrede behov til brukerne. Ting som møbler og dekorasjoner har levetid på 1+ år. Påkjenninger under levetiden kan derimot blant påvirke levetiden til komponentene, og dermed hvor godt egnet de er for ombruk.

2.7.2 Ombrukspotensial av bygningskomponenter

Det er flere rapporter, veiledere og masteroppgaver som har sett på og vurdert ombrukspotensialet til ulike bygningskomponenter. Blant annet har SINTEF publisert en rapport om anbefalinger for ombruk av byggematerialer (Sørnes mfl., 2014) og Resirqel i samarbeid med flere aktører har på etterspørsel fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) utarbeidet en rapport som ser på ombruksmuligheter til byggevarer (Kilvær mfl., 2019). Flere av rapportene har valgt å fokusere på materialer som er energikrevende å produsere, er i raskt omløp på tross av lang restlevetid og/eller som i mengde, volum og vekt utgjør en stor andel av avfallet fra byggesektoren. Tabell 2.3 er en oppsummering basert på rapportene og beskriver fordeler, utfordringer og hva som er aktuelt å ombruke.

Tabell 2.3: Ombrukspotensial av tunge og/eller energikrevende bygningskomponenter.

Material	Fordeler	Utfordringer	Aktuelt å ombruke
Teglstein	Lang levetid. ¹ Reduksjon av klimagassutslipp opp mot 30 %- 99 % ved ombruk ettersom produksjon gir store utslipp. ¹ Tegl kan også benyttes til innvendige vegger som ikke er bærende. ²	Tekniske utfordringer tilknyttet frostsikkerheten av eldre, mindre godt brent tegl. ² PCB ble tilsatt i elastiske fuger fra 1940 til 1980 og tegl i kontakt med elastiske fuger er utsatt for å inneholde PCB. ² Steiner med sementblandet mørtel kan være vanskelig å skille og rense. ^{1,2} Denne mørtelen er mest brukt fra 1950 og til i dag.	Teglstein uten helse- og miljøfarlige stoffer. Ombruk krever stort nok volum av stein på minst 50 000 for at det skal være lønnsomt. ²
Metaller generelt	Robuste og har lang levetid. ² Energikrevende å produsere, og dermed stor miljøgevinst ved ombruk. ²	Maling og andre overflatebehandlingene kan inneholde helse- og miljøfarlige stoffer. ² Demontering, mellomlagring og bearbeiding av lastbærende stål. ¹ Stålrammer er ofte sammensveiset og boltet. ³	Stål og bærende stålkomponenter er spesielt egnet for ombruk. ¹² Men også kobber, sink og aluminiumskomponenter har ombrukspotensial. ² Generelt sett metallkomponenter uten sprekker eller vridning. ²

Fortsettelse på neste side ...

¹(Kilvær mfl., 2019)

²(Sørnes mfl., 2014)

³(Bertino mfl., 2021)

Material	Fordeler	Utfordringer	Aktuelt å ombruke
Ventilasjonskanaler av stål	<p>Sirkulære rør av forsinkede stålplater kan ha tilnærmet uendelig teknisk levetid dersom det er god utførelse og de har vært i et tørt klima.²</p> <p>Mye brukt i næringsbygg fra 1970-1980 eller nyere.²</p> <p>Ombrukt kanalnett kan nesten halvere kostnadene sammenlignet med et nytt kanalnett.²</p>	<p>Rektangulære kanaler er mindre egnet for ombruk fordi de ofte er tilpasset bygningen med tanke på mål og stivhet.⁴</p> <p>Kanaler og kanaldeler fra før 1990 er laget av annet materiale enn i dag og har andre standardmål og er ikke aktuelle for ombruk.⁴</p>	<p>Ombruk av ventilasjonskanalanlegg med en viss størrelse kan anses som egnet til ombruk.²</p> <p>Kanaler og deler fra 90-tallet har god toleranse og kompatibilitet med nye komponenter.⁴</p> <p>Stive stålkanaler og kanaldeler som bend og avgreninger er egnet for ombruk.⁴ Også fester for oppheng av kanaler er solide og kan ombrukes.</p>
Betong generelt	<p>Betong er en betydelig stor del av avfallet fra byggebransjen.⁵</p> <p>Ombruk fører til mindre klimagassutslipp ettersom produksjonen av sement gir store CO₂-utslipp.²</p>	<p>Tekniske utfordringer som at veggblokker og etasjeskillere ofte er murt sammen, og det kan være vanskelig å demontere uten skade.²</p> <p>Krav til styrke og sammensetning kan være vanskelig å dokumentere.²</p> <p>Betongen kan være forurenset av ulike stoffer.² Mørtler fra perioden 1960-1980 kan inneholde PCB. Betong kan også være malt med maling med PCB. Det er også vanlig å finne tungmetaller i betong.</p> <p>Påstøp, avrettingsmasser og lim kan inneholde asbest.²</p>	<p>Ombruk av betong kan omfatte en hel bygning, en konstruksjon eller bygningselementer.²</p> <p>Hovedsakelig prefabrikkerte betongelementer blir trukket frem som egnet.²</p> <p>Elementer med lav volumvekt og ikke for stort volum, spesielt lettklinkerbetong.²</p> <p>Lett forurenset betong kan ombrukes med forbehold om å vurdere omfanget og virkningen av forurensningen.²</p>
Hulldekker	<p>Ombruk av hulldekker kan gi en utslippsbesparelse på 89 % sammenlignet med nye hulldekker.⁶</p> <p>I KA13-prosjektet ble hele elementer med hulldekker kappet, demontert og heist ut relativt enkelt.⁷</p>	<p>Hulldekker fra eksisterende bygg har vanligvis ikke-reversible sammenføyninger som endeforankring, fugestøp og påstøp.¹ Erfaring viser at løfteskroer også er fjernet etter innheising, noe som gjør demontering og nedheising mer komplisert.</p>	<p>Hele elementer av hulldekker og påstøp der det er mulig å utheise elementene.⁷ Enda mer potensial og enklere for hulldekker uten påstøp.</p> <p>I Norge er det mye arbeid med å demontere, kvalitetssikre og ombruke hulldekker i betong.¹ Standard Norge har blant annet utarbeidet en ny standard for hulldekker til ombruk.⁸</p>

Fortsettelse på neste side ...

⁴(Thunshelle mfl., 2022)

⁵(SSB, 2021)

⁶(Høydahl & Walter, 2020)

⁷(Nordby mfl., 2021)

⁸(Standard Norge, 2022)

Material	Fordeler	Utfordringer	Aktuelt å ombruke
Plasstøpt betong		<p>Har kjemiske forbindelser, og deler med kjemiske forbindelser kan nesten ikke separeres uten skader.⁹</p> <p>Demontering krever tungt utstyr.⁹</p> <p>Plasstøpte konstruksjoner er vanskelig å håndtere ved demontering og transport.⁹</p> <p>Eneste alternativ er ofte å rive.⁹</p>	<p>Plasstøpte konstruksjoner kan inngå i totalrenovering der hele bærekonstruksjonen blir ombrukt.¹⁰</p>
Trevirke	<p>Trevirke er et mye brukt materiale og derfor tilgjengelig. Brukes blant annet i konstruktive elementer som i bindingsverk, innvendig og utvendig kledning og massivtrelementer.²</p> <p>Det er ønskelig at trevirke lagres så lenge som mulig i bygningsmassen på grunn av karbonlagring.² Trær lagrer karbon mens de vokser og når materialet brennes, vil karbonet som var lagret slippes ut i atmosfæren igjen.</p>	<p>Trevirket må beholde kvalitet og brukbarhet ved demontering.²</p> <p>Vanskelig å ombruke komposittmaterialer som er limt eller permanent festet til andre materialer.²</p> <p>Visse impregneringsmidler inneholder giftige stoffer.²</p> <p>Stor etterspørsel etter trevirke som biomasse til energigjenvinning, og i dag er det liten grad av ombruk av trevirke i Norge.²</p>	<p>Hele og stemplede lengder og deler av ulikt trevirke.²</p> <p>Utvendige og innvendige kledninger av stort volum.²</p> <p>Dører, trevinduskarmer og innredninger har lang levetid og kan demonteres relativt enkelt.²</p> <p>Ombruk er generelt mulig for all type trevirke og trefiberprodukter.²</p>
Glass	<p>Energikrevende å produsere og dermed stor miljøgevinst ved ombruk.²</p> <p>Isolerruter i eldre vinduer kan skiftes.⁴ I vinduer produsert etter 2000 er isolerruta ofte limt til ramme/karm og må skjæres ut.</p>	<p>Vinduets levetid.² Vinduer har forventet levetid på 20-60 år, men er begrenset av levetid til isolerruta.⁴</p> <p>Oppfyllelse av dagens energikrav.²</p> <p>Innholdet av miljøfarlige stoffer.² De fleste vinduer inneholder miljøfarlige stoffer og må derfor håndteres på en forsvarlig måte. Mange isolerglassvinduer inneholder slike stoffer og vil derfor være uegnet til ombruk.¹</p>	<p>Vinduer med riktige mål og som oppfyller dagens krav til energiltak er aktuelt.² Standardmoduler er derfor de mest egnede glassene for ombruk.</p> <p>Eldre vinduer kan være mer velegnet for ombruk som interiørelementer og i rehabiliteringsprosjekter.² De fleste vinduer som ombrukes i dag innebærer endrede bruksformål eller en form for bearbeiding.¹</p>
Fasadeglass	<p>Kan være godt egnet for de- og remontering.⁷</p> <p>Ingen utfordring med miljøgifter forutsatt at glassfeltene ombrukes uten å bli ødelagt/punkteres.⁷</p>	<p>Krever tilpasninger slik at det kan passe til nytt prosjekt.⁷</p>	<p>Fasade i et system som er egnet for utvidelse og kompletteringer.⁷</p>

⁹(Mattaraia mfl., 2021)

¹⁰(Torsvik, 2021)

I tillegg til store og tunge komponenter med energikrevende prosess, finnes det flere komponenter som byggebransjen referer til som «lavhengende frukter» (Espelid mfl., 2021). Lavhengende frukter er ofte ment som enkle innvendige produkter som skal være enklere å ombruke, og dermed lettere å begynne med i ombruksprosjekter. I kontorbygninger er det spesielt høy utskiftning av himlinger, tepper, glassvegger og innvendige vegger. Tabell 2.4 oppsummerer fordeler og ulemper samt ombrukspotensial for noen av disse komponentene.

Tabell 2.4: Ombrukspotensial for komponenter som anses som lavhengende frukter.

Material	Fordeler	Utfordringer	Aktuelt å ombruke
Innvendige glassvegger	Mye brukt i kontorlokaler, og glasset samt aluminiumskarmer aldres ikke i normalt innklima. ¹¹	Tidligere ble det brukt tynnere glass enn i moderne glassvegger. ¹¹ I dag er det strengere krav som krever tykkere glass. Ble tidligere brukt herdet glass i glassvegger pga lavere kostnader, og slikt glass kan ikke skjæres uten at det ødelegges. ¹¹ Må oppnå lydkrav. ¹² Store nok mengder av samme type glassvegg. ¹²	Glassvegger uten knust glassrute. ¹¹ Mindre skader på karm kan byttes ut eller utbedres. Glassvegg med riktig eller uendret brannklasse og lydreduksjonstall. ¹¹
Innvendige dører	Ikke samme krav til å motstå klimapåkjenninger som vind og regn, og heller ikke varmeisolasjonskrav som i ytterdører og vinduer. ¹¹ Innerdører med glassfelt har vanligvis enkelt glass og det påvirkes svært lite av bruk. ¹¹	Tidligere ble det brukt trådglass i innerdører, og det kan medføre risiko for personsikkerhet. ¹¹ Karm og rammer av tre har stort vedlikeholdsbehov i fuktig innklima. ¹¹ Krav til universell utforming krever trinnfrie løsninger eller lavere terskel enn 25 mm. ¹¹	De fleste innerdører kan ombrukes ettersom det er enkelt å skifte ut eventuelle slitte eller skadde komponenter. ¹¹
Teppeflis	Gulvtepper har ofte bitumen- eller gummibaksider som ikke sitter fast i underlaget. ¹³	Gulvteppe med lim kan inneholde helse- og miljøskadelige stoffer. ¹³ Må ha tilstrekkelig av samme type teppeflis, eller aksept av leietakere for ulike teppefliser. ¹²	Gulvtepper som ikke er limt til underlaget. ¹³

Fortsettelse på neste side ...

¹¹(Thunshelle mfl., 2022)

¹²(Nordby mfl., 2021)

¹³(Grønn Byggallianse, 2017)

... Fortsettelse

Material	Fordeler	Utfordringer	Aktuelt å ombruke
System-himling	<p>98 % utslippsbesparelse med ombruk av himplingsplater kontra nye.¹⁴</p> <p>Mye brukt i bygg ettersom det finnes i en rekke rehab- og riveprosjekter.¹²</p> <p>Lett å skifte ut én og én himlingsplate som er skadd eller ødelagt.¹⁵</p> <p>Ofte standard størrelse på 600x600 med 18 mm tykkelse og med bæreskinner av aluminium.¹⁵</p>	<p>Antatt at ombruk av himplingsplater er 63 % dyrere enn nytt alternativ.¹²</p>	<p>Alle typer systemhimling dersom man de- og monterer forsiktig.¹²</p>
Servanter	<p>Har en teknisk levetid på 25-75 år, med anbefalt brukstid på 50 år.¹⁶</p>	<p>De ulike materialdelene på et servant aldres og slites forskjellig.¹² Servantskål er forventet å ha lenger levetid en bunnventil og vannlås.</p> <p>Byttes ofte ut på grunn av estetiske årsaker.¹⁶</p>	<p>Servanter uten funksjonssvikt som sprekker eller brudd.¹¹ Slitte eller skadde komponenter kan utskiftes, og det kan gjøres vedlikehold ved misfaring eller kalkrester.</p>
Klosetter	<p>Har en teknisk levetid på 25-75 år, med anbefalt brukstid på 50 år.¹⁶</p>	<p>Ved ombruk av eldre klosetter må høyt vannforbruk vurderes opp mot gevinsten av ombruk ettersom klosetter produsert før 2000 har større spylemengde enn dagens klosetter.¹¹</p> <p>Byttes normalt ut på grunn av umoderne design.¹⁶</p>	<p>Klosetter uten svikt som sprekker kan ombrukes.¹¹ Pakninger, hengsler eller bunnventil kan lett byttes ut dersom man finner nye som passer.</p>
Keramisk flis	<p>Keramisk flis har lang levetid på minst 50 år.¹³</p> <p>Keramisk flis har høy miljøbelastning ved produksjon, og ombruk kan gi store klimagassreduksjoner.¹²</p>	<p>Kvaliteten på fugene avgjør holdbarhet til keramisk flis.¹³ Mindre sterke fuger gjør det lettere å ombruke flisen.</p>	<p>Keramisk flis som kan demonteres uten brekkasje.¹³</p>

¹⁴(Høydahl & Walter, 2020)

¹⁵(Salke, 2019)

¹⁶(SINTEF Byggforsk, 2003)

2.7.3 Byggevarer egnet for material- eller energigjenvinning

Selv om tabellene i forrige avsnitt viser den del komponenter med ombrukspotensial, er det fortstet noen byggevarer som er mer egnet til gjenvinning. Noen av disse utdypes videre her.

Gips

Gips er utfordrende å ombruke (Kilvær mfl., 2019). Gips utsettes blant annet lett for skader ved håndtering og transport. I tillegg er det utfordrende fra et kost-/nytteperspektiv med tanke på vekt/volum (Bohne og Wærner, 2014; Kilvær mfl., 2019). Så lenge forurensinger og overflatematerialer går til energigjenvinning, kan gips materialgjenvinnes til innblanding i ny sement og erstatte jomfruelig gips (Norsk Gjenvinning, 2015). Det er likevel etablert virksomheter for gjenvinning av gips for å oppskalere gipsgjenvinning, som gipsfabrikken til Norsk Gjenvinning i Holmestrand og gipsprodusenten Gyproc i Fredrikstad (Avfall Norge, u.å). I dag kan løsninger for gips ha en høy gjenvinningsprosent og materialet kan gjenvinnes flere ganger (Kilvær mfl., 2019).

Plast

Selv om plast har mange bruksområder i bygninger, er ombruk av plastprodukter lite utbredt ettersom materialgjenvinning er i fokus (Sørnes mfl., 2014). Av miljømessige årsaker ville det vært store gevinster ved å ombruke plast. Samtidig inneholder plast helse- og miljøfarlige. EPS-isolasjon produsert før 1995 inneholder bromerte flammehemmere og skal for eksempel leveres som farlig avfall. Komponenter som kunne vært egnet til ombruk som EPS-isolasjon, er også ofte festet til betong eller takfolie. Ulike plastkvaliteter kan heller ikke materialgjenvinnes sammen, og derfor blir også store deler av plastavfallet i byggebransjen energigjenvunnet eller deponert.

Gulvbelegg

Det er også flere gulvbelegg med lite ombrukspotensial. Vinyl gulvbelegg er for eksempel mye brukt siden 1950-tallet enten som vinylfliser eller som banebelegg (Norconsult, 2010). I en rapport om farlig avfall i bygg konkluderer Norconsult (2010) med at vinyl gulvbelegg fra før år 2000 skal anses som farlig avfall, hvis ikke analyse av materialprøve kan motbevise ettersom vinyl ofte inneholder helse- og miljøfarlige stoffer. Linoleumsgulv er velegnet i kontorer og korridorer fordi det er slitesterkt. Linoleum inneholder ofte ikke miljøfarlige stoffer, men blir generelt ikke materialgjenvunnet på grunn av usikkerhet rundt kvaliteten (Grønn Byggallianse, 2017). Linoleum består av fornybare naturlige materialer og sendes vanligvis til energigjenvinning,

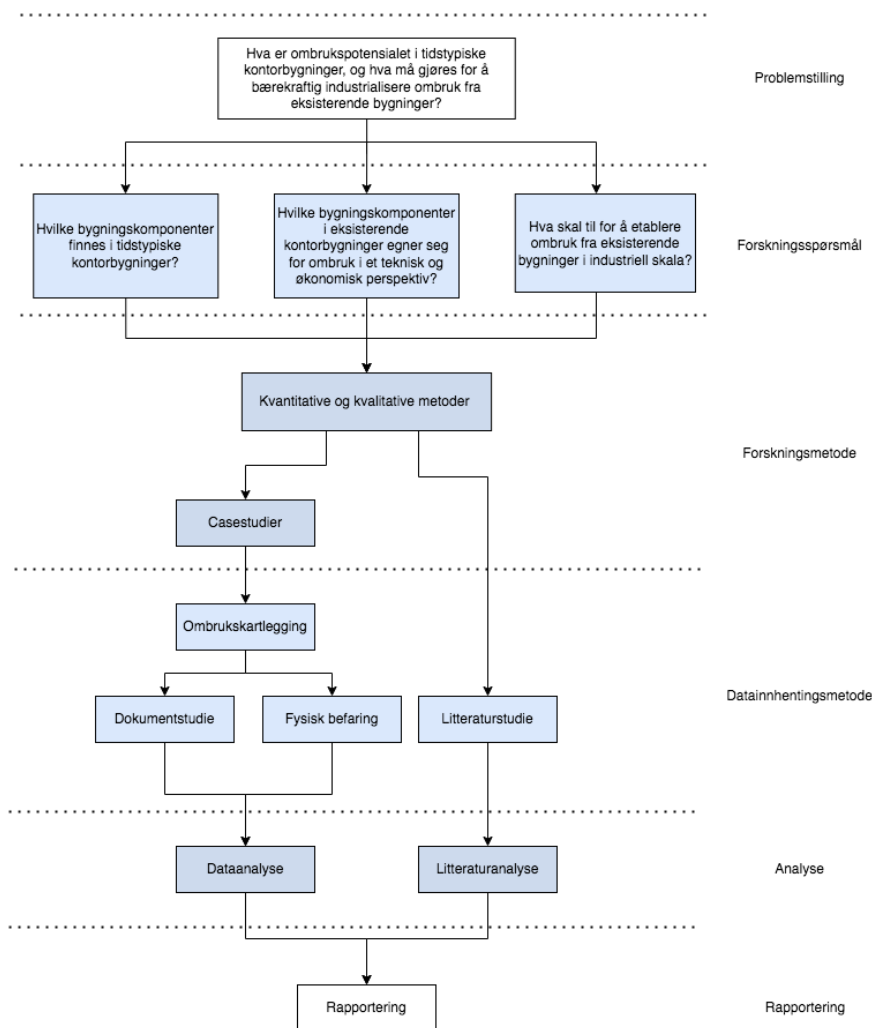
Andre gulvbelegg kan være vanskelig å demontere. Steingulv er slitesterkt og har levetid på over 60 år, men det er vanskelig å gjenbruke steingulv (Grønn Byggallianse, 2017). Dersom festematerialene gjør at det er mulig å demontere steingulv uten å ødelegge flisene, kan det derimot ombrukes. Er ikke demontering mulig, kan natursteinen knuses og ha mange nye bruksområder som for eksempel fyllmasse. Keramisk flis som ikke kan demonteres uten å brette kan også knuses og brukes som tilslag i betong eller fyllmasse. Epoxy er drimot et gulvbelegg uten særlig ombrukspotensial fordi det er limt til underlaget og inneholder miljøgifter som frigjøres ved nedbrytning. Epoxy-underlag må betraktes som forurenset.

3 Metode

Metodekapittelet forklarer metodene som er anvendt i denne oppgaven for å svare ut forskningsspørsmålene. Først presenteres det overordnede forskningsdesignet og deretter de ulike datainnhentingsmetodene. I tillegg blir metodevalgene begrunnet og evaluert. Deler av metodekapittelet er hentet fra fordypningsoppgaven som ble utarbeidet høsten 2021 ettersom det ble gjennomført et lignende men mindre omfattende litteraturstudie og casestudie. Metodene er likevel supplert og tilpasset problemstillingen i denne oppgaven. Beskrivelsen av metodene som er brukt i oppgaven er viktig for å gi leseren forståelse av hvordan resultatene er utarbeidet.

3.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet for denne oppgaven skal svare ut problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det valgte forskningsdesignet med overlappende forskningsmetoder er vist i Figur 3.1.



Figur 3.1: Forskningsdesign for denne oppgaven.

Valg av forskningsdesign er avhenging av oppgavens forskning (Robson & McCartan, 2016). Etersom FS1 utforsker bygningskomponenter i eksisterende bygninger er det valgt å bruke casestudier for å innhente reell data. FS2 og FS3 skal vurderes ut i fra funnene i FS1, men det er også behov for supplerende data for å svare ut forskningsspørsmålene. På bakgrunn av oppgavens forskning er det dermed valgt å bruke et multi-strategisk design. Et slikt design innebærer *mixed methods* som bruker to eller flere metoder for datainnhenting (Robson & McCartan, 2016).

3.1.1 Valg og evaluering av forskningsmetoder

Forskningsmetodene i et multi-strategisk design kan enten alle være ulike kvalitative eller kvantitative metoder, eller det kan være en kombinasjon av disse (Robson & McCartan, 2016). Kvalitative metoder identifiseres ved at funn og resultater er presentert verbalt eller i ikke-numerisk form, og som gjerne fanger opp meninger og situasjoner. Derimot er måling og kvantifisering sentralt i kvantitative metoder. I slike metoder er det også vanlig med mål om generalisering og standardisering. Disse metodene er to ulike måter å tilnærme seg forskning på, men det er også mulig å kombinere disse slik som i *mixed methods*.

I denne oppgaven er det valgt å bruke en kombinasjon av kvantitativ og kvalitativ metode slik som vist i Figur 3.1. Dokumentstudiet i ombrukskartleggingen anses som en kvantitativ metode fordi målet er å hente inn kvantifiserbare størrelser og mengder. Befaringen og litteraturstudiet samler på en annen side inn kvalitativ data. En fordel med et slikt multi-strategisk design er at kombinasjon av flere forskningsmetoder kan gi et mer helhetlig og omfattende bilde av forskningen (Robson & McCartan, 2016). I tillegg kan den ene metoden brukes til å forklare data som er innhentet fra en annen metode, noe som kan være spesielt nyttig når det oppstår uforutsette eller uvanlige funn. Bruk av både kvantitative og kvalitative metoder kan bestyrke hverandre gjennom triangulering som gir funnene høyere validitet. På en annen side er det viktig at metodene faktisk fungerer sammen, ettersom de to metodene anses som to helt ulike tilnærminger til forskning.

Det er viktig å vurdere en forsknings pålitelighet (Robson & McCartan, 2016). Sentrale aspekter for å vurdere pålitelighet er validitet, generaliserbarhet og reliabilitet. Validitet vil si om funnene virkelig handler om det de viser, altså om funnenes nøyaktighet og relevans. Generaliserbarhet handler om i hvilken grad funnene er generelt anvendelige utenfor situasjonen som er studert. I tillegg er oppgaves reliabilitet viktig å vurdere, og funnene har høy reliabilitet dersom resultatet har konsistens og stabilitet. I praksis vil det si at dersom studien skulle blitt gjentatt, hadde man oppnådd de samme resultatene. Disse aspektene ved en studies pålitelighet blir videre vurdert opp mot metodevalgene.

3.2 Litteraturstudie

Det benyttes et litteraturstudie for å danne et teoretisk grunnlag for oppgaven. I tillegg skal studiet bidra til å svare på FS2 om bygningskomponenter egnet til ombruk og FS3 om ombruk i industriell skala. Deler av litteraturstudiet bygger på et tidligere litteratursøk som ble gjennomført i forbindelse med prosjektoppgaven høsten 2021. Dette arbeidet er utvidet med nye søk om ombruk i dag, ombrukskartlegging, eksisterende bygningsmasse, materialbanker og digitale tvillinger. I følge Arksey og O'Malley (2005) gjennomføres et litteraturstudie for å raskt kartlegge nøkkelbegrepene innenfor et forskningsområde og de viktigste kildene og bevisene som er tilgjengelig. Dette er spesielt interessant for et område som er komplekst eller som ikke har blitt grundig gjennomgått før. Sirkulær økonomi og ombruk i byggebransjen er relativt nytt og pågående temaer, og derfor er det relevant å gjennomføre et litteraturstudie for denne oppgaven.

3.2.1 Supplerende søk og publiseringer

Det ble utført et supplerende søk i tillegg til et akademisk litteraturstudie. Dette ble gjort for å fange opp litteratur som ikke ville blitt funnet i en slik studie. Det supplerende søket innebar søk etter publikasjoner om ombruk og bærekraft i norsk byggebransje som krav, veiledere og anbefalinger i SINTEF, NOU og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). I motsetning til litteraturen som er funnet med systematisk søk, er ikke disse nødvendigvis fagfellevurdert og dermed har det vært spesielt viktig at aktørene er anerkjente.

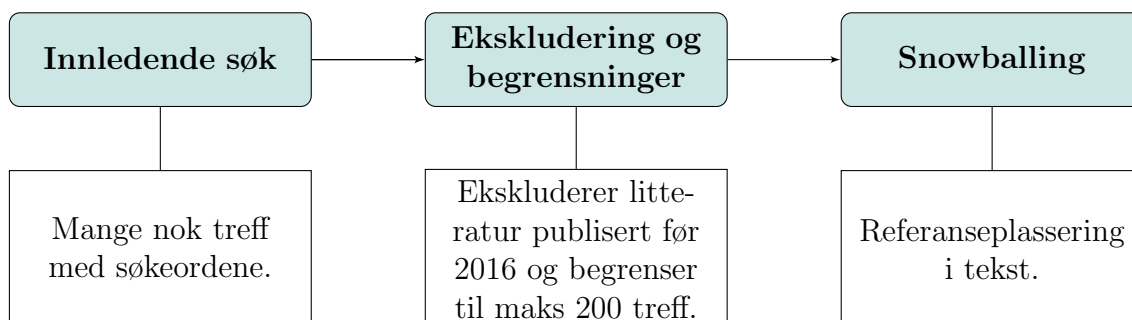
Teamet ombruk i byggebransjen er høyst aktuelt og derfor har det også vært interessant og nyttig å følge nyhets saker og eventer om teamet gjennom arbeidet med oppgaven. Det ble blant annet funnet publiseringer i bygg.no og byggalliansen.no som har gitt verdifull dagsaktuell innsikt i hvordan sirkulær økonomi og ombruk utvikles i byggebransjen. I tillegg har Statsbygg holdt webinar om temaet gjenbruk av bygg og bygningsmaterialer, noe som bidro til gode innspill for dagens praksis. Også bygg.no holder podcasten *Byggeplassen* om ulike dagsaktuelle temaer som «Ombruk i KA13» og «Taksonomi» som har bidratt med inspirasjon og synspunkter til arbeidet.

3.2.2 Søkestrategi

Tidlig strategi for å hente inn litteratur var først basert på anbefalt litteratur fra veileder. Dette ga kjennskap til relevante publikasjoner som FN's *International Resource Panel* (IRP) sin rapport om materialeffektive strategier for en lavkarbon-fremtid (Hertwich mfl., 2019), samt masteroppgaver innenfor temaet ombruk: *Ombruk av kontorbygningers bæresystemer* (Torsvik, 2021) og *Ombruk av byggematerialer og -produkter i et bærekraftperspektiv* (Høydahl & Walter, 2020). Den anbefalte litteraturen bidro med inspirasjon til å danne relevante søkeord.

Videre søkestrategi i litteraturstudiet innebar et systematisk litteratursøk. Det sys-

tematiske søket ble gjennomført i akademiske databaser på internett. Et overordnet flytskjema for søkestrategien er utarbeidet og vist i Figur 3.2, og prosessene i strategien er videre utdypet.



Figur 3.2: Flytskjema for søkestrategi.

Innledende søk

I første fase ble det gjort et utvalg av søkeord gjennom et innledende søk i databaser. Det er primært databasene Scopus og Google Scholar som blir brukt. Formålet var å finne søkeord og kombinasjoner av søkeord som resulterte i mange nok titler, men ikke for mange da søket ikke var spesifikt nok. Det ble utført søk på engelsk og norsk for å finne mest mulig relevant litteratur. De norske søkene i Google Scholar ble prioritert i stor grad for å kartlegge forholdene og erfaringene rundt ombruk i Norge. I tillegg ble de boolske operatorene «AND» og «OR» brukt for å forgrene og snevre inn søkene. Noen av de utvalgte kombinasjonene med søkeord er vist i Tabell 3.1.

Tabell 3.1: Søkeordkombinasjoner i ulike databaser.

Database	Søkeord
Scopus	<i>Circular economy AND Building OR Built environment Reuse AND Building Existing building AND Material bank Digital twin AND Built environment</i>
Google scholar	<i>Sirkulær økonomi AND Bygg Ombruk AND Byggematerialer Reuse material AND Existing building</i>

Ekskludering og begrensninger

I den neste fasen ble det gjort ekskluderinger i søkene med formål om å redusere antall treff til et håndterlig antall for utvelgelse. Det ble satt en ekskludering av litteratur publisert før 2016. Dette skulle også gjøre det mulig å finne oppdaterte og dagsaktuelle kilder. Det ble også satt en øvre begrensning på 200 treff for å ha et håndterlig antall. Dette måtte likevel fravikes i de norske søkene i Google Scholar for å prøve fange opp all oppdatert litteratur.

