



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2022 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi (REALTEK)

Sirkulær økonomi i norsk bygg- og anleggsbransje. En undersøkelse av egnethet, barrierer og potensial knyttet til ombruk av tre

Circular economy in the Norwegian construction industry. An investigation on the suitability, barriers and potential related to reuse of timber

Sindre Heldal

Byggeteknikk og arkitektur

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på mastergraden byggeteknikk og arkitektur, og med det mine to år som student ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Pandemien har sørget for en annerledes studiehverdag enn hva jeg har vært vant til fra tidligere, med lite fysisk undervisning og dermed en mindre sosial studiehverdag. Takket være dyktige forelesere og hyggelige medstudenter ser jeg likevel på tiden som student ved NMBU som både fin og innholdsrik.

Jeg ønsker å rette en særlig stor takk til min veileder Themistoklis Tsalkatidis for din oppriktige interesse for at oppgaven skulle bli så god som mulig. Den jevnlige oppfølgingen med konstruktive tilbakemeldinger og gode innspill anser jeg som essensiell for oppgavens progresjon og for det endelige produktet. Videre vil jeg takke alle intervjuobjekter som ønsket å delta. Jeg setter stor pris på tiden dere satt av og synspunktene dere delte. Det har utvilsomt gitt meg en mer helhetlig forståelse av temaet og gjort oppgaven mer verdifull.

Jeg ønsker også å takke mine medstudenter, og i den forbindelse vil jeg trekke frem Eigil Andreas Solvang og Thea Sundell Robberstad. Dere har gjort en rar studietid vesentlig bedre. Takk til kollektivet i Tullins gate som har gjort hverdagene til høydepunkter og til gutta i Spikkelia som støtter uansett hva. Takk til familien som alltid hører og som alltid er der om det er noe.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Oslo, 15. mai 2022

Sindre Heldal

Sammendrag

Bygg- og anleggsbransjen er blant de store bidragsyterne til verdens stadig stigende klimagassutslipp og forbruk av naturressurser. Både nasjonalt og internasjonalt blir sirkulærøkonomiske tiltak trukket frem som virkemidler for å snu trenden. I en sirkulær økonomi vil ressursene sirkulere i kretsløpet lengst mulig, og dermed dempe etterspørselen etter naturressurser og redusere utslipp til produksjon av nye produkter.

Tre er et av verdens eldste bygningsmaterialer, og har en lang og innholdsrik historie for ombruk i Norge. I dag regnes graden av ombruk som ikke-tilstedeværende, til tross for at det i 2020 ble generert nærmere 270 000 tonn treavfall fra bygg- og anleggsbransjen alene. I oppgaven blir den sirkulærøkonomiske verdien til treavfall vurdert ved å se nærmere på hvor godt tre egner seg for ombruk, finne ut hvilke barrierer som hindrer ombruk av tre i dag og foreslå hva slags potensial for ombruk av tre som finnes. Oppgaven bruker litteratur til å undersøke om trevirkets egenskaper endrer seg som følge av tid og bruk, samt om praksiser og erfaringer fra land med tilsvarende forutsetninger kan være nyttige i norsk sammenheng. Det blir også utført intervjuer med representanter som har relevant erfaring og med forskjellige aktører i bransjen.

Funnene i oppgaven tyder på at trevirke i teorien egner seg for ombruk, men at ombruk i praksis vil være avhengig av formål. Mangelen på en standardisert form for evaluering av gjenværende egenskaper for brukt trevirke begrenser bruken i dag til estetiske eller andre ikke-bærende formål. Resultatene peker videre på fraværende opplæring innen sirkulærøkonomiske prinsipper og håndtering, regelverk som ikke legger til rette for ombruk og en ikke-eksisterende verdikjede som sentrale barrierer som hindrer ombruk i dag. Det fremstår som åpenbart at ombruk av tre kan skje i større grad, samtidig som en slik endring ikke vil skje av seg selv. Oppgaven foreslår et kompetanseløft innen sirkulærøkonomisk tankegang og byggeteknikk på videregående og akademisk nivå for å øke bevisstheten på tvers av bransjen. Et regelverk som tilrettelegger for og oppfordrer til ombruk i tillegg til økonomiske incentivordninger er tiltak som blir foreslått for å initiere en sirkulærøkonomisk verdikjede.

Abstract

The construction industry is among the major contributors to the world's ever-increasing greenhouse gas emissions and consumption of natural resources. Circular economy measures are highlighted both nationally and internationally as instruments for reversing the trend. In a circular economy all resources will continue to circulate in the cycle for as long as possible, thereby curbing the demand for natural resources and reduce emissions related to the production of new products.

Timber is one the world's oldest construction materials and has a long and rich history of reuse in Norway. Today, the degree of reuse is close to non-present, even though in 2020 close to 270 000 000 kilograms of timber waste was generated by the construction industry alone. This thesis will assess the circular economic value of timber waste by studying how suited timber is for reuse, identifying which barriers that prevent reuse of timber today and suggesting the potential of reuse of timber that exists. The thesis includes literature that investigates if time and use will change the properties of timber, as well as if practices and experiences from countries with similar conditions can be useful in Norway. It also includes interviews with representatives who have relevant experience and with several actors across the industry.

The findings in this thesis indicate that timber is suitable for reuse, however application in practice will depend on the purpose. The lack of a standardized way of evaluating the remaining properties limits the use to aesthetic or non-load-bearing purposes. The results point to the absence of education in circular economic principles and handling, regulations that does not facilitate reuse and a non-existing value chain as the key barriers that prevent reuse today. It appears obvious that reuse of timber can take place to a greater extent, however the change will not happen by itself. The thesis suggests a competence boost in the circular economic mindset and construction techniques on upper secondary and academic level to increase the awareness across the industry. Regulations that facilitate and encourage reuse in addition to economic incentives are measures that are proposed to initiate a circular economic value chain.

Innhold

FORORD	II
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	IV
INNHold	V
FIGURER	VII
TABELLER	VIII
FORMLER	VIII
BEGREPER	IX
1. INNLEDNING	1
1.1. TEMAETS AKTUALITET.....	1
1.2. BAKGRUNN.....	1
1.3. FORMÅL OG PROBLEMSTILLING.....	2
1.4. AVGRENSNINGER.....	3
2. METODE	4
3. TEORI	6
3.1. SIRKULÆRØKONOMISK TANKEGANG.....	6
3.2. KLIMA- OG AVFALLSPOLITIKK.....	8
3.2.1. De forente nasjoner, FN.....	8
3.2.2. Den europeiske union, EU.....	10
3.2.3. Norge.....	11
3.3. KLIMAGASSUTSLIPP OG FORBRUK.....	13
3.3.1 Internasjonalt klimagassutslipp.....	13
3.3.2. Internasjonalt forbruk.....	16
3.3.3. Nasjonalt klimagassutslipp.....	17
3.3.4. Nasjonalt forbruk.....	18
3.4. TRE SOM BYGNINGSMATERIALE.....	20
3.4.1. Fysiske egenskaper.....	20
3.4.2. Oppbygning.....	21
3.4.3. Feil og uregelmessigheter.....	23
3.4.4. Mekaniske egenskaper.....	25
3.4.5. Eurokode 5.....	25
3.4.6. Relevans for ombruk.....	26
3.5. HISTORISK PRAKSIS FOR OMBRUK.....	28
3.5.1. Fra sirkulær til lineær praksis.....	28

3.5.2. Historiske eksempler på ombruk av tre.....	29
3.6. NÅVÆRENDE PRAKSIS FOR OMBRUK.....	32
3.6.1. Statistisk oversikt.....	32
3.6.2. Materialbanker.....	35
3.6.3. Eksempler på ombruk av tre	35
3.7. UTFORDRINGER OG BARRIERER KNYTTET TIL OMBRUK AV TRE.....	38
3.7.1. En ikke-eksisterende verdikjede.....	38
3.7.2. Konvensjonell rivning.....	39
3.7.3. Brukshistorikk.....	39
3.7.4. Dokumentasjonskrav.....	40
3.7.5. Intern konkurranse i avfallshierarkiet	42
3.7.6. Modifisering av trevirke.....	43
3.8. NÅVÆRENDE FORDELER	43
3.8.1. Klima- og miljømessige besparelser.....	43
3.8.2. Miljøsertifiseringsverktøy	44
3.8.3. Utmerkelses.....	45
4. LITTERATUR.....	47
4.1. EGNETHET FOR OMBRUK.....	47
4.2. ERFARINGER OG PRAKSISER FRA ANDRE LAND	54
4.2.1. Tolkning av byggevareforordningen.....	54
4.2.2. Utfordringer og barrierer knyttet til ombruk av tre.....	55
4.2.3. Foreslåtte tiltak.....	57
4.2.4. Eksempler på ombruk.....	58
5. RESULTATER	59
5.1. INTERVJUUTVALG.....	59
5.1.1. Utvalg 1- representanter med erfaring knyttet til ombruk av tre.....	59
5.1.2. Utvalg 2 – ulike aktører i bransjen	59
5.2. SPØRSMÅL OG SVAR.....	60
5.2.1. Spørsmål basert på erfaring med ombruk av tre	60
5.2.2. Spørsmål basert på rolle i bransjen og forhold til tema.....	62
5.2.3. Spørsmål knyttet til forskningsspørsmålene i oppgaven.....	64
6. DISKUSJON	68
7. KONKLUSJON	77
8. VIDERE ARBEID	78
9. REFERANSER.....	79
VEDLEGG	85

Figurer

Figur 1. Tilnærming til oppgaven.....	4
Figur 2. Illustrasjon av prinsippene i sirkulær økonomi. Egenprodusert	6
Figur 3. Illustrasjon av prinsippene i lineær økonomi. Egenprodusert	6
Figur 4. Avfallshierarkiet. Egenprodusert etter (LOOP, 2021).....	7
Figur 5. Utvikling av globale utslipp fra 1970 til 2019. Data fra (Miljøstatus, 2021)	14
Figur 6. CO ₂ -utslipp til de 10 største utslippslandene fra 1960 til 2020. Data fra (Miljøstatus, 2021).....	15
Figur 7. CO ₂ -utslipp per innbygger i de 10 største utslippslandene og Norge fra 1960 til 2020. Norge er markert med rød linje. Data fra (Miljøstatus, 2021)	16
Figur 8. Sammenligning av økologisk fotavtrykk. Data fra (Global Footprint Network et al., 2022).....	17
Figur 9. Utviklingen av norske klimagassutslipp fra 1990-2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021d).....	18
Figur 10. Total avfallsmengde i Norge fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021c).....	19
Figur 11. Avfallsmengde fra bygg- og anleggsbransjen fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021c)	20
Figur 12. Tverrsnittet av en trestamme. Egenprodusert etter (Skaug, u.å.).....	22
Figur 13. Flatsidekvist til venstre og kantsidekvist til høyre. Egenprodusert etter (Skaug & Øvrum, u.å.).....	23
Figur 14. Råtesopp til venstre (Kullmann, 2019). Fargeskadesopp (blåved) til høyre (Solheim, 2020).....	24
Figur 15. Urnes stavkirke. Den ombrukte nordportalen til høyre (Seip, 2019)	29
Figur 16. Lom stavkirke til venstre (Norske kirker, u.å.-c). Vågå stavkirke til høyre (Norske kirker, u.å.-d)	30
Figur 17. Hestad kapell. Til høyre ombruk av veggtiler og veggsviller fra stavkirken (Norske kirker, u.å.-b)	31
Figur 18. Tegning fra 1846 av Grinaker stavkirke (Hadelands Bygdebokkomitee, 1932). Klokkearlåven til høyre (Norske kirker, u.å.-a)	32
Figur 19. Treavfall fra bygg- og anleggsbransjen fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021c)	33

Figur 20. Den totale mengden treavfall fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021b).....	33
Figur 21. Treavfall etter behandlingsmåte fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021b).....	34
Figur 22. Gjenbrukshuset til høyre og det tilsvarende nye huset til venstre (Pettersen, 2005)	36
Figur 23. De fem eksperimentboligene på Svartlamon under bygging (Svartlamon, u.å.).....	36
Figur 24. Takhagen til venstre (Direktoratet for byggkvalitet, 2020). Felleshuset til høyre (Dyrvik Arkitekter, u.å.).....	37
Figur 25. Låven på Nedre Sem gård. Nåværende låve til venstre (Byggmesteren, 2022), skisseforslag for ny låve til høyre (Ola Roald Arkitektur, 2022).....	38
Figur 26. Flytskjema for å avgjøre hvordan en byggevare kan brukes på nytt. Egenprodusert etter (Kilvær et al., 2019)	42

Tabeller

Tabell 1. Forskjell i mekaniske egenskaper for de tre vanligste treslagene	25
Tabell 2. Effekten av ombruk basert på materialtype. Egenprodusert etter (Pettersen, 2005).	44
Tabell 3. Oversikt over de ulike intervjuobjektene i utvalg 1	59
Tabell 4. Oversikt over de ulike intervjuobjektene i utvalg 2	60

Formler

Formel 1. Dynamisk elastisitetsmodul tverrgående for vibrasjonstest.....	50
Formel 2. Dynamisk elastisitetsmodul langsgående for vibrasjonstest.....	50
Formel 3. Dynamisk elastisitetsmodul for akustisk test.....	51

Begreper

COP – *Conference of the Parties* - partskonferanser

CO₂ -ekvivalent - *Global warming potential (GWP)* - enhet som brukes i utregning av klimagassutslipp, hvor alle klimagasser regnes om til oppvarmingspotensialet til CO₂

DOK - *regulations on documentation of construction products* - Forskrift om dokumentasjon av byggevarer

DiBK - *Norwegian Building Authority* - Direktoratet for byggkvalitet

Direkte ombruk - *direct reuse* - ombruk med minimal bearbeidelse

Energigjenvinning - *energy recovery* - utnytte avfall til produksjon av varme

Gjenbruk - *reuse* - sidestilles i denne oppgaven med ombruk

Intern ombruk - *internal reuse* - ombruk uten at produktet omsettes

Karbonnøytral - *carbon neutral* - klimagassutslipp utlignes av tiltak som fjerner tilsvarende mengde klimagasser

Materialgjenvinning - *recycling* - utnytte avfall som råstoff i produksjon av nye produkter

Ombruk - *reuse* - unngå avfallsgenerering ved å benytte en ressurs til sitt tiltenkte formål flere ganger

Oppsirkulering - *upcycling* - tiltak som gir en ressurs høyere verdi i avfallshierarkiet

TEK - *Regulations on technical requirements for construction works* - Byggteknisk forskrift hvor gjeldende versjon er TEK 17

1. Innledning

1.1. Temaets aktualitet

Verden står ovenfor store utfordringer knyttet til klimagassutslipp og forbruk av naturressurser med utslipp som stadig er stigende og et forbruk som ikke er bærekraftig. En av bransjene med store bidrag på verdensbasis og landsbasis er bygg- og anleggsbransjen. Bygg- og anleggsbransjen baserer seg i dag i stor grad på en lineærøkonomisk modell hvor verdien til produktene er begrenset til levetiden og som dermed vil sørge for en betydelig avfallsgenerering. I Norge stod bygg- og anleggsbransjen bak 29,7 prosent av den totale mengden avfall i 2020.

Et alternativ til lineær økonomi er sirkulær økonomi, hvor formålet er å holde ressursene sirkulerende i kretsløpet lengst mulig. Både nasjonalt og internasjonalt blir sirkulærøkonomiske prinsipper diskutert som en mulig løsning for å kutte utslipp og redusere forbruk. For et bygningsmateriale vil dette dreie seg om å utvide levetiden, bruke produktet på nytt eller bruke produktet som råstoff i produksjon av nye produkter. I et sirkulærøkonomisk perspektiv vil dette være å foretrekke fremfor at bygningsmateriale brukes som brensel eller ender på deponi, som er vanlige utfall i et lineærøkonomisk system.

Tre er et bygningsmateriale som mennesker har benyttet i tusenvis av år, og som både er og har vært særlig utbredt i Norge. Tre er tilgjengelig over store deler av landet og er enkelt å både tilpasse og bearbeide med lavteknologiske verktøy. Som bygningsmateriale skiller det seg ut fra nyere materialer slik som betong og stål ved å ha en lang historie med ombruk bak seg. Store deler av de bebygde omgivelsene i Norge er hovedsakelig eller delvis bygget i tre, noe som i takt med at bygninger oppgraderes og renoveres vil sørge for en kontinuerlig strøm av treavfall. En undersøkelse av mulighetene for å utnytte avfallet bedre enn hva som gjøres i dag anses som relevant i kontekst av nåværende utfordringer, samt nasjonale og internasjonale ambisjoner.

1.2. Bakgrunn

Trevirke som bygningsmateriale er et anvendelig, naturlig og bærekraftig alternativ. Det skiller seg ut ved å ha lave utslipp knyttet til produksjon, samtidig som det binder karbon så lenge det ikke brytes ned biologisk eller ved forbrenning. Å utvide levetiden til bygningsmaterialer av tre vil utsette utslippene, og dermed fordele det ut over flere år. I tillegg er utvidet levetid for

bygningmaterialer av tre et eksempel på tiltak hvor effekten skjer umiddelbart ved at utslipp knyttet til produksjon av et nytt produkt unngås. Slike tiltak er viktig i en tid hvor store mengder utslipp skal kuttes i løpet av kort tid.

Interessen for temaet oppstod i forbindelse med et prosjekt sommeren 2020 hvor det ble uttrykt et ønske fra byggherren om å undersøke mulighetene for å benytte brukte materialer av hensyn til omgivelsene bygget skulle oppføres i. Ønsket ble innfridd for enkelte typer materialer eller komponenter, slik som taktegl, dør og vinduer, men brukt trevirke viste seg å være vanskelig å få til. Da forslagene til tema for masteroppgaven ble foreslått våren 2021, dukket det opp en mulighet for å undersøke dette nærmere. Etersom den sirkulærøkonomiske tankegangen i liten grad har blitt behandlet i undervisningssammenheng, ble dette ansett som en gylden mulighet for å utvide kompetanseområde til et felt som i større grad vil bli aktuelt i tiden fremover.

1.3. Formål og problemstilling

Formålet med denne oppgaven er å undersøke hva slags verdi tre har i et sirkulærøkonomisk perspektiv. Dette gjøres ved å undersøke treets egenskaper og karakteristikk for å identifisere hva slags attributter som sammen med effekten av tid og bruk kan påvirke materialets egenskaper og dermed relevansen for ombruk. Både tidligere og nåværende praksis for ombruk blir presentert og eksemplifisert for å danne et bilde av hvordan tilnærming har vært tidligere og hvordan den er i dag. Oppgaven identifiserer videre hvilke barrierer som står i veien for ombruk i dag og vurderer tiltak som kan redusere ulempene disse medfører. Basert på den presenterte teorien og oppnådde resultater vil relevansen og potensial for ombruk av tre vurderes og diskuteres.

Problemstillingen i oppgaven dreier seg om å undersøke utfordringer og muligheter i forbindelse med overgangen til en mer sirkulær bygg- og anleggsbransje ved å se nærmere på ombruk av tre. Oppgaven tar for seg problemstillingen ved å dekomponere den i følgende spørsmål:

- ◇ Er bygningmaterialer av tre egnet for ombruk?
- ◇ Hva slags barrierer og utfordringer hindrer ombruk av tre i dag?
- ◇ Finnes det et potensial for at ombruk av tre kan skje i større grad?

1.4. Avgrensninger

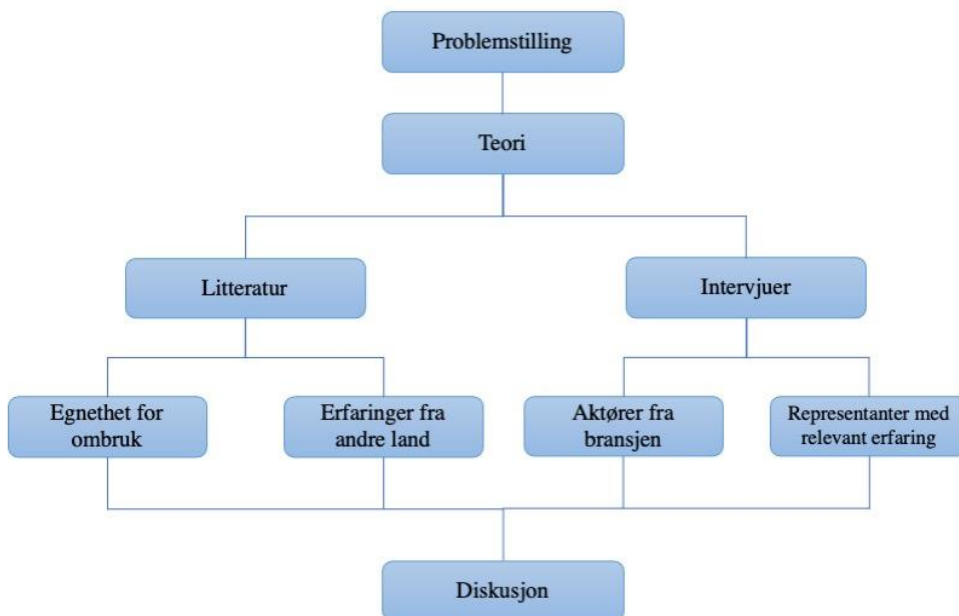
Ombruk av tre er et omfattende tema, og det har derfor vært viktig å definere omfanget slik at resultater kan oppnås innen tiden som er til rådighet. Hovedfokuset i oppgaven er tildelt ombruk av bygningsmaterialer av heltre til både konstruktive og ikke-konstruktive formål. Dette anses som en naturlig avgrensning ettersom store deler av den relevante litteraturen i hovedsak tar for seg eldre trevirke. I tillegg vil fokuset på heltre gjøre det mulig å vurdere tidligere praksiser opp mot nåværende praksiser.

Limtre og massivtre er bygningsmaterialer av tre som i liten grad blir behandlet i oppgaven. Sett bort fra at heltre var en naturlig avgrensning, er limtre og massivtre i mindre grad forsket på i forbindelse med ombruk enn hva heltre er. Til tross for dette vil enkelte prinsipper og regler når det kommer til ombruk være mer universale enn å bare gjelde for heltre. I oppgaven er dette løst ved å konsekvent bruke ombruk i forbindelse med generell ombruk som kan gjelde flere typer materialer, og ombruk av tre i forbindelse med ombruk som spesifikt gjelder for heltre.

I deler av oppgaven hvor den geografiske posisjonen vil være avgjørende, slik som historisk praksis, nåværende praksis, utfordringer og barrierer, nåværende fordeler, samt intervjuer er temaet avgrenset geografisk ved å undersøke norske forhold. For andre deler av oppgaven slik som i tre som bygningsmateriale og i litteraturstudiet er ikke opprinnelsen på samme måte relevant og det inkluderes derfor teori og litteratur av annet opphav.

2. Metode

Denne oppgaven ser nærmere på egnethet, barrierer og potensial for ombruk av tre i Norge. Tilnærmingen til oppgaven er illustrert i figur 1. Prosjektet benytter seg i hovedsak av en kombinasjon av metodene litteraturstudie og semistrukturerte intervjuer, som er ansett som kompatible metoder. Metodene deler seg videre inn i to deler. Litteraturstudiet har en del som undersøker trevirkets egnethet for ombruk og en del som undersøker erfaringer fra andre land med tilsvarende forutsetninger. De semistrukturerte intervjuene har to utvalg. Utvalg 1 er bestemt på bakgrunn av undersøkelse av relevante prosjekter, hvor intervjuobjektene har erfaring knyttet til ombruk av tre. Utvalg 2 er bestemt basert på rollen de ulike intervjuobjektene har i bransjen.



Figur 1. Tilnærming til oppgaven

Den norske litteraturen består i hovedsak av rapporter fra forskningsinstitutter eller aktører fra bransjen. For å undersøke egnethet for ombruk har det derfor vært ansett som hensiktsmessig å utforske internasjonal forskning på feltet. Egnethet dreier i dette tilfellet seg om mulige endringer av trevirkets fysiske og mekaniske egenskaper basert på tid og bruk. I motsetning til faktorer slik som byggt teknisk forskrift (TEK) eller forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), vil egnethet være mer globalt anliggende og litteratur vil dermed være relevant på tvers av landegrensene.

Omstillingen til en mer sirkulær økonomi blir omtalt som en global prosess med lokale løsninger. Med dette menes at en løsning et sted ikke nødvendigvis er direkte omsettelig et annet på grunn av lokale forhold og variasjoner. Det er likevel av interesse å undersøke hva slags erfaringer land med tilsvarende forutsetninger har. Andre land i Nord-Europa og Nord-Amerika har både økonomiske og klimatiske forhold som kan sammenlignes med forholdene i Norge. Land i Europa vil også være bundet til EUs byggevareforordning på lik linje som det Norge er. Dersom det viser seg at andre land har kommet lenger i den sirkulære omstillingsprosessen kan slike erfaringer være nyttige enten som inspirasjon eller som reelle løsninger på tilsvarende utfordringer.

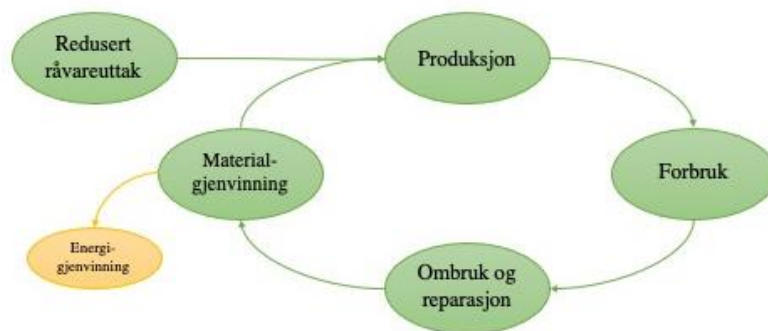
Litteraturen gir et godt bilde av hva slags barrierer og hindre som kan dukke opp om det skal prosjekteres og bygges med brukte materialer. For å utfylle denne kunnskapen, har det vært av interesse å undersøke hva slags byggeprosjekter med ombrukt trevirke som er realisert i nyere tid. Representanter fra slike prosjekter vil ha erfaringer som gir dem en helhetlig forståelse av temaet, og en intervjusituasjon vil gi intervjuobjektet muligheten til å utdype dette i større grad enn hva som er mulig i en rapport. Dersom andre spørsmål knyttet til ombruk av tre har dukket opp i løpet av prosessen med å undersøke teori, gir denne metoden også mulighet for å få en subjektiv mening fra en med reell erfaring.

Den norske litteraturen som tar for seg ombruk av tre baserer seg i stor grad på erfaringer og ambisjoner fra en liten del av bransjen. Det er hovedsakelig statlige eller bransjefinansierte forskningsinstitutter, eller erfaringer fra etablerte prosjekteringsfirmaer som publiserer relevant litteratur. En sirkulærøkonomisk omstilling i bransjen vil påvirke langt flere aktører, og det er derfor av interesse å inkludere oppfatninger og synspunkter fra flere hold. Ideelt sett ville dette materialisert seg i form av en mer omfattende undersøkelse hvor både bransjen og aktørene ble fremstilt representativt. Dette er for omfattende for en masteroppgave, så i dette prosjektet vil det kun bli plukket ut en representant fra enkelte bransjeaktører. Dette vil likevel kunne belyse potensielle interessekonflikter innad i bransjen, i tillegg til å gi en god temperaturmåling av temaet.

3. Teori

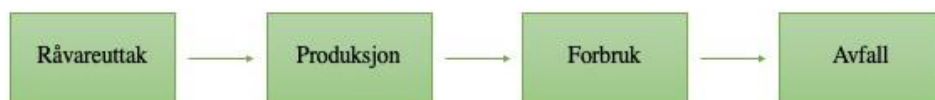
3.1. Sirkulærøkonomisk tankegang

Sirkulær økonomi er et økonomisk system som baserer seg på en kretsløpstankegang hvor ressursene sirkulerer, og hvor avfall er et fremmedord. Ifølge tankegangen har alle ressurser en anvendelse, enten i samme form eller som råstoff til andre produkter. Ideelt sett vil dette hindre at det skapes avfall.



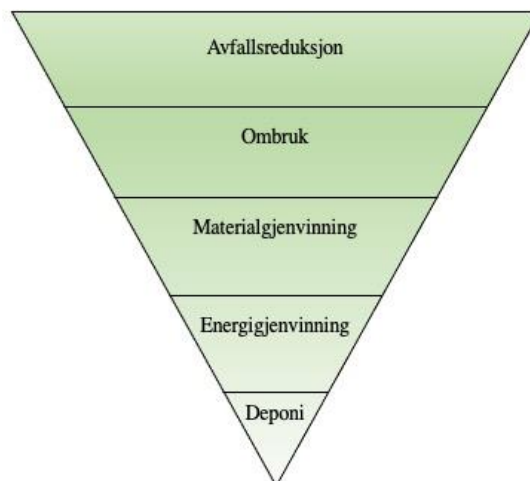
Figur 2. Illustrasjon av prinsippene i sirkulær økonomi. Egenprodusert

Sirkulær økonomi skiller seg fra lineær økonomi, som er det gjeldende økonomiske systemet i store deler av verden. Som navnet tilsier, er systemet formet som en rett linje hvor produksjon og forbruk av varer har en start og en slutt. Linjen starter med uttak av råvarer, fortsetter med produksjon og forbruk av produkt, før produktet til slutt ender opp som avfall. I en lineær økonomi har avfall liten verdi, og er snarere blitt et problem ved at det enten hoper seg opp eller ender opp på avveie.



Figur 3. Illustrasjon av prinsippene i lineær økonomi. Egenprodusert

Til tross for at sirkulær økonomi som begrep er forholdsvis nytt, har prinsippene vært mer praktisert og utbredt tidligere enn hva de er og blir i dag. Tidligere var direkte ombruk og reparasjon av ødelagte produkter helt vanlig og det mest rasjonelle. Som begrep har sirkulær økonomi for alvor etablert seg i takt med økt internasjonalt fokus på klimaendringer og forsøpling. Tankegangen har siden 1980-tallet vært aktuell i fag som økologisk økonomi, blant annet i form av begreper som ressurshierarki og avfallspyramide. Avfallspyramiden er et begrep som ble tatt i bruk av EU i 1975, og illustrerer tydelig verdien og prioriteringen til de ulike nivåene i den sirkulærøkonomiske tankegangen. Fremstillingen forestiller en omvendt pyramide, hvor spissen er nivået med lavest prioritering og den laveste verdien. Desto høyere nivå avfallet blir behandlet på, desto større er den antatte verdien, og målet er å behandle avfall på det høyest mulige nivået (Nilsen, 2021).



Figur 4. Avfallshierarkiet. Egenprodusert etter (LOOP, 2021)

Assosiasjonene til avfallsbransjen kan ha bidratt til at avfallspyramiden, eller avfallshierarkiet, ikke har klart å etablere seg som begrep på samme måte som sirkulær økonomi har gjort. Prinsippene er likevel de samme. Uttaket av råvarer skal reduseres og omløpshastigheten skal øke. Økt omløpshastighet vil i et sirkulærøkonomisk perspektiv handle om at produktene skal få lengre bruks- og levetid. Dette gjelder i første omgang for produktets primære formål og senere som resirkulert materiale for produksjon av andre produkter. Ressursene skal altså sirkulere lengst mulig på høyest mulig nivå, før det degraderes til et lavere nivå hvor denne prosessen gjentar seg (Nilsen, 2021).

3.2. Klima- og avfallspolitikk

3.2.1. De forente nasjoner, FN

Arbeidet med å lage et internasjonalt regelverk for utslipp av klimagasser har pågått siden 1980-tallet. Under FNs konferanse om miljø og utvikling i 1992 ble klimakonvensjonen undertegnet. Klimakonvensjonen er en rammeavtale for internasjonalt samarbeid mot menneskeskapte klimaendringer og har per 2020 197 medlemsland. Klimakonvensjonen har utgjort rammeverket for forhandlingene til de to klimaavtalene Kyotoavtalen og Parisavtalen og pålegger medlemsland å føre regnskap for alle klimagassutslipp som foregår innenfor landets grenser. Konvensjonen har et overordnet mål om å unngå farlig menneskelig påvirkning på klimasystemet. (Olerud & Kallbekken, 2021).

Kyotoavtalen (COP3) var en folkerettslig, bindende, internasjonal klimaavtale med tallfestede mål om reduksjon av klimagassutslipp for de deltagende landene. Avtalen ble inngått mellom medlemslandene i klimakonvensjonen 11. desember 1997 i Kyoto og var den første internasjonale avtalen som etablerte forpliktelser knyttet til å redusere utslipp for enkeltland, selv om disse kun gjaldt for industriland. Forpliktelsene innebar å få på plass en nasjonal lovgivning og tiltak for å redusere klimagassutslipp, forske på og ta i bruk fornybar energi, samt å fjerne ordninger som gjorde det gunstig å slippe ut klimagasser. For land som ikke oppfylte målene sine, hadde ikke avtalen en sanksjonsordning utover tap av omdømme (Gjengedal & Lahn, 2021).

Avtalen var delt inn i to perioder, en fra 2008-2012 og en fra 2012-2020. Den første avtaleperioden var utformet i tråd med prinsippet «felles, men ulikt ansvar». Samlet skulle reduksjonen av utslipp være minst fem prosent lavere enn 1990- nivå, men målene for de ulike landene varierte. For Norges del kunne utslippene faktisk øke med en prosent, mens EU-landene måtte redusere med åtte prosent. Den andre avtaleperioden fikk utvidede utslippstall, hvor Norges mål var å kutte utslippsnivået fra 1990 med 30 prosent innen 2020. Andre land nektet å godta nye mål, og avtalen dekket i praksis bare 15 prosent av de totale klimagassutslippene i verden (Gjengedal & Lahn, 2021).

