

Barrierer mot de- og remonterbare bygg



SirkBygg

Rapport fra FoU-prosjektet SirkBygg
April 2025

Forfattere:

Ann Kristin Kvellheim, SINTEF Community
Phuc Huynh Evertsen, SINTEF Community
Marit Thyholt, Skanska

Med bidrag fra SirkBygg-partnere

1 Innhold

1	Innhold	2
2	Forord.....	3
3	Innledning.....	3
3.1	Eksempler på bruk av DfD i Norge.....	5
3.2	Ringvirkninger	6
4	Metode.....	7
4.1	Litteraturstudie	7
4.2	Intervjuer	7
4.3	Kunnskap utviklet gjennom SirkBygg	8
5	Kriterier for DfD.....	8
6	Diskusjon av barrierene mot DfD.....	10
6.1	Markedsmessig og økonomisk gjennomførbarhet	12
6.1.1	Prosess og tilgjengelighet	12
6.1.2	Økonomisk lønnsomhet.....	12
6.1.3	Mangel på aktører, forretningsmodeller, og regnskapsmetoder	13
6.2	Tekniske utfordringer.....	13
6.2.1	Umodne de- og remonteringsteknikker	13
6.2.2	Mangel på data, digitalisering og kunstig intelligens (KI)	14
6.3	Betingelser og rammeverk	15
6.3.1	Mangel på tilpassede sirkulære/ DfD kontraktsformat.....	15
6.3.2	Mangel på standardisering	15
6.3.3	Komplekse regler og sertifiseringer	15
6.4	Kultur og samarbeid i verdikjeden	16
6.4.1	Fragmentert verdikjede.....	16
6.4.2	Mangel på kunnskap og kompetanse om DfD og ombruk i praksis.....	16
6.4.3	Rigid risikoavers tankegang	16
7	Forbindelser mellom barrierene	17
8	Konklusjon.....	18
9	Referanser	19
10	Vedlegg 1:.....	21

2 Forord

I det Skanska-ledede FoU-prosjektet SirkBygg¹ er et av forskningsspørsmålene om dagens rammebetingelser legger begrensninger på implementering av løsninger for de- og remontering av bygninger. Et relatert spørsmål er hvilke barrierer som er av størst betydning for utbredelsen av SirkBygg sine løsninger?

SINTEF Community er forskningspartner i SirkBygg og leder arbeidspakke 4 (H4) hvor vi skal komme frem til nye forretningsmodeller og -idéer som vil gjøre implementering av SirkBygg sine løsninger mer lønnsomt for partnerne. En milepæl i H4 er denne rapporten som beskriver barrierer for markedsspredning av de- og remonterbare bygninger og konstruksjoner.

Dette er en rapport som har hovedfokus på barrierer. Det er viktig å understreke at noen av barrierene kan veies opp av fremtidige endringer blant annet i regelverk og ressurstilgang. Dette kan dreie seg om eksempelvis endret regelverk for å deponere avfall, strengere krav til rivning, strengere krav til ombruk og en knappere ressursituasjon som gjenspeiler seg i økte kostnader. Dette er ikke nærmere behandlet i rapporten.

3 Innledning

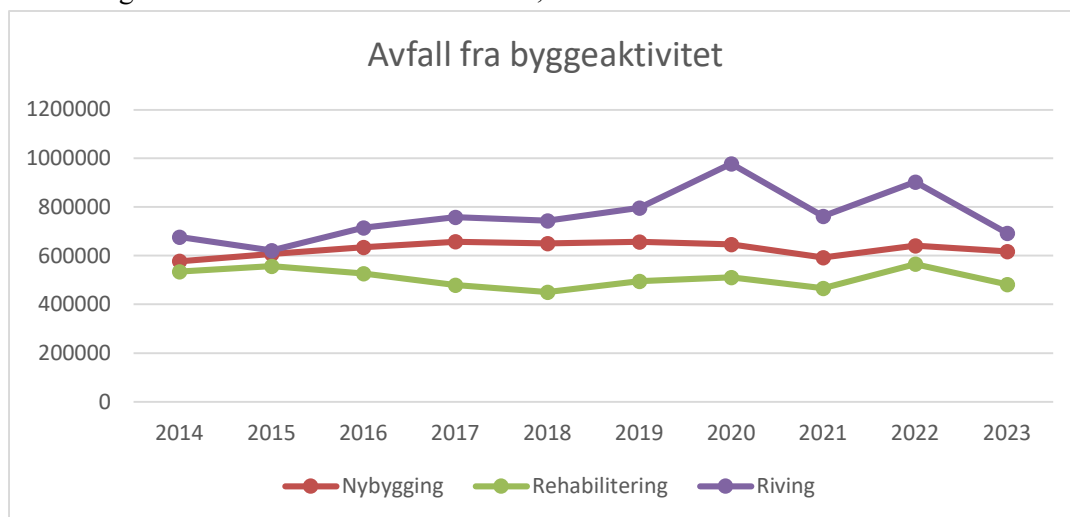
Design for demontering (design for disassembly på engelsk), heretter DfD, er en designstrategi hvor bygningen og dens elementer forberedes for demontering og ombruk fra designfasen. DfD ble utviklet som et svar på avtakende material- og energiresurser og en økende mengde avfall. For byggeindustrien dreier det seg altså om å forberede *nye bygninger* for demontering og DfD har derfor andre utfordringer og fordeler enn ombruk av bygningsdeler som ikke har vært tiltenkt ombruk fra start. Det er vesentlig at vi løser utfordringene med ombruk av bygningsdeler også ved å forberede dette i nye bygg, selv om gevinstene ved demontering og ombruk vil komme noe frem i tid.

DfD blir fremhevet som en viktig strategi for en mer sirkulær byggenæring både fra EU via Green Deal² (EUs taksonomi) og nasjonal strategi for sirkulær økonomi (1). I den nasjonale strategien anerkjennes det at bygg, anlegg og eiendom har et stort potensial og demontering og ombruk nevnes som en av seks prioriterte næringsmuligheter for økt sirkularitet og verdiskapning. I handlingsplanen for sirkulærøkonomi (2) diskuteres virkemidler og rammeverk på overordnet nivå, og det nevnes at nye bygg skal tilrettelegges for demontering og ombruk. Dette gjør at DfD kommer til å få økt fokus i tiden fremover, og SirkBygg-prosjektet bidrar med å tette kunnskapshull for den fremtidige utviklingen.

¹ SirkBygg: Sirkulære nybygg – Design og bygging for demontering og ombruk. IPN-prosjekt med finansiering fra Norges Forskningsråd. <https://www.skanska.no/hvem-vi-er/barekraft/miljo-og-gronne-losninger/innovasjon-og-fou/sirkbygg/>

² https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Bygg- og anleggsnæringen står som Norges nest største næring med omlag 59,000 registrerte bedrifter og 246,000 ansatte i 2017³. Imidlertid skaper bygging, rehabilitering og riving en stor mengde avfall. I 2023 ble det generert 1,8 millioner tonn avfall fra bygge-, renoverings- og riveaktiviteter bare i Norge⁴. Over en 10-årsperiode fra 2014 til 2023 er total mengde avfall stabilt etter å ha økt fra 1,24 millioner tonn i 2004.



Figur 1: Statistisk sentralbyrå, 2024

Rivning utgjør størst andel, hele 39 % av det totale byggavfallet i 2023.