Snowballing

Snowballing ble til slutt benyttet på de mest relevante kildene. Det ble utført *Backward Snowballing* som betyr at referanselisten blir brukt for å finne nye artikler å

inkludere (Wohlin, 2014). Valgkriterier var de samme som for kildene fra litteratursøket, men det ble også vurdert hvor kilden var referert til i teksten for å vurdere relevansen.

3.2.3 Litteraturanalyse

Videre i litteraturstudiet ble litteraturen funnet i databasene analysert for å luke ut uegnet litteratur. Analysen skjedde i flere omganger. Første utvelgelse av litteraturen ble gjort gjennom valgkriteriene tittel, abstrakt og nøkkelord i samsvar med forskningsspørsmålene og problemstillingen. Videre ble de utvalgte artiklene strukturert og analysert i Excel. Oversikten i Excel inneholdt formål, metode og resultat fra hver artikkel. I tillegg ble forfatter, årstall, journal, land og siteringer skrevet ned. Dette gjorde det enklere å kategorisere artiklene i temaer og videre analysere artiklene nøyere. Eksempel på hvordan oversikten i Excel så ut er vist i Vedlegg A. For å evaluere og validere litteraturen ble TONE-prinsippet benyttet. TONE-prinsippet går ut på å vurdere litteratur ut i fra troverdighet, objektivitet, nøytralitet og egnethet, som er videre forklart i Tabell 3.2.

Tabell 3.2: TONE-prinsippet (NTNU Bibliotek, 2017).

Troverdighet	Hvem er ansvarlig for kilden?
	Hva er forfatterens utdanning eller institusjonstilknytning?
	Er det oppgitt kontaktinformasjon?
	I hvilken tidsskrift er kilden publisert i?
Objektivitet	Er den fagfellevurdert?
	Hvordan er dataen presentert?
	Er dataen i samsvar med tidligere forskning?
	Er hensikten å overtale eller å informere?
Nøyaktighet	Er flere sider av saken belyst?
	Er forskningsmetodene godt forklart?
	Hvor oppdatert er dataene?
Egnethet	Kan informasjonen bekreftes av andre kilder?
	Er kilden relevant for din oppgave?
	Kaster kilden nytt lys over problemstillingen?
	Hvem er kilden skrevet for?

Kildene som ble valgt ut blant treffene i søkestrategien omhandlet temaene sirkulær økonomi, materialeffektivitet og ombruk i byggebransjen. Store deler av litteraturen fokuserer på *Construction and demolition waste*, og dermed var det mye informasjon om avfallsminimering og design for ombruk, og mindre om ombruk fra eksisterende bygninger. I tillegg er det mer fokus på materialgjenvinning fremfor ombruk i litteraturen. Det ble til slutt valgt å velge litteratur som er relevant til ombruk og eksisterende bygninger, ettersom denne oppgaven utforsker disse temaene. Det ble også valgt å ikke inkludere litteratur om LCA eller energieffektivisering av eksisterende bygninger, da dette ikke ble ansett som relevant til oppgaven.

3.2.4 Evaluering av litteraturstudiet

Ved å aktivt bruke TONE-prinsippet for å vurdere litteraturen som er funnet, kan litteraturstudie fungere som en god datainnsamlingsmetode. Det er brukt to anerkjente databaser å søke i for å finne mange og gode kilder. I tillegg har kildenes troverdighet blitt styrket ved at flere av kildene er publisert i anerkjente journaler som *Journal of cleaner production*, *Sustainability*, *Journal of Building Engineering* og *Buildings*. Oppgaven bruker også norske rapporter om ombruk som er mye sitert i litteraturen og som er spesielt relevante.

Litteraturstudiet er avhengig av at det er funnet gode og relevante søkeord. Søkeordene ble valgt ut i fra antatt relevante nøkkelbegreper med inspirasjon fra anbefalt litteratur. Det er usikkert om søkeordene eller kombinasjonene av disse var optimal. En svakhet ved litteraturstudie kan være at ikke all relevant litteratur er funnet. I tillegg har søkeordene gitt et ulikt antall treff. Selv om det ble satt en begrensning på 200 treff, var det noen søk som ga flere treff. Relevant litteratur kan ha blitt oversett ettersom det var nødvendig å gjøre kjappe overblikk over titler og nøkkelbegreper. I tillegg kan noen søk ha gitt for lavt antall med treff, og dermed ikke vært bredt nok til å fange opp alt.

Snowballing kan også være en svakhet ved litteraturstudiet. Selv om denne metoden bidro til å avdekke mye av litteraturen som er brukt i denne oppgaven, er det allikevel flere usikkerheter. Det er ikke utført samme systematiske søk for å finne disse og derfor svekkes reliabiliteten ved at det kan være vanskelig å reprodusere søkene. Det kunne for eksempel ha blitt utarbeidet en matrise for å gi en oversikt. I tillegg har det vært vanskelig å vite når det er lurt å stoppe med snowballing ettersom det i teorien kan foregå i det uendelige. For denne oppgaven har det uansett vært viktig å vurdere funnene fra snowballing med de samme kriteriene som for hovedlitteraturen. Samsvaret mellom referansen til kilden og kildens formål er også nøye vurdert ved utvelgelse.

3.3 Casestudier

Det er benyttet casestudier som overordnet forskningsmetode for å besvare flere av forskningsspørsmålene. FS1 skal svare på hvilke bygningskomponenter som finnes i tidstypiske kontorbygninger, og FS1 og FS2 skal vurdere funnene opp mot ombruk. Derfor er det valgt å kartlegge komponenter i utvalgte casestudier og hente inn data gjennom ombrukskartlegging.

I følge Yin (2014) er en casestudie en empirisk undersøkelse som i dybden undersøker et samtidfenomen (casen) innenfor en realistisk kontekst. I praksis betyr det at det utføres en casestudie for å forstå et virkelig tilfelle og det antas at den forståelsen involverer forholdene i casen som blir studert. Casestudier kan inkludere én eller flere caser. I denne oppgaven er det valgt å benytte fire casebygg med tidstypiske kontorbygg som hver skal representere et alminnelig tilfelle.

3.3.1 Valg av casebygg

Det ble valgt å kontakte et eiendomsselskap for utvelgelse av casestudier. E.C.Dahls Eiendom er et ledende eiendomsselskap i Trondheim med 41 kontorlokaler i Midtbyten (E.C.Dahls Eiendom, u.å-a), og selskapet ble derfor kontaktet til denne oppgaven. I tillegg var det gunstig med et eiendomsselskap i Trondheim by for å enklere gjennomføre fysisk befaring ettersom oppgaven skrives i Trondheim. E.C.Dahls Eiendom anbefalte fire tidstypiske og representative kontorbygninger, og derfor ble disse valgt som casebygg. Dokumentasjonen om byggene var allerede digitalisert, noe som også var en tidsbesparende fordel.

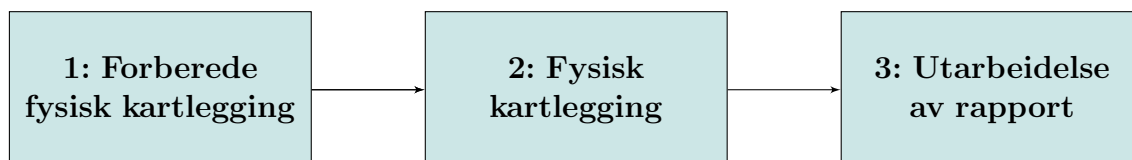
3.3.2 Evaluering av casestudie

En av de største bekymringene med casestudier er at det er mer behov for et strengere oppsett for hvordan casestudie skal utføres (Yin, 2014). Det finnes mindre metodisk litteratur om casestudier enn andre metoder. Metodisk litteratur gir blant annet systematiske prosedyrer for utførelsen. Derfor er det viktig å unngå slurving ved at casestudien fortsatt følger en systematisk prosess. Denne casestudien har brukt ombrukskartlegging med dokumentstudie og befaring til datainnhenting og derfor har denne delen fulgt en systematisk prosess relatert til ombrukskartlegging.

Det er også usikkerhet knyttet til generalisering av resultatene fra casestudier (Yin, 2014). Ettersom det er hentet casestudier fra samme eiendomsselskap, er det ikke sikkert oppgaven oppnår like høy generaliserbarhet som ønskelig. Det samme gjelder dersom bygningene har vært i gjennom store endringer. Siden alle de fire bygningene er eid av samme selskap kan bygningenes utseende og innhold være relativt lik. I tillegg kan store endringer føre til at bygningene ikke lenger er tidstypiske. På en annen side er bygningene kjøpt opp av selskapet i ettertid, og kontorbygningene har ulike byggeår og er vurdert til å være tidstypiske til tross for eventuelle endringer. Generalisering er uansett ønskelig fordi generalisering vil være på et høyere konseptuelt nivå enn bare én case (Yin, 2014).

3.4 Ombrukskartlegging

Ombrukskartlegging er brukt som datainnhentingsmetode i casestudiene. En ombrukskartlegging skal identifisere ombrukbare bygningskomponenter i eksisterende bygg (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Det er valgt å basere kartleggingen på Statsbygg og Grønn byggallianse sin veileder for ombrukskartlegging *Ombrukskartlegging og bestilling - slik gjør du det* (2021). Veilederen er publisert av anerkjente aktører og anses derfor som aktuell. Statsbygg er en stor og sentral byggherre i Norge og Grønn Byggallianse anses som en relevant aktør innen bærekraftige bygg. Veilederen deler ombrukskartlegging inn i tre faser vist i Figur 3.3.



Figur 3.3: De tre fasene i en ombrukskartlegging i følge Statsbygg og Grønn Byggallianse (2021).

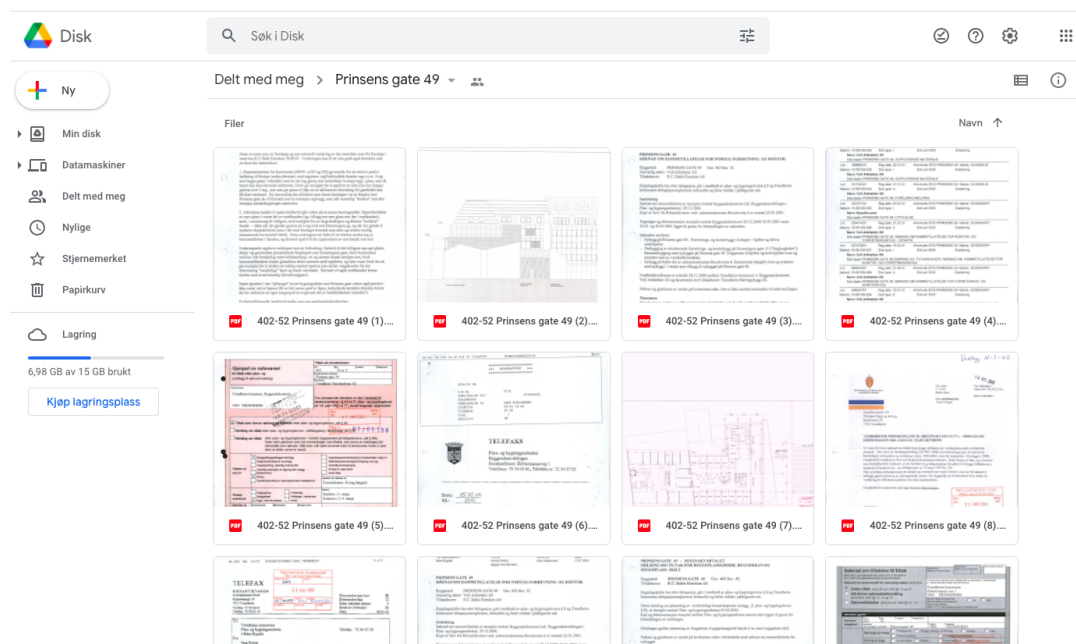
3.4.1 Forberede fysisk kartlegging: dokumentstudie

For å forberede til fysisk kartlegging gjennomføres en innledende registrering basert på tilgjengelig informasjon og dokumentasjon om bygget (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Dette er viktig for kjennskap til konstruksjonsmetode, materialbruk, slitasje og annen byggt teknisk informasjon. Den tilgjengelige informasjonen bør bli grunnlag for å vurdere hvilke hovedgrupper av komponenter som vil være mest hensiktsmessig å kartlegge, og vurdere kvalitet/restlevetid for komponenter med ombrukspotensial.

Det ble valgt å gjøre en omfattende dokumentstudie for å forebrede til fysisk kartlegging. Et dokumentstudie handler om å samle inn data og analysere, og dermed få frem viktige sammenhenger og relevant informasjon om det en ønsker å studere (Johannesen mfl., 2016). Trondheim byarkiv ble oppsøkt for å samle inn data til casestudiene etterom E.C.Dahls Eiendom ikke hadde dokumentene selv. Trondheim byarkiv forvalter dokumenter som blant annet eiendomsinformasjon av byggesaker (Trondheim Kommune, u.å). Digitaliserte kopier av eiendomsinformasjonen for de fire casene ble sendt over av Trondheim byarkiv.

Dokumenter til case

Dokumentene som har blitt innhentet om casene omfatter det som er offentlig tilgjengelig om casestudiene i Trondheim Byarkiv. De tilgjengelige dokumentene innebar dokumentasjon av byggesakene med vedlegg og tegninger samt korrespondanser i forbindelse med tiltak. Dokumentene som ble tilsendt fra Trondheim Byarkiv ble tilgjengeliggjort gjennom delte mapper på Google Disk, slik som vist i skjermbildet i Figur 3.4.



Figur 3.4: Skjerm bilde av en digitale mappe med dokumentasjonen for et av case-prosjektene som ble delt av Trondheim Byarkiv.

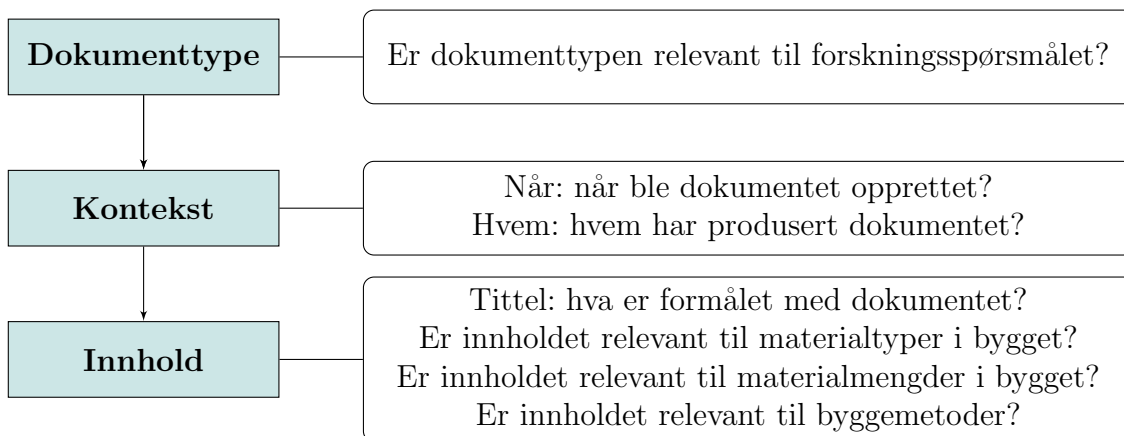
Skjerm bildet i Figur 3.4 viser ulike dokumenttyper samt at dokumentene ikke har spesifikke navn. I tillegg var hvert dokument i den delte mappen en sammenslåing av flere ulike dokumenter. Et dokument i denne mappen bestod for eksempel av e-post-korrespondanser, tegninger og telefaks. Dette var tilfelle for alle casebyggene. Likevel var det en viss kategorisering i enten kronologisk rekkefølge eller etter ulike tiltak. Tabell 3.3 viser en overordnet oversikt over noen av dokumenttypene som ble innhentet for caseprosjektene.

Tabell 3.3: Ulike dokumenter som er innhentet til dokumentstudiet (Trondheim Kommune, u.å).

Dokumenttype	Forklaring
Tegninger	Plantegninger, fasadetegninger, snittegninger, detaljtegninger, reguleringsplaner, situasjonsplaner, anbudstegninger og kartplaner
Tillatelser, søknader og endringer til plan- og bygningsenheten	Rammetillatelser, igangsettingtillatelser, endringsøknader, søknader om ansvarsrett, kontrollerklæringer, søknad ombyggetillatelse og dispensasjonssøknader
Interne notater og meldinger	Møtereferater, beregninger, e-poster, telefaks, kontrollplaner for utførelse
Bygningsteknisk konsept	Branntekniske konsept med brannprosjekteringstegninger, tekniske beskrivelser inkl byggteknisk, VVS og elektro
Annet	Nyheter, arkeologiske undersøkelser, fakturagrunnlag, nabovarsler, godkjente foretak, eldre tegninger og dokumenter av tidligere bygg

Analyse av dokumenter

Som Tabell 3.3 viser er det mange dokumenter som var tilgjengelig, og flere av disse var ikke relevante for denne oppgaven. I tillegg viser skjermbildet i Figur 3.4 at det var en relativt uoversiktlig dokumentasjon. I følge Johannesen mfl. (2016) er det lurt å finne en strategi for systematisering for å kunne analysere store mengder dokumenter. Blant annet kan det utarbeides analyseskjemaer som er tilpasset behovet for forskningen. Med utgangspunkt i punkter som er anbefalt å ha med i et slikt analyseskjema og behovet for å finne relevant dokumentasjon, ble det utarbeidet et analyseskjema som er vist i Figur 3.5.



Figur 3.5: Analyseskjema for vurdering av dokumentene.

Etttersom FS1 skal kartlegge bygningskomponenter i kontorbygg, er det først og fremst dokumenter som er relevant til dette temaet som er prioritert å gå grundig igjennom. Derfor var formålet med analyseskjemaet å luke ut dokumenter som ikke er relevant slik at lesingen og vurderingen av dokumentene ble så effektiv som mulig. Først ble det gjort et kjapt overblikk i alle dokumentene for hver casestudie der de ulike dokumenttypene ble vurdert. Det første steget i analyseskjemaet luket blant annet ut de urelevante dokumentene under kategorien *Annet* i Tabell 3.3.

Deretter ble konteksten i dokumentene vurdert. Først ble det gjort et kjapt overblikk over dokumentets opprettelsestid samt hvem som hadde laget dokumentet eller fått dokumentet tilsendt. I denne fasen ble det luket ut dokumenter av tidligere bygg på tomtene. I tillegg ble dokumenter sendt mellom byggeprosjektene og aktører som arbeidstilsynet ikke vurdert som relevant opp mot materialer og mengder.

Det siste steget i analysen omhandler innholdet i dokumentene. Det var fortsatt en del dokumenter igjen på dette nivået i analysen. Titlene ble først vurdert, og da ble dokumenter som *tillatelser og søknader* og mange *interne notater og meldinger* luket ut. Deretter ble det gjennomført en grundigere lesing av resterende dokumenter for hver case ved at innholdet ble lest og vurdert opp mot relevans til temaet bygningskomponenter. Den grundige gjennomlesingen resulterte i de mest relevante dokumentene som plantegninger, fasadetegninger, snittegninger, detaljtegninger, statiske beregninger, rammetillatelser, endringssøknader, branntekniske konsept og bygningstekniske konsept. For å holde oversikt over de utvalgte dokumentene ble det dannet matriser i Excel for hvert caseprosjekt. Oversikten bidro til at det var

enkler å finne igjen dokumentene i den delte digitale mappen. Et eksempel på en slik oversiktsmatrise er vist for Nordre gate 12 i Vedlegg B.

Metode for å kartlegge bygningskomponenter i dokumentstudie

I ombruskartleggingen var det ønskelig å kartlegge bygningskomponenter relevant til ombruk. Kartleggingen gjennom dokumentstudie tok utgangspunkt i dokumentene utvalgt fra dokumentanalysen. Det ble først opprettet et Excel-dokument for hver case for å holde oversikt, utføre beregninger og presentere resultater på en klar måte. Alle casebyggene har vært i gjennom en del endringer og derfor var Excel-dokumentene spesielt viktig for å holde systematisk oversikt.

Kartlegging av materialmengder var omfattende og bestod av mye håndregning. Det ble for det meste tatt utgangspunkt i plantegninger, snittegninger og fasadetegninger. Areal av dekker og høyde mellom dekker ble ansett som essensielt for å vurdere ombrukspotensial av bæresystem og derfor ble dette nøye utregnet. Bruttoarealet (BTA) for hver etasje i byggene er utregnet ut i fra plantegninger. Plantegningene viste også spennvidder. Etasjehøyde er avstanden mellom gulvets overflate og overflate på gulvet i planet over (Standard Norge, 2012), og etasjehøydene ble utregnet ut i fra snittegninger som oppgir høydepunkter. Romhøyden er i denne oppgaven funnet ved å trekke fra dekketykkelsen på etasjehøydene. Ut i fra detaljtegninger er materialer og sjikttykkelser kartlagt.

Der det ikke har vært dokumentasjon eller tilstrekkelig dokumentasjon har det blitt gjort antagelser eller forenklinger. Dette gjelder for eksempel areal med gulvbelegg og himling. Det ble valgt å forenkle utregningene ved å multiplisere BTA for ulike plan med 0,5 for å finne areal med gulvbelegg i planet. Det antas at andre gulvbelegg i bad, ganger og sjakter samt innvendige vegger utgjør resten av andelen. For å finne himlingsmengder ble BTA multiplisert med 0,6 i ulike plan ettersom det antas at andelen med himling er litt høyere enn gulvbelegg. I plan med skråtak vil himlingsarealet følgelig være mindre og dermed ble BTA for plan med skråtak multiplisert med 0,4 for å finne himlingsmengdene her.

3.4.2 Fysisk kartlegging: befaring

Hensikten med en fysisk kartlegging er å utføre en visuell kartlegging av komponenter med ombrukspotensial (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). Fysisk kartlegging kan gjennomføres på egenhånd, men det er anbefalt at en som kjenner bygget og dets historie også deltar. Dette kan være driftsansvarlig, driftstekniker eller andre ansvarlige for bygget. Det påpekes at aktuelle komponenter med ombrukspotensial skal dokumenteres med foto og det bør registreres en del informasjon om komponentene der det er mulig. Dette gjelder informasjon som bygningskategori, beskrivelse av komponent, mengdeanslag, produksjonsår, restlevetid, demonterbarhet og vurdering av potensiale for ombruk.

Det ble gjennomført én befaring per casestudie for å fysisk kartlegge de fire bygningene. Hensikten med befaringsene var å validere og tilføre informasjon om materialtyper og materialmengder i bygningene gjennom visuell kartlegging. Befaringen ble gjennomført med driftsleder for hvert kontorbygg. Det var ønskelig med driftsleder tilste-

de ettersom de er ansvarlige for å drifte bygningene, noe som ble anbefalt i veilederen for ombrukskartlegging (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021) og stillingstittelen ble ansett som en indikasjon på at de besitter informasjon om bygningene og dets komponenter. Det ble satt av en time til rådighet for hver befarings. Ettersom det var satt av relativt kort tid til hver befarings var det ønskelig å gjennomføre befaringsene mest mulig effektivt. På forhånd ble det notert ned informasjon som ikke var mulig å oppdrive fra dokumentstudiet for alle casene, og som det var nødvendig å få svar på gjennom den fysiske kartleggingen. Noe av denne informasjonen er oppsummert i følgende spørsmål:

- Ventilasjonssystem: når er det fra og hva er tilstanden?
- Vinduer: når er vinduene fra og finnes det dokumentasjon på dem?
- Hvordan er oppbyggingen av innervegger?
- Hva er tilstand og materialer av interiør som dører, systemvegger, himlinger, WC og vasker, tekjøkken, gulvbelegg og innvendig kledning?

Spørsmålene ble stilt til driftslederne under befaringsene og det ble brukt samtykkende taleopptak på mobil for å lettest mulig bearbeide informasjonen til senere. I tillegg til spørsmålene for å samle inn ny informasjon, ble det forsøkt å validere det som allerede var kartlagt gjennom dokumentstudiet. Dette gjaldt blant annet oppbyggingen av bæresystemet og fasadematerialer for alle bygningene. Det ble tatt bilder fra hver befarings for å dokumentere noen synlige bygningsdeler.

3.4.3 Utarbeidelse av ombrukskartleggingsrapport

En ombrukskartleggingsrapport er resultatet fra ombrukskartleggingen (Statsbygg & Grønn Byggallianse, 2021). De viktigste leveransene fra en ombrukskartlegging er en rapport med vurderinger og anbefalinger og en oversikt over komponenter med ombrukspotensiale med relevant informasjon. Hva som kartlegges vil variere av hvor mye og hva slags dokumentasjon som finnes for bygningskomponenter i et bygg. For de fire casestudiene ble funnene fra dokumentstudiet supplert med funnene fra den fysiske kartleggingen. Funnene er videre systematisert i tabeller for å vurdere ombrukspotensial ut i fra teori og komponentoppbygging, mengder, dimensjoner og tilstand.

3.4.4 Nødvendige avgrensninger i kartleggingen

Det er gjort flere nødvendige avgrensninger i kartleggingen for å unngå et alt for tidkrevende studie. For det første ble det valgt å kun fokusere på materialer i kontorarealer ved kartlegging av innvendige komponenter. Flere av casebyggene er kombinerte kontor- og forretningslokaler, men siden denne oppgaven har hovedfokus på bygningskomponenter i kontorbygninger ble ikke forretningslokalene tatt i betraktning. Et av casebyggene har også et nabobygg som i praksis i dag er en del av casebygget, men det ble valgt å fokusere kartleggingen kun på casebygget ut i fra tidsbegrensning. Det ble også valgt å ikke fokusere på tekniske komponenter som

varme- og kjøleanlegg og elektriske anlegg. Ventilasjonssystemene i casebyggene ble kartlagt i en viss grad. Det har også vært nødvendig å ikke kartlegge nøyaktige dimensjoner og mengder av alle komponenter ettersom dette ble ansett som for tidkrevende. Det gjaldt for eksempel for vinduer, ettersom det var lite eller ingen dokumentasjon om vindustyper og vindusstørrelser. Ut i fra tegninger og bilder var det mulig å se at casebyggene har mange vinduer av ulike størrelser så det ble også ansett som tidkrevende å kartlegge alle de ulike størrelsene. I casebyggene med store arealer og mange etasjer ble det også ansett som for tidkrevende å kartlegge nøyaktige mengder med lettvegger ettersom det var store mengder av disse.

3.4.5 Evaluering av ombrukskartlegging

Ombrukskartlegging er en relativt ny metode og det har derfor vært viktig å følge en veileder for å systematisere metoden. Funnene fra kartleggingen får høyere reliabilitet ved bruk av en slik standardisert og etterprøvable metode. Selv om veilederen for ombrukskartlegging er tenkt til rive- og rehabiliteringsprosjekter har det likevel vært god veiledning for å kartlegge bygningskomponenter i casestudiene. Videre følger en evaluering av de viktigste stegene i ombrukskartleggingen samt en overordnet vurdering av hele metoden.

Vurdering av dokumentstudie

Det var varierende hva slags informasjon og dokumentasjon som var mulig å fremkaffe om casebyggene. Dette er en stor svakhet ved dokumentstudie fordi det påvirker resultatenes validitet. Det varierer tydelig med byggeår hvor mye og relevant dokumentasjon som var tilgjengelig. Blant annet hadde bygningen fra tidlig 2000-tallet mye mer dokumentasjon enn bygget fra 60-tallet. Det var generelt lite dokumentasjon på de eldre bygningene. I tillegg ble dokumentasjonen presentert på en relativt uoversiktlig måte, slik at det var vanskelig å fange opp alt som var relevant til casestudiene. Det kan også ha resultert i feiltolkninger av dokumenter eller utelatt informasjon, og dermed mindre troverdige resultater. Likevel ble det utarbeidet et analyseskjema for å gjennomføre dokumentstudie på en mest mulig oversiktlig måte.

Dokumentene som var tilgjengelig gjennom Trondheim byarkiv er dokumentasjon som er søknadspliktig til byggesakskontoret. Det betyr at informasjon som ikke er søknadspliktig, for eksempel innvendige arbeider, ikke alltid ble synliggjort gjennom dokumentstudiet. Dette ble blant annet fanget opp gjennom befaring, da det ble informert om flere endringer i byggene som ikke var påkrevd og dokumentert til byggesakskontoret. Dette vil være en svakhet i dokumentstudie, og belyser viktigheten av å gjennomføre fysiske befaringer i tillegg.

Det er også knyttet usikkerhet til håndregningen som ble gjennomført i forbindelse med mengdeberegningene. Dokumentasjonen var ikke utfyllende på alle områder, og håndregningen ble utført ved å benytte manuelle utregninger. Det ble også gjort antagelser som kan gi feil resultater. Det vil ligge en del usikkerheter i tallresultatene fra dette. Utregningen gir funnene mindre reliabilitet ettersom det kan oppnås litt andre resultater ved eventuell tilbakevisning av forskningen. Selv om håndregningen og antagelsene er en svakhet ved dokumentstudie, var det likevel en nødvendighet for å presentere materialmengder.

Vurdering av befaring

Befaring var absolutt nødvendig for å validere funnene fra dokumentstudie og supplere med oppdatert informasjon om hva som faktisk finnes av bygningskomponenter i casebyggene. På en annen side er det flere svakheter ved befaringsene som ble gjennomført. For det første var det ikke optimalt å belage seg på at driftsledere besitter mye informasjon om bygningene. De fleste driftslederne hadde mest kunnskap om tekniske systemer som ventilasjon og elektriske anlegg, og mindre kunnskap om byggtekniske komponenter. Det var dermed vanskelig å få utfyllende svar på alle spørsmålene som ble stilt. I tillegg er flere av bygningene i casestudiene eldre, og driftslederne hadde lite eller ingen dokumentasjon om bygget og dets komponenter. En av driftslederne hadde også akkurat startet i jobben som driftsleder, noe som viser at driftsledere skiftes ut ofte uten at all informasjon om bygget videreføres til neste.

En annen svakhet ved de gjennomførte befaringsene var at det var satt av for kort tid til befaringsen. Det var en eiendomssjef i E.C.Dahls Eiendom som satte opp en time per befaringsen for driftslederne. For å gjennomføre en mer omfattende befaringsen burde det ha blitt satt opp mer tid til å kartlegge mengder og tilstand. Ettersom befaringsen viste at driftsleder egentlig var litt overflødig, kunne befaringsen ha blitt gjennomført uten driftsleder for mer tid. Det var også utfordrende å utforske utleiearealene i kontorbyggene ettersom det var mange arbeidende tilstede. Det var dermed vanskelig å ta bilder innenfor personvernlov og gjennomføre fysiske mengdeberegninger.

Vurdering av den helhetlige ombrukskartleggingen

Ombrukskartleggingen skal svare ut FS1 og legge grunnlag for de neste forskningsspørsmålene. Ut i fra dokumentstudie og befaringsen utarbeides en oversikt om bygningsdeler og mengder i bygningene som videre er grunnlag for å vurdere ombrukspotensialet i byggene. Ombrukskartleggingen i casestudiene har bidratt med viktig og nødvendig informasjon om bygningskomponenter i casebyggene. En svakhet er at metoden for ombrukskartlegging som Statsbygg og Grønn Byggallianse har utarbeidet er basert på å kartlegge komponenter med ombrukspotensial, noe som betyr at ikke alle komponenter i et bygg nødvendigvis kartlegges. På en annen side kan det ha vært spart inn mer tid på å bare fokusere på komponenter med størst ombrukspotensial. Metoden er tidkrevende, spesielt siden dokumentstudiet har vært omfattende i denne oppgaven. Det kunne vært mer fokus på den fysiske kartleggingen for å gjøre mindre antagelser og forenklinger. Samtidig var det essensielt å analysere dokumentasjonen av casebyggene på forhånd for å få oversikt over byggene før befaringsen. Dokumentstudiet var også nyttig i flere av casestudiene for å få kunnskap om materialsjikt som ikke nødvendigvis var mulig å fange opp på en befaringsen.