Kyotoavtalen er i dag avløst av Parisavtalen. Parisavtalen (COP21) ble inngått på klimatoppmøte i Paris 12. desember 2015 og har vært gjeldende siden 2020. I motsetning til

Kyotoavtalen, som i hovedsak henvendte seg til industriland, har Parisavtalen en mer global tilnærming som per september 2020 er ratifisert av 189 av de totalt 197 medlemslandene i klimakonvensjonen.

Parisavtalen har som formål å oppfylle klimakonvensjonens målsetninger, som er materialisert i tre mål i avtalens artikkel 3.

- ◇ Å begrense global oppvarming til «godt under» 2 grader celsius, og å «tilstrebe» å begrense den til 1,5 grader celsius, sammenliknet med førindustriell tid.
- ◇ Å «øke evnen til å tilpasse seg skadevirkningene av klimaendringene».
- ◇ Å «gjøre finansstrømmene forenelige med en bane mot lavutslippsutvikling».

For å nå det såkalte togradersmålet må utslippene slutte å stige så fort som mulig. Innen 2100 er målet karbonnøytralitet, som innebærer en balanse mellom utslipp og opptak av klimagasser. I praksis vil det si at utslippene som fortsatt skjer, skal utlignes av tiltak som fjerner tilsvarende mengde klimagasser. I likhet med Kyotoavtalen har heller ikke Parisavtalen anledning til sanksjoner utover omdømmetap for landene som ikke følger opp sin del av avtalen (Jakobsen et al., 2021).

FNs bærekraftsmål er en global arbeidsplan for en bærekraftig utvikling frem mot år 2030 vedtatt under FNs generalforsamling i 2015. FNs bærekraftsmål består av 17 hovedmål og 169 delmål som med en helhetlig tilnærming skal ivareta behovene til mennesker som lever i dag, uten at dette skjer på bekostning av fremtidige generasjoner (FN-sambandet, 2022). For dette prosjektet er særlig følgende bærekraftsmål og tilhørende delmål av interesse:

- ◇ 11. Bærekraftige byer og lokalsamfunn. Fremtidens byer og lokalsamfunn er avhengig av bedre avfallshåndtering, reduksjon av forurensing og mindre sløsing av ressurser. Delmål 11.4 oppfordrer til å styrke innsatsen for å verne og sikre verdens kultur- og naturarv.
- ◇ 12. Ansvarlig forbruk og produksjon. Bærekraftig forbruk dreier seg om å få til mer med mindre ressurser. Delmål 12.2 handler om å oppnå en bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser innen 2030. Delmål 12.5 peker på reduksjon, materialgjenvinning og ombruk som viktige virkemidler for at avfallsmengden skal reduseres betydelig innen 2030. Delmål 12.8 løfter frem viktigheten av tilgang på

informasjon om og forståelse av bærekraftig utvikling og en levemåte som er i harmoni med naturen.

- ◇ 13. Stoppe klimaendringene. Klimaendringene kjenner ingen landegrenser og er derfor en global utfordring. Effektene skjer raskere enn antatt og effektene er synlige over hele verden. Delmål 13.3 handler om enkeltpersoners og institusjoners evne til å motvirke, tilpasse seg og redusere konsekvensene av klimaendringer, samt å styrke kunnskapen og bevisstheten rundt dette.
- ◇ 15. Livet på land. Tiltakene som er satt i gang for en mer bærekraftig forvaltning av naturressursene er ikke tilstrekkelige, og krever ytterligere handling dersom tap av biologisk mangfold og økosystemer skal forhindres. Delmål 15.2 fremmer innføring av bærekraftig forvaltning av all skog, stanse avskoging, gjenopprette forringede skoger og i betydelig grad øke gjenreisning og nyplanting av skog på et globalt nivå.

3.2.2. Den europeiske union, EU

«European Green Deal» er EUs slagplan i møte med klimaendringene og har en målsetning om å gjøre Europa til det første karbonnøytrale kontinentet i verden. Den ble lansert i 2019 og baserer seg på ambisiøse politiske tiltak og nært samarbeid med internasjonale samarbeidspartnere. Slagplanen består av følgende fire initiativer:

«European Climate Pact» er et initiativ fra EU som inviterer folk, felleskap og organisasjoner til å bidra til klimahandling. I tillegg til lover og regler, fremhever EU de dagligdagse valgene som viktige i kampen mot klimaendringene. Den oppfordrer til å finne sammen og dele kunnskap, lære om klimaendringer og å utvikle, implementere og oppskalere løsninger. Initiativet skal også legge til rette for arenaer hvor folk fra alle samfunnslag og aldre kan møtes og sammen utvikle og implementere løsninger (European Commission, 2020b).

«2030 target plan» er et forslag fra EU for å bli karbonnøytrale innen 2050. Planen øker EUs tidligere ambisjon om reduksjon av utslipp innen 2030 sammenlignet med 1900-nivå fra 40 prosent til 55 prosent. Økningen i ambisjonsnivået er for å hindre at politikere og investorer gjør beslutninger i de kommende årene som ikke er forenelige med EUs mål om karbonnøytralitet innen 2050. Målet om 55 prosent reduksjon er også i tråd med Parisavtalens mål om å begrense den globale oppvarmingen til 2 grader celsius, og helst ikke mer enn 1,5

grader celsius. Sammen med en konsekvensutredning legger dette grunnlaget for å tilpasse en klima- og energipolitikk som bidrar til å avkarbonisere Europa (European Commission, 2020a).

«European Climate Law» gjør EUs mål om å være karbonnøytrale innen 2050 juridisk bindende. Medlemslandene og institusjonene i EU er bundet til å iverksette nødvendige tiltak på nasjonalt nivå og på europeisk nivå for å nå målene. Loven har metoder for å fortløpende vurdere fremdriften, slik at tiltakene kan justere deretter. I tillegg skal loven sørge for forutsigbarhet for investorer og andre økonomiske aktører, samt å gjøre overgangen til karbonnøytralitet er irreversibel (European Commission, 2021b).

«EU Strategy on Climate Adaption» er en strategi for hvordan EU kan tilpasse seg de uunngåelige effektene av klimaendringene og hvordan bli klimarobust innen 2050. Strategien har målsetninger om å gjøre tilpasninger til klimaendringer smartere, raskere og mer systematiske, samt å trappe opp den internasjonale innsatsen (European Commission, 2021a).

EU har også lansert flere strategier, deriblant en sirkulærøkonomisk handlingsplan. Her pekes det ut syv forskjellige hovednæringskjeder, hvor bygg- og anleggsbransjen er en av disse. For bygg- anleggsbransjen blir det listet opp ulike tiltak, blant annet en mulig revisjon av byggevareforordningen. I tillegg skal en egen strategi for bærekraftige bebygde omgivelser lanseres, noe den på tidspunktet oppgaven skrives ikke har blitt (European Commission, 2020c).

3.2.3. Norge

Norges resultater i forbindelse med de internasjonale klimaavtalene har ikke vært vellykkede. I første avtaleperiode av Kyotoavtalen økte Norge sine utslipp, mens reduksjonen i 2020 var kun på 4,2 prosent lavere enn 1990-nivået og dermed langt unna målet på 30 prosent for andre avtaleperiode (Statistisk sentralbyrå, 2021d).

I strategien «*Ei berekraftig, kostnadseffektiv og samordna bygg- og egedomsforvaltning*» utgitt av Kommunal og moderniseringsdepartementet blir det fremmet en tydelig ambisjon om at Norge skal være et foregangsland for det grønne skiftet og for sirkulærøkonomi. Dette er utdypet i rapporten «*Nasjonal strategi for ei grøn, sirkulær økonomi*» (Klima- og miljødepartementet, 2021b). Staten skal være pådriver for sirkulær økonomi ved å gå foran som

eksempel med tanke på ombruk av byggematerialer. Nye bygg skal også både prosjekteres og produseres slik at fremtidig ombruk er mulig. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har lansert en veileder for ombruk, i tillegg er det foreslått en revisjon av dokumentasjonskravene til brukte byggematerialer som vil gjøre ombruksprosessen enklere (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021).

Strategien foreslår også konkrete sirkulærøkonomiske tiltak. Tiltak 28 handler om at staten skal ombruke byggematerialer der det er formålstjenlig. Staten ønsker altså gå foran i arbeidet med å ombruke materialer. I tillegg skal staten etterspør brukte materialer og materialer med resirkulert innhold, og ombruk skal vurderes der det er mulig i statlige prosjekter. Staten skal kartlegge ombruk, og ta vare på materialverdiene i bygg som skal rehabiliteres eller rives. Når statlige virksomheter leier i markedet skal konkurransegrunnlaget etterspør ombruk og gjenbruk, noe som kan skape en driver for ombruk. Tiltak 29 handler om at staten skal redusere avfallet fra byggeaktivitet og øke gjenvinningsgraden. Staten skal stille strengere krav til avfallshåndtering slik at mer av avfallet kan gjenvinnes til nye produkter. Dette skal skje i samarbeid med næringen (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021).

DiBK har på oppdrag fra Kommunal og moderniseringsdepartementet sendt et forslag til endring av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk på høring. Formålet er å endre forskriften (DOK §9) for å fremme bruken av brukte byggevarer. Her pekes det på at ombruk av brukte byggevarer er et viktig sirkulærøkonomisk tiltak, og den foreslåtte endringen av forskriften om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk vil bidra til å redusere barrierene, og dermed øke mulighetene for at aktørene i bransjen velger å omsette brukte byggevarer. Regelverket om dokumentasjon av produkttegenskaper ble ikke laget med tanke på ombruk, og legger derfor ikke til rette for det. Færre barrierer og økte insentiver kan medføre økt ombruk av byggevarer, og sammen med positive miljø- og klimakonsekvenser, fremstår forslaget som samfunnsøkonomisk lønnsomt (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

Nasjonale mål for avfall fra bygg- og anleggsbransjen innebærer å bevege seg mot en mer sirkulær økonomi. Dette handler om at avfall fra bygg- og anleggsbransjen kan ombrukes eller materialgjenvinnes, fremfor at det går til energigjenvinning eller ender på deponi. Oppsummert skal minst mulig inn og minst mulig ut av materialkretsløpet. Skal et bygg rives, bør dette behandles som ressurser heller enn avfall. Dette er en tankegang vi også finner igjen i BAMB (Buildings As Material Banks), et prosjekt finansiert av EU for å skape sirkulære løsninger i

bygg- og anleggsbransjen. Tiltakene som er foreslått for å nå nasjonale mål for avfall i bygg- og anleggsbransjen er å redusere mengden generert avfall, øke graden av ombruk av byggevarer og øke graden av materialgjenvinning (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

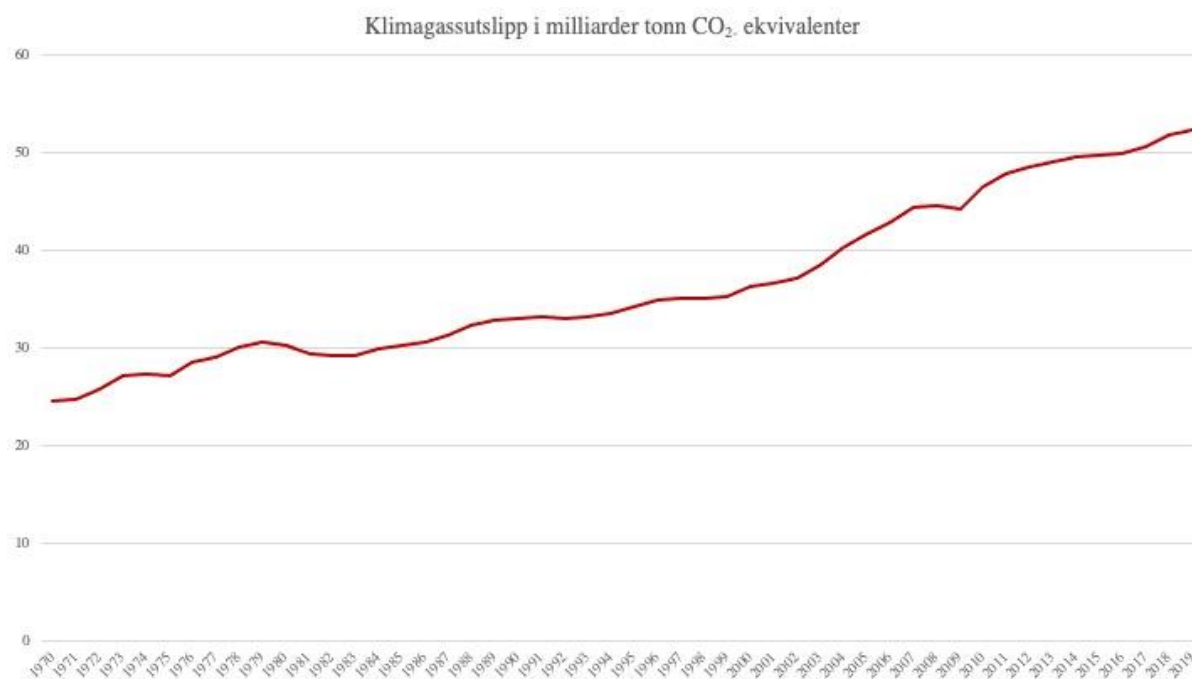
Norges klimamål for 2030 og 2050 er stadfestet i klimaloven. Klimamålet for 2030 medfører en utslippsreduksjon på 50-55 prosent sammenlignet med 1990-nivå. Klimamålet for 2050 innebærer at Norge skal være et lavutslippssamfunn innen dette, og at utslippene er 90-95 prosent lavere enn 1990-nivået (Lovdata, 2021). Norge har gjennom klimaavtalen med EU forpliktet seg til å samarbeide med EU om utslippsreduksjon innen 2030 (Klima- og miljødepartementet, 2021a). I tillegg til de nasjonale målene om utslippsreduksjon finnes det også lokale målsetninger. Det mest ambisiøse målet er det Oslo Kommune som står for, med en målsetning om 95 prosent reduksjon av utslipp innen 2030 (KlimaOslo, 2021).

SirkTRE er et ambisiøst innovasjonsprosjekt for å etablere en helsirkulær verdikjede for tre. Prosjektet har et budsjett på 180 millioner NOK, hvor 106 millioner NOK er statlig finansiert gjennom Grønn Plattform. Prosjektet skal sørge for at treavfall ombrukes i byggeprosjekter eller inngår som råstoff i nye produkter ved å øke kompetansen i verdikjeden, vise ombruksløsninger i praksis og bryte ned barrierer. SirkTRE har konkrete mål for ombruk av tre, hvor målsetningen innen 2024 er 250 000 m³ og 1 million m³ innen 2030 (SirkTRE, u.å.).

3.3. Klimagassutslipp og forbruk

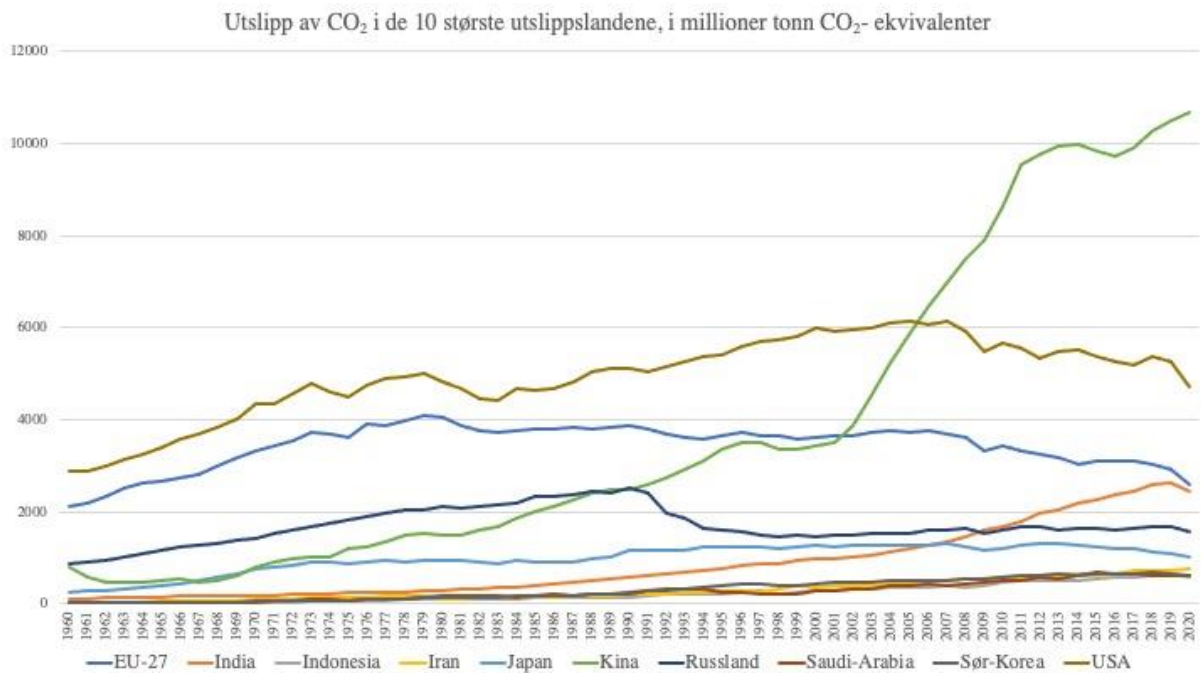
3.3.1 Internasjonalt klimagassutslipp

Utslipp av klimagasser har aldri vært høyere og trenden er stadig stigende. I 2019 var det globale utslippet av klimagasser 52,4 milliarder tonn CO₂-ekvivalenter, som er mer enn dobbelt så mye som utslippet var i 1970. Klimagasser er en samlebetegnelse på gasser som absorberer varmestråler fra jorda for å så avgi strålingen, blant annet ned igjen til jorden. Sammen med den mest kjente, karbondioksid (CO₂), regnes metan (CH₄), lystgass (N₂O) og f-gasser (KFK, HKFK, HKF og SF₆) som de viktigste klimagassene.



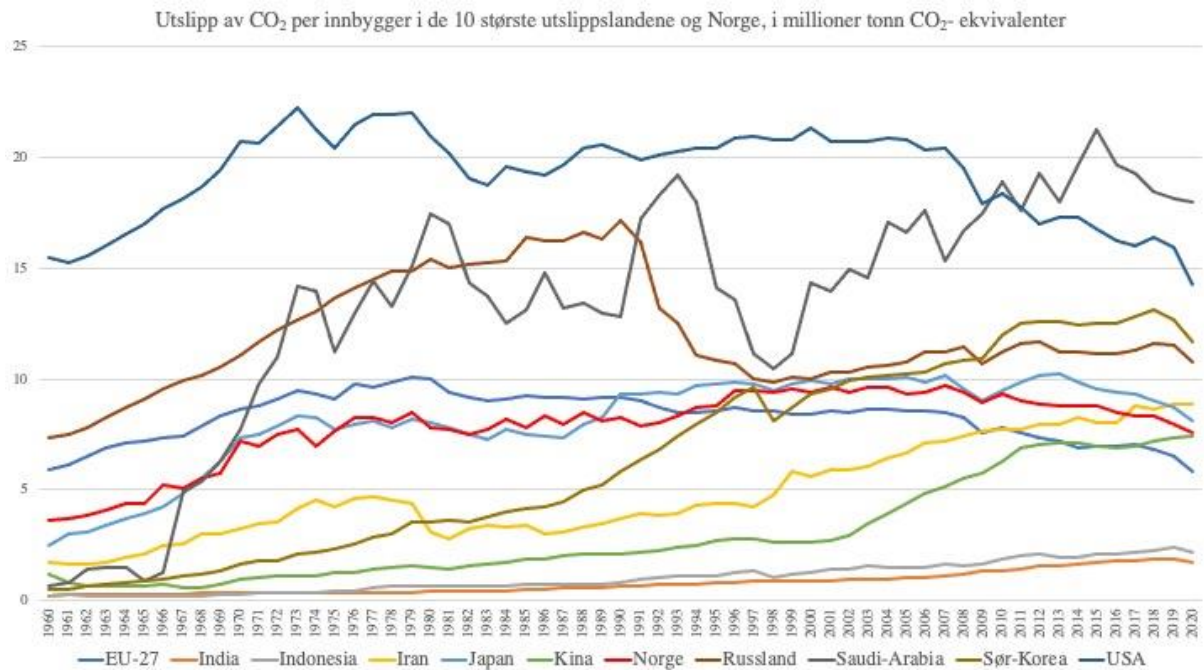
Figur 5. Utvikling av globale utslipp fra 1970 til 2019. Data fra (Miljøstatus, 2021)

CO₂-utslippene fra fossile brenslere og sementproduksjon gir en god oversikt over hvor i verden utslippene skjer. Det er tydelig at utslippene er skjevfordelt, og enkelte land har vesentlig større bidrag til det globale utslippet enn andre. I perioden 1960 til 2000 var USA det landet i verden med størst bidrag, men ble i 2005 forbigått av Kina. Kina har siden starten på 2000-tallet hatt en markant økning i utslipp og er i dag landet med desidert størst utslipp. Sammen med USA, India, Russland og Japan, som utgjør de fem landene med høyest utslipp, står de for til sammen 40 prosent av det globale utslippet. Norge på sin side står for 0,09 prosent av det globale utslippet (Miljøstatus, 2021).



Figur 6. CO₂-utslipp til de 10 største utslippslandene fra 1960 til 2020. Data fra (Miljøstatus, 2021)

En slik fremstilling tar ikke befolkningsmengde i betraktning, og kan favorisere land med få innbyggere i forhold til land med mange innbyggere. Dersom CO₂-utslipp per innbygger vurderes, er situasjonen en annen. Norge går fra å være en nærmest ubetydelig bidragsyter til å ha et høyere utslipp per innbygger enn Kina. Utregning av CO₂-utslippene er territorielle, som betyr at verdiene er basert på utslipp innenfor det aktuelle landets landegrenser. For Norges del vil det si at utslipp knyttet til forbrenning av eksportert norskprodusert olje og gass ikke vil inngå i Norges utslipp. Det vil heller ikke utslipp fra norske skip i internasjonal trafikk eller internasjonale flyreiser.



Figur 7. CO₂-utslipp per innbygger i de 10 største utslippslandene og Norge fra 1960 til 2020. Norge er markert med rød linje. Data fra (Miljøstatus, 2021)

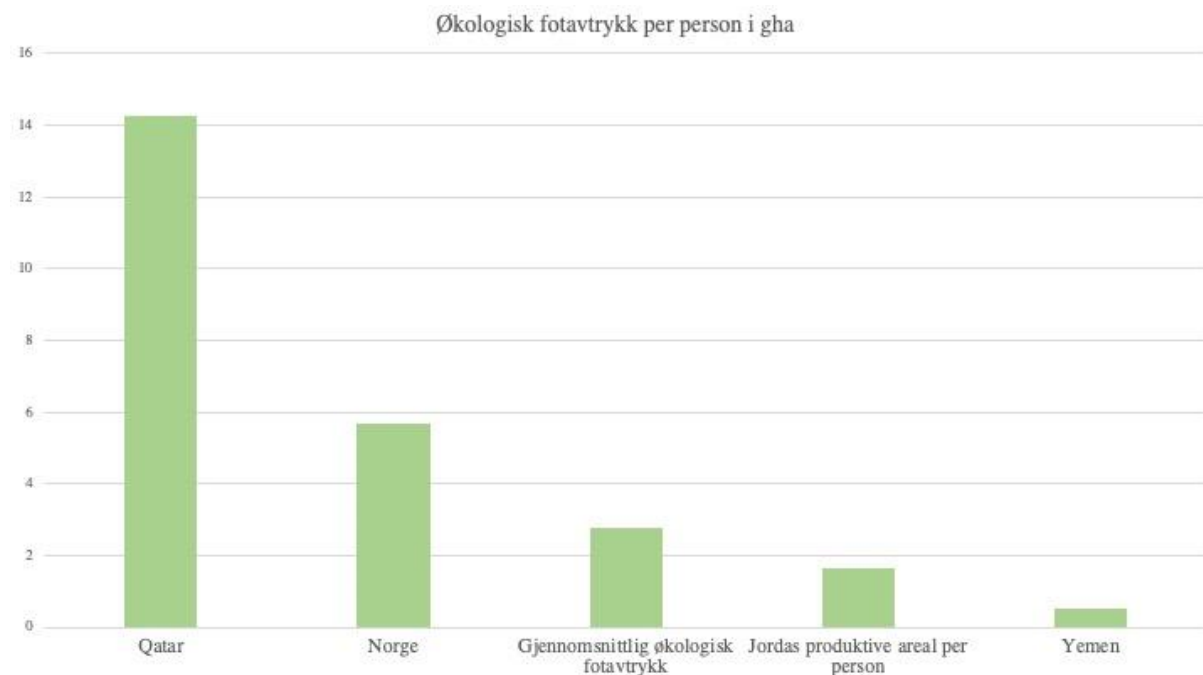
3.3.2. Internasjonalt forbruk

Økologisk fotavtrykk er et mål på hvor stor påvirkning den menneskelige aktiviteten har på jordas økosystemer, og er brukt i global sammenheng for å vurdere i hvilken grad utviklingen er bærekraftig. Enheten som brukes i forbindelse med økologisk fotavtrykk er global hektar (gha), som representerer den gjennomsnittlige produktiviteten til jordas produktive arealer, slik som fiskeområder, skog og jordbruksareal (Hofstad et al., 2021).

I 2018 var det økologiske fotavtrykket per person 2,77 gha. Dette er langt høyere enn jordas produktive areal per person, altså hvor stort produktivt areal jorda kan tilby hvert menneske, som er estimert til 1,63 gha. Denne verdien er ikke statisk ettersom den er avhengig av antall mennesker på jorden. FN forventer en befolkningsvekst frem mot 2100, som betyr at det blir flere mennesker på like mye ressurser, og det produktive arealet per person vil dermed bli lavere enn dagens verdi (Hofstad et al., 2021).

Det økologiske fotavtrykket varierer i stor grad fra land til land. Ifølge tall fra Global Footprint Network for 2018 var landet i verden med det høyeste økologiske fotavtrykket Qatar, med et økologisk fotavtrykk på 14,27 gha. På motsatt side av skalaen er Yemen med et økologisk

fotavtrykk på 0,51 gha. Norge på sin side hadde i 2018 et økologisk fotavtrykk på 5,67 gha (Global Footprint Network et al., 2022).



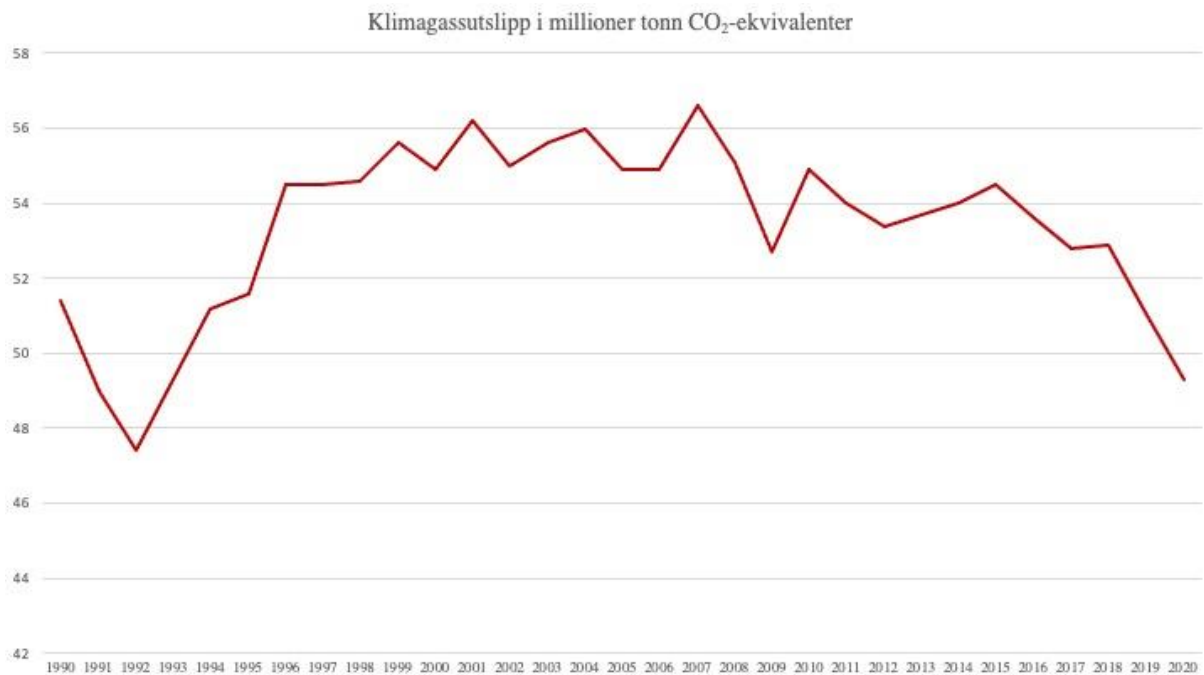
Figur 8. Sammenligning av økologisk fotavtrykk. Data fra (Global Footprint Network et al., 2022)

«Earth overshoot day», eller overforbruksdagen, er et konsept som basert på økologisk fotavtrykk markerer dagen der det globale forbruket overgår hva jorda klarer å generere samme år. I 1970 falt denne dagen på 30. desember, som betyr at forholdet mellom forbruk av ressurser og generering av ressurser tilnærmet var 1:1. I 2021 falt denne dagen på 29. juli, og forholdet beveger seg stadig i retning 2:1. Dersom hele verden hadde hatt et økologisk fotavtrykk tilsvarende det Norge har, ville overforbruksdagen funnet sted allerede 4. april. Overforbruket stabiliseres av jordas lagerressurser, eller ikke-fornybare naturressurser, som er å anse som en ikke-bærekraftig utvikling (Earth Overshoot Day, u.å.).

3.3.3. Nasjonalt klimagassutslipp

De norske klimagassutslippene i 2020 viser en nedgang på 4,2 prosent sammenlignet med 1990-nivået. Selv om utslippene av CO₂ har gått opp i løpet av perioden, har utslippene av de andre klimagassene gått ned og det totale utslippet er derfor ganske likt. Nedgangen er likevel langt lavere enn hva Norge forpliktet seg til i andre avtaleperiode av Kyotoavtalen, og trenden er

heller ikke lovende med tanke på målet i klimaloven og Parisavtalen. Nedgangen i 2020 må også sees i sammenheng med både nasjonale og internasjonale restriksjoner i forbindelse med pandemien. Trenden fra 2019 til 2020 som er illustrert i figur 9 er derfor ikke nødvendigvis representativ for en normalsituasjon eller for utviklingen videre (Statistisk sentralbyrå, 2021d).



Figur 9. Utviklingen av norske klimagassutslipp fra 1990-2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021d)

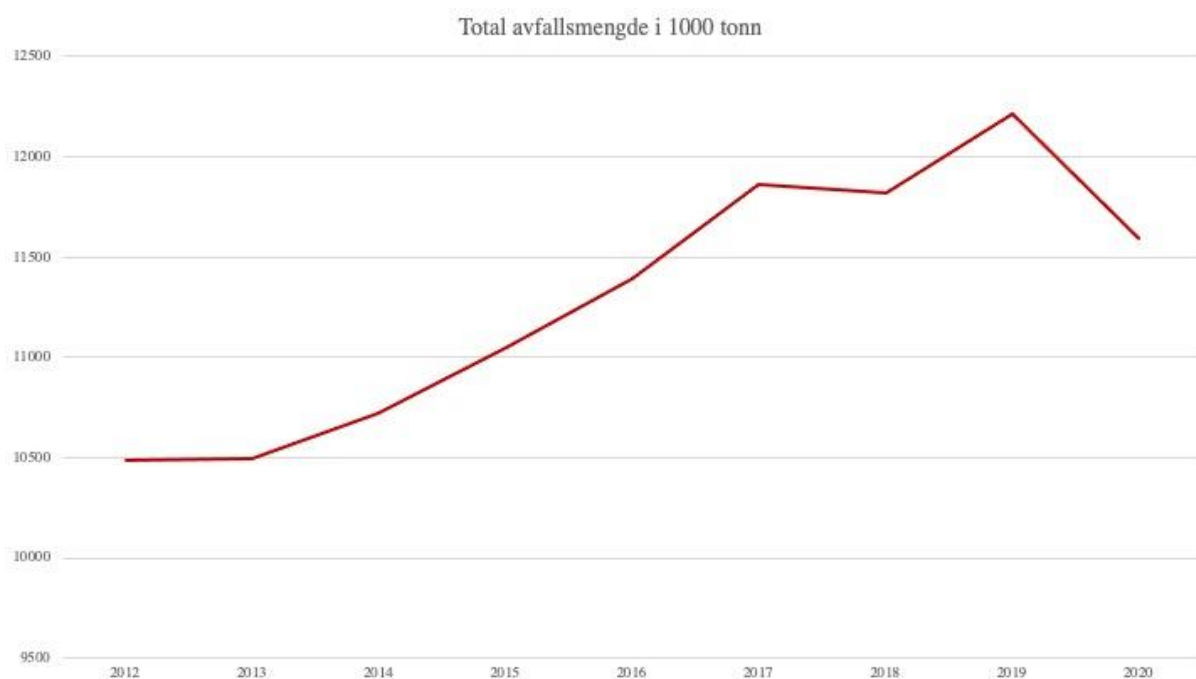
Bygg- og anleggsbransjen er Norges største fastlandsnæring. Ifølge rapporten «Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp» stod næringen i 2017 for 15,3 prosent av Norges totale klimagassutslipp. 45 prosent av bygg- og anleggsbransjens utslipp er knyttet til klimagassutslipp fra andre næringer, hvor 53 prosent av utslippene fra disse næringene stammer fra produksjon av byggevarer (Asplan Viak, 2019).