Antall bygninger som rives årlig er redusert fra 17910 i 2020 til 12610 i 2024. Disse tallene inkluderer smått og stort, fra kontorbygg til uthus (Statistisk sentralbyrå, 10785 Byggeareal). Ser man på bygg av en viss størrelse er tallet nærmere 3000, som også er mye. Mange av disse bygningene har et mulig lengre liv, men rives før slutten av levetiden. Som følge av dette går blant annet tunge materialer som stål og betong som fortsatt har lang levetid, tapt(3) eller til materialgjenvinning.

Flere endringer i forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)⁵ og byggeteknisk forskrift (TEK) har blitt introdusert siden 1. juli 2022 for å tilrettelegge for materialombruk. Krav i DOK er endret(4) slik at det er blitt enklere å selge brukte byggevarer. Endringen innebærer at utbyggere og andre som videreformidler brukte byggevarer, kan skaffe nødvendig dokumentasjon for bruk av produktet selv. Det ble også innført krav i TEK17 §9-5 etter revisjon av 1.juli 2022 om tilrettelegging for demontering: *Byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for senere demontering når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.*

DfD er en viktig tilnærming i sirkulær økonomi innen byggenæringen. Demontering kan erstatte den konvensjonelle tilnærmingen der gamle bygg etter bruk er revet og deponert

³ <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/stbygganl> SSB 2019

⁴ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet> SSB 2024

⁵ [Forskrift om endring i forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk](#)

som avfall (5). Ved å ta hensyn til demonterbarhet og remonterbarhet i designprosessen, kan man øke utnyttelsen av materialressurser og redusere avfallsmengden. DfD anses som en av de høyeste prioriteringene i avfallshierarkiet for å muliggjøre ombruk av utrangerte bygninger og beholde verdien av brukte materialer i verdikjeden(6).

3.1 Eksempler på bruk av DfD i Norge

Det er få eksempler på prosjekter som har tatt DfD i utstrakt bruk i Norge. Det vanligste bygget for ombruk er per i dag brakkerigger som blant annet brukes på de fleste byggeplasser. Når det aktuelle byggeprosjektet er ferdig, demonteres brakkene og modulene flyttes og monteres til nye brakker i neste prosjekt. Under beskriver vi to prosjekter som har brukt DfD i større omfang: Bygget som huser poliklinikken for heroinassisteret behandling på Ullevål i Oslo (HABiO), samt Hasle Tre som beskrives som Norges første demonterbare kontorbygg.

HABiO er et modulbygg som skiller seg ut både ved at det er planlagt for demontering, og ved forretningsmodell. Bygget er leid ut fra Skanska Husfabrikken til Ullevål sykehus for en periode på 10 år med mulighet for to års forlengelse. Intensjonen er ombruk på en annen lokasjon, og årsaken til at Ullevål sykehus har valgt å leie et bygg er den planlagte nedleggelsen av sykehuset. Skanska Husfabrikken bygger vanligvis for salg, og etter endt leieperiode er det avgjørende med enten ny leiekontrakt eller salg av bygget. Det oppstår med dette en sårbarhet med tanke på endringer i myndighetskrav i løpet av leieperioden. Dette vil være en utfordring i alle DfD-prosjekter.

Modulbygg er bygget for å ta ned risiko og byggekostnader ved å ferdigstille mest mulig på fabrikk i stedet for på byggeplass. Modulbygg kan gjøres ombrukbare dersom dette spesifiseres og planlegges fra start. I HABiO er bl.a. alle usynlige montasjepunkter merket, og det er utarbeidet en demontasjeveiledning som følger prosjektets FDV⁶-dokumentasjon. Prosjektet har prioritert bruken av standardiserte komponenter som er lett tilgjengelige, noe som gjør demonteringsprosessen mer effektiv. For eksempel er sammenkoblingen av bæresystemet og tekniske installasjoner som lys og takplater utformet for enkel demontering og remonter. Stålfundamentene som bygget står på, er også valgt for å muliggjøre ombruk, selv om betongringmur ville vært en billigere løsning. Ved at bygget leies ut i stedet for å bli solgt, får produsenten, Skanska Husfabrikken, mulighet til å hente inn erfaringer fra både bruks- og demonteringsfasen. I SirkBygg er det gjort en gjennomgang av barrierer for demontering når det gjelder HABiO, disse er omtalt i en egen rapport (7). Det dreier seg blant annet om re-sertifisering, mellomlagring og transport, emballasje ved transport, tilpasning av konstruksjon for å tåle løfting, mindre fleksibilitet ved ny sammensetning av moduler etc. Vi kommer tilbake til barrierer i kapittel 6.

Hasle Tre er et 3000 m² stort kontorbygg på Hasle i Oslo planlagt som et demonterbart og ombrukbart byggesett. Kontorbygget er et trebygg fra innerst til ytterst med

⁶ FDV=forvaltning, drift og vedlikehold

bærekonstruksjon i massivtre og limtre, isolasjonsmaterialer av trefiber og fasadekledning av trespon. Byggherre er Høegh Eiendom.



Figur 2: Innovativ løsning for skjøting av massivtreelementer i Hasle Tre.

Foto: Ann Kristin Kvellheim

Innovative tre-mot-tre forbindelser reduserer stålbruken i bygget med 80% og gjør det mulig med enklere montering og demontering. Ved fremtidig demontering kan trefestemidlene kappes med sag, freses eller borres ut, uten at konstruksjonene tar skade. Det er i hovedsak unngått lim, silikon og byggeskum som klitrer konstruksjonene sammen⁷.

Disse prosjektene markerer et skritt mot mer bærekraftige byggemetoder ved å fokusere på demontering og ombruk, noe som kan bidra til å redusere byggekostnader og miljøpåvirkning i fremtidige prosjekter.

3.2 Ringvirkninger

DfD kan ha positive miljømessige, markedsmessige og samfunnsmessige ringvirkninger (5), for eksempel:

- Å lukke materialstrømmer der brukbare materialer og komponenter blir ombrukt.
- Å minimere skade på komponenter og materialer ved å tilrettelegge for demontering fra designfasen.
- Å unngå bruk av helse- og miljøfarlige materialer, også ut over krav for nye materialer.

⁷ [HasleTre - Arkitektur](#)

- Å redusere avfall, klimagassutslipp, ressursforbruk med tilhørende naturinngrep
- Å skaffe nye markedssegmenter og forretningsmuligheter.
- Å forberede markedene for materialombruk.
- Å øke ombruksverdien av brukte materialer og komponenter.
- Å forlenge levetid av bygningsdeler ved å demontere, reparere og remontere bygg.
- Å skape nye roller og arbeidsplasser for nye byggeprosesser ved demontering og remontering.

Til tross for at DfD har mye potensial for positive miljøeffekter og sirkulær økonomi, er det også viktig å legge merke til barrierene som i betydelig grad kan hindre DfD-løsninger. I denne sammenheng har Joensuu et al. (6) blant annet gitt som innspill at det er behov for ytterligere innsats for å etablere verdikjeden og markedsplassen(e) for DfD-komponenter.