4 Casebyggene

I dette kapittelet presenteres de fire tidstypiske casebyggene. Kapittelet har spesielt fokus på aspekter som er relevant for å anslå ombrukspotensial som byggeår, størrelse, etasjefunksjoner, plassering, arkitektur og byggtekniske beskrivelser. Alle kontorbygningene ligger i Trondheim og informasjonen om byggene er hentet fra E.C.Dahls Eiendom sine sider og casestudiene.

4.1 Prinsens gate 49

Prinsens gate 49 er et kombinert forretningsbygg og kontorbygg (E.C.Dahls Eiendom, u.å-c). Bygget ble ferdigstilt høsten 2003 og har et totalt areal på 3958 m². Kontorbygningen slik den ser ut i dag er vist i Figur 4.1.



Figur 4.1: Bilde av Prinsens gate 49 (E.C.Dahls Eiendom, u.å-c).

Kontorbygningen består av seks plan over terreng og et plan under terreng. De ulike planene og deres funksjon er vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.1: Plan og funksjoner i Prinsens gate 49.

Plan	Funksjon
Kjeller	Tekniske rom og lager
1	Butikklokale og lager
2-6	Kontorer med leietakere

Prinsens gate 49 er plassert i krysset mellom Dronningens gate og Prinsens gate, midt i sentrum av Trondheim. Tomten og dagens bygning ligger inntil Dronningens gate 15 mot øst og inntil Prinsens gate 47 mot sør. Dette kan sees i situasjonskartet i Figur 4.2 som viser tomten markert med grønn nål.

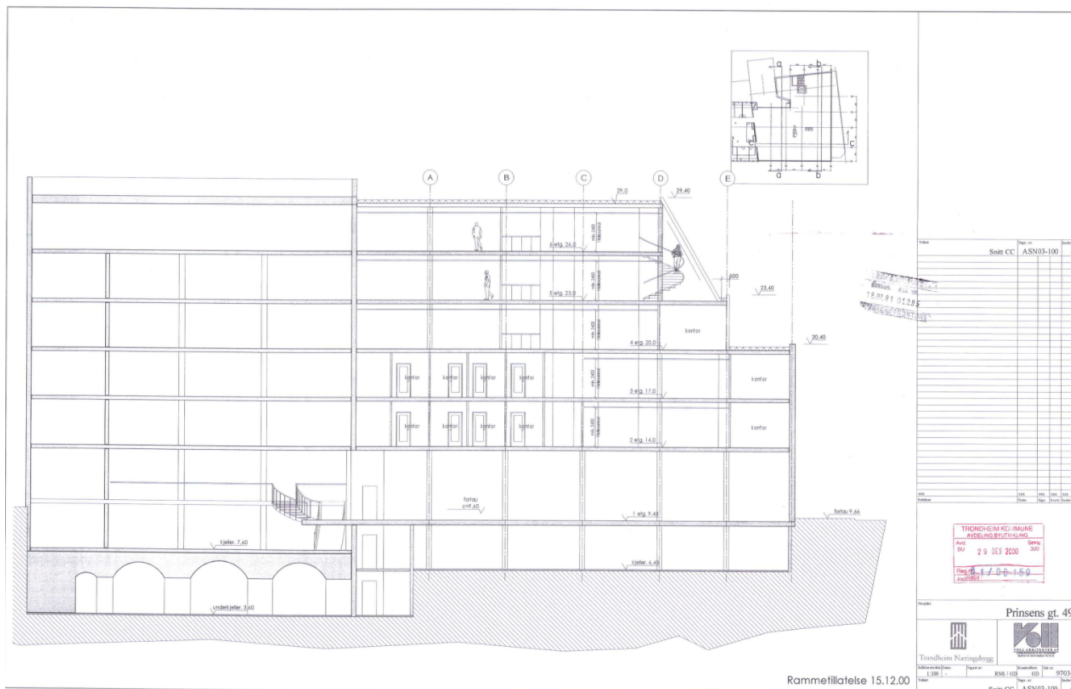


Figur 4.2: Situasjonsskart av Prinsens gate 49 fra 2019 (E.C.Dahls Eiendom, u.å-c).

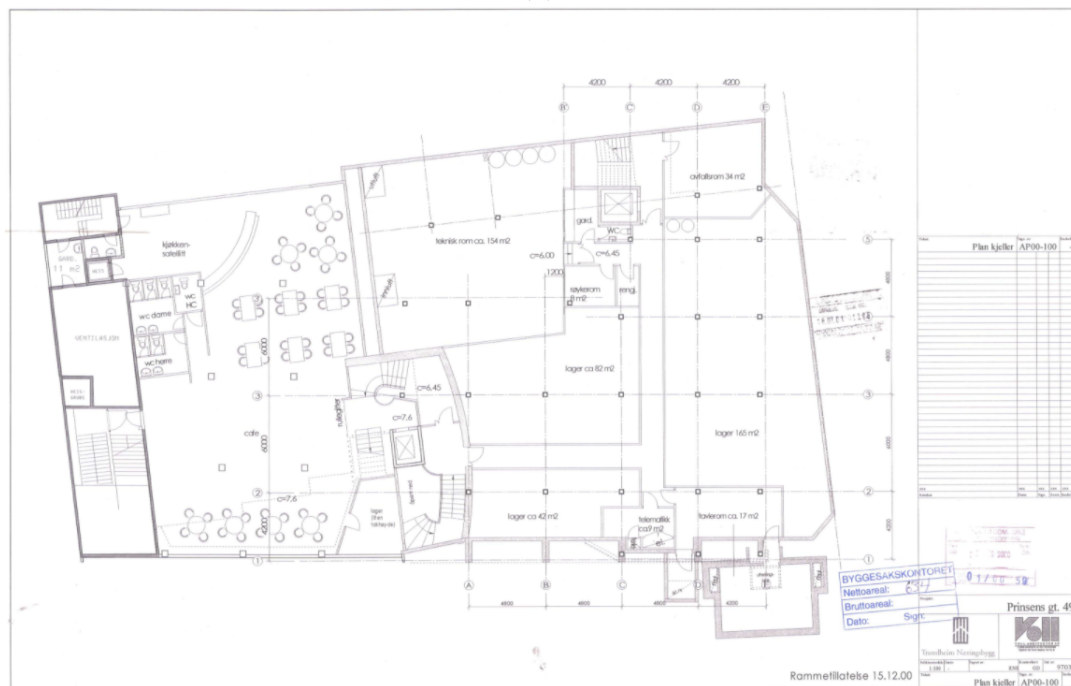
4.1.1 Arkitektur og byggtekniske beskrivelser

Kontorbygget ble oppført med arkitektur som skulle ligne omkringliggende bygninger. Prinsens gate 49 er omringet av høye forretningbygg med taketasjer og lave trehusbebyggelser. I følge arkitekten komplementerer bygget kvartalet ved at bygningen er sammensatt av tre bygningsvolumer. Glassvolumet har samme gesimshøyde som nærliggende bygning i Dronningens gate 15 i 4 etasjer, teglvolumet over 3 etasjer mot Prinsens gate utgjør en nedtrapping mot gatehjørnet og takvolumet er trukket tilbake som et skråtak. I rammetillatelsen fra 2001 la arkitekten vekt på å benytte materialer som er solide og slites med verdighet.

Bygningen er oppført med et bæresystem av plasstøpt betong fundamentert med søylefundamenter og banketter. Betongdekkene er fritt opplagt på kjelleryttervegger og understøttet av flere innvendige søyler. Resterende bærekonstruksjoner er utført i tre og stål. En snitttegning av bygget viser bærekonstruksjonen og en plantegning av kjellerplanet viser spennviddene i Figur 4.3



(a)



(b)

Figur 4.3: (a) Snitt av fasade mot Dronningens gate fra 2000 og (b) Plantegning som viser spennvidden mellom søyler fra 2000.

Den bygningstekniske beskrivelsen av Prinsens gate 49 fra 2001 gir generelle beskrivelser av de byggtekniske løsningene og er oppsummert i Tabell 4.2.

Tabell 4.2: Oppsummering av de bygningstekniske beskrivelsene for Prinsens gate 49.

Bygningselement	Beskrivelse
Bæresystemer	Flatdekker som bæres av sirkulære og kvadratiske søyler. Dekker, søyler og sjakter i plasstøpt betong. Langs yttervegger bæres dekkene av innbygde stålsøyler. Bæring av skråtak i 5. og 6. etg og tak i 6. etg utføres av selvbærende stål og stålrammer. Tak i 6.etg bygges opp av stålplater som spenner mellom bærende stålrammer. Øvrige bærekonstruksjoner i tre- og stål.
Yttervegger	Bindingsverk med teglforblending og vinduer med aluminiumsprofiler. Glassfasade med lookalike-glass og skjulte aluminiumsprofiler.
Innervegger	Lettvegger av tre og gips. Bærende og avstivende vegger av betong. Vertikale sjakter brann- og lydisoleres.
Dekker og gulv	Dekker utføres av armert betong. På toalett og i garderobe legges flis med fall mot sluk
Yttertak	Flate yttertak i 3. og 4.etg bygges av trykkfast isolasjon med membran på betong. Yttertak flat del 6.etg bygges av trykkfast isolasjon med membran på stålplater mellom stålrammer. Skråtak 5. og 6.etg bygges av utfyllende bindingsverk mellom stålkonstruksjoner og glasstaksfelt med horisontal markering av sprosser.
VVS	Balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Teknisk rom plassert i kjeller som egen branncelle.

4.2 Pirsenteret Pir I

Pirsenteret er et stort næringsbygg som består av flere bygninger: Pir I, Pir II, Pir III og Leiv Eiriksson Senter (E.C.Dahls Eiendom, u.å-b). Pir I var første byggetrinn og stod ferdig i 1988. Pir I har et totalt areal på 20 471 m². Figur 4.4 viser bilde av Pir I.



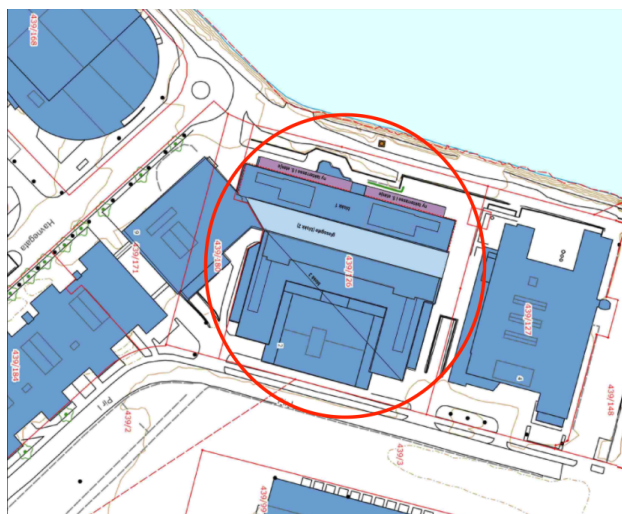
Figur 4.4: Foto av Pir I sett fra øst.

Pir I har totalt fem plan over terreng og et plan under terreng. De ulike planene og deres funksjon er vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.3: Plan og funksjoner i Pir I.

Plan	Funksjon
Kjeller	Parkeringskjeller, teknikse rom, garderober, trimrom og lager
1-5	Kontorer med leietakere. Verkstedhall i ene blokken i plan 1

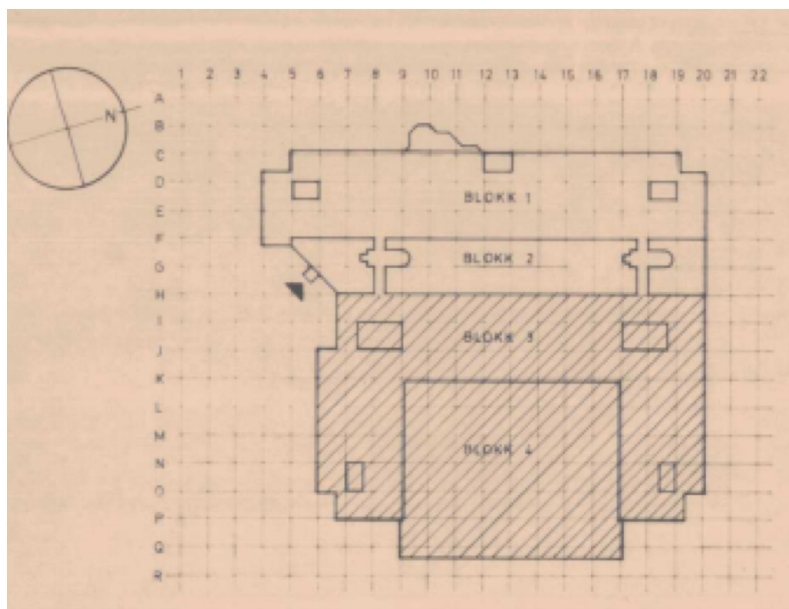
Pirsenteret ligger på Brattøra i Trondheim, som er rett ved fjorden og nær annen næringsvirksomhet. Plasseringen av Pir I inntil Trondheimsfjorden er vist i Figur 4.5.



Figur 4.5: Situasjonsskart over Pirsenteret der Pir I er markert med rød sirkel.

4.2.1 Arkitektur og byggtekniske beskrivelser

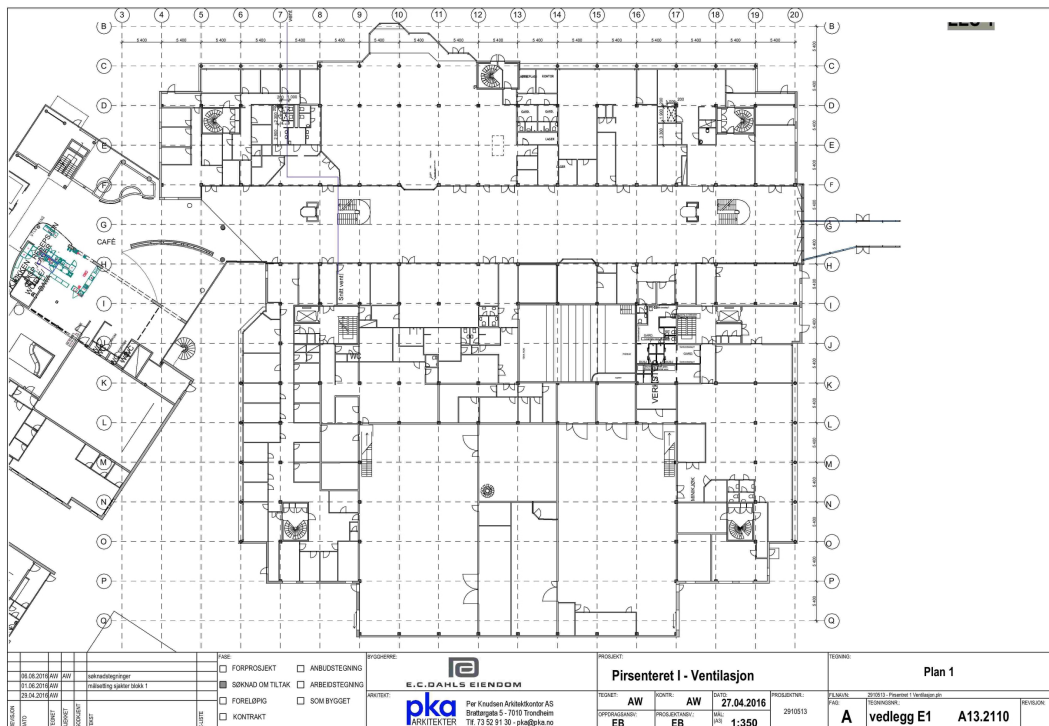
Kontorbygget Pir I er moderne og praktisk. Det meste av fasaden er betong eller glass, men det er også områder med metallkledning som bidrar til brytning av det ellers hvite betongbygget. I byggedokumentasjonen er Pir I oppdelt i fire blokker. Blokk 1 og 2 danner blokk A, og blokk 3 og 4 danner blokk B. Inndelingen av blokker er vist i Figur 4.6.



Figur 4.6: Blokkinnndeling av Pir I.

Mot sjøsiden ligger blokk A som er en langsgående 5 etasjes rektangulær blokk, mens blokk B er en U-formet 5 etasjes blokk mot havnesiden som omslutter en 2 etasjers verkstedhall, vist som blokk 4. Teknisk rom er plassert på taket. Blokkene er adskilt med en glassgate vist som blokk 2 på Figur 4.6. Etersom Pirsenteret består av flere bygninger er det dannet en forbindelse mellom disse, slik som vist i Figur 4.5.

Pir I har prefabrikkerte betongsøyler- og dragersystem med hulldekkeelementer som hovedbæring. Spennvidde er 5,4 m i lengderetning og 10,8 m i dybderetning, slik som vist på plantegningen i Figur 4.7.



Figur 4.7: Plantegning av 1.etasje i Pir I som viser spennvidder

Gulv på grunn i kjeller er derimot et plasstøpt dekke og ytterveggene er av betong-elementskiver med isolasjon i midten. Glassgaten mellom blokkene er bygget opp av et glassystem med stål- og aluminiumskonstruksjon. Dokumentasjonen av Pir I inneholder kvalitets- og ytelsesbeskrivelser for forprosjektet, og noen av disse er oppsummert i Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Oppsummering av kvalitets- og ytelsesbeskrivelse av Pirsenteret Pir I.

Bygningsselement	Beskrivelse
Fundamentering	Direkte fundamentering på kontinuerlige banketter.
Bæresystem	Prefabrikerte betongsøyler og -bjelker. Dekker av hulldekkeelementer. Avstivede skiver av prefabrikerte betongelementer. Gangbruer av prefabrikerte betongelementer. Understøttelse for glass utføres i stål
Glassgate	Stålkonstruksjon som avstivning for fasadene. Gitterdragere og stålåser som understøttelse for glasstak.
Yttervegger	Betongelementvegger: frilagt betong utvendig eller stålplatekledning. Isolasjon inni elementet og malt overflate innvendig. Yttervegg i glassgate og i kantine består av glassvegger.
Innervegger	Bindingsverksvegger med gips på begge sider og malte overflater. Murte vegger pusses eller fuges og med malte overflater. Betongelementvegger males på begge sider.
Dekker og gulv	Tynnavretting på hulldekkeelement i 2. - 5. etasje. Keramisk flis på gulv i kantinekjøkken og i WC-rom. Stålglatting og fugefritt belegg i verkstedhaller.
Yttertak	Min. 150 mm isolasjon på alle tak. To-lags tekking på kontorblokker og over verkstedhaller.
Himlinger	Systemhimlinger utført av T-skiner og himlingselementer av mineralull. Malte betongflater i resterende rom.
Gangbruer	Rekkverk av stål.
Trapper	Trapper utføres av prefabrikerte betongelementer.

4.3 Nordre gate 10

Nordre gate 10 er et kombinert forretningsbygg og kontorbygg fra 1972. Bygningen ble tidligere kalt Rønningsgården (E.C.Dahls Eiendom, 2022a), og bygget har et totalt areal på ca. 1600 m². Bilder av fasadene til Nordre gate 10 er vist i Figur 4.8.



(a)



(b)

Figur 4.8: (a) Nordre gate 10 sett fra Nordre gate og (b) Nordre gate 10 sett fra vest (baksiden).

Nordre gate 10 har totalt fire plan over terreng og et plan under terreng. Teknisk rom er plassert på taket. De ulike planene og deres funksjon er vist i Tabell 4.5.

Tabell 4.5: Plan og funksjoner i Nordre gate 10.

Plan	Funksjon
Kjeller	Butikkareal og lager
1	Butikkareal
2- 4	Kontorer med leietakere

Nordre gate 10 er plassert midt i Nordre gate, som er Trondheim sentrums handle- og gågate. Mot vest har bygget fasade ut mot Stiftsgårdsparken. Plasseringen av Nordre gate 10 er vist med svart sirkel på Figur 4.9.

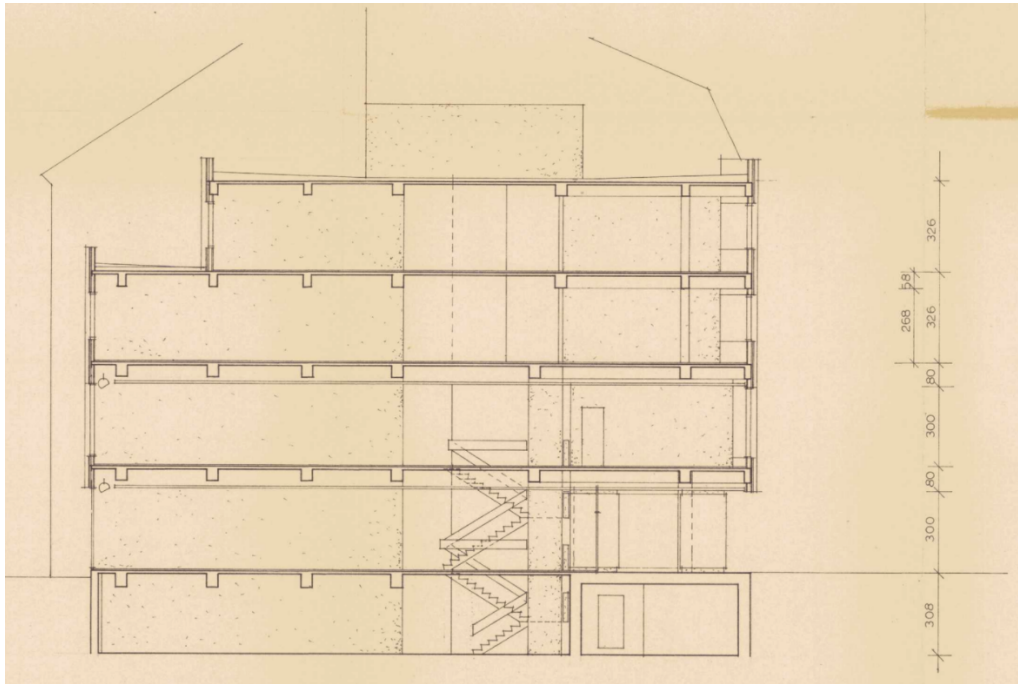


Figur 4.9: Situasjonsskart av Nordre gate 10 markert med grønt omriss og svart sirkel.

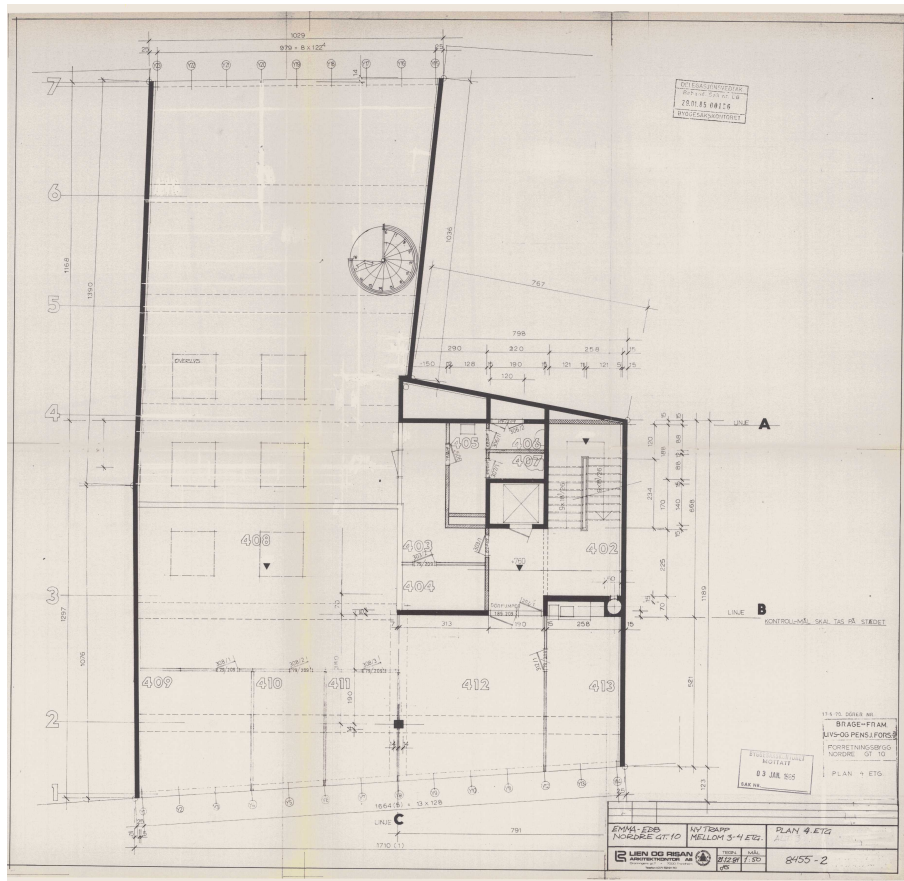
4.3.1 Arkitektur og byggtekniske beskrivelser

Nordre gate 10 har et moderne uttrykk, men er også tilpasset de eldre omgivelsene. Ettersom Nordre gate 10 er plassert mellom andre bygg, har bygningen bare to fasadesider. Bygget har glassfasade i hele fasaden utenom i første plan mot Nordre gate der butikken har store butikkvinduer og utstillingsmontre som gir et eldre uttrykk.

Kontorbygget er oppført med plasstøpte betongkonstruksjoner. Alle dekker inkludert gulv på grunn, etasjeskillere og yttertak er betongdekker. Etasjeskillere er understøttet med underliggende betongbjelker- og dragere og bærende betongvegger. Ytterveggene mot det fri er et fasadesystem med glass og metallprofiler. Yttertaket er bygget opp av isolasjon og taktekking. Figur 4.10 viser en original snittegning av Nordre gate 10 fra 1968, og Figur 4.11 viser en plantegning av fjerde plan fra 1985.



Figur 4.10: Snittegning av Nordre gate 10 fra 1968.



Figur 4.11: Plantegning av plan 4 i Nordre gate 10 fra 1985.

4.4 Nordre gate 12

Nordre gate 12 er et kontor- og forretningsbygg. Bygget ble oppført i to byggetrinn på slutten av 50-tallet og på tidlig 60-tallet. Tidligere ble bygningen kalt Møllergården, men har nå fått navnet Gjensidigegården. Det er utregnet et totalt areal på ca. 7000 m². Figur 4.12 viser et bilde av Nordre gate 12.



Figur 4.12: Bilde av Nordre gate 12 sett fra krysset mellom Nordre gate og Dronningens gate (E.C.Dahls Eiendom, 2022b).

Nordre gate 12 består av syv plan og et mesaninplan over terreng samt en kjeller og en underkjeller under terreng. De ulike planene og deres funksjon er vist i Tabell 4.6.

Tabell 4.6: Plan og funksjoner i Nordre gate 12.

Plan	Funksjon
Underkjeller	Lager og tekniske rom
Kjeller	Lager og tekniske rom
1	Butikkareal
Mesanin	Butikkareal
2- 7	Kontorer med leietakere

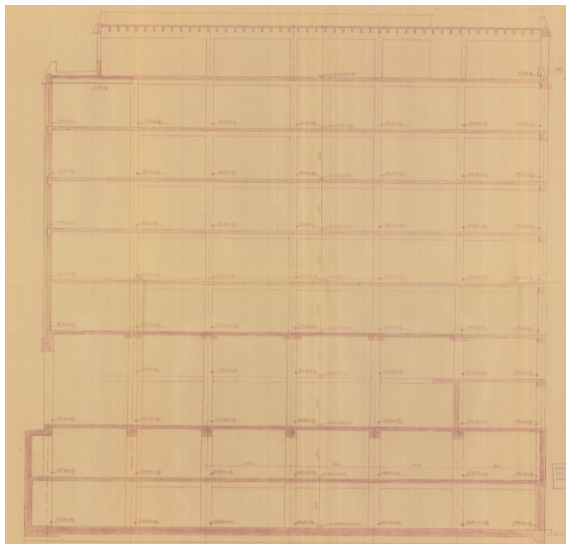
Nordre gate 12 er plassert i krysset mellom Nordre gate og Dronningens gate sentralt i Trondheims gågate. Kontorbygget ligger vegg i vegg med nabobygget Nordre gate 16 mot nord og Dronningens gate 18 mot vest, slik som vist på situasjonskartet i Figur 4.13.



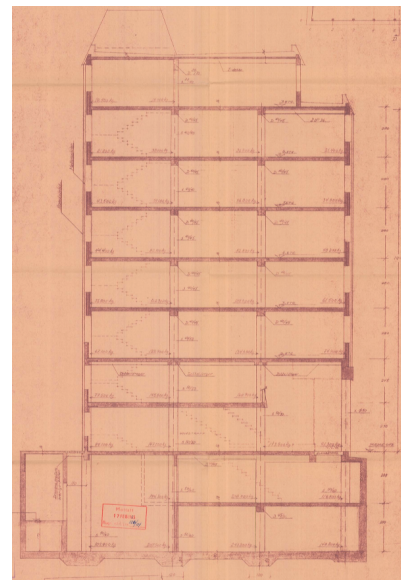
Figur 4.13: Situasjonskart av Nordre gate 12 omrisset med grønt.

4.4.1 Arkitektur og byggetekniske beskrivelser

Nordre gate 12 har et eldre uttrykk med grå betongfasade og vertikale hvite betongsøyler. Kontorbygget har et bæresystem av plastøppestøpt betong. Betongdekkene har underliggende drage- og bjelkesystem samt bæres av innvendige søyler og kjelleryttervegger. Figur 4.14 viser originale tegninger og statiske beregninger av bæresystemet fra 1955, mens plantegningen i Figur 4.15 viser utforming av planene samt spennviddene i bygget.

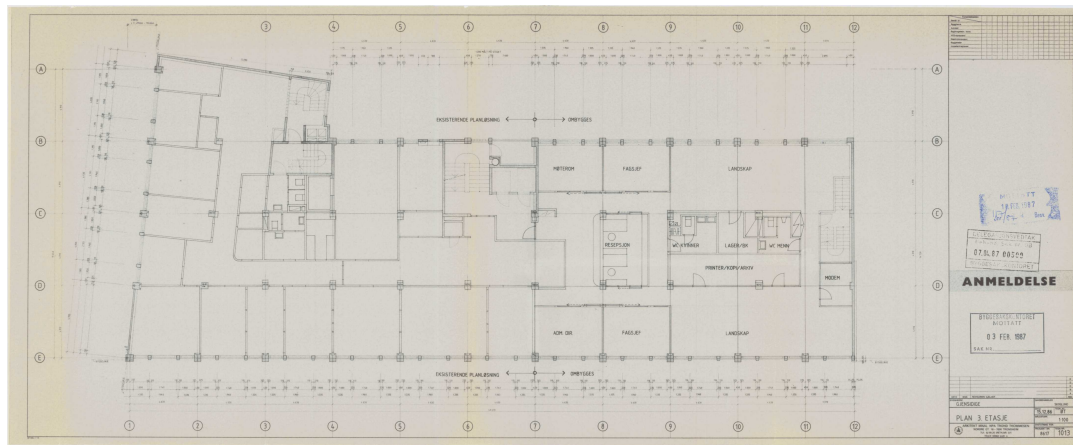


(a)



(b)

Figur 4.14: (a) Snittegning som viser bæresystemet fra langsiden og (b) snittegning som viser bæresystemet fra kortsiden.