3.3.4. Nasjonalt forbruk

Det norske forbruket av naturressurser er stort. Dersom hele jordas befolkning skulle hatt et forbruk tilsvarende vårt ville det krevd 3,4 jordkloder (FN-sambandet, 2021). I 2020 ble det til sammen generert 11,6 millioner tonn avfall i Norge, hvor bygg- og anleggsbransjen er en stor bidragsyter. Bygg- og anleggsbransjen er den største enkeltkilden til avfall i Norge, og stod bak 3,33 millioner tonn avfall i 2020. Av dette gikk 46 prosent til materialgjenvinning, 24 prosent

til energigjenvinning og 26 prosent til deponi, som representerer de tre nederste nivåene av avfallshierarkiet (Statistisk sentralbyrå, 2021a).

Statistisk sentralbyrå har siden 1995 beregnet genererte avfallsmengder i «Avfallsregnskapet». Her føres det statistikk over hva slags materiale avfallet er, hvor avfallet kommer fra og hvordan avfallet behandles. I 2012 ble dette gjennomgått, og nye beregningsmetoder ble tatt i bruk. Det ble også benyttet en ny materialinndeling, noe som gjør tallene før og etter 2012 vanskelig å sammenligne. I denne oppgaven er grafene basert på statistikk fra de nye beregningsmetodene, og tallene går derfor ikke lenger tilbake i tid enn 2012.



Figur 10. Total avfallsmengde i Norge fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021c)

Til tross for at den totale avfallsmengden gjør en knekk fra 2019 til 2020, har avfallsmengden fra bygg- og bransjen fortsatt sin jevne økning. Næringen er en stor bidragsyter til generert avfall på landsbasis, med en andel på 29,7 prosent av den totale mengden i 2020 (Statistisk sentralbyrå, 2021c).



Figur 11. Avfallsmengde fra bygg- og anleggsbransjen fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021c)

Circularity Gap Report har som formål å estimere hvor sirkulær landets økonomi er. Resultatene i en rapport fra 2020 som tar for seg situasjonen i Norge hevder at den norske økonomien kun er 2,4 prosent sirkulær. Dette betyr at 97,6 prosent av de brukte ressursene ikke finner veien tilbake til kretsløpet. Norges nivå er også langt lavere enn gjennomsnittet i verden, som er på 8,6 prosent (Circle Economy & Circular Norway, 2020).

3.4. Tre som bygningsmateriale

3.4.1. Fysiske egenskaper

Tre er et bærekraftig og fornybart bygningsmateriale som vokser naturlig over store deler av verden. Det er har et ustrakt anvendelsesområde, og kan bearbeides med enkle verktøy. Som materiale er det både sterkt og lett, og har et styrke-til-vekt-forhold som er 20 prosent høyere enn stål. Tre er et anisotropisk materiale, som vil si at egenskapene er ulike i forskjellige retninger. Styrken parallelt med fiberretningen er vesentlig bedre enn hva de er vinkelrett på fiberretningen, et sentralt aspekt for hvordan materialet kan anvendes. Egenskapene vil også variere for ulike treslag, hvor enkelte treslag har vesentlig høyere densitet enn andre (Vertes, 2019).

Det finnes mer enn 100 000 ulike treslag i verden, hvorav drøyt 30 finnes i Norge. Gran, furu og bjørk utgjør til sammen 90 prosent av det stående skogsvolumet, hvor gran og furu er treslagene som hovedsakelig brukes til konstruksjonsvirke (Nibio, u.å.). Treslagene deles gjerne inn i de to hovedgruppene løvtrær og bartrær. I tillegg til de åpenbare ulikhetene knyttet til om treet bærer blader eller barnåler, har løvtrær og bartrær forskjellig anatomisk oppbygning. Den anatomiske oppbygningen hos løvtrær er mer avansert enn hos bartrærne, med blant annet flere spesialiserte celletyper. For de aller fleste løvtrær er densiteten høyere enn hva den er hos bartrærne, noe som blant annet påvirker treslagets evne til å lagre CO₂ og de mekaniske egenskapene (Kucera & Næss, 2010).

Tre har et høyt fuktighetsinnhold i naturlig tilstand, og må tørkes for å kunne anvendes som bygningsmateriale. Det vanlige fuktighetsinnholdet i trevirke varierer fra 7 prosent til 20 prosent, avhengig av tiltenkt formål. Tørkeprosessen kan føre til uønskede endringer i materialet geometri, slik som bøyning, kuling og vridning, og må utføres slik at dette unngås. Materialet har lav varmekonduktivitet og har derfor lavere kuldebroverdi sammenlignet med andre konstruktive materialer slik som stål og betong. Brannmotstanden avhenger i stor grad av tverrsnittet, hvor større tverrsnitt har bedre motstandsevne enn hva mindre tverrsnitt har (Vertes, 2019).

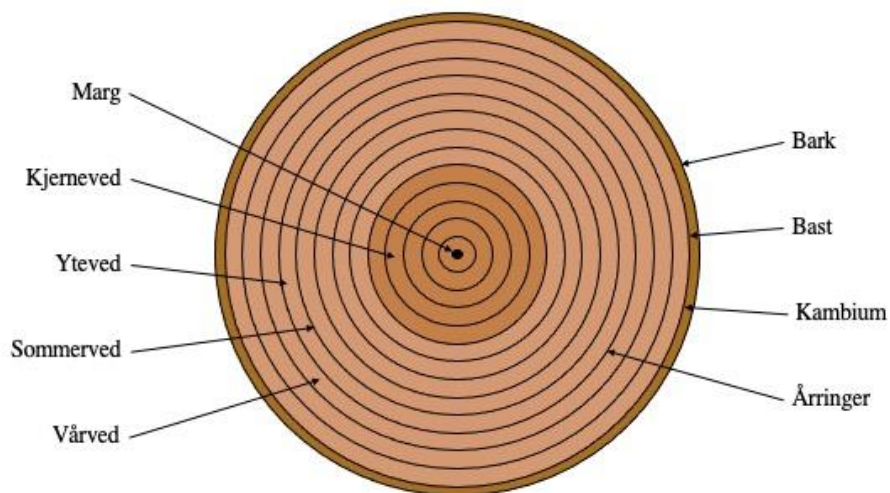
Bygningsmaterialer av tre er utsatt for både klimatiske og biologiske påkjenninger, og levetiden til en materialene er i stor grad avhengig av hvordan de blir skjermet fra dette. Råte kan gjøre vesentlige skader på trevirke som vil påvirke de fysiske og mekaniske egenskapene. Forutsetningene for råteskader er fuktighet, temperatur og tid. Soppspor er begynne å spire dersom fuktinnholdet i trevirket er høyere enn 28 prosent og fortsetter vekst ved fuktinnhold helt ned mot 20 prosent. I en tørr konstruksjon vil det ikke kunne utvikle seg råtesopp. Råtesoppen krever også en temperatur på mellom 5 og 30 grader for å være aktiv, som i de aller fleste tilfeller vil sammenfalle med temperaturen i og rundt en bygning (Riksantikvaren, 2019).

3.4.2. Oppbygning

Et tre består av krone, stamme og rot, hvor hver av disse har forskjellige funksjoner. Kronas hovedfunksjon er transpirasjon og fotosyntese, som avhengig av treslag vil skje via enten nåler eller blader. Stammens hovedfunksjon er å bære krona, samt å gi best mulig forutsetning for

fotosyntesen. Rotas hovedfunksjon er opptak og transport av vann og næringsstoffer, i tillegg til å sørge for stabilitet slik at treet står oppreist (Kucera & Næss, 2010).

Tverrsnittet av en trestamme er bygd opp av ulike soner som har forskjellige funksjoner. I sentrum av tverrsnittet finnes margen, som dannes ved skuddvekst i endeknopper og lagrer reservestoffer. Veden som omgir margen kalles kjerneved, som består av døde celler som bidrar til å holde treet oppreist. Utenfor kjerneveden er yteveden, som sørger for transport av vann og næringsstoffer opp til krona. I veden er det også tydelige lyse og mørke partier, hvor de mørke partiene kalles årringer. De lyse partiene kalles vårved, hvor store og lyse celler dannes under gode vekstvilkår i vårsesongen. De mørke partiene kalles sommerved, hvor mindre og mørke celler dannes i sommersesongen. Utenfor yteveden finnes kambium, som sørger for at treet vokser ved at nye lag av yteved avsettes innover mot margen og nye lag av bast avsettes ut mot barken. Bast, eller silvev, omgir kambium og inneholder levende celler som frakter næringsstoffer fra bladene til trets vekstsoner i stammen og rota. Det ytterste laget er barken, som består av døde celler. I tillegg til å isolere veden og hindre uttørring, beskytter barken treet mot mekaniske, kjemiske og mikrobiologiske angrep (Kucera & Næss, 2010).

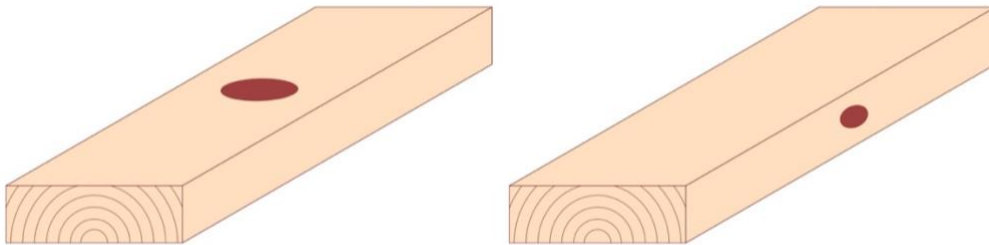


Figur 12. Tverrsnittet av en trestamme. Egenprodusert etter (Skaug, u.å.)

3.4.3. Feil og uregelmessigheter

Tre er et naturlig materiale hvor ulike feil og uregelmessigheter kan oppstå i vekstfasen. Med feil og uregelmessigheter i trevirke menes avvik fra hva som er normalt for et treslag med tanke på struktur, farge og form. Behandlingen treet får fra det er felt til materiale skal brukes kan også føre til slike former for avvik. Selv om enkelte feil eller uregelmessigheter i trevirke vil anses som verdifulle i enkelte sammenhenger, slik som flammeved i møbelproduksjon, kan dette for materialer til konstruktive formål føre til redusert kvalitet og dermed påvirke anvendelsesområdet. Enkelte avvik er særlig relevante i forbindelse med styrkesortering av trevirke (Kucera & Næss, 2010).

Kvist er den feilen som i størst grad påvirker trevirkets styrke. Vanligvis springer kvisten ut fra marginen i treet, noe fører til at veden må vokse rundt kvisten og resulterer i en fiberforstyrrelse i vedstrukturen. Dette reduserer styrken ved at fibrene går på tvers av vedstrukturen slik at de lave fasthetsegenskapene på tvers av fiberretningen overføres til lengderetningen. Ved visuell styrkesortering er det krav til største tillate flatsidekvist og størst tillate kantsidekvist for de ulike sorteringsklassene (Skaug & Øvrum, u.å.).



Figur 13. Flatsidekvist til venstre og kantsidekvist til høyre. Egenprodusert etter (Skaug & Øvrum, u.å.)

Retningsforandring av fibrene i forhold til lengderetning kalles fiberhelling. Dette kan skyldes kvister, men kan også være et resultat av naturlige skjevheter i fibrene. På samme måte som for kvist reduserer dette styrken på materialene. I forbindelse med styrkesortering er det ulike krav for hva slags fiberhelling de ulike sorteringsklassene tillater (Skaug & Øvrum, u.å.).

Tennar, eller trykkved, produseres av bartrær for å kompensere for skjevheter i veksten. Trykkveden som produseres resulterer i stor trykkfasthet, men reduserer strekkfastheten betydelig. Tennar påvirker også trevirkets egenskaper negativt ved sørge for stor fiberhelling, i

tillegg til at tennar kan føre til deformasjoner som følge av spenninger mellom trykkved og vanlig ved (Skaug & Øvrum, u.å.).

Sprekker dannes ved uttørking eller som et resultat av hogst og håndtering. Ettersom sprekkene vanligvis er orientert parallelt med fiberretningen, påvirker de sjelden strekk- eller trykkstyrken. Skjærfastheten kan påvirkes dersom sprekkene er store. Vre er en type sprekk som går på tvers av fiberretningen. Sammen med andre former for sprekkdannelse som går på tvers, har denne svært reduserende effekt på styrkeegenskapene (Skaug & Øvrum, u.å.).

Årringbredden, eller bredden på sommerveden, har også innvirkning på styrkeegenskapene. Vanligvis vil smalere årringer føre til høyere densitet og dermed økt styrke, ettersom fibrene blir tykkere og inneholder mer cellulose. Trær som vokser høyt over havet med dårlige vekstvilkår er et unntak, hvor kombinasjonen av smale årringer og redusert styrke kan forekomme (Skaug & Øvrum, u.å.).

Biologiske skader kan forårsakes av soppvekst. Det er parasittsoppene som angriper levende trær, men ikke alle gjør like stor skade. Fargeskadesoppene livnærer seg på celleinnholdet i veden uten at dette påvirker styrkeegenskapene i betydelig grad. Et vanlig resultat av fargeskadesopp er misfarging av veden. Muggsoppen livnærer seg på samme måte som fargeskadesoppen også på celleinnholdet i veden, og påvirker heller ikke styrkeegenskapene nevneverdig. Råtesoppen livnærer seg på ligning og cellulose, i tillegg til at den ødelegger celleveggene i veden. Dette fører til endring av både konsistens og densitet, og styrken vil dermed avta. Råtesopp er ikke tillat i konstruksjonsvirke (Kucera & Næss, 2010).



Figur 14. Råtesopp til venstre (Kullmann, 2019). Fargeskadesopp (blåved) til høyre (Solheim, 2020)

3.4.4. Mekaniske egenskaper

De mekaniske egenskapene er i stor grad avhengig av om den påførte lasten skjer parallelt eller vinkelrett fiberretningen. På samme måte vil orienteringen av årringene ha en betydning, hvor påkjenning parallelt med årringene er å foretrekke fremfor påkjenning vinkelrett på årringene (Vertes, 2019). I tabell 1 presenteres og sammenlignes ulike mekaniske egenskaper for de tre vanligste treslagene i Norge for å illustrere hva slags variasjoner som finnes mellom de ulike treslagene (Kucera & Næss, 2010). Verdiene baserer seg på testing av materiale med 12 prosent fuktighetsinnhold og er hentet fra Kucera & Næss.

Tabell 1. Forskjell i mekaniske egenskaper for de tre vanligste treslagene

Mekanisk egenskap	Gran	Furu	Bjørk
Strekkfasthet (MPa)	Middels stor, 90-130	Middels stor, 90-130	Meget stor, >150
Trykkfasthet (MPa)	Liten, 30-50	Liten, 30-50	Middels stor, 50-70
Statisk bøyefasthet (MPa)	Liten, 60-90	Liten, 60-90	Middels stor, 90-120
E-modul ved bøyning (GPa)	Middels stor, 10-15	Middels stor, 10-15	Stor, 15-20
Skjærfasthet (MPa)	Liten, 5,0-9,0	Middels stor, 9,0-12	Stor, 12-15
Slagbruddarbeid (kJ/m ²)	Liten, 25-45	Liten, 25-45	Stor, 75-100

3.4.5. Eurokode 5

Eurokodene er en serie av ti europeiske standarder, EN 1990- EN 1999, som sørger for en felles tilnærming til prosjektering av byggverk og dokumentasjon av produkters bæreevne til konstruksjonsformål i Europa. I Norge er det Standard Norge som er ansvarlige for fastsettelse og utgivelse av standarder. Standarder som er utgitt av Standard Norge får bokstavkoden NS uavhengig om de er av norsk, europeisk eller internasjonal opprinnelse (Standard Norge, 2022).

NS-EN 1995, eller Eurokode 5, tar for seg prosjektering av bygg- og anleggskonstruksjoner av tre eller trebaserte produkter og setter krav til kapasitet, brukbarhet, bestandighet og brannmostand (Standard Norge, 2022). Eurokode 5 har følgende inndeling:

- ◇ NS-EN 1995-1-1. Prosjektering av trekonstruksjoner: Allmenne regler og regler for bygninger.
- ◇ NS-EN 1995-1-2. Prosjektering av trekonstruksjoner: Brannteknisk dimensjonering.
- ◇ NS-EN 1995-2. Prosjektering av trekonstruksjoner: Broer.

Eurokodene slik de er utformet i dag tar ikke høyde for dimensjonering med brukte materialer og utfordringene dette innebærer. Det arbeides for tiden med en ny generasjon eurokoder hvor de nye utgavene i NS-EN 1995-serien skal ut på høring i henholdsvis mars 2023, september 2023 og mars 2024 (Standard Norge, 2021b). Om ombruk vil bli behandlet i disse er på tidspunktet oppgaven skrives ikke formelt uttalt, selv om Standard Norge peker på standarder som nyttige verktøy for å nå FN's bærekraftsmål (Standard Norge, 2021a).

3.4.6. Relevans for ombruk

I Bergsdal et al. simuleres bygge- og rivningsaktiviteten for boliger i Norge i perioden 1900-2100 (Bergsdal et al., 2007). Basert på simuleringene estimeres både generering av avfall og behov for nye materialer. Artikkelen peker på at boliger bygd i etterkrigstiden nærmer seg sin funksjonelle levealder, noe som vil føre til en økning i rivningsaktiviteten og dermed også en økning i avfallsgenereringen. Behovet for nye boliger vil fortsette å øke og byggeaktiviteten vil derfor også øke. Kombinasjonen av behov for materialer til boliger som skal renoveres og til nye boliger som skal bygges, vil føre til et økende behov for bygningsmaterialer i tiden frem mot 2100. Resultatene for tre isolert sett peker på at mengden materialer fra rivningsaktivitet vil nærme seg etterspørselen etter materialer til byggeaktivitet i 2100 (Bergsdal et al., 2007).

«Grønn materialguide» er en veileder for miljøriktige materialvalg utgitt av Grønn byggallianse og arkitektene i Context AS. Her blir forskjellige bygningsmaterialer vurdert etter klimagassutslipp, ressursgrunnlag, sirkulær økonomi, miljøgifter og inneklima. Flere bygningsmaterialer av tre og trebaserte produkter blir vurdert i veilederen.

Konstruksjonsvirke har generelt lave klimagassutslipp, men utslippene vil være avhengig av transportavstand. Ressursgrunnlaget anses å være både rikelig og fornybart. Potensialet for sirkulær økonomi er stort, selv om det meste på nåværende tidspunkt går til energigjenvinning. Farer knyttet til miljøgifter regnes som lave og egenskaper med tanke på inneklima anses som gode (Grønn byggallianse, 2021).

Heltregulv krever lite fossil energi i fremstillingsprosessen, men varierer fra produkt til produkt. Ressursgrunnlaget anses å være både rikelig og fornybart. Potensialet for sirkulær økonomi er bra, selv om treslag med høy densitet har lenger levetid enn treslag med lavere densitet. Farer knyttet til miljøgifter regnes som lave og egenskaper med tanke på inneklimate anses som gode (Grønn byggallianse, 2021).

For utvendige kledninger er det visse forskjeller mellom ubehandlet trevirke og modifisert trevirke. Utslipp fra produksjon av ubehandlet kledning er lavt, men avhenger av transportavstand. Utslipp fra produksjon av modifisert kledning er høyere enn for ubehandlet kledning, men vil i stor grad avhenge av transportavstand og modifiseringsteknikk. Ressursgrunnlaget er det samme for begge variantene, og anses som både rikelig og fornybart. Potensialet for sirkulærøkonomi er bra for begge varianter, men modifisert kledning regnes som farlig avfall i forbindelse med avhending. Ubehandlet kledning inneholder ikke helse- og miljøfarlige stoffer, mens enkelte modifiseringsteknikker bruker stoffer eller kjemikalier som finnes på REACH-listen eller Prioritetslisten (Grønn byggallianse, 2021).

Trebaserte plateprodukter har i større grad varierende score på de ulike parameterne. MDF-plater og kryssfiner har høye utslipp knyttet til produksjon, sponplater og OSB-plater har moderate utslipp knyttet til produksjon og pressede trefiberplater har lave utslipp knyttet til produksjon. Ressursgrunnlaget er det samme for samtlige plateproduktene, og anses som både rikelig og fornybart så lenge det stammer fra sertifisert skogbruk. Potensialet for sirkulær økonomi er tilstedeværende, men avhenger i stor grad av reversible festemidler. Kryssfiner, OSB-plater, pressede trefiberplater og sponplater kan inneholde miljøgifter. MDF-plater kan i tillegg til miljøgifter inneholde brannhemmende stoffer. Kryssfiner, MDF-plater, OSB-plater og sponplater kan påvirke inneklimate negativt ved at emisjoner fra limet blir frigjort. Pressede trefiberplater uten tilsetningsstoffer påvirker inneklimate i liten grad (Grønn byggallianse, 2021).

Ved hjelp av fotosyntesen tar trær opp karbondioksid i løpet av vekstfasen. Dette blir bundet som karbon i trevirket og utgjør omtrent halvparten av vekten i tørr tilstand. Denne formen for lagring av karbon kalles biogent karbon. Bygningsmaterialer av tre binder altså opp karbon så lenge de er i bruk, eller så lenge de hindres fra biologisk nedbrytning eller forbrenning. Ved å unngå eller utsette denne prosessen, vil også utslippene utsettes tilsvarende. Det finnes ulike

metoder for å beregne effekten av biogent karbon på, men en vanlig forenkling er å sette lagring av karbon under vekst lik utslipp av karbon under nedbrytning eller forbrenning (Tellnes, u.å.).

3.5. Historisk praksis for ombruk

3.5.1. Fra sirkulær til lineær praksis

I motsetning til yngre bygningsmaterialer, slik som betong og stål, er tre et materiale det har vært tradisjon for å bruke på nytt i Norge. En sirkulær behandling av ressursene har frem til relativt nylig vært det mest rasjonelle, noe som har satt spor i bygningsmassen vi omgås med. En byggeteknikk som både tradisjonelt sett og som fortsatt har en sterk posisjon i Norge er laft. Kompleksiteten er lav ettersom at bygningskomponentene er laftestokker, og laftede bygg lar seg enkelt både demontere og remontere. Demontert utgjør også laftestokkene en enkel transportabel enhet, noe som har resultert i mange gode eksempler på ombruk langt bygningenes opprinnelige plassering (Sørnes et al., 2014).

Frem til midten av 1900-tallet var det forholdsvis vanlig å ta med seg huset som en del av flyttelasset. I motsetning til hus som kunne demonteres, slik som laft, ble hus i reisverkkonstruksjon flyttet hele. Deler av Vålerenga i Oslo og gamlebyen i Stavanger er opprinnelig hus som har stått på landsbygda, men som på et tidspunkt har fulgt med eierne sine inn til byen. I forbindelse med sentraliseringspolitikken i Nord-Norge ble det gitt statsstøtte til flytting av hus, som det er konkrete tilfeller av så sent som i 1949 (Eriksen & Chronie-De Maria, 2019).

Frem til andre verdenskrig ble det bygd hus på en måte som tillot både demontering og remontering. I etterkrigstiden utviklet Norge seg til et industri- og forbrukersamfunn. Den økte industrialiseringen påvirket også byggeteknikken ved at spinklere konstruksjoner og mer modulbasert bygging ble vanligere. I Eriksen & Chronie-De Maria blir det foreslått at også Husbanken kan ha bidratt til overgangen. Gjennom Husbanken kunne boligbyggere få billigere lån mot å bygge et typehus. På den måten ble det gunstigere å bygge moderne, arkitekttegnede hus som var tuftet på sosialdemokratisk tankegang, men som ikke nødvendigvis tok hensyn til lokale byggetradisjoner. Denne formen for byggeteknikk la ikke til rette for ombruk på samme måte som byggeteknikkene som ble benyttet tidligere (Eriksen & Chronie-De Maria, 2019).

3.5.2. Historiske eksempler på ombruk av tre

Kirkebygg er en bygningstype som har en lang tradisjon for ombruk. Kirker har blitt bygd i Norge i mer enn 1000 år og på grunn av kirkens posisjon i samfunnet er mange av kirkene bevart. Dette gjør dem til gode representanter for de ulike epokene i norsk bygningshistorie, og nærmere undersøkelse kan fortelle mye om hva slags byggeskikk som har vært rådene til enhver tid. Mange kirker er også gode representanter på ombruk, og bidrar til å understreke hvor utstrakt og ordinært det har vært å bruke bygningsmaterialer på nytt også i byggverk med en sentral posisjon i samfunnet. Dette gjør det også mulig å danne en tidslinje av spesifikke eksempler på ombruk som strekker seg nesten 1000 år tilbake i tid.

Urnes stavkirke er en verdenskjent stavkirke fra 1130-tallet. Stavkirken ble i 1979, som ett av Norges to første bidrag, oppført på Unescos verdensarvliste. Kirken er bygd delvis av gjenbrukte materialer fra en kirke fra 1070-tallet, inkludert den berømte nordportalen. Dette kan ha vært av både praktisk og symbolsk karakter, og er et interessant eksempel på ombruk fra så tidlig som fra middelalderen (Heiberg et al., 1969b).



Figur 15. Urnes stavkirke. Den ombrukte nordportalen til høyre (Seip, 2019)

Høyjord stavkirke er en stavkirke i Vestfold som er bygd tidlig på 1300-tallet, men har bygningsdeler som er vesentlig eldre. En dendrologisk undersøkelse fra 2007 daterte sviller i koret til å være fra omtrent 1170, og antas å være ombruk fra en kirke som har stått på samme sted tidligere (Borgen, 2015).

Rødven stavkirke er en stavkirke fra på tidlig 1300-tallet i Møre og Romsdal. Her er nordportalen og enkelte andre materialer datert til slutten av 1100-tallet og stammer opprinnelig fra et eldre stavbygg, som kan ha vært en tidligere kirke (Heiberg et al., 1969a).

Lom stavkirke er en stavkirke fra midten av 1100-tallet og er en av landets største. Kirken gjennomgikk en stor ombygning på 1600-tallet, hvor det ble bygget på tverrskip på langsidene. I en undersøkelse gjort av Ola Storsletten, funnet i Riksantikvarens arkiv, kommer det frem at veggtiler fra den opprinnelige stavkirken er brukt på nytt i tverrskipenes endevegger (Storsletten, 1983).

Vågå kirke var opprinnelig en stavkirke bygd på slutten av 1100-tallet, men ble på begynnelsen av 1600-tallet fullstendig ombygget til korskirke i bindingsverk. Planker med utskjæringen rundt den nye hovedinngangen datert til 1100-tallet, samt en sørportal som er avskåret i hjørne for å passe inn, viser at det også her ble brukt materialer fra den gamle stavkirken i den nye korskirken. Det antydes at dette, i tillegg til å være økonomisk gunstig, også sørget for en kontinuitet mellom det gamle og det nye (Storsletten, 2008).



Figur 16. Lom stavkirke til venstre (Norske kirker, u.å.-c). Vågå stavkirke til høyre (Norske kirker, u.å.-d)

Gaupne gamle kirke er en laftekirke fra 1647, som erstattet en stavkirke på samme sted. Her finnes tydelige tegn på ombruk, blant annet i kirkens hovedinngang, eller vestportal, som har sideplanker med omfattende ornamentikk som daterer stavkirken til slutten av 1100-tallet. I tillegg er andre materialer fra stavkirken brukt på nytt, blant annet i tårnets reisverk og som sviller under kirkebenkenes dørrammer. Et kjennetegn ved de gamle materialene er høvelprofilen, som skiller seg fra de nyere materialene som var økset (Heiberg et al., 1969a).

Hestad kapell er en liten langkirke fra 1805 i Vestland fylke. Her stod tidligere en stavkirke, men etter reformasjonen ble den stående tom og forfalt frem til den i 1805 ble demontert. Et

kapell i lafteverk ble så bygd opp, blant annet av flere bygningsdeler som stammer fra stavkirken. En benkevang med romansk dyremotiv stammer fra et sidestykke av en korstol. Resterende benkevanger, samt ryggstø, stammer antageligvis fra stavkirkens veggtiler. Svillene som bærer benkeradene, har opprinnelig vært brukt som veggsviller i stavkirken. Ellers er større bygningsdeler, slik som de fire runde tårnstolpene og stolpene under forgangen, også eksempler på ombruk fra den tidligere stavkirken (Heiberg et al., 1969a).



Figur 17. Hestad kapell. Til høyre ombruk av veggtiler og veggsviller fra stavkirken (Norske kirker, u.å.-b)

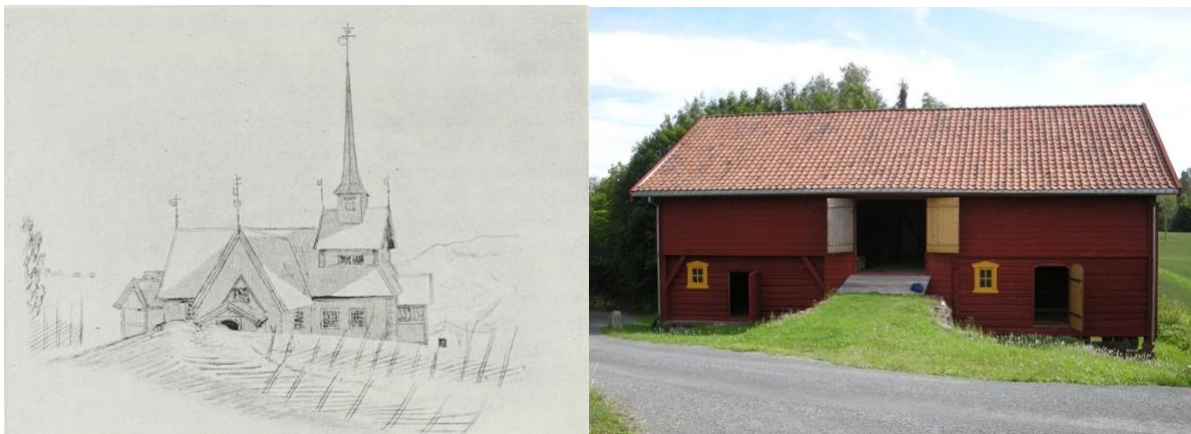
Fiskerkapellet er Norges eneste laftede kirkebygg fra middelalderen som fortsatt eksisterer. Kapellet ble innviet i 1459, og lå opprinnelig ved elva Gudbrandsdalslågen. Etter reformasjonen ble kapellet demontert, og materialene ble brukt til å bygge stabbur på Fåberg prestegård. Bygget er i senere tid rekonstruert til kapell, og står i dag på Maihaugen (Maihaugen, u.å.), (Borgen, 2013).

Fløan kirke var en laftet kirke fra 1300-tallet. Etter reformasjonen ble kirken lagt ned og bygget fikk ny funksjon som kornlåve frem til 1850 (Berg & Sindig-Larsen, 1968). Bygget ble da revet, men tømmeret ble brukt på nytt i en annen låve (NTNU Universitetsbiblioteket, u.å.).

Torpo stavkirke er en stavkirke i Hallingdal fra tidlig 1200-tallet. På 1800-tallet skulle stavkirken erstattes med en ny da den ble ansett som for liten, og i 1880 ble koret revet. Rivningsarbeidet ble deretter stanset, og kirkeskipet ble derfor stående. En rekke materialer fra det nedrevne koret ble brukt på nytt i den nye kirken, inkludert gulvplanker, veggplanker, taktro, stav, bjelker, grunnstokk og sviller (Heiberg et al., 1969a). I forbindelse med en reparasjon av den nye kirken i 1973, ble et omfattende kartleggingsarbeid av materialer fra det

nedrevne koret utført av Håkon Christie, som bekrefter omfanget av ombruken. Under rivningen av koret i 1880 dukket det også opp en utskåren planke i gulvet, som antas å stamme fra en eldre stavkirkeportal og tyder på at også Torpo stavkirke opprinnelig ble bygd med brukte materialer (Christie, 1974).

Grinaker stavkirke var en stavkirke i Innlandet fylket, bygget på slutten av 1100-tallet. Da Tingelstad kirke stod klar i 1866, ble kirken revet, som Hadelands siste stavkirke (Hadeland Folkemuseum, 1991). Materialene fra stavkirken ble brukt til å bygge opp «Klokkarlåven», en låve på klokkergården tilknyttet den nye kirken. Tømmer fra stavkirkens tverrskip utgjorde stall og fjøs i låven, kornbingene ble laget av benkerygger, veggplanker ble undergulv og den dekorerte himlingen ble til utvendig kledning (DigitaltMuseum, u.å.).