I denne rapporten tar vi sikte på å besvare: *Hvilke barrierer er knyttet til design for demontering rettet mot sirkulære bygg?* Gjennom å identifisere og analysere disse barrierene og utfordringene, vil vi kunne få innsikt i hvorfor implementeringen av DfD er begrenset. Dette vil gi et grunnlag for å utvikle løsninger og muligheter for å fremme bruk av design for demontering og ombruk i byggenæringen. Ved å undersøke problemstillingen og sikre en grundig forståelse av utfordringene, kan vi bidra til en mer effektiv overgang til en sirkulær økonomi innen den norske byggenæringen.

4 Metode

Resultatene i denne rapporten fremkommer på grunnlag av litteraturundersøkelser, intervjuer samt kunnskap utviklet gjennom SirkBygg-prosjektet (workshops, samlinger og publikasjoner). Vi undersøkte spesielt hvilke sammenhenger som kan bidra til verdifull ny innsikt om barrierer mot DfD.

4.1 Litteraturstudie

Først gjorde vi en gjennomgang av relevante publikasjoner (se vedlegg 1). Vi identifiserte forskningsartikler, rapporter og andre publikasjoner som omhandlet designprinsipper, DfD- metoder og de ulike barrierene relatert til demontering og ombruk av produkter. Vi brukte nøkkelordene «barrierer», «sirkulær økonomi/ circular economy», «design for demontering/design for disassembly», «materialombruk/ material reuse» for å finne de mest relevante publikasjonene. Denne litteraturgjennomgangen ble gjort for å få innsikt i tidligere utført forskning og for å etablere en kunnskapsbase for vår studie. Vi analyserte materialet for å få en bedre forståelse og gjøre det mulig for oss å kartlegge barrierene mot DfD i sammenheng med demonterbare/ remonterbare bygg, sirkulær økonomi og materialombruk.

4.2 Intervjuer

Videre har vi gjennomført åtte intervjuer, delvis overlappende med datainnsamling for en artikkel også tilknyttet SirkBygg. Intervjuobjektene var:

Tabell 1: Intervjuobjekter

Aktør	Rolle
DiBK (Direktoratet for Byggkvalitet)	Regelforvalter
Construction City Cluster	Innovasjonsklynge for byggebransjen
Høegh Eiendom	Eiendomsforvalter og byggherre
Mustad Eiendom	Eiendomsforvalter og byggherre
Skanska	Entreprenør
Snøhetta	Arkitekt
Spenncon	Betongelementleverandør
Statsbygg	Eiendomsforvalter og byggherre

Intervjuene varte i om lag 45-60 minutter, noen ble gjennomført ved hjelp av Teams mens andre ble gjennomført fysisk. Alle intervjuer er transkribert og analysert i etterkant.

4.3 Kunnskap utviklet gjennom SirkBygg

Det er holdt samlinger og workshops i regi av SirkBygg hvorav noen har vært relevante til tema i denne rapporten. Dette gjelder særlig workshop om demonterbarhet og ombrukbarhet 5.april 2022 hvor en del av workshopen handlet om forutsetninger for rasjonell ombruk. For øvrig inneholder litteraturanalysen både rapporter artikler som er skrevet gjennom SirkBygg, og to av intervjuobjektene er partnere i SirkBygg.

5 Kriterier for DfD

Hva kjennetegner et bygg som er bygget med DfD? Hvordan kan vi avgjøre grad av DfD for en bygning? Dette er spørsmål som er vesentlige å besvare også for å kunne drøfte funn av barrierer. Dette delkapittelet tar for seg hva vi har funnet om kjennetegn av bygg med DfD.

I utgangpunktet for DfD bør de- og remonterbare byggekomponenter slik som fasader og hulldekker kunne demonteres enkelt og bygges inn i nye bygninger. Store bygningskomponenter som lages av betong eller stål har ofte lengre levetid og bør designes for å bli demontert og ombrukt på en enklere måte (8). Hulldekke-konstruksjoner, som har lang levetid, standardiserte dimensjoner og lett for å bli tilpasset, har et stort potensial for DfD og ombruk. Det finnes også en norsk standard for hulldekker av betong til ombruk som tar for seg prosessen fra demontering til tilstandsvurdering (NS 3682). I tillegg har limtrekonstruksjoner stort demonterbarhetspotensial for ombruk og er brukt blant annet i prosjektet Hasle Tre beskrevet ovenfor. Stålkonstruksjoner er også svært egnet for demontering og ombruk.

Det er flere konkrete tiltak som kan implementeres i DfD-designet, for eksempel modulære og standardiserte byggelementer. Valg av materialer og festemetoder kan også påvirke demonteringsprosessen. Gjennom demonteringsprosesser kan komponenter eller materialer bli ødelagt dersom bygningen ikke er designet og bygd for demontering og remontering.

For å utvikle produkter og bygninger med lukkede ressursstrømmer, må hele livssyklusen til produkter og bygninger fra design, produksjon til bruk og avfallsfaser adresseres på en tilknyttet og sammenhengende måte (9). Det krever etablering av en god verdikjede for å tilrettelegge for DfD og materialombruk i bransjen. For faggrupper som industrielle designere og arkitekter fører denne endringen til en rekke nye utfordringer og krever nyskapende og proaktive tilnærminger (10). Byplanlegging er også kritisk for å oppskalere antall demonterbare og remonterbare bygg. Det innebærer å kartlegge og planlegge et nettverk av fremtidige bygg som er designet for demontering og remontering, slik at ombrukmarkedet også kan utvikles og utvides. Også rådgivere og entreprenører må heve kunnskapen sin, blant annet for å sikre at DfD kan gjennomføres på en økonomisk og trygg måte.

Å integrere miljøhensyn i produktutviklingspraksiser blir avgjørende, ettersom design- og produksjonsprosessene til slutt former den endelige disponeringen av utrangerte byggematerialer og produkter (10). Med DfD integreres sirkularitetsprinsippene i bygningsdesign og planlegging, og materialvalg og teknikker for konstruksjonsplanlegging velges med tanke på enkel fremtidig demontering av byggematerialer og komponenter (10). I tillegg må ombrukskomponentene ha en markedsverdi, noe som bl.a. innebærer at det ikke kreves særlige kostnader knyttet til reparasjoner og tilpasninger. Produkt- og sirkulære design kan potensielt påvirke strukturen til hele verdikjeden og stimulere innovative forretningsmodeller for nye DfD-relaterte-produkter og tjenester (10).

Kriterier for DfD kan brukes for å vurdere grad av DfD og er nærmere beskrevet i SirkBygg-rapporten *Målbare kriterier for DfD* (11). Her diskuteres hvorvidt et bygg kan regnes som DfD i første nivå, og i neste nivå i hvilken grad enkeltkomponenter kan regnes som DfD. For *nivå en (byggnivå)* må bygget eller deler av bygget være planlagt for en effektiv og trygg demontering. I tillegg må det være et tilstrekkelig antall bygningskomponenter som er tilrettelagt for demontering både for at demonteringsprosessen skal være rasjonell og for at bygningskomponentene skal kunne anses å ha en markedsverdi. Enkel logistikk rundt demontering, samt liten variasjon i antall metoder for demontering gir lavere kompleksitet og et mer attraktivt donorbygg. Stabilitet ved demontering er vesentlig, altså at bygget skal kunne demonteres uten større forsterkningstiltak. Det må foreligge en plan for demontering, på samme måte som det foreligger en plan for montering.