Figur 4.15: Eldre plantegning av plan 3 i Nordre gate 12 fra 1986. Areal og utforming av plan er identiske oppover i etasjene.

Figur 4.15 viser at det er 4,63 m mellom hver søyle i lengderetning utenom helt nord hvor det er halve lengden. Spennviddene i dybderetning er fra 4,796 m til 4,91 m. Fra et byggedokument fra 1954 informeres det om oppbygning av ulike elementer i bygget. Disse er oppsummert i Tabell 4.7, og ut i fra befaringen antas det at noen av oppbygningene er relevante for bygget som står.

Tabell 4.7: Oppsummering av byggebeskrivelse fra byggetrinn 2 av Nordre gate 12 fra 1954.

Bygningsselement	Materialer og beskrivelse
Kjellergulv og etasjeskiller	Plassbygd betong.
Kjelleryttervegg	300 mm betong, innvendig treullsement og puss.
Yttervegger	Tett veggfelt med 15 cm armert plassbygd betong og innvendig isolert med siporex.
Brystninger	Støpte betongplater med lufttrom og siporex.
Isolasjonsmaterialer	Siporex, kork og treullsement.
Innervegger	150 mm sementstein.
Delevegger mellom kontorer	150 mm sementstein.
Resterende delevegger	Tre- og glassvegger.
Skillevegger mellom leietakere	1/2 teglstein med 1,5 cm puss.

5 Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene fra casestudiene. Det er kartlagt endringer som casebyggene har vært igjennom og disse vil først bli presentert for hvert kontorbygg. Deretter vil relevante bilder og supplerende informasjon hentet fra befaring presenteres. Videre er det utarbeidet en ombrukskartleggingsrapport som er en oppsummering av bygningskomponentene med materialoppbygging, mengder og tilstand. Det blir også lagt frem en enkel vurdering av ombrukspotensial ut i fra ombrukskartleggingen som utdypes videre i diskusjonkapitlet. De resulterende Excelarkene med utregnede materialmengder for hvert bygg er vist i Vedlegg C, Vedlegg D, Vedlegg E og Vedlegg F.

5.1 Prinsens gate 49

5.1.1 Kartlagte endringer i Prinsens gate 49

Kontor- og næringsbygget har gjennomgått noen endringer i løpet av levetiden på 19 år. En byggesak fra 2013 viser at inngangsdøren til butikken i første etasje ble flyttet fra Dronningens gate til hjørnet av bygget mellom Dronningens -og Prinsens gate. I 2019 ble en søknad godkjent om å ombygge kontorlokalene og oppgradere brannkonseptet ettersom Prinsens gate 49 og Dronningens gate 15 i praksis fungerer som ett bygg i dag. Inventaret i plan 2 og 3 ble oppgradert, og det er planlagt at resterende kontorplan også skal oppgraderes likt. Det ble også fjernet en trapp mellom plan 2 og 3 samt etablert en heis opp til øverste plan for universell utforming. Dokumentasjonen og befaringen tyder på at det ikke har vært flere store endringer utenom nevnte tiltak. Blant annet er vinduer, ventilasjonssystemet og sanitærutstyr ikke utskiftet.

5.1.2 Bilder og relevant informasjon fra befaring i Prinsens gate 49

Inventaret i kontorlokalene varierer mellom planene. To av planene har ny og oppgradert innredning med systemvegger av metall og teppeflis og parkett på gulvet. Resterende kontorplan har eldre systemvegger av tre og linoleumsgulv fra byggeåret. Det er systemhimlinger under alle tak og ut i fra befaringen er alle bad flislagt og har sanitærutstyr i god stand. I trappeoppgangen er det blant annet brukt samme tegl som i fasaden. Bilder fra befaring i Figur 5.1 viser noen av de innvendige materialene.



(a)



(b)



(c)

Figur 5.1: (a) Nye systemvegger og teppeflis i plan 2 og 3; (b) eldre vegger og gulv i resterende kontorplan og (c) flislagt bad.

5.1.3 Ombrukskartleggingsrapport for Prinsens gate 49

Resultatet av mengdeberegningen for Prinsens gate 49 i dokumentstudiet er vist i Vedlegg C. En ombrukskartleggingsrapport som oppsummerer resultatene med vurdering av ombrukspotensial er vist i Tabell 5.1.

Tabell 5.1: Ombrukskartleggingsrapport for Prinsens gate 49.

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial
Bærekonstruksjon av plasstøpte betongdekker, søyler og kjellervegger samt stålsøyler	250 mm tykke dekker med ulikt areal oppover i planene. Søyler med diameter 400mm, og romhøyde 2,75 m.	Relativt nytt fra tidlig 2000-tallet.	Nei, for lokal ombruk på grunn av plasstøpte komponenter.
Bæresystem av stål. Skråtak bygget opp av stålprofiler og rammer.	IPE220-profiler og IPE270-profiler fordelt over skrått- og flattak på ca. 625 m ² .	Uvisst. Ingen utvendig værpåkjening, men lastpåkjenninger.	Ja, men kan være utfordrende å demontere uten skade.
Teglstein i fasade og oppgang.	208 m ² med teglfasade og 141 m ² teglstein som innvendig kledning. Antas 63 stein/m ² (Randerstegl, 2022) tilsvarer det ca 22 000 stein.	Uvisst om tilstand på fasaden, men opplyses på befaring om årlig vedlikehold. Teglstienen inne har mindre klimapåkjenninger	Ja, bestandig.
Fasadesystem med glass type Schuco FW50SG system.	473 m ² med glassystem, fordelt på fire etasjer.	Fra 2003, ikke byttet ut siden. Fasadesystemet er dokumentert.	Ja, relativt nytt fra 00-tallet og kan dermed oppnå energikrav og enkel tilpasning til ny fasade.
Vinduer i ulike størrelser.	275 m ² med vinduer fordelt på alle etasjene. Uvisste dimensjoner.	Fra 2003. Meldt om kaldras fra noen vinduer.	Nei, oppnår sannsynligvis ikke energikrav.
Fasadepanel av aluminium glattpanel.	470 m ² med metallpanel. Antatt 4 mm tykkelse.	Uvisst. Påkjenninger fra vær og vind.	Ja, lang levetid. Ødelagte panel kan materialgjenvinnes.
Ventilasjonskanaler.	Fra 2003. Dimensjonert for bygget.	Ut i fra befaring virker det i god stand. Må etter hvert bytte ut komponenter.	Ja, fra tidlig 2000-tallet og dermed kompatibelt med nyere systemer.
Systemvegger av tre og glass	Mellom alle kontorer og møterom i tre plan. Antar høyde opp til tak på 2,75 m, og ca. 106 m med systemvegger.	Fra 2003. Ingen synlige skader i glass.	Ja, ser eldre ut men kan enkelt oppgraderes med et malestrøk.
Systemvegger av aluminium og glass	Mellom alle kontorer og møterom i to plan. Antar høyde opp til tak på 2,75 m, og ca. 140 m med systemvegger.	Nylig oppgradert og i veldig god stand.	Ja.
Systemhimlinger	Ca. 1300 m ² med himling. Lik systemhimling i alle kontorplan. Standard systemhimling.	I god stand.	Ja, kan enkelt bytte ut én og én himlingsflis ved behov.
Sanitærutstyr som servanter og klosetter av porselen.	15 stk servanter og 15 stk klosetter.	Alt er fra 2003. Ingen synlige skader og ser ut som de er i god stand.	Ja. Tidløst og moderne design fra tidlig 2000-tallet.

Fortsettelse på neste side ...

... Fortsettelse

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial
Lettvegger av bindingsverk og gips	Standard lettvegger av bindingsverk kledd med 13 mm gips på begge sider. Ca. 378 m med lettvegger i kontorarealene.	I god stand fra 2003.	Nei. Energigjenvinning av treverk og materialgjenvinning av gips.
Gulvbelegg av teppeflis og linoleumsgulv.	Ca. 580 m ² med teppeflis og 636 m ² med linoleumsgulv.	Teppeflis er helt ny, linoleumsgulv fra 2003 med en del bruksmerker.	Ja for teppeflis er enkelt å ombruke siden det ikke limes på underlaget. Linoleumsgulvet kan materialgjenvinnes.

5.2 Pirsenteret Pir I

5.2.1 Kartlagte endringer i Pir I

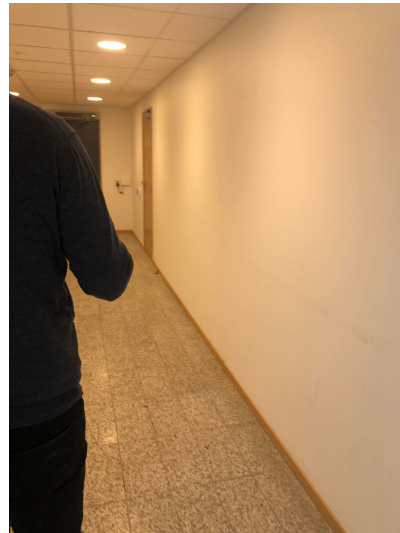
Det har skjedd flere endringer i Pir I siden byggeåret 1988. Ut i fra befaringen kom det frem at kontorbygget er oppdatert til «dagens standard». Felles for alle blokkene i bygget er at ventilasjonssystemet ble byttet i 2015 og dermed ble det dannet nye ventilasjonssjakter. De synlige ventilasjonskanalene i i glassgaten ble følgelig fjernet. Dette førte videre til nytt teknisk rom på tak samt endring og oppgradering av alle kontorlokaler i hele bygget. Alle toaletter er oppgraderte og alle radiatorer er nye. I blokk 1 ble flere av vinduene mot sjøsiden skiftet ut og i blokk 3 ble det oppført nytt sprinkleranlegg i 2018 i alle plan. Ut i fra befaringen ble det fanget opp at veggene inn mot glassgaten har blitt oppgradert med 40 mm lydisolasjon på begge sider. I tillegg er det et pågående arbeid for å bytte ut gamle treinnramminger til prefabrikerte aluminiumsinnramminger rundt vinduene ut mot glassgangen. Alle innvendige tredører er også planlagt å skiftes ut med nye dører mer tilpasset universal utforming.

5.2.2 Bilder og relevant informasjon fra befaring i Pir I

Ettersom alle kontorarealer er oppgradert til samme standard er det lik materialbruk i alle plan. Det er systemhimlinger med T-profil, teppeflis som gulvbelegg og spotter som standard belysning i alle kontorer. I tillegg brukes systemvegger av aluminium og glass inn i alle kontorceller og møterom, mens lettvegger med gips brukes som skillevegger. I gangene og i glassgaten er gulvene flislagt med vinylfliser. Bilder fra befaring som viser disse innredningene er vist i Figur 5.2 og Figur 5.3.



(a)



(b)

Figur 5.2: (a) Systemhimling, systemvegger og teppeflis i alle kontorarealer og (b) ganger med systemhimling og fliser.



(a)



(b)

Figur 5.3: (a) Glassgaten med fliser og gipsvegger og (b) bøkedører på gangbruene i glassgaten inn til kontorarealer.

5.2.3 Ombrukskartleggingsrapport for Pir I

Resultatet av mengdeberegningen for Pir I er vist i Vedlegg D. En ombrukskartleggingsrapport som oppsummerer resultatene med vurdering av ombrukspotensial er vist i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Ombrukskartleggingsrapport for Pir I.

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial?
Bærekonstruksjon av prefabrikerte hulldekker, med søyle- og dragersystem. Avstivede betongelementvegger.	270 mm hulldekker med 30 mm påstøp og 10,8 m spennvidde. Ulike dekkeareal men ca. 3600 m ² i de fleste plan. Totalt ca. 2391 m ² med betongelementvegger. Romhøyden er 3 m i de fleste plan.	Konstruksjon fra 1988.	Ja, enten for lokal ombruk eller ekstern ombruk. Gulv i verkstedhall med epoxybelegg må anses som avfall.
Stålplatekledning i fasaden.	1359 m ² med stålplater.	Uvisst om tilstand på fasaden, men ikke skiftet ut siden 1988.	Ja, antas lang levetid og enkel demontering.
Glassfasadesystem.	2030 m ² med glassystem i stål- og aluminiumskonstruksjon.	Fra 1988. Pakninger er skiftet ut i løpet av levetiden.	Nei, eldre glassfasade som gjør det utfordrende å oppnå fremtidig energikrav og tilpassning.
Vinduer i ulike størrelser.	1111 m ² med vinduer fordelt på alle etasjene.	De fleste fra 1988, men noen mot sjøsiden er nylig byttet.	Nei, oppnår ikke energikrav. Eventuelt til annet formål.
Ventilasjonskanaler.	Nytt fra 2015. Overdimensjonerte sjakter for å kunne tilpasses endrede brukerbehov.	I god stand og med automasjon.	Ja, kan være kompatibel med nyere systemer.
Systemvegger av aluminium og glass.	Mellom alle kontorer og møterom i plan 2-5. Antar høyde opp til tak på 3 m, og ca. 1071 m med systemvegger.	Nye.	Ja, store mengder like systemvegger tilgjengelig.
Lettvegger av bindingsverk og gips.	Standard lettvegger av bindingsverk kledd med 13 mm gips på begge sider. Store mengder, sannsynligvis over 6173 m med lettvegger i hele bygget.	De fleste er nok nye etter oppgradering av alle kontorlokaler.	Nei. Energigjenvinning av treverk og materialgjenvinning av gips.
Systemhimling av mineralull.	12374 m ² med systemhimling i alle plan. Standard 20 mm plater.	Nye og i god stand.	Ja, standard mål og enkelt å ombruke. Store mengder like himlingsplater.
Gulvbelegg av teppeflis, vinylflis og keramisk flis.	Ca. 9190 m ² med teppeflis og 4122 m ² med vinylflis fordelt over alle plan. Keramisk flis på alle bad og i kantine på 682 m ² .	Teppeflis med gummi-belegg er helt ny, vinylflis og keramisk flis fra 1988.	Teppeflis og keramisk flis har stort ombrukspotensial. Vinylflisen må anses som farlig avfall.

Fortsettelse på neste side ...

... Fortsettelse

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial?
Sanitærutstyr som servanter og klosetter av porselen.	91 stk servanter og 94 stk klosetter.	Alt er nytt og oppgradert i forbindelse med ombygging av kontorarealer.	Ja.
Innvendige dører av bøk.	En dør inn til alle kontorarealene fra glassgaten.	Fra byggeåret 1988. Ser ut som de er i god stand og i standard størrelse.	Ja, til formål uten krav til universell utforming. Kan også males for mer moderne uttrykk.
Te-kjøkken.	3 kjøkken i hvert kontorplan som gir totalt 15 kjøkken.	Nytt i forbindelse med ombygging av alle kontorarealer.	Ja, store mengder.

5.3 Nordre gate 10

5.3.1 Kartlagte endringer i Nordre gate 10

Det er også gjort endringer i Nordre gate 10. I 2019 ble det fjernet en trapp mellom butikken og plan 2, og utsparringen ble tettet. Innredningen i plan 2 ble også oppgradert i kombinasjon med trappefjerningen. De større endringene skjedde i 2021 da både fasaden og resterende kontorlokaler ble oppgradert. Glassfasaden er dermed ny, men med likt utseende som da bygget ble oppført. Kontorarealene i plan 3 og 4 ble renoverte innvendig, men parketten ble ombrukt. På befaring ble det gitt informasjon om at ventilasjonsanlegget har blitt skiftet ut i løpet av byggets levetid ettersom det tidligere var asbest i anlegget. Det er også nye sanitærrør og bad med nye toaletter og servanter.

5.3.2 Bilder og relevant informasjon fra befaring i Nordre gate 10

De to øverste etasjene har en romhøyde på 2,6 m opp til dragerne, men det er valgt å ikke etablere nedsenket flat himling, og heller eksponere de bærende dragerne. Dette er vist i bildet tatt fra befaring i Figur 5.4.

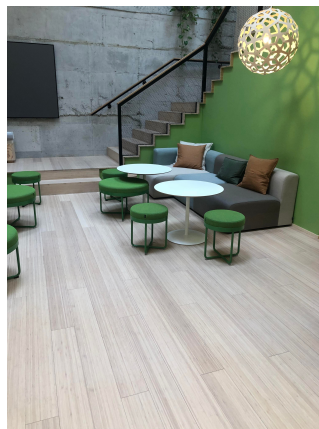


Figur 5.4: Bilde som viser bæresystem mellom plan 3 og 4 i Nordre gate 10.

Glassfasaden og fire takvinduer bidrar til nødvendig lys i kontorlokalene. I kontorplanene er det brukt teppeflis eller parkett som gulvbelegg og badene er flislagt, slik som vist i bildene tatt fra befaring i Figur 5.5.



(a)



(b)



(c)

Figur 5.5: (a) Teppeflis i plan 2; (b) parkett i plan 3 og 4 og (c) flislagt bad.

I kontoretasjene er det også systemhimlinger med både skjult og synlig ventilasjonssystem. I tillegg er det systemvegger med glass og dører inn til kontorceller og møterom. Resterende lettvegger er bindingsverk av tre med gips. Bilder fra befaringen i Figur 5.6 viser systemhimlingen og systemveggene som er brukt i Nordre gate 10.



Figur 5.6: (a) Systemhimling; (b) systemvegg i plan 2 og (c) systemvegg i plan 3 og 4.

5.3.3 Ombrukskartleggingsrapport for Nordre gate 10

Resultatet av mengdeberegningen for Nordre gate 10 er vist i Vedlegg E. En ombrukskartleggingsrapport som oppsummerer resultatene med vurdering av ombrukspotensial er vist i Tabell 5.3.

Tabell 5.3: Ombrukskartleggingsrapport for Nordre gate 10.

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial
Bærekonstruksjon av plasstøpt betongdekke- og veggkonstruksjon. Bærende betongvegger inntil nabobyggene.	200 mm dekker på 312 m ² hver med underliggende dragere. Romhøyde varierer i etasjene, men er 2,6 m i de to øverste planene.	Konstruksjon fra 1972.	Ja, for lokal ombruk.
Glassfasadesystem.	274 m ² med glass og 35 m ² med metallprofiler. Antar bæresystem av stål.	Nylig byttet i 2021.	Ja, helt nytt og kan nok enkelt tilpasses ny fasade.
Systemvegger av aluminium og glass.	Mellom alle kontorer og møterom i kontorplanene. Varierende høyde opp til tak i planene, og ca. 120 m med systemvegger.	Nye moderne systemvegger og i veldig god stand.	Ja.
Lettvegger i bindingsverk av tre og gips	Standard lettvegger kledd med 13 mm gips på begge sider. Anslag på 120 m med lettvegger i kontorarealene.	Nylig oppført i forbindelse med renovering av kontorarealene.	Nei. Energigjenvinning av treverk og materialgjenvinning av gips.
Systemhimlinger.	Ca. 870 m ² med himling. Samme systemhimling i alle kontorplan. Standard systemhimling.	Nye og i god stand.	Ja, vil være i god stand lenge siden de er nye.

Fortsettelse på neste side ...

... Fortsettelse

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial
Parkett.	Ca. 558 m ² med parkett i de to øverste kontorplanene.	Allerede ombrukt siden forrige oppgradering i kontoret. Parketten er tykk og solid.	Uvisst ettersom den allerede er ombrukt.
Gulvbelegg av teppeflis.	Antagelse på ca. 280 m ² med teppeflis i det ene kontorarealet. Ligger løst med gummibelegg under.	Teppeflis er helt ny med vanlig standard.	Ja, vil være lett å ombruke.
Ventilasjonskanaler	Store tilluftskanaler i alle plan med foregreininger. Dimensjonert etter brukerne.	Helt nytt.	Ja, siden det er nylig oppgradert vil det mest sannsynlig være kompatibelt med fremtidige løsninger.
Sanitærutstyr som servanter og klosetter av porselen.	8 stk servanter og 8 stk klosetter i hele bygget.	De fleste installasjonene er nylig byttet ut. Noen servanter og klosetter fra 70-tallet er bevart. Ingen synlige skader og ser ut som de er i god stand.	Ja, spesielt det nye sanitærutstyret. Ikke sikkert de eldre installasjonene kan tilpasses nyere utstyr i fremtiden.
Terrassebord på takterrassen.	Takterrassen på halve takplanet.	Takterrassen er nylig etablert. Terrassebord i god stand.	Nei, vil nok ligge mest potensial i energigjenvinning siden de utsettes for klimapåkjenninger.

5.4 Nordre gate 12

5.4.1 Kartlagte endringer i Nordre gate 12

Nordre gate 12 har vært igjennom mange endringer igjennom levetiden på over 60 år. Bygget har blant annet vært igjennom flere ombygginger av kontorlokalene. Det er gjort flere ominnredninger av kontorarealene der blant annet innervegger ble erstattet med systemvegger og flere cellekontor ble revet og erstattet med kontorlandskap. Dokumentasjonen viser også at noen av kontorene har blitt ombygget flere ganger, senest i 2021. I 2018 ble det etablert nytt ventilasjonsanlegg med rørføringer i alle plan, noe som også ble bekreftet under befaringen. Ut i fra befaring ble det fanget opp at også vinduene og dørene er byttet i løpet av levetiden, men er mest sannsynligvis fortsatt gamle. Elektro- og sanitærutstyr har også blitt utskiftet, men er fortsatt eldre systemer.

5.4.2 Bilder og relevant informasjon fra befaring i Nordre gate 12

Ut i fra befaring ble det observert og informert om oppbygning av innvendige vegger slik som beskrevet i Tabell 5.4.

Tabell 5.4: Innevegger i ulike plan ut i fra befaring og byggebeskrivelsene.

Kontorplan	Innvendige vegger
2-3	Systemvegger av tre og glass foran alle cellekontor.
4-6	Eldre innevegger av betong, tegl og bindingsverk av tre.
7	Nytt med åpne landskap og bindingsverkvegger av tre.

Ytterveggene av betong er kledd med tynne betongplater. Kontorplanene har ulike innredninger, men befaringen viste at det for det mest er brukt eldre systemvegger av tre og glass i mellom cellekontorer, innvendige tegl- og betongvegger som skillevegger og nyere åpne kontorlandskap med bindingsverksvegger av tre. Bilder av to ulike kontorplan i Nordre gate 12 er vist i bilde (a) og (b) i Figur 5.7.



Figur 5.7: (a) Eldre systemvegger i plan 3; (b) nyere åpent landskap i plan 7 og (c) steinheller i oppgang i plan 1.

I plan 7 med nyere innredning er det systemhimling og teppelis som gulvbelegg, slik som vist i Figur 5.7 (b). Kontorplanene som ikke er like nyoppusset har eldre gulvbelegg som antas å være linoleumsgulv og ingen himling, ettersom det ville påvirket romhøyden. Dette gjelder plan 4 til 6, og her er ventilasjonen i egne sjakter på sidene i taket. Fra trappeoppgangene og inn i kontorarealene er det gamle, massive inngangsdører av tre. Oppgangen til kontorene er kledd med tilsvarende betongplater som i fasaden og med steinheller på gulvet.

5.4.3 Ombrukskartleggingsrapport for Nordre gate 12

Resultatet av mengdeberegningen for Nordre gate 12 er vist i Vedlegg F. En ombrukskartleggingsrapport som oppsummerer resultatene med vurdering av ombruks-

potensial er vist i Tabell 5.5.

Tabell 5.5: Ombrukskartleggingsrapport for Nordre gate 12.

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial
Bærekonstruksjon av plasstøpte betongdekker på dragere, søyler og kjellervegger.	160 mm dekker og og dragere. Betongdekkene i kontorarealene er alle 700 m ² . Romhøyde varierer i etasjene, men er relativt lav og lavest i øverste plan.	Konstruksjon fra 60-tallet.	Ja, er nok fortsatt bestandig for lokal ombruk.
Fasade med betongplater.	2041 m ² med betongplater.	Ikke dokumentert utskiftning av fasade eller opplyst om dette på befaring, så betongplatene antas originale fra 60-tallet.	Nei, antas vanskelig demontering. Kan knuses og brukes som tilslag.
Vinduer med aluminiumsrammer.	1054 m ² med vinduer fordelt på alle etasjene.	Utskiftet siden 60-tallet, men fortsatt gamle i følge befaring.	Nei, oppnår sannsynligvis ikke dagens energikrav.
Innervegg av 1/2-teglstein.	Teglvegg med puss som innervegger i plan 4-6.	Sannsynligvis god tilstand ettersom teglsteinen er plassert innendørs.	Ja, bestandig. Derimot ikke store mengder.
Systemvegger av tre og glass.	Mellom kontorer og møterom i plan 2 og 3.	Systemvegger av tre fra 1987 i følge dokumentasjonen.	Ja, dersom glasset er tykt nok til å oppnå akustikk- og brannkrav. Kan male treverket for mer moderne utseende.
Lettvegger i bindingsverk av tre og gips	Store mengder i de fleste kontorarealer.	Uvisst. Gipsvegger i øverste plan er nye, resterende er gamle.	Nei. Energigjenvinning av treverk og materialgjenvinning av gips.
Systemhimlinger.	Bare systemhimling i øverste plan. Antageligvis ca. 350 m ² med himling. Standard systemhimling.	Nye og i god stand.	Ja, enkelt og vil være i god stand lenge siden de er nye.
Teppeflis.	Antagelse på ca. 290 m ² med teppeflis i kontorarealet i plan 7.	Teppeflisene er helt nye med vanlig standard.	Ja, vil være lett å ombruke.
Linoleumsgulv.	Antatt ca. 1750 m ² med linoleum i kontorplan 2-6.	Sannsynligvis gammelt gulvbelegg. En del bruksmerker.	Nei. Energigjenvinning.
Skiferheller i oppgang.	Antatt ca. 55 m ² i oppgang til kontorene.	Sannsynligvis originale fra 60-tallet.	Nei, kan være vanskelig å demontere uten skade.
Ventilasjonskanaler	To stk ventilasjonssystem for bygget.	Det ene er 10-12 år gammelt og relativt nytt, mens det andre er i følge befaringen mye eldre.	Ja, for de nye ventilasjonskomponentene.

Fortsettelse på neste side ...

... Fortsettelse

Komponent og materialer	Mengder og dimensjoner	Tilstand	Ombrukspotensial
Sanitærutstyr som servanter og klosetter av porselen.	36 stk servanter og 30 stk klosetter.	Har blitt byttet ut siden byggeår, men i følge driftsleder på befaring er utstyret gammelt og utdatert.	Ja, potensial for det som er i god behold.
Innvendige tredører.	Få åpne landskap i kontorarealene og derfor mange innvendige tredører i bygget. Også massive dører inn til kontorarealene fra trappeoppgang.	De fleste ser ut til å være i god stand. Noen hadde hull igjennom.	Ja, dørene som fortsatt en brannsikre kan ombrukes.

5.5 Oppsummering av noen kartlagte bygningskomponenter

Tabell 5.6: Bæresystem i de ulike tidstypiske kontorbygningene.

Dekker			
Casebygg	Byggeår	Materialer	Dimensjoner
Prinsens gate 49	2003	Plasstøpt betong og bærende stålkomponenter	Varierende dekkeareal fra ca. 640 m ² til ca. 300 m ²
Pir I	1988	Hulldekker og betong-elementvegger	ca. 5800 m ² dekke i plan 1 og ca. 3600 m ² dekker i resterende plan
Nordre gate 10	1972	Plasstøpt betong	312 m ² dekker
Nordre gate 12	50/60-tallet	Plasstøpt betong	700 m ² dekker

Tabell 5.7: Fasadematerialer i de ulike tidstypiske kontorbygningene.

Fasadematerialer			
Casebygg	Byggeår	Materialer	Dimensjoner
Prinsens gate 49	2003	Tegl, fasadeglass og aluminiumpanel	208 m ² tegl, 474 m ² med fasadeglass og 470 m ² metallpanel
Pir I	1988	Betongplater, fasadeglass og stålplater	2400 m ² betongplater, 2030 m ² fasadeglass og 1360 m ² stålplater
Nordre gate 10	1972	Fasadeglass og metallprofiler	274 m ² glass
Nordre gate 12	50/60-tallet	Betongplater	2041 m ² med betongplater

6 Diskusjon

Diskusjonskapittelet diskuterer forskningsspørsmålene på bakgrunn av resultatene og teorien. Først blir bygningskomponentene som er kartlagt i resultatene diskutert og knyttet opp mot representativitet. Videre blir ombruk av de kartlagte bygningskomponentene diskutert ut i fra et teknisk og økonomisk perspektiv. Det presenteres en oversikt over hvilke komponenter som er egnet til ombruk ut i fra diskusjonen. Til slutt blir det utarbeidet to forslag til hvordan ombruk fra den eksisterende bygningsmassen kan etableres i industriell skala. Det blir tatt utgangspunkt i funnene og metodene i denne oppgaven. Det blir også vurdert noen overordnede faktorer som kreves for å industrialisere ombruk.

6.1 Hvilke bygningskomponenter finnes i tidstypiske kontorbygninger?

Resultatene viser bygningskomponentene som er kartlagt i de tidstypiske kontorbygningene. Kartleggingen som er utført i denne oppgaven er gjennomført for å få detaljert informasjon om bygningskomponentene i eksisterende kontorbygninger. Dette står i kontrast til å undersøke materialstrømmer som ikke nødvendigvis gir et resultat som kan si nøyaktig hva som finnes i bygninger. I denne kartleggingen har det derfor vært viktig å kartlegge informasjon om materialtyper og oppbygging av komponenter samt dimensjoner og tilstand. De fire casebyggene i denne studien kan alle sies å være påvirket av internasjonal modernisme med bruk av materialer som glass, stål og betong.

Prinsens gate 49 er tidstypisk kontorbygg fra tidlig 2000-tallet og resultatene viser at bygget har mange moderne bygningskomponenter. Kontorbygget er tydelig påvirket av 90-tallsnyfunksjonalisme. Bygget har mye moderne glassfasade kombinert med ulike materialbruk og samspill med omgivelsene. Det er for det meste plasstøpt betong- og stålkompontener i bæresystemet, mens ytterveggene er bygget opp av typisk bindingsverk av tre og mineralull. Betongdekkene varierer i areal på grunn av skråtak oppover i etasjene. Prinsens gate 49 har mye bestandig tegl brukt utvendig som fasademateriale og som innvendig overflate. Det er også mye glass i konstruksjonen, både i fasadesystemet og i vinduer, men også i innvendige systemvegger. Det er kartlagt en del metallkomponenter som de bærende stålkompontentene, store mengder med tynne fasadepanel av aluminium og ventilasjonskanalnett. Det antas at kanalnett er laget av stål. Dimensjonen av stålprofilene i taket samt glassfasadesystemet er i tillegg dokumentert. Kontorbygget er oppført etter den voksende interessen for byggeskikk, som sannsynligvis har ført til at bygget har mange standard sjiktoppbygninger av blant annet yttervegger og innervegger. Etersom bygget fortsatt har lang restlevetid, er de originale komponentene for det meste fortsatt i bygget. Likevel er bygget preget av innvendige endringer som blant annet at bindingsverksvegger er erstattet med systemvegger.