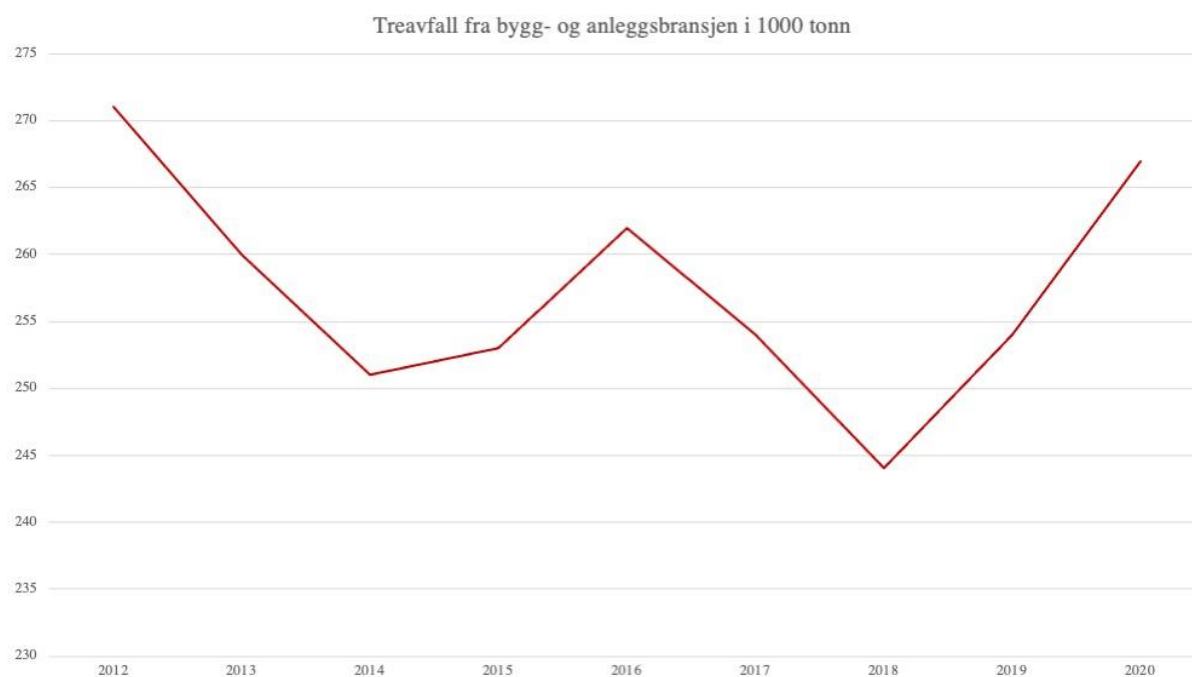


*Figur 18. Tegning fra 1846 av Grinaker stavkirke (Hadelands Bygdebokkomitee, 1932).
Klokkarlåven til høyre (Norske kirker, u.å.-a)*

3.6. Nåværende praksis for ombruk

3.6.1. Statistisk oversikt

Ombruk er generelt sett mulig for de fleste bygningmaterialer av tre, men graden av ombruk regnes i dag som liten eller ikke tilstedeværende i Norge (Sørnes, Nordby et al. 2014). Hvor avhendet trevirke ender opp gir Statistisk sentralbyrå gode svar på i sitt avfallsregnskap. Avfallsregnskapet til Statistisk sentralbyrå gir også muligheten til å sortere ut treavfall fra ulike næringer, i tillegg til å utdype hvilke behandlingsmåter som er vanligst for treavfall. Dette gir en god pekepinn på hva slags mengde treavfall utgjør, og hvor dette ender opp.

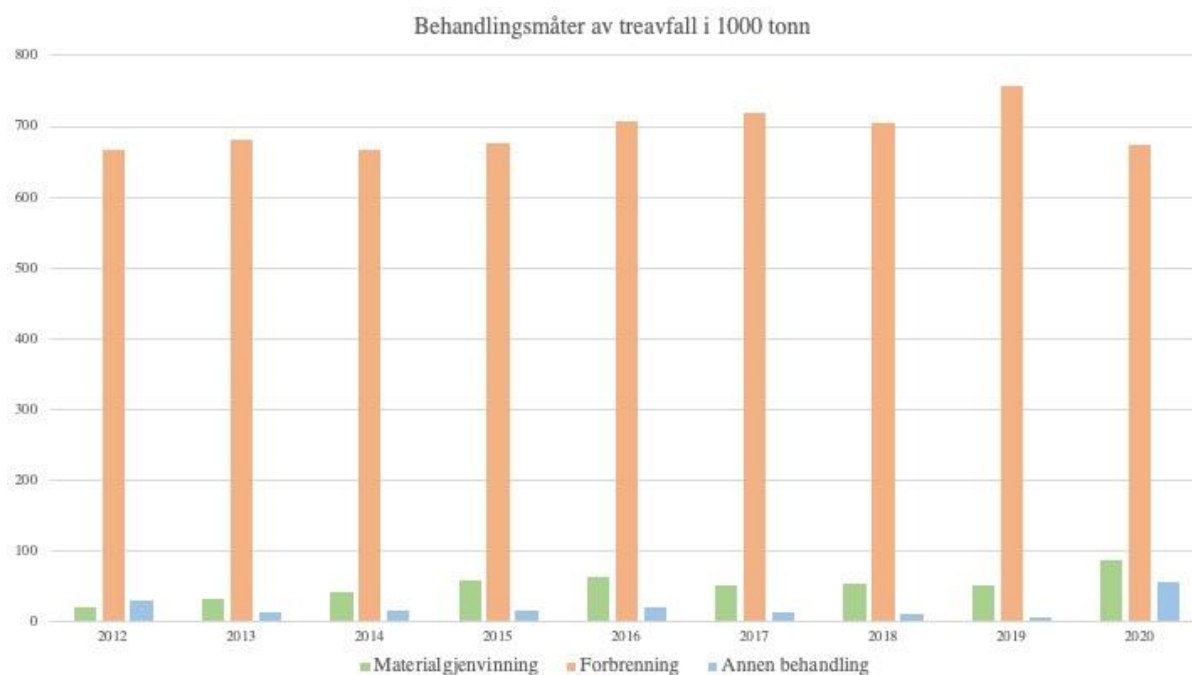


Figur 19. Treavfall fra bygg- og anleggsbransjen fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021c)

Avfallsregnskapet til SSB gir ikke muligheten til å sortere avfall etter både kilde og behandlingsmåte. Den totale mengden treavfall blir derfor introdusert slik at også de vanligste behandlingsmåtene av treavfall kan presenteres.



Figur 20. Den totale mengden treavfall fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021b)



Figur 21. Treavfall etter behandlingsmåte fra 2012 til 2020. Data fra (Statistisk sentralbyrå, 2021b)

Den vanligste behandlingsmåten for treavfall er forbrenning, med en prosentandel som varierer fra 82 prosent i 2020 til 94 prosent i 2013. Prosentandelen gjorde et byks ned mellom 2019 og 2020 fra 93 prosent til 84 prosent, hvor annen behandling nesten gikk tilsvarende opp. Den nest vanligste behandlingsmåten for treavfall er materialgjenvinning, med en prosentandel som varierer fra 3 prosent i 2012 til 11 prosent i 2020. Tallene viser tydeligst økning mellom 2019 og 2020, fra 6,3 prosent til 10,8 prosent. Avfallsregnskapet spesifiserer flere behandlingsmåten enn de som er presentert her, inkludert biogassproduksjon, kompostering, fyll- og/eller dekkmasse og deponering. Disse er i denne fremstillingen inkludert i annen behandling, ettersom alle de nevnte behandlingsmåtene utgjør mindre enn 1 prosent hver for seg. Annen behandling har i denne fremstillingen en prosentandel som varierer fra 0,7 prosent i 2019 til 6,8 prosent i 2020. Den store endringen oppstår etter en markant økning i avfallsmengden til behandlingsmåten som ikke er spesifisert, og statistikken gir ingen svar på hva dette er utover det. Ombruk er ikke spesifisert som behandlingsmåte og vil derfor, hvis avfall går til ombruk, inkluderes i annen behandling (Statistisk sentralbyrå, 2021b).

3.6.2. Materialbanker

En materialbank gir brukte byggevarer en verdi ved å ta vare på og tilgjengeliggjøre dem for videre bruk. Et slikt tilbud minner i stor grad om hvordan konvensjonelle byggevareforretninger fungerer, og vil i større grad gjøre brukte byggevarer konkurransedyktige på lik linje med nye. Det finnes forskjellige lokale materialbanker rundt i landet, blant annet Materialbanken for bygningsvern i Vanse og Materialbanken i Vingelen. I senere tid har også flere digitale løsninger etablert seg, slik som Madaster, Asplan Viak Ombruk og Resirqel.

Sirkulær Ressurssentral er en materialbank i industriell skala under utvikling på Økern i Oslo. Prosjektet skal utvikle og utløse et sirkulært marked for kjøp og salg av brukte byggevarer, i tillegg til å legge til rette for økt sirkulær materialutnyttelse i miljørettede forbildeprosjektet. Ressurssentralen skal tilby leie av lagerplass for mellomlagring av materialer, i tillegg til å tilby areal til bearbeiding og testing på sikt. Sirkulær Ressurssentral er et samarbeid mellom Pådriv og Resirqel, med blant annet Oslobygg og OBOS som partnere. Prosjektet er innovasjonspilot i FutureBuilt, som innebærer at prosjektet strekker seg ekstra langt på et gitt tema (Pådriv, u.å.).

3.6.3. Eksempler på ombruk av tre

I nyere tid finnes det flere eksempler på ombruk, hvor det mest ambisiøse og omtalte hittil er Kristian Augusts gate 13. Her ble blant annet hulldekker fra regjeringskvartalet, vinduer fra Kværnerbyen og Barcode og stålbjelker og stålsøyler fra diverse prosjekter brukt på nytt. Sett bort fra håndløpere og spiletak av tre fra Tøyenbadet, var det lite ombruk av tre. Intern ombruk av takkonstruksjon av 4x4 konstruksjonsvirke ble vurdert, men ikke gjennomført (Nordby et al., 2021). Det finnes likevel andre både små og store prosjekter hvor ombruk av tre har vært sentralt i nyere tid.

Gjenbrukshuset i Trondheim er et boligprosjekt oppført på Tiller i 2003. Prosjektet består av to firemannsboliger, hvor den ene er bygd på konvensjonell måte med nye materialer og den andre er bygd med mest mulig brukte materialer og komponenter. De brukte materialene og komponentene ble samlet sammen fra ulike rivingsprosjekter i området, og mye av trevirket måtte omdimensjoneres til det nye formålet. Av trevirke hadde firemannsboligen av brukte materialer til slutt en ombruksgrad på 85 prosent, tilsvarende 24 400 kg, og skiller seg ut i norsk målestokk ved at dette også inkluderte bygningsdeler til bærende formål (Pettersen, 2005).



Figur 22. Gjenbruksketil høyre og det tilsvarende nye huset til venstre (Pettersen, 2005)

Eksperimentboligene på Svartlamon er et boligprosjekt oppført i Trondheim i 2017. Prosjektet består av fem rekkehus, og er et selvbyggeprosjekt hvor gjennomtenkt og bærekraftig teknologi- og ressursbruk har vært hovedfokus. Bortsett fra bærende konstruksjon og isolasjon, er materialer og komponenter i stor grad skaffet av selvbyggerne selv fra større rivingsprosjekter eller fra finn.no. Resultatet er fem rekkehus som er like i form, men med stor variasjon i uttrykk (Trondheim Kommune, 2020).



Figur 23. De fem eksperimentboligene på Svartlamon under bygging (Svartlamon, u.å.)

Selbukassa er et annet selvbyggerprosjekt på Svartlamon oppført i perioden 2018-2020. Prosjektet er et leilighetsbygg over tre etasjer med fire leiligheter. Navnet kommer av en laftekasse fra et trønderlån på Selbu som ble demontert og brukt på nytt i prosjektet. Det ble også benyttet massivtreelementer fra en demontert kunstpaviljong som var i ferd med å bli kastet. Konstruksjonsvirke var også i dette prosjektet nytt, men selvbyggerne regner til tross for det med 90 prosent ombruk (Undsidatter, 2020).

SvalBad er en flytende badstue i Longyearbyen havn oppført i 2020. Prosjektet var et samarbeid mellom LPO Arkitekter og studenter ved AHO, som var med å bygge badstuen. Badstuen var opprinnelig bygget av ombrukte materialer fra rivingsprosjekter på Svalbard, men har i senere tid blitt utbedret med nye materialer for å tilfredsstille den tiltenkte funksjonen (Brekke, 2020).

Takhagen i Nordre Gate er en takstue på Grünerløkka i Oslo oppført i 2018. Takstuen er bygget utelukkende av restkapp fra byggeplassen, samt materialer fra transportemballasje og ombrukte skyvedører (Direktoratet for byggkvalitet, 2020). Et lignende prosjekt er felleshuset på Fornebu, som er et samlingssted for nabolaget på Fornebu oppført i 2019. Felleshuset er bygget av overskuddsmateriale fra byggeprosjekter i nærheten, samt materialer fra ulike rivingsprosjekter (Dyrvik Arkitekter, u.å.).



Figur 24. Takhagen til venstre (Direktoratet for byggkvalitet, 2020). Felleshuset til høyre (Dyrvik Arkitekter, u.å.)

Drirk Varanger er et bydrivhus under oppføring i Vardø. Prosjektet er et samarbeid mellom AHO og Varanger Kommune og bygger på økologisk ideologi og kretsløp, samt å bygge for fremtiden. Materialer som ellers ville vært deponert har fått nytt liv i prosjektet. Trevirke fra en gammel dampskipkai ble brukt på nytt i gulv og vegger, i tillegg til at emballasje fra en Nato-radar ble brukt i bærende konstruksjon. Drivhuset er også bygget på en slik måte at det lar seg demontere dersom det noen gang blir aktuelt (Shepard, 2021).

I forbindelse med SirkTRE er det igangsatt to pilotprosjekter for ombruk, SirkLÅVE og SirkSKOLE. Låven på Nedre Sem gård, under tilnavnet SirkLÅVE, er et rehabiliteringsprosjekt under planlegging i Asker kommune. Prosjektet skal rehabiliteres i tråd med FutureBuilds kriterier for sirkulære bygg, som innebærer 50 prosent ombruk av eksisterende bygg over

bakken, 10 prosent ombrukte komponenter og 10 prosent ombrukbare komponenter (FutureBuilt, 2020). Låven skal demonteres og senere gjenoppbygges med mest mulig eksisterende materialer i bygg og inventar (FutureBuilt, 2022).



Figur 25. Låven på Nedre Sem gård. Nåværende låve til venstre (Byggmesteren, 2022), skisseforslag for ny låve til høyre (Ola Roald Arkitektur, 2022)

Båtsfjord Skole er et skolebygg under oppføring med tilnavnet SirkSKOLE i Båtsfjord kommune. I forbindelse med prosjektet skal det rives to bygg som skal fungere som donorbygg for den nye skolen. Registrering av materialer og konstruksjonsdeler er planlagt for å sikre størst mulig grad av ombruk (Ola Roald Arkitektur, u.å.).

3.7. utfordringer og barrierer knyttet til ombruk av tre

3.7.1. En ikke-eksisterende verdikjede

Tidligere, da prisen på arbeidskraft var lav og prisen på materialer høy, var det lønnsomt og dermed utbredt å bruke bygningsmaterialer på nytt. I dag er situasjonen annerledes, med høy pris på arbeidskraft og lav pris på materialer (Sørnes et al., 2014).

Per dags dato er det lite insentiv for å drive salg av overskuddsmaterialer på grunn av lave materialkostnader. Tilgangen på billige materialer gjør det heller ikke nødvendig å regne eksakte materialmengder, noe som kan føre til svinn opp mot 20 prosent ved nybygging. Etterspørselen er også lav, i tillegg til at tilgangen er uforutsigbar og mellomlagring er kostbart (Klima- og miljødepartementet, 2021b).

Et marked som ikke er utviklet for profesjonelle aktører regnes som en av de store barrierene som hindrer ombruk i dag. Å benytte seg av brukte byggevarer i et prosjekt vil medføre økte kostnader knyttet til prosjektering og kartlegging av ombruksvarer, samt eventuelle kostnader

knyttet til redokumentasjon av produktegenskapene. Uforutsigbar og uoversiktlig tilgang gjør planlegging og prosjektering utfordrende ved at løsninger i større grad må tilpasses underveis basert på hva slags materialer som er tilgjengelige (Klima- og miljødepartementet, 2021b).

Transport fra rivingsprosjektet til eventuell mellomlagring, og fra eventuell mellomlagring til ombruksprosjektet krever mer planlegging, og dermed mer ressurser for å sikre god gjennomføring. Prosjekteringsfasen må endres i tilfeller hvor ombruk skal inkluderes i et prosjekt. Erfaringer fra Kristian Augusts gate 13 viser at det må inngå en materialsøkingsaktivitet fra start. Videre vil ombruksprosjekteringen gå parallelt med detaljprosjekteringen og bygging. Enkelte antagelser om tilgang på materialer som er feil vil kreve endringer av løsning og tegninger. Det er i dag et lite effektivt marked for ombrukvarer på bakgrunn av høye kostnader knyttet til prosjektering, lagring, salg og anskaffelse (Ibenholt et al., 2020).

3.7.2. Konvensjonell rivning

En forutsetning for ombruk er selektiv rivning. Dette er en form for rivning hvor materialene demonteres og sorteres basert på materialtype. Selektiv rivning foregår på en mer skånsom måte for å unngå forringelse av materialene. Dette krever andre prosedyrer enn det som er vanlig i dag og er mer tids- og ressurskrevende enn hva som er tilfellet for konvensjonell rivning, hvor ombruk ikke er i fokus (Ibenholt et al., 2020).

En forutsetning for at selektiv rivning skal finne sted er at de involverte aktørene er opplært til det. I kompetansemålene for VG1 Bygg- og anleggsteknikk blir hverken skånsom demontering eller selektiv rivning diskutert (Utdanningsdirektoratet, u.å.-a). Det samme gjelder kompetansemålene for VG2 Tømrer (Utdanningsdirektoratet, u.å.-b).

3.7.3. Brukshistorikk

Ombruk av trevirke kan by på diverse tekniske utfordringer. Ifølge Sørnes et al. kan et resultat av aldringsprosessen være at seigheten til trevirke endres, og at materiale mister duktilitet. Fastheten derimot, som ofte vil være den dimensjonerende egenskapen for materiale, tenderer mot å øke. Ved rivning må dette skje i kontrollerte former, og rivningsvirke må behandles som nytt. Slag eller overbelastning kan føre til skade og brudd, og trevirke vil følgelig miste sin

styrkesortering. Stukebrudd, eller trykkbrudd kan forekomme ved fall eller slag, og kan være vanskelig å oppdage visuelt (Sørnes et al., 2014).

3.7.4. Dokumentasjonskrav

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer gjennomfører EUs byggevareforordning i Norge. Krav til dokumentasjon av produktegenskaper skal sørge for at byggevarer som omsettes har egenskaper som samsvarer med formålet de er tiltenkt. Regelverket knyttet til dokumentasjon av byggevarer er ment for nye byggevarer, og tar ikke for seg hvordan dokumentasjon av brukte byggevarer skal foregå. Brukte byggevarer må derfor forholde seg til byggevareforordningen på lik linje som nye, og dokumentere egenskaper i henhold til DOK dersom de skal omsettes (Klima- og miljødepartementet, 2021b).

Byggevarer som skal omsettes i Norge må forholde seg til følgende bygningsregelverk og krav:

- ◇ Plan og bygningsloven (pbl). Krav om dokumentasjon av byggevarer er et lovfestet krav, som finnes i plan- og bygningsloven §29-7 første ledd: «ethvert produkt som skal inngå i et byggverk, skal ha forsvarlige egenskaper.»
- ◇ Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK). Forskrift 17. desember 2013 nr. 1579 om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk stiller nærmere krav til omsetning av byggevarer. Forskriftskravene i DOK er avhengig av om byggevaren er CE-merket eller ikke.
- ◇ Byggteknisk forskrift (TEK). Byggteknisk forskrift kapittel 3 har bestemmelser som er gitt med hjemmel i plan og bygningsloven §29-7, hvor kravene til dokumentasjon for bruk av byggevarer i byggverk stilles.

Kapittel 2 i DOK gjennomfører byggevareforordning, EUs forordning nr.305/2011, i norsk rett. Denne inneholder krav og regler for CE-merking av byggevarer. CE-merking gjelder for produkter som enten har harmonisert standard, eller hvor produsenten ønsker en europeisk teknisk vurdering. Slike harmoniserte standarder er ment for nye byggevarer, og tar ikke høyde for ombruk. Dette gjør den harmoniserte standarden lite anvendelig for produkter som er tiltenkt ombruk, ettersom behovene for testing og vurdering vil skille seg fra hva som er relevant for nye produkter. Kravene til CE-merking er obligatoriske i EU og EØS, og Norge har derfor ingen mulighet til å gjøre endringer på disse kravene. EU-kommisjonen har satt i gang et arbeid om hvordan byggevarer reguleres fremover, hvor ombruk er et område hvor endringer vurderes

(Marton, 2020). Byggevareforordningen blir også nevnt i Circular Economy Action Plan, som et av kommisjonens viktige politiske prosjekter (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

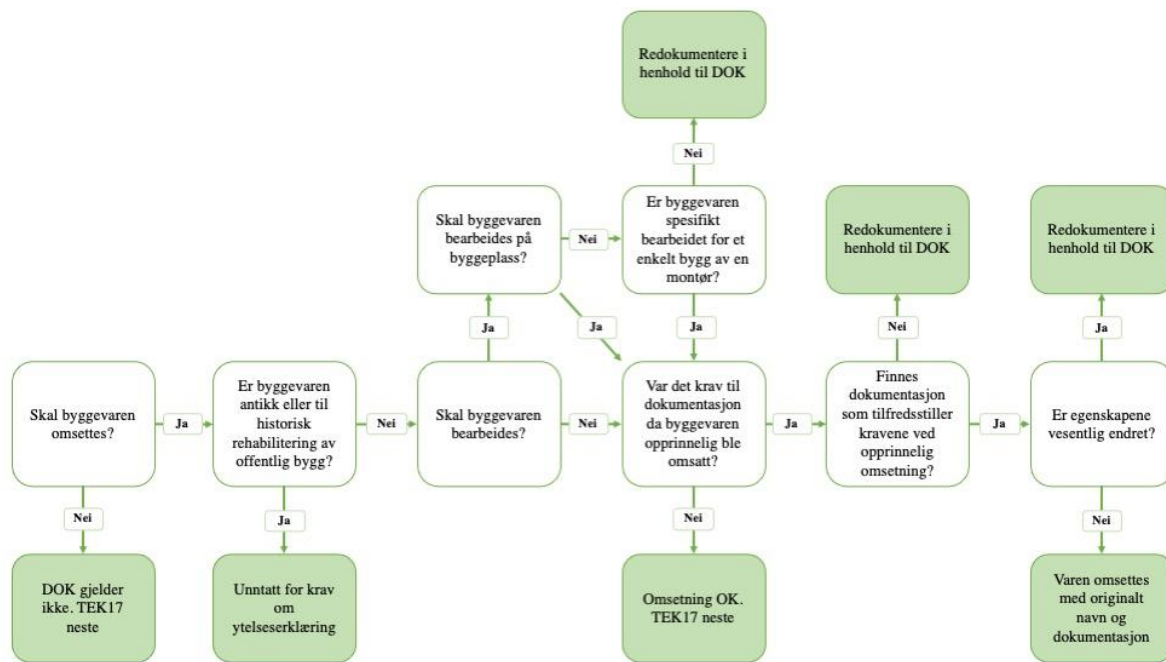
Kapittel 3 i forskriften inneholder krav om dokumentasjon for ikke-CE-merkede byggevarer, altså i tilfeller hvor det ikke finnes en harmonisert standard eller hvor produsenten har valgt å ikke få en europeisk teknisk vurdering. Kravene til ikke-CE-merkede byggevarer ligger tett opp mot kravene til CE-merkede byggevarer for å sikre tilsvarende konkurransevilkår. Kravene innebærer produktdokumentasjon av vesentlige egenskaper, som i praksis vil være svært likt som kravene i ytelseserklæringen (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

Harmoniserte standarder er tilpasset nye produktet og det vil i praksis være utfordrende å CE-merke et produkt som skal brukes på nytt. Kravene til ikke-CE-merkede produkter vil i teorien kunne brukes, hvor de vesentlige egenskapene skal kunne dokumenteres i samsvar med en teknisk spesifikasjon. I praksis er dette derimot vanskelig ettersom det er ganske åpent hva en slik spesifikasjon kan være, i tillegg til at det ikke finnes testmetoder for å vurdere egenskapene til et produkt som skal brukes på nytt (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

I Norge er det krav om dokumentasjon av egenskaper ved omsetning, uavhengig om produktet er CE-merket eller ikke. Omsetning betyr i dette tilfelle at materialet skifter eier, som inkluderer både salg eller at det gis bort. Dersom materialet ikke skifter eier, ved såkalt internt ombruk, trenger materialet kun å tilfredsstille kravene i TEK (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

For aktører som ønsker å omsette brukte byggevarer er prosessen med produktdokumentasjon utfordrende og uoversiktlig. Hva slags testsystem som skal brukes vil i de fleste tilfeller være uklart. I tillegg er vanligvis testsystemene utviklet for testing av nye produkter og fastsatt med tanke på risiko knyttet til produksjonsfeil. Testsystemene er ikke tilpasset testing av brukte produkter, hvor faktorer slik som historikk og innhold av miljøfarlige stoffer ikke blir tatt i betraktning (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

Kravene i forskrift om dokumentasjon av byggevarer kan fort virke komplisert og uoversiktlig. I Kilvær et al. blir en fremgangsmåte for å avgjøre hvordan en byggevare kan brukes på nytt visualisert ved hjelp av et flytskjema.



Figur 26. Flytskjema for å avgjøre hvordan en byggevare kan brukes på nytt. Egenprodusert etter (Kilvær et al., 2019)

Et forslag om endring av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk er for tiden under behandling. Forslaget innebærer et fritak fra kravene i kapittel 3 for brukte byggevarer og vil i praksis fjerne kravene om produktdokumentasjon ved omsetning av brukte byggevarer. Forskriftsendringen er innenfor det nasjonale handlingsrommet Norge har, og vil ikke påvirke kravene i TEK (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

3.7.5. Intern konkurranse i avfallshierarkiet

Tre er en fornybar ressurs som har høy anvendelighet. I tillegg til å være godt egnet som byggemateriale, er verdien også stor som biomasse. Biomasse har fått tildelt en viktig rolle i prosessen med å utfase fossilt brensel, og energigjenvinning er en større konkurrent til ombruk av treavfall, enn hva som gjelder for andre materialtyper. Sammen med etterspørsel etter treavfall til materialgjenvinning stimulerer ikke dette til ombruk (Sørnes et al., 2014).

Tre har den egenskapen at det binder CO₂ frem til det brytes ned biologisk eller brennes. Ved å holde materialer av tre i bruk lenger vil utslippene utsettes. Dette er et klimatiltak som gir umiddelbart effekt og som er gjeldende frem til trevirke eventuelt blir avhendet. Ettersom store utslippskutt skal skje over en forholdsvis kort periode, er slike tiltak viktige (Sørnes et al., 2014).

Det er diskutabelt å vurdere energigjenvinning av tre som karbonnøytralt. Det er usikkerhet knyttet til opptak og utslipp av CO₂ i skog, som blant annet avhenger av omløpstiden. Det tar mange tiår før CO₂ frigjort fra energigjenvinning av tre blir bundet opp i ny skog. Det er viktig med tiltak for å kutte CO₂-utslipp som har umiddelbar virkning, og det kan dermed argumenteres for at utslipp fra kilder som anses som karbonnøytrale, vil telle negativt de årene CO₂ ikke er bundet i biologiske materialer (Ibenholt et al., 2020).

3.7.6. Modifisering av trevirke

Byggevarer med helse- og miljøskadelige stoffer har krav om å bli fjernet fra kretsløpet og skal ikke brukes på nytt. Trevirke som er impregnert med kobber-krom-arsen (CCA) eller kreosot har siden 2003 blitt regnet som farlig avfall, og skal derfor ikke ombrukes (Sørnes et al., 2014). I tillegg skal også trevirke som er impregnert med kobber (Cu) sorteres som farlig avfall, selv om det i seg selv ikke er det. Årsaken til dette er at det i praksis ikke er mulig å skille mellom kobberimpregnerte materialer, som altså ikke er farlig avfall, og kobber-krom-arsenimpregnerte materialer, som er farlig avfall (Norsk Gjenvinning, u.å.).

3.8. Nåværende fordeler

3.8.1. Klima- og miljømessige besparelser

Det finnes en rekke fordeler knyttet til klima- og miljømessige besparelser ved ombruk. Ombruk er blant få tiltak som gir utslippskutt med umiddelbar effekt, ettersom det fjerner behovet for nye produkter og dermed utslippene knyttet til produksjon av et tilsvarende nytt produkt.

Stiftelsen Østfoldforskning, nå Norsk institutt for bærekraftsforskning, gjorde i etterkant av prosjektet Gjenbrukshuset i Trondheim en vurdering av klima- og miljøeffektene. En slik vurdering er særlig interessant for dette prosjektet, ettersom det er mulig å sammenligne effektene fra huset bygget av nye materialer med huset bygget av brukte materialer. Vurderingen inkluderer kun materialtypene som er representert av brukte materialer i Gjenbrukshuset og nye materialer i det nye huset. Enkelte materialtyper forekommer som nye materialer i begge husene, og er utelukket fra beregningen ettersom det er differansen mellom de to husene vurderingen ønsker å se nærmere på.

Vurderingen er basert på kategoriene drivhuseffekt (GWP), forsuring, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannning (POCP) og totalt energiforbruk. Effektene fra huset av brukte materialer er i alle kategoriene vesentlig lavere enn effektene fra huset av nye materialer. Det er ombruk av tegl og mur som står bak det største bidraget til miljøgevinsten, men bidraget fra ombruk av tre er også betydelig. Videre blir de miljøøkonomiske kostnadene vurdert, hvor ombruk av tre står for den største miljøkostnadsgevinsten (Pettersen, 2005). Effekten av ombruk for de ulike materialtypene oppsummeres i følgende tabell, hvor ombruk av tre kommer godt ut i samtlige kategorier. Parentes symboliserer usikkerhet på grunn av manglende fordeling av energiforbruk for selektiv rivning.

Tabell 2. Effekten av ombruk basert på materialtype. Egenprodusert etter (Pettersen, 2005)

Komponent	Drivhuseffekt	Forsuring	Eutrofiering	POCP	Totalt energiforbruk	Miljøkostnad
Trevirke	+	+	+	+	+	+
Kjøkken/dører	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)
Takstein/mur	+	+	+	+	+	+
Vindu	(+)	+	+	(+)	(+)	+
Toalett/vask	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)
Totalt	+	+	+	+	+	+

3.8.2. Miljøsertifiseringsverktøy

Et miljøsertifiseringsverktøy er et verktøy som formelt vurderer om en bygning tilfredsstillende forskjellige miljø- og klimakrav. En slik type sertifisering av bygg er frivillig, og krav om det finnes ikke i plan- og bygningsloven eller i teknisk forskrift. Et sertifiseringsbevis som dokumenterer at bygget har gunstige egenskaper knyttet til klima og miljø kan virke attraktivt for leietakere og investorer, dersom det passer deres profil (Waksvik, 2021). Sertifiseringen utføres av en uavhengig tredjepart, og det finnes flere forskjellige typer sertifiseringsordninger.

BREEAM (Building Research Establishment Assessment Method) er et av de to store miljøsertifiseringsverktøyene for bygninger i verden og er den mest utbredte i Europa. Bygningen vil etter sertifiseringen tildeles et av de fem nivåene Pass, Good, Very Good, Excellent eller Outstanding basert på poengfangsten i ni forskjellige kategorier. BREEAM-NOR er utviklet av Grønn byggallianse og er en versjon som er tilpasset norske forhold.

Gjeldende versjon er BREEAM-NOR v6.0, som sist ble oppdatert 17.03.2022 (Grønn byggallianse, 2022).

BREEAM-NOR v6.0 tar i større grad hensyn til sirkulær økonomi enn hva tidligere versjoner har gjort, ved at kategoriene om materialer og avfall er slått sammen til en kategori ved navn ressurser. I praksis har den siste versjonen fire delkapitler som deler ut poeng for ombruk.

- ◇ Mat 03 Ansvarlig innkjøp av materialer. Mulighet for 3 poeng.
- ◇ Mat 06 Materialeffektivitet og ombruk. Mulighet for 3 poeng.
- ◇ Mat 07 Endringsdyktighet og ombrukbarhet. Mulighet for 3 poeng.
- ◇ Wst 01 Ressurshåndtering på byggeplass. Mulighet for 5 poeng.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) er et annet verdensomspennende miljøsertifiseringsverktøy og er det mest utbredte i USA. Bygningen vil etter sertifiseringen tildeles et av fire nivåene Certified, Silver, Gold eller Platinum basert på poengfangsten i seks forskjellige kategorier. Gjeldende versjon er LEED v4.1 som gir poeng for ombruk i delkapitlene MR Credit 3: Material Reuse (1-2 poeng) og «MR Credit 5: Regional Materials» (1-2 poeng) (U.S. Green Building Council, 2021).

3.8.3. Utmerkelser

Futurebuilt er et innovasjonsprogram som også fungerer som et utstillingsvindu for de mest ambisiøse aktørene i bygg- og anleggsbransjen. Visjonen er å vise at det er mulig å utvikle den bærekraftige og attraktive nullutslippsbyen. Dette skjer i praksis ved hjelp av såkalte forbildeprosjekter, som både kan være enkeltbygg eller byområder. Forbildeprosjektene oppfyller både FNs bærekraftsmål og målene i Parisavtalen med god margin, i tillegg til å kutte klimagassutslippene med minst 50 prosent sammenlignet med vanlig praksis (FutureBuilt, u.å.).

FutureBuilt har utviklet forskjellige kvalitetskriterier for ulike temaer, deriblant et eget sett med kriterier for sirkulære bygg. Et sirkulært bygg skal legge til rette for ressursutnyttelse på høyest mulig nivå, med minst 50 prosent ombrukte eller ombrukbare bygningskomponenter. For rehabiliteringsprosjekter er det krav om minst 50 prosent ombruk av eksisterende bygg over bakken, i tillegg til minst 10 prosent ombrukbare komponenter tilført og minst 10 prosent ombrukte komponenter tilført. For nybygg er det krav om til sammen minst 50 prosent ombruk, hvor minst 20 prosent er ombrukbare komponenter og minst 20 prosent er ombrukte

komponenter. FutureBuilts kriterier for sirkulære bygg er utdypet de fem kriteriene miljøbasert beslutning om rehabilitering eller rivning, ressursutnyttelse i rive- eller byggefasen, ombruk av komponenter, ombrukbarhet og endringsdyktighet (FutureBuilt, 2020).