Færre varianter av materialer er viktig for å øke grad av ombrukbarhet. Kvaliteten av materialene skal være god, og samtidig må det være fokus på å unngå overdimensjonering og derigjennom overforbruk av materialer. Det skal heller ikke benyttes helse- og miljøskadelige materialer, selv om mengdene det er snakk om er innenfor grenseverdiene.

For tekniske gjennomføringer skal det unngås spesialvarianter av elementer og tekniske installasjoner, rørføringer og elektrisk skal ikke innlemmes i bæreelementer. Gjennomgang av føringer skal i hovedsak skje i samlende sjakter. Det må finnes dokumentasjon av DfD til bruk ved forvaltning, drift og vedlikehold (FDV).

For *nivå to (komponentnivå)* må det unngås spikere, forsegling, lim, sveis, støp eller andre materialer med mindre disse enkelt kan fjernes uten å skade ombrukskomponentene. Det skal være god tilkomst til forbindelser og løftepunkter for rasjonell demontering av bygningsdeler. Mer informasjon finnes i rapporten Målbare kriterier for DfD.

For byggebransjen innebærer DfD aktiviteter gjennom hele livssyklusen til en bygning, inkludert byggefase (design, materialutvinning, produksjon og bygging/montering), bruksfaser (drift og vedlikehold) og avviklingsfaser (demontering) (12). Det viser at bygningsdesign er avgjørende for å bevare og gjenopprette verdien av bygninger og bygningskomponentene ved slutten av levetiden.

6 Diskusjon av barrierene mot DfD

Konseptet bak DfD har vært kjent siden 90-tallet. Til tross for dette har ikke DfD blitt implementert i større omfang. Årsakene til dette er sammensatte og tidlig i SirkBygg-prosjektet ble det identifisert flere barrierer for implementering, bl.a.:

- Mangel på målbare kriterier for DfD for økt sannsynlighet for fremtidig demontering og ombruk samt en tydeligere definisjon
- Mangel på beregningsregler og metoder for å inkludere DfD i klimagassberegninger

Disse barrierene er adressert gjennom SirkBygg og dokumentert i rapportene Metoder for inkludering av DfD i klimagassberegninger (13) og Målbare kriterier for DfD (11).

Imidlertid er det flere faktorer som er betydelige hindringer for implementeringen av DfD i byggeprosjekter. Tingley et al. (14) påpeker at barrierene for materialombruk og DfD går utover de tekniske utfordringene og omfatter også markedsmessige og økonomiske faktorer. I tillegg til tekniske, markedsmessige og økonomiske barrierer, kan DfD hindres av regulatoriske, kulturelle og samarbeidsmessige barrierer gjennom verdikjeden. Blant disse barrierene anses økonomiske og markedsmessige faktorer av de mest betydningsfulle hindringene for DfD (15). Tabell 2 gir en oppsummering av typiske hovedbarrierer knyttet til DfD ut fra funn i vår gjennomgang.

Tabell 2: Oppsummering av typiske barrierer for DfD

Kategorier	Barriere
Markedsmessig og økonomisk gjennomførbarhet	• Mangel på DfD-forretningsmodeller. • Mangel på metoder for å beregne kostnader og nytte ved demontering. • Mangel på helhetlig tenkning ved planlegging av DfD kan føre til unødvendig høye kostnader

	• Mangel på standardiserte løsninger kan føre til at det blir vanskelig å lage treffsikre incentiver. • Kostnader for fremtidig demontering, materiallagring og transport er høyere enn kostnadene for rivning. • Manglende kunnskap og erfaring med DfD, samt stramt budsjett og tidsplan for prosjekter, gjør det vanskelig å planlegge inn DfD. • Dagens ombruksmarked er ikke modent.
Tekniske utfordringer	• Mangel på "know-how" blant DfD-designere, byggherrer og entreprenører. • Behov for kunnskap om stabilitet ved demontering. • Kompleksitet i materialkomposisjoner, størrelser på byggematerialer og sammenføyningsmetoder som gjør det vanskelig å demontere (DfD krever standardiserte komponentstørrelser og metoder for sammenføring i stedet for liming og sveising, samt materialer med enkle sammensetninger). • Mangel på teknologier og verktøy for effektiv demontering og remontering. • Behov for flere standardiserte løsninger.
Betingelser og regelverk	• Teknisk forskrift som stiller tydelige og forpliktende krav til DfD (dagens krav er for enkelt å omgå). • Risikoledelse er viktig og risikodeling mellom prosjektpartnere må være klart definert. • Tradisjonelle kontraktsformater tar ikke inn DfD prinsippene. • Mangel på sirkulære anskaffelser med fokus på DfD. • Liten kunnskap/systematikk som gir innspill til hvordan demonteringsprosesser kan legges til rette for. • Uklart hvordan sannsynlig fremtidig demontering og ombruk skal dokumenteres gir usikkerhet i anbuds-konkurranser. • Standarder er ikke tilpasset ombruk. Det kan være behov for resertifiseringer. • Bransjenormer for DfD mangler.
Kultur og samarbeid gjennom verdikjeden	• Mangel på incentiver for DfD • Risikoavers tankegang blant aktørene i verdikjeden. • Motstand mot endringer i verdikjeden. • Mangel på samarbeidet mellom byggherre, arkitekter og entreprenører i forbindelse med DfD.

6.1 Markedsmessig og økonomisk gjennomførbarhet

6.1.1 Prosess og tilgjengelighet

Med dagens begrensede kompetanse og løsninger, antatt begrenset lønnsomhet, tidsrammer innen prosjektering samt insentiver, har design for demontering og ombruk ennå ikke blitt en attraktiv løsning. Demontering krever betydelig mer tid sammenlignet med riving for å ivareta ombrukbarheten av materialene. Tidligere studier indikerer at demontering kan ta mellom 3 og 8 ganger så lang tid som riving (5). Dette skyldes at det i dag er tekniske begrensninger knyttet til ikke fullt utviklede demonterings- og remonteringsmetoder, i tillegg til at eksisterende bygg ikke er planlagt for demontering. DfD krever også mer tid enn tradisjonell design, hovedsakelig på grunn av manglende kunnskap om DfD blant arkitekter. Derfor krever implementeringen av DfD også mer tid for de prosjekterende til å utforske, utforme og gjennomføre for læring før prosessen på sikt kan effektiviseres. Manglende erfaring gjør at de første prosjektene erfarer større usikkerhet som man vil ønske å prise inn.

6.1.2 Økonomisk lønnsomhet

Kostnad og lønnsomhet er primære bekymringer for aktørene i verdikjeden. Demonteringskostnader inkluderer transport, lagring av materialer, lønnskostnader og forsikring på grunn av høyere risiko for arbeiderne. I Norge er lønnskostnadene og de arbeidsrelaterte kostnadene høyere sammenlignet med andre land i Europa og verden. Dette resulterer i betydelig høyere kostnader for demontering og remontering, som igjen fører til lavere inntekter for aktørene og utfordringer i prosjekteringen. En viktig årsak til lav lønnsomhet er at det ikke har vært tradisjon for å tilrettelegge for demontering av bygg i Norge. En rapport fra Enova viser til at markedet for sirkulære løsninger er i utvikling, men at kostnadene fortsatt er høye (16). I tillegg til logistikkostnader er priser på brukte materialer og komponenter ikke standardisert. Dette resulterer i utfordringer og øker risikoen for arkitekter, byggherre og entreprenører i prosjekteringen.