Pir I er et typisk kontorbygg fra sent 80-tallet, men i følge resultatene er alle innvendige komponenter endret. Likevel står det originale bæresystemet uten store endringer. Kontorbygget er preget av teknologi og glassbruk, men også dekonstruk-

sjon. Pir I består av fire ulike blokker i ulike former, høyder og fasadematerialer som sammen utgjør hele bygget. I motsetning til de andre casebyggene, er Pir I bygget opp av hulldekker og elementvegger. Hulldekkene har en tykkelse på 270 mm med 30 mm påstøp, og en romhøyde på 3 m ekskludert dragerne. Det kan bety at bygget ble bygget med tanke på fleksible løsninger, ettersom høy romhøyde gir flere muligheter til leietakertilpasning. I tillegg blir bygget karakterisert av den store glassgaten mellom blokkene som også tidligere hadde synlige ventilasjonsrør langs glassveggene. Ventilasjonsanlegget er nytt, og i følge resultatene fra befaringen er det også overdimensjonert for å tilpasses endringer i leietakere. Ettersom kontorbygget er massivt er det store mengder med alle bygningskomponenter som hulldekker, betongelementvegger, vinduer, fasadematerialer, ventilasjonskanaler samt alle innvendige komponenter som platematerialer og utstyr.

Nordre gate 10 er et mindre kontorbygg fra tidlig 70-tallet med et moderne uttrykk. I likhet med Pir I er Nordre gate 10 påvirket av teknologi og glass. Samtidig har kontorbygget et tradisjonelt utseende som en firkantet boks med flatt tak, men dette er nok også en konsekvens at byggets plassering mellom to andre bygg i Trondheims handlegate. Hele fasaden er glassfasade som nylig ble endret i 2021, sannsynligvis et resultat av glassets høye U-verdi eller dårlige akustiskegenskaper. Bæresystemet er bygget opp av plastøppte betongdekker med underliggende dragere og bærende nabovegger. Alle dekkene er ca. like oppover i etasjene på ca. 300 m², utenom dekke mellom 4. og 3. etasje vist i Figur 5.4 hvor det er kuttet et hull betongen for å åpne opp mellom planene. Etasjehøyden er ulik i etasjene, men med de underliggende dragerne får de to øverste etasjene en romhøyde på kun 2,6 m. Alle kontorarealene har også gjennomgått flere endringer og har i dag moderne systemvegger og interiør. Det er flere nye metallkomponenter i fasaden i form av metallprofiler og i det nylig oppgraderte ventilasjonssystemet.

Nordre gate 12 er i likhet med Pir I et stort kontorbygg, men er bygget på slutten av 50-tallet og slutten av 60-tallet og har følgelig et eldre tidstypisk uttrykk. Nordre gate 12 har en skivestil med ikke-bærende yttervegger av betong med tynne betongplater. I tillegg er det bygget som en rektangulær kloss med flatt tak. Bæresystemet er bygget i plastøppte betong med relativt store dekker på 700 m² som bæres av dragere og søyler. De underliggende dragerne gjør at romhøyden er relativt lav, spesielt i øverste etasje der romhøyden er kun 2,5 m. Det er ganske store mengder med tynne betongplater som fasadematerialet ettersom bygget er stort. Det er også mange vinduer i fasaden, men selv om de er byttet ut i løpet av levetiden kan det ut i fra resultatene virke som de fortsatt er for gamle til å oppnå dagens krav til energi og akustikk. I motsetning til de andre casebyggene består de fleste kontorlokale i Nordre gate 12 av eldre komponenter. Som resultatene viser ble det fanget opp på befarings at to plan har eldre systemvegger, mens tre plan har enda eldre utforming med innervegger av betong, tegl eller tre. Én etasje var oppgradert til åpningslandskap med systemhimling og teppebelegg. Nordre gate 12 har også to ulike ventilasjonsanlegg, der det ene er relativt nytt mens det andre er gammelt.

Det er ønskelig å kunne generalisere resultatene fra casestudiene for å omfatte større deler av den eksisterende bygningsmassen. Derfor er det utarbeidet en tabell med noen bygningskomponenter som er forventet å finne i ulike kontorbygninger, som vist i Tabell 6.1.

Tabell 6.1: Bygningskomponenter i kontorbygninger basert på byggeår og arkitektonisk stil.

Bygningskomponenter i kontorbygg				
Byggeår	Arkitektonisk stil	Typisk bæresystem	Typisk fasademateriale	Typisk yttervegg
1990-2010	90-tallsny-funksjonalisme	Betong- og stål-konstruksjon	Glass, tegl og metallplater	Bindingsverksvegger
1980-1990	Konstruksjon, teknologi og glass	Betong-konstruksjon	Glass, betong og metallplater	Betongvegger
1965-1975	Konstruksjon, teknologi og glass	Betong-konstruksjon	Glass og betong	Betongvegger
1950-1965	Skivestil	Betong-konstruksjon	Tynne plater av f.eks. lettbetong eller puss	Betongvegger

Det ligger mye usikkerhet knyttet til generalisering av resultatene fra casebyggene. Selv om casebyggene er tidstypiske, viser resultatene at kontorbygningene har gjennomgått en del endringer i løpet av levetiden. Kontorbygg er spesielle ettersom byggene ofte har skiftende leietakere, og dermed skiftende behov som fører til endringer. Til og med Prinsens gate 49 som er et kontorbygg fra tidlig 2000-tallet har allerede gjennomgått flere endringer. Ettersom byggene har mange endringer er det usikkert om byggene egentlig er representative for sine tidsperioder. Samtidig viser resultatene at de fleste endringene for det meste har påvirket innvendige komponenter. Selve bæresystemet, tunge komponenter og komponenter som i følge laginndelingen av bygninger har lengst levetid, er det gjort få endringer med. Derfor kan Tabell 6.1 representere de mest sannsynlige bygningskomponentene å finne i ulike tidstypiske kontorbygg. Det vil likevel være avvik fra tabellen ettersom en generalisering ikke er en fasit.

Selv om alle casebyggene har gjennomgått flere endringer, viser resultatene mange typiske innvendige bygningskomponenter for kontorbygninger. For de tidstypiske kontorbyggene fra 70- og 80-tallet er de fleste innvendige komponenter helt utskiftet og nye i dag. Dette innebærer for eksempel nye systemvegger i aluminium og glass, teppefliser og himlingsplater. I tillegg er sanitærutstyret og ventilasjonskanalene i stål skiftet ut. For casebygget fra 50/60-tallet er det derimot kartlagt flere eldre komponenter ettersom mange av endringene også er gamle, men det er likevel de samme type komponentene. Casebygget fra tidlig 2000-tallet har både helt nye komponenter og komponenter fra byggeåret, og de samme komponenttypene går igjen her også. Som teorien viser er for eksempel teppefliser og himlingspalter lett å vedlikeholde og endre, og dette er bygningskomponenter som er typisk for de fleste eksisterende kontorbygg. På en annen side er det eiendomsbesitter som bestemmer utformingen av sine kontorbygg, og ulike besittere kan derfor utforme ulikt. Ettersom det er samme eiendomsfirma som eier alle casebyggene i denne studien, kan dette ha påvirket de store likhetene i innvendige bygningskomponenter.

6.2 Hvilke bygningskomponenter i eksisterende kontorbygninger egner seg for ombruk i et teknisk og økonomisk perspektiv?

Denne oppgaven har pekt på ombrukspotensial av flere bygningskomponenter. Tabell 2.3 i teorien trekker frem potensialet for materialer som er energikrevende å produsere, raskt i omløp på tross av levetid og som utgjør en stor andel av avfallet fra byggesektoren. Tabell 2.4 derimot, oppsummerer ombrukspotensial av det bransjen refererer til som «lavthengende frukter» som er lettere og mindre energikrevende komponenter med kortere levetid i følge laginndelingen vist i Figur 2.13. Det er mange faktorer som vil påvirke muligheten for ombruk, men videre vurderes ombruk av bygningskomponentene fremhevet i Del 6.1 ut i fra et teknisk og økonomisk perspektiv.

Det er forskjell på å vurdere ombruk av en komponent ut i fra et teknisk og økonomisk perspektiv. Et teknisk perspektiv impliserer faktorer som påvirker en komponent sine tekniske egenskaper. I følge SINTEF Byggforsk er de tekniske egenskapene avhengig av levetiden. Levetiden til en bygningsskomponent vil igjen være avhengig av hvor robust materialene er, men også belastninger under levetiden og dermed nåværende og fremtidig tilstand. De tekniske egenskapene til en bygningsskomponent er også avhengig av oppbyggingen og monteringen i det eksisterende bygget ettersom dette påvirker demontering og mulighetene til å remontere en god teknisk komponent ved ombruk. Det er også viktig å ta hensyn til bærekraftig utvikling ved vurdering av ombruk. Bærekraftig utvikling handler om å se sammenhengen mellom miljømessige, økonomiske og sosiale forhold. Det økonomiske aspektet blir derfor også vurdert ved ombruk av bygningskomponenter. Dette er et viktig perspektiv ettersom mange aktører peker på at kostnader er en sentral utfordring ved ombruk.

Sett ut i fra et rent teknisk perspektiv vil bygningskomponentene med lang levetid være godt egnet for ombruk i eksisterende kontorbygninger. Dette vil for eksempel gjelde bæresystemet til kontorbygninger som er bygd opp av tunge materialer som også utgjør en stor andel av avfallsstatistikken fra byggebransjen. Alle casebyggene har bæresystem i betong, og det er derfor naturlig å anta at de fleste eksisterende kontorbygninger har tilsvarende bæresystem slik som påpekt i Tabell 6.1. Ettersom bæresystem kan ha en levetid på over 100 år er betongen i mange eksisterende bygninger fortsatt teknisk bestandig. Det vil samtidig være forskjell på et bæresystem av plastøpt betong og elementer som hulldekker. I likhet med resultatene har sannsynligvis mange eksisterende kontorbygg bæresystem av plastøpt betong. Samtidig viser teorien at plastøpt betong ikke er egnet til ekstern ombruk på grunn av nesten umulig demontering uten skade. Bæresystem i plastøpt betong kan derimot bli stående for lokal ombruk i rehabilitering. Miljøfarlige stoffer vil sannsynligvis heller ikke være et problem dersom betongkonstruksjonene får stå.

Det vil også være tekniske og økonomiske utfordringer knyttet til lokal ombruk av plastøpt betong. Casebyggene viser at eldre kontorbygg ofte har flere lave romhøyder som ikke oppnår den anbefalte romhøyde på 2,7 m i arbeidsrom. Det vil for eksempel være utfordrende å øke romhøyden med sammenføyde plastøpte elementer. På

en annen side kan det være mulig å finne leietakere som godtar lavere romhøyde eller eksponerte betongdragere og ventilasjonskanaler uten nedsenket himling. Et eksempel på dette er i de to øverste etasene i Nordre gate 10, vist i Figur 5.4 med synlige dragere og ventilasjonskanaler. Dersom ikke mange leietakere godtar slike løsninger, kan det derimot påvirke inntektene til en eiendomsbesitter. Slik ombruk krever en omstilling til det estetiske utseende i kontorlokaler. Ut i fra romhøydene i Nordre gate 10 og Nordre gate 12 kan det virke som at romhøyden ofte er lav i de øverste etasjene. Dersom dette er tilfelle for flere eksisterende kontorbygninger kan en nedsirkulerende, men økonomisk løsning være å rive kun de øverste etasjene, knuse betongen til tilslag og materialgjenvinne. Senere i diskusjonskapittelet blir ombruk av plasstøpt betong undersøkt.

Hulldekker er derimot mer egnet til eksternt ombruk eller intern ombruk annensteds i et teknisk perspektiv. Hulldekker er elementer som kan være mulig å heise ut fra et bygg, slik som realisert i KA13-prosjektet. Det pekes samtidig på at hulldekker ofte har ikke-reversible sammenføyinger eller at løftekroker er fjernet, noe som gjør demontering og remontering uten skade utfordrende. Likevel er det vist i KA13 at det rent teknisk er mulig. Påstøp vil uansett gjøre det mer utfordrende å hente ut elementer, og derfor vil hulldekker uten påstøp være mest egnet for ombruk, for eksempel øverste hulldekke slik som i Pir I. Derimot er ikke ombruk av hulldekker lønnsomt per nå. Det vil være ekstra kostnader knyttet til utskjæring, demontering, behandling for ny bruk og remontering samt transport fra donorbygg til nytt bygg. På en annen side vil den nye standarden som Standard Norge har publisert om ombruk av hulldekker bidra til å standardise metoder for ombruk i bransjen. Dette kan igjen føre til lavere kostnader dersom metodene får innfeste i bransjen.

Stål er også et materiale med lang levetid og er trukket frem som godt egnet til ombruk. Tabell 6.1 viser at det sannsynligvis er bærende stålelementer i nyere kontorbygg og de fleste eksisterende kontorbygg har store mengder ventilasjonskanaler av stål. Ombruk av bærende stålelementer vil være avhengig av belastningene over tid som påvirker de tekniske egenskapene samt sammenføyninger som påvirker demontering. Dersom det ikke oppstår uforutsette hendelser, er det naturlig å anta at stålet vil ha gode tekniske egenskaper i lang tid ettersom det er bestandig. Ombrukt stål krever derimot testing for å sikre at stålet oppnår dagens krav. I et økonomisk perspektiv vil prosessene med demontering, testing og bearbeiding gi ekstra kostnader og lite lønnsomt ombruk. Dette var for eksempel erfaringen i KA13 som hadde utgifter knyttet til å kvalitetssikre og teste stålet. Ventilasjonskanaler av stål og tilhørende fester trekkes også frem som egnet for ombruk ettersom de kan ha tilnærmet uendelig teknisk levetid. Samtidig må kanalene ha mål som er kompatible med dagens ventilasjonsanlegg. Resultatene viser at mange eldre kontorbygninger har nyere ventilasjonssystemer, og derfor vil det være store mengder med stålkkanaler og fester som er egnet til ombruk. I følge teorien kan ombruk av slike kanalnett også føre til kostnadsbesparelser.

Teglstein vil være godt egnet til ombruk. I likhet med Prinsens gate 49 vil sannsynligvis flere eksisterende kontorbygninger ha tegl i fasaden eller i eldre innervegger som i Nordre gate 12. Tilsvarende betong og stål er også tegl bestandig og vil ha gode tekniske egenskaper i lang tid. På en annen side er det økonomiske utfordringer knyttet til demontering ettersom steinen kan være vanskelig å skille og rense.

I tillegg peker teorien på at det kreves et stork nok volum av stein på minst 50 000 for at det skal være lønnsomt, og som vist i resultatene er det ikke i nærheten av disse mengdene fra et enkelt bygg som i Prinsens gate 49 med ca. 22 000 stein. Likevel utgjør tegl store deler av avfallsstatistikken, og samlet vil mange kontorbygg tilgjengeliggjøre store mengder teglstein slik at det blir mer lønnsomt med ombruk av tegl.

Tabell 6.1 viser at flertallet av eksisterende kontorbygninger har stilarter som er påvirket av teknologi og glass. Resultatene viser at det er utstrakt bruk av stål- og aluminiumssystem med glass i fasader, og ofte er dette standardmoduler som kan være teknisk egnet til ombruk. Dersom systemene er moduler kan de i følge teorien være godt egnet til demontering og remontering. På en annen side må glassfasaden oppnå dagens energikrav og akustikkkrav. Dersom systemene ikke oppnår disse kravene kan det brukes til andre formål eller nedsirkuleres. Glassfasaden i Pir I er et eksempel på et slikt eldre fasadesystem med mindre ombrukspotensial. Glassfasaden i eldre kontorbygninger kan også være byttet ut til nyere systemer, som i Nordre gate 10. Dermed er det mulig å finne nye glassfasademoduler som er godt egnet til ombruk. Fra et økonomisk perspektiv må det sannsynligvis kostnadskrevede bearbeiding til for å tilpasse glassfasadesystemene i et nytt prosjekt. Det er store mengder vinduer i alle kontorbygningene som gjør at det er attraktivt å vurdere ombruk av disse. Samtidig peker teorien på at eldre vinduer ofte ikke oppfyller dagens energikrav og inneholder miljøfarlige stoffer. Resultatene viser at vinduer ikke skiftes ut ofte, så det er fortsatt gamle vinduer i mange eksisterende kontorbygninger. Ettersom det også er stor variasjon i levetid for vinduer, vil nok ikke mange eldre vinduer i kontorbygninger være egnet for ombruk. Alternativt kan vinduene nedsirkuleres til andre formål, men slik bearbeiding vil også kreve ekstra kostnader.

Det er også en del «lavthengende frukter» i kontorbygningene som er godt egnet for ombruk. Dette er komponenter som skiftes ut ofte til tross for lang levetid. Lette innvendige komponenter som systemvegger, himling, teppeflis og innvendige dører vist i teorien og resultatene er typiske lavthengende frukter. Ettersom disse komponentene blir betraktet som inventar, anses de ikke som byggevarer og dermed er det ingen dokumentasjonskrav ved ombruk. Det gjør det lettere for ombruk både teknisk og økonomisk. Det vil være enkelt å begynne med ombruk av disse komponentene ettersom det ikke krever samme metoder for demontering og resertifisering. Det er nok disse komponentene som er i fokus i dagens ombruk fra eksisterende kontorbygg. På en annen side er nye byggematerialer ofte billige, noe som mest sannsynlig er tilfelle for disse lette komponentene. Fra et økonomisk perspektiv er det kanskje heller ikke lønnsomt å ombruke de enkle komponentene i dag. Sanitærutstyr kan også inngå som en lavthengende frukt ettersom utstyret ofte skiftes ut til tross for lang teknisk levetid. Teorien peker på at dette er en estetisk årsak. Ombruk av sanitærutstyr som servanter og klosetter krever derfor en endring av leietakers krav til estetikk i likhet med synlige dragere i bæresystemet. Det er i tillegg mulig å utføre vedlikehold og rensing av komponenter, men dette krever ekstra kostnader.

Tabell 6.2 viser en enkel oppsummering av bygningskomponentene som er vurdert til ombruk.

Tabell 6.2: Ombruk av bygningskomponenter i eksisterende kontorbygninger ut i fra teknisk og økonomisk perspektiv. Vurdert ut i fra ombruk annensteds/ekstern ombruk.

Bygningskomponent	Ombruk i teknisk perspektiv?	Ombruk i økonomisk perspektiv?	Egnet til ombruk?
Bæresystem i plasstøpt betong	Nei	Nei	Nei, kun lokal ombruk v/rehab.
Bæresystem av hulldekker	Ja	Nei	Ja
Bærende stålelementer	Ja	Nei	Ja
Ventilasjonskanaler av stål	Ja	Ja	Ja
Teglstein	Ja	Ja	Ja
Glassfasadesystem	Ja	Nei	Ja
Vinduer	Nei	Nei	Nei
Lette innvendige komponenter	Ja	Nei	Ja
Sanitærutstyr	Ja	Ja	Ja

De forrige avsnittene viser at det er en del utfordringer knyttet til tekniske egenskaper og lønnsomhet. Som denne oppgaven og teorien peker på er det lite dokumentasjon på samtlige casebygg, som gjelder for store deler av den eksisterende bygningsmassen. Det er derfor utfordrende å dokumentere en bygningskomponent sine tekniske egenskaper og gjenværende levetid når det ikke er informasjon om komponenten. Det er også kostnader knyttet til kartlegging, demontering, bearbeiding og remontering som bidrar til at ombruk er ulønnsomt. Det er naturlig å stille seg spørsmålet om hvem som skal ta på seg disse kostnadene?

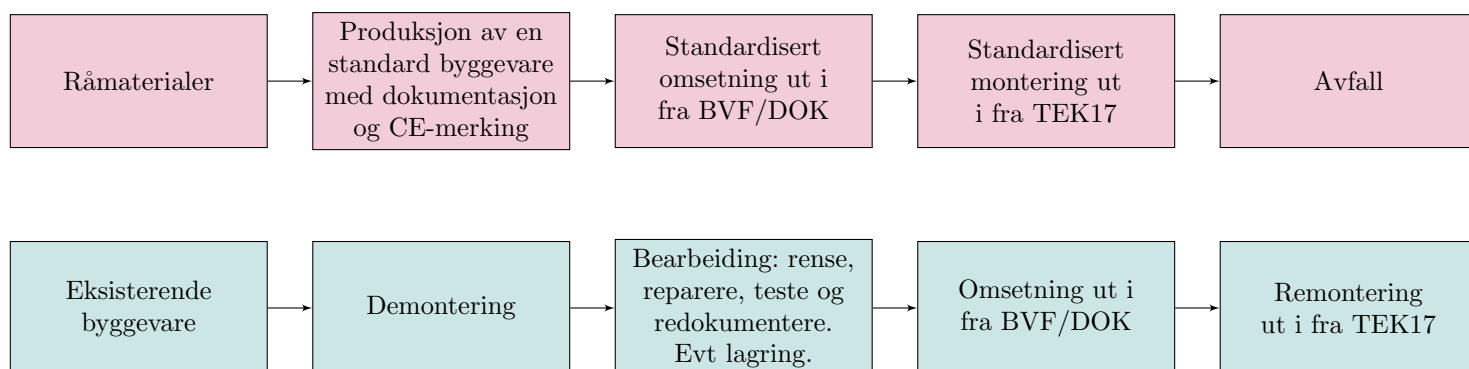
Støtteordninger og sertifiseringer kan bidra til at det blir mer lønnsomt med ombruk av flere av de nevnte bygningskomponentene. Støtteordninger for ombruk er allerede etablert i byggebransjen, og de fortsetter å utvikles for å fremme ombruksprosjekter. Enova sine nye støttordninger for ombruk prøver blant annet å løse økonomiske utfordringer tilknyttet ombrukskartlegging. På en annen side er det mulig at ordningene er forebeholdt forbildeprosjekter og prøveprosjekter, og ikke varige løsninger. Slike støtteordninger bidrar uansett til at det kan bli lønnsomt for aktører å utvikle metoder og erfare ombruk av bygningskomponenter i dag. FutureBuilt sine kriterier for sirkulære bygg går ut på vekt med ombrukte eller ombrukbare materialer, og derfor vil både betong, tegl og stål kunne utgjøre store deler av dette. Å oppnå status som sirkulært bygg kan være positivt i et økonomisk perspektiv for eiendomsbesitter. Det samme gjelder for miljøsertifiseringen BREEAM. I den nye BREEAM-NOR manualen er det mulig å oppnå poeng for ombruk av ombrukbare bygningskomponenter. Et prosjekt velger sin egen relevante enhet for komponenten, og derfor kan også vekt av betong, tegl og stål føre til enklere oppnåelse av poeng. Å oppnå et BREEAM-nivå er en populær sertifisering som kan være lønnsom for en eiendomsbesitter som vil promotere et mer bærekraftig bygg for leietakere.

Vurderingen av ombruk er avgrenset til et teknisk og økonomisk perspektiv, og går ikke i dybden på miljøvurderinger. Ved vurdering av ombruk er ofte miljøperspektivet sentralt, og derfor ville et slikt perspektiv bidratt til flere forhold rundt egnethet til ombruk. Samtidig viser teorien at det ofte er stor miljøgevinst å ombruke de påpekte bygningsdelene i stedet for å produsere nye, og derfor er det tatt utgangspunkt i denne antagelsen. På en annen side stemmer ikke dette alltid i praksis med tanke på utslipp knyttet til transport, bearbeiding og mellomlagring ved ombruk. I tillegg er det noen materialer som gir større miljøfordeler ved ombruk enn andre. Kontorbygninger har for eksempel store mengder med treverk, gips og isolasjon som ofte er mer fordelaktig å material- eller energigjenvinne ut i fra miljø og kostnader. Utviklingen av gjenvinningstasjoner for gips bidrar for eksempel til at slike prosesser blir standardisert og etablert i bransjen.

Miljøvurderinger kan uansett bidra til å gi en pekepinn på hvilke bygningskomponenter som burde være i fokus for å raskt kutte klimagassutslipp gjennom ombruk. FNs klimapanel peker blant annet på at det kreves umiddelbare og omfattende tiltak for å redusere dagens ressursforbruk. Etter hvert som EU-taksonomien implementeres i Norge kan taksonomien gjøre ombruk mer langsiktig lønnsomt gjennom flere og mer investeringer i bærekraftige prosjekter. Bygningskomponenter som kanskje i dag ikke er lønnsomme å ombruke men som har store utslipp ved produksjon og som i et teknisk perspektiv er mulig å ombruke burde derfor være i fokus, slik at det er mulig å etablere ombruk i en industriell skala.

6.3 Hva skal til for å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i industriell skala?

For å gjøre ombruk mer lønnsomt, etablere ombruk som en allmenn praksis og dermed kutte byggebransjens klimagassutslipp, er det nødvendig at ombruk etableres i en industriell skala i byggebransjen. Som følge av endringer i TEK og nye krav til ombruk kan det være nødvendig å etablere ombruk i større skala enn tidligere. I dag er det ikke industri for å ombruke fra den eksisterende bygningsmassen sammenlignet med å produsere nye bygningsmaterialer. Med utgangspunkt i Figur 2.4 i teorien er det mulig å sammenlikne et livsløp til en ny byggevare og en byggevare til ombruk med fokus på standardiserte prosesser i industrien. Flytskjemaene vist i Figur 6.1 sammenligner produksjonen av en ny byggevare representert i rødt, og ekstern ombruk av en eksisterende komponent i den grønne prosessen.



Figur 6.1: Sammenlikning av mulig livsløp til en ny byggevare kontra en brukt byggevare til ekstern ombruk med utgangspunkt i Figur 2.4.

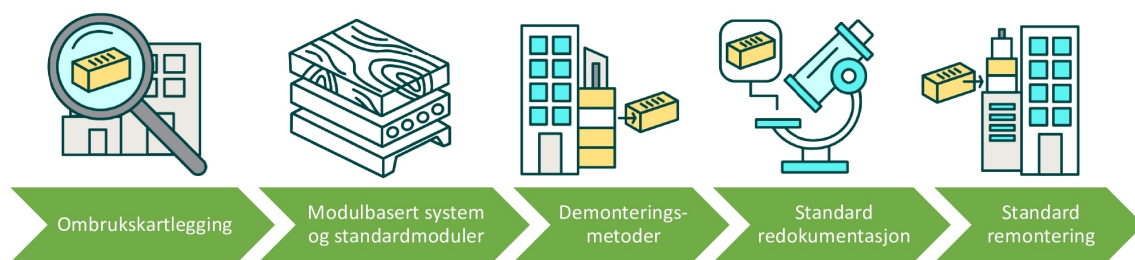
Figur 6.1 viser både ulike og like prosesser for en ny og en brukt byggevare. Nye byggevarer produseres hovedsaklig i standard størrelser og materialer, sertifiseres med CE-merking ut i fra en harmonisert standard, omsettes og monteres ut i fra standard krav, dokumenteres i databaser og sendes til avfall. Samtidig gjelder også krav og betingelser i DOK for eksisterende byggevarer som skal ombrukes eksternt. I tillegg er det felles krav i TEK til bygningsdeler som skal monteres i et byggverk. På lik linje med nye produkter, kreves det standardiserte metoder gjennom hele livsløpet for ombrukskomponenter slik at ombruk fra den eksisterende bygningsmassen foregår i en lignende industriell prosess og blir økonomisk konkurransedyktig. Industrialisering av ombruk vil også kunne føre til forutsigbarhet i markedet som bransjen etterspør.

Eksisterende bygninger har ikke et godt utgangspunkt for å etablere ombruk i en industriell skala. For det første er ikke bygningene designet for demontering (DfD) og fremtidig ombruk. Det er dermed ikke enkelt å demontere og ombruke bygningskomponenter slik det kan være med modulbaserte bygninger med DfD. I tillegg viser resultatene og erfaringer fra bransjen at det er lite dokumentasjon om bygningsmassen, og dermed vanskelig å vite hvilke materialer som finnes samt hvordan disse er montert og festet. BIM-modeller er også en relativt ny teknologi i bransjen, og derfor er det heller ikke digitale informasjonsmodeller for den eldre bygningsmassen. Selv

om ikke utgangspunktet for industri av ombruk er optimal, er det likevel startet opp mer forskning på industrielle prosesser i bransjen. Forskningsprosjektet REBUS er et eksempel på et prosjekt som sammen med industrien skal utvikle industrialiserte metoder for redokumentasjon av ombruksbyggevarer. Forretningsmodellen til Gamle Murstein er et godt eksempel på hvordan redokumentasjon av en byggevarer kan industrialiseres. Flere i teorien peker blant annet på at sertifisering av materialer er den mest avgjørende informasjonen for å gi en garanti for kritiske egenskaper for ombruksbyggevarer. Dette er et godt startpunkt for å starte å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i industriell skala.

6.3.1 Forslag til industriell modell for ombruksbyggevarer

Det er flere prosesser som må standardiseres i livsløpet til en ombruksvare for å etablere ombruk som en hel industri. Figur 6.1 viser blant annet at de fleste prosessene for en eksisterende byggevarer ikke er standardisert eller ikke tilpasset dagens regelverk. I Figur 6.2 er det utarbeidet et forslag til en industriell modell for ombruk av bygningskomponenter gjennom standardisering.



Figur 6.2: Foreslått industriell prosess for ombruk av bygningskomponenter fra eksisterende bygninger (Bearbeidet figur med ikoner hentet fra Rehub (u.å)).

Hensikten med modellen presentert i Figur 6.2 er å skape en lønnsom og enklere ombruksprosess ved å standardisere demontering og remontering av ombruksbyggevarer samt gi forutsigbarhet i prosjekteringsprosessen. Derfor bør det dannes et modulbasert system med standardmoduler av eksisterende bygningskomponenter slik at demontering tilpasses disse. Etter redokumentasjon og bearbeiding kan de ombrukbare standardmodulene monteres i nye byggeprosjekter. Standardmoduler av eksisterende bygningskomponenter vil også kunne gi en forutsigbarhet for prosjekteringsprosessen som kan prosjektere standardmodulene rett inn i nye bygninger. Nye bygninger vil også kunne oppnå høyere grad av DfD dersom slike moduler brukes. Videre følger en beskrivelse av hvert steg i modellen.

Ombrukskartlegging

For å utvikle standardmoduler må komponenter i eksisterende bygninger kartlegges. Denne oppgaven har hatt fokus på å kartlegge flere tidstypiske kontorbygninger fra ulike tidsperioder. Dette kan være en effektiv kartlegging ved å gi et bilde av større deler av den eksisterende bygningsmassen uten å måtte kartlegge alt. Ved å sette bygningene i ulike kontekster ut i fra stilarter slik som i Tabell 6.1 var det også mulig å gi et bedre bilde av hvilke bygningskomponenter som vil være tilgjengelig

fra ulike eksisterende kontorbygninger. Ombrukskartleggingen i modellen bør foregå på samme måte ved at ulike representative bygninger blir studert.

Ombrukskartlegging i denne modellen bør også ta utgangspunkt i en standardisert metode. Dersom flere aktører gjennomfører ombrukskartlegging og deler erfaringer, kan bransjen også raskere etablere en *best practice*. I denne oppgaven er det brukt Statsbygg og Grønn Byggallianse sin veileder for ombrukskartlegging som vil være et godt utgangspunkt for å danne en slik beste praksis. Uavhengig av metoden for ombrukskartlegging bør det uansett samles inn standardisert nødvendig informasjon som både er nevnt i de nye endringene i TEK og i veilederen. Dette innebærer informasjon som konstruksjonsmetoder, materialbruk, tilstand, byggteknisk informasjon, mengder og dimensjoner slik som denne oppgaven også har prøvd å kartlegge. Omfanget rundt en ombrukskartlegging er også avhengig av hvilke bygningskomponenter som skal satses på i en industriell skala.