4. Litteratur

Litteraturstudiet for denne oppgaven har en todelt inndeling. Den første delen av litteraturstudiet tar for seg materialets egnethet for ombruk, hvor det presenteres undersøkelser på hvordan alder og bruk påvirker materialets fysiske og mekaniske egenskaper. Den andre delen av litteraturstudiet studerer relevante erfaringer og praksiser fra land med tilsvarende forutsetninger som Norge.

4.1. Egnethet for ombruk

En forutsetning for at ombruk av tre er aktuelt er at materialet egner seg til det. Dette spørsmålet er aktuell på tvers av landegrenser, noe som tillater å benytte seg av forskningsartikler av internasjonalt opphav. I denne delen av litteraturstudiet blir det sett nærmere på ulike forskningsartikler som undersøker trevirkets egnethet for ombruk.

I Loebjinski et al. blir takkonstruksjonen til en kirke fra slutten av 1200-tallet evaluert i forbindelse med en ombygging. Evalueringen tar for seg de lastbærende egenskapene til takkonstruksjonen og skjer på stedet. Artikkelen peker på at ombruk krever en detaljert undersøkelse. En visuell evaluering av materialet er i seg selv ikke tilstrekkelig da de visuelle defektene bare delvis korrelerer med den faktiske styrken og stivheten. Dersom ikke- og semidestruktive metoder kombineres vil det øke nøyaktigheten betraktelig.

I CEN-medlemsland er Eurokode utgangspunktet for dimensjonering og verifikasjon av lastbærende elementer i bygninger. Nåværende Eurokode tar ikke for seg hvordan dette skal gjøres for bygningsdeler i eksisterende bygninger. Prinsippene for nye bygningsdeler blir derfor også benyttet for brukte. I enkelte land derimot, finnes det spesielle regler for eksisterende bygninger. Den sveitsiske standarden SIA 269:2011 og de italienske standardene UNI 11119 og UNI 11138 er eksempler på det. Et universell standard finnes ikke, noe som fører til at den lastbærende kapasiteten ofte blir undervurdert.

EN 14081-1, som tilsvarer den norske standarden NS-EN 14081-1:2016+A1:2019, tillater en visuell og mekanisk styrkesorteringsprosedyre. Den visuelle prosedyren fokuserer på synlige og målbare vekstkaraktistikker på overflaten. Den mekaniske prosedyren benytter seg av ikke-destruktive metoder for å bestemme materialegenskapene. Teknikkene er utviklet for nytt

konstruksjonsvirke, og tilbyr derfor ikke den samme nøyaktigheten ved bruk på eksisterende konstruksjonsvirke i en bygning.

Styrkesortering i eksisterende bygninger ved hjelp av ikke- og semi-destruktive metoder gir en pålitelig fastsettelse av materialegenskapene. Sammen med visuell evaluering gir dette en vesentlig forbedring av nøyaktigheten ved evaluering av materialegenskaper for bygningsdeler som befinner seg i eksisterende bygg. De ikke- og semidestruktive metodene som ble brukt var visuell styrkesortering i henhold til EN 14081-1, som baserer seg på karakteristikk som lar seg måle på stedet slik som fiberretning, sprekker, kanter og kvister, fastsettelse av fuktinnhold i henhold til EN 13183-2, Time of Flight-målinger med ultralyd og fastsettelse av densiteten og trykkfastheten til kjerneprøver.

Resultatene viser at en visuell styrkesortering alene vil undervurdere de lastbærende egenskapene til materialene. Basert på de semidestruktive metodene ble 5 prosent av de evaluerte bjelkene tildelt en lavere klasse, 20 prosent av de evaluerte bjelkene samme klasse og 75 prosent ble tildelt en høyere styrkesorteringsklasse. Artikkelen konkluderer med at flere metoder vil øke nøyaktigheten på evalueringen av styrkeegenskapene til materialer i eksisterende bygg, samt at avvik angående den lastbærende kapasiteten krever en detaljert undersøkelse for å bli oppdaget (Loebjinski et al., 2019).

Cavalli et al.(b) tar for seg hvordan trevirkets mekaniske egenskaper påvirkes av tid. Artikkelen peker på at de mekaniske egenskapene til tre avtar med forfall, men at forfall er et resultat av forholdene materialet omgir seg med og ikke av alderen til treet i seg selv. Tilsvarende vil effekten av lastforhold være knyttet til hvor lenge lasten har vært påført materiale, og ikke som en konsekvens av alderen til materiale.

Artikkelen undersøker effekten av tid på trevirkets mekaniske egenskaper basert på 29 ulike artikler som er publisert i perioden 1955 til 2014. Tidligere forskning peker på følgende åtte faktorer som potensielt kan påvirke de mekaniske egenskapene til brukt trevirke: de opprinnelige materialegenskaper, naturlig variasjoner ettersom materiale er anisotropisk, vanskelig å teste stort utvalg, ingen standardisert prosedyre for testing, ulik effekt for ulike treslag, eksponering for forhold som legger til rette for forfall, skader som følge av montering og demontering og effekten av lastforhold og varighet. Artikkelen undersøker og sammenligner flere mekaniske egenskaper basert på tidligere arbeid.

For elastisitetsmodulen er oppfatningen om at den forblir uendret eller ikke nevneverdig påvirket over tid, i klart overtall. Til sammen 20 artikler antyder at elastisitetsmodulen øker eller forblir den samme, hvorpå bare fem melder om nedgang. Sammenlignet med nytt virke var det likevel ingen som registrerte høyere elastisitetsmodul for det brukte, noe som peker på at bruk vil påvirke de mekaniske egenskapene. For bøyespenningsmodulen er det større variasjon i resultatene som gjør det vanskelig å peke ut en bestemt tendens. Bøyespenningsmodulen er relatert til elastisitetsmodulen, og ettersom disse i flere tilfeller hadde samme utslag i form av enten reduksjon, samme nivå eller økning, tyder dette på at forskjellen mellom nytt og brukt trevirke i større grad handler om den opprinnelige kvaliteten, heller enn effekten av alder i seg selv.

Sammenligning av trykkfastheten på nytt og brukt trevirke er vanskelig siden trykkfastheten i stor grad er påvirket av densiteten. En av artiklene viser til en trykktest av 60 tresøyler, hvor resultatene viser at alle søylene hadde høyere styrke enn hva styrkesorteringsklassen tilsa. Videre viser analysene av strekkfasthet og skjærstyrke at variasjonen er stor, og at det derfor er vanskelig å trekke noe konklusjon. For slagbøyningsstryken peker alle artiklene med unntak av en på at slagbøyningsstryken reduseres som et resultat av alder.

Variasjon i mekaniske egenskaper er påvirket av ulike faktorer slik som varighet av påført last, aldring, forhold under bruk og behandlingsform. Forskningen tyder likevel på at mange av trematerialene kan brukes igjen. Flertallet av de relevante forskningsartiklene peker på at ingen eller ubetydelig endring av både bøyestivhet og bøyestyrke. I tilfellene hvor det var endring var dette trevirke som hadde vært brukt til bærende formål, og hvor årsaken til endringen kan være sammensatt.

Effekten av tid på de mekaniske egenskapene til brukt trevirke er kompleks, ettersom egenskapene er en konsekvens av flere involverte faktorer, slik som fysiske forhold, lasthistorikken, den opprinnelige kvaliteten til materialet og skader som har forekommet gjennom tiden i bruk, eller ved montering og demontering. Artikkelen konkluderer likevel med at de gjenværende mekaniske egenskapene ofte vil være tilstrekkelige til at materialene kan ombrukes (Cavalli et al., 2016b).

I Cavalli et al.(a) blir elastisitetmodulen og bøyespenningsmodulen til 81 trebjelker evaluert. Samtlige bjelker var eldre konstruksjonsvirke fra historiske bygninger i Italia, hvor 14 var av gran og 67 var av edelgran. Alle bjelkene ble styrkesortert visuelt, dynamisk testet ved hjelp av vibrasjon eller akustisk, og statisk testet ved hjelp av firepunkts bøyningstest for å beregne den faktiske elastisitetmodulen og bøyespenningsmodulen. Basert på den visuelle styrkesorteringen og de dynamiske testene ble elastisitetmodul og bøyespenningsmodul foreslått for demontert trevirke.

Vibrasjonstester og akustiske tester er enkle og velkjente dynamiske tester som utføres ved hjelp av piezoelektriske akselerometre. De vibrasjonsbaserte teknikkene er raske, pålitelige og rimelige metoder å evaluere elastisitetmodulen. Teknikkene er basert på relasjonen mellom egenfrekvensen og elastisitetmodulen. For evalueringen av elastisitetmodulen ble det benyttet to teknikker. Tverrgående vibrasjonstest ble utført ved å plassere opplagere ved bjelkens to teoretiske noder, for å så plassere akselerometeret i overkant av en av endene og påføre et slag midt på. Dette utløser en frekvens som akselerometeret tar opp. Den dynamiske tverrgående elastisitetmodulen, E_f , blir regnet ut ved å bruke følgende formel:

$$E_f = \frac{4\pi^2 f_1^2 l^3}{k^4 I}$$

Formel 1. Dynamisk elastisitetmodul tverrgående for vibrasjonstest

Hvor f_1 er egenfrekvensen i kHz, l er lengden av bjelken i meter, I er annet arealmoment til bjelkens tverrsnitt i m^4 , m er bjelkens vekt i kilogram og k er en konstant.

Langsgående vibrasjonstest ble utført ved å plassere et akselerometer i den ene enden for å så påføre et slag i den andre enden. Dette utløser en frekvens som akselerometeret tar opp. Den dynamiske langsgående elastisitetmodulen, E_l , blir regnet ut ved å bruke følgende formel:

$$E_l = 4\rho l^2 f_1^2$$

Formel 2. Dynamisk elastisitetmodul langsgående for vibrasjonstest

Hvor f_1 er egenfrekvensen i kHz, ρ er tettheten i $\frac{kg}{m^3}$ og l er lengden av bjelken i meter.

Den akustiske metoden er basert på en stressbølges kapasitet til å bevege seg gjennom tre. En lydbølge blir sendt gjennom bjelken ved å påføre et slag med hammer. Et akselerometer er plassert i hver ende av bjelken, hvor tidsintervallet mellom de to akselerometrene blir registrert som «time of flight». Dette tidsintervallet brukes for å regne ut hastigheten til lydbølgen. Den dynamiske elastisitetsmodulen blir regnet ut ved å bruke følgende formel:

$$E_{sw} = \rho v^2$$

Formel 3. Dynamisk elastisitetsmodul for akustisk test

Hvor ρ er tettheten i $\frac{kg}{m^3}$ og v er hastigheten til stressbølgen i $\frac{km}{s}$.

Bjelkene ble også testet mekanisk ved hjelp av en firepunkts bøyningstest hvor både lokal elastisitetsmodul basert på avbøyning av nøytralaksen og bøyespenningsmodul beregnes. Bjelkene ble videre styrkesortert visuelt. Den midterste tredelen, som er referanseområdet for utregning av statisk elastisitetsmodul og bøyespenningsmodul, ble styrkesortert etter UNI 11119:2004. UNI 11119:2004 er en italiensk standard for å vurdere eksisterende konstruksjoner av tre. Standarden tar for seg helning av fibre, avvik i geometri, mengde av kvister og utbredelse av sprekker både tangentielt og radielt. Basert på omfanget av uregelmessigheten blir bjelkene tildelt en sorteringsgrad fra 1 til 3, hvor 1 er best og 3 er dårligst.

Resultatene viser at det er mulig å estimere elastisitetsmodul og bøyespenningsmodul ved hjelp av å kombinere ikke-destruktive metoder, slik som vibrasjon og akustikk, med data fra visuell styrkesortering. Evalueringen av elastisitetsmodulen viser en korrelasjon på 0,7 mellom den foreslåtte elastisitetsmodulen og den observerte elastisitetsmodulen med en gjennomsnittlig absolutt feil på 1,4 GPa. Evalueringen av bøyespenningsmodulen viser en korrelasjon på 0,43 mellom den foreslåtte bøyepenningsmodulen og den observerte bøyepenningsmodulen med en gjennomsnittlig absolutt feil på 6,3 MPa. Resultatet for estimatet av elastisitetsmodul og bøyepenningsmodul for demontert brukt trevirke, er ikke langt unna hva som kan forvente av nytt konstruksjonsvirke. Artikkelen konkluderer med at de ikke-destruktive metodene gir et godt utgangspunkt for evaluering av elastisitetsmodul og bøyepenningsmodul for demontert, brukt trevirke (Cavalli et al., 2016a).

Falk et al. evaluerer tresøyler fra bygninger i et nedlagt militæranlegg i USA. Bygningene ble demontert i forbindelse med en case-studie som undersøkte om demontering er et mulig alternativ til konvensjonell rivning. Til undersøkelsen ble det plukket ut søyler både med og uten sprekker. Søylen ble styrkesortert visuelt i samsvar med den amerikanske standarden «*Grading Rule No. 17 (10)*». Søylen hadde diverse skader som følge av bruk eller demontering, slik som ødelagte endestykker, hull fra bolter, skruer og spiker, samt hakk fra sammenføyninger med andre bygningsdeler.

Den statiske elastisitetsmodulen ble ikke testet direkte, men omregnet fra den testede dynamiske elastisitetsmodulen ved hjelp av en etablert korrelasjon mellom statisk og dynamisk elastisitetsmodul for brukte trevirke. Søylen ble testet i direkte trykk, hvor endene var støttet mot utglidning uten at dette gjorde søylen innspent. Basert på den maksimale belastningen for hver søyle ble søylens trykkfasthet regnet ut. Etter styrketesten ble mindre eksemplarer brukt for å måle fuktighetsinnholdet, densiteten, vekt og antall årringer.

Artikkelen konkluderer med at til tross for at bjelkene har vært i bruk i 55 år, ble 75 prosent av de evaluerte søylen styrkesortert til «*Select structural*», «*No.1*» og «*No. 2*». Dette er de tre øverste klassene i det amerikanske styrkesorteringssystemet, hvor «*No. 2*» tilsvarer vanlig konstruksjonsvirke. Omtrent en tredel av søylen ble degradert på grunn av kvister, langsgående eller gjennomgående sprekker, eller mekaniske skader. Kvantifisering av sprekkers størrelse og alvorlighetsgrad i eksisterende konstruksjonsvirke ble ansett som veldig vanskelig, om ikke umulig.

Elastisitetsmodulen til søylen innenfor styrkesortering «*Select structural*», «*No.1*» og «*No. 2*» var høyere enn veiledende verdier fra «*National Design Specification for Wood Construction*», som er en anerkjent amerikansk standard. Den gjennomsnittlige trykkfastheten til søylen var minimum 40 prosent høyere enn hva som kreves av nåværende dimensjoneringsstandarder. Det var ingen konsekvent forskjell på trykkfastheten til søyler med og uten langsgående sprekker og det antas derfor at slike sprekker ikke påvirker lastekapasiteten for aksielt trykk (Falk et al., 2000).

I Sonderegger et al. blir effekten av alder på de mekaniske og fysiske egenskapene samt fargeendring, undersøkt på demonterte materialer av gran (Norway spruce), edelgran (silver fir) og vintereik (European oak). Alderen på de demonterte materialene varierer fra 90 til 470 år, og sammenlignes med nye materialer av tilsvarende treslag. Studien undersøker den

hygroskopiske oppførselen med både sorpsjon og svelling, fargeendring, elastisitetsmodul og bøyespenningsmodul, slagbøyningsstyrken og bruddseighet.

Sorpsjon og svelling ble bestemt ved 20 grader celcius og forskjellige nivåer av relativ fuktighet. For hvert nivå ble massen og dimensjonene målt. Fargeendring ble bestemt ved hjelp av et CIE Lab-system, hvor det for hvert eksemplar ble valgt mellom 3 og 5 punkter som den registrerte verdien baserte seg på. Elastisitetsmodul og bøyespenningsmodul ble bestemt ved hjelp av den tyske standarden for bøyetesting av tre, DIN 52186. Slagbøyningsstyrken ble bestemt ved hjelp av den tyske standarden for bestemmelse av slagbøyningsstyrke, DIN 52189. Bruddseigheten ble bestemt ved hjelp av den europeiske standarden for bruddseigheteprovning med plan deformasjon, DIN EN ISO 12737.

Sorpsjonsverdiene til eldet tre var tilsvarende for gran og litt lavere for edelgran og eik sammenlignet med nytt tre av samme treslag. Svelling ble målt i radiell, tangentiell og langsgående retning. I radiell retning ble det målt høyere verdi for eldet gran, en litt høyere verdi for eldet eik og en lavere verdi for eldet edelgran. I tangentiell retning ble det målt høyere verdi for eldet gran og lavere verdi for både eldet eik og eldet edelgran. I langsgående retning var verdiene tilsvarende for eldet gran og edelgran, men lavere eldet eik.

En betydelig fargeendring mellom nytt og eldet trevirke ble registrert på samtlige eksemplarer, hvor fargeendringen var større for bartrær enn hva den var for løvtrær. For elastisitetsmodulen og bruddspenningsmodulen ble det ikke funnet noen klar forskjell mellom de nye og de eldre eksemplarene. Slagbøyningsstyrken var høyere for samtlige eksemplarer av nytt trevirke sammenlignet med eldet trevirke. Alder var den viktigste faktoren for resultatet til eksemplarene av gran og edelgran, mens densitet var den viktigste faktoren for resultatet til eksemplarene av eik. Bruddseigheten hadde ulik grad av forandring for de forskjellige treslagene, men om det var en effekt av alder eller naturlige variasjoner for treslagene var ikke tydelig.

Artikkelen konkluderer med at det merkbare resultatet av alder på tre er fargeendring og en reduksjon i slagbøyningsstyrke. Sorpsjon og svelling, samt bøyning og bruddseighet endres ikke eller bare delvis som et resultat av alder. Det påpekes at det var store variasjoner av både fysiske og mekaniske egenskaper innenfor hvert av treslagene, og at det derfor kreves videre undersøkelse av tema (Sonderegger et al., 2015).

4.2. Erfaringer og praksiser fra andre land

For land med tilsvarende forutsetninger og sammenlignbare forhold som Norge er det av interesse å se nærmere på deres praksiser og erfaringer knyttet til ombruk av tre. Slike erfaringer kan innebære nyttige lærdommer og vellykkede praksiser kan potensielt tilpasses norske forhold uten store problemer.

4.2.1. Tolkning av byggevareforordningen

Danmark er som Norge underlagt EUs byggevareforordning og har en egen forskrift som stiller krav til produkter uten CE-merking. Forskriften er imidlertid uklar på om dokumentasjon av produktegenskaper skal skje i forbindelse med omsetning. I byggesaker som bidrar til at ombruk er det likevel gode muligheter for dispensasjon fra kravet om produktdokumentasjon. Dersom en byggherre ønsker å benytte en byggevare som ikke oppfyller de gjeldene kravene er det opp til kommunen å avgjøre om dispensasjon for byggevaren kan innfris. Siden byggevaren ikke nødvendigvis kan testes på samme vis som nye produkter, har byggherren ansvar for å utarbeide dokumentasjon for at byggevaren har tilstrekkelige egenskaper for den tiltenkte funksjonen. Basert på dokumentasjonen vurderer kommunen om den er tilstrekkelig, eller om det er behov for supplerende dokumentasjon (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

I det svenske bygningsregelverket er det en bestemmelse om mottakskontroll av byggevarer. Her skisseres det to ulike former for mottakskontroll basert på om produktet er CE-merket eller ikke. For CE-merkede produktet er kontrollen begrenset til identifisering, kontroll av merking og undersøkelse av produktdokumentasjon. For produkter som ikke er CE-merket kreves det at byggherren verifiserer produktegenskapene ved hjelp av testing eller annen EU-akseptert metode slik at egenskapene gjøres kjent og kan vurderes (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

Det svenske bygningsregelverket skiller seg fra den norske ved at det er aktøren som skal bruke byggevaren som har ansvar for å dokumentere produktegenskapene og ikke aktøren som skal omsette byggevaren. Svenske myndigheter anser det som umulig å CE-merke brukte byggevarer og stiller ikke krav til produktdokumentasjon i forbindelse med omsetning, men byggevarene må likevel tilfredsstillende de svenske byggreglene. Produktene må tilfredsstillende krav etter hva slags bruk som er tiltenkt, slik at testing av egenskaper utover hva som er relevant

for det aktuelle formålet unngås, og kostnadene vil på den måten reduseres (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

4.2.2. utfordringer og barrierer knyttet til ombruk av tre

Niu et al. peker ut tre sentrale utfordringer knyttet til ombruk av konstruksjonsvirke. Den første dreier seg om økonomiske utfordringer. Sirkulær økonomi er et viktig konsept for å kunne utnytte avfall fra bygg- og anleggsbransjen. En sirkulærøkonomisk verdikjede er derimot ikke-eksisterende, og det er derfor nødvendig å identifisere manglende aktører samt å etablere relasjoner til relevante eksisterende aktører. Den andre handler om miljømessige utfordringer. Det finnes få livssyklusanalyser (LCA) som tar for seg brukt trevirke, og det hersker uenighet om hvordan biogent karbonopptak skal beregnes.

Det tredje dreier seg om utfordringer knyttet til tre som materiale. Aldring, lastvarighet, skader og biologiske angrep kan alle påvirke de mekaniske egenskapene til materialet. Alder alene antas å ikke endre materialeegenskapene nevneverdig, men dette er vanskelig å si sikkert ettersom tre som materiale har store naturlige variasjoner. Trevirke som er ment for bærende formål skal være styrkesortert i henhold til europeiske og nasjonale styrkesorteringskrav. For brukt trevirke finnes det ingen standardisert metode for styrkesortering. NS-EN 14081-1:2016+A1:2019, som tar for seg styrkesortering av konstruksjonsvirke, spesifiserer at konstruksjonsvirke som tidligere har blitt styrkesortert ikke kan styrkesorteres til samme klasse med mindre det foreligger dispensasjon. I tillegg setter nåværende styrkesorteringsstandarder grense hva slags tverrsnitt som kan styrkesorteres (Niu et al., 2021).

van den Berg, Voordijk et al. peker på at dersom ombruk skal finne sted må rivningsentreprenører endre fokus fra å ødelegge bygningsmaterialer til å ta vare på dem. Det er i praksis tre ulike metoder å rive på i dag. Konvensjonell rivning er en form for rivning hvor alle materialer behandles likt og alt gjøres til avfall. Fullstendig selektiv rivning er på mange måter det motsatte, hvor alt demonteres slik at flest mulig materialer kan bevares og ombrukes. Delvis selektiv rivning er å anse som en hybridvariant av de to andre.

Artikkelen trekker frem tre forhold som må være til stede for at en entreprenør skal ta vare på en bygningsdel for ombruk. Det første forholdet dreier seg om økonomi. Dersom det er en etterspørsel etter et produkt som inngår i et rivingsprosjekt, vil det være aktuelt å ta vare på det.

Det andre handler om å avvike fra hva som er vanlig rivningsprosedyre. Konvensjonell rivning er den vanligste formen for rivning, og legger i liten grad til rette for ombruk av materialene i rivningsobjektet. Ombruk er med andre ord avhengig av entreprenørens vilje og evne til å avvike vanlige prosedyrer. Det tredje forholdet handler om dokumentasjon av produktegenskaper. Innenfor EU gjelder byggevareforordningen som krever at produktegenskapene skal dokumenteres ved omsetning, en prosess som kan være omfattende å gjennomføre dersom slik dokumentasjon ikke foreligger. Artikkelen påpeker at i tilfellene hvor en eller flere av forholdene ikke ble oppfylt, var resultatet konvensjonell rivning. Fra entreprenørs side vil ombruk være avhengig av at samtlige forhold imøtekommes (van den Berg, Voordijk et al. 2020).

Guerra & Leite trekker frem flere utfordringer knyttet til overgangen til en sirkulær økonomi. Mangel på kapital og påløpende kostnader regnes som en sentral barriere, særlig for mindre og mellomstore bedrifter. Mangel på teknologisk forståelse og gjennomføringsevne innad i bedrifter, gjør overgang til sirkulære prinsipper vanskeligere. Mangel på bevissthet rundt temaet og opplæring i den sirkulærøkonomiske tankegangen, selv om dette alene ikke nødvendigvis vil øke viljen til å implementere sirkulærøkonomiske prinsipper. Forhold i markedet slik som en reel etterspørsel er nødvendig. En utfordring med markedet slik det er nå er at prisen på råvarer er lavere enn for resirkulerte materialer. I tillegg er det utfordringer knyttet til politikk og reguleringer. I USA finnes det ulike reguleringer innenfor by, stat og nasjon, og stater som California, Colorado og Washington har mer progressive reguleringer knyttet til miljø og forbruk enn hva andre stater har.

For håndtering av avfall fra rivningsklare bygninger, vil faktorer slik som avgifter på bygningsavfall, lokale resirkuleringsfasiliteter, kostnad og tidsbruk knyttet til demontering, marked for brukte materialer og kostnader knyttet til logistikk og materialgjenvinning påvirke innføringen av en sirkulærøkonomisk praksis for firmaer i bygg- og anleggsbransjen. En fullstendig sirkulær bygg- og anleggsbransje hvor bygg er prosjektert, driftet, vedlikeholdt og dekonstruert etter sirkulærøkonomiske prinsipper er derfor vanskelige, og vil kreve samarbeid mellom ulike aktører i verdikjeden. Artikkelen hevder også at USA henger etter land i Europa og Asia når det kommer til sirkulær omstilling. En foreslått årsak til dette er den rikelige tilgangen til råvarer USA har, i motsetning til Japan og enkelte land i Europa hvor råvaretilgangen er mer begrenset (Guerra & Leite, 2021).

4.2.3. Foreslåtte tiltak

Niu et al. konkluderer med at å forlenge levetiden til bygningsmaterialer er et vesentlig miljømessig bidrag ettersom det fjerner behovet for nye materialer, og reduserer dermed utslipp og materialforbruk knyttet til dette. De største utfordringene og bekymringene med ombruk av konstruksjonsvirke er knyttet til styrke og sikkerhet. Ombruk av konstruksjonsvirke er teknisk mulig, men det er behov for en effektiv og standardisert metode å vurdere de mekaniske egenskapene på. Ombruk er foretrukket fremfor energigjenvinning, ettersom tre binder karbon frem til nedbrytning eller forbrenning. Tre i et sirkulærøkonomisk perspektiv tiltrekker seg stor interesse sammen med bekymring for kostnadseffektiviteten og usikkerhet for markedet fra ulike aktører i treindustrien i Finland. Driverne for å få i gang en sirkulær praksis for konstruksjonsvirke er forventet å være politisk og basert på reguleringer. For en helsirkulær verdikjede er det nødvendig med foreløpig ikke-eksisterende aktører som sørger for økonomisk verdi for treavfall (Niu et al., 2021).

van den Berg et al. peker på bidrag fra de ulike aktørene i bransjen for å øke graden av ombruk. Produsentene kan innføre retur på produkter de selger, noe som automatisk vil skape en etterspørsel etter produkter som er avhendet. Bygningsarbeidere kan benytte seg av reversible festemidler, slik at kompleksiteten knyttet til demontering reduseres. Arkitekter og ingeniører kan sørge for at det prosjekteres med materialer som egner seg for ombruk og som lar seg redokumentere ved behov. Artikkelen konkluderer med at strategier for de ulike aktørene i verdikjeden vil å øke sjansen for at de tre forholdene skal være til stede, og dermed legge til rette for at ombruk av byggematerialer kan skje i større grad (van den Berg et al., 2020).

Guerra & Leite trekker frem at de miljømessige fordelene med overgang til en sirkulær bygg- og anleggsbransje inkluderer redusert press på de globale økosystemene, reduksjon av råvareuttaket, reduksjon av klimagassutslipp og reduksjon av avfall fra bygg- og anleggsbransjen. I tillegg finnes økonomiske fordeler knyttet til ressurseffektivitet, demping av etterspørsel til materialer utsatt for prissvingninger, besparelser knyttet til bedre miljø- og folkehelse, samt nye arbeidsplasser. Artikkelen konkluderer med at overgangen til en sirkulærøkonomisk modell ikke har en universal løsning. Alle land må identifisere sine utfordringer og barrierer. Engasjement fra ulike aktører, slik som stat, næringsliv og akademia, samt utveksling og formidling av kunnskap er sentrale aspekter for å oppnå en mer sirkulær bygg- og anleggsbransje. FN peker på at sertifiseringsverktøy er nyttige for å påvirke prosjektering og bygging, særlig når dette også inngår i de nasjonale

dimensjoneringsstandardene. Artikkelen peker på beslutningstakere, investorer og byggherrer som de viktigste aktørene for en sirkulær overgang (Guerra & Leite, 2021).

4.2.4. Eksempler på ombruk

Denhart undersøker potensialet for ombruk av materialer fra bygninger ødelagt i forbindelse med en naturkatastrofe. Orkanen Katrina ødela i 2005 275 000 hus i New Orleans, hvor alle hus med en anslått ødeleggelsesgrad som overgikk 51 prosent, ble revet på konvensjonelt vis og behandlet som avfall. Mercy Corps, en humanitær organisasjon som arbeider i kriserammede områder, iverksatte et program for å gi nytt liv til noen av materialene som ellers ville blitt avfall. Basert på fire ødelagte hus, klarte Mercy Corps å bygge tre nye. Resultatet var en ombruksgrad på 72 prosent for materialer av tre, tilsvarende 76,3 tonn. Artikkelen tar til orde for å endre landets prosedyre med å gjøre alt om til avfall i opprydningsprosessen etter naturkatastrofer (Denhart, 2010).

«*Genbyg*» er Danmarks største byggemarked for brukte byggevarer med nærmere 80 000 varer på lager. Bedriften har siden 1998 spesialisert seg på kjøp og salg av brukte byggevarer og tiltrekker seg kunder fra hele verden. Demonterte byggevarer blir gjort tilgjengelig i nettbutikken, som benyttes av både private og profesjonelle kunder. «*Genbyg*» jobber også med forskjellige oppsirkuleringsprosjekter, blant annet ved å produsere designprodukter av gjenbruksmaterialer. Det tilhørende verkstedet har så langt produsert mer enn 2500 m² veggpaneler av brukt trevirke (Genbyg, u.å.).

5. Resultater

5.1. Intervjuutvalg

Det har gjennom hele prosessen vært av interesse å komme i kontakt med personer som har erfaring med ombruk av tre. Dette kan være erfaring i form av konkrete prosjekter hvor ombruk av tre har spilt en sentral rolle eller i form av tiltak eller initiativer som legger til rette for ombruk av tre. Formålet har vært å få en bedre forståelse av hvordan det i praksis er å prosjektere eller håndtere brukt trevirke basert på intervjuobjektene erfaring med dette. Det ble også identifisert et behov for å inkludere ulike aktører i bygg- og anleggsbransjen. Ambisjonsnivået for å øke graden av ombruk er stort, og en realisering av ambisjonene er avhengig av en samlet bygg- og anleggsbransje som trekker i samme retning. Å opparbeide et mer helhetlig bilde av hvilke muligheter og utfordringer knyttet til ombruk av tre som er aktuelt for bransjen som helhet ble ansett som relevant for oppgaven. Dette har materialisert seg i to intervjuutvalg.

5.1.1. Utvalg 1- representanter med erfaring knyttet til ombruk av tre

Utvalg 1 består av tre representanter med erfaring med ombruk av tre. Intervjuobjekt 1 og 2 har erfaring fra boligprosjekter hvor ombruk av tre har vært viktig. Intervjuobjekt 3 har erfaring fra å drive materialbank hvor utvalget av materialer av tre både er stort og variert.

Tabell 3. Oversikt over de ulike intervjuobjektene i utvalg 1

Intervjuobjekt	Prosjekt	Rolle
1	Boligprosjekt	Rådgiver
2	Boligprosjekt	Arkitekt
3	Materialbank	Formidling

5.1.2. Utvalg 2 – ulike aktører i bransjen

Utvalg 2 består av representanter for ulike aktører i bygg- og anleggsbransjen, hvor intervjuobjektene er valgt basert på rolle i bransjen og ikke på bakgrunn av erfaring med temaet. Formålet til denne tilnærmingen er først og fremst å ta temperaturen på temaet i bransjen ved å få et innblikk i hva slags holdninger de ulike aktørene har, samt å lære mer om hva slags utfordringer og muligheter som er aktuelle for dem. Utvalget kan ikke regnes som representativt for bransjen da det baserer seg på synspunkter fra en representant for hver av de ulike aktørene.

Et representativt utvalg kunne vært verdifullt, men ansett som for omfattende i forbindelse med en oppgave av dette omfanget.

Tabell 4. Oversikt over de ulike intervjuobjektene i utvalg 2

Intervjuobjekt	Aktør	Rolle
4	Entreprenør	Prosjektingeniør
5	Utøvende	Tømrer
6	Myndigheter	Byggesaksbehandler, avdelingsingeniør
7	Forvaltning og vern	Rådgiver forskning og fagutvikling
8	Akademia	Førsteamanuensis

5.2. Spørsmål og svar

Intervjuguiden til utvalg 1 er strukturert i to deler. Den ene delen inneholder spørsmål som er direkte knyttet opp mot intervjuobjektets erfaring med ombruk av tre. Den andre delen inneholder spørsmål som er direkte knyttet til forskningsspørsmålene i oppgaven. Intervjuguiden til utvalg 2 er også strukturert i to deler. På samme måte som for utvalg 1 får også utvalg 2 spørsmål som er knyttet til forskningsspørsmålene i oppgaven. I tillegg inneholder intervjuguiden til utvalg 2 spørsmål som dreier seg om deres rolle i bransjen og forhold til ombruk av tre. Svarene fra intervjuene vil presenteres i tre deler. Sammendrag fra intervjuene som bekrefter utsagnene fra de ulike intervjuobjektene ligger som vedlegg i oppgaven.