En annen utfordring er at DfD ikke nødvendigvis gir umiddelbare positive effekter, da fordelene kan ta flere år å realisere. På lengre sikt kan imidlertid DfD bidra til å definere ombruksmarkedet, øke verdien av re-salg og forbedre lønnsomheten for aktørene i verdikjeden. Vi kjenner ikke fremtiden, men fokus på sirkularitet i f.eks. EU for å redusere klimagassutslipp, sikre ressurstilgang og redusere naturinngrep m.m. vil kunne medføre strengere regelverk som vil bedre lønnsomheten for demontering og ombruk. Likevel kan mangelfull kunnskap knyttet til prosjektering begrense lønnsomhet på kort sikt. Med en kortsiktig tankegang er det mulig at aktørene vil se bort fra DfD-praksiser i nye byggeprosjekter og vil prioritere lav økonomisk risiko fremfor de langsiktige fordelene ved sirkulær økonomi og DfD.

Med utgangspunkt i pilotprosjektet Hasle Tre beskrevet i kapittel tre, opplevde dette prosjektet lavere økonomisk lønnsomhet særlig pga. behov for utvikling og testing av prototyper/ mock-ups fordi pre-aksepterte løsninger mangler. Det måtte gjøres flere

analyser og beregninger av «alt». Det tar lengre tid med planleggingsfasen når mye er nytt, og i dette prosjektet ble det utviklet nye løsninger for sammenføring av massivtreelementer.

6.1.3 Mangel på aktører, forretningsmodeller, og regnskapsmetoder

Demontering og remontering er relativt nye begreper i bransjen, og det forventes at nye bedrifter vil oppstå i løpet av de kommende årene. For øyeblikket er det imidlertid mangel på profesjonelle aktører som kan tilby tjenester og produkter knyttet til demontering og remontering. Markedet for DfD og materialombruk er ikke fullt utviklet på grunn av mangel på forretningsmodeller og aktører innen DfD. Et effektivt marked vil kreve tilstrekkelig med selgere og kjøpere for å effektivisere handelen, men dette er ikke tilfelle med dagens ombruksmarked. Dette markedet mangler både tilstrekkelige produktvolumer fra selgere og etterspørsel skapt av kjøpere.

Eksisterende aktører som avfallsselskaper og rivningsselskaper bør vurdere å utvide sine forretningsmodeller til å inkludere demonteringstjenester, mens tradisjonelle arkitekter bør også inkludere nye designløsninger med tanke på demonterbare og monterbare bygninger.

Det er også viktig å ta hensyn til de miljømessige konsekvensene av demontering. Prosessen med demontering og remontering er tidkrevende. Derfor er vekt et vesentlig moment ved design av moduler for å gjøre demontering og transport enklere, samtidig som man reduserer miljøpåvirkningene.

Før SirkBygg-prosjektet startet manglet metoder for klimagassregnskap for å beregne investeringer, kostnader og omsetninger knyttet til demontering og miljøhensyn. Gjennom SirkBygg er det utredet metoder for klimagassregnskap for DfD, og gitt innspill til standardiseringskomiteen for revisjon av klimagassstandard (NS 3720) for å inkludere DfD i dagens rammeverk for livssyklusanalyse (LCA). Det er fortsatt behov for flere DfD-pilot- og forbildeprosjekter, samt kvantifisering av de relative effektene av DfD i praksis. Det er også viktig å etablere regnskapsmetoder som kan integrere DfD i LCA, og som gir bedre styring av kostnader, klimagassutslipp, miljøeffekter, materialombruksrater, ressursforbruksrater og gjenvinningsrater. SirkBygg har utarbeidet et viktig grunnlag for å adressere disse barrierene i samarbeid med forskningssenteret FME ZEN og Powerhouse-alliansen (13).

6.2 Tekniske utfordringer

6.2.1 Umodne de- og remonteringsteknikker

Implementeringen av DfD møter også tekniske utfordringer som kan begrense DfD-mulighetene. En av de mest betydningsfulle utfordringene er kompleksiteten i demonteringsprosessen. Prosessene med demontering, remontering og DfD er potensielt komplekse, kostbare og tidkrevende, men denne barrieren kan enkelt avbøtes ved å lage demonteringsanvisninger. Eksisterende bygninger er konstruert på en måte som gjør det

vanskelig å skille og demontere komponentene for ombruk eller resirkulering. Dette må løses dersom DfD skal bli tatt i utstrakt bruk. Innovative tekniske løsninger, for eksempel løsninger knyttet til løfteteknikk for pilotprosjektet HABiO og sammenføyningsmetode for massivtre i Hasle Tre, har en merkostnad som forventes å avta over tid.

Videre kan det også være tekniske begrensninger knyttet til bæresystem, koblinger, ventilasjon, brannsikkerhet, og sammenføring. For eksempel kombinasjoner av visse typer materialer og komplekse komponenter som er vanskelige å skille fra hverandre. Med andre ord kreves det valg og utvikling av demonterbare teknikker og fleksible mekaniske forbindelser. Slike tilnærminger vil bidra til å lette demonteringsprosessen og øke muligheten for ombruk eller resirkulering av materialer i byggenæringen. Et annet poeng er at prefabrikasjon og modulær konstruksjon kan gjøre det enklere å demontere og ombruke moduler og byggematerialer.

6.2.2 Mangel på data, digitalisering og kunstig intelligens (KI)

Innovative digitale teknologier har potensial til å fremme DfD og ombruk i byggenæringen og bidra til å overvinne tekniske utfordringer. Det er imidlertid mangel på materialbibliotek som har oppdatert informasjon om produkter. Data og informasjon spiller en viktig rolle i kartleggingen av alle materialene med ulike typer og behov for demontering. For å kunne se for seg et velfungerende fremtidig marked er det behov for en materialbank og en markedsplattform som kan matche materialdonorer, selgere og kjøpere av brukte materialer. Selv om dette ikke er en teknisk hindring av DfD i dag, øker dette den økonomiske risikoen ved at man ikke vet om merkostnader knyttet til DfD-komponenter blir kompensert gjennom et fremtidig marked. Et helhetlig DfD-design, slik beskrevet i SirkBygg-rapporten *Målbare kriterier for DfD*, kan imidlertid bidra til lavere totale byggekostnader. Dette gjenstår å få dokumentert.

Digitalisering og bruk av avanserte verktøy kan effektivisere demonteringsprosessen og forenkle identifiseringen, kartleggingen, sporingen og handelen med materialer og komponenter gjennom hele levetiden. Dagens kartlegging og demontering er i stor grad avhengig av manuell innsats for å styre prosessen. Dette øker behov for systematiske kartleggingsmetoder som kan muliggjøres av data og KI og vil bidra til å øke nøyaktigheten, effektiviteten og bærekraften i DfD-praksisen i byggenæringen. For eksempel kan byggmaskiner og verktøy som er utstyrt med maskinsyn eller kunstig intelligens bidra til nøyaktig identifisering av materialer som skal demonteres, og dermed minimere feilaktig håndtering eller material skade. Ved å ta i bruk innovativ teknologi kan byggenæringen legge til rette for mer effektiv og presis demontering. Imidlertid er bruken av digitale teknologier som robotikk, digitale pass, blockchain og data fortsatt relativt lav i den norske byggebransjen sammenlignet med andre land i Europa og USA. Det er et tydelig behov for teknologiutvikling for å øke effektiviteten og automatiseringen av alle prosessene knyttet til DfD-prosjektering, ombrukskartlegging, lagring, demontering og handel.