Modulbasert system og standardmoduler

Som tidligere nevnt er det fordelaktig å industrialisere bygningskomponenter som gir stor miljøgevinst ved ombruk og som ut i fra et teknisk perspektiv er mulig å ombruke. Som tidligere påpekt er ikke ombruk av de eksisterende bygningskomponenter nødvendigvis økonomisk lønnsomt i dag, men dette kan sannsynligvis endre seg dersom ombruk etableres som en industri i sammenheng med EU-taksonomien og andre økonomiske insentiver. Samtidig er det mange bygningskomponenter som er egnet til ombruk ut i fra et teknisk perspektiv som vist i Tabell 6.2. Det er store likheter mellom bygningskomponentene som er trukket frem i denne tabellen og materialene som REBUS-prosjektet skal undersøke for å industrialisere redokumentasjon. Utvikling av standardmoduler bør derfor gjelde bygningskomponentene som er vist som egnet til ombruk i Tabell 6.2.

Ved vurdering av bygningskomponenter som skal industrialiseres bør det også tas utgangspunkt i mengder. Er det store mengder av en bygningskomponent i flere bygninger, vil det være mer lønnsomt å industrialisere denne kontra en mindre brukt bygningskomponent. Byggearealstatistikken til SSB vist i teorien i Figur 2.10 viser for eksempel at igangsatte kontorbygg hadde et oppsving på midten av 80-tallet, og igjen rundt slutten av 90-tallet. Derfor er det naturlig å anta at det er store mengder med bygningskomponenter som finnes i tidstypiske bygninger fra disse tidsperiodene.

Med utgangspunkt i resultatene fra denne oppgaven kan man det utvikles standardmoduler for noen bygningskomponenter. Ettersom oppgaven har kartlagt mye relevant informasjon om de ulike bæresystemene er det mulig å vurdere standardmoduler av dekker. Med Tabell 5.6 i resultatene som utgangspunkt, sammenlignes dimensjoner og mengder av dekker med byggeaktiviteten i Tabell 6.3.

Tabell 6.3: Sammenligning av dekker i casebyggene for å utarbeide standardmoduler.

Casebygg	Dekkedimensjon	Materiale	Byggeår	Byggeaktivitet
Prinsens gate 49	ca. 640 m ² til ca. 300 m ²	Plasstøpt betong	2003	Middels
Pir I	3600 m ²	Hulldykker (plasstøpt kjeller)	1988	Høy
Nordre gate 10	312 m ²	Plasstøpt betong	1972	Lav
Nordre gate 12	700 m ²	Plasstøpt betong	50/60-tallet	Lav

Ut i fra tidsperiodene med høy eller middels byggeaktivitet for kontorbygninger, vil Prinsens gate 49 og Pir I kunne representere et stort antall kontorbygninger. Pir I representerer store kontorbygninger som er bygget opp at hulldykkeelementer, som allerede vil være i standard elementer og lengdene er avhengig av spennviddene på 5,4 m. Videre viser Tabell 6.3 at Prinsens gate 49 kan representere en del plasstøpte konstruksjoner fra slutten av 90-tallet og starten på 2000-tallet. Selv om Tabell 6.2 vurderer plasstøpt betong som uegnet til ombruk, kan mulighetene til å utvikle standardmoduler av plasstøpte dekker vurderes. Ved bevaring av ressurser verdi i en sirkulær økonomi vil det uansett alltid være mer fordelaktig å ombruke enn å rive. Å skjære ut standardmoduler av plasstøpte dekker kan muligens realiseres med innovative metoder. Dekkearealene i Prinsens gate 49 med spennvidde på 4,8 m kan for eksempel representere standardmoduler for plasstøpte dekker på 600 m² til 300 m².

Et industrielt system bør uansett være basert på standard dimensjoner slik som standardmodulene eller standardelementer som ofte finnes i eksisterende bygninger. Det kan være hensiktsmessig å utvikle flere standardmoduler for bygninger med ulike stilarter og BTA. Selv om oppgaven har pekt på dekker som eksempel, kan det utvikles standardmoduler av alt fra betongbjelker til glassfasader.

Demonteringsmetoder

Flere i teorien peker på at enkel og rask demontering er en av nøklene til å realisere ombruk. Industrialisering og standardisering av demontering kan føre til dette. Som tidligere nevnt kan det være enklere å utvikle standard metoder for demontering av eksisterende komponenter dersom man tar utgangspunkt i standardmoduler. Ved bruk av typiske standardelementer eller mulige standardmoduler er det forutsigbart hvilke dimensjoner og størrelser som skal hentes ut av bygninger. Derfor burde metoder for demontering utvikles i samarbeid med dimensjoner av eksisterende bygningskomponenter. Samtidig er demontering uten skade avhengig av ulike byggemetoder som er brukt, så metodene for demontering må kanskje også tilpasses ulike tidsperioder og byggemetodene som ble benyttet.

Standard redokumentasjon

Som tidligere nevnt er det allerede arbeid med å standardisere testing og redokumen-

tasjon av brukte byggevarer. Ut i fra dagens regler for omsetning og ekstern ombruk må mange byggevarer bli testet for gjenværende tekniske genskaper og dermed redokumentert. Noen byggevarer må også rengjøres og repareres før det er mulig å bruke dem om igjen. Teorien peker på bedriften Gamle Murstein som en inspirasjon til hvordan standardisering av redokumentasjon bør ta utgangspunkt i å ligge så nær utviklingen av et nytt produkt som mulig. Det er allerede testet ut industrielle modeller for redokumentasjon av murstein, gatestein og stål, men flere byggevarer gjenstår. REBUS-prosjektet arbeider med å prøve og vurdere ulike ombruksbyggevarer, og resultatene fra deres forskningsprosjekt vil forhåpentligvis bidra til å utvikle industrielle modeller for redokumentasjon av flere byggevarer.

Standard remontering

Etter hvert som det utvikles et modulbasert system med standard metoder for demontering og redokumentasjon, vil det også være mulig å standardisere remontering av de brukte byggevarerne. Det oppstår en større forutsigbarhet av ombrukbare byggevarer for nye byggeprosjekter. Nye bygninger kan prosjekteres for standardmodulene og remontering vil foregå etter standardde prinsipper. Modulene vil også bidra til at nye bygg av de brukte byggevarerne blir desginet for demontering.

Usikkerheter i modellen

Det vil være flere usikkerheter i modellen for å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i en industriell skala. I dag er det et pågående arbeid for å begynne med ombrukskartlegging når et bygg skal rives. Selv om erfaringene med ombrukskartlegging peker på at det bør gjennomføres kartlegging så tidlig som mulig, er det fortsatt bare noen måneder før planlagt riving det er snakk om. Denne modellen er basert på at flere tidstypiske bygninger må kartlegges, kanskje mange år før byggene skal rives for å kunne utvikle et modulbasert system for den eksisterende massen. Det er mange endringer gjennom bygningers levetid, og derfor er det usikkert om det faktisk vil være lønnsomt å industrialisere prosessen av bygninger som kanskje vil være i endring i mange år fremover. Videre er det viktig at kartleggingen og industrialiseringen har fokus på de nevnte bygningskomponentene som ofte har lang levetid i bygninger.

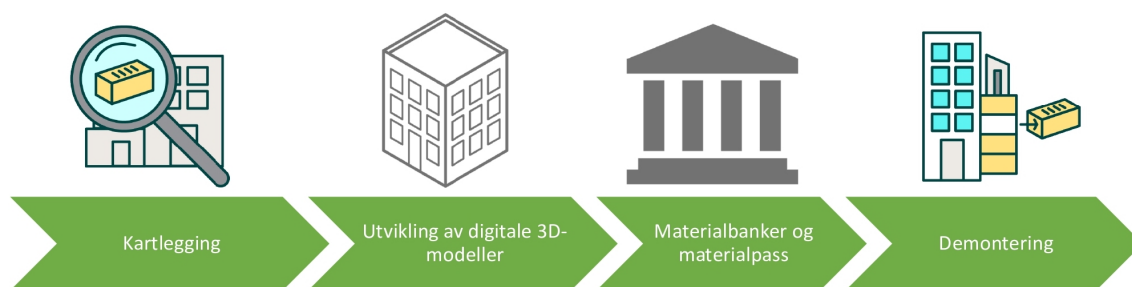
Det vil også være usikkerhet knyttet til hvem som skal være beslutningstaker samt stille som økonomisk ansvarlig i denne modellen. Mange bygninger privateid og spørsmålet er om myndighetene skal gå inn og be eiendomsbesittere om å kartlegge og vurdere sine egne bygninger. I tillegg er det noen som må ta på seg kostnadene for å utvikle det modulbaserte systemet. Dersom det ikke ligger i privataktørers interesse eller er økonomisk fordelaktig for dem, vil det nok være vanskelig å få de private aktørene til å stille med egne ressurser. Det vil sannsynligvis være behov for at staten bidrar med økonomiske midler eller insentiver for en slik industrialisering.

En annen usikkerhet er omfanget av kartlegging. Denne oppgaven har bare gjennomført ombrukskartlegging av fire casebygg. Selv om kontorbygningene er tidstypiske, vil det være en del forskjeller i den eksisterende bygningsmassen. For å utvikle standardmoduler og standarddimensjoner av bygningskomponenter som skal hentes ut av bygningene kan det hende det må mer kartlegging til før det for eksempel er mulig å si noe om standardde størrelser i dekker. Ombrukskartleggingen som er gjennomført i denne oppgaven er også tidkrevende og heller ikke veldig nøyaktig ettersom

det er mye informasjon som ikke er fanget opp eller utforsket. I teorikapittelet er det mange som peker på at digitalisering er nøkkelen for å etablere en forutsigbar og mindre tidkrevende ombruksprosess. Følgelig er det mulig at digitale tvillinger eller digitale materialbanker er løsningen for å etablere ombruk i en industriell skala.

6.3.2 Digitalisering for å industrialisere ombruk

Digitalisering er en mulig løsning for å effektivisere industrialiseringen og løse flere av usikkerhetene i modellen vist i Figur 6.2. Det ligger blant annet usikkerheter rundt ombrukskartleggingen som ikke gir nøyaktig nok informasjon og er tidkrevende. Det blir derfor foreslått et til forslag til en industriell prosess for ombruk med bruk av ny teknologi, slik som vist i Figur 6.3.



Figur 6.3: Digitalisert industriell prosess for ombruk av bygningskomponenter (Bearbeidet figur med ikoner hentet fra Rehub (u.å) og Noun Project (2022)).

Hensikten med det andre forslag er å digitalisere deler av ombruksprosessen som er tidkrevende og samtidig gi bedre og mer informasjon om bygningskomponenter i eksisterende bygninger. Følgelig vil også markedet være enda mer forutsigbart. Videre følger en beskrivelse av de ulike prosessene presentert i Figur 6.3.

Kartlegging

På samme måte som i den første modellen må den eksisterende bygningsmassen kartlegges for å vite hva som finnes. For mer nøyaktig informasjon om materialtyper, mengder og montering kreves det en mer omfattende kartlegging, og ny teknologi kan bidra i denne prosessen. Som denne oppgaven har vist er det kanskje ikke tilstrekkelig med kun dokumentanalyse og fysisk befaring. Teorien trekker frem laserskanning som en ny metode for å kartlegge bygninger mer effektivt. Dersom en *scan-to-BIM* kan utføre en nøyaktig kartlegging av bygninger og produsere 3D-modeller vil både tid- og ressursbruk reduseres. Modellen krever en utvikling av verktøyene slik at de blir mer allment brukt og muligens standardisering i hvordan en slik skanning skal gjennomføres. Videreutvikling av verktøyene vil også kunne gi enda mer informasjon om materialsjikt som ellers måtte kartlegges i fysiske undersøkelser eller ved å åpne byggene.

Utvikling av digitale 3D-modeller

Hovedformålet med laserskanning av eksisterende bygninger vil være å produsere digitale 3D-modeller. Målet kan enten være BIM eller digitale tvillinger. I teorien fremheves BIM som en anbefalt metode for å gi informasjon om eksakte mengder

og nødvendig informasjon om bygningskomponenter. Et forsøk på å utvikle materialpass med BIM på et eksisterende bygg kunne også gi spesifikk informasjon om resirkuleringspotensialet og avfallsmengder. Å utvikle BIM av eksisterende bygninger vil kunne bidra til forutsigbar informasjon for ombruk.

Samtidig er det flere i teorien som påpeker at BIM ikke er en god nok modell til å representere bygninger. En slik modell må bli oppdatert hver gang det gjøres endringer i bygget eller noe skjer. Bygninger er i endring, og derfor burde også en digital modell representere et dynamisk dataset. Flere trekker derfor frem digitale tvillinger som en løsning der BIM kombineres med sensorer som fanger opp sanntidsdata. Sensorene festes til bygningskomponenter og kan dermed spore egenskaper til komponentene gjennom levetiden. En slik digital representasjon av eksisterende bygninger vil kunne gi reell informasjon av bygningskomponenter til en hver tid. I en ønsket situasjon blir det utviklet digitale modeller av alle eksisterende bygninger.

Materialbanker og materialpass

De digitale modellene kan videre opptre som materialbanker. Ved å gi hver bygningskomponent et materialpass er det mulig å gi en verdi for hvor egnet hver komponent er for ombruk. Statsbygg har inngått samarbeid med Madaster som er en digital løsning for materialbanker, og derfor er det naturlig å anta at slike løsninger vil være i fokus fremover. På en annen side er det ofte nye bygninger som registreres i disse plattformene. Dersom det utvikles digitale tvillinger av eksisterende bygninger er det derimot ikke sikkert at det er behov for materialbank-plattformene i tillegg. Uansett hvilken digital løsning som blir valgt, er det viktig at løsningen kan gi informasjon om resterende tekniske egenskaper, eventuell nødvendig behandling på grunn av skader, lagring og sertifisering av komponenter.

Videre vil digitale materialbanker og digitale tvillinger bidra til et forutsigbart ombruksmarked. I en industriell prosess kan fremtidig prosjektering designe bygninger ut i fra digital informasjon om eksisterende bygningskomponenter, og deretter kan entreprenøren hente ut disse med demonteringsmetoder som er tilpasset komponenten. Ved bruk av digitale tvillinger som materialbanker kan det også være mulig å få innsikt i når en bygningskomponent er tilgjengelig for demontering ved hjelp av sanntidsdata, slik at tilbud av ombruksbyggevarer kan møte etterspørselen etter fremtidig byggevarer.

Usikkerheter

Det er også usikkerheter med denne modellen. For det første er det også utfordringer knyttet til hvem som er beslutningstaker og hvem som skal bruke ressurser på prosessene. Dersom staten går ut og krever at eiendomsbesittere må kartlegge sine bygninger, vil nok mange insistere på at staten stiller med ressurser. Samtidig vil det være store kostnader knyttet til selve gjennomføringen. Hele prosessen med å kartlegge den eksisterende bygningsmassen vil også være ekstremt tidkrevende, så det vil ta lang tid før alle de digitale materialbankene er oppe og går. Derfor kan det være nødvendig at utviklingen av standardmoduler skjer samtidig, slik at industrien av ombruk kan starte tidligere. Modellen vil også kreve ny og bredere kompetanse og kunnskap om laserskanning, BIM, sensorer, digitale tvillinger og materialbanker som vil ta tid og ressurser å utvikle.

En eiendomsbesitter må også innse fordelene ved å ha materialbanker og digitale

representasjoner av bygningene sine. Det vil være en stor fordel for eiere å vite hvilke materialer de besitter ettersom de tidligere kan omsette disse. I tillegg kan det være mindre risiko å ha nøyaktig informasjon om komponenter ettersom eiendomsbesittere per nå opptrer som produsenter ved eksternt ombruk. En eiendomsbesitter vil også enklere ha mulighet til å vurdere ombruk internt kontra eksternt og lønnsomheten for hver av disse. Digitale tvillinger kan også forbedre vedlikehold og drift av bygninger slik at eksisterende bygninger og bygningskomponenter kan bevares lenger. Vedlikeholdsbehov kan fanges opp fortere gjennom sensorene, og det blir samtidig mer lønnsommere for en eiendomsbesitter å drifte byggene sine. Selv om ombruk er ønskelig i et sirkulært perspektiv, er bevaring og utvidelse av livsløpet for produktene der de er det aller viktigste.

Videre peker også teorien på dagens teknologi som en utfordring. Materialbanker er store datasett av bygninger som må lagres. Dersom BIM integreres med sensorer og digitale tvillinger utvikles, er det nødvendig med enda mer lagring av store mengder dynamisk data. Det trengs en utvikling i digitalisering i bransjen for å være forberedt på disse dataene. Samtidig er det et høyt tempo i teknologiske fremskritt om dagen, som gjør at implementering av digitale tvillinger og materialbanker kan bli mulig.

6.3.3 Flere faktorer for å etablere ombruk i industriell skala

Overordnet må hele byggebransjen omstille seg for å ombruke fra den eksisterende bygningsmassen. Omstilling krever at alle aktører kommer på banen og ønsker å gjøre en innsats for at ombruk skal realiseres. Det er allerede en større anerkjennelse om at sirkulær økonomi er veien for at bransjen skal ombruke mer og kaste mindre. Ettersom nye krav og standarder utvikles er det viktig å være med på denne endringen. I løpet av arbeidet med denne oppgaven har det kommet flere endringer i regelverk og sertifiseringer som forhåpentligvis vil føre til endringer i bransjen. Endringene i TEK og i den nye BREEAM-manualen er bare starten av mulige krav og insentiver. Det samme gjelder for EU-taksonomien som skal implementeres, som muliggjør nye forretningsmuligheter. Som oppgaven har diskutert ligger det et stort potensiale i alle ombruksprosessene som må standardiseres for å skape en industri. Dersom en aktør velger å ikke være med på det sirkulære toget for å etablere ombruk i bransjen, kan det bli enda vanskeligere å omstille seg senere.

Dagens situasjon har også vist at etablert ombruk kan føre til flere fordeler for byggebransjen. I tiden som denne oppgaven er skrevet er det en pågående krig i Ukraina som på et slags kynisk vis har vist at ombruk ikke bare er fordelaktig for miljøet, men at ombruk også kan være en forskring og løsning på forsyningsusikkerhet. Dagens økende priser på byggevarer produsert av råstoff fra land langt unna, gir mer risiko og usikkerhet i byggeprosjekter. Det er umulig å gi prognoser om hvordan forsyningen av byggevarer vil bli i fremtiden, men dagens usikkerhet har vist at ombruk og sirkulær økonomi også kan gi bedre forutsigbarhet og forsyningsikkerhet for byggebransjen og andre bransjer. Ved å etablere en egen industri rundt ombruk av eksisterende byggevarer vil det være et stort marked med tilgjengelige byggevarer fremover. Det er synd at det trengs kriser til før en bransje innser at endringer er nødvendig, men dersom klimakrisen kan oppfattes på samme måte burde byggebransjen kunne omstille seg relativt fort.

7 Konklusjon

Innledningsvis ble det nevnt at byggenæringen står ovenfor store omveltninger når bransjen skal takle klimautfordringene den står ovenfor. Det er knyttet enorme klimagassutslipp til bransjens ressursforbruk, og med en økende urbanisering vil etterspørselen etter bygg og ressurser også øke. For å redusere byggenæringens klimavtrykk har sirkulære prinsipper begynt å få innfeste i bransjen. Samtidig har det fortsatt ikke skjedd omfattende og raske omveltninger som FNs klimapanel mener er nødvendig for å unngå fremtidig fatale konsekvenser.

Som følge av behovet for å redusere ressursforbruket og utnytte fortiden, har denne oppgaven fokusert på potensialet for sirkulær økonomi og ombruk i eksisterende bebyggelse samt hvordan ombruk kan implementeres i en større allmenn skala. Mer spesifikt skulle følgende problemstillingen undersøkes:

Hva er ombrukspotensialet i tidstypiske kontorbygninger, og hva må gjøres for å bærekraftig industrialisere ombruk fra eksisterende bygninger?

Oppgaven har svart på problemstillingen gjennom tre forskningsspørsmål som hvert er diskutert i diskusjonskapittelet. For en bred teoretisk bakgrunn ble det presentert et omfattende teorikapittel innen temaene sirkulær økonomi, ombruk, ny teknologi og eksisterende bygninger. Det ble benyttet casestudier av tidstypiske bygninger for å svare ut forskningsspørsmålene. Hovedmetoden i oppgaven er en ombrukskartlegging av casebyggene. Casestudiene bidro til kvalitativ data som kan generaliseres og representere større deler av den eksisterende bygningsmassen.

Hva er ombrukspotensialet i tidstypiske kontorbygninger?

Funnene i denne oppgaven har vist at eksisterende byggemassen sitter på enorme ressurser. Ombrukspotensialet i et kontorbygg avhenger av hvor godt egnet bygningskomponentene er for ombruk. Generelt sett er det bygningskomponentene med lang levetid og derav gode tekniske egenskaper som egner seg til ombruk. Hvordan komponentene er festet i bygget er også et viktig aspekt fordi mulig demontering ut av bygget er essensielt for resterende tekniske egenskaper. Oppgaven har kartlagt at kontorbygninger består av store mengder tunge komponenter med gode tekniske egenskaper for ombruk. Oppgaven trekker blant annet frem betongelementer, bærende stål, ventilasjonskanaler, teglstein, glassfasadesystemer og sanitærutstyr som godt egnet for ombruk. Likevel er det forskjell i ombrukspotensial for de ulike tidstypiske kontorbygningene.

For de eldre kontorbygningene bygget før 80-tallet er det variasjon i ombrukspotensialet. Kontorbygningene består for det meste av plasstøpte betongelementer som ikke er egnet til ombruk. Rehabilitering med lokal ombruk er ofte løsningen, og vil være et godt sirkulært prinsipp for å bevare det som allerede står. Oppgaven viser derimot at bygningene ofte kan ha lave romhøyder på grunn av dekker med underliggende dragere som gjør utleie av kontorlokaler utfordrende. Det samme gjelder med eldre skillevegger og systemvegger som i dag ikke anses som estetisk fint, men som fortsatt har mer restlevetid selv om det går til avfall. Dersom leietakere er

tilpasningsdyktige og endrer tankemåte rundt estetikk kan problemet løses. Likevel har kontorbygningene ofte eldre komponenter som vinduer og tekniske systemer som ikke oppnår dagens krav og fører til kostnader på grunn av høyt energibruk, slik at det ikke er egnet til ombruk. Selv om det kan være vanskeligere å ombruke flere komponenter fra de eldste kontorbygningene, kan elementene som ikke er egnet til ombruk nedsirkuleres gjennom material- eller energigjenvinning.

Nyere eksisterende kontorbygninger har større ombrukspotensial. Disse kontorbygningene har flere nye og dermed mer kompatible bygningskomponenter med dagens krav og standarder. Resultatene viser også større bruk av elementer som hulldekker som er mer egnet til ombruk enn plasstøpt betong. Det har blitt utviklet en standard for ombruk av hulldekker og slik ombruk er allerede realisert i pilotprosjekter, som er et godt grunnlag for høyt ombrukspotensial i bygninger med slike elementer. Kontorbygningene er også påvirket av moderne teknologi og glass, og det er store mengder med glassfasadesystemer egnet for ombruk. I tillegg har de nyere kontorbygningene utstrakt bruk av stålelementer som bærende stålkomponenter og ventilasjonskanaler som i et teknisk perspektiv er godt egnet til ombruk. Etersom det er bygget mange kontorbygninger i de nyere periodene på 80- og 90-tallet vil det være en del kontorbygg med stort ombrukspotensial.

Selv om det største ombrukspotensialet ligger i de nyere eksisterende kontorbygningene, er der også potensial i de eldre kontorbygningene. Som oppgaven har vist er det mulig å finne en del nye komponenter i de eldre byggene, spesielt nye innvendige komponenter, men også for fasader. Det er i tillegg ofte store mengder av de samme komponenttypene, som gir et godt utgangspunkt for høyere lønnsomhet ved ombruk. Funnene i oppgaven viser et relativt stort ombrukspotensial i tidstypiske kontorbygninger og dermed vil flere deler av bygningsmassen ha et tilsvarende potensial for ombruk. Samtidig vil det være en del materialer fra spesielt de eldre eksisterende kontorbyggene som er mindre egnet til ombruk, og derfor er det viktig at bedre og flere løsninger for gjenvinning også utvikles. Videre er det essensielt at ombrukspotensialet faktisk blir utnyttet slik at bransjen drar fordel av de allerede eksisterende ressursene.

Hva må gjøres for å bærekraftig industrialisere ombruk fra eksisterende bygninger?

Oppgaven har presentert flere forslag for å etablere ombruk fra eksisterende bygninger i en industriell skala. Ettersom verdens problemer henger sammen er det nødvendig at denne utviklingen skjer på en bærekraftig måte. Hva som må gjøres for å bærekraftig industrialisere ombruk fra eksisterende bygninger kan konkluderes i følgende mål:

- Kartlegge eksisterende bygninger
- Skaffe digital kontroll på eksisterende bygningskomponenter
- Standardisere ombruksprosessene
- Utvikle et modulbasert system
- Innføre økonomiske insentiver

For det første må den eksisterende bygningsmassen kartlegges for at bransjen skal ha informasjon om hva som faktisk finnes. Dette kan enten gjøres gjennom ombrukskartlegging eller laserskanning. Ombrukskartlegging kan være en løsning for eldre eksisterende bygninger med kort restlevetid, mens laserskanning kan brukes på nyere eksisterende bygninger som det kan være gunstig å ha digital kontroll på i lenger tid. For å etablere ombruk som en industri er det nødvendig med nøyaktig informasjon om eksisterende bygningskomponenter.

Digital kontroll av eksisterende bygg i form av BIM eller digitale tvillinger kan bidra til enda bedre informasjon om brukte byggevarer. Dersom det er kjennskap til hvilke materialer, hvilken mengde og til hvilken kvalitet som har ombrukspotensial til en spesifikk tid og sted, kan tilbudet møte etterspørselen av ombrukbare materialer. Sensorer som bidrar med sanntidsdata i digitale tvillinger kan derfor være nødvendig for å etablere ombruk som en forutsigbar industri på linje med nye byggevarer.

Videre må ombruksprosessen ligge så nær som mulig produksjonen av en ny byggevarer i form av standardiserte prosesser. En ombruksvarer må oppnå lignende eller samme krav og regler som en ny byggevarer i DOK og TEK, og hovedstrategien burde derfor være å standardisere prosesser i livsløpet til en brukt bygningskomponent. Dette gjelder alle prosessene som kartlegging, demontering, redokumentasjon og remontering. I et sosialt bærekraftig perspektiv vil standardisering av disse prosessene kunne generere nye arbeidsplasser og forretningsmodeller.

For å enklere å standardisere ombruksprosessene, bygge nye bygg med design for demontering og samtidig gjøre ombruk mer lønnsomt må det utvikles et modulbasert system. Dersom det hentes ut moduler med standard dimensjoner vil det være enklere å standardisere demontering og remontering av modulene i nye prosjekter. Standardmodulene må være basert på kartlegging for å vite typiske materialer, dimensjoner og tilstanden til eksisterende byggevarer. Ved å først utvikle moduler av de tunge og energikrevende materialene som det finnes store mengder av i bygninger, er fokuset på komponentene med størst miljøbelastning slik at det raskt kan kuttes i klimagassutslipp.

Det er nødvendig med økonomiske incentiver for å realisere en bærekraftig industri. Dersom eiendomsbesittere skal kartlegge sine egne bygninger er det nødvendig med incentiver eller gode grunnlag for miljø- og kostnadsbesparelser for å fremme fordelene med digital kontroll. Det kan hende EU-taksonomien er løsningen på investeringer i ombruksprosessene, slik at ombruk blir mer etablert. Ved å etablere allmenne og standardiserte ombruksprosesser et også tanken at ombruk blir mer lønnsomt på sikt.

Generelt må hele bransjen omstille seg for å oppnå målene og etablere ombruk som en industri. Det må også legges ressurser i å utvikle kompetanse, digitale verktøy og nye forretningsmodeller for at bransjen skal takle de store omveltningene. Det er nå det haster med å kutte i utslippene for å oppnå målene i Parisavtalen. Bransjen har et stort ressursforbruk og høye utslipp som ikke kan løses med ombruk av enkle bygningskomponenter. Selv om dette er en start i ombruksprosessen, er det behov for at ombruk industrialiseres for å inkludere alle bygningskomponenter med ombrukspotensial. Målene som er presentert kan illustrere løsningene for en nødvendig og ny «bærekraftig industriell revolusjon» i byggebransjen.

Anbefalinger til videre arbeid

Denne oppgaven har vurdert et bredt spekter rundt ombruksprosessen i byggebransjen. Oppgaven legger derfor til rette for flere utgangspunkt for videre arbeid. Dette gjelder aspekter rundt både ombrukskartlegging og ombrukspotensial av eksisterende kontorbygninger og industrialisering for å etablere ombruk som en allmenn praksis.

Ombrukskartlegging

Etter at Statsbygg lanserte sin veileder for ombrukskartlegging vil nok dette bli en mer etablert praksis i bransjen. Det vil være interessant å forske mer på hvordan kartleggingen foregår i praksis for ulike aktører og hvor stor andel av det som kartlegges faktisk blir realisert ombruk.

Kartlegging med laserskanning

Flere studier peker på at digitalisering er fremtiden og at digital informasjon om bygningsmassen er avgjørende for sirkulære prinsipper. Det anbefales derfor å kartlegge eksisterende bygninger med laserskannere for å utvikle BIM modeller. Videre kan man se på utfordringene med denne metoden og om metoden gir fordeler for ombruk.

Utvikle standardmoduler i et modulbasert system

Et modulbasert system er avhengig av å være basert på standard dimensjoner som finnes i flere bygninger. Derfor kan flere kartlegginger bidra til å utvikle standardmoduler, og det vil være interessant å utforske om dette kan etableres i praksis. Det vil også være interessant å vurdere mulighetene til å hente ut plasstøpte betongelementer med et slikt modulbasert system.

Demonteringsmetoder

Mange peker på demontering som en stor utfordring ved ombruk. Det vil derfor være interessant å vurdere én eller flere bygningskomponenter i eksisterende bygninger i dybden for å utarbeide eller undersøke forslag til demonteringsmetoder. Det vil være fordelaktig å samarbeide med entreprenører eller andre aktører som har erfaring med å demontere bygninger.

Digitale tvillinger av eksisterende bygninger

Det er forsket på digitale tvillinger av eksisterende bygninger, men med lite fokus mot sirkulære prinsipper. Bruken av digitale tvillinger rettes ofte mot drift og vedlikehold. Derfor vil det være interessant å studere hvordan digitale tvillinger i praksis kan påvirke ombruk eller andre ressursstrategier i eksisterende bygninger.

Ny TEK17 og EU-taksonomien

Mange peker på det juridiske og økonomiske aspektet som store barrierer for ombruk. I løpet av arbeidsperioden med oppgaven ble det lansert nye endringer i TEK17 og i tillegg vil nok snart EU-taksonomien etter hvert etableres i Norge. Derfor vil det være interessant å forske hvordan disse endringene kan eller vil påvirke dagens ombrukspraksis i byggebransjen.