5.2.1. Spørsmål basert på erfaring med ombruk av tre

Boligprosjekter

Kan du fortelle litt om motivasjon og/ eller forutsetningene for å sette i gang prosjektet?

Intervjuobjekt 1 forteller at flere forhold lå til rette for at et slikt prosjekt kunne gjennomføres på den tida, inkludert en materialbank og fasiliteter for testing av materialer. I tillegg var det stor velvilje blant de involverte og en generell bevissthet rundt tema gjenbruk.

Intervjuobjekt 2 uttrykker at motivasjonen baserer seg på et ønske om å utfordre tanken på bolig som et investeringsprosjekt, samt å gjennomføre et reelt bærekraftig prosjekt.

Var det tilfeller av fritak eller dispensasjon fra regelverk i prosjektet?

Intervjuobjekt 1 opplyser at kvalitetskontrollen av materialene i prosjektet gjorde byggesaken tilnærmet ordinær, og at det ikke var spesielle dispensasjoner involvert.

Intervjuobjekt 2 informerer at det var fritak fra enkelte av energikravene i TEK, og at fritaket ble innfridd på grunnlag av at bygget skulle være enkelt mulig teknisk sett.. Intervjuobjekt 2 opplyser videre at vedkommende er kjent med dokumentasjonskrav som en barriere, men at ettersom konstruksjonsvirke ble kjøpt nytt, var det heller ikke relevant med redokumentasjon.

Kan du fortelle litt om hvordan prosessen med å bygge med brukte materialer er?

Intervjuobjekt 1 forteller at dersom materialbanken som samarbeidet med prosjektet hadde fått et større forsprang, ville dette gjort prosessen enklere både for de prosjekterende og de utførende aktørene. De prosjekterende ville hatt bedre oversikt over tilgjengelige materialer og de utførende ville mottatt materialer som krever minimal bearbeiding på byggeplass. Intervjuobjekt 2 opplyser at egen erfaring, samt innhenting av erfaringer fra andre, var med å legge grunnlaget for rammene i prosjektet. Videre forklarer intervjuobjekt 2 at prosjekteringen skjedde underveis, hvor de også bistod med veiledning. Rammene for prosjektet var både forankret ideologisk og konstruktivt, og var i praksis en gjennomtenkt reisverkkonstruksjon som enkelt lot seg tilpasse de brukte materialene som ble tilgjengelige.

Ble det benyttet brukte materialer til bærende konstruksjon?

Intervjuobjekt 1 bekrefter at brukte materialer ble brukt til bærende konstruksjon, og at mye ble omdimensjonert fra opprinnelig dimensjon til dagens standardiserte dimensjoner. Denne prosessen ble ikke videreført etter prosjektet på grunn av ressursene som krevdes, i tillegg til stor slitasje på utstyr.

Intervjuobjekt 2 opplyser at basert på samtaler med folk med relevant erfaring, ble tilgangen ansett som for dårlig og tidsbruken ansett som for høy til at brukte materialer til bærende formål ble aktuelt. Intervjuobjekt 2 opplyser likevel at det nye konstruksjonsvirke som ble benyttet, ble festet med festemidler som tillater fremtidig ombruk.

Har du noe formening om hvorfor det ikke finnes flere gode eksempler på ombruk av tre i nyere tid?

Intervjuobjekt 1 tror grunnen til at det ikke har skjedd flere prosjekter i deres regi handler om at de var litt for tidlig ute og at dersom det hadde skjedd i dag, ville det vært enklere å videreføre. Intervjuobjekt 2 uttrykker en viss undring over hvorfor det ikke finnes mange andre tilsvarende

eksempler ettersom oppmerksomheten rundt tema er stor. Intervjuobjekt 2 peker videre på et system for kjøp og salg av brukte byggevarer i større skala er nødvendig, samt at dette bør stimuleres til enten økonomisk eller via TEK. Intervjuobjekt 2 påpeker også viktigheten av å materialer som brukes i dag legger til rette for ombruk i fremtiden.

Materialbank

Hva var din motivasjon for å starte materialbank?

Intervjuobjekt 3 forteller at han alltid har vært glad i det gamle og setter stor pris på godt håndverk, i tillegg til et ønske om å tilby et alternativ til bruk og kast-praksisen som særlig i bygg- og anleggsbransjen er regjerende.

Hvordan er etterspørselen etter brukte materialer?

Intervjuobjekt 3 opplyser at etterspørselen er varierende, og ofte er påvirket av omtale i sosiale medier. Intervjuobjekt 3 forteller videre at de har åpent hver lørdag, hvor omsetningen er veldig varierende. I tillegg fungerer de som et formidlende ledd mellom dem som vil kvitte seg med brukte materialer og dem som ønsker å kjøpe det, slik at kostnader knyttet til demontering og mellomlagring kuttes.

Har dere erfaring med testing av produktegenskaper for brukte materialer?

Intervjuobjekt 3 forteller at de har kvalitetskontroll på enkelte produkter og at de har utført tester på bruddstyrken på ulike dimensjoner på bjelker. Intervjuobjekt 3 opplyser videre at ved testing av to bjelker av samme dimensjon kan styrken til den ene være halvparten av styrken til den andre, og dette gjør arbeidet med å dokumentere kvaliteten utfordrende. Kvaliteten på materialene er ofte tydelig visuelt, og en visuell sjekk er derfor vanligvis tilstrekkelig.

5.2.2. Spørsmål basert på rolle i bransjen og forhold til tema

Hva er ditt forhold til ombruk av tre?

Intervjuobjekt 4 svarer at det har vært prosjekter hvor ombruk har foregått innad i et sammen prosjekt.

Intervjuobjekt 5 opplyser at vedkommende ikke har vært involvert i tilfeller hvor ombruk av tre har vært vurdert eller gjennomført.

Intervjuobjekt 6 har vært involvert i flere prosjekter hvor ombruk av tre har vært vurdert. Det ene ble ikke realisert på grunn av manglende tilgang på materialer, det andre ble gjennomført og i ettertid ansett som vellykket.

Intervjuobjekt 7 har gjennom forskning på stavkirker vært opptatt av både hvordan stavkirkematerialer har blitt gjenbruk i både i nye kirker og i andre bygninger, men også hvordan forholdet til gjenbruk av endret seg over tid.

Intervjuobjekt 8 opplyser at vedkommende ikke har erfaring fra prosjekter hvor ombruk tre har vært tilstedeværende.

Hva gjør din del av bransjen i dag for å legge til rette for ombruk av tre?

Intervjuobjekt 4 forteller at firmaet har forsøkt å etablere en gjenbruksstasjon på byggeplass, hvor det er mulig å mellomlagre brukte materialer det kan bli bruk for senere, og foreslår dette i et mer organisert format. Videre uttrykker intervjuobjekt 4 at å bygge en kultur rundt ombruk som tema kunne gi god effekt.

Intervjuobjekt 5 opplyser om at det hender de kjører overflødige materialer tilbake til lageret, men at dette avhenger av at kostnaden knyttet til transport og timebruk er lavere enn verdien på materialene.

Intervjuobjekt 6 uttrykker at dersom et ønske om mer ombruk var inkludert i reguleringsplanen, ville det gjort saksbehandlingen enklere. Dette er likevel ansett som urimelig så lenge tilgangen på materialer er så uforutsigbar som den er. Ellers har kommunen mulighet til å gjøre unntak fra teknisk forskrift (TEK) dersom det legges frem nødvendig dokumentasjon av ytelser. Intervjuobjekt 7 opplyser at de gjennom istandsetting av både kulturminner og mer vanlige bygg sørger for direkte ombruk av hele eller store deler av bygninger. Intervjuobjekt 7 forteller videre at de arrangerer kurs som tar for seg vedlikehold og restaurering av gamle bygningsmaterialer og komponenter.

Intervjuobjekt 8 påpeker at de har hatt tilfeller av masteroppgaver med ombruk som tema, men så langt kun med andre type materialer enn tre.

Hvordan kan din del av bransjen bidra til å øke graden av ombruk av tre?

Intervjuobjekt 4 foreslår at ved å vektlegge hensyn til klima og miljø i større grad i anbudskonkurranser ville ombruk blitt et mer aktuelt tema og at dersom det stilles andre krav enn pris alene fra politisk hold, kan dette gi stor effekt. Intervjuobjekt 4 foreslår også en form merking og markedsføring av bærekraftige prosjekter hvor man selger sluttproduktet for en pris justert etter merkostnaden knyttet til ombruk, på samme måte som for økologiske produkter i

matvarebransjen. Andre tiltak er å utfordre tradisjonelle utføringsmetoder og identifisere områder hvor nøyaktighet og kvalitet kan tilfredsstilles av ombrukstrevirke.

Intervjuobjekt 5 peker på økt bevissthet og nøyaktighet når det kommer til sortering av avfall, inkludert treavfall, men påpeker samtidig at effekten av tiltaket er avhengig av hva som skjer med avfallet i neste ledd.

Intervjuobjekt 6 uttrykker at et generelt større fokus på ombruk kunne vært positivt, samt at de i saker hvor ombruk blir diskutert er løsningsorienterte og hjelper til med å navigere i regelverket. Tillatelser kan likevel ikke deles ut uten videre, og intervjuobjekt 6 fremmer at mer og bedre tilpassede overordnede regler ville gjort oppfølgingen og realiseringen enklere. Intervjuobjekt 7 opplyser at satsningen på istandsetting og videresalg av mer vanlige bygg skal fortsette. I tillegg er de involvert i et initiativ som skal stimulere til at dette kan skje i større grad, ved at kommuner knytter sammen folk som har et ønske om å sette i stand bygg med folk som eier bygg som forfaller.

Intervjuobjekt 8 uttrykker at en viktig forutsetning for å lære om ombruk av materialer, er at man først har gode kunnskaper om det aktuelle materialet. Fokuset på konstruksjonsmaterialer av tre, både i form av heltre, limtre og massivtre er økende, og på sikt kan det tenkes at ombruk av slike materialer vil være aktuelt å inkludere i undervisningen.

5.2.3. Spørsmål knyttet til forskningsspørsmålene i oppgaven

Egnethet. Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Utvalg 1.

Intervjuobjekt 1 mener egnetheten kommer med visse forbehold. Direkte ombruk er å foretrekke fremfor ombruk som krever bearbeiding av materialet, hvor de miljømessige fordelene vil bli mindre med mer bearbeiding. Intervjuobjekt 1 trekker også frem viktigheten av et profesjonelt apparat med tanke på organisering og kompetanse.

Intervjuobjekt 2 uttrykker at tre er helt optimalt for ombruk på grunn av muligheten for å bearbeide, håndtere og siden det er et rasjonelt materiale som er forståelig for mennesker. Historikken knyttet til ombruk er også unik, i tillegg bringer brukte materialer med seg en helt annen identitet og historie enn nye.

Intervjuobjekt 3 anser formålet som avgjørende, ettersom beregning av styrke og dokumentasjon av produktegenskaper er utfordrende for materialer som skal brukes i bærende konstruksjon, men ser store muligheter for ombruk til mer estetiske formål.

Utvalg 2.

Intervjuobjekt 4 tenker trevirke er det materiale som enklest lar seg ombruke med en lite komplisert form for prosessering, slik som å ta ut spiker og skruer samt bearbeiding av overflater. Intervjuobjekt 4 opplyser videre at trevirke brukes av flere faggrupper i en byggeprosess, og at flere derfor kan ha behov for de samme materialene.

Intervjuobjekt 5 forteller at hvor godt materialer av tre egner seg ombruk vil i stor grad være avhengig av hvor utsatt materialet har vært for ytre påkjenninger, i tillegg til om festemidlene som er brukt tillater skånsom demontering.

Intervjuobjekt 6 mener tre av god kvalitet er godt egnet for ombruk, og viser til hvor utstrakt ombruk har vært tradisjonelt sett.

Intervjuobjekt 7 henviser også til ombruk tradisjonelt sett, og trekker frem hvor kreativt dette ble utført, ved at man brukte hva man hadde og tilpasset det etter hva man trengte.

Intervjuobjekt 8 uttrykker at hun ikke har erfaring på feltet, men på generelt grunnlag tenker materialet er godt egnet for ombruk.

Utfordringer og barrierer. Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Utvalg 1.

Intervjuobjekt 1 trekker frem en manglende markeds plass og et manglende apparat som sentrale utfordringer, i tillegg til bruk og kast-mentalitet i bygg- og anleggsbransjen og at råvareprisen lenge har vært lav.

Intervjuobjekt 2 peker på utfordringer knyttet til klassifisering av brukte materialer som skal brukes til bærende formål. I tillegg kan korte lengder være en utfordring for konstruksjonsvirke, ettersom mye enten er avkapp eller beskåret i rivningsprosessen. For kledning eller ikke-konstruktive materialer, er det annerledes og her oppfordrer intervjuobjekt 2 til å utnytte dette estetisk.

Intervjuobjekt 3 trekker frem kostnader til logistikk, håndtering og mellomagring som utfordringer. I tillegg er kvaliteten på produktet i utgangspunktet viktig for at det skal være relevant for ombruk i fremtiden.

Utvalg 2.

Intervjuobjekt 4 svarer at kostnader i form av arbeidstimer knyttet til bearbeiding av materialene er en sentral utfordring og at det i en bransje med små marginer vil være pris som til slutt er avgjørende. Intervjuobjekt 4 viser til at det i deres prosjekter ofte er billigere å kaste brukte forskalingsmaterialer og kjøpe nye, enn å rense de brukte materialene slik at de kan brukes på nytt, i tillegg til at kvaliteten på sluttprodukt kan bli påvirket dersom de brukte materialene ikke

er like rene som nye. Intervjuobjekt 4 peker videre på usikkerheten knyttet til kvaliteten på brukt virke til konstruktive formål, og en tankegang om at det som er nytt er det eneste som er godt nok.

Intervjuobjekt 5 påpeker at kostnaden på timebruken knyttet til skånsom rivning samt videre håndtering av materialene er vanskelig å forsvare økonomisk, i tillegg til at det er vanskelig å garantere for produktenskapene.

Intervjuobjekt 6 trekker frem forskriftskrav i TEK som utfordrende, særlig i tilfeller med gjenbruk av hele bygninger ettersom disse opprinnelig ikke er bygd etter nåværende krav.

Intervjuobjekt 7 trekker frem at bruk og kast-holdningen til bygg er en stor utfordring, i tillegg til levetiden som ofte kan være så kort som 20-30 år. Intervjuobjekt 7 uttrykker også bekymring for sårbarheten til de tradisjonelle håndverksfagene ettersom dette i mange tilfeller er en forutsetning for gjenbruk av bygninger og materialer.

Intervjuobjekt 8 trekker frem treets fysiske egenskaper og tilstand som avgjørende for at materialet kan brukes på nytt. Skader påført av vær eller insekter er en utfordring. Negativ påvirkning på grunn av tid er isolert sett ikke relevant.

Potensial. Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Utvalg 1.

Intervjuobjekt 1 tror mulighetene er mange dersom det skjer endringer i rammebetingelsene og om kreative sjeler slipper til. Intervjuobjekt 1 påpeker også viktigheten av at bygg som bygges nå, bygges på en måte som tillater fremtidig ombruk.

Intervjuobjekt 2 uttrykker et potensial som er enormt, enten i form av direkte ombruk eller som råstoff til nye produkter.

Intervjuobjekt 3 mener det er mulig å møte ambisjonene som finnes for tema, men ønsker en fordeling av økonomiske midler som gir flere konkrete resultater. Intervjuobjekt 3 foreslår også en ordning som både belønner de utførende som tar på seg oppdrag og de kundene som prioriterer ombruk i form av eksempelvis momsfratak eller skattefradrag.

Utvalg 2.

Intervjuobjekt 4 mener det er et potensial der, og viser til at trevirke står for 39 prosent av avfallet på deres byggeplass alene. Intervjuobjekt 4 foreslår videre at det største potensialet for ombruk finnes i rehabiliteringsprosjekter, hvor man kan bruke mest mulig av den opprinnelige konstruksjonen videre.

Intervjuobjekt 5 mener at det er et potensial, særlig som råstoff til nye materialer og påpeker miljøgevinsten knyttet til å bruke materialene lenger.

Intervjuobjekt 6 er positiv til en økt grad av ombruk til tross for hva dette vil kreve i forbindelse med saksbehandling. Videre opplyser intervjuobjekt 6 om en konkret utvikling om hvordan man forholder seg til det å redde hus som er i veien for utbygging, hvor tilnærmingen tidligere har vært å redde hus på stedet de står, men at nå flytting, og dermed direkte ombruk, er en løsning som er mer akseptert.

Intervjuobjekt 7 tror tiden er inne for en slik type tankegang, og at dette også vil gjelde bygg. Generasjonen som vokser opp nå er mer miljøbevisst enn tidligere, og etter hvert som bygningsvern i større grad blir ansett som miljøvern, vil dette også få enda større fokus for enda flere.

Intervjuobjekt 8 uttrykker at vedkommende ikke ser noen grunn til at det ikke kan skje i større grad.

6. Diskusjon

En forutsetning for ombruk av tre er at materialet egner seg for det. For oppgaven har det vært interessant å undersøke om materialet endrer seg over tid og å forstå hva slags endringer som eventuelt skjer. I den norske litteraturen som teorigrunlaget baserer seg på er dette nærmest tatt for gitt. Dette ble derfor tidlig i prosessen identifisert som et aktuelt område å se nærmere på og spørsmålet har fått et betydelig fokus i møte med litteraturen og intervjuobjektene.

Slik det kommer frem i både teori og litteratur er trevirke et sammensatt bygningsmateriale. Materialets anisotropiske karakter sørger for store variasjoner i egenskaper både mellom de ulike treslagene og innad i samme treslag. Naturlige feil og uregelmessigheter vil også påvirke egenskapene. Både intervjuobjekt 5 og intervjuobjekt 8 peker på eksponering mot fysiske og biologiske påkjenninger som relevante for hvor egnet materialet er for ombruk. I tillegg blir den opprinnelige kvaliteten på materialene trukket frem av intervjuobjekt 3, intervjuobjekt 6 og intervjuobjekt 8 som en viktig forutsetning for fremtidig ombruk.

Mangelen på en standardisert form for vurdering av produktegenskaper til brukt trevirke blir identifisert som en sentral barriere i både teori og litteratur. Utfordringen er åpenbart ikke bare aktuell i Norge, og blir adressert som en tilsvarende utfordring også i andre europeiske land. Intervjuobjekt 2, intervjuobjekt 3, intervjuobjekt 4 og intervjuobjekt 5 understreker at dokumentasjon av styrkeegenskaper til brukt trevirke er utfordrende. Intervjuobjekt 3 henviser til bøyningstester i egen regi som gav stor variasjon i resultatene for bøyefasthet. Likevel hevder intervjuobjekt 8 at alder alene ikke vil påvirke egenskapene isolert sett, en påstand som støttes av litteraturen som er gjennomgått.

Trevirkets egnethet for ombruk fremstår i dag som avhengig av tiltenkt formål. Til formål som krever en nøyaktig fastsettelse av trevirkets egenskaper er brukt trevirke i liten grad konkurransedyktig sammenlignet med nytt trevirke. Selv om litteraturen og resultatene tyder på at egenskapene i mange tilfeller vil være tilstrekkelige, vil den nåværende mangelen på en standardisert form for styrkeevaluering gjøre prosessen utfordrende. Dette er et syn som deles av intervjuobjekt 2 og intervjuobjekt 3, som peker på utfordringer med ombruk av tre til bærende formål. Standarder som tar for seg brukt trevirke i eller fra eksisterende konstruksjon slik som den sveitsiske SIA 269:2011 og de italienske UNI 11119 og UNI 11138 bør

undersøkes nærmere for å se om disse kan legge grunnlaget for en tilsvarende norsk eller europeisk standard.

Til formål hvor en nøyaktig fastsettelse av trevirkets egenskaper ikke er nødvendig peker samtlige resultater på at brukt trevirke egner seg godt for ombruk. Intervjuobjekt 2 og intervjuobjekt 3 ser store muligheter for ombruk til mer estetiske formål. Muligheten for å bearbeide trevirke bidrar til å gjøre materialet relevant for ombruk. Intervjuobjekt 4 argumenterer for at trevirke er det bygningsmaterialet som enklest lar seg ombruke på bakgrunn av at det kan bearbeides med lavteknologiske prosesser. Intervjuobjekt 2 begrunner også egnetheten med mulighetene til å bearbeide materialet, og anser tre som et bygningsmateriale som er enkelt å forstå seg på for mennesker. I tillegg argumenterer intervjuobjekt 2 sammen med intervjuobjekt 6 og intervjuobjekt 7 for egnetheten basert på den lange historien tre har for ombruk, hvor intervjuobjekt 7 trekker frem hvor kreativt og kompromissløst dette har blitt gjort tidligere. Intervjuobjekt 2 uttrykker videre at historien til de brukte materialene gir dem en identitet som nye materialer ikke kan tilby.

Slik situasjonen er i dag vil likevel andre faktorer avgjøre om ombruk er aktuelt i praksis. Opprinnelig byggeteknikk, benyttede festemidler og eventuell modifisering, samt form for rivning vil påvirke mulighetene for ombruk. Et kompetanseløft som tar for seg behandling og tilrettelegging for at brukte materialer kan brukes videre, kan løse flere av disse utfordringene. Dette er særlig aktuelt i videregående opplæring og i akademia hvor teorikapittelet viser at temaet i liten grad blir behandlet i dag. En forståelse av hvorfor dette er viktig og hvordan det kan gjøres som deles av de som bygger eller demonterer og de som prosjekterer eller dimensjonerer kan øke sannsynligheten for at ombruk blir vurdert og i så fall håndtert på et vis som i størst mulig grad legger til rette for ombruk.

En ikke-eksisterende verdikjede blir i teorikapittelet identifisert som en av de store barrierene som hindrer ombruk i dag. Lave materialkostnader sørger for lite insentiv for å selge overskuddsmaterialer eller brukte materialer. Intervjuobjekt 4 viser til at det i deres prosjekter ofte er billigere å kaste brukte forskalingsmaterialer og kjøpe nye, enn å rense de brukte materialene slik at de kan brukes på nytt. Intervjuobjekt 5 opplyser om at det hender de kjører overflødige materialer tilbake til lageret, men at dette er avhengig av at kostnaden knyttet til transport og timebruk er lavere enn verdien på materialene. Intervjuobjekt 5 presiserer at dette

kan endre seg i takt med stigende materialpriser. Det er også tydelig at det i dag er vanlig å prosjektere med svinn fordi det kan forsvares økonomisk.

Kombinasjonen av rikelig tilgang og lave materialpriser på trevirke er forhold som lenge har vært tilstedeværende i Norge, noe som også påpekes av intervjuobjekt 1. De siste årene har derimot prisen på trevirke opplevd en kraftig prisvekst. Omfattende barkebilleangrep i Canada har gitt stor etterspørsel etter europeisk trelast i Nord-Amerika. Etterspørselen har gitt økte eksportprisen som har påvirket prisnivået generelt. Om prisnivået stabiliserer seg eller fortsetter å øke, kan dette potensielt bidra til å øke etterspørselen etter brukt trevirke. Dette fremstår som en av få muligheter for at en etterspørsel kan vokse frem organisk i et lineærøkonomisk system.

Kostnad og tidsbruk knyttet til demontering, marked for brukte materialer og kostnader knyttet til logistikk er faktorer som vil påvirke overgangen til en sirkulærøkonomisk bygg- og anleggsbransje. Intervjuobjekt 4 forteller at kostnader i form av arbeidstimer til bearbeiding av brukte materialer er utfordrende i en bransje med små marginer. Intervjuobjekt 1, intervjuobjekt 2 og intervjuobjekt 4 etterlyser en markeds plass eller et system for kjøp og salg av brukte byggevarer i en større skala. Intervjuobjekt 6 understreker utfordringen og påpeker at det er vanskelig å oppfordre til ombruk så lenge tilgangen er så uforutsigbar som den er. Intervjuobjekt 3 trekker frem kostnader forbundet med logistikk, håndtering og mellomlagring som utfordrende.

En markeds plass for kjøp og salg av brukte varer finnes det eksempler på i Norge slik det kommer frem i teorikapitlet. Intervjuobjekt 3 har erfaring fra å drive materialbank og forteller at omsetningen er uforutsigbar og etterspørselen varierende. Etterspørselen er også påvirket av omtale i sosiale medier som kan skape ringvirkninger i lang tid. I tillegg til lagring prøver firmaet å fungere som et formidlende ledd mellom dem som vil kvitte seg med brukte materialer og dem som ønsker å kjøpe det, slik at kostnader knyttet til demontering og mellomlagring kuttes. Intervjuobjekt 1 forteller at dersom materialbanken som samarbeidet med prosjektet deres hadde fått et større forsprang, ville dette gjort prosessen enklere både for de prosjekterende og de utførende aktørene. De prosjekterende ville hatt bedre oversikt over tilgjengelige materialer og de utførende ville mottatt materialer som krevde minimal bearbeiding på byggeplass. Materialbanker fremstår som viktige og hensiktsmessige tiltak både for å belyse temaet og for å gjøre brukte materialer til et reelt alternativ.

I litteraturkapittelet blir den danske nettbaserte materialbanken «Genbyg» presentert. Dette er en etablert materialbank med lang erfaring og stort varelager som tiltrekker seg interesse fra både private og profesjonelle kunder. «Genbyg» har i senere tid utvidet driften med oppsirkuleringsprosjekter som baserer seg på brukte materialer. Dette bør være et eksempel til etterfølgelse i forbindelse med etableringen av materialbanker av tilsvarende omfang i Norge, slik som Sirkulær Ressurssentral.

En annen barriere identifisert i teorikapittelet og som blir bekreftet i litteraturkapittelet, er konvensjonell rivning. Denne formen for rivning behandler alt som avfall, i motsetning til selektiv rivning hvor materialene demonteres og sorteres basert på materialtype. Selektiv rivning er mer tids- og ressurskrevende og er som tidligere nevnt ansett som økonomisk utfordrende av flere intervjuobjekter. I dag fremstår vilje og kompetanse som forutsetninger for at selektiv rivning skal velges fremfor konvensjonell rivning.

En forutsetning for å ville noe er å ha en forståelse av hva slags fordeler og betydning dette har. Selv om vilje og kompetanse er to forskjellige faktorer, vil viljen til å velge det ene eller det andre avgjøres av hvilken kompetanse vedkommende har for å gjøre dette valget. Slik det kommer frem i teorigrunnet er alternative former for rivning ikke en del av den videregående opplæringen i de relevante bygg- og anleggslinjene, noe som også understrekes i samtale med intervjuobjekt 5. Av egen erfaring har hverken forutsetninger for eller fordeler med ombruk blitt behandlet i undervisningssammenheng i løpet av mine fem år som student ved to ulike universiteter. Intervjuobjekt 8 bekrefter at temaet har lite fokus per i dag, men at det kan bli aktuelt å inkludere i undervisningen som et resultat av mer fokus på tre generelt. Egne studieretninger på videregående og akademiske nivå med fokus på en mer sirkulærøkonomisk bygg- og anleggsbransje kunne vært en løsning. Aktører som er skolert innen tema vil i større grad sørge for at bygg både bygges og prosjekteres på en måte som legger til rette for fremtidig ombruk.

Slik det kommer frem i samtale med intervjuobjekt 4 og intervjuobjekt 5 er ombruk sjeldent økonomisk forsvarlig slik situasjonen er nå. Dette er en faktor som fortsatt vil hindre ombruk til tross for økt kompetanse. Selv om bygningsarbeidere, entreprenører og ingeniører er klar over fordelene ombruk fører med seg, vil alternativet som er mest økonomisk gunstig være utslagsgivende i en bransje som opererer på små marginer. Intervjuobjekt 3 foreslår en ordning som belønner både utførende som tar på seg oppdrag med ombruk og kundene som velger

ombruk i form av eksempelvis et momsfritak eller skattefradrag. En form for økonomisk stimulering er noe som også foreslås av intervjuobjekt 2 og intervjuobjekt 7. I Norge finnes det eksempler på incentivordninger med gode resultater, som for eksempel elbilpolitikken. Dersom den politiske viljen til å implementere sirkulærøkonomiske tiltak er stor nok, kan en tilsvarende løsning være aktuell for å stimulere til mer ombruk.

En annen barriere som ble identifisert i teorikapittelet og senere bekreftet i litteraturkapittelet er dokumentasjonskrav av produktegenskaper. Kravene finnes i forskrift om dokumentasjon og omsetning av produkter til byggverk (DOK) som gjennomfører EUs byggevareforordning i Norge. Slik byggevareforordningen tolkes i dag, blir dokumentasjonskrav til produktegenskaper gjeldende ved omsetning uavhengig om produktet er CE-merket eller ikke. Omsetning betyr i denne sammenhengen ved eierskifte, og vil dermed gjelde både ved salg og om produktet gis bort. Dersom en aktør ønsker å kvitte seg med en brukt byggevare er det altså aktøren selv som har ansvar for å dokumentere produktegenskapene til produktet som skal omsettes. Dette gjør det tungvint og potensielt dyrt å kvitte seg med brukte byggevarer, og vil sammen med lav etterspørsel gjøre omsetning lite attraktivt.

Siden dokumentasjonskravene stammer fra EUs byggevareforordning er dette en problemstilling som gjelder de fleste europeiske land. Kravene til dokumentasjon av produktegenskaper ved omsetning av CE-merkede produkter er obligatoriske i EU, og nasjonale tilpasninger er dermed ikke mulig. Det nasjonale handlingsrommet dreier seg i stor grad om hva slags regler som skal gjelde for byggevarer som ikke er CE-merket. Slik det kommer frem i teorikapittelet blir kravet om dokumentasjon av produktegenskaper gjeldende ved omsetning også for byggevarer som ikke er CE-merket. Denne tilnærming deles ikke av vårt naboland øst, hvor det er aktøren som skal bruke den brukte byggevaren som har ansvar for å dokumentere produktegenskapene og ikke aktøren som skal omsette byggevaren.

Som det kommer frem i teorikapittelet er den norske forskriften om omsetning og dokumentasjon av produkter under behandling hos Kommunal- og distriktsdepartementet (KDD) i forbindelse med en potensiell endring. Da den foreslåtte endringen ble oppdaget, ble det tatt kontakt direkte med KDD for å undersøke når et utfall var ventet. Dette hadde KDD ikke mulighet til å gå ut med og saken er på tidspunktet oppgaven skrives fremdeles til behandling. Det er likevel ventet at den foreslåtte endringen vil gå gjennom, noe som i praksis vil bety en tolkning som minner om den som finnes i Sverige. Dersom endringen blir vedtatt

vil en slik tilnærming gjøre regelverket enklere å forholde seg til, i tillegg til at ansvaret for å vurdere produktet vil være hos parten som ønsker å benytte seg av det. Parten som ønsker å benytte seg av et brukt produkt vil naturligvis ha en annen motivasjon for å gjøre denne evalueringen enn parten som vil kvitte seg med det og endringen fremstår derfor som hensiktsmessig.

Byggteknisk forskrift legger til rette for fremtidig ombruk i §9-5, som krever at det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning. TEK17 legger i liten grad til rette for ombruk av brukte materialer eller komponenter kan skje i dag, noe som bekreftes av intervjuobjekt 6. Intervjuobjekt 6 forteller at kommunen har mulighet til å gjøre unntak fra byggteknisk forskrift dersom det legges frem nødvendig dokumentasjon av ytelser, men påpeker at dette kan være en utfordrende prosess dersom det er snakk om hele bygg. Intervjuobjekt 6 presiserer at tillatelser ikke kan deles ut uten videre, og uttrykker at bedre tilpassede overordnede regler ville gjort oppfølgingen og realiseringen enklere. Intervjuobjekt 2 ønsker en byggteknisk forskrift som stimulerer til ombruk gjennom å tillate alternative løsninger. En ny byggteknisk forskrift skulle etter planen blitt lansert 1.1.2022, men lanseringen er utsatt inntil videre.

Som presentert i teorigrunnlaget har Norge en lang og spennende historie med ombruk av tre. Det er særlig interessant å tenke over tilnærmingen til ombruk og hvor kompromissløst dette ble gjort tidligere. Som intervjuobjekt 7 påpeker var det vanlig å bruke det som var tilgjengelig og tilpasset det etter hva det var behov for. «Klokkarlåven» er et godt eksempel på hvor langt folk var villige til å gå, samtidig som det understreker hvor verdifulle materialer av tre var. Her ble benkerader fra stavkirken brukt til å bygge kornbinge og den dekorerte himlingen fikk nytt liv som utvendig kledning. Selv om en slik form for ombruk er vanskelig å se for seg og lite anvendelig i dagens samfunn, er det mye å lære av tankegangen i historisk bygningsplanlegging.

Praksisen med å benytte seg av byggeteknikker og materialer som tillater fremtidig ombruk er noe som bør gjeninnføres i bygg- og anleggsbransjen. Behov vil som før i tiden alltid forandre seg, og da bør det velges byggeteknikker og materialer som tillater det. Hus som bygges i dag med lite fokus på reversible festemidler og materialer som egner seg for ombruk, vil i praksis sørge for at bygg- og anleggsbransjen fortsetter å generere store mengder avfall også i fremtiden. Intervjuobjekt 1, intervjuobjekt 2, intervjuobjekt 3 og intervjuobjekt 5 peker alle på

viktigheten av å benytte byggeteknikker, materialer, og festemidler som tillater at fremtidig ombruk kan finne sted. Intervjuobjekt 7 opplyser at de gjennom istandsetting av både kulturminner og mer vanlige bygg sørger for direkte ombruk av hele eller store deler av bygninger, noe som ville vært umulig dersom byggene ikke var bygd på en måte som tillot det i utgangspunktet.