En detaljert gjennomgang av hva som må foreligge av dokumentasjon for at fremtidig demontering og ombruk skal la seg gjennomføre er beskrevet i SirkBygg-rapporten *Målbare kriterier for DfD*.

6.3 Betingelser og rammeverk

6.3.1 Mangel på tilpassede sirkulære/ DfD kontraktsformat

Tradisjonelle byggekontrakter definerer ikke klare vilkår og betingelser for ansvar knyttet til DfD og materialombruk. Det er usikkerhet knyttet til hvordan risiko mellom partnere skal defineres. Ettersom risiko knyttet til DfD og materialombruk kan være høyere enn ved tradisjonelle prosjekteringsfaser, vil mangelen på en formell kontrakt for å definere og minimere disse risikoene redusere incentivene for aktørene. Det krever også mer tid å utvikle en omfattende kontrakt som dekker ansvar og betingelser for DfD enn tradisjonelle kontraktsformater. Med tanke på kompleksiteten ved materialvalg og design, bør de kontraktsmessige vilkårene også spesifiseres for å tilpasse seg de spesifikke kravene til hvert byggeprosjekt og hver aktør.

6.3.2 Mangel på standardisering

Mangel på standardisering er en vesentlig utfordring i DfD. Det er betydelig variasjon i standardiseringer, retningslinjer og praksiser knyttet til DfD-prosjektering. Dette resulterer i manglende enhetlighet og konsistens i designprosessen, samt utfordringer med å ombruke moduler og elementer med passende formater og design i nye bygninger. Uten standardmoduler blir det vanskelig å etablere et nettverk av demonterbare bygninger som kan dele og ombruke materialer og komponenter effektivt med hverandre. Standardisering av modulbygg er derfor avgjørende for å gjøre det mer fleksibelt og enklere til ulike modulløsninger.

Samtidig eksisterer det mange typer materialer som krever ulik kunnskap, kartlegging og standardisering. For eksempel kommer teglstein i mange forskjellige størrelser og kvaliteter. Dette skaper usikkerhet og kompleksitet både for aktører i bransjen og potensielle brukere av ombrukte materialer. Mangelen på veiledning og standardisering hindrer også effektiv kunnskapsoverføring og læring på tvers av ulike byggeprosjekter. Derfor er det avgjørende å utvikle standarder og retningslinjer som er tilpasset DfD for de ulike typer materialer som benyttes i byggebransjen. Dette vil bidra til å øke forutsigbarheten, effektiviteten og kvaliteten av DfD og ombruksprosessen. SirkBygg publikasjonen *Målbare kriterier for DfD* tar for seg hvordan dette kan gjøres.

6.3.3 Komplekse regler og sertifiseringer

Manglende tilpasning av eksisterende kvalifikasjonskrav for teknisk godkjenning ved demontering og materialombruk kan skape ytterligere hindringer for fremme av DfD i praksis. Nåværende byggregler har blitt kritisert for komplekse og utfordrende kvalifikasjons- og dokumentasjonskrav knyttet til ombrukte materialer. Det er uklart hvordan entreprenører skal konkurrere i anbud hvis det stilles krav til DfD. Dette fordi det per i dag er alt for vagt hvordan fremtidig demontering og ombruk skal dokumenteres.

Byggvareforskriften ble endret i 2022 slik at det ikke lenger er krav til at selgere av brukte byggevarer må dokumentere egenskapene til produktene. I stedet er det tiltakshaver og de ansvarlige foretakene i byggesaken som må sikre at byggevaren har forsvarlige egenskaper og oppfyller krav i byggteknisk forskrift. Reglene er ikke tilpasset for bruk av brukte materialer, noe som begrenser mulighetene for å gjennomføre demonteringsprosesser og ombruk i byggeprosjekter. Regelendringer, nye standarder og testprosedyrer er nødvendige for å legge til rette for en mer effektiv implementering av DfD og materialombruk i sektoren

6.4 Kultur og samarbeid i verdikjeden

6.4.1 Fragmentert verdikjede

Et tett samarbeid mellom byggherrer, arkitekter, rådgivere, entreprenører og andre aktører i byggebransjen er nødvendig for å tilrettelegge for DfD-tilpassede løsninger. Dette kan gjelde integrert planlegging, materialvalg og dokumentasjon, effektiv logistikk, økonomiske insentiver og teknologisk innovasjon. Med engasjement fra alle hovedaktørene kan markedsetterspørselen øke betydelig. Utfordringen er imidlertid den fortsatt fragmenterte verdikjeden, som fører til begrenset samarbeid og koordinering mellom aktørene. Dette påvirker effektiviteten og muligheten for å utvide ombruksmarkedet og iverksette DfD-praksiser i bransjen. Slike utfordringer understreker behovet for politiske initiativer som etablerer institusjoner, nasjonale bibliotek og nettverk, og utvikler regelverk som gir alle aktørene samme retning og tilgang til data knyttet til DfD og ombruk.

6.4.2 Mangel på kunnskap og kompetanse om DfD og ombruk i praksis

Mangelen på bevissthet og kunnskap om DfD utgjør en betydelig hindring for implementeringen av fremtidig ombruk i byggenæringen. Mange aktører i bransjen har ikke tilstrekkelig informasjon om konseptet og fordelene ved DfD. Dette fører til lav bevissthet og forståelse av viktigheten av å integrere demonteringsvennlige designstrategier tidlig i byggeprosjekter. I tillegg er tilbudet av kurs og utdanningsalternativ som fremmer DfD fremdeles begrenset. I mange tilfeller kan det bli konflikter ved å velge mellom designfrihet og standardisering/ demonterbarhet blant arkitekter. For å overvinne denne barrieren er det nødvendig med opplærings- og bevisstgjørende initiativer rettet mot alle aktører i verdikjeden, inkludert arkitekter, entreprenører og byggherrer.

6.4.3 Rigid risikoovers tankegang

Ansaret og risikoene knyttet til DfD og sirkulære bygg hviler hovedsakelig på de involverte aktørene som byggherrer, entreprenører, arkitekter og rådgivere. Selv om fordeler og positive virkninger av DfD på samfunnet kan være langvarige og strekke seg over 50-60 år, kan opplevd og reell tilknyttet risiko (teknisk og økonomisk) være mer umiddelbar og på kort sikt påvirke aktørene. Videre kan betydelige endringer i teknologi, tekniske krav og regelverk over en 50-60 års periode gjøre dagens DfD-praksis utdatert og

uegnet for fremtidig ombruk, iallfall for en del komponenter hvor en kan anta teknologiutvikling. På den annen side kan strengere fremtidig regelverk knyttet til sirkularitet, høyere materialkostnader m.m. fremme marked for mer ombruk.

7 Forbindelser mellom barrierene

Det er sammenhenger og gjensidig påvirkning mellom barrierene beskrevet i forrige kapittel. For eksempel kan tekniske utfordringer og manglende kunnskap og erfaring vesentlig hindre de markedsmessige effektene av DfD. Umodne sammenføynings- og demonteringsteknikker, mangel på DfD-kompetanse og -erfaring samt flere pilotprosjekter fører til høyere kostnader, lavere etterspørsel etter DfD, ineffektive prosesser og lengre prosjekteringstid for DfD.

Mangel på nye aktører og forretningsmodeller resulterer i ineffektiv teknologiutvikling, digitalisering og datainnsamling. Nye aktører kan bidra til større grad av innovasjon og utvikling av nye digitale tjenester og produkter. Tilstrekkelig med data og digitale teknologier er viktig for å utvikle klimaregnskap og metoder for å beregne miljøeffektene av DfD-løsninger.

Mangel på data og digitalisering gjør det også vanskelig for kartlegging av ombruk og demonteringsprosesser som krever bygnings- og materialdata.

Kultur og samarbeid gjennom verdikjeden påvirker teknologiutviklingen innen det sirkulære økosystemet og markedsutviklingen knyttet til DfD, samt ombrukspraksisene i bransjen. For eksempel vil aktører samarbeide for å overføre kunnskap og kompetanse for å utvikle nye teknologier og teknikker for DfD, gjennomføre digitaliseringen og deling av data. En rigid risikoavers-kultur forsterker også markedets utfordringer.

Til slutt påvirker betingelser og regelverk markedet direkte. For eksempel kan komplekse sertifiseringer samt utilpassede kontraktsformater redusere markedsinsentiver og effekter fordi aktører ikke vil selge og kjøpe brukte materialer eller implementere DfD i sine nye prosjekter hvor byggherre skal være langsiktig eier. Regler som ikke er strenge eller konkrete nok vil heller ikke være effektive nok til å tvinge aktører til å ta nødvendige grep og fremme DfD innen sektoren. Dårlige betingelser og regelverk kan også hindre teknologiutviklingen på en annen måte, for eksempel ved å hemme utviklingen av nye mekaniske demonterings-teknikker eller digitaliseringen av DfD og ombruksprosesser. De markedsmessige barrierene innebærer markedstrekk, mens de tekniske barrierene innebærer teknologiutvikling. Disse to viktige drivkreftene er like viktige for å muliggjøre DfD-praksisene. Samtidig er betingelser og regelverk, samt kultur og samarbeid, grunnleggende faktorer for DfD- og ombrukspraksisene i sektoren.

8 Konklusjon

Denne rapporten har sett på barrierer for at DfD kan implementeres i flere prosjekt, og skaleres opp etter hvert. Utgangspunktet for rapporten har vært aktiviteter og publikasjoner gjennom SirkBygg, en litteraturundersøkelse samt intervjuer med relevante aktører.

DfD fremheves som en viktig strategi for en mer sirkulær byggenæring både fra EU via Green Deal⁸ (EUs taksonomi) og nasjonal strategi for sirkulær økonomi (1). Ved revisjon av teknisk forskrift (TEK17) av 1.juli 2022 §9-5 ble det stilt krav om at «Byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for senere demontering når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.». Dette gjør at DfD er blitt aktualisert de siste årene, og det forskningsrådsfinansierte SirkBygg-prosjektet ledet av Skanska har satt søkelys på ulike aspekter av DfD for Norge.

DfD tas i bruk fra og med den tidlige prosjekteringsfasen der nye bygninger designes for å kunne lett demonteres og oppnå en høyest mulig andel ombruksmaterialer og -komponenter ved demontering av et bygg. Barrierene for at DfD skal bli tatt i bruk er imidlertid fortsatt mange. Vi har sortert barrierene tematisk i markedsmessig og økonomisk gjennomførbarhet, tekniske utfordringer, betingelser og rammeverk samt kultur og samarbeid. Det er foreløpig lav etterspørsel etter DfD blant annet fordi de første prosjektene er mer tidkrevende og det er vanskelig å få lønnsomhet. Demontering tar i dag betydelig lengre tid enn riving, noe som medfører høyere kostnader. Markedet for ombrukte materialer er underutviklet, med mangel på standardiserte priser og tilstrekkelige aktører. Tekniske utfordringer eksisterer også, og gir behov for innovative løsninger. Innovative digitale teknologier kan bidra til å fremme DfD og ombruk i byggebransjen, men det er foreløpig mangel på oppdaterte materialbibliotek og data. Digitalisering kan effektivisere demonteringsprosessen og forbedre kartlegging, sporing og handel med materialer. Bruken av avanserte verktøy som robotikk og blockchain er fortsatt lav i Norge, og det er behov for teknologiutvikling for å øke effektiviteten i DfD-prosjekter. En materialbank og markedsplattform er nødvendig for å matche donorer, selgere og kjøpere av brukte materialer, og systematiske kartleggingsmetoder kan øke nøyaktigheten og bærekraften i DfD-praksisen.

DfD er et viktig, proaktivt steg for å maksimere den gjenværende levetiden og kvaliteten til brukte komponenter og materialer. Fremtidige bygg bør bli designet for å kunne demonteres og ombrukes på en enkel måte. Ved å tilrettelegge for demontering, kan komponentene og materialene i produktet tas ut og brukes på nytt, noe som bidrar til å redusere behovet for ny produksjon og redusere miljøpåvirkningen. Dette er spesielt relevant i en sirkulær økonomi, hvor ressursene skal holdes i kretsløpet så lenge som mulig for å minske behovet for utvinning og produksjon av nye materialer.

DfD er fortsatt i tidlig fase og det er mange barrierer som hindrer at DfD blir tatt i bruk i stort omfang. Vi trenger flere pilotprosjekter hvor DfD kan testes ut i praksis for å videreutvikle og forbedre dagens løsninger samt innovere, og partnerne i SirkBygg utvikler løsninger for DfD fordi de anser det for å gi dem et fremtidig markedsfortrinn.

⁸ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Forskningsprosjektet SirkBygg ledet av Skanska har adressert og redusert flere av barrierene ved at bransjen har fått tilgang til ny metodikk og systematisert kunnskap.

9 Referanser

1. Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi [Internett]. Klima- og miljødepartementet; 2021. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf>
2. Handlingsplan for en sirkulær økonomi. Klima- og miljødepartementet Nærings- og fiskeridepartementet; 2024.
3. Hagenes T. Hvorfor river vi mer enn 22.000 bygg hvert år? Teknisk Ukeblad [Internett]. 24. august 2021; Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/hvorfor-river-vi-mer-enn-22-000-bygg-hvert-ar/512604>
4. Monica RS. Endringer i lover og forskrifter fra 1. juli 2022. Brenn Aktuelt [Internett]. 2022; Tilgjengelig på: [https://www.brennaktuelt.no/byggeforskrifter-byggekrav-bygge kvalitet/endringer-i-lover-og-forskrifter-fra-1-juli-2022/113725#:~:text=Endring%20i%20bygge vare forskriften%20\(DOK\)%20skal,p%C3%A5%20nytt%20i%20et%20byggverk.](https://www.brennaktuelt.no/byggeforskrifter-byggekrav-bygge kvalitet/endringer-i-lover-og-forskrifter-fra-1-juli-2022/113725#:~:text=Endring%20i%20bygge vare forskriften%20(DOK)%20skal,p%C3%A5%20nytt%20i%20et%20byggverk.)
5. Rios FC, Chong WK, Grau D. Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. Procedia Eng. 1. januar 2015;118:1296–304.
6. Joensuu T, Edelman H, Saari A. Circular economy practices in the built environment. J Clean Prod. 10. desember 2020;276:124215.
7. HABiO-erfaringer fra bygging av demonterbart modulbygg [Internett]. [sitert 18. mai 2025]. Tilgjengelig på: <https://www.skanska.no/4921a9/contentassets/dbbf01b103aa4697a8dad0e3f8b40815/sirkbygg-habio-erfaringer-fra-bygging-av-demonterbare-modulbygg.pdf>
8. O'Grady T, Minunno R, Chong HY, Morrison GM. Design for disassembly, deconstruction and resilience: A circular economy index for the built environment. Resour Conserv Recycl. 1. desember 2021;175:105847.
9. Dokter G, Thuvander L, Rahe U. How circular is current design practice? Investigating perspectives across industrial design and architecture in the transition towards a circular economy. Sustain Prod Consum. 1. april 2021;26:692–708.
10. Munaro MR, Tavares SF, Bragança L. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. J Clean Prod. 1. juli 2020;260:121134.
11. Målbare kriterier for DfD [Internett]. [sitert 18. mai 2025]. Tilgjengelig på: <https://www.skanska.no/4921a9/contentassets/dbbf01b103aa4697a8dad0e3f8b40815/sirkbygg-malbare-kriterier-for-dfd.pdf>

12. Ghisellini P, Ripa M, Ulgiati S. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *J Clean Prod.* mars 2018;178:618–43.
13. Andvik OD, Thyholt MK, Resch E, Lausset C. METODER FOR INKLUDERING AV DFD I KLIMAGASSBEREGNINGER. 2024;(68).
14. Tingley DD, Cooper S, Cullen J. Understanding and overcoming the barriers to structural steel reuse, a UK perspective. *J Clean Prod.* 1. april 2017;148:642–52.
15. Pristerà G, Tonini D, Lamperti Tornaghi M, Caro D, Sala S. Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings. *Resour Environ Sustain.* 1. mars 2024;15:100153.
16. Rosnes O, Møller S, Rasmussen I, Sandberg-Kristoffersen B, Skaar C, Øye SB. Sirkulære løsninger i byggenæringen (del 1) [Internett]. 2024. Tilgjengelig på: https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/8319/vista_analyse_rapport_2024-34_sirkulaere_losninger_i_byggenaeringen_del_1_off.pdf

10 Vedlegg 1:

Tabell 3: Oversikt over publikasjoner

Metoder	Liste av artikler og rapporter som har inngått i analysen
Internasjonale forskningsartikler	1. Tingley, D. D., Cooper, S., & Cullen, J. (2017). Understanding and overcoming the barriers to structural steel reuse, a UK perspective. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 148, 642-652. 2. Rios, F. C., Chong, W. K., & Grau, D. (2015). Design for disassembly and deconstruction-challenges and opportunities. <i>Procedia engineering</i>, 118, 1296-1304. 3. Rakhshan, K., Morel, J. C., Alaka, H., & Charef, R. (2020). Components reuse in the building sector—A systematic review. <i>Waste Management & Research</i>, 38(4), 347-370. 4. Knoth, K., Fufa, S. M., & Seilskjær, E. (2022). Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 337, 130494. 5. Dantata, N., Touran, A., & Wang, J. (2005). An analysis of cost and duration for deconstruction and demolition of residential buildings in Massachusetts. <i>Resources, conservation and recycling</i>, 44(1), 1-15. 6. Couto, J., & Couto, A. (2010). Analysis of barriers and the potential for exploration of deconstruction techniques in Portuguese construction sites. <i>Sustainability</i>, 2(2), 428-442. 7. Akinade, O., Oyedele, L., Oyedele, A., Davila Delgado, J. M., Bilal, M., Akanbi, L., ... & Owolabi, H. (2020). Design for deconstruction using a circular economy approach: Barriers and strategies for improvement. <i>Production Planning & Control</i>, 31(10), 829-840. 8. Dunant, C. F., Drewniok, M. P., Sansom, M., Corbey, S., Allwood, J. M., & Cullen, J. M. (2017). Real and perceived barriers to steel reuse across the UK construction value chain. <i>Resources, Conservation and Recycling</i>, 126, 118-131. 9. Jaillon, L., & Poon, C. S. (2010). Design issues of using prefabrication in Hong Kong building construction. <i>Construction Management and Economics</i>, 28(10), 1025-1042. 10. Jaillon, L., & Poon, C. S. (2014). Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. <i>Automation in Construction</i>, 39, 195-202. 11. Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life cycle performance of modular buildings: A critical review. <i>Renewable and sustainable energy reviews</i>, 62, 1171-1183. 12. Tingley, D. D., & Davison, B. (2011). Design for deconstruction and material reuse. <i>Proceedings of the institution of civil engineers-energy</i>, 164(4), 195-204.

	13. Munaro, M. R., & Tavares, S. F. (2023). Design for adaptability and disassembly: guidelines for building deconstruction. <i>Construction Innovation</i>. 14. Roxas, C. L. C., Bautista, C. R., Dela Cruz, O. G., Dela Cruz, R. L. C., De Pedro, J. P. Q., Dungca, J. R., ... & Ongpeng, J. M. C. (2023). Design for manufacturing and assembly (DfMA) and design for deconstruction (DfD) in the construction industry: Challenges, trends and developments. <i>Buildings</i>, 13(5), 1164. 15. Pittri, H., Godawatte, G. A. G. R., Agyekum, K., Botchway, E. A., Dompey, A. M. A., Oduro, S., & Asamoah, E. (2024). Examining the barriers to implementing design for deconstruction in the construction industry of a developing country. <i>Construction Innovation</i>. 16. Pristerà, G., Tonini, D., Tornaghi, M. L., Caro, D., & Sala, S. (2024). Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings. <i>Resources, Environment and Sustainability</i>, 100153. 17. Gorgolewski, M. (2008). Designing with reused building components: some challenges. <i>Building Research & Information</i>, 36(2), 175-188. 18. Ostapska, K., Rütther, P., Loli, A., and Gradeci, K. (2024). Design for Disassembly: A systematic scoping review and analysis of built structures Designed for Disassembly. <i>Sustainable Production and Consumption</i>.
Rapporter	1. Leknes, S. og Thyholt, M., 2024. Markedsundersøkelse for demonterbare og midlertidige bygg. 2. Øystad-Larsen, N., Lassen, N., Neumann, E., Kalstø, M.M. og Thyholt, M., 2024. HABiO – erfaringer fra bygging av demonterbart modulbygg. 3. Kalstø, M.M., Thyholt, M., Smeplass, S. 2024. Målbare kriterier for DfD. 4. SINTEF (2021) av E. Sandberg og A.K. Kvellheim. Ombruk av byggematerialer – marked, drivere og barrierer 5. Asplan Viak (2018) av Anne Sigrid Nordby og Lars Bugge. Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og teniske installasjoner i bygg 6. Leland, B. N. (2008). Prosjektering for ombruk og gjenvinning. Rapport, RIF, Oslo. 7. Kilvær, L., Sunde, O. W., Eid, M. S., Rydningen, O., & Fjeldheim, H. (2019). Forsvarlig ombruk av byggevarer. DiBK FoU-Prosjekt, 123.