Referanser

- Aguiar, A., Vonk, R. & Kamp, F. (2019). BIM and Circular Design. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012068>
- Allen, M., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N., Mulugetta, Y., Perez, R., Wairiu, M., Zickfeld, K. & Dube, O. (2018). *Global Warming of 1.5°C* (IPCC). Hentet 18.11.2021, fra <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1/>
- Arbeidstilsynet. (u.å). *Asbest*. Hentet 10.12.2021, fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/asbest/>
- Arge, K. & Landstad, K. (2002). *Generalitet, felksibilitet og elastisitet i bygninger*. SINTEF Byggforsk. https://www.sintefbok.no/book/index/175/generalitet_fleksibilitet_og_elastisitet_i_bygninger
- Arksey, H. & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Avfall Norge. (u.å). *Gips som resirkulert råvare*. Hentet 17.12.2021, fra <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/gips-som-resirkulert-r%C3%A5vare>
- BAMB. (2020). *BAMB - Buildings As Material Banks*. Hentet 22.11.2021, fra <https://www.bamb2020.eu/>
- Bertin, I., Mesnil, R., Jaeger, J.-M., Feraille, A. & Le Roy, R. (2020). A BIM-based framework and databank for reusing load-bearing structural elements. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12083147>
- Bertino, G., Kisser, J., Zeilinger, J., Langergraber, G., Fischer, T. & Österreicher, D. (2021). Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app11030939>
- Bogoviku, L. & Waldmann, D. (2021). Modelling of mineral construction and demolition waste dynamics through a combination of geospatial and image analysis. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111879>
- Bohne, R. A. & Wærner, E. R. (2014). *Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials in Norway*. Hentet 14.12.2021, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2393174>
- Brekkehus, A. (2021, 9. november). *Fremtiden ligger i fortiden* [bygg.no]. Hentet 13.05.2022, fra <https://www.bygg.no/article/1482419/>
- Cai, G. & Waldmann, D. (2019). A material and component bank to facilitate material recycling and component reuse for a sustainable construction: Concept and preliminary study. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01758-1>
- Cellucci, C. (2021). Circular economy strategies for adaptive reuse of residential building. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2021.15404>
- Charef, R. & Emmitt, S. (2021). Uses of building information modelling for overcoming barriers to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124854>

- Circular Ecology. (u.å). *Embodied carbon assessment*. Hentet 18.11.2021, fra <https://circularecology.com/embodied-carbon.html>
- Copeland, S. & Bilec, M. (2020). Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.122>
- de Wit, M., Haigh, L., von Daniels, C. & Christiansen, A. F. (2020). *The circularity gap report norway*. Hentet 16.12.2021, fra <https://www.circularity-gap.world/norway#wf-form-CGR-NOR-Report-Downloads>
- DiBK. (u.å). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Hentet 29.05.2022, fra <https://dibk.no/regelverk/dok/definisjoner/begrepsliste/>
- E.C.Dahls Eiendom. (2022a). *Nordre gate 10*. Hentet 28.04.2022, fra <https://ecde.no/eiendom/nordre-gate-10>
- E.C.Dahls Eiendom. (2022b). *Nordre gate 12*. Hentet 28.04.2022, fra <https://ecde.no/eiendom/nordre-gate-12>
- E.C.Dahls Eiendom. (u.å-a). *Om E.C.Dahls Eiendom*. Hentet 02.12.2021, fra <https://ecde.no/om-ecde>
- E.C.Dahls Eiendom. (u.å-b). *Pirsenteret*. Hentet 15.04.2022, fra <https://ecde.no/eiendom/pirsenteret>
- E.C.Dahls Eiendom. (u.å-c). *Prinsens gate 49*. Hentet 02.12.2021, fra <https://ecde.no/eiendom/prinsens-gate-49>
- Enova. (2022, 31. mars). *Enova med nye støtteordninger for ombruk i byggenæringen*. Hentet 12.05.2022, fra <https://presse.enova.no/pressreleases/enova-med-nye-stoetteordninger-for-ombruk-i-byggenaeringen-3172474>
- Enova. (u.å). *Om enova* [Enova]. Hentet 06.12.2021, fra <https://www.enova.no/om-enova/>
- Espelid, H. H., Sunde, O. & Strand, S. S. (2021). *Episode 85 - Slik jobbet de med ombruk i KA13* [Podcast]. <https://www.bygg.no/podkast-slik-jobbet-de-med-ombruk-i-ka-13/1480641!/>
- European Commission. (2011). *Supporting environmentally sound decisions for Construction and Demolition (C&D) waste management* (EUR 24918 EN). Hentet 20.11.2021, fra <https://data.europa.eu/doi/10.2788/54618>
- European Commission. (2020). *A new circular economy action plan*. Hentet 19.11.2021, fra https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en
- European Commission. (u.å). *EU taxonomy for sustainable activities*. Hentet 16.12.2021, fra https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- FN-sambandet. (2020). *Parisavtalen*. Hentet 18.11.2021, fra <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>
- FN-sambandet. (2021a). *Bærekraftig utvikling* [fn.no]. Hentet 19.11.2021, fra <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- FN-sambandet. (2021b). *FNs bærekraftsmål* [fn.no]. Hentet 18.11.2021, fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>
- Fufa, S. M., Plessner, T. S. W. & Grytli, T. (2021). *Ombruk av gatestein. Kartlegging, prøving, LCA og kostnadsanalyser*. SINTEF akademisk forlag. Hentet 02.06.2022, fra <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2766890>

- FutureBuilt. (2019). *FutureBuilt kriterier for sirkulære bygg*. Hentet 11.05.2022, fra <https://www.futurebuilt.no/FutureBuilt-kvalitetskriterier#!/FutureBuilt-kvalitetskriterier>
- FutureBuilt. (2022, 30. april). *Skur 38*. Hentet 12.05.2022, fra <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Skur-38>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, *143*, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Grønn Byggallianse. (2017). *Grønn Materialguide*. Hentet 01.05.2022, fra <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/publikasjoner/gronn-materialguide-versjon-2-2/>
- Grønn Byggallianse. (2022, 28. februar). *BREEAM-NOR v6.0 for nybygg* (Teknisk manual SD5076NOR). Hentet 11.05.2022, fra <https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/manual-verktoy-og-hjelp/breeam-nor-manual-og-verktoy/>
- Guldager, K. & Sommer, J. (2019). *Building a circular future* (3rd). <http://www.buildingacircularfuture.com/book>
- Halmetoja, E. (2022). The role of digital twins and their application for the built environment. I M. Bolpagni, R. Gavina & D. Ribeiro (Red.), *Industry 4.0 for the built environment: Methodologies, technologies and skills* (s. 415–442). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82430-3_18
- Heisel, F. & Rau-Oberhuber, S. (2020). Calculation and evaluation of circularity indicators for the built environment using the case studies of UMAR and madaster. *Journal of Cleaner Production*, *243*, 118482. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118482>
- Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N., Ali, S., Tu, Q., Ardente, F., Berrill, P., Fishman, T., Kanaoka, K., Kulczycka, J., Makov, T., Masanet, E. & Wolfram, P. (2019, 31. desember). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5245528>
- Honic, M., Kovacic, I., Aschenbrenner, P. & Ragossnig, A. (2021). Material passports for the end-of-life stage of buildings: Challenges and potentials. *Journal of Cleaner Production*, *319*, 128702. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128702>
- Høydahl, V. V. & Walter, H. K. (2020). Ombruk av byggematerialer og -produkter i et bærekraftperspektiv - Vurdering av miljøeffekt og kartlegging av potensialet for en oppskalering av ombruksmarkedet. Hentet 19.11.2021, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2738114>
- Johannesen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg.). Abstrakt forlag AS.
- Khajavi, S. H., Motlagh, N. H., Jaribion, A., Werner, L. C. & Holmström, J. (2019). Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings. *IEEE Access*, *7*, 147406–147419. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946515>
- Kilvær, L., Sunde, O. W., Eid, M. S., Rydningen, O. & Fjeldheim, H. (2019). *For-svarlig ombruk av byggevarer : DiBK FoU-prosjekt 2019*. Direktoratet for byggkvalitet. Hentet 11.12.2021, fra <https://evalueringsportalen.no/evaluering/for-svarlig-ombruk-av-byggevarer-dibk-fou-prosjekt-2019>

- Kommunal-og distriktsdepartementet. (2022, 1. juni). *Fleire tiltak for å auke ombruk og redusere klimautslepp fra byggenæringa* [Regjeringen.no]. Hentet 02.06.2022, fra <https://www.regjeringen.no/nn/aktuelt/fleire-tiltak-for-a-auke-ombruk-og-reducere-klimautslepp-fra-byggenaringa/id2916781/>
- Kvale, N. & Norang, H. (2021). Grønt er skjønt? En studie av hvordan EUs taksonomi og Level(s) kan konkretisere bærekraft innen bygg og eiendom. Hentet 16.12.2021, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2787269>
- Kvellheim, A. K. & Lien, A. G. (2018). *Virkemidler som virker. Innovasjon, markedsendring og grønt skifte*. SINTEF akademisk forlag. Hentet 21.11.2021, fra <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2579111>
- Kyrö, R. K. (2020). Share, Preserve, Adapt, Rethink – a focused framework for circular economy. *588*, 042034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/4/042034>
- Lanau, M. & Liu, G. (2020). Developing an Urban Resource Cadaster for Circular Economy: A Case of Odense, Denmark. *Environmental Science and Technology*, *54*(7), 4675–4685. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07749>
- Leland, B. N. (2004). Gjenbruk og ombruk i byggebransjen. *Plan*, *36*(1), 12–15. <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-3045-2004-01-04>
- Loopfront. (u.å). *Om Loopfront*. Hentet 12.05.2022, fra <https://www.loopfront.com/no/om>
- Lucarelli, C., Mazzoli, C., Rancan, M. & Severini, S. (2020). Classification of Sustainable Activities: EU Taxonomy and Scientific Literature. *Sustainability*, *12*(16). <https://doi.org/10.3390/su12166460>
- Madaster. (2021). *Madaster - the digital library of materials*. Hentet 22.11.2021, fra <https://madaster.com/>
- Malabi Eberhardt, L. C., Rønholt, J., Birkved, M. & Birgisdottir, H. (2021). Circular economy potential within the building stock - mapping the embodied greenhouse gas emissions of four danish examples. *Journal of Building Engineering*, *33*, 101845. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101845>
- Mattaraia, L., Fabricio, M. M. & Codinhoto, R. (2021). Structure for the classification of disassembly applied to BIM models. *Architectural Engineering and Design Management*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1956420>
- Meld. St. 40 (2020–2021). (2021, 23. juni). *Mål med mening — Norges handlingsplan for å nå bærekraftsmålene innen 2030*. Kommunal-og moderniseringsdepartementet. Hentet 19.11.2021, fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-40-20202021/id2862554/>
- Mercader-Moyano, P. & Esquivias, P. M. (2020). Decarbonization and circular economy in the sustainable development and renovation of buildings and neighbourhoods [Number: 19 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute]. *Sustainability*, *12*(19), 7914. <https://doi.org/10.3390/su12197914>
- Miljødirektoratet. (2020). *Sirkulær økonomi*. Hentet 22.11.2021, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
- Miljødirektoratet. (u.å-a). *Klimasats – støtte til klimatiltak*. Hentet 12.05.2022, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klimasats/>
- Miljødirektoratet. (u.å-b). *Polyklorerte bifenyler (PCB)*. Hentet 10.12.2021, fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/polyklorerte-bifenyler-pcb/>

- Miljødirektoratet. (u.å-c). *Skur 38 - gjenbruk av byggematerialer*. Hentet 12.05.2022, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klimasats/2021/skur-38---gjenbruk-av-byggematerialer/>
- Miljøverndepartementet. (2013, 5. august). *Fra avfall til ressurs - Avfallsstrategi*. Hentet 06.12.2021, fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/t-1531-fra-avfall-til-ressurs/id733163/>
- Norconsult. (2010). *Kartlegging av nyere fraksjoner av farlig avfall i bygg*. Direktoratet for byggkvalitet. Hentet 02.05.2022, fra <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/publikasjoner-fra-klif/2010/mars/kartlegging-av-nyere-fraksjoner-av-farlig-avfall-i-bygg/>
- Nordby, A. S., Lunke, R. & Andersen, R. (2021). *Erfaringsrapport ombruk - KA13*. Hentet 22.11.2021, fra <https://entra.no/news-and-media/rapport-om-ka13/2114>
- Norsk Gjenvinning. (2015). *Gips*. Hentet 17.12.2021, fra <https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/gips/>
- Noun Project. (2022). *Noun Project: Free Icons & Stock Photos for Everything*. Hentet 02.06.2022, fra <https://thenounproject.com/>
- NTNUBibliotek. (2017). *Finne kilder - Kunnskapsbasen*. Hentet 15.05.2022, fra <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder>
- Prop. 208 LS (2020–2021). (2021, 4. juni). *Lov om offentliggjøring av bærekraftsinnformasjon*. Finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-208-ls-20202021/id2856814/>
- Randerstegl. (2022). *Beregning av forbruk av murstein*. Hentet 25.04.2022, fra <https://www.randerstegl.no/no/murstein/fullmurt-bygg/beregning-av-mursteinsforbruk>
- Rees, W. E. (1999). The built environment and the ecosphere: a global perspective. *Building Research & Information*, 27(4), 206–220. <https://doi.org/10.1080/096132199369336>
- Rehub. (u.å). *Hvordan bruke Rehub*. Hentet 12.05.2022, fra <https://www.rehub.no/Home/HowtoRehub>
- Reike, D., Vermeulen, W. & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Re-furbished as CE 3.0? *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Resirqel. (u.å). *Om oss* [Resirqel AS]. Hentet 12.05.2022, fra <http://www.resirqel.no/om-oss-1>
- Robson, C. & McCartan. (2016). *Real World Research* (4th). Wiley.
- Rose, C. M. & Stegemann, J. A. (2019). Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, 172(3), 129–140. <https://doi.org/10.1680/jensu.17.00074>
- Rygh, P. & Gunnarsjaa, A. (2022, 21. april). Prosjektering. *Store norske leksikon*. Hentet 09.06.2022, fra <http://snl.no/prosjektering>
- Salke. (2019, 22. februar). *Systemhimling i kontorlokaler*. Hentet 02.05.2022, fra <https://www.salke.no/systemhimling/>
- Sandberg, E., Fufa, S. M., Knoth, K. & Eberhardt, L. C. M. (2022). Ombruk av bygningsdeler – læringspunkter fra forbildeprosjekter i Norge, Danmark og Belgia. *Praktisk økonomi & finans*, 38(1), 23–46. <https://doi.org/10.18261/pof.38.1.3>

- Sandberg, E. & Kvellheim, A. K. (2021). *Ombruk av byggematerialer – marked, drivere og barrierer*. SINTEF akademisk forlag. Hentet 06.12.2021, fra <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmliui/handle/11250/2828094>
- Shahzad, M., Shafiq, M., Douglas, D. & Kassem, M. (2022). Digital Twins in Built Environments: An Investigation of the Characteristics, Applications, and Challenges. *Buildings*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/buildings12020120>
- SINTEF. (2021). *REBUS*. Hentet 29.05.2022, fra <https://www.sintef.no/projectweb/rebus/>
- SINTEF. (2022, 28. april). *Ombruk av byggevarer – men ikke til enhver pris* [Webinar]. Hentet 29.05.2022, fra <https://www.sintef.no/arrangementer-og-kurs/arkiv/2022/webinar-ombruk-av-byggevarer-men-ikke-til-enhver-pris/>
- SINTEF Byggforsk. (1995). *612.011 Stilarter i arkitekturen etter 1945 - Byggforskserien*. Hentet 22.05.2022, fra https://www.byggforsk.no/dokument/612/stilarter_i_arkitekturen_etter_1945
- SINTEF Byggforsk. (2003). *700.330 Levetider for sanitærinstallasjoner i boliger - Byggforskserien*. Hentet 30.04.2022, fra https://www.byggforsk.no/dokument/3112/levetider_for_sanitaerinstallasjoner_i_boliger
- SINTEF Byggforsk. (2004). *344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger*. https://www.byggforsk.no/dokument/3223/tilpasningsdyktige_kontorbygninger
- SINTEF Byggforsk. (2017). *700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. https://www.byggforsk.no/dokument/3312/intervaller_for_vedlikehold_og_utsifting_av_bygningsdeler
- Sivertsen, A., Lommertz, M. & Bengtsen, F. (2022, 10. mai). *Gjenbruk av bygg, byggematerialer og inventar*. Miljødirektoratet. Hentet 11.05.2022, fra <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/arrangementer/2022/mai/gjenbruk-av-bygg-byggematerialer-og-inventar/>
- SSB. (1977, 11. november). *Byggearealstatistikk 1976* (ISBN 82-537-0784-3). Hentet 22.05.2022, fra <https://www.ssb.no/historisk-statistikk/emner/naeringer>
- SSB. (2000). *Byggearealstatistikk 1999* (ISBN 82-537-4821-3). Hentet 22.05.2022, fra <https://www.ssb.no/historisk-statistikk/emner/naeringer>
- SSB. (2021). *Avfall fra byggeaktivitet*. Hentet 20.11.2021, fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet>
- SSB. (2022). *Bygningsmassen*. Hentet 22.05.2022, fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/bygg-og-anlegg/statistikk/bygningsmassen>
- Standard Norge. (2012). *NS 3940:2012 Areal- og volumberegninger av bygninger (tekn. rapp.)*. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=529401>
- Standard Norge. (2022). *Norsk Standard for hulldekker av betong til ombruk – NS 3682 — standard.no*. Hentet 21.05.2022, fra <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/byggevarer/norsk-standard-for-hulldekker-av-betong-til-ombruk--ns-3682/>
- Statsbygg. (2021). *Kjempetelt blir Norges største sentral for ombruk*. Hentet 10.12.2021, fra <https://www.statsbygg.no/nyheter/kjempetelt-blir-norges-storste-sentral-for-ombruk>
- Statsbygg & Grønn Byggallianse. (2021, 17. august). *Ombrukskartlegging og bestilling-slik gjør du det* (Veileder). Hentet 11.05.2022, fra <https://www.statsbygg.no/nyheter/ny-veileder-for-kartlegging-av-ombruk>

- Sørnes, K., Nordby, A. S., Fjeldheim, H., Hashem, S. M. B. H., Mysen, M. & Schlanbusch, R. D. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. SINTEF Fag. Hentet 10.12.2021, fra https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger_ved_ombruk_av_byggematerialer
- Thunshelle, K., Kron, M., Plessner, T. S. W., Risholt, B. & Stråby, K. (2022). *Ombruk av byggematerialer. Veileder for dokumentasjon av ytelse* (Nr. 978-82-536-1743-5). SINTEF. Hentet 30.04.2022, fra https://www.sintefbok.no/book/index/1320/ombruk_av_byggematerialer_veileder_for_dokumentasjon_av_ytelse
- Torsvik, E. T. (2021). Ombruk av kontorbygningers bæresystemer. Hentet 05.10.2021, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2784625>
- Trippel, E. (2020). How green is green enough? the changing landscape of financing a sustainable european economy. *ERA Forum*, 21(2), 155–170. <https://doi.org/10.1007/s12027-020-00611-z>
- Trondheim Kommune. (u.å). *Trondheim byarkiv*. Hentet 02.12.2021, fra <https://www.trondheim.kommune.no/org/organisasjon/byarkivet/>
- UNEP. (2021, 19. oktober). *2021 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. United Nations Environment Programme. Hentet 18.11.2021, fra <http://www.unep.org/resources/report/2021-global-status-report-buildings-and-construction>
- UN-Habitat. (2020). *World cities report 2020 : the value of sustainable urbanization* (tekn. rapp. Nr. 978-92-1-132872-1). Hentet 17.11.2021, fra <https://unhabitat.org/World%20Cities%20Report%202020>
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering, 1–10. <https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and methods* (5th). SAGE Publications.

A Litteraturanalyse i Excel

Keywords	Title	Refereans	Date	Method	Journal	Language	Form	Results	Method	Results	Implementation	Keywords
Metropolis	Material Passports for the Built Environment: Challenges and Opportunities	Miroc N.J., Kovacic M., P.J., Rogosinski A.C.	2021	Circular economy; Circular economy; Recycled materials; Waste minimization	0 Journals of cleaner products	German	This paper explores the possibility of combining existing databases to reflect the (future) potential of the existing building stock as material banks.	Three acquisition methods were applied on the use cases in order to obtain the necessary information: laser scanning, demolition acquisition (DA) and building information modelling (BIM) with regards to the quality and separability of the materials. A BIM-based Building Information Modelling (BIM) model of the building was created, which can be seen as an outstanding advantage regarding recycling and sustainability in the construction sector.	As a result, an MP is generated for the exterior walls and the foundation. The MP contains information on material masses, the share of recycling and waste masses, as well as the material composition. The MP also contains information on the separation of the materials. A BIM-based Building Information Modelling (BIM) model of the building was created, which can be seen as an outstanding advantage regarding recycling and sustainability in the construction sector.		Research topic of construction of mineral, waste and metal recycling.	
Urban mining	Minimizing the built environment's carbon footprint: a case study of urban mining	Alvisei F., Dombi M.	2021	Building information modelling; Circular economy; Geographic information systems (GIS); Urban mining	0 Buildings	Ungari	The extraction of material stock is known as urban mining. In order to make these materials accessible for future mining, material inventories need to be established. This requires a vast knowledge of the existing building stock, which can only be obtained through the use of modern technologies, such as building information modelling (BIM) and geographic information systems (GIS).	The review paper gives a general overview of the literature body and traces the evolution of this research field.				
CDW (Construction and demolition waste)	Modelling of mineral waste distribution through a combination of geospatial and image analysis	Bogovik L., Waldman M.	2021	Circular economy; Concrete recycling; Geospatial information systems (GIS); Demolition waste stock; Geospatial stock quantification	1 Journals of environmental management	Luxembourg	As the construction sector is shifting towards circular economy models, the role of mineral construction materials as main waste fraction in terms of volumes and composition is becoming increasingly relevant, as well as the waste derived from it. It is decisive in ensuring the application of the best practices of circular economy in the construction sector through a combination of geospatial and image analysis.	It was found that the total mineral construction stock for Luxembourg is 276.73 Mt and has been growing at a rate of 0.15 Mt per year for the last 10 years. Furthermore, the study identified a mean age of the urban building stock of 12.2 years. The annual CDW production is expected to reach 1.2 Mt by 2030. The maximum building lifetime of 122 years.	Based on the stochastic projections the mineral CDW generated from the existing building stock is expected to be up to 226.9 Mt by 2030. The annual CDW production is expected to be as high as 888.3 Mt. The annual CDW production is expected to reach 1.2 Mt by 2030. The maximum building lifetime of 122 years.		Alle types bygg	
Stirkular ekonomi	Circular economy strategies for adaptive reuse of residential buildings	Čuček C.	2021	Adaptive reuse; Building reuse; Built environment; Circular economy; Circular regeneration	0	Italia	The paper deals with the issue of the regeneration of buildings through adaptive reuse and how this can be characterized in the relationships between adaptive reuse and circular economy in the construction sector in order to identify opportunities and adaptively reuse underutilized or abandoned environmental assets.	A systematic review of the literature and identification of three areas of action of the CE in the regeneration of the built environment: a Micro-level (the single component), a Meso-level (the neighborhood) and a Macro-level (the national level). The paper also identifies the main actors of adaptive reuse interventions aimed at responding to individual problems, be they of a nature relating to the building, the context or the single component. It is not entirely clear how the CE can be implemented in the building characteristics.	In this perspective, the paper suggests solutions at room level, home level and urban level in pursuit of human well-being.			
Stirkular ekonomi	The future of circular environmental indicators for cultural heritage buildings in Europe	Peter G., Kreim H., S.	2020	Adaptive reuse; Circular economy; Cultural heritage; Cultural heritage; European Union; Sustainability; Transition	3 Environmental Sciences Europe	German	The scope of the study is the environmental indicators for existing buildings and ADU. The primary research question is, "what are the ideal indicators for existing buildings and ADU?" The secondary research question is, "are the ideal indicators reflected in existing and developing macro-level EU sustainability policies relevant to ADU?"	The research design is a content analysis and develops the framework of indicators for ADU.	This policy study develops a framework to close this gap by: (1) identifying the causal network; and (2) selecting the best indicators. The study identifies the best indicators for ADU and developing European management and monitoring systems. The study also identifies the best indicators for ADU and developing European management and monitoring systems. The study also identifies the best indicators for ADU and developing European management and monitoring systems.	The proposed new framework is a circular environmental indicators for ADU. The framework has immediate practical implications for policy-makers interested in the CE regime for buildings in Europe.	ARCH (Cultural heritage buildings)	

B Dokumentanalyse Nordre gate 12

DOKUMENTER					
Eldre dokumenter					
Dokumentnavn	Dokumenttype	Side	Navn	Dato	Uthentet informasjon fra dokument
401-15 Nordre gate 12 (1)	Plantegning	9-24	Søknad om tillatelse til tiltak, ombygging av kontorlokaler	02.02.2010	Ombygging kontorer i 5. etg og 4. etg, kjeller tas i bruk til garderobes og sykkelparkering for kontorer. Nye plantegninger for disse planene
401-15 Nordre gate 12 (1)	Rapport	49-72	Miljøkartleggingsrapport og miljøsaneringsbeskrivelse	11.10.2010	Materialer der det ble funnet farlige stoffer og mengder av disse
401-15 Nordre gate 12 (2)	Ferdigattest		Utskiftning av heis	24.04.2008	Bytte av to heiser
401-15 Nordre gate 12 (3)	E-post	1	Vedr. Igangsatt arbeid	05.03.2009	Innvendige lettvegger i butikk tatt ned, gamle trapper gjernet og trappehull støpt igjen. Fasadefelt mot Nordre gate er tatt ut.
401-15 Nordre gate 12 (4)	Eldre fakser	85	Byggemelding - nye forretnings- og kontorbygg 1. byggetrinn	18.03.1954	Søyler og dekker i jernbetong, tett veggfelt i fasaden 15 cm armert betong innvendig isolert med Siporex, delevegger mellom kontorer og korridorvegger av sementstein, kjeller av betong med innvendig treullesementplater
401-15 Nordre gate 12 (5)	Eldre fakser	130-144	Bruksendringer	27.08.1984	Isolasjon: innvendig, siporex, kork, treullesement
401-15 Nordre gate 12 (5)	Eldre fakser	155	Byggemelding	01.11.1949	vaktmesterleili 7. etg, ombygging av rom i 3. etg, ominnredning av kontorer (1973).
401-15 Nordre gate 12 (5)	Eldre fakser	182-184	Byggeanmeldelse - Forretnings- og kontorbygg	04.05.1960	Materialer: bygg av armert betong emd isolasjon, to lags papp som takteking,
401-15 Nordre gate 12 (5)	Eldre fakser	185	Utvidelse av Nordre gate 12 A	09.05.1960	Utvidelse av bygget Nordre gate 12 A. 6 etasjer m/tilbaketrasket toppetasje og 2 kjellere.
401-15 Nordre gate 12 (5)	Eldre fakser	202	Brev til nabotomter	01.04.1960	Jernbetong søyler og dekker. Førvrig som 1- byggetrinn. Alle skillevegger mellom leilene samt korridorvegger utføres i 1/2 stein tegl med 1,5 cm puss. Isolasjon av 15cm Siporex, Leca eller kork.
401-15 Nordre gate 12 (5)	Eldre fakser	232	Ad. Gjensidige-gårdens 2. byggetrinn	17.06.1959	Mesaning i 1. etasje
401-15 Nordre gate 12 (5)	Tegninger	253-266	Plantegninger, snittegninger og fasadetegninger	30.11.1949	Adværer naboen at Nordre gate 12 rives for 2 byggetrinn. Setter nybygg i gang og skal dermed rive nåværende gård på Nordre gate 12.
401-15 Nordre gate 12 (5)	Tegninger	267-284	Plantegninger, detaljtegninger	23.05.1956	Gamle tegninger i snitt, 1. etg, mesanin, kjeller, 2.3. og 4. etg, 6. etg, fasade,
401-15 Nordre gate 12 (6)	Tegninger	1-56	Plantegninger, fasadetegninger og snittegninger	08.02.1963	5. etg, fasade mot vest og gårdsplass, 2. etg, underkjeller, innkledning av balkong, kjeller, mesaning, 1. etg, snitt, vindu og trapp,
401-15 Nordre gate 12 Antenne - Ferdigattest	Faks		Oppsetting av antenne	15.06.1980	Alle eldre plantegninger +++
401-15 Nordre gate 12 Bruksendring - Vedtak	Faks	2	Omdisponering av vaktmesterleili til kantine	20.01.1987	Oppsetting av 5 m høy antenne på taket
401-15 Nordre gate 12 Bruksendring - Vedtak	Tegninger	78-81	Plantegning 7. etasje eksisterende vaktmesterleili	11.10.1984	Utskiftning av glassfasade til forretnings med flytting av inngangsdør og ny skilting
401-15 Nordre gate 12 Endring - Vedtak	Faks + tegning	1-6	Innredning av kontorlokaler	19.09.1973	Innredning av kontorer i 4. etasje + plantegning som visser nye vegger i 4. etg.
401-15 Nordre gate 12 Endring	Tegninger		Utvidelse av butikkareal - mesaninetasje	10.08.1981	Utvidelse av mesaninetasje med 17,5 m ² . Takhøyde 1. etg er 2,65 m og på mesaningetg er det 2,31 m
401-15 Nordre gate 12 Fasadeendring - Ansvar	E-post		Søknad om enkelte tiltak for fasadeendring og omskiltning	23.01.2006	Utskiftning av glassfasade til forretnings med flytting av inngangsdør og ny skilting
401-15 Nordre gate 12 Forhåndsreferanse - K	E-post		Nyinnredning til kontorer med nye brannskille vegger	08.11.2010	Plantegning 4. og 5. etg eksisterende + nye branntegninger
401-15 Nordre gate 12 Ombygging - Ansvar og	E-post		Ominnredning butikklokaler Vero Moda	27.05.2009	Lokalene slås sammen til en butikk, trapp rives, og ny større trapp etableres. Deler av mesaninetg rives. Nytt ventilasjonsrom på mesaninetg. Brannvarsling oppgraderes som resten av eiendommen.
401-15 Nordre gate 12 Ombygging - Ansvar og	Tegninger	26-32	Plantegninger	21.05.2007	U1, 1. etasje, mesanin etasje,
401-15 Nordre gate 12 Ombygging - Søknader	Faks		Ombygging	07.05.1987	Ny trapp fra 1. etasje til mesaninetasje og ominnredning. Glassvegg mot 1. etg utført som trekonstruksjonen med spjeltrådglass
401-15 Nordre gate 12 Ombygging - Søknader	Tegninger		Plantegninger	03.02.1987	Ominnredning av hele 2. etg, endres til kombinert kontorlandskap/celekkontor med dobbeltkorridorer og kjerneareal. Cellekontorer har glassvegger mot korridor og kontorlandskapet inndeles med flyttbare skjermvegger.
401-15 Nordre gate 12 Omskiltning - Ansvar og	E-post		Søknad om godkjenning av omskiltning	13.10.1999	3. etg: fullstendig ominnredning av halv etasjen. Endring av planløsning tilsvarende 2. etg.
401-15 Nordre gate 12 Omskiltning - Ansvar og	E-post		Søknad om godkjenning av omskiltning	29.10.2003	7. etg: ombygging av vaktmesterleili til kantine/møterom. mesanin, 2. etg, 3. etg og 7. etg
401-15 Nordre gate 12 Søknad om enkelte tiltak	Brannnotat		Brannnotat	25.03.2008	Utskiftning av eksisterende skilting i forbindelse med havneendring
401-15 Nordre gate 12 Utvidelse av arealer i 1.	E-post - byggesøknad etc		Endring/tilbygg kontor	11.12.1997	Omskiltning av forretningsfasade pga ny logo
401-15 Nordre gate 12 Utvidelse av arealer i 1.	E-post - byggesøknad etc	16-27	Utvidelse Nordre gate 12	10.12.1997	viser oppbygging av ikke bærende brannskillede lettvegg for butikken: stenderverk med 13mm gips og 70mm rockwool i mellom.
401-15 Nordre gate 12 Utvidelse av arealer i 1.	Tegninger	28-38	Plantegninger, snitt og delatetegninger	02.07.1997	Oppbygging av sjaktvegg: stenderverk av stålprofiler, rockwool brannplate mellom og kledning med to lag branngips.
401-15 Nordre gate 12	E-post		Søknad om enkelte tiltak for innvendig rehabilitering	23.06.2005	Nytt dørfelt mellom søyler i akse 1 og 2, inngangsdør mot dronningens byttes ut. Forslag til ny rampe opp til hovedinngangen.
					Bytte til autmatiske skyvedører i glass og aluminium.
					Utvidelse av forretningslokale i 1. etg ved å bygge inn søylerekke mot nordre gate. + bilder av eksisterende 1. etasje

DOKUMENTER				
Nyere dokumenter				
Dokumentnavn	Dokumenttype	Navn	Dato	Uthentet informasjon fra dokument
2011_29812-1 10062011_1_Nordre_gtae_12_s	Søknad	Ombygging kontorer	03.01.2012	Ombygging kontorer 4. og 5.etg
2011_29812-5 03012012_2_E_plantegning	Plantegning	4.etg	16.06.2010	Innrøding 4. etg
2011_34830-1 07072011_4_E_bilde_-_fasade	Bilde	Skiltforslag	28.05.2011	Skiltbytte fasade mot dronningens
2013_24611-1 15052013_1_Nordre_gate_12_s	Søknad	Våtrom i bygg Teknisk installasjon i bygg	15.05.2013	Oppgrøding av kantine i 7.etasje på 169 m2. Etablere nytt toalett.
2013_24611-1 15052013_2_E_planer	Plantegning	7. etg Kantine	08.04.2013	Kantine 7.etg
2014_55714-1 11112014_3_Branntegning	Plantegning	Bytte av heis	11.11.2014	Bytte av vareheis til vare- og personheis. Plantegning av underkjeller
2015_60209-1 26112015_7_F_-_Oversendelse	E-post	Montering av reklameskilt, Nordre gate 12	26.11.2015	reklameskilt mot nordre gate
2016_12291-2 16032016_3_E_Plantegning_bra	Plantegning	Brannplan 7.etasje	16.03.2016	Oppføring av ny brannvegg i 7.etg mellom to utleielokaler og to nye møterom.
2018_82632-4 20062018_3_plan_messanin_-_N	Plantegning	Plan messanin - NY	20.06.2018	Messanin plan
2018_82632-4 20062018_4_plan_messanin_-_B	Plantegning	Plan messanin - EKS	20.06.2018	Messanin plan eksisterende
2018_82632-4 20062018_6_følgebrev	Følgebrev	Følgebrev - Endring av brannceller	20.06.2018	Endring av branncelle i 2.etg og etablering av dør i branncelleksille. Fjerning av ventilasjonsrom i mesaninetasje over 1.etasje.
2018_84119-2 23102018_1_vedtak_om_samtyl	Søknad	Ombygging - leietaker BUF-etat Midt-Norge	23.10.2018	Endringer av deler av lokaler i 3.etasje. Ombygging av 4 kontor og mindre gangareal til 2 møterom.
2018_84119-2 23102018_4_E_plan_3_-_NY	Plantegning	Etasjeplan 3 Ny situasjon	26.10.2018	Plantegning av 3.etasje
2018_84119-2 24122018_1_søknad_om_midler	Søknad	Søknad om midlertidig brukstillatelse	24.12.2018	Nytt ventilasjonsanlegg med rørgjennomføringer fra 2.-7.etg
2021_81593-2 28042021_4_følgebrev	Søknad	Søknad om oppsetting av skilt	28.04.2021	Nytt skilt for Carlings mot nordre gate
2021_82444-1 21062021_1_Søknad	Søknad	Endring av bygg - innvendig + riving av deler av bygg	21.06.2021	
2021_82444-1 21062021_6_tegning_nytt_snitt	Snittegning	Snitt 1:200	21.06.2021	Nytt snitt med utsparringer i dekke
2021_82444-1 21062021_12_Tegning_eksisterende	Plantegning	Eksisterende plan	21.06.2021	Eksisterende plan U1 og 1.etg
2021_82444-1 21062021_13_Tegning_eksisterende	Snittegning	Eksisterende snitt fra 1954	21.06.2021	Eksisterende snitt fra 1954
2021_82444-1 21062021_14_Tegning_ny_plan	Plantegning	Tegning ny plan - utsparring	21.06.2021	Plan U, plan1 og plan 2
2021_82509-1 25062021_1_Søknad	Søknad	Bygningstekniske installasjoner - nytt anlegg	25.06.2021	
2021_82509-1 25062021_6_tegning_nytt_snitt	Snittegning	Nytt snitt 1:200	25.06.2021	Nytt snitt med ny løfteplattform
2021_82509-1 25062021_8_Følgebrev	Følgebrev	Søknad om tillatelse - installasjon av løfteplattform	25.06.2021	Installasjon av løfteplattform i eksisterende butikklokaler. Betjener 3 plan; u1 med lager, og plan 1 og messanin med butikklokaler.
2021_82509-1 25062021_16_Tegning_ny_plan	Tegninger	Butikklokaler med løfteplattform	25.06.2021	Innrøding butikklokaler, løfteplattform U, 1.etg og 2.etg
2021_83269-2 03092021_1_Henvendelse_vedr	E-post	Varsel om fasade skilt for Bergans butikk i Nordre gate 12	03.09.2021	Skiltplan for ny butikk.

C Mengdeberegninger Prinsens gate 49

Høyder og arealer

Plan	BTA [m ²]
Kjeller	634
1	643
2	576
3	584
4	537
5	446
6	291

Plan	Etasjehøyde [m]	Romhøyde [m]
Kjeller	3	2,75
1	4,55	4,3
2	3	2,75
3	3	2,75
4	3	2,75
5	3	2,75
6	3	2,75

Bærekonstruksjon

Betongdekker		
Plan	Areal dekke [m ²]	Dekketykkelse [m]
Kjeller	634	0,25
1	643,3	0,25
2	576,3	0,25
3	584,3	0,25
4	537,3	0,25
5	445,9	0,25
6	290,5	0,25

Søylar				
Plan	Sirkulære søylar	Kvadratiske søylar	SUM søylar	Lengde med søylar [m]
Kjeller		26	26	71,5
1	5	25	30	129
2	9	17	26	71,5
3	10	18	28	77
4	13	14	27	74,25
5		13	13	35,75
6		14	14	38,5

Kjelleryttervegg av plasstøpt betong		
Plan	Areal vegg [m ²]	Veggtykkelse [m]
Kjeller	264	0,25

Antar samme tykkelse som dekker

Kjelleryttervegg oppbygning		Tykkelse
Drensplateisolasjon		50mm
Grunnmursplate		
Betong		250mm

Fasade og vinduer

Orientering	Teglfasade [m2]	Glassystem [m2]	Metallpanel [m2]	Vindusareal [m2]
Nord	65,6	188,6	118,8	107,6
Vest	142,8	83	158	139,6
Sør		131,1	119,3	12,3
Øst		70,8	73,5	15,8
Totalt	208,4	473,5	469,6	275,3

FASADE NORD - mot dronningens gate

TEGLFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Vinduer	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	15,548	4,55	70,7434	6	33,05625	37,68715
2	15,548	3	46,644	8	18,711	27,933
SUM TEGLFASADE						65,6

GLASSYSTEM

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Vinduer	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	11,4	4,55	51,87			51,87
2	11,4	3	34,2			34,2
3	11,4	3	34,2			34,2
4	22,774	3	68,322			68,322
SUM GLASSYSTEM (Schuco FW50SG system)						188,6

METALLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Vinduer	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
3	15,548	3	46,644	8	25,9229	20,7211
5 (skråtak)	22,154	3	66,462	9	15,84	50,622
6 (skråtak)	20,499	3	61,497	8	14,08	47,417
SUM METALLPANEL						118,7601

FASADE VEST - mot prinsensgate

TEGLFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg	Vinduer	Areal vinduer	Areal fasade
1	27,66	4,55	125,853	8	40,2825	85,5705
2	27,66	3	82,98	10	25,707	57,273
SUM TEGLFASADE						142,8

GLASSYSTEM

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg	Vinduer	Areal vinduer	Areal fasade
4	27,66	3	82,98			82,98
SUM GLASSYSTEM (Schuco FW50SG system)						83,0

METALLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg	Vinduer	Areal vinduer	Areal fasade
3	27,66	3	82,98	11	41,952	41,028
5	26,42	3	79,26	10	17,6	61,66
6	23,16	3	69,48	8	14,08	55,4
SUM METALLPANEL						158,088

FASADE SØR - mot bakgård og bebyggelse

INNTILL EKSISTERENDE BEBYGGELSE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Vinduer	Areal vindu [m2]	Areal fasade [m2]
1	26,9	4,55	122,395			122,395
2	18,6	3	55,8			55,8
3	18,6	3	55,8			55,8
4	5,8	3	17,4			17,4
SUM AREAL MOT BEBYGGELSE						251,395

GLASSYSTEM

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Vinduer	Areal vindu [m2]	Areal fasade [m2]
2. etasje	10,3	3	30,9			30,9
3. etasje	10,3	3	30,9			30,9
4. etasje	23,1	3	69,3			69,3
SUM GLASSYSTEM (Schuco FW50SG system)						131,1

METALLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Vinduer	Areal vindu [m2]	Areal fasade [m2]
5. etasje (skrå)	22,13	3	66,39	7	12,32	54,07
6. etasje (skrå)	21,75	3	65,25			65,25
SUM METALLPANEL						119,32

vinduer: 1140x1600mm
vinduer: 1140x1600mm

FASADE ØST- mot bakgård og Dronningensgate 15

GLASSYSTEM

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg	Vinduer	Areal vindu	Areal fasade
2	2	3	6			6
3	2	3	6			6
4	2	3	6			6
5	9,52	3	28,55			28,55
6	8,07	3	24,21			24,21
SUM GLASSYSTEM						70,76

METALLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg	Vinduer	Areal vindu	Areal fasade
2	9,93	3	29,79	3	5,28	24,51
3	9,93	3	29,79	3	5,28	24,51
4	9,93	3	29,79	3	5,28	24,51
SUM METALLPANEL						73,53

Yttervegger - oppbygging og materialer

YV - Teglvegg		
Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Teglmodul	100	
Lufting	40	
Murplate	50	
Plastfolie		Klebes bak murplate
Bindingsverk + Isolasjon	150	
Dampsperre		
Gips	13	

YV - Glassystem		
Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Dekklister		
Visuelt glass		
Fasadesystem	125	Schuco FW50SG

YV - Metallpanel		
Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Aluminium glattpanel	4	RAL9006 siler metallic
Lektesystem	35	
Vindsperre		
Bindingsverk + Isolasjon	150	
Dampsperre		
Gips	13	

Tak - oppbygging og materialer

Skråtak plan 5 og plan 6		
Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Aluminium glattpanel	4	
Lektesystem	35	Kombinert undertak og vindsperre
Trefiberplate	20	
Isolasjon	50	Utenfor IPE220
IPE220 + isolasjon	220	IPE220 stålprofiler
Gips	2x15	m/ diffusjonsbrems

Flattak plan 6		
Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Membran		Antar asfalttakmembran
IPE270 + isolasjon	200	IPE270 stålprofiler
TRP-profil	110	TRP110
Brannisolering	30	
Gips	2x15	m/ diffusjonsbrems

Inventar

Plan	Lettvegger bindingsverk [m]	Systemvegger tre [m]	Systemvegger aluminium [m]
Kjeller			
1			
2	107,1		70,35
3	107,1		70,35
4	75,6	63	
5	54,6	43,05	
6	33,6		
SUM	378	106,05	140,7

Plan	Systemhimling [m2]	Teppeflis [m2]	Vinylbelegg [m2]	Innvendig teglvegg
Kjeller				
1				85,785
2	345,8	288,2		54,9
3	350,6	292,2		
4	322,4		268,7	
5	178,4		223,0	
6	116,2		145,3	
SUM	1313,3	580,3	636,9	140,6

Plan	Servanter porselen	Klosetter porselen	Tekjøkken
Kjeller			
1	1	1	
2	3	3	1
3	3	3	1
4	3	3	1
5	3	3	1
6	2	2	1
SUM	15	15	5

D Mengdeberegninger Pir I

Høyder og arealer

Plan	BTA blokk A [m2]	BTA Blokk B [m2]	Totalt BTA [m2]	Kommentar
Kjeller	2993		2993	
1	2319	3506	5825	
2	1425	2140	3565	
3	1500	2140	3640	
4	1425	2140	3565	
5	1245	2140	3385	
6	10	500	510	Ventilasjonsrom på tak

Plan	Etasjehøyde	Romhøyde	Etasjehøyde	Romhøyde
	blokk A + blokk 3 [m]	blokk A + blokk 3 [m]	blokk 4 [m]	blokk 4 [m]
Kjeller	3	2,7		
1	3,5	3,2	6,8	6,5
2	3,3	3		
3	3,3	3		
4	3,3	3		
5	3,3	3		
6	3,8	3,5		

Fasade og vinduer

Orientering	Frilagt betongelementfasade [m2]	Stålplatekledning [m2]	Glassfasadesystem [m2]	Vindusareal [m2]
Nord	502	295	226	273
Vest	328	577	1232	358
Sør	527	295	195	273
Øst	1034	192	377	207
Totalt	2391	1359	2030	1111

BÆREKONSTRUKSJON OG BETONGELEMENTER

Huldekker		
Plan	Areal dekke [m2]	Dekketykkelse [m]
Kjeller	2993	0,27
1	5825	0,27
2	3565	0,27
3	3640	0,27
4	3565	0,27
5	3385	0,27
6 (tak over plan 5)	3385	0,27

30mm påstøp

Prefabrikerte søyler				
Plan	Sirkulære søyler	Kvadratiske søyler	SUM søyler	Lengde med søyler [m]
Kjeller		71	71	213
1	22	109	131	422
2		105	105	317
3		98	98	296
4		98	98	296
5		98	98	296

Betongelementvegger		
Type vegg	Areal vegg [m2]	Veggtykkelse [m]
Kjelleryttervegg	850,0	0,27
Fasadevegg	4858,91	0,27

Antatt samme tykkelse som betongdek

FASADE NORD

EKSPONERT BETONGFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vinduer [m]	Høyde vindu [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	28,5	3,5	99,75	9	2,4	21,6	78,15
2	28,5	3,3	94,05	8,7	1,4	12,18	81,87
3	28,5	3,3	94,05	8,7	1,4	12,18	81,87
4	28,5	3,3	94,05	8,7	1,4	12,18	81,87
5	55,5	3,3	183,15	28,8	1,4	40,32	142,83
6	10,8	3,8	41,04	4,05	1,4	5,67	35,37
SUM EKSPONERT BETONGFASADE							502,0

STÅLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vinduer [m]	Høyde vindu [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	30,65	3,5	107,275	30,65	2,4	73,56	33,715
1 (blokk 4)	7,5	3,5	26,25	6	3,5	21	5,25
2	30,65	3,3	101,145	26,4	1,4	36,96	64,185
2 (blokk 4)	7,5	3,5	26,25				26,25
3	30,65	3,3	101,145	26,4	1,4	36,96	64,185
4	30,65	3,3	101,145		1,4	0	101,145
5			0			0	0
6		0	0		0	0	0
SUM STÅLPANEL							294,7

GLASSFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vinduer [m]	Høyde vindu [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	11	3,5	38,5			0	38,5
2	11	3,3	36,3			0	36,3
3	11	3,3	36,3			0	36,3
4	11	3,3	36,3			0	36,3
5	11	3,3	36,3			0	36,3
6	11	3,8	41,8			0	41,8
SUM GLASSFASADE							225,5

FASADE VEST

EKSPONERT BETONGFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	7,2	3,5	25,2						25,2
2	7,2	3,3	23,76						23,76
3	7,2	3,3	23,76						23,76
4	7,2	3,3	23,76						23,76
5	70,2	3,3	231,66						231,66
6		3,8	0						0
SUM EKSPONERT BETONGFASADE									328,1

STÅLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	68,4	3,5	239,4	63	2,4			151,2	88,2
2	68,4	3,3	225,72	48	1,4	0,9	1,4	68,46	157,26
3	68,4	3,3	225,72	48	1,4	0,9	1,4	68,46	157,26
4	68,4	3,3	225,72	48	1,4	0,9	1,4	68,46	157,26
5	5,4	3,3	17,82			0,9	1,4	1,26	16,56
6		0	0					0	0
SUM STÅLPANEL									576,5

GLASSFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vinduer [m]	Høyde vindu [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
Toppetasje glass	88	14	1232				1232
SUM GLASSFASADE							1232

FASADE SØR

EKSPONERT BETONGFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	30	3,5	105	9	2,4			21,6	83,4
2	30	3,3	99	8,7	1,4			12,18	86,82
3	30	3,3	99	8,7	1,4			12,18	86,82
4	30	3,3	99	8,7	1,4			12,18	86,82
5	57	3,3	188,1	28,8	1,4			40,32	147,78
6	10,8	3,8	41,04	4,05	1,4			5,67	35,37
SUM EKSPONERT BETONGFASADE									527,0

STÅLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	30,65	3,5	107,275	30,65	2,4			73,56	33,715
1 (blokk 4)	7,5	3,5	26,25	6	3,5			21	5,25
2	30,65	3,3	101,145	26,4	1,4			36,96	64,185
2 (blokk 4)	7,5	3,5	26,25					0	26,25
3	30,65	3,3	101,145	26,4	1,4			36,96	64,185
4	30,65	3,3	101,145		1,4			0	101,145
5			0					0	0
6		0	0		0			0	0
SUM STÅLPANEL									294,7

GLASSFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	9,5	3,5	33,25						33,25
2	9,5	3,3	31,35						31,35
3	9,5	3,3	31,35						31,35
4	9,5	3,3	31,35						31,35
5	9,5	3,3	31,35						31,35
6	9,5	3,8	36,1						36,1
SUM GLASSFASADE									194,75

FASADE ØST

EKSPONERT BETONGFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Lengde vindu 3 [m]	Høyde vindu 3 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	25,2	3,5	88,2	7,2	1,6	2,1	1			13,62	74,58
2	68,4	3,3	225,72	7,2	1,6	2,1	1	16,2	1,6	39,54	186,18
3	111,6	3,3	368,28	7,2	1,6	6,9	1	57,6	1,6	110,58	257,7
4	111,6	3,3	368,28	7,2	1,6	6,9	1	57,6	1,6	110,58	257,7
5	111,6	3,3	368,28	7,2	1,6	6,9	1	57,6	1,6	110,58	257,7
6		3,8	0							0	0
SUM EKSPONERT BETONGFASADE											1033,9

STÅLPANEL

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Grunnmur lengde [m]	Grunnmur høyde [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	7,2	3,5	25,2	7,2	2,4					17,28	7,92
1 (blokk 4)	43,2	3,5	151,2					43,2	0,6	25,92	125,28
2	7,2	3,3	23,76	6	1,4					8,4	15,36
2 (blokk 4)	43,2	3,5	151,2	39,6	3,5					138,6	12,6
3	7,2	3,3	23,76	6	1,4					8,4	15,36
4	7,2	3,3	23,76	6	1,4					8,4	15,36
5			0							0	0
6		0	0							0	0
SUM STÅLPANEL											191,9

GLASSFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vindu 1 [m]	Høyde vindu 1 [m]	Lengde vindu 2 [m]	Høyde vindu 2 [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	8,1	3,5	28,35						28,35
2	8,1	3,3	26,73						26,73
3	8,1	3,3	26,73						26,73
4	8,1	3,3	26,73						26,73
5	8,1	3,3	26,73						26,73
6	8,1	3,8	30,78						30,78
Toppetasje glass	70,2	3	210,6						210,6
SUM GLASSFASADE									376,65

Yttervegger - oppbygging og materialer

YV - betongelement evt m/metallpanel

Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Stålplate		
Betongelement m/isolasjon	270	Isolasjon inni element
Gips	13	

YV - Glassystem

Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Glass		
Stål- og aluminiumkonstruksjon		

Tak - oppbygging og materialer

Flattak over plan 5 og over verkstedhall

Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Taktekking	To-lags	Antar asfalttakmembran
Isolasjon	150	Min. 150mm
Hulldekker	270	
Systemhimling		

Inventar

Innervegger

Plan	Lettvegger bindingsverk m gips [m]	Systemvegger aluminium [m]	
Kjeller	255		Overslag fra plantegninger
1	984,6	88,2	
2	1233	246	
3	1233	246	
4	1233	246	
5	1233	246	
SUM	6173	1071	

Gulvbelegg og himling

Plan	Systemhimling [m2]	Teppeflis [m2]	Vynylflis [m2]	Epoxybelegg	Kommentar
Kjeller				1337	Vynylflis i ganger og i glassgaten. Epoxybelegg i verkstedhallen
1	3818	2112		1291	
2	2139	1783		713	
3	2139	1820		728	
4	2139	1783		713	
5	2139	1693		677	
SUM	12374	9190	4122	1337	

Sanitærutstyr og kjøkken

Plan	Servanter porselen	Klosetter porselen	Tekjøkken
Kjeller	2	2	
1	23	23	3
2	14	14	3
3	16	19	3
4	21	21	3
5	15	15	3
SUM	91	94	15

E Mengdeberegninger Nordre gate 10

Høyder og arealer

Plan	BTA [m2]
Kjeller	312
1	312
2	312
3	312
4	312

Plan	Etasjehøyde [m]	Romhøyde [m]	Netto romhøyde [m]	Kommentar
Kjeller	3	2,6	2,2	Romhøyde er etasjehøyden subtrahert med dekketykkelse+påstøp. Netto romhøyde er romhøyden subtrahert med dragertykkelsen.
1	3,75	3,5	3	
2	3,75	3,5	3	
3	3,3	3	2,6	
4	3,3	2,6	2,6	

Bærekonstruksjon

Betongdekker

Plan	Areal dekke [m2]	Dekketykkelse [m]	Dragertykkelse [m]
Kjeller	312	0,2	0,4
1	312	0,2	0,4
2	312	0,2	0,4
3	312	0,2	0,4
4	312	0,2	0,4
Takdekke	312	0,6	0,4

Betongvegger

Type vegg	Areal vegg [m2]	Veggtykkelse [m]
Kjelleryttervegg	195,0	0,25
Vegg mot nabobygg	770,0	0,25
Bærende innervegger		

Fasade og vinduer - på yttervegger mot det fri

Orientering	Glassfasade [m2]	Metallprofiler [m2]
Fasade mot Nordre gate	154	18
Fasade mot Stiftsgården	120	17
Totalt	274	35

FASADE MOT NORDRE GATE

GLASSFASADE

Plan	Areal vegg [m2]	Areal glass 1,1x2,1 [m2]	Areal glass 1,1x1,5 [m2]	Areal dører [m2]	Areal glassfasade [m2]	Areal metallprofiler 200mm [m2]
1	62,4			17,1	45,3	
2	62,4	30,03	21,45		51,48	10,92
3	54,912	30,03	21,45		51,48	3,432
4	54,912	30,03	21,45		51,48	3,432
SUM glassfasade og metallprofiler					199,74	17,8

Utstillingsmonter

Lengde med utstillingsmonter	4,62
	10,54
	2,495
SUM	17,655

FASADE MOT STIFTSGÅRDEN

GLASSFASADE

Plan	Areal vegg [m2]	Areal glass 1,1x2,1 [m2]	Areal glass 1,1x1,5 [m2]	Areal glassfasade [m2]	Areal metallprofiler 200mm [m2]
1	36,375	16,8	13,2	30	6,375
2	36,375	16,8	13,2	30	6,375
3	32,01	16,8	13,2	30	2,01
4	32,01	16,8	13,2	30	2,01
SUM glassfasade og metallprofiler				120,00	16,77

Tak - oppbygging og materialer

Yttertak		
Sjikt	Tykkelse [mm]	Kommentar
Asfalttakmembran		
Isolasjon	200	Antagelse ut i fra Byggforsk 471.013
Betongdekke	600	

Inventar

Plan	Lettvegger bindingsverk [m]	Systemvegger aluminium [m]
Kjeller		
1		
2	28,84	40,17
3	28,84	40,17
4	28,84	40,17
SUM	86,52	120,51

Plan	Systemhimling [m2]	Teppeflis [m2]	Parkett [m2]
Kjeller	187,08		
1	187,08		
2	187,08	279,2	
3	155,9		279,2
4	155,9		279,2
SUM	873,0	279,2	558,4

Plan	Servanter porselen	Klosetter porselen	Tekjøkken
Kjeller	1	1	
1	1	1	1
2	2	2	1
3	2	2	1
4	2	2	1
SUM	8	8	4

F Mengdeberegninger Nordre gate 12

Høyder og arealer

Plan	BTA [m ²]
U2	950
U1	950
1	700
Mesanin	462
2	700
3	700
4	700
5	700
6	700
7	580

Plan	Etasjehøyde [m]	Romhøyde [m]
U2	2,7	2,5
U1	2,9	2,72
1	2,9	2,74
Mesanin	2,5	2,34
2	2,8	2,64
3	2,8	2,64
4	2,8	2,64
5	2,8	2,64
6	2,8	2,64
7	2,8	2,5

Fasade og vinduer

Orientering	Betongfasade [m ²]	Vindusareal [m ²]
Nord	319	6
Vest	903	346
Sør	259	172
Øst	560	530
Totalt	2041	1054

Bærekonstruksjon

Betongdekker			
Plan	Areal dekke [m2]	Dekketykkelse [m]	Dragetykkelse [m]
U2	950	0,2	0,16
U1	950	0,18	0,16
1	700	0,16	0,16
Mesainin	462	0,16	0,16
2	700	0,16	0,16
3	700	0,16	0,16
4	700	0,16	0,16
5	700	0,16	0,16
6	700	0,16	0,16
7 (takdekke)	580	0,3	0,16

Søyler				
Plan	Sirkulære søyler	Kvadratiske søyler	SUM søyler	Lengde med søyler [m]
U2		27	27	68
U1		42	42	114
1	7	35	42	115
Mesainin	7	35	42	98
2		42	42	111
3		42	42	111
4		42	42	111
5		42	42	111
6		42	42	111
7		9	9	24

Kjelleryttervegg av plasstøpt betong		
Plan	Areal vegg [m2]	Veggtykkelse [m]
U2	375	0,5
U1	409	0,5

FASADE NORD - mot Thomas Angells gate

BETONGFASADE

Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Lengde vinduer [m]	Høyde vindu [m]	Areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
1	15	2,9	43,5			0	43,5
Mesainin	15	2,5	37,5			0	37,5
2	15	2,8	42			0	42
3	15	2,8	42			0	42
4	15	2,8	42			0	42
5	15	2,8	42			0	42
6	15	2,8	42			0	42
7	12	2,8	33,6	3,6	1,6	5,76	27,84
SUM BETONGFASADE							318,84

FASADE VEST - mot bakgård

BETONGFASADE				Vinduer			Vinduer mesainin og 1.etasje		Totalt areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]	
Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Areal 1,1x1,6 [m2]	Areal 2x1,6 [m2]	Areal 1,9x1,6 [m2]	Areal 0,95x1,6 [m2]	Areal 0,97x1,5 [m2]			Areal 0,97x2,8 [m2]
1. etasje	57,48	2,9	166,692		3,2				54,32	57,52	109,172
Mesainin	57,48	2,5	143,7		3,2					29,39	114,31
2. etasje	57,46	2,8	160,888	19,36	19,2	3,04	1,52	26,19		43,12	117,768
3. etasje	57,46	2,8	160,888	19,36	19,2	3,04	1,52			43,12	117,768
4. etasje	57,46	2,8	160,888	19,36	19,2	3,04	1,52			43,12	117,768
5. etasje	57,46	2,8	160,888	19,36	19,2	3,04	1,52			43,12	117,768
6. etasje	57,46	2,8	160,888	19,36	19,2	3,04	1,52			43,12	117,768
7. etasje	47,68	2,8	133,504	19,36	19,2	3,04	1,52			43,12	90,384
SUM BETONGFASADE										902,706	

FASADE SØR - mot Dronningens gate

BETONGFASADE			Vinduer				Vinduer mesanin og 1.etasje		Total areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Areal 1,1x1,6 [m2]	Areal 2x1,6 [m2]	Areal 1,9x1,6 [m2]	Areal 0,95x1,6 [m2]	Areal 0,97x1,5 [m2]		
1. etasje	20,3	2,9	58,87						43	15,87
Mesanin	20,3	2,5	50,75					23,28		27,47
2. etasje	20,3	2,8	56,84	10,56			9,12			19,68
3. etasje	20,3	2,8	56,84	10,56			9,12			19,68
4. etasje	20,3	2,8	56,84	10,56			9,12			19,68
5. etasje	20,3	2,8	56,84	10,56			9,12			19,68
6. etasje	20,3	2,8	56,84	10,56			9,12			19,68
7. etasje	13	2,8	36,4	7,04						7,04
SUM BETONGFASADE										258,5

FASADE ØST - mot nordre gate

BETONGFASADE			Vinduer				Vinduer mesanin og 1.etasje		Total areal vinduer [m2]	Areal fasade [m2]
Plan	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal vegg [m2]	Areal 1,8x1,5 [m2]	Areal 1x1,5 [m2]	Areal 1,1x1,6 [m2]	Areal 4x1,5 [m2]	Areal 4x2,5 [m2]		
1. etasje	49,67	2,9	144,043					110	110	34,043
Mesanin	49,67	2,5	124,175				66		66	58,175
2. etasje	49,67	2,8	139,076	29,7	31,5				61,2	77,876
3. etasje	49,67	2,8	139,076	29,7	31,5				61,2	77,876
4. etasje	49,67	2,8	139,076	29,7	31,5				61,2	77,876
5. etasje	49,67	2,8	139,076	29,7	31,5				61,2	77,876
6. etasje	49,67	2,8	139,076	29,7	31,5				61,2	77,876
7. etasje	45,04	2,8	126,112			47,52			47,52	78,592
SUM BETONGFASADE										560,19

Inventar

Plan	Lettvegger betong [m]	Lettvegger bindingsverk [m]	Innvendig 1/2-teglvegger [m]	Systemvegger tre [m]
2			122,86	100,46
3			122,86	100,46
4	Ikke kartlagt, men store mengder			
5				
6				
7			39,28	
SUM			285	200,92

Plan	Systemhimling [m2]	Teppeflis [m2]	Linoleumsgulv [m2]	Steinheller
1				54,6
2			350,0	
3			350,0	
4			350,0	
5			350,0	
6			350,0	
7	348,0	290,0		
SUM	348,0	290,0	1750,0	54,6

Plan	Servanter porselen	Klosetter porselen	Tekjøkken
U2			
U1	5		4
1			
Mesanim			
2	6		5 Kantine
3	6		5
4	6		5
5	6		5
6	6		5
7	1		1
SUM	36		30