Som definert i teorigrunnlaget baserer en lineærøkonomisk modell seg i stor grad på å produsere produkter som tilfredsstillende et bestemt formål for en viss periode. Prisen på produktet er gjerne relativt lav ettersom produksjonsvolum er høyt og kravene til kvalitet først og fremst er bestemt av forventet levetid. Den forventede levealderen er vesentlig lavere enn hva som var vanlig tidligere ettersom prisen på materialene er på et nivå som tillater utskiftning oftere. Lavere forventet levetid fører til lavere krav til kvalitet, ettersom kravenes formål primært er å sørge for en kvalitet som svarer til den gitte levetiden og ikke nødvendigvis lenger. Lav levetid på produkter og materialer blir av intervjuobjekt 3 og intervjuobjekt 7 pekt på som en faktor som vil gjøre dagens produkter lite aktuelle for ombruk i fremtiden. Intervjuobjekt 7 uttrykker videre en bekymring for sårbarheten til de tradisjonelle håndverksfagene ettersom dette i mange tilfeller er en forutsetning for ombruk av eldre bygninger og materialer. Intervjuobjekt 7 opplyser at dette er noe de arbeider aktivt med gjennom å arrangere kurs som tar for seg vedlikehold og restaurering av gamle bygningsmaterialer og komponenter.

Produkter og materialer som ikke har noe verdi utover den forventede levealderen, vil primært være aktuelle for energigjenvinning og som avfall. Bruk og kast-kultur blir av intervjuobjekt 1, intervjuobjekt 2, intervjuobjekt 3, intervjuobjekt 4 og intervjuobjekt 7 ansett som den regjerende mentaliteten i bygg- og anleggsbransjen, og utgjør naturligvis en barriere for ombruk. En endring av denne mentaliteten er å anse som essensiell for at en forandring skal finne sted og om de nasjonale ambisjonene skal realiseres. Intervjuobjekt 4 fremmer at å bygge en ombrukskultur i bransjen kunne gi god effekt.

Et interessant synspunkt fra intervjuobjekt 3 er motivasjonen bak å starte materialbank. Intervjuobjekt 3 forteller om en fasinasjon over godt håndverk, og over hva tidligere generasjoner fikk til med lite midler og enkle verktøy. Selv om ombruk sørger for gode ringvirkninger med tanke på klima og miljø, er det først og fremst bygningsvernet som driver intervjuobjekt 3. Her er det et potensial for å forene to interesseområder. Å anse bygningsvern som en miljøvernsak vil bidra til å gjøre ombruk og sirkulærøkonomi i bygg- og

anleggsbransjen relevant for en større del av befolkningen, både geografisk og demografisk. Dette understrekes også av intervjuobjekt 7 som presiserer at generasjoner som vokser opp nå er mer miljøbevisst enn tidligere, og at etter hvert som bygningsvern i større grad blir ansett som miljøvern, kan dette også få enda større fokus for enda flere.

Både intervjuobjektene og litteraturkapittelet bekrefter at ombruk harmoniserer med miljøvern. Ombruk av tre fremstår som det foretrukne valget fremfor energigjenvinning siden tre binder karbon frem til nedbrytning eller forbrenning. Det hersker også en viss uenighet knyttet til beregning av biogent karbonopptak. Den vanligste formen for beregning setter opptak i vekstfasen lik utslipp i avhendingsfasen, men er omdiskutert ettersom den ikke tar hensyn til tidsperspektivet eller rotasjonsperioden i skogbruket. Intervjuobjekt 1 påpeker også at ombruk som ikke krever bearbeiding er å foretrekke fremfor ombruk som krever bearbeiding, ettersom de miljømessige fordelene vil bli mindre med mer bearbeiding.

I møte med spørsmålet om ombruk av tre kan skje i større grad, var det konsensus om dette i begge intervjuutvalg. Intervjuobjekt 4 påpeker at tre alene står for 39 prosent eller 414 tonn av avfallet på deres byggeplass. Intervjuobjekt 2 og intervjuobjekt 5 trekker frem et potensial i form av råstoff i nye produkter. Det er rimelig å anta at det da er snakk om plateprodukter bestående av flis eller spon. Slike plateprodukter er noe intervjuobjekt 3 uttrykker en viss skepsis til i forbindelse med fremtidig ombruk, noe som stemmer godt overens med vurderingen av ombruksverdien til plateprodukter som blir presentert i teorigrunnet og bør derfor undersøkes nærmere. Intervjuobjekt 4 foreslår at det største potensialet for ombruk finnes i rehabiliteringsprosjekter hvor mest mulig av den opprinnelige konstruksjonen kan brukes videre.

Overgangen til en mer sirkulærøkonomisk bygg- og anleggsbransje vil kreve samarbeid mellom de ulike aktørene. En sentral aktør for å initiere en slik overgang er det offentlige, som har muligheten til å stimulere både økonomisk og gjennom regelendringer. Intervjuobjekt 1 trekker frem endringer av rammebetingelser som viktig dersom endringer skal skje. Intervjuobjekt 4 foreslår at det offentlige vektlegger sirkulærøkonomiske prinsipper i større grad i anbudskonkurranser, ettersom ombruk gjør det vanskelig å konkurrere på pris slik situasjonen er i dag. Bedre tilpassede overordnede regler blir også utpekt av intervjuobjekt 6 som en faktor som ville gjort oppfølgingen og realiseringen av ombruksprosjekter enklere. Intervjuobjekt 7 forteller om et initiativ hvor kommuner knytter sammen folk som har et ønske om å sette i stand

bygg med folk som eier bygg som forfaller. Dette fremstår som et lite ressurskrevende sirkulærøkonomisk tiltak som flere kommuner bør undersøke og potensielt adoptere.

7. Konklusjon

Formålet med denne oppgaven har vært å vurdere hva slags verdi materialer av tre har i et sirkulærøkonomisk perspektiv ved å undersøke hva slags utfordringer og muligheter som er aktuelle i den sammenheng.

Til tross for at historien med ombruk av tre både er lang og utstrakt, skjer det i dag i liten grad. Resultatene i oppgaven peker på at ombruk av tre er mulig, men med visse forbehold. Selv om funnene tyder på at egenskapene ikke endrer seg betraktelig av alder isolert sett, gjør mangelen på en standardisert form for evaluering av brukt trevirke ombruk vanskelig i praksis slik situasjonen er i dag. Det finnes likevel formål hvor fullstendig oversikt over materialeegenskapene ikke er nødvendig. Dette kan være bygningsdeler hvor primærfunksjonen er ikke-bærende eller estetisk. Det pekes også på at formål som krever liten grad av bearbeidelse er å foretrekke ettersom dette bevarer mest mulig av gevinsten knyttet til klimagassutslipp.

I utdanningen av prosjekterende og utførende aktører blir den sirkulærøkonomiske tankegangen og hvorfor den er viktig, samt opplæring i hvordan å legge til rette for ombruk i liten grad behandlet. Dagens regelverk legger i liten grad til rette for ombruk og bidrar dermed til å gjøre valget mellom nytt og brukt enkelt. Det er naturlig å nevne at ny TEK og endring i DOK er nært forestående, og gunstige endringer med tanke på ombruk kan være på vei. En ikke-eksisterende verdikjede for brukte materialer og komponenter fremstår som en omfattende og sammensatt barriere. Lav etterspørsel sørger for lite insentiv for å samle og organisere brukte materialer for salg, som igjen gir en uforutsigbar tilgang for dem som ønsker å kjøpe det.

Resultatene fremstår unisone med tanke på at ombruk av tre kan skje i større grad, men en slik endring er avhengig av konkrete tiltak. Et kompetanseløft i form av å implementere den sirkulærøkonomiske tankegangen og dermed ombruk på både videregående og akademisk nivå fremstår som en sentral forutsetning for at mentaliteten i bransjen skal endres. Det er også behov for et regelverk som legger til rette for og oppfordrer til ombruk dersom myndighetene mener alvor med de uttalte ambisjonene. Det bør også i større grad være lønnsomt å ta valg som harmonerer med myndighetenes ambisjoner. En incentivordning som belønner både dem som velger å selge og dem som velger å kjøpe brukte varer kunne bidratt til å etablere verdikjeden som mangler.

8. Videre arbeid

I konklusjonskapittelet i denne oppgaven blir det etterlyst en standardisert form for styrkeevaluering av demontert konstruksjonsvirke og konstruksjonsvirke i eksisterende konstruksjon. Som det kommer frem i litteraturkapittelet finnes det standarder i andre europeiske land som tar for seg dette, både den sveitsiske SIA 269:2011 og de italienske UNI 11119 og UNI 11138. En undersøkelse av erfaringene knyttet til anvendelsen av disse standardene ville vært et interessant steg videre for å se om disse kan legge grunnlaget for en tilsvarende norsk eller europeisk standard.

I litteraturkapittelet blir det presentert flere ikke- og semidestruktive testmetoder for å evaluere den gjenværende styrken til brukt trevirke som viser interessante resultater sammenlignet med destruktive tester. Ingen av disse testene er utført på trevirke som har vært utsatt for norske forhold. Et eksperimentelt forsøk som tar for seg disse testmetodene og sammenligner resultatene for nytt og brukt trevirke i Norge, fremstår som et relevant steg videre.

Denne oppgaven tar i hovedsak for seg ombruk av heltre, slik som det blir avklart i innledningskapittelet. Andre bygningsmaterialer av tre, slik som massivtre og limtre, har mange av de samme fordelene som heltre og blir i økende grad benyttet i alt fra boliger til broer. En undersøkelse av hvordan tid og bruk påvirker bygninger og konstruksjoner av andre bygningsmaterialer av tre, anses som et relevant og viktig steg videre.

9. Referanser

- Asplan Viak. (2019). *BYGG- OG ANLEGGSSSEKTORENS KLIMAGASSTUTSLIPP*. Tilgjengelig fra: https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf (lest 20.03.2022).
- Berg, A. & Sindig-Larsen, E. (red.). (1968). *Tegninger samlet eller utført av Gerhard Schøning*. Oslo: Foreningen til norske fortidsminnemerkeres bevaring
- Bergsdal, H., Brattebø, H., Bohne, R. A. & Müller, D. (2007). Dynamic material flow analysis for Norway's dwelling stock. *Building Research & Information*, 35: 557-570. doi: 10.1080/09613210701287588.
- Borgen, L. W. (2013). "ET CAPELL PAA ØREN I LOUGEN ELV": Om fiskerkapellet fra 1459. Masteroppgave. Oslo: Universitetet i Oslo. Tilgjengelig fra: https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/35950/masteroppgave_willetts_duo.pdf?sequence=5 (lest 18.02.2022).
- Borgen, L. W. (red.). (2015). *Fortidsminneforeningens Årbok 2015*: Fortidsminneforeningen.
- Brekke, A. A. T. (2020, 04.12). Hvordan skal vi bo i framtida? Kanskje ligger svaret i ei gjenbruks-badstue på Svalbard. *NRK*. Tilgjengelig fra: https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/hvordan-skal-vi-bo-i-framtida_-kanskje-ligger-svaret-i-ei-gjenbruks-badstue-pa-svalbard-1.15271280 (lest 09.03.2022).
- Byggmesteren. (2022). *Sliten låve blir sirkulært FutureBuilt-prosjekt*. Tilgjengelig fra: <https://byggmesteren.as/2022/01/18/sliten-lave-blir-sirkulaert-futurebuilt-prosjekt/> (lest 4.5.2022).
- Cavalli, A., Bevilacqua, L., Capecchi, G., Cibecchini, D., Fioravanti, M., Goli, G., Togni, M. & Uzielli, L. (2016a). MOE and MOR assessment of in service and dismantled old structural timber. *Engineering Structures*, 125: 294-299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.06.054>.
- Cavalli, A., Cibecchini, D., Togni, M. & Sousa, H. S. (2016b). A review on the mechanical properties of aged wood and salvaged timber. *Construction and Building Materials*, 114: 681-687. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.001>.
- Christie, H. (1974). *TORPO STAVKIRKE*. Oslo.
- Circle Economy & Circular Norway. (2020). *The Circularity Gap Report Norway*. The Circularity Gap Report. Tilgjengelig fra: https://assets.website-files.com/5e185aa4d27bcf348400ed82/5f9a846b70a22c1c4eb97522_20201028%20-%20CGR%20NOR%20-%20report%20WEB%20-%20297x210mm%20Optimized.pdf (lest 01.03.2022).
- Denhart, H. (2010). Deconstructing disaster: Economic and environmental impacts of deconstruction in post-Katrina New Orleans. *Resources, Conservation and Recycling*, 54 (3): 194-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.07.016>.
- DigitaltMuseum. (u.å.). *Klokkerlåven*. Tilgjengelig fra: <https://digitaltmuseum.no/021085913307/klokkerlaven> (lest 18.02.2022).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2020). *Nordre gate 20-22 i Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/statens-pris-for-byggkvalitet/nominerte-2020/nordre-gate-20-22-oslo/> (lest 09.03.2022).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2021). *Ombruk av byggevarer. Høringsnotat: Forslag om endring av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK)*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/pdf/horingsnotat--ombruk-av-byggevarer.pdf> (lest 22.02.2022).

- Dyrvik Arkitekter. (u.å.). *Midlertidig Fellehus og hage – Fornebu*. Tilgjengelig fra: <https://www.dyrvik.no/work/project/midlertidig-fellehus-og-hage-fornebu/> (lest 09.03.2022).
- Earth Overshoot Day. (u.å.). *Past Earth Overshoot Days*. Tilgjengelig fra: <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/> (lest 07.03.2022).
- Eriksen, A. & Chronie-De Maria, T. (red.). (2019). *Hus på vei / Moving houses*. Oslo: Fragment.
- European Commission. (2020a). *2030 Climate Target Plan*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/2030-climate-target-plan_en (lest 03.03.2022).
- European Commission. (2020b). *European Climate Pact*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-pact_en#ecl-inpage-646 (lest 02.03.2022).
- European Commission. (2020c). *A new Circular Economy Action Plan*. Tilgjengelig fra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN> (lest 03.03.2022).
- European Commission. (2021a). *EU Adaptation Strategy*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en (lest 03.03.2022).
- European Commission. (2021b). *European Climate Law*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en (lest 03.03.2022).
- Falk, R. H., Green, D., Rammer, D. & Lantz, S. F. (2000). *Engineering evaluation of 55-year-old timber columns recycled from an industrial military building*. Forest products journal. Tilgjengelig fra: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/5723> (lest 22.04.2022).
- FN-sambandet. (2021). *Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Land/norge> (lest 10.04.2022).
- FN-sambandet. (2022). *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/om/biblioteket/skrive/referansestiler/eksempler-nmbu-stil#edok> (lest 02.03.2022).
- FutureBuilt. (2020). *FutureBuilt kriterier for sirkulære bygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/FutureBuilt-kvalitetskriterier> (lest 09.03.2022).
- FutureBuilt. (2022). *Nedre Sem gård*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Nedre-Sem-gaard> (lest 09.03.2022).
- FutureBuilt. (u.å.). *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Om-oss> (lest 24.03.2022).
- Genbyg. (u.å.). *Hvem er vi*. Tilgjengelig fra: <https://genbyg.dk/hvem-er-vi/> (lest 23.04.2022).
- Gjengedal, K. & Lahn, B. (2021). *Kyotoavtalen*. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Kyotoavtalen> (lest 02.03.2022).
- Global Footprint Network, York University & Footprint Data Foundation. (2022). *Ecological Footprint Explorer*. Tilgjengelig fra: https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.89590237.710803215.1650457239-1255413237.1650457239#/compareCountries?type=EFCpc&cn=162&yr=2018 (lest 20.04.2022).
- Grønn byggallianse. (2021). *Grønn Materialguide*. Tilgjengelig fra: https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Grønn-Materialguide-v3_1_utskriftsversjon-002.pdf (lest 21.01.2022).

- Grønn byggallianse. (2022). *BREEAM-NOR v6.0*. Tilgjengelig fra: https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2022/03/BREEAM-NOR-v6.0_NOR.pdf (lest 22.03.2022).
- Guerra, B. C. & Leite, F. (2021). Circular economy in the construction industry: An overview of United States stakeholders' awareness, major challenges, and enablers. *Resources, Conservation and Recycling*, 170: 105617. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105617>.
- Hadeland Folkemuseum (red.). (1991). *Grinaker stavkirke: Fra lovekirke til klokkerlåve*. Jaren: Hadeland Folkemuseum.
- Hadelands Bygdebokkomitee (red.). (1932). *Hadeland - Bygdens historie*. Oslo: Nationaltrykkeriet.
- Heiberg, B., Berg, A. & Sinding-Larsen, E. (red.). (1969a). *Fremtid for fortiden : fortidsvern i 125 år*. Oslo: Grøndahl & Søn.
- Heiberg, B., Berg, A. & Sinding-Larsen, E. (red.). (1969b). *Fremtid for fortiden : fortidsvern i 125 år*,. Oslo: Grøndahl & Søn.
- Hofstad, K., Andersen, G. & Halleraker, J. H. (2021). Økologisk fotavtrykk. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/økologisk_fotavtrykk (lest 07.03.2022).
- Ibenholt, K., Frisell, M. M., Gobakken, L. R., Hegnes, A. W. & Walbakken, M. M. (2020). *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen*. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/samfunnsokonomisk-analyse-av-reduisert-avfall-i-byggebransjen_nibio-og-samfunnsokonomisk-analyse-2020.pdf (lest 17.02.2022).
- Jakobsen, I. R., Kallbekken, S. & Lahn, B. (2021). Parisavtalen. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Parisavtalen> (lest 02.03.2022).
- Klima- og miljødepartementet. (2021a). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (lest 20.04.2022).
- Klima- og miljødepartementet. (2021b). *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf> (lest 21.02.2022).
- KlimaOslo. (2021). *Når Oslo klimamålet i 2030?* Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/2021/09/23/nar-oslo-klimamalet-i-2030/> (lest 20.04.2022).
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2021). *Ei berekraftig, kostnadseffektiv og samordna bygg- og eideomsforvaltning*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/5b0e9c9f5fc14de7a48594f277e56b37/nno/pdfs/h-2516-n-strategi-for-bygg-og-eiendom.pdf> (lest 16.02.2022).
- Kucera, B. & Næss, B. K. (2010). *Tre - Naturens vakreste råstoff*. Oslo: Tun Forlag.
- Kullmann, K. (2019). *Aktørene samles for å bekjempe råtesopp med presisjonskogbruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/mina/aktuelt/node/38855> (lest 11.05.2022).
- Loebjinski, M., Linke, G., Rug, W. & Pasternak, H. (2019). *REDEVELOPMENT OF A WOODEN ROOF CONSTRUCTION UNDER PERESERVATION ORDER*. 5th International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures. Tilgjengelig fra: http://www.holzbau-statik.de/ibr/downloads/05_bestand/Anlage%205%20-%20SHATIS19_Full%20Paper%20150_Loebjinski,%20Linke,%20Rug,%20Pasternak_2019-04-08.pdf.
- LOOP. (2021). Avfallshierarki. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki> (lest 18.02.2022).

- Lovdata. (2021). *Lov om klimamål (Klimaloven)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60> (lest 20.04.2022).
- Maihaugen. (u.å.). *Fiskerkapellet* Tilgjengelig fra: <https://maihaugen.no/friluftsmuseet/bygda/fiskerkapellet> (lest 18.02.2022).
- Marton, I. (2020). *Rammebetingelser for ombruk*. Tilgjengelig fra: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2020/02/Dag-1_1300-1320_Ingunn-Marton.pdf (lest 19.04.2022).
- Miljøstatus. (2021). *Globale utslipp av klimagasser*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/global-utslipp-av-klimagasser/> (lest 05.03.2022).
- Nibio. (u.å.). *Treslag i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge> (lest 15.03.2022).
- Nilsen, H. R. (2021). *Sirkulær økonomi. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/sirkulær_økonomi (lest 04.03.2022).
- Niu, Y., Rasi, K., Hughes, M., Halme, M. & Fink, G. (2021). Prolonging life cycles of construction materials and combating climate change by cascading: The case of reusing timber in Finland. *Resources, Conservation and Recycling*, 170: 105555. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105555>.
- Nordby, A. S., Lunke, R. & Andersen, R. (2021). *Erfaringsrapport ombruk - Kristian Augusts gate 13*. Tilgjengelig fra: <https://entra.no/storage/uploads/article-documents/ka13-erfaringsrapport-ombruk-rev1-250120-kl-1211.pdf> (lest 09.03.2022).
- Norsk Gjenvinning. (u.å.). *Trevirke, trykkimpregnert*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/farlig-avfall/trevirke-trykkimpregnert/> (lest 19.04.2022).
- Norske kirker. (u.å.-a). *Grinaker stavkirke*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskekirker.net/home/oppland/grinaker-stavkirke/> (lest 04.05.2022).
- Norske kirker. (u.å.-b). *Hestad kapell*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskekirker.net/home/sogn-og-fjordane/hestad-kapell/> (lest 04.05.2022).
- Norske kirker. (u.å.-c). *Lom stavkirke*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskekirker.net/home/oppland/lom-stavkirke/>.
- Norske kirker. (u.å.-d). *Vågå kirke*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskekirker.net/home/oppland/vaagaa-kirke/> (lest 11.05.2022).
- NTNU Universitetsbiblioteket. (u.å.). *Fløan kapell - tegning*. Tilgjengelig fra: <https://ntnu.tind.io/record/5118?ln=no#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-322%2C-49%2C811%2C435> (lest 17.02.2022).
- Ola Roald Arkitektur. (2022). *Rehabiliterer låve etter sirkulærbygg-kriterier*. Tilgjengelig fra: <https://elmagasinet.no/rehabiliterer-lave-etter-sirkulaerbygg-kriterier/> (lest 04.05.2022).
- Ola Roald Arkitektur. (u.å.). *Innovasjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.olaroald.no/innovasjon> (lest 09.03.2022).
- Olerud, K. & Kallbekken, S. (2021). *Klimakonvensjonen. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Klimakonvensjonen> (lest 02.03.2022).
- Pettersen, N. (2005). *Gjenbrukshus i Trondheim - En bro fra destruksjon til konstruksjon*. Tilgjengelig fra: https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04---gjenbrukshuset/gjenbrukshusrapport_wsbside-hr-hoy-oppløsning-m-rett-jan-17.pdf (lest 09.03.2022).
- Pådriv. (u.å.). *Sirkulær Ressurssentral*. Tilgjengelig fra: <https://www.paadriv.no/prosjekt/sras> (lest 24.03.2022).

- Riksantikvaren. (2019). *Råteskader i hus*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/brann/artikler/raateskader> (lest 17.03.2022).
- Seip, E. (2019, 27. juni). Urnes – et monument i våre hjerter. *Arkitektur N*. Tilgjengelig fra: <https://arkitektur-n.no/artikler/urnes-et-monument-i-vare-hjerter> (lest 04.05.2022).
- Shepard, L. (2021, 26.08). Sirkulær dyrking i midnattssol *Ren mat*. Tilgjengelig fra: <https://www.renmat.no/artikler/2021/sirkulaer-dyrking-i-midnattssol> (lest 09.03.2022).
- SirkTRE. (u.å.). *SirkTRE*. Tilgjengelig fra: <https://www.sirktre.no> (lest 09.03.2022).
- Skaug, E. & Øvrum, A. (u.å.). *Konstruksjonsvirke*. FOKUS på tre Nr. 43. Tilgjengelig fra: <https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-43.pdf> (lest 16.03.2022).
- Solheim, H. (2020). *Blåvedsopper*. Tilgjengelig fra: https://www.artsdatabanken.no/Pages/197511/Blaavedsopper_br_small_51-14_small (lest 11.05.2022).
- Sonderegger, W., Kránitz, K., Bues, C. & Niemz, P. (2015). Aging effects on physical and mechanical properties of spruce, fir and oak wood. *Journal of Cultural Heritage*, 16 (6): 883-889. doi: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.02.002>.
- Standard Norge. (2021a). *Mål 12: Ansvarlig forbruk og produksjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/toppvalg/om-oss/baerekraft/baerekraftsmal12/> (lest 21.04.2022).
- Standard Norge. (2021b). *Neste generasjon eurokoder*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/eurokoder1/ny-generasjon-eurokoder/> (lest 21.04.2022).
- Standard Norge. (2022). *NS-EN 1995 Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/eurokoder1/eurokode-5/> (lest 21.04.2022).
- Statistisk sentralbyrå. (2021a). *09781: Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype, statistikkvariabel, år og behandlingsmåte*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09781/tableViewLayout1/> (lest 04.02.2022).
- Statistisk sentralbyrå. (2021b). *10513: Avfallsregnskap for Norge, etter behandlingsmåte og materialtype (1 000 tonn) 2012 - 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/10513/> (lest 15.02.2022).
- Statistisk sentralbyrå. (2021c). *10514: Avfallsregnskap for Norge, etter kilde og materialtype (1 000 tonn) 2012 - 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/10514/> (lest 15.02.2022).
- Statistisk sentralbyrå. (2021d). *Utslipp til luft*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/08940/> (lest 06.03.2022).
- Storsletten, O. (1983). *NORDRE TVERRSKIP UNDERSØKELSER*. Oslo: Riksantikvaren.
- Storsletten, O. (2008). *Kirker i Norge. Bd. 5*. Oslo: ARFO.
- Svartlamon. (u.å.). *Svartlamon - Norges første byøkologiske forsøksområde*. Tilgjengelig fra: <https://svartlamon.org> (lest 04.05.2022).
- Sørnes, K., Nordby, A. S., Fjeldheim, H., Hashem, S. M. B., Mysen, M. & Schlanbusch, R. D. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Tilgjengelig fra: https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2365072/SINTEF_Fag_18.pdf?sequence=3&isAllowed=y (lest 28.01.2022).
- Tellnes, L. G. F. (u.å.). *Miljødeklarasjoner for tre og trebaserte produkter*. FOKUS på tre Nr. 58. Tilgjengelig fra: <https://treindustrien.no/resources/Miljodeklarasjoner-for-tre-og-trebaserte-produkter.pdf> (lest 18.03.2022).

- Trondheim Kommune. (2020). *Energiprisen 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/energispaprisen/brosjyrer-2007---2020/w-energiprisen-2020---eksperimentboliger-.pdf> (lest 09.03.2022).
- U.S. Green Building Council. (2021). *LEED v4.1 BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION*. Tilgjengelig fra: <https://build.usgbc.org/bdc41> (lest 20.03.2022).
- Undsidatter, M. (2020, 14.08.2020). LEVER LIVET UTEN STORT BOLIGLÅN: SLIK BYGGER DE FIRE ROMSLIGE LEILIGHETER FOR 2,5 MILLIONER. *trondheim24*. Tilgjengelig fra: <https://trondheim24.no/nyheter/vil-leve-livet-uten-stort-boliglan-slik-bygger-de-fire-familieleiligheter-for-under-tre-millioner/> (lest 17.03.2022).
- Utdanningsdirektoratet. (u.å.-a). *Vg1 bygg- og anleggsteknikk (BAT01-03) . Kompetansemål og vurdering*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/lk20/bat01-03/kompetansemal-og-vurdering/kv250?lang=nob> (lest 24.03.2022).
- Utdanningsdirektoratet. (u.å.-b). *Vg2 tømrer (TMF02-01). Kompetansemål og vurdering*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/lk20/tmf02-01/kompetansemal-og-vurdering/kv322> (lest 24.03.2022).
- van den Berg, M., Voordijk, H. & Adriaanse, A. (2020). Recovering building elements for reuse (or not) – Ethnographic insights into selective demolition practices. *Journal of Cleaner Production*, 256: 120332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120332>.
- Vertes, K. (2019). *Steel and Timber Structures*. Oslo: Oslo Metropolitan University (Forelesing 8. Introduction to timber structures November 2019).
- Waksvik, G. (2021). *STORE ENDRINGER I NY BREEAM-NOR MANUAL*. Tilgjengelig fra: <https://www.glassportal.no/2021/01/18/store-endringer-i-ny-breeam-nor-manual/> (lest 24.03.2022).

Vedlegg

Vedlagt ligger sammendrag fra samtlige intervjuer.

Sammendrag intervjuobjekt 1.

Intervjuformat: digitalt	Rolle: rådgiver	Erfaring: boligprosjekt
--------------------------	-----------------	-------------------------

Ombruksrelatert

Hva var din motivasjon eller forutsetningene for å sette i gang prosjektet?

Vi fløt kanskje på en bølge i forbindelse med bygging av det nye sykehuset, med en velvilje i ledelsen der. Så var det jo kanskje litt sånn, jeg skal ikke si at det var en periode hvor det var sånn at folk var veldig opptatt av det her med gjenbruk, men det var kanskje noen strømninger i periode der som vi fløt litt på. Men det var ikke bare det var ikke så unikt heller, fordi vi var jo på studiebesøk i Danmark og i Sverige og kartla en del aktivitet.

Var det fritak fra regelverk involvert, enten teknisk forskrift eller dokumentasjonskrav av produkttegenskaper?

Jeg tror ikke det. Sånn som jeg husker det så var litt av tanken i prosjektet at når kvaliteten var sikret, så skulle på en måte byggesaken bli så ordinær som mulig. Den var jo selvfølgelig ikke 100% ordinær for det var det var jo et miljøaspekt der og det kommer jo egentlig inn stor positivt aspekt, men jeg tror ikke det var noe merarbeid med byggesaken på grunn av det. Så når du hadde kvalitetskontrollen, ble ting veldig mye enklere.

Kan du fortelle litt om hvordan prosessen med å bygge med brukte materialer er?

La oss si at ressursentralen hadde fått et eller to år forsprang, da tror jeg ting kunne vært enda enklere. Du kunne jo plukket ut materialene og hatt veldig god kontroll på det. Da kunne også arkitektene hatt frie tøyler i prosjekteringen. For nå måtte arkitekten ta hensyn til at du kunne liksom ikke bare bestemme hvor lange spenn du skulle ha, hvilken bjelkestørrelse du skal ha og det gav noen rammer som arkitekt måtte jobbe innenfor. Du kunne liksom ikke bare stikke på OBS Bygg og supplere. Jeg tror som sagt at du hvis vi hadde hatt ting på plass litt mer tid i forveien, ville det også gitt en annen ro i prosjektet for dem som skulle levere materialene. Tømmerne kunne også erfarte det at det de fikk var det best. Alt som er skeivt gir merarbeid. Det kan også gi utfordringer siden det er veldig dyrt å skade utstyr. Det gjelder både private og

store firma som jobber med gjenbruksmaterialer. Det koster litt å få slippe opp et sagblad pluss all den tiden det tar.

Ble det benyttet brukte materialer til bærende konstruksjon?

Det ble i stor grad benyttet brukte materialer til bærende konstruksjon i prosjektet. Ukurante dimensjoner som ble samlet inn, ble omdimensjonert til standarddimensjoner. I ettertid er ikke dett noe vi har fortsatt med, både på grunn av hvor ressurskrevende det var og på grunn av slitasjen på utstyret. For det er noen ting med det at det skal ikke være gjenbruk for enhver pris. Da risikerer man at det blir en slags dyr grønnvasking og det blir like feil.

Har du noe formening om hvorfor det ikke finnes flere gode eksempler på ombruk med tre i nyere tid?

For vår del var vi nok for tidlig ute. Hadde prosjektet skjedd i dag hadde det vært helt annerledes. I dag er det masse sånne initiativ i kommunen, og veldig mange gode og kreative ideer rundt omkring.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Jeg tror svaret er at det er noen forbehold her. Jeg er vant med å bruke ombruk når det skjer i den opprinnelige formen, mens ved gjenbruk tillater det bearbeiding, for eksempel omdimensjonering. I tilfeller hvor det bearbeides er jeg er litt mer i tvil. Alt handler selvfølgelig om kreativitet og den riktige måten å gjøre det på. Hvis du får til å bruke materialer om igjen og du får et negativt klimautslipp, det begynner jo å vokse med en gang du gjør noe med materiale, så er vi inne på noe. Hvis det gjøres på en sånn effektiv måte, spesielt gjennom tidlig kartlegging, så tror jeg det kan ha noe for seg, men det må ha et profesjonelt apparat. Jeg tror det er veldig avhengig av både organisering og kompetanse for dem som skal gjøre det.

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Først og fremst at det mangler en markeds plass, det mangler det apparatet som trengs for å gjøre det tilgjengelig. Det er også endringer i rammebetingelsene som må på plass her, enten via pålegg eller via insentiver som gjør det gunstig. Så må det selvfølgelig gjøres noen grundige miljømessige beregninger. Du har også et sånn antikvarisk perspektiv i det som er viktig, pluss at det med gjenbruk av trevirke er jo ikke bare gjenbruk av materialer. Det synes jeg også er

veldig viktig. Det er også gjenbruk av den ressursen som har lagt inn i det materialet i forhold til valg av akkurat det materiale. Det er måten det brukt på det er måten der er bearbeidet på, så er det investert veldig mye ressurser i form av kunnskap og kompetanse. Det tar vi også vare på. Hva jeg mener er at vi kan ikke bare betrakte et tre som kubikkmeter trevirke. Det er mye mer med det enn det, det er kultur og det er trivsel. Kanskje vi har vært litt bortskjemt med at trevirke har vært litt for rimelig også. Kanskje det vil få større verdi med høyere materialpriser på nye materialer. Det er en slags bruk og kast kultur i byggebransjen. Det er noen som skal betale pluss at vi alle skal betale i forhold til miljøbelastningen. Så det er jo noe ting der med nordmenn og et litt sånn sløvt forhold til både materielle ressurser og energibruk og sånne ting.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Jeg tror det at hvis en hvis den endrer på rammebetingelser og vis at man slipper til kreative sjeler, så tror jeg ikke det finnes noen grenser egentlig. I tillegg håper og tror jeg at unge folk i dag tenker annerledes. Når gamle ting har en verdi tror jeg også at det kan følge med en kreativitet som får betydning. Problemet det er, at der det monner virkelig er der man sliter mest må få til endringer. For ikke sant det her prosjektet vårt det blir jo sånn blir så mikroskopisk i den store sammenhengen. Så jeg tror vi trenger flere gode prosjekter. Vi må kanskje ha noen EU-direktiver, og der er det ting på gang men jeg vet ikke om det går spesielt på trevirke. Jeg tenker og at det er en farlig avsporing med å tro at man redder verden med å holde på med små gjenbruksprosjekter, det blir ganske sterk lut som må til i dag hvis vi skal få gjort noe med de utfordringene vi har. Det er mange muligheter hvis man vil og jeg tenker litt sånn at det å bygge hele hus sånn på den måten som vi gjorde det, det er kanskje ikke rette veien å gå. Men å tenke på det når du bygger nye hus i dag, det er vel desto viktigere. At du får utformet husene sånn at de kan brukes på mange måter eller eventuelt brukes om igjen. Dette aspektet gjelder selvfølgelig alle typer materialer. Jeg tror tidlig kartlegginger også er en helt sånn avgjørende ting. Jeg tenker hvis man kunne gått inn og gjort et kartleggingsarbeid tidlig er det ofte et veldig mange like gjenstander som gir større muligheter med tanke på design i forhold til gjenbruk. Så synes jeg også det er veldig viktig å huske på det at gjenbruk ikke må være en unnskyldning for å rive. Jeg håper vi har kommet dit i dag at vi slutter med denne rivningen og heller tenker på å bruke ting om igjen

Sammendrag intervjuobjekt 2.

Intervjuformat: digitalt	Rolle: arkitekt	Erfaring: boligprosjekt
--------------------------	-----------------	-------------------------

Ombruksrelatert

Hva var din motivasjon for å sette i gang prosjektet?

Det var i hovedsak to ting vi ønsket å undersøke. Vi ønsket å utfordre synet på bolig kun som et investeringsobjekt ved å skape boliger på andre måter med andre premisser og å se hva slags utfall det får når man ikke først og fremst ser på boligen som et investeringsobjekt, men som en bolig. Den andre handlet om å få til et reelt bærekraftig prosjekt. Vi var lei av å se på prosjekter som kunne kalle seg grønne eller bærekraftige uten å ta hensyn til naturen, hvor lang levetiden var eller hvilke ressurser som gikk med for å bygge det. Vi ønsket å få til et prosjekt som undersøkte de to tingene i praksis og det var på mange måter et prosjekt som undersøkte tingene kompromissløst.

Var dere involvert i anskaffelse og kartlegging av materialer, og kan du i så fall fortelle litt om kan du forklare litt om erfaringene du gjorde deg knyttet til det?

Temaet gjenbruk var noe vi alle var interessert i og noe jeg allerede hadde erfaring med fra en workshop jeg var involvert i som student som bygde et galleri av gjenbruksmaterialer. Vi brukte erfaringen vi hadde selv, i tillegg til å hente inn informasjon fra andre med erfaring lignende prosjekter. Designet på rammene i prosjektet var i stor grad basert på informasjonen vi hadde og som ble hentet inn. I prosjektet bistod vi selvbyggerne ved å diskutere løsninger og materialer underveis i prosessen, i tillegg til å følge opp og veilede. I starten var vi i større grad involvert enn hva som var tilfellet etter hvert som selvbyggerne ble mer komfortable i sin rolle.

Var det tilfeller av fritak fra regelverk i prosjektet, fra DOK og TEK etc?

I prosjektet var det fritak fra energikrav som ble forsvart med at man skulle legge til rette for mest mulig selvbyggervennlige boliger. Vår tanke var at et enkelt bygg teknisk sett også ville være det mest overkommelig og det enkleste å forstå. Å bygge et hus som skal trykktestes er utfordrende for amatører som aldri har bygd noe før. Oppbygningen tilsvarer kanskje tekniske krav fra sent 1990-tall eller tidlig 2000-tall, hvor vi blant annet tok i bruk naturlig ventilasjon. Formelt sett måtte vi søke byggesakskontoret om dispensasjon fra kravene. Her hadde vi god og tett dialog med en byggesaksbehandler som gav oss tips til hvordan denne dispensasjonssøknaden skulle utformes. Dette er et viktig poeng for å komme seg videre. Vi

trenger eksempler som undersøker og utfordrer ting, og hvis ikke det er rom for det i TEK er det viktig at man kan lage rom for det gjennom regulering.

Kan du fortelle litt om hvordan det er å prosjektere med brukte materialer?

Vi pleier å si at prosjektet ble prosjektert underveis. Det er prosjektert på byggeplass og underveis, i dialog med selvbyggerne. Vi laget et skisseprosjekt hvor vi hadde valgt en slags ramme, både en ideologisk ramme som var argumentert ut fra et bærekraftperspektiv med tanke på materialvalg, og en ramme som sa noe om konstruksjonen og hva slags materialer som skulle inngå i den. Valget av en standard reisverkkonstruksjon var ikke tilfeldig. Vi valgte denne typen konstruksjon fordi vi tenkte at det var den som enklest mulig lot seg tilpasse i møte med disse gjenbrukte materialene. En reisverkkonstruksjon er forståelig og rasjonell, og lar seg lett endre på. Bruken av tre er også veldig rasjonell, man bruker treet for det det er bra på, blant annet ved å ta statiske laster. Vi brukte trefiberisolasjon og dampbrems for å få det til å bli en pustende konstruksjon som kan lede fukt. Dersom det viser seg at fukt kommer inn en plass har det faktisk mulighet til å komme ut igjen.

Ble det vurdert ombrukt tre til bærende konstruksjon?

Basert på samtaler med folk med relevant erfaring, innså vi at det kommer til å ta alt for lang tid. Selvbyggerne ville også bli utålmodige dersom de i tillegg skulle samle materialer til bærende formål. Konstruksjonsvirke er også en logisk ting å kjøpe og å bygge med. Det har lite klimafotavtrykk, det lagrer CO₂ og kan brukes på nytt den dagen husene tas ned.

Var det tilfeller av redokumentasjon av materialeegenskapene til de brukte byggevarer, og hvordan fungerte i så fall det?

Nei, vi hadde ikke tilfeller av redokumentasjon i dette prosjektet. Det er en kjent barriere med tanke på gjenbruksmaterialer at man må ha skaffe dokumentasjon på produktegenskapene. Siden konstruksjonsvirke til den bærende konstruksjonen var kjøpt nytt, var ikke dokumentasjon av produktegenskaper relevant.

Har du noe formening om hvorfor det ikke finnes flere gode eksempler på ombruk med tre i nyere tid, eller er de eventuelt bare underkommuniserte?

Det er litt rart siden det nå er ekstremt stor oppmerksomhet rundt tema, men det kan være fordi det er litt tidlig. Det utarbeides på den måten systemer for å få det til i større skala. Det kan godt være det bare er litt tidlig enda og at det er på vei. Jeg tror og håper at man etter hvert vil få det

inn i TEK, og legge til rette for det der. Man trenger en form for økonomisk kompensasjon, eller et fortrinn, kanskje noe som stimulerer til dette i TEK gjennom å tillate ander typer løsninger. Med en gang man får det opp i en stor skala tenker jeg at det som alt annet vil bli økonomisk bærekraftig. Når det gjelder nybygg må man tenke på at man bruker materialer som igjen kan ombrukes, og at man gjennom hele prosessen legger til rette for at ressurser kan gjenbrukes.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Jeg tenker at tre er ypperlig for ombruk. Det finnes så mange eksempler på at tre er et veldig godt materiale for ombruk. Hele gamlebyen i Trondheim er bygd opp av tømmerkasser som er flyttet fra landet og vi har lang tradisjon med å gjenbruke tre. Dette med å tenke på ressurser på den måten er noe vi ha fjerna oss fra det siste 30-40 årene. Tre er så rasjonelt som materiale. Har man en gammel planke så kan man bare kjøre den gjennom en høvel så er overflata helt fin igjen. Jeg tror man i selvbyggerprosjektet vil forstå verdien i at beboerne kan fortelle at kledninga er fra denne gården, disse materialene er fra dette stedet og gelenderet er faktisk en gammel ribbevegg. Materialene har en historie og det gir dem en identitet. Noen av selvbyggerne bodde tidligere i leiligheter med betongvegger. Frustrasjonen over å ikke kunne henge opp et bilde på veggen uten å ha tilgang på murbor, skaper en stor distanse. Der tenker jeg tre er helt optimalt, det er både så håndterbart og samtidig så forståelig for mennesker.

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Selv om bjelker fra gamle hus har sannsynligvis har bedre treverk, er det vanskelig å klassifiser det og vanskelig å gå helt god for det. Ellers kan det være en utfordringer knyttet til å få lange nok lengder på materialene, veldig mye av det man får tak i er enten avkapp eller beskåret i rivningsprosessen. For overflater, slik som innvendig og utvendig kledning, er ikke korte lengder nødvendigvis et problem. Ser man muligheter istedenfor utfordringer, kan man jobbe med det som et mønster. Materialer for overflater har først og fremst en estetisk funksjon, og har derfor et ekstremt stort potensial for ombruk.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Det er enormt, både med tanke på ombruk og som råstoff til andre materialer. Om lengdene blir for små til å brukes som materialer, kan det flises opp eller brukes til cellulose. Dette er en kjempestor ressurs som bare blir brent nå. Dersom man får lagt inn krav samt gulrøtter for ombruk, er det en kjemperessurs. Jeg synes det er vanskelig å gå med på at dette ikke er egnet til noe annet enn å lage varme, når det egentlig er konstruktive materialer.

Sammendrag intervjuobjekt 3.

Intervjuformat: fysisk	Rolle: formidling, logistikk	Erfaring: materialbank
------------------------	------------------------------	------------------------

Ombruksrelatert

Hva var motivasjonen for å starte materialbank?

Jeg ville sagt det at det er en drøm. Jeg har alltid vært glad i det gamle og setter utrolig stor pris på godt håndverk, altså en tre-bolle som er lagd med menneskehender ville jeg heller ha enn en som er laget med en CNC-maskin, for jeg blir ikke overrasket over hva en maskin klarer. Det vet jeg går an. Jeg er mer imponert over hva folk kan få til. Ja, også er vi jo blitt et samfunn hvor det er bruk og kast som gjelder. Jeg er ikke noe sånn superengasjert i miljøpolitikken, men jeg ønsker ikke å forringe den planeten vi bor på. Det er ikke hovedfokuset mitt, hovedfokuset mitt er egentlig at jeg er veldig begeistret for det gamle, og ikke minst måten de fikk det til på med minimalt med midler.

Vil du fortelle litt om hvordan etterspørselen etter brukte materiale er?

Etterspørselen er utrolig opp og ned. Vi ser god effekt av et innlegg på Facebook. Da sprer ordet seg og ofte får vi besøk både to og tre måneder etterpå fordi de har fått en historie om materialbanken. På hverdagene er vi som regel opptatt med andre prosjekter, men vi har butikken åpen hver lørdag. Omsetningen er uforutsigbar, og kan være alt fra ingenting til et firesifret beløp. Men etterspørselen skaper vi også i form av de jobbene vi gjør. Har jeg varer som kan passe et prosjekt, prøver jeg å selge det inn for kunden. Vi prøver også å fungere som et formidlende ledd mellom folk som vil kvitte seg med materialer og folk som ønsker seg slike materialer. Dersom vi både skal håndtere, lagre og selge er det vanskelig å få det til økonomisk.

Har dere erfaring med testing av produkttegenskaper for brukte materialer?

Altså vi har en kvalitetskontroll på enkelte produkter, blant annet takstein, men vi har faktisk også gjort noen tester på bruddstyrke på det litt forskjellige dimensjoner av trebjelker. Det ble gjort ved å jekke og se hvor mange tonn det klarer. Resultatene varierer flere tonn i bruddstyrke så det er veldig vanskelig å lage en dokumentasjon på det. Vi har tatt 125 millimeter bjelke trykt opp med 20 tonn, 30 tonn, 40 tonn, før brudd. Så tar du akkurat samme dimensjon, og så kan den knekke på halvparten. Da er det egentlig den dokumentasjonen vi kan lage minimumsverdien. Du ser stor forskjell på kvaliteten på materialene rent visuelt, så man kommer langt med en visuell sjekk.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Det kommer veldig an på hva de skal brukes til, jeg ser utfordringer hvis man skal gjøre en beregning på styrken til materialene. Det er veldig mange produkter som definitivt kan gjenbrukes, men det må være en enklere fremstilling av sertifikatet i dag, prosessen med å få dokumentasjon er ikke A4. Vi som vært i byggebransjen i noen år og ser hvordan ting ble bygd før skjønner at vi driver med overdimensjonering i dag på grunn av ønske om liten nedbøyning. Men jeg tror ikke jeg ville brukt så veldig mye fokus på det i hovedkonstruksjoner, heller bruke det til estetiske formål.

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Det er særlig logistikken, og da håndtering av materialene og mellomlagring. Konseptet med gjenbruk på plassen eller at arkitekten for eksempel prosjekterer med eksisterende materialer har en vei å gå. Kvalitet er også en faktor. Jeg vil faktisk ta vare på et vindu fra 1920, det har bedre treverk enn det som er produsert i 1980. Nå er det en tydelig trend at kundene er mer opptatt av kvalitet igjen, og gjenbruk av komponenter med relativt høy kvalitet er ikke noe problem. Finner man noe fra 80 tallet og store deler av 90 tallet derimot, så er det ikke så mye som kan gjenbrukes på grunn av kvaliteten i utgangspunktet er for dårlig. Ellers tenker jeg plateprodukter som Masonitt og Huntonit neppe vil få at vil få en gjenbruksverdi på sikt. Produkter av tre derimot, som tredører, fyllingsdører, trepanel, tregulv, sånne ting, det tror jeg på at kan gjenbrukes.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Jeg tror er mulig å møte ambisjonene som finnes, men det er en lang vei å gå. Det brukes enormt mye penger i ting som prosjektering og planlegging som ender opp i få konkrete resultater. Du kan selvfølgelig få til et signalbygg som bevis på hva du har fått til, men det har kostet 10 bondegårder for å realisere de nettopp i forprosjektering og planlegging. Ta en stakkars håndverker som faktisk har vært med å bidra til å få brukt gjenbruksmateriale, han har ikke høstet noe gevinst. Totalen av småtingene har jo en enorm betydning, samtidig er det ingen steder å registrere gjenbruk av materialer, og det ligger heller ingen gevinst for meg å rapportere det. Systemet her er jo faktisk sånn at det enkleste er å momse på brukte varer. Nå er ikke det vårt største problem, men et momsfritak ville vært en enkel måte å kanskje gi håndverkerne en gevinst. Jeg tenker egentlig også at sluttforbruker bør sitte igjen med en gevinst på grunn av de valgene han tar med å bruke et gjenbrukt produkt, for eksempel skattefradrag.

Sammendrag intervjuobjekt 4.

Intervjuformat: skriftlig	Rolle: prosjektingeniør	Aktør: entreprenør
---------------------------	-------------------------	--------------------

Rollerelatert

Hva er ditt forhold til ombruk av tre?

Mitt forhold til ombruk er for det meste kun i det som går på ombruk innad i et prosjekt.

Hva gjør din del av bransjen i dag for å legge til rette for ombruk av tre?

Vi har forsøkt å etablere en «gjenbruksstasjon», en plass på anlegget hvor man kan legge brukt trevirke som kan tenkes å være nyttig for noen senere. En mer organisert versjon av dette og kulturbygging rundt det tror jeg kunne hatt en god effekt.

Hvordan kan din del av bransjen bidra til å øke graden av ombruk av tre?

Om man i anbudsprosjekter hadde gjort klima og miljø en større del av vektingen ved valg av entreprenør ville ombruk vært et mer aktuelt tema. Så lenge pris er det som utgjør den største faktoren for valg av tilbyder vil det ha stor effekt om man hadde stilt krav til dette på et høyere nivå (politisk). Lokalt i bransjen må man nok heller prøve å tenke utenfor tradisjonelle utførelsesmetoder, og se på om enkelte operasjoner kan utføres ved bruk av ombrukstrevirke. I og med at ombruk, klima og miljø er inn i tiden er det ikke fremmed å markedsføre prosjekter som bærekraftige prosjekter. Da vil man kunne selge prosjektet til en pris justert med

merkostnaden for å benytte ombrukt trevirke, på samme måte som økologiske produkter i matbransjen. Man burde også kunne klare å identifisere de områdene som ikke krever de mest nøyaktige og beste kvalitetene først, og se på ombruk her først.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Instinktivt tenker jeg at trevirke er det materialet som er enklest å ombruke umiddelbart, uten en større prosess. Prosessen her innebærer jo som ofte enkle oppgaver som å trekke ut spiker og skruer, og evt pusse ned overflateslitasje og overflatefuktslitasjer (gitt at emnet ikke er full av råte etc). Trevirke er jo også noe som benyttes av mange faggrupper i byggeprosessen, det vil si at igjennom prosessen er det flere som kan ha behov for de samme materialene.

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Kostnader i form av arbeidstimer. Som et eksempel fra min nåværende byggeplass, ser jeg at vi i forbindelse med støp av betong sliter med å finne en måte å ombruke materialer på en god måte. Vanlig praksis her, er at forskalinger stort sett går rett i avfallet etter en gangs bruk. Nettopp fordi det er billigere å kjøpe nytt materiale, enn å sette arbeidskraft på å «renske» brukt forskaling for betongsøl og spiker. Dagens krav til kvalitet gjør også at dette arbeidet må gjennomføres nøyaktig om man skal få riktig kvalitet på sluttproduktet (ikke godt nok rensert gir dårlig overflate osv.) Kvalitet i form av om man vet at materialet holder tilsvarende kvalitet som det man kjøper «nytt». Spesielt om trevirket skal være konstruktivt. Det ligger nok også en tanke blant mange at nytt er det eneste som kvalitetsmessig er godt nok.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Potensialet er der, man kaster jo enormt mye trevirke (bare på vår anleggsplass utgjør andelen kastet trevirke 39% (414 tonn) av den totale avfallsmengden. For en bransje som jobber på såpass små marginer som bygg- og anleggsbransjen gjør, koker det nok ofte ned til et kostnadsspørsmål. Så lenge det lønner seg å kjøpe nye materialer, vil dette fort være det foretrukne alternativet. Det er lett å tenke at potensialet ofte vil være størst innen rehabiliteringsprosjekter, hvor det fort kan bli et poeng å bruke mest mulig av den tidligere konstruksjonen.

Sammendrag intervjuobjekt 5.

Intervjuformat: fysisk	Rolle: tømmer	Aktør: utførende
------------------------	---------------	------------------

Rollerelatert

Hva er ditt forhold til ombruk av tre?

Jeg har ikke vært borti tilfeller av ombruk eller gjenbruk av trevirke. Tidligere var det faktisk vanlig at vi brant materialene som var til overs på byggeplass. Nå sorteres trevirke ut på, men hva som skjer med det etterpå er jeg ikke sikker på. Ellers er vel normen i dag at man heller bytter ut litt for mye enn litt for lite om man er i tvil.

Hva gjør din del av bransjen i dag for å legge til rette for ombruk av tre?

Dersom vi har mye materialer til overs, kan det være vi tar det med tilbake på lager. Hvis det kun er snakk om mindre mengder, er det gjerne kostnaden knyttet til det å ta kjøreturen tilbake til lageret større enn verdien til materialene, og da velger man det som er rimeligst.

Hvordan kan din del av bransjen bidra til å øke graden av ombruk av tre?

Slik det er nå tenker jeg det er en stor utfordring med tanke på pris på timer kontra pris på materialer. Samtidig kan økte materialpriser kanskje gjøre noe med det. Ellers tenker jeg at noe vi kan bidra med er å bli enda flinkere til å sortere avfallsfraksjonene riktig, selv om effekten av dette i stor grad er avhengig av hva som skjer i neste ledd. Dersom det utsorterte trevirke uansett brennes i neste ledd, er jo merarbeidet litt forgjeves.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Det kommer veldig an på hvor utsatt materialet har vært for ytre påkjenninger som vær og vind. Enkelte materialer som er skjermet mot dette, slik som materialer i bærende konstruksjon, kan i teorien være like fint som nytt. Men en forutsetning for at de kan brukes på nytt er at de opprinnelig er bygd med festemidler som tillater demontering. I tillegg tenker jeg andre lett demonterbare komponenter, slik som innredninger, enkelt kan brukes på nytt.

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Litt som jeg var inne på tidligere, så tenker jeg vel at det økonomiske knyttet til timebruk er den største utfordringen. De ekstra timene som brukes for å rive skånsomt og å ta vare på materialene, kan fort resultere i noen dyre materialer som det samtidig er vanskelig å garantere produkttegenskapene på. Systemet er egentlig bare ikke tilpasset gjenbruk slik det er nå.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Jeg tenker det er et potensial, kanskje særlig som råmateriale i nye produkter, og at det absolutt er en miljøgevinst knyttet til det å bruke materialene lenger. Slik systemet er nå tenker jeg likevel det er utfordrende, ettersom det er lite lønnsomt og det ikke finnes noen form for ordninger som legger til rette for det.

Sammendrag intervjuobjekt 6.

Intervjuformat: fysisk	Rolle: saksbehandler, avdelingsingeniør	Aktør: myndighet
------------------------	--	------------------

Rollerelatert

Hva er deres forhold til ombruk av tre?

Vi har hatt et prosjekt hvor vi tidlig i prosessen ble informert om at det var ønsket å bruke brukt fasadekledning og vinduer og hvordan vi stilte oss til det. I ettertid viste det seg å være vanskelig i praksis ettersom tilgangen på gjenbruksmaterialer til fasaden var liten på det tidspunktet det var behov for det. Gjenbruk av vinduer ble gjennomført. De er ikke veldig gamle, men ble flyttet fra et bygg som ble revet. Nytt bygg krever FDV-dokumentasjon i forbindelse med ferdigattest, så det er jo det å skaffe den. Vi har også hatt et prosjekt hvor materialer fra to boliger ble brukt i byggingen av et uthus. Selv om det var et omfattende prosjekt, endte det med å bli et fint resultat.

Hva gjør deres del av bransjen i dag for å legge til rette for ombruk av tre?

Vi kan legge til rette for det, men det aller beste er hvis det blir tatt med i reguleringsplanene, men den kan ta lang tid å få gjennom. Ingen av våre reguleringsplaner sier at man skal gjenbruke materialer. Så lenge det ikke finnes et system for ombruksmaterialer, er det ikke rimelig å pålegge utbygger å gjøre det. Det kunne legges inn i en reguleringsplan at dersom det er

ombruksmaterialer tilgjengelig, så kunne man redusere noen av kravene. Vårt handlingsrom er TEK17 og planer etter pbl som er reguleringsplaner og kommuneplaner. Så har vi kvalitetsprogrammet, hvor det er et punkt om materialer. Det skal sørge for at man får inn andre momenter enn det som vanligvis er i en reguleringsplan, og at man på den måten kan påvirke litt mer. Om materialbruk står det blant annet at det skal brukes materialer som er ombrukbare.

Hvordan kan deres del av bransjen bidra til å øke graden av ombruk av tre?

Det kunne vært enda mer fokus på gjenbruk av tre og gjenbruk generelt i våres kvalitetsprogram. Det blir å oppfordre til det i saker hvor det er relevant, i rivesaker for eksempel. Det må være tilgjengelig, det har vist seg i prosjekter før at ombruk ikke har latt seg gjøre ettersom tilbudet var for dårlig. Det er bare å være positive å prøve å finne løsninger når noen har en ide eller en intensjon som kanskje er litt krevende. Da er noe med det å tenke at det er noe positivt i det, og at det kanskje prøve å finne løsninger og hjelpe de til å navigere i reglene sånn at de får det til. Vi kan ikke bare gi tillatelse uten videre, vi må forholde oss til reglene. Jo bedre tilpasset de overordnede reglene er til tema, desto enklere er det for kommunene å bidra med oppfølging.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil dere si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Jeg vil tro det er godt egnet. Tenk hvordan man har brukt det over alle år med tanke på trehusbygging. I forbindelse med kulturminneplanen, der er det er veldig tydelig når man ser på gamle hus, kanskje særlig laftet, at det holder veldig lenge hvis det blir tatt godt vare på. Det er veldig spennende når man har gode materialer i utgangspunktet så kan de holde utrolig lenge. For eksempel når det gjelder gamle vinduer har man gjerne et bedre sluttprodukt om man velger å bruke de gamle vinduene ved å pusse dem, kitte dem, skifte glass samtidig som man bevarer det gamle trevirket.

Fra deres ståsted i bransjen, hva anser dere som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Teknisk forskrift tenker jeg kan være litt utfordrende. Ikke umulig, men mye mer utfordrende å skulle møte de tekniske kravene, særlig om man ønsker å gjenbruke et helt hus, ved rekonstruksjon, ettersom det opprinnelig ikke er bygd etter TEK17. Om man for eksempel vil sette opp et lafta bygg fra 1800-tallet vil dette føre med seg utfordringer. Om det settes opp som et frittstående nytt hus så blir det per definisjon en ny bygning, som skal være etter TEK17, og

alle unntakene kommer inn som de må søke om. Da må ansvarlig søker inn å regne og dokumentere, og finne ut av ytelser huset har i forhold til hva kravene er og sikkert gjøre en del tiltak for å gjøre det best mulig. Vi ser at det er helst folk som har spesiell interesse for det som går i gang med noe sånt.

Hva tenker dere om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Det er klart at det vil kreve mer arbeidsinnsats med tanke på de formelle kravene, men det er absolutt mulig. Det blir et nytt område som de må sette seg inn i og vi må bruke tid på, men vi er absolutt positive til det. Slik vi ser det må det være noen systemer hvor man kan levere inn materialer som kan gjenbrukes, for det skal litt til for at man vet om et sted som trenger det man skal kvitte seg med og motsatt. Vi ser også at det tenkes annerledes ved at dersom man ikke kan redde huset der det står, så er det nest best å få flyttet det, det har ikke vært så mye fokus på det før. Tidligere så tenke man at et hus bør stå der det opprinnelig stod helst, men hvis alternativet er at det rives om området skal utvikles så er det nest best å få flyttet det hvis man har mulighet til det.

Sammendrag intervjuobjekt 7.

Intervjuformat: fysisk	Rolle: rådgiver forskning og fagutvikling	Aktør: forvaltning og vern
------------------------	---	----------------------------

Rollerelatert

Hva er ditt forhold til ombruk av tre?

Først og fremst gjennom forskning på stavkirkene hvor jeg har vært opptatt av både hvordan stavkirkematerialer har blitt gjenbruk i både i nye kirker og i andre bygninger, men også hvordan forholdet til gjenbruk av endret seg over tid. Urnes stavkirke er veldig godt eksempel på ombruk, for i katolsk tid var det slik at kirkematerialer kun skulle gjenbrukes i andre kirkelige bygg, og ble heller destruert heller enn å få en sekulær etterbruk. I Urnes så kan man jo se for seg en del verdslige grunner til gjenbruk, men at det også kan ha vært en sånn type tanke da at disse materialene kan bare gjenbrukes her og ikke til bygg for eksempel på gården.

Hva gjør din del av bransjen i dag for å legge til rette for ombruk av tre?

Vi legger til rette for ombruk av bygninger. Tradisjonelt sett dreier dette seg om museumseiendommer, slik som stavkirkene for eksempel. De skal ingen steder og de kommer vi til å ha der til evig tid. I nyere tid har vi også anskaffet oss andre eiendommer, som vi først setter i stand for videre bruk for å så avhende det til nye eiere som kan få glede av det videre. Det jo på en måte en form for mer sånn direkte ombruk. Med tanke på gjenbruk av materialer er det jo det litt mer komplisert for oss. Vi er jo ofte på den siden at vi i utgangspunktet sier dette må bevares heller enn det å plukke det fra hverandre og så gjenbruke stykkevis og delt. Fra et bygningsvernsperspektiv som både går på det konkrete håndverket og gjenbruk, prøver vi for eksempel å kjøre kurs i vindusrestaurering. Gamle vinduer med riktig vedlikehold kan være 100 år gamle, men de kan godt vare i 100 år til hvis riktig vedlikehold fortsetter.

Hvordan kan din del av bransjen bidra til å øke graden av ombruk av tre?

Ledelsen er veldig opptatt av miljøperspektivet. Dersom det grønneste huset er det som allerede er bygget er det et argument vi veldig ofte tar opp i vår kommunikasjon utad og vektlegger også i argumentasjonen når vi står oppi vernesaker. Den prosessen som er i gang med istandsetting og videresalg av mer vanlige bygninger er tenkt å bli en langvarig satsing. Vi er også involvert i et prosjekt som skal sørge for at dette kan skje i større skala. Prosjektet går ut på at kommuner skal hjelpe til med å koble sammen folk som har lyst til å sette i stand noe med dem som eier noe som forfaller. Dette er til det beste for alle parter ettersom kommunene kan få økt tilflytting, mens kulturminne blir satt i stand og gjenbrukt og at de som er eiere i dag kan jo få en bruk for det bygget de kanskje ikke har visst helt hva de de skulle gjøre med, og som kanskje har bidratt til dårlig samvittighet lenge.

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Det er først og fremst det historiske jeg kan tale av meg om da, men der ser man jo en ganske sånn kreativ form for gjenbruk. Det er jo veldig sånn «man tager hva man haver» variant som kanskje ikke er like utbredt i dag. Det at man kanskje har høyere krav eller kanskje ikke tenke på den like sånn ad hoc måte. Det er kanskje ikke helt den måten man bygger på i dag, men samtidig veldig sånn kreativ prosess som jeg tenker om man kan lære noe av da

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Det er jo kanskje litt den bruk og kast holdningen til hele bygg. Sånn som i regjeringskvartalet hvor man river fullt brukbare bygg. Men det går jo igjen i mange byer som vi ser tettsteder over hele landet, hvor man har et veldig kortsiktig perspektiv da, og det nye man bygger kanskje ikke har lengre perspektiv enn 20-30 år. Så viser man til utregninger på klimautslipp som ikke tar hensyn til eller regner med rivning og byggefasen, og bare opplyser om at de vil være veldig energieffektive i bruk. De tradisjonelle håndverksfagene er jo veldig små og veldig sårbare og en del former for gjenbruk, av både bygninger og materialer, forutsetter at man har en sånn type kunnskap som da nesten er utrydningstrua i en del tilfeller. Her er det er veldig viktig at man får sikret god nok rekruttering, og at man får sikra at de som tar sjansen på å drive med det faktisk kan ha et levebrød fremover og som er noenlunde stabilt da.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

Jeg tenker tida er veldig moden for den type tankegang nå, og det at det noe av det samme ville gjelde bygninger også. Vi har sett litt på om man kunne få til at eiendomsskatt, for eksempel at verneverdig bebyggelse fikk noe form for unntak fra eiendomsskatten som liksom helt ubyråkratisk dekker opp fordi at det er kanskje koster litt mer å sette i stand et eller annet etter antikvariske prinsipper, som gir et lite sånn intensivt til å ta vare på eldre bygninger. Jeg tror det er som den ungdomsgenerasjonen som har vokst opp mye mer miljøbevisst kanskje vil føre med seg de perspektivene enda større grad da. Det er en sånn bevisstgjøringsprosess kanskje er det fortsatt mange ikke tenker på bygningsvern som en form for miljøvern, så få alle de perspektivene enda mer ut.

Sammendrag intervjuobjekt 8.

Intervjuformat: digitalt	Rolle: førsteamanuensis	Aktør: akademia
--------------------------	-------------------------	-----------------

Rollerelatert

Hva er ditt forhold til ombruk av tre?

Jeg kan ikke huske noen prosjekter jeg har vært involvert i som på en eller annen måte var om gjenbruk av materialer. Det har vært prosjekter med massivtre, vanlig tre, limtre, men gjenbrukt tre har ikke vært en del av disse prosjektene.

Hva gjør din del av bransjen i dag for å legge til rette for ombruk av tre?

Vi har et masterprosjekt som involverer gjenbruk av betong, men ikke noe tilsvarende for tre. Det er i hvert fall ikke noe jeg har hørt om, hverken på universitetet jeg primært jobber på eller på det andre universitetet jeg har tilknytning til.

Hvordan kan akademia bidra til å øke graden av ombruk?

Akademia kan alltid bidra, men fra akademias side ser jeg det fortsatt sånn at første steg er å lære mer om tre som konstruksjonsmateriale fordi det nå kun er et emne på bachelor og ingen på master. Om det skulle være litt mer fokus på tre i akademia og så kan kanskje en del av det være å tenke på gjenbruk. Jeg tror det er veldig på et startnivå som forskningsspørsmål, det er fortsatt noe nytt og noe vi ikke har sett så mye av til nå. Første steg blir å ha et større fokus på tre generelt. Først må studentene ha forståelse av tre som materiale, og så kommer kanskje også automatisk fokuset på gjenbruk, slik vi har sett med gjenbruk av betong og gjenbruk av stål

Forskningsspørsmålsrelatert

Hvor godt egnet vil du si at materialer av tre er til å brukes på nytt?

Egentlig har jeg ikke drevet så mye med dette, men jeg tenker i utgangspunktet at det er godt egnet.

Fra ditt ståsted i bransjen, hva anser du som de største utfordringene knyttet til ombruk av tre?

Det er selvfølgelig avhengig av hvor stor grad de gamle trematerialene er skadet. Jeg tror det er mulig å ta de gode delene ut, og bruke disse delene på nytt. Når det kommer til de mekaniske egenskapene, ser jeg ikke store utfordringer. At lang tid har effekt på de mekaniske egenskapene, tenker jeg ikke er relevant.

Hva tenker du om potensialet for at ombruk av tre kan skje i større grad?

At kan foregår i større grad enn det gjør nå tenker jeg absolutt kan gå an.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway