



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Gjenbruk av utvalgte byggematerialer

Reuse of selected buildingmaterials

Steinar Eimhjellen Clausen

Dan Helland Strømsnes

Byggingeniør (Bachelor)

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap/Institutt for
byggfag

Veileder: Ørjan Fyllingen

Innleveringsdato: 21.05.2021

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.



Forord

Denne bacheloroppgaven ble utarbeidet våren 2021 og er vårt avsluttende arbeid etter tre år med skolegang på byggingeniørstudiet ved Høgskolen på Vestlandet i Bergen. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng per student, og er skrevet ved institutt for byggfag. Den er skrevet i samarbeid med SWECO, som er et konsulentfirma innenfor ingeniørrådgiving, miljøteknologi og arkitektur. SWECO skal i 2021 undersøke hvordan man kan gjøre urbane bo område bedre i et folkehelseperspektiv, der et av de viktige områdene er bærekraftig mobilitet.

Vi har i denne oppgaven lært mye nytt innenfor et spennende tema som har blitt viktigere og viktigere de siste årene. Denne kunnskapen kommer vi til å ta med oss videre inn i arbeidslivet, og vi håper å være med på å skape en mer bærekraftig og miljøvennlig byggebransje.

Vi vil gjerne rette en stor takk til Hilde Anette Eikeland i Asplan Viak, som har gitt oss god informasjon og bilder fra deres befaring i Sentralbadet. Vi fikk dessverre ikke gått på befaring i Sentralbadet på grunn av at verken SWECO eller Asplan Viak kunne gi oss tilgang til prosjektet, siden prosjektet for tiden er i en konkurransefase for bedriftene som ønsker prosjektet.

Til slutt vil vi gjerne takke veilederen vår ved Høgskulen på Vestlandet, Ørjan Fyllingen, som har gitt oss god oppfølging og veiledning gjennom hele oppgaven.

Antall ord: 30669

Bergen mai 2021

Dan Helland Strømsnes

Dan Helland Strømsnes

Steinar Clausen

Steinar Clausen



Sammendrag

I dag har verdenssamfunnet store utfordringer når det kommer til miljøproblemer og klimaendringer. Det er derfor blitt utarbeidet en internasjonal klimaavtale, Parisavtalen. Målsetningen er at verden skal bli klimanøytral mellom 2050 og 2100. Et av medlemslandene i denne avtalen er Norge, som ønsker å bli klimanøytral innen 2030 og har lovfestet å bli et lavutslippssamfunn innen 2050.

For at Norge skal oppnå klimamålene trenger de å redusere både ressursbruk og klimagassutslippet. Et av de store klimagassutslippene i Norge er byggebransjen, som står for 15% av det totale klimagassutslippet. Mesteparten av dette skyldes byggematerialer. Grunnen til dette er at byggebransjen er basert på en lineær økonomisk prosess hvor jomfruelige ressurser blir brukt til å produsere nye byggematerialer, som til slutt kastes. En slik prosess skaper en risiko for ressursknapphet og øker klimagassutslippet. Det er derfor viktig at byggebransjen går over i en sirkulær økonomiske prosess, der fokuset er å gjenbruke større mengder av byggematerialet, slik at avfallsmengde og klimagassutslippet reduseres.

For å øke gjenbruket av byggematerialer er det i denne oppgaven sett på gjenbrukspotensialet til noen av de store materialbærerene i Sentralbadet i Bergen. Resultatet av undersøkningen viser at flere av disse materialene har gjenbrukspotensial, men at det vil kreve både tid, økonomiske kostnader og vilje for å kunne gjenbruke materialer.

Det finnes i dag et spesielt strengt regelverk og en destruktiv rivepraksis som gjør det krevende å gjenbruke materialer. Dette henger også sammen med økonomiske arbeidsprosesser som gjør til at materialer ansees som dyrere å gjenbruke fremfor å bygge nytt, slik samfunnet er per dags dato.



Abstract

Today, the world community has major challenges when it comes to environmental problems and climate change. An international climate agreement, the Paris Agreement, has therefore been drawn up. The goal is for the world to become climate neutral between 2050 and 2100. One of the member countries in this agreement is Norway, which wants to become climate neutral by 2030 and has legislated to become a low-emission society by 2050.

For Norway to achieve its climate goals, they need to reduce both resource use and greenhouse gas emissions. One of the major greenhouse gas emissions in Norway is the construction industry, which accounts for 15% of total greenhouse gas emissions. Most of this is due to building materials. The reason for this is that the construction industry is in a linear economic process where virgin resources are used to produce new building materials, which are eventually discarded. Such a process creates a risk of resource scarcity and increases greenhouse gas emissions. It is therefore important that the construction industry enters into a circular economic process, where the focus is on reusing larger amounts of the building material, so that the amount of waste and greenhouse gas emissions are reduced.

To increase the reuse of building materials, this task looks at the recycling potential of the materials in Sentralbadet in Bergen. The results of the survey show that most of the materials in the building can be reused, but will have challenges in implementation, as well as financial costs that this entails.

The reason for this is that there are relatively many challenges associated when it comes to reusing materials. It is especially a strict set of rules and a destructive ripping practice that makes it demanding to reuse materials. This is also related to economic work processes that make materials more expensive to reuse rather than build new, as society is today.

In order to increase the reuse of building materials, this task looks at the reuse potential of some of the large material carriers in Sentralbadet in Bergen. The results of the survey show that several of these materials have the potential for reuse, but that it will require both time, financial costs and willingness to be able to reuse materials.

Today, there are particularly strict regulations and destructive demolition practices that make it demanding to reuse materials. This is also related to economic work processes that make materials considered more expensive to reuse rather than build new, as society is today.



Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Figurliste	vii
Tabelliste.....	ix
Begrepsavklaring	xi
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.1.1 Fokuset internasjonalt	1
1.1.2 Fokuset nasjonalt	3
1.1.3 Byggebransjen.....	3
1.1.4 Samfunnets fokus.....	4
1.2 Problemstilling	6
1.3 Avgrensing av oppgaven.....	6
1.4 Rapportens struktur	7
1.5 Etisk perspektiv.....	8
2.0 Metode	9
2.1 Valg av forskningsmetode	9
2.2 Valg av forskningsdesign – Casestudie	10
2.3 Datakvalitet	10
2.4 Verktøy og programvare	12
2.4.1 Autodesk Revit Structure	12
2.4.2 Tegninger	12
2.4.3 Excel	12
2.4.4 Paint	12
2.5 Innhenting av data.....	12
3 Teori	14
3.1 Hvorfor gjenbruke byggematerialer.....	14
3.1.1 Miljøgevinst	14
3.1.2 Avfallshåndtering.....	17
3.1.4 Avhending av materialer	22
3.1.5 Avfallpyramiden	23
3.2 utfordringer når det gjelder gjenbruk av byggematerialer	28
3.2.1 Teknisk og estetisk tilstand.....	28
3.2.2 Krav til dokumentasjon.....	29
3.2.3 Juridisk ansvar	32



3.2.4 Prosjektering	36
3.2.5 Samfunnsendring	37
3.2.6 Økonomi	38
3.2.7 Miljøfarlige stoffer.....	42
3.2.8 Riving og demontering	47
3.2.9 Tidspress	48
3.2.10 Lagring og transport.....	48
4 Kartlegging av materialer i sentralbadet.....	49
4.1 Case-studie: Kartlegging av Sentralbadet.....	49
4.1.1 Innhenting av informasjon om bygget.....	49
4.1.2 Om bygget.....	49
4.2 Materialkartlegging.....	51
4.2.1 Utvendige bygningsdeler	51
4.3 Usikkerhet i materialkartleggingen.....	63
4.4 Miljøkartlegging	64
4.4.1 Generelt.....	64
4.4.2 Kartleggingen.....	64
4.4.3 Asplan Viaks konklusjon	65
5 Gjenbrukspotensiale i ulike bygningsmaterialer	68
5.1 Betong	68
5.1.1 Litt om betong.....	68
5.1.2 Utdringer rundt gjenbruk av betong	68
5.1.3 Hvordan kan en gjenbruke betong?	74
5.2 Vinduer	78
5.2.1 Hva består vinduer av?.....	78
5.2.2 Utdringer ved gjenbruk av vinduer	79
5.2.3 Hvordan kan en gjenbruke vinduer?	83
5.3 Fasadeplater	86
5.3.1 Hva kjennetegner fasadeplater?	86
5.3.2 Ulike fasadeplater	86
5.3.3 Gjenbrukspotensiale for fasadeplater.....	90
5.4 Takteking	91
5.4.1 Litt om takteking.....	91
5.4.2 Drøfting av ulike type tekkinger	91
5.4.3 Gjenbrukspotensiale takteking.....	96
5.5 Treverk.....	98
5.5.1 Hva består treverk av	98



5.2.2 Fordeler ved trevirke som byggemateriale	100
5.5.2 Utfordring ved gjenbruk av treverk	101
5.5.3 Gjenbrukspotensiale.....	105
5.6 Keramiske fliser	107
5.6.1 Litt om keramiske fliser	107
5.6.2 utfordringer ved gjenbruk	107
5.6.3 Gjenbrukspotensiale.....	110
6 Sentralbadet.....	111
6.1 Fasadeplater	111
6.2 Betong	112
6.2.1 Klordinnhold	113
6.2.2 Karbonatisering	114
6.2.3 Betongkvalitet	115
6.2.4 Armeringsoverdekning	117
6.2.5 Innhold av miljøfarlige stoffer	118
6.2.6 Konklusjon betong	120
6.3 Vinduer	121
6.4 Takteking	123
6.5 Treverk	124
6.6 Keramiske fliser	124
6.7 Samlet vurdering	125
7 Konklusjon.....	128
7.1 Forslag til videre undersøkelser av byggematerialer i Sentralbadet	129
8 Litteraturliste	130
9 Vedlegg.....	147



Figurliste

Figure 1: Viser FNs 17 bærekraftsmål frem mot 2030 [2].	2
Figure 2: Hovedinngang til Sentralbadet i Bergen 4. April 2021.	5
Figure 3: Viser at ombruk kan erstatter nye byggevarer basert på enten nye råstoffer eller materialgjenvinning [41].	14
Figure 4: Fordeling av avfallsmengden fordelt i prosent over forskjellige norske sektorer. Talldata fra SSB [73], [74].	18
Figure 5: Viser den lineære byggeprosessen. Bilder hentet fra [79]– [81].	19
Figure 6: Illustrasjonen viser hvordan sirkulær økonomi kan se ut i byggebransjen. Bilder fra [79]– [81], [83]– [86].	20
Figure 7: Avfallspyramiden. Bilder utarbeidet av flere kilder fra [83], [92]– [95].	22
Figure 8: Viser i prosentandel hvor mye avfall fra byggebransjen går til materialgjenvinning, energiutnyttelse og deponering. Talldata fra SSB [96]. Vedlegg nr.1	23
Figure 9: Illustrerer den økende mengden avfall i tonn som går til deponi fra 2015 til 2019. Dataene er fra SSB [96], vedlegg nr.2.	27
Figure 10: Illustrerer en rekke utfordringer i byggebransjen og hvordan de typisk kan henge sammen.	28
Figure 11: Viser ansvarsfordelingen i byggebransjen	34
Figure 12: Illustrerer ansvarsforholdene mellom produsent, entreprenør og byggherre.	35
Figure 13: Viser “re-sertifisering” av produkter.	35
Figure 14: Oversikt over ombruks prosessen ved riving til nytt produkt.	38
Figure 15: Viser nøkkeltall for ikke-finansiell aksjeselskaper, etter næring fra 2015-2019. Talldata fra SSB [135]. Vedlegg nr.3	41
Figure 16: Hovedinngang til Sentralbadet i Bergen 4. April 2021.	50
Figure 17: Nordøst ytterveggene til Sentralbadet 4. April 2021.	51
Figure 18: Viser fasadeplatene til Sentralbadet 4. April 2021.	52
Figure 20: Utvendige vindu i sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	53
Figure 19: Utvendige vindu i sentralbadet 4. April 2021	53
Figure 21: Glassfasaden mot Nordvest i Sentralbadet 4. April 2021.	54
Figure 23: Yttertak over høyblokken. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	55
Figure 22: Yttertak over svømmehallen til Sentralbadet [56, s. 87].	55
Figure 25: Innvendig betongvegg i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	56
Figure 24: Innvendige flislagte vegger i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	56
Figure 27: Innvendige gipsvegger i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	56
Figure 26: Innvendige betongvegger i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	56
Figure 28: Betongsøyle med bassengdelen i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	57
Figure 31: Tresøyle i kaldloftet i høyblokken. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	57
Figure 30: Betongsøyle i sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	57
Figure 29: Betongsøylene på tribunen i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	57
Figure 33: Utklipp av betong dragerne som ligger i taket over svømmebassenget i Revit filen av Sentralbadet.	58
Figure 32: En betongbjelke i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	58
Figure 36: Vinylbelegg på gulv. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	60
Figure 35: Flislagt gulv. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	60



Figure 34: Parkettdekke i nautilus treningsrom. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019. .	60
Figure 38: Bilde av flislagte garderobe vegg i sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	61
Figure 37: Svømmehall og tribune i Sentralbadet [154].	61
Figure 39: Innvendige vindu mellom nautilus treningsrom og svømmehall. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	62
Figure 40: Innvendig vindu mellom svømmehall og kontordelen. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	62
Figure 42: Trevirke i taket på høyblokken. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	63
Figure 41: Trepanel i gymsalen i Sentralbadet. Bildet er fra [56].	63
Figure 43: Fordeling av avfall fra byggeaktivitet, prosentvis fordelt. Talldata hentet fra [157]. Vedlegg nr.4.	68
Figure 44: Illustrasjon på sprekkdannelse og korrosjon i betongen. Bilde hentet fra et tilfeldig byggverk [159].	70
Figure 45: Illustrasjon på hvordan setningen kan variere over et areal, kan gi setningsskade.	72
Figure 46: Illustrerer hvilke materialer et vindu består av [174].	78
Figure 47: Bilde av Mindemyren i Bergen i 1920 [186].	82
Figure 48: Bilde av Mindemyren i Bergen i 2012 [187].	82
Figure 49: Illustrerer faktorer som må vurderes for å kunne konkluderer gjenbrukspotensialet.	84
Figure 50: Illustrerer hvordan man kan vurdere gjenbrukspotensialet til et vindu.	85
Figure 52: Et hus med eternittplater som vegger [196].	87
Figure 51: Et hus med bølgeeternitt på tak og eternitt vindskibeslag [196].	87
Figure 53: "Sementplate med armering av organiske fibre." [198].	87
Figure 54: Bilde av fasadeplater under montering fra Kristian Augusts gate 13, Oslo [132].	90
Figure 55: Illustrerer tekking med takstein og beskriver legging og forankring [209].	91
Figure 56: Illustrerer monteringen av asfalttakbelegg [215].	94
Figure 57: Illustrerer treets ulike lag. Hentet fra [222].	99
Figure 58: Illustrere et typisk scenario for hvordan treverk kan bli nedsirkulert til mindre fraksjoner ved gjentatte gjenbruksoperasjoner.	104
Figure 59: Dusjvdelingen i med flislagte vegger og gulv i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	109
Figure 60: Søyle mellom nautilus treningsrom og svømmehall. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.	114
Figure 61: Viser tabell om minste overdekning krav fra dagens betongstandard NS-EN 1992 [245].	116
Figure 62: Illustrerer vekten til materialene i Sentralbadet.	127



Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over de mest aktuelle miljøfarlige stoffene i byggebransjen [10].	45
Tabell 2: Grenseverdier for hvordan man skal kunne kategorisere materialer [56].	45
Tabell 3: Grenseverdier for hvordan man skal kunne kategorisere materialer [56].	46
Tabell 4: Oversikt over mengden til ytterveggene i Sentralbadet. Se vedlegg nr.4.	51
Tabell 5: Oversikt over mengden til grunnmuren til Sentralbadet. Vedlegg nr. 4.	52
Tabell 6: Oversikt over mengde fasadeplater. Vedlegg nr. 4.	52
Tabell 7: Oversikt over de forskjellige vinduene i Sentralbadet. Vedlegg nr. 5.	53
Tabell 8: Oversikt over tallfata av glassfasaden. Vedlegg nr.5.	54
Tabell 9: Oversikt over talldata av yttertaket. Vedlegg nr. 6.	55
Tabell 10: Oversikt over informasjonen til de innvendige veggene i sentralbadet. Vedlegg nr.4.	56
Tabell 11: Oversikt over talldata av søyler i Sentralbadet. Vedlegg nr. 7.	57
Tabell 12: Oversikt over informasjonen av bjelkene i Sentralbadet. Vedlegg nr.7.	58
Tabell 13: Oversikt over talldata av gulv i Sentralbadet. Vedlegg nr. 8.	60
Tabell 14: Oversikt over bygningsdeler som er fliselagte [42].	61
Tabell 15: Oversikt over informasjonene av de innvendige vinduene. Vedlegg nr. 5.	62
Tabell 16: Oversikt over trevirke i Sentralbadet.	63
Tabell 17: Oversikt over dataene fra Asplan Viak om helse- og miljøfarlige stoffer [56].	65
Tabell 18: Beskrivelse over dataene av farlig avfall fra miljøkartleggingen av Sentralbadet [56].	66
Tabell 19: Beskrivelse over dataene av EE-avfall og lavforuenset avfall funnet ved miljøkartleggingen av Sentralbadet. Data fra [56].	67
Tabell 21: Oversikt over konsentrasjonsgrense til tilleggskravs stoffene ved bruk av betong og tegl som er påført maling [164].	74
Tabell 20: Oversikt over konsentrasjonsgrense kravene til de forskjellige stoffene i både betong og tegl [164].	74
Tabell 22: Oversikt over gjenbrukspotensiale til betong.	77
Tabell 23: Beskrivelse av materiale og levetiden til et vindu.	80
Tabell 24: Oversikt over gjenbrukspotensiale til de forskjellige materialene fasadeplater kan være laget av.	90
Tabell 25: Beskriver gjenbrukspotensialet til materialet taksteinen er laget av.	96
Tabell 26: Oversikt over gjenbrukspotensialet til materialene takplater kan være laget av.	97
Tabell 27: Oversikt over gjenbrukspotensialet til materialene takpapp kan være laget av.	97
Tabell 28: Oversikt over levetiden til utendørs treverk konstruksjoner [232].	102
Tabell 29: Oversikt over gjenbrukspotensialet til type treverk.	105
Tabell 30: Beskriver miljøfarlige stoffer som påføres utenpå flisen.	109
Tabell 31: Oversikt over gjenbrukspotensialet til fliser.	110
Tabell 32: Oversikt over prøvetaking av betongen [42].	113
Tabell 33: Oversikt over klorinnhold i % av sementvekt og farge inndelingen av korrosjonsrisiko [42].	113
Tabell 34: Oversikt over målte karbonatiseringer i betongen i Sentralbadet [42].	114
Tabell 35: Oversikt over betongkvalitetene etter NS 427: 1939 [244] til dagens betongkvalitet etter NS-EN 1992-1-1 [245].	115
Tabell 36: Beskrivelse av betongkvalitetene etter betongstandarden fra 1939 [244].	115
Tabell 37: Oversikt over armering i betong konstruksjonen i sentralbadet [42].	117
Tabell 38: Oversikt over prøveresultat av testing av miljøfarlige i betongen i Sentralbadet [164].	119



Tabell 39: Oversikt over prøveresultat av testing av miljøfarlige stoffer i gulvbelegg, maling og andre overflatematerialer utenpå betongen [56].	119
Tabell 40: Oversikt over gjenbrukspotensialet av betongkonstruksjonen i sentralbadet.....	120
Tabell 41: Sentrale spørsmål tilknyttet tabell figur nr. 50 i kapittel 5.2.3 for vinduene i andre etasje.	122
Tabell 42: Oversikt over plassering av materialene for Sentralbadet inn i avfallspyramiden, se figur nr.7.	126
Tabell 43: Oversikt over de ulike materialene i Sentralbadet, der det er målt omfang og vekt.	126



Begrepsavklaring

I denne delen vises det en oversikt over noen sentrale begrep og forkortelser som er brukt i denne oppgaven.

Avfall: «Er kasserte gjenstander, stoffer, energibærere, restproduksjoner og som ikke lenger har sin opprinnelige verdi, emballasje som ikke lenger har sin opprinnelige verdi, representerer viktige ressurser ved gjenvinning.» [1].

BA-avfall: Bygg og anlegg avfall.

BRA: Bruksareal.

BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology. Er et miljøsertifiseringsverktøy for bygninger.

Byggavfall: «Overflødige materialer og gjenstander fra bygging, rehabilitering og riving av bygninger, konstruksjoner og anlegg, men ikke gravemasser fra bygg- og anleggsvirksomhet eller avfall som oppstår ved slitasje på maskiner og utstyr, eller brakkeriggavfall» [2].

Byggevarer: “En byggevarer er et produkt som bygges inn i byggverk og som påvirker byggverkets grunnleggende egenskaper (mekanisk stabilitet, brannsikkerhet, beskyttelse av brukernes helse og hygiene, sikkerhet ved bruk, vern mot støy og energi)” [3].

CE-merket: Communauté Européenne. Et CE-merke er produsenters garanti for at produktet er trygt å bruke.

Deponering: “Endelig anbringelse av farlig avfall f.eks. i form av forbrenning, gjenvinning eller kontrollert deponering.” [4].

Driftsfase: Etter at byggherren har overtatt arbeidene fra entreprenør, kan byggherren overlevere bygget/arealene til den eller de virksomhetene som skal flytte inn [5].

EEA: European Economic Area.

EE-avfall: “Avfall av produkter og komponenter som er avhengige av elektrisk strøm eller elektromagnetiske felt for å fungere korrekt og utstyr for å generere, overføre, fordele og måle elektrisk strøm og elektromagnetiske felt. EE-avfall er også produktdele og komponenter som er nødvendige for å avkjøle, varme opp og beskytte de elektriske eller elektroniske delene.” [6]

Eksteriør: Betyr det ytre, det som er yttersiden eller selve fasaden [7].

Elastisitet: Evnen en bygning har til å utvide eller redusere arealer innenfor en gitt geometri [8].



Energiutnyttelse: *“Når avfallet brennes, blir varmen utnyttet til å skape varmtvann og elektrisk energi” [9].*

EU: European Union.

EØS: Europeisk økonomisk samarbeidsområde.

Farlig avfall: *“Avfall som ikke hensiktsmessig kan håndteres sammen med forbruksavfall fordi det kan medføre alvorlige forurensninger eller fare for skade på mennesker eller dyr. Avfall som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer over konsentrasjonsgrenser i avfallsforskriften, er farlig avfall.” [10].*

Fleksibilitet: Evnen en bygning har til å møte vekslende krav gjennom å forandre egenskaper [11].

FN: De Forente Nasjoner.

Fysiske påkjenninger: Fysiske belastninger som påvirker byggverk og bygningskomponenters mekaniske egenskaper på en negativ måte.

FVD: Forvaltning, drift og vedlikehold. Lovpålagt dokumentasjon som omfatter forvaltning, drift og vedlikeholdsoppgaver i hele byggverkets driftsfase.

Garanti: En garanti er en privat avtale mellom deg som kjøper og selgeren eller produsenten av en vare (eller tjeneste) [12].

Generalitet: Evnen en bygning har til å møte vekslende krav uten å forandre egenskaper. [11]

Gjenbruk: Betyr å bruke et materiale på nytt igjen, enten ved ombruk eller at materialet gjenvinnes til et nytt produkt.

Håndtering: *“En fellesbetegnelse for innsamling, mottak, mellomagring, behandling og annen disponering av farlig avfall, samt tankrensing som medfører farlig avfall” [4].*

ILO-konvensjon: *“Konvensjonen er en omfattende folkerettslig bindende konvensjon, som omfatter urfolks og stammefolks rettigheter” [13].*

Insentiv: *“Et insentiv er noe som motiverer mennesker til handling. Insentiver kan påvirke adferd og valg gjennom å gjøre et alternativ mer å foretrekke enn et annet. Det skilles mellom ytre insentiver og indre insentiver. Ytre insentiver kan for eksempel være belønning i form av økonomisk gevinst. Indre insentiver kan være opplevelsen av tilfredshet eller glede ved den handlingen eller aktiviteten man har gjort” [14].*

Interiør: Betyr det indre, altså det som er på innsiden av bygget [15].

Kildesortering: *“Inndeling av avfall i ulike kategorier og komponenter etter hvert som det oppstår. Brukes både om hente- og bringesystemer.” [16].*



Klimatiske påkjenninger: Fysiske påkjenninger som følge av regn, snø, vind, flom, flo eller andre påkjenninger som følge av klimatiske forhold.

LCC: *“Alle offentlige byggeiere og byggherrer er pålagt å vurdere Livssyklus kostnader (LCC) ved anskaffelser. (LCC) er summen av investeringskostnad og alle kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling i bruksfasen av et bygg eller anlegg, fratrukket restverdi ved avhending.”* [17].

LEAN: *“Lean er en filosofi og tankemåte som handler om at ledere og medarbeidere i en virksomhet jobber sammen over tid for å øke verdi for kunde – mot en sømløs prosess uten sløsing av ressurser, tid eller innsats. Med andre ord, levere mer verdi med mindre innsats.”* [18].

Miljøbelastning: Negative belastninger på miljøet som for eksempel klimagassutslipp eller miljøforurensninger.

Miljøkartlegging: *“Påvisning av helse- og miljøskadelige stoffer i byggverk. Resultatet av kartleggingen må nedfelles i en miljøsaneringsbeskrivelse.”* [6].

Miljøregnskap: *“I et integrert miljø- og økonomiregnskap er formålet å sammenstille økonomiske og miljørelaterte størrelser på næringsnivå. Dette gir mulighet for å analysere drivkrefter bak miljøutviklingen samt mulighet for å utlede miljø økonomiske nøkkeltall.”* [19].

NS: Norsk standard.

Ombruk: *“Ny utnyttelse av et produkt i dets opprinnelige form”* [16].

Ombygging: *“Arbeider for å endre en bygnings eller et anleggs funksjoner, arealbruk eller standard, uavhengig av i hvilken grad standarden endres.”* [20].

Pbl: Plan og bygningsloven.

PH-verdi: Er et mål som viser hvor surt en væske er.

Produksjonsfase: Innebærer både designutvikling og prosjektering, samtidig også bygging og overtakelse av bygget [21].

Reklamasjon: Det er et krav som følge av feil eller mangler ved en vare eller tjeneste. Reklamasjonsretten gir deg muligheten til å kreve utbedring, omlevering, prisavslag eller heving på grunn av feil eller mangler som eksisterte på kjøpstidspunktet [12].

Renovasjon: *Renovasjon omfatter innsamling av avfall fra husholdninger og næringsliv, mottak på returpunkter og gjenvinningsstasjoner, sortering og kvalitetssikring av avfall, samt viderelevering av dette avfallet til materialgjenvinning eller forbrenningsanlegg.* [22].

Renovering: *“Renovere er å fornye, å gjøre rent eller å sørge for renovasjon.”*[23].

Risiko: *“Risiko innebærer at hendelser kan inntreffe som har konsekvenser for noe som er av verdi for oss mennesker.”* [24].



Resirkulering: Betyr å gjenvinne noe til nytt bruk [25].

Restaurering: “Restaurering betyr å helt eller delvis tilbakeføre en bygning eller gjenstand til en tidligere tilstand. Ved restaurering må man velge hvilket tidspunkt kulturminnet skal tilbakeføres til. Det kan være slik det var da det ble laget eller oppført, slik det var på et senere tidspunkt eller en kombinasjon av ulike stadier.” [26].

SOER: The State of European Enviroment.

SSB: Statistisk sentralbyrå.

Tiltak: “Med tiltak etter loven menes oppføring, riving, endring, herunder fasadeendringer, endret bruk og andre tiltak knyttet til bygninger, konstruksjoner og anlegg, samt terrenginngrep og opprettelse og endring av eiendom.” [27].

Tiltakshaver: “En tiltakshaver er den personen som ønsker et arbeid utført, og som oftes er tiltakshaver også byggherre.” [28].

U-verdi: “Et mål på hvor god varmeisolasjon det er i en bygningsdel. En lav U-verdi for vinduer og yttervegger betyr at lite varme passerer gjennom materialene.” [29].

Vedlikehold: “Vedlikehold defineres som de aktiviteter som gjennomføres for å opprettholde eller gjenvinne et systems funksjonsegenskaper.” [30].



1. Innledning

1.1 Bakgrunn

De fleste forskere i verden er i dag enige om at klimaet er i ferd med å endre seg på grunn av menneskers klimagassutslipp. Dette innebærer at temperaturene på kloden vil stige, is vil smelte, hav vil stige og ekstremvær vil kunne forekomme oftere enn normalt. Årsaken til klimaendringene er mange, og er en sammensatt problemstilling som gjelder hele kloden. Slike klimaendringer vil kunne påvirke samfunnet på mange måter, og det har de siste årene vært et bredt fokus på å reversere disse endringene [31].

For at samfunnet skal klare dette har det blitt innført et par begreper som “*sirkulærøkonomi*”, “*bærekraftig utvikling*” og “*grønt skifte*”. Alle disse begrepene baserer seg på å endre dagens produksjons- og forbruksmønster til en mer miljøvennlig retning som vil bidra til redusert klimagassutslipp. En omstilling må til for å kunne oppnå internasjonale og nasjonale klimamål. For å nå klimamålene er det nødvendig å få en “*ny økonomi*” som bygger på løsninger som vil gi lavere klimautslipp og bedre ressursforbruk [32].

1.1.1 Fokuset internasjonalt

Fra FNs “Verdenskommunikasjon for miljø og utviklings rapport: *Vår felles framtid*” blir bærekraftig utvikling definert som:

“Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov” [33].

Miljødefinisjon innenfor bærekraftig utvikling baseres på å ta vare på naturen og klimaet som en fornybar ressurs for samfunnet og mennesket.



FNs BÆREKRAFTSMÅL



Figure 1: Viser FNs 17 bærekraftsmål frem mot 2030 [2].

Å stoppe klimaendringene inngår i FNs bærekraftsmål nr. 13 som vist i figur nr.1. I 2015 forpliktet alle verdens land å begrense klimagassutslippene gjennom Parisavtalen.

Målsetningen for denne avtalen er deriblant at:

- Verden skal mellom 2050 og 2100 bli klimanøytrale.
- Temperaturen skal ikke stige mer enn 2°C, og helst ikke mer enn 1,5°C.

I tillegg forventes det at de rike landene skal kutte mest av sine klimagassutslipp [33].

I 2019 ble rapporten “SOER 2020” utgitt av det europeiske miljøbyrået (EEA), som presenterer Europas miljøtilstand opp mot EUs miljømål. Rapporten viser at fremgangen siden 2015 er liten og viste en dyster trend mot 2030. Rapporten understreker at Europa ikke kommer til å oppnå sin bærekrafts visjon om å:

“Ha et godt liv innenfor planetens tålegrenser ved å fremme økonomisk vekst og forsøke å håndtere skadelige bivirkninger med miljø- og sosialpolitiske verktøy” [34].

I 2020 var Europa i rute til å nå 18 av 35 miljømål, og 9 av disse ble delvis oppnådd. Dette viser at miljøsituasjonen i Europa er meget alvorlig. Det blir ikke tatt nødvendige grep for å redusere klimagasser, og utvikling av en ny økonomi som vil være innenfor tålegrense til naturen. Rapporten bemerker tegn til framskritt innenfor reduksjon av klimagassutslipp og klimagasser, og innføringen av ny politikk som fremhever tilpassingen til klimaendringer og sirkulær økonomi. Men for å oppnå FNs bærekraftsmål og målene til Parisavtalen, påpeker “SOER2020” at det er nødvendig med hastetiltak på alle 35 områder de neste ti årene [34].



1.1.2 Fokuset nasjonalt

Norge har som mål å redusere utslippene av klimagasser med minst 50% og opp mot 55% innen 2030 sammenlignet med nivået i 1990. I tillegg skal Norge også bli et lavutslippssamfunn innen 2030 og klimanøytrale innen 2050. Miljødirektoratet har derfor opprettet 23 miljømål som er fordelt på områder som naturmangfold, klima, friluftsliv, polarområdene, kulturminner og kulturmiljø [35].

For å oppnå disse målene har miljødirektoratet laget en rapport som heter Klimakur 2030, hvor det pekes på et par virkemiddel som kan bidra til å redusere klimagassutslippene, deriblant sirkulærøkonomi [36]. Sirkulær økonomi går ut på å utnytte ressursene våre på best mulig måte, og sikre bærekraft og verdiskaping på både kort og lang sikt. Det kreves derfor at det brukes fornybare energikilder, råvarer med både høy verdi og kvalitet, og systemer som klarer å få dagens avfall til materialer i fremtiden [37].

1.1.3 Byggebransjen

Byggebransjen står i dag for omtrent 40% av verdens klimautslipp. I en rapport fra SSB viser det at i 2017 stod Byggebransjen for 15% av klimautslippene i Norge. Av disse skyldes 24% produksjon av byggevarer, 22% skyldes av selve bygg og anleggsaktiviteten, 22% kommer av eksport til bygg og anlegg, og resten skyldes andre faktorer innen byggebransjen [38]. Siden denne bransjen står for en stor andel av klimautslippet, vil gjennomføring av tiltak resultere i reduksjon av miljøbelastningen fra denne sektoren.

For at både internasjonale og nasjonale miljømål skal oppnås, kreves det at byggebransjen gjør endringer i produksjon, byggemetoder og tankegang. Dette innebærer at:

- Energiforbruket minimeres og det benyttes fornybar energi
- Bruke materialer med lang levetid, og materialer med lave miljøpåvirkninger
- Redusere avfallstrykket, og gjenbruke materialer.

For at byggebransjen skal kunne gjennomføre disse endringene kreves det både at det etableres kunnskap gjennom referanseprosjekter, og at det stilles krav fra myndighetene [39].

Det finnes i dag referanseprosjekter på plusshus, lavenergibygg, og bygg med høy andel av gjenbrukte materialer. Myndighetene har også de siste årene stilt nye krav til byggverk



gjennom byggt teknisk forskrift. Dette bevitner at også byggebransjen beveger seg i en klimavennlig retning.

Det er likevel en lang vei igjen, og ZERO som er en miljøorganisasjon anslår at bortimot 50% av klimagassutslippene i byggebransjen, kommer fra byggematerialer [39]. Dette understreker viktigheten av at materialer kan gjenbrukes slik at man kan redusere andelen av materialer som går i omløp.

1.1.4 Samfunnets fokus

For at verdenssamfunnet skal skape en bærekraftig utvikling må det jobbes på tre områder: klima og miljø, økonomi og sosiale forhold. Det er begrenset tilgang på ressurser, råvarer og vann som stadig flere skal dele på. Samfunnet må derfor finne løsninger som balanserer belastningen på miljøet, og finner bedre måter å fordele ressursene på [40]. I denne forbindelsen kreves det blant annet at prosjekteringen av bygg er nytenkende og nyskapende, mer bruk av fornybare ressurser, økt gjenbruk og gjenvinning av materialer og konstruksjonsdeler.

Skal man øke gjenbruken og gjenvinningen av materialer og oppnå FNs bærekraftsmål både globalt og lokalt, må søkelyset på materialer i eksisterende bygg øke. Det er viktig å innpasse gjenbruk og gjenvinningsmuligheter tidlig i prosjektfasen, siden dette er komplekse og utfordrende miljømål som krever tverrfaglig handling. Alle bygninger inneholder materialer som kan gjenbrukes til nye byggeprosjekter eller gjenvinnes til nye materialer. Oppbygging, drift og riving av bygg er sentrale faktorer for at kvaliteten og levetiden på materialene kan opprettholdes og derfor gjenbrukes i nye byggeprosjekter [41].

Bergen kommune ønsker å bidra til utvikling og forskning av gode eksempler på klimatilpassing ved å ivareta kulturminner gjennom ansvarlig klimavennlig bruk og gjenbruk. Som et tiltak til dette, er det av ønske å bevare byggematerialer i kommunale byggeprosjekter. Et av disse byggeprosjektene er Sentralbadet som har en beliggenhet sentralt i Bergen sentrum, se figur nr.2.



Sentralbadet ble bygget på slutten av 1950-tallet, og fungerte som et badeanlegg fram til 2014 [42]. Bygget er et viktig kulturminne som representerer etterkrigsmodernismen, og fremstiller en sentral del av Bergens identitet. Dette kommer av at det er byens første svømmehall og på grunn av det enestående



Figure 2: Hovedinngang til Sentralbadet i Bergen 4. April 2021.

arkitektoniske uttrykket. Fasadene består av stålarmert betong og glass. Bygningen er delt i to bygningsdeler, bestående av både en lukket og åpen form. De bærende verdiene med bygningen er den store glassfasaden mot Nøstet og Baneveien, den lukkede bygningskroppen med rutete fasader mot Teatergaten med trapp og inngangsparti som danner et viktig sentralmotiv [43].

I ombygningen av Sentralbadet er det viktig å ta vare på disse bærende verdiene inn i det nye prosjektet. Dette kan knyttes direkte opp mot mål nr. 1 og 2 i Bergen kommunes kulturminnestrategi.

Mål 1 – Identitet og Særpreget: *“I Bergen skal vern av kulturminneverdier sikre kvalitet, identitet og særpreget i byutvikling”* [44]

- Bergen skal ivareta ressurser som kulturminnernes egenverdi og deres kulturhistoriske sammenheng i stedsutviklingen [43].

Mål 2 – Bærekraft: *“Bergen skal ivareta kulturminneverdier og forvalte dem gjennom ansvarlig og klimavennlig bruk, gjenbruk og transformasjon”* [44]. Med strategisk delmål under:

- *“Bergen skal bidra til forskning og utvikling av gode eksempler på klimatilpassing og energiøkonomisering der hensynet til kulturminneverdier legges til grunn og ivaretas”.*
- *“Bevaring, transformasjon og ny bruk skal være det foretrukne alternativet der kulturminner har mistet sin opprinnelige funksjon”.*
- *“For kommunenes egne eiendommer skal bevaring og tilpassing til nye behov være retningsgivende i forvaltningen av kulturhistoriske eiendommer. Gode forbildeprosjekter med overføringsverdi skal tilstrebes”* [43].

Bergen kommune vil at Sentralbadets scenekunsthuss skal bli et nytt senter for teater og dans på nasjonalt nivå. Scenekunsthuset skal fremstå som et aktivt og attraktivt utadvendt bygg i



byveven. Dette er et viktig prosjekt i kommunens strategi om å realisere målene som er satt om gjenbruk av eksisterende bygningsmaterialer, ivaretagelse av opprinnelige romlige og materialmessige kvaliteter og fleksibilitet i byggets levetid [43]. De innbudte må skape et bygg som signaliserer hvilke ambisjoner Bergen kommune har for sine elementære kulturbygg.

1.2 Problemstilling

I dag har fokuset rundt gjenbruk av eksisterende produkter økt mye i de siste årene, og byggebransjen er en bransje som har mye å hente innenfor dette området. I denne sammenheng ønskes det derfor å rette et større fokus på gjenbruk av materialer både nasjonalt og lokalt i byggebransjen, slik at materialressurser tas vare på istedenfor at det blir til avfall.

Problemstilling som er valgt er derfor:

- *Hvorfor bør byggematerialer gjenbrukes?*
- *Hvilke utfordringer er det ved å gjenbruke byggematerialer?*

Sentralbadet i Bergen vil bli brukt som et referanseprosjekt hvor formålet er å kartlegge hvilket gjenbrukspotensiale dette bygget har.

1.3 Avgrensing av oppgaven

Bacheloroppgaven er avgrenset til å undersøke gjenbrukspotensiale til materialer som utgjør størst mengde i sentralbadet. Videre undersøkes det hvordan prosessen til et materiale er frem til deponering. Det undersøkes ikke hvordan materialene blir transportert til de forskjellige avfallsområdene og heller ikke hvordan disse avfallsområdene behandler og oppbevarer materialer med ombrukspotensiale. Salg og dokumentasjon/sertifisering av materialene i sentralbadet blir ikke undersøkt. Undersøkelser angående hva som er de mest miljøvennlige løsningene for materialene og det økonomiske akseptert mellom å bygge nytt eller å gjenbruk blir nevnt i oppgaven, men ikke undersøkt i stor grad. Bacheloroppgaven retter søkelys på økonomiske faktorer ved å gjenbruke materialer, men det understrekes også at prisinger av byggverk ansees som noe konfidensielt, og er noe bedrifter i et konkurransemarked ikke nødvendigvis ønsker å meddele i full detalj. Prising av byggverk med gjenbruksmaterialer er også noe bedrifter opplever å ha manglende kunnskap og erfaringstall.



1.4 Rapportens struktur

Denne bacheloroppgaven tar for seg prosessen om gjenbruk av materialer. Der prosessen starter med hensikten, viktigheten og utfordringer med å gjenbruke. Deretter til materialkartlegging av case studie og gjenbrukspotensialet av materialene. Før det går videre til diskusjon og analyse av resultater og til slutt konklusjon.

Kapittel 1 omhandler bakgrunnen for bacheloroppgaven som deretter leder ut i en problemstilling som retter seg inn mot riktig tema. Etter dette uttrykkes både samfunnsmessige og etiske perspektiv i forbindelse med oppgaven.

Kapittel 2 handler om valg av metode. Her presenteres både valg og begrunnelse av forskningsmetode, forskningsdesign, datakvalitet og innhenting av data og kildekritikk.

Kapittel 3 er teoridelen som er med på å bygge opp kunnskapen til leseren om gjenbruk av materialer før materialkartleggingen starter. Den svarer også på spørsmålene i problemstillingen.

Kapittel 4 viser mengden og størrelsen av materialene i Sentralbadet, før det presenteres resultater fra miljøkartleggingen av sentralbadet.

Kapittel 5 handler om gjenbrukspotensialet til noen av de bygningsmaterialene som utgjør størst mengde i Sentralbadet.

Kapittel 6 diskuterer resultatene fra kapittel 5 opp mot resultater og analyser fra miljøkartleggingen og tilstandsvurderingen som er utarbeidet av materialene i Sentralbadet. I tillegg drøftes det eventuelle ideer til hva materialene kan gjenbrukes til.

Kapittel 7 er konklusjonen på oppgaven. Her presenteres viktige og konkluderende resultater, analyser og diskusjoner som ble gjort i oppgaven, for å svare på oppgavens problemstillinger.

Kapittel 8 og 9 viser en oversikt over litteraturen som er benyttet samt vedlegg som medfølger oppgaven.



1.5 Etisk perspektiv

Regjeringen definerer etikk som:

“refleksjon over verdier og normer, og begrunnelsen vi gir våre valg” [45].

For folkevalgte og ansatte i en kommune handler etikk om planmessig refleksjon over hva som er hensiktsmessig godt for den kommunale virksomheten. Arbeidet med etikk hjelper oss med å gjenkjenne etiske problemer og dermed finne de beste velbegrunnede beslutningene.

Byggebransjen i Norge skal bidra etisk på et internasjonalt nivå, ved å følge kravene fra Statsbygg om å respektere grunnleggende krav til menneskerettigheter, arbeidstakerrettigheter og miljø i egen virksomhet og i leverandørkjeden. Ressurser og materialer som leveres til byggherren, skal være fremstilt under forhold som ikke går imot kravene fra sentrale FN-konvensjoner, ILO-konvensjoner og nasjonal arbeidslovgiving [46]. Det er derfor viktig for byggebransjen å få en oversikt over underleverandører og måten de arbeider på. Utfordringen er hvor mye man kan akseptere av avviket fra våre egne regler og verdier fra andre land i produksjon av ressurser og materialer.

I Norge er konkurransen i byggebransjen utfordrende. Søkelyset handler ofte om pris, og i anbudskonkurranser vinner gjerne entreprenører med lavest totalpris. Dette kan føre til at entreprenører velger bevisst å redusere gjennomføring- og materialkvalitet, eller satser på mange endringer i prosjektet etter at prosjektet er gitt. Noen andre aktører kan satse på useriøs drift med brudd på arbeidstidsbestemmelser, og svart arbeid. Dette handler til syvende om samfunnet som helhet, hvor det er viktig å betale det prosjektet vil koste, slik at de seriøse ikke blir presset ut av markedet [47].

Som byggingeniører har vi et personlig ansvar om å følge etiske retningslinjer og juridiske lover og krav. Vi skal bidra til å sikre bærekraftig utvikling gjennom planlegging og prosjektering av bygninger som reduserer forbruk av utslipp, energi og materialer [48].

I denne bacheloroppgaven er det en problemstilling som det ønskes besvart. Det er derfor forskningsetiske forpliktelser som man må forholde til. Begrepet:

“forskningsetikk viser til mangfold av verdier, normer og institusjonelle ordninger som bidrar til å konstituere og regulere vitenskapelig virksomhet». Og “vitenskapes viktigste forpliktelser er idealet om å søke sannhet” [49].

I denne prosessen er det derfor viktig at konklusjoner og påstander kan dokumenteres og henvises med kilder, at argumentasjoner er sammenhengende og er åpen om usikkerheten.



Det tas også forbehold om mulige feil/mangler ved oppgaven, hvor intensjonen aldri har vært å bringe misvisende eller feilaktig informasjon frem.

2.0 Metode

I denne delen vil metodevalget for oppgaven presenteres og begrunnes. Metode er en framgangsmåte og et middel til å løse problemer og komme fram til ny kunnskap [50]. Valg av feil metode kan gi ugyldige resultater. Det er derfor praktisk å beskrive valget av metode, forskningsstrategi og -design, samt fordeler og ulemper.

2.1 Valg av forskningsmetode

For å løse problemstillingen er det mange metoder som kan brukes. Det finnes metoder som kvalitative, kvantitative og litteraturstudium. Gjennom arbeidet med utformingen av problemstillingen, og valg av materialer, ble det dannet et grunnlag og en forståelse for hvilken metode som skal benyttes for å svare på problemstillingen [51].

Litteraturstudie er en metode som oppsummerer eksisterende litteratur og forskning på en problemstilling innen ett problemområde. Dette skal gjøres på en systematisk måte. En systematisk litteraturstudie vil si at man gjennomgår og samler på tidligere litteratur og forskning angående temaet man ønsker å utforske/skrive om. Det vil derfor ikke komme fram noe ny kunnskap, men det kan skape en helhet ved gjennomgang av tidligere forskning og studier. Her kommer ny kunnskap ved å analysere sammenhengen, innsikt i tidligere forskning [51]. Litteraturstudium skal dermed gjøres på en omfattende måte, slik at innhentede dataene ikke er tilfeldig eller utvalgt for å fremme et synspunkt. En litteraturstudie kan være både kvalitativt og kvantitativt, ved at dataene kan være i tekstform eller uttrykkes i form av tall [52].

For å kunne svare på problemstillingen på en praktisk måte, er det valgt i denne oppgaven å bruke litteraturstudiemetoden, der det blir brukt litteratur og forskning som både er kvalitative og kvantitative. Det er nødvendig å opparbeide kunnskap angående temaet gjenbruk av materialer for å svare på delspørsmål og selve problemstillingen. Det er også benyttet data som allerede er utarbeidet til Sentralbadet.



2.2 Valg av forskningsdesign – Casestudie

Hva skal undersøkes, og hvordan skal undersøkelser gjennomføres? Dette er det som beskriver forskningsdesign. Valg av design må ha som mål å finne svarene til å besvare problemstillingen [53].

Litteraturstudie deles inn i to typer som er systematisk oversikt og samfunnsrelaterte oversikt.

Systematisk oversikt:

“er en oversikt som bruker systematiske og eksplisitte metoder for å identifisere, utvelge, kritisk vurdere relevant forskning, samt for å innsamle, sammenstille, analysere og gradere data fra studiene som er inkludert i oversikten” [54].

Forfatteren skal altså bruke en systematisk og åpen fremgangsmåte for å finne, vurdere og oppsummerer mange primærstudier med samme problemstilling. Strukturen til systematisk oversikt følges etter IMRaD-modellen som inneholder introduksjon, materiale og metode, resultater og diskusjon [55].

Samfunnsrelaterte oversikter gir mulighet til å forklare andre typer spørsmål enn de som er naturlige å besvare i systematisk oversikt. Strukturen til en samfunnsrelaterte oversikter skal også ha en strukturert oppbygging, men kan variere i forhold til den systematiske strukturen. Det er viktig at man identifiserer en tydelig, konkret og avgrenset problemstilling og målsetter oppgaven [55].

For å besvare denne problemstillingen faller valget på en systematisk oversikt innenfor litteraturstudie. Det å vurdere og oppsummere rapporter, statistikker, krav og regler, og tilgjengelig informasjon angående gjenbruk av materialer på en systematisk måte. Vil være metode vi kommer til å bruke for å svare på problemstillingen om gjenbruk av materialer i sentralbadet.

2.3 Datakvalitet

For at resultatene av problemstillingen skal visualiserer virkeligheten, må dataene være detaljerte og inneholde korrekt informasjon.

SWECO ga tilgang til rapporter og modeller for Sentralbadet som kunne brukes i arbeidet med oppgaven. Dette ga oss nyttige data av høy kvalitet, slik som funksjonsbeskrivelse, miljøkartlegging, miljøoppfølgingsplan, kulturminnedokumentasjon, konkurransegrunnlag



del 1 og 2, og plantegninger og modeller av bygget. Disse dataene både kvalitative og kvantitative, og tilgjengelig for alle.

Dataene fra miljøkratleggings- og tilstandsrapporten inneholder informasjon, analyser og tilstandsvurderinger av materialene i sentralbadet. Miljøkarleggingrapporten ble gjennomført over flere befaringer fra april til juni. Befaringene og prøvetakingene kartlegger resultatene av forekommende miljøskadelige stoffer og i hvilke bygningsdeler det kan finnes i [56]. Tilstandsvurderingen vurderer byggets primære bæresystem som er betong. Rapporten er baseres på en visuell befaring, overdekningsmålinger, karboniseringsprøver og kloridprøver av utsatte konstruksjonsdeler. Det er var også foretatt en tilstandsvurdering av yttervegger og bærende søyler, samt gitt utbedringstiltak for disse [42].

Funksjonsbeskrivelse gir generell informasjon om Sentralbadet, samt ambisjon, løsninger, mål og krav om det nye scenekunsthuset som skal bygges. Kravene kommer fra Bergen kommune som vil ivareta kulturminnene og bygge et bærekraftig bygg [43]. Det ble også lagt fra et stort fokus på bruk av miljøstyringsverktøy som BREEAM som skal skape et klimavennlig prosjekt.

For å kunne mest mulig forstå, vurdere og bruke disse rapportene måtte breddekunnskapen om gjenbruk økes. Det ble derfor tatt i bruk kilder som omhandler temaet gjenbruk av byggematerialer. Kildene omhandler rapporter, veiledninger, handlingsplaner, perspektiv meldinger, artikler, forskningsartikler, statistikker, krav, regler, og tidligere bachelor- og masteroppgaver. Noen av de utvalgte kildene er utarbeidet og fagfellevurderte av eksperter innenfor faget før de er publisert, noe som er med på å kvalitetssikre dataene. Det er også benyttet kilder med publisasjon fra anerkjente bedrifter, organisasjoner eller etater innen sitt fagfelt.

Totalt ga dette oss et godt utgangspunkt for å undersøke gjenbruk av materialer og gjenbrukspotensialet til sentralbadet. Selv om vi ikke kunne gå på en visuell befaring og heller ikke foretatt noen prøver av materialene, var kvaliteten på dataene tilsendt av SWECO gode nok til å komme fram til svar på problemstillingen.



2.4 Verktøy og programvare

2.4.1 Autodesk Revit Structure

Revit er et Autodesk-program som brukes til å øke effektiviteten og nøyaktigheten på hele infrastrukturprosjektets livssyklus, fra konseptuelt design, visualisering og analyse til tilvirkning og konstruksjon [57]. I denne oppgaven ble Revit brukt til å finne mengde, antall, og størrelse i både areal og volum til materialene i Sentralbadet.

2.4.2 Tegninger

Plantegninger av Sentralbadet ble brukt til å kartlegge arealstørrelse av rommene og hva rommene var brukt til.

2.4.3 Excel

Microsoft Excel er et regnearkprogram og et kraftig verktøy for analyse, og i denne oppgaven ble excel brukt til beregning av areal, volum, og antall av materialer i sentralbadet. Excel ble også brukt til å lage diagrammer og tabeller i oppgaven.

2.4.4 Paint

Paint er et tegneprogram, og er brukt til å illustrere figurer.

2.5 Innhenting av data

I begynnelsen av studiet ble det tilsendt digital informasjon fra SWECO. Dette er data fra Bergen kommune som er tilgjengelig ved nettsiden Merzell [58]. Datasettene er data fra forprosjektsrapporter av sentralbadet som er utarbeidet av Asplan Viak, der Bergen kommune er eier og oppdragsgiver. I dag er sentralbadet i en konkurranse fase mellom flere bedrifter, der en av dem blir utvalgt av Bergen kommune til å prosjektere bygget.

Det ble også sendt e-poster til Asplan Viak for mer informasjon angående materialene i Sentralbadet. Det var ikke gitt mye informasjon om hvor store mengder det er av de forskjellige materialer som eksisterer i Sentralbadet.



For å finne relevant informasjon til temaene i gjenbruk, ble det benyttet kilder fra forskningsrapporter, veiledningsrapporter, handlingsplaner og tidligere bachelor- og masteroppgaver med relevante problemstillinger. Det var viktig å vurdere, analysere og oppdatere kildene som ble brukt i disse dokumentene, samt finne andre kilder som bygget på vår egen problemstilling. Slik ble søket rundt dette store tema minimert.

Når man fant relevant litteratur var det viktig å se på kvaliteten, påliteligheten og om kilden var relevant til oppgaven. Det var derfor viktig å undersøke om kildene var fagfelleverderte, slik at kilden kan refereres til og bygge videre på besvarelsen av problemstillingen [59]. Ved bruk av tidligere bachelor- og masteroppgaver med lignende problemstillinger var det viktig å velge nøye ut hvilken litteratur som ville besvare vår egen problemstilling best. Det var også tilfeller hvor litteraturen var utdatert og måtte oppdateres.

Data fra SSB sine statistikker ble brukt for å vise til forskjellen mellom avfallsmengder fra byggeaktivitet fra tidligere år. Dataene ble også brukt til å beregne både avfallsmengde og prosentandeler som går til gjenvinning, energiutnyttelse og deponi. Det er også benyttet statistisk data for å drøfte den økonomiske situasjonen i byggebransjen opp mot andre bransjer.



3 Teori

3.1 Hvorfor gjenbruke byggematerialer

3.1.1 Miljøgevinst

Begrepet “*miljømessige forsvarlig levetid*” forklarer den miljømessige hensikten med gjenbruk av materialer. Ved å gjenbruke materialer kan målet om en funksjonell levetid for materialer som ikke bare er lik den tekniske levetiden, men kan også forsvare miljøinnsatsen som ble lagt ned for å produsere materialene. Gjenbruk vil både redusere bruk av nye ressurser, og samtidig hindre at avfall går til deponi. Gjennom ulike faser av et produkts levetid kan dermed gjenbruk føre til redusert forurensing, redusert energibruk, redusert bruk av arealer både til materialutvinning og til deponering av avfall. Gjenbruk av materialer kan også begrunnes i ønske om bevaringen av historiske og verdifulle bygninger og bygningsdeler [41].

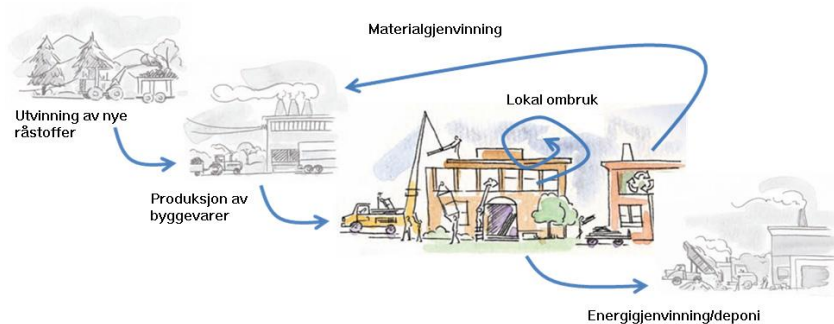


Figure 3: Viser at ombruk kan erstatte nye byggevarer basert på enten nye råstoffer eller materialgjenvinning [41].

I en analyse basert på tallgrunnlag fra SSB om generert avfall fra byggeaktivitet er det antatt at man kan gjenbruke 10% av avfallsmengdene i nybygg og rehabiliteringsprosjekter. Med disse forutsetningene utgjør reduksjonspotensialet nasjonalt på 2% sammenlignet med utslippet av produksjon, transport og avfallsbehandling av alle nye byggematerialer. Av disse forutsetningene er reduksjonspotensialet per tonn materiale på om lag 94%. Dermed vil ombruk av bare et forenklet prosjekt ha utslagsgivende betydning på klimaregnskapet dersom dette benyttes i større omfang [60].

Ifølge beregninger gjort av britiske *building Research Establishment* (BRE) viser det at ombruk av for eksempel konstruksjonsstål fører til en 96% reduksjon av miljøbelastning sammenlignet med produksjon av nytt stål, mens materialgjenvinningen fører til en reduksjon på under 50% [41].



Beregningene ble gjort i forbindelse med et 8500 m² stort boligbyggsprosjekt i nærheten av London. Prosjektet demonstrerte hvordan ombruk av materialer og komponenter fra lokale kilder enkelt kan innpasses i denne type utbygginger og føre til betydelig reduksjoner av miljøbelastninger og økonomiske besparelser [41].

I Norge er “gjenbrukshuset” i Trondheim et godt eksempel på et prosjekt som viser at det er mulig å gjenbruke materialer. Her ble ca. 85% av kledning og reisverk bygd med brukt trevirke, i tillegg ble alle innerdører, teglmur og taksten gjenbrukt. Ca. 50% av kjøkkeninnredningene og 16 av 24 vinduer, pluss toaletter og vasker har vært brukt tidligere [41]. Byggingen av Gjenbrukshuset ga både en redusert energibruk tilsvarende to års husholdningsforbruk, men også reduserte potensiell drivhuseffekt tilsvarende tre års bilbruk. Potensialet for reduksjon av forurensning tilsvarer en mengde på 30 års bilbruk. Men den største miljøgevinsten kom fra ombruk av tegl og takstein/teglmur. På grunn av at rundt 40% av miljøbelastningen til tegl kommer fra selve produksjonen og 60% kommer fra transport mellom produksjon og salg [61].

For å oppnå miljømålene i Parisavtalen har Norge bestemt seg for å redusere klimagassutslipp med 40-50% fra alle store sektorer som energi, industri, transport, bygg, jordbruk, produkter og avfall innen 2030 [62]. Byggebransjen har mange muligheter til å redusere klimagassutslippene sine. Fokuset på å kutte klimagassutslipp fra byggeplassen og transport har økt de siste årene. Bransjen har begynt å sette klimakrav til materialbruk ved å sette fokus på EPDer [63] og verktøy som BREEAM-NOR [64].

3.1.1.1 Miljøsertifisering

Bruk av miljøsertifisering av bygninger er i dag blitt mer vanlig. BREEAM er et miljøsertifiseringsverktøy for bygninger som ble utviklet av Building Research Establishment (BRE) i Storbritannia i 1990. Verktøyet skal gjøre det enklere å velge miljøvennlig gjennom dokumentasjon av miljø og helsebelastninger. Det er totalt over 2,2 millioner prosjekter som har blitt BREEAM-registrert i over 77 land. Verktøyet er en klassifiseringsprosess som vurderer anskaffelse, prosjektering, drift og utførelse av prosjekter basert på ytelsesmål [65].

Prosjekter som kan bli BREEAM-klassifisert er nybygg, ombygg og rehabiliteringsprosjekter, tilbygg, innredningsarbeid, og en kombinasjon av disse. Klassifiseringen blir gjort av en uavhengig lisensiert revisor, som beslutter sertifiseringen og rangeringen. BREEAM-sertifikatet deles opp i fem nivåer: pass, good, very good, excellent



og outstanding. Sertifiseringen er basert på miljøpresentasjonen i ti krav: Ledelse og administrasjon, helse og innemiljø, energi, transport, vann, materialer, avfall, arealbruk og økologi, forurensing [65].

Hensikten med miljøsertifisering er å fremme bærekraftige løsninger i byggverk slik at brukeren eller byggeiere får dokumentasjon på at bygget har løsninger som medfører [65]:

- Lavere driftskostnader gjennom lavere energikostnader og mer energieffektive bygninger.
- Verdiøkning i bygg som kan vise til bærekraftige tiltak i bygget.
- Redusering av risiko for investor og utvikler ved en form for dokumentasjon på hvor godt egnet bygget er å imøtekomme fremtidens krav og forventninger.
- Bedre bo-komfort i form av inneklima, lysforhold, giftfrie bygninger.
- Seriøse aktører som viser at de tar miljøarbeid på alvor.

I 2016 tilpasset Norwegian Green Building Council i samarbeid med bygg- og eiendomsnæringen en norsk BREEAM kalt BREEAM NOR [66]. Dette verktøyet fremmer bærekraftig design og bygging gjennom hele byggeprosessen, samtidig sikrer det at nivået til enhver tid minimum tilfredsstillende forskrifter og lover i Norge [65].

3.1.1.2 Miljødeklarasjon

En miljødeklarasjon, eller på engelsk: Environmental product declaration (EPD), er et dokument som oppsummerer miljøbelastningen til et produkt, tjeneste eller en komponent på en standardisert og objektiv måte [67]. Materialer og byggevarer som skal brukes i et bygg skal bestå en rekke kvaliteter, for at bygget skal oppnå de rette egenskapene til plan og bygningsloven, og miljøkvaliteter. Miljømessig riktig valg av materialer og byggevarer, gjennomtenkte arealløsninger, fleksibilitet og tilpasset levetid er faktorer som vil kunne redusere den samlede miljø- og ressursbelastningen for hele bygget [63]. I dag møtes arkitekter og byggherrer stadig oftere av krav til EPD dokumentasjon av en positiv miljøprofil i prosjektene sine. Dette er veldig positivt med tanke på gjenbruk av materialer, på grunn av at dokumentasjonen vil bestå av alt fra bygningens samlede energiforbruk til valg av bygningsmaterialer, materialets innhold av miljøbelastende stoffer, og gjenbrukspotensialet til materialet når bygningen skal rives eller renoveres [66].



3.1.1.3 FDV-dokumentasjon

FDV-dokumentasjon er en lovpålagt dokumentasjon som omfatter forvaltning, drift og vedlikeholdsoppgaver i hele byggverkets driftsfase. Dokumentasjonen skal inneholde blant annet tegninger, bruksanvisninger, materialdokumentasjon, rapporter og beregninger som sikrer at konstruksjons- og brannkrav ivaretas. Dette innebærer at all relevant dokumentasjon for det ferdigstilte byggverkets aktør skal være tilgjengelig ved overlevering av byggverket [67]. I rapporten fra SINTEF om *“Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer”*, vises det til eksempler på hva som kan øke initiativet for gjenbruk [41]. Det trekkes fram at myndigheter, gjennom kommunale ordninger som godkjenner byggesaker gjennom byggelovgivningen, kan legge mer til rette for gjenbruk på en større skala. Et krav om mer spesifikke FVD-dokumenter vil være positivt for oppgraderinger eller endringer for en bygning i framtiden. Et eksempel på dette som blir nevnt er at konstruksjonens, bæreevne og type byggeelement kan bli sett på som en sammenheng med den tilhørende demonteringsveiledningen. Dermed vil en mer spesifikk FDV-dokumentasjon ha stor betydning i tilretteleggingen for gjenbruk av materialer i fremtiden [68].

3.1.2 Avfallshåndtering

I den Nasjonale handlingsplanen for bygg- og anleggsavfall (NHP 5) (2021-2023), er følgende hovedmål definert [69]:

1. *“Avfallsreduksjon fra planlegging til ferdig utførte bygge- og anleggsprosjekter (nybygging, rehabilitering og riving)”*.
2. *“80 % BA-avfall levert i kvaliteter egnet for materialgjenvinning innen 2023”*.
3. *“Bedre sortering og forsvarlig håndtering av alt farlig avfall”*.
4. *“Hindre resirkulering av prioriterte miljøfarlige stoffer i overgangen til sirkulær økonomi”*.

I Norge kommer dagens avfallshåndteringskrav fra myndighetene gjennom TEK17 [70]. Der følgende krav for avfallsplan ved tiltak på bygg:

1. *“For følgende tiltak skal det utarbeides en avfallsplan som gjør rede for planlagt håndtering av byggavfallet fordelt på ulike avfallstyper og -mengder.»*
 - a. *“oppføring, tilbygging, påbygging og underbygging av bygningen dersom tiltaket overskrider 300 m² BRA.”*



- b. “vesentlig endring, herunder fasadeendring, eller vesentlig reparasjon av bygningen dersom tiltaket omfatter mer enn 100 m² BRA av bygningen.”
- c. “riving av bygning eller del av bygning som overskrider 100 m² BRA.”
- d. “oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygg- og rivningsavfall.”

Med andre ord må det utarbeides en avfallsplan for å kunne gjennomføre arbeider ved nybygg, renovering eller riving av et bygg med en gitt størrelse. I TEK17 §9-7 gis følgende tiltak [71]:

1. “Ved gjennomføring av tiltak i eksisterende byggverk skal det foretas kartlegging av bygningsdeler, installasjoner og lignende som kan utgjøre farlig avfall etter avfallsforskriften. Det samme gjelder andre bygningsfraksjoner som avfallsforskriften stiller krav om å fjerne.”
2. “For tiltak nevnt i § 9-6 første ledd bokstav b til d skal det utarbeides en egen miljøsaneringsbeskrivelse.”

Det kreves altså at det kartlegges en miljøsaneringsbeskrivelse av farlig avfall. I TEK17 §9-8 stilles følgende krav til avfall og gjenvinning:

“Minimum 60 vektprosent av avfallet som oppstår i tiltak i § 9-6 første ledd skal sorteres i ulike avfallstyper og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning.” [72].

Ifølge avfallsstatistikk fra SSB ble det i 2019 frembrakt 1,95 millioner tonn avfall fra byggeaktivitet i Norge [73]. Byggeaktiviteten omhandler nybygg, rehabilitering og riving. Dette utgjør 26% av den totale avfallsmengden i Norge som vist i figur nr.4. [74].

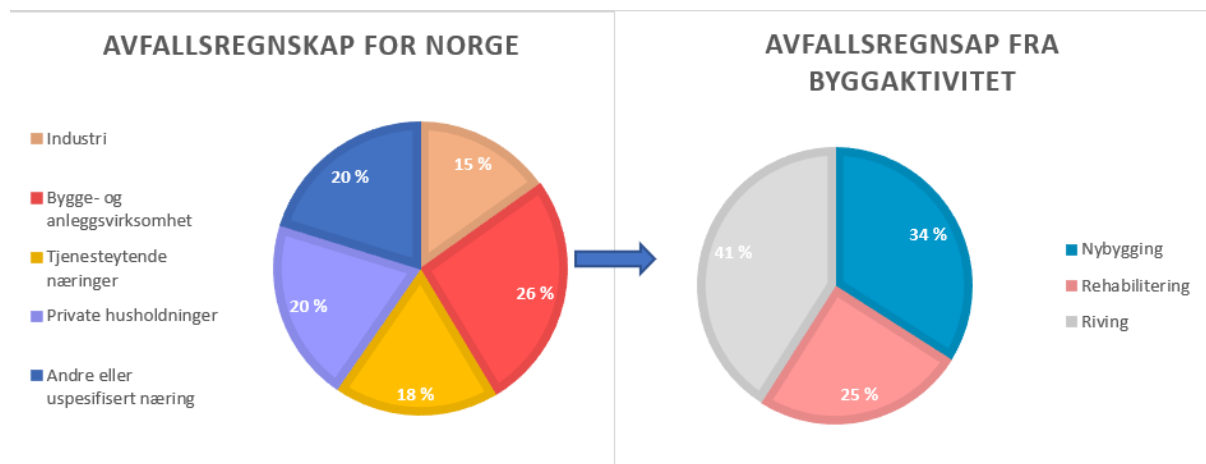


Figure 4: Fordeling av avfallsmengden fordelt i prosent over forskjellige norske sektorer. Talldata fra SSB [73], [74].



Avfallsstatistikken i 2019 viser at 46% av avfallet fra byggeaktiviteten ble levert til materialgjenvinning. Det er 14% under kravet fra TEK17, 24% under EU sitt mål for materialgjenvinning fra 2020 [75], og 34% under målet fra den Nasjonale handlingsplanen (NHP5) for bygg og anleggsavfall innen 2023 [69]. Sammenligner man 2018 og 2019 har avfallet fra byggeaktiviteten økt med 7.1% og materialgjenvinningen har økt med 3% i 2019. Om denne økningen kommer til å fortsette fremover på samme måte vil ikke målene fra både EU og den nasjonale handlingsplanen (NHP5) bli oppnådd, uten å innføre forbedringstiltak.

Innføring av et forbedret krav til kildesortering vil bidra til økt materialgjenvinning av bygg og anleggsavfall. Settes det større krav til kildesortering, vil også potensialet til materialgjenvinning økes [76]. Det er også mulig å se på bygg- og anleggsavfall som potensielle ressurser, istedenfor avfall. Gjennom ombruk og gjenvinning av materialer kan avfall produseres til nye materialer og produkter [77]. I byggeteknisk forskrift TEK17 §9-5 (1) stilles det krav til å sikre en forsvarlig og tilsiktet levetid på byggverket for å minimere avfallsmengden, og i §9-5 (2) stilles krav til bruk av materialer som egnes til gjenbruk i framtiden [78]. Ved å gjenbruke materialer vil den tekniske levetiden utnyttes bedre, og avfallsmengden vil reduseres.

3.1.3 Lineær - og sirkulærøkonomi

Byggebransjen i dag har en lineær økonomisk prosess, der utdaterte materialer fra rehabiliteringer og riving går til avfall, eller til energiutnyttelse. Med andre ord blir byggematerialer utvunnet, produsert, forbrukt og til slutt ender opp som avfall [68]. Dette blir illustrert i figur nr.5.

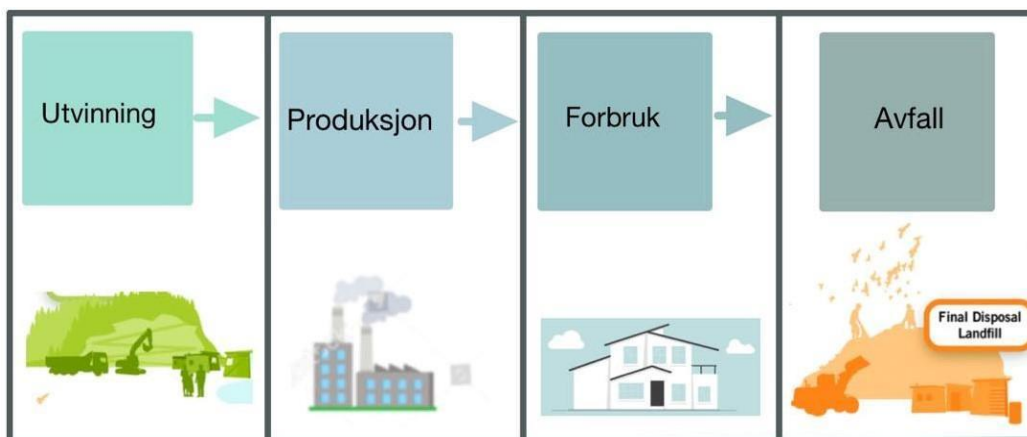


Figure 5: Viser den lineære byggeprosessen. Bilder hentet fra [79]– [81].



Sirkulær økonomi betyr i praksis at man går bort fra den lineære bruk og kast prosessen, og over til en sirkulær verdikjede der ressursutnyttelsen økes og avfall av materialer minimeres. Alle ressurser vil dermed gå i en sirkel, der avfallet enten gjenbrukes eller utvinnes til nye materialer. Slik kan samme ressurs utnyttes flere ganger og minst mulig materialer går tapt [82]. Figur nr.6, illustrerer hvordan en sirkulær økonomisk prosess kan se ut.

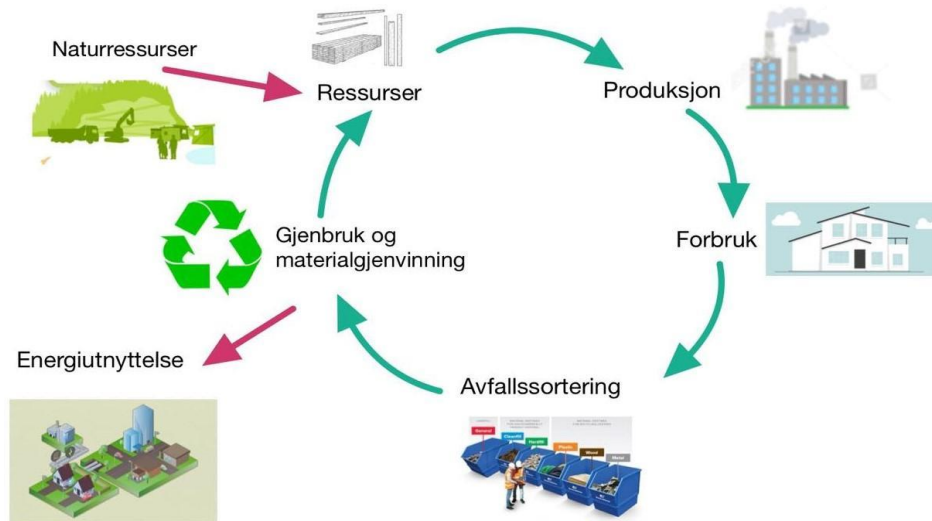


Figure 6: Illustrasjonen viser hvordan sirkulær økonomi kan se ut i byggebransjen. Bilder fra [79]– [81], [83]– [86].

Denne lineære prosessen er grunnen til at byggebransjen har store avfallsmengder og utgjør en fjerdedel av den totale avfallsmengden i Norge [74]. Problemet er at regelverk og krav er basert på den lineære prosessen. Dette gjør det utfordrende å etablere en sirkulær økonomi i byggebransjen, noe som nevnes mer om i kapittel 3.2.2 [87].

I 2017 skrev SINTEF en rapport angående sirkulær økonomi, der de påpeker fire mulige innsatsområder for at byggebransjen skal kunne gå over til en sirkulær økonomi [88]. De fire innsatsområdene er som følger:

Innsatsområde 1: Håndtering av byggematerialer og komponenter etter endt bruk

- Forbedre håndtering av byggematerialer og komponenter når byggets levetid er over, vil redusere avfallsmengden og øke ressursutnyttelsen.
- Større bruk avfallspyramiden som blir illustrert på figur nr.7 i kapittel 3.1.4, der fokuset er å redusere avfall og maksimere eksisterende ressurser. Nye råvarer vil dermed bli sterkt redusert.



- Prosjektgrupper bør utvikle og bruker nye designløsninger som tilrettelegger for god håndtering av byggets bestanddeler etter endt levetid. Eksempler på dette er materialer med lang levetid og med god holdbarhet, men samtidig også er enkle å demontere.
- Større bruk av firmaer som tilbyr tjenester til å demontere/rive og resirkulere integrerte komponenter.

Innsatsområde 2: Ressursbruk i byggeprosessene

- For å skape en bedre ressursutnyttelse i byggeprosessen trenger aktører å forstå at bygget og deres oppgaver er en del av et større system.
- Det må være et større fokus på ombygging, tilpassing og gjenbruk enn å rive og bygge på nytt.
- Nye samarbeidsformer der flerfaglige sammensatte design-team blir brukt tidlig i prosjektfasen, som inkluderer aktører med spesialkompetanse på gjenbruk og riving.
- Det bør være større bruk av digitale verktøy i hele byggeprosessen og i byggets livsløp for å sikre god flyt av informasjon og ressurser. Dette vil minimere informasjonstap og hindre feil i prosjekteringen.
- Det bør også være god flyt og logistikkhåndtering i hele prosessen. Dette kan minimere transport, hindre unødvendig venting og redusere lagerbehov.
- Starte prosjekteringen i en tidlig fase for å velge holdbare materialer og komponenter med fleksible designløsninger, for å øke levetiden på bygningen og produktene.
- Bygg bør ha oppdaterte “vareopptelling”, der det er en fullstendig oversikt over sin materialstruktur.

Innsatsområde 3: Arealutnyttelse

- I Norge bor mange på større plass enn det de trenger. Både det offentlige og private næringslivet kan redusere kostnader og miljøavtrykk ved å utnytte arealet bedre. Dette kan gjøres ved for eksempel å dele kontorarealet og ha flere ansatte per arbeidsplass og mindre plass per ansatt.
- Øke fokuset på at bygninger kan ha et mer fleksibelt bruk.
- Bygninger bør bli betraktes som en tjeneste og ikke et produkt. Bygninger tilpasser seg brukerens behov og som vil øke produktiviteten.



Innsatsområde 4: Energieffektive bygninger (og områder)

- Standarden i dag er nullutslippsbygg både i nabolag og byer. Der alle materialer er miljøvennlige og har lavt CO₂-fotavtrykk.
- I nesten alle rehabilitering og ombygginger av eksisterende bygg er standarden nullutslippsbygg.

Det å gå over fra en lineær prosess til en mer sirkulær økonomisk prosess vil være riktig retning for at Norge skal oppnå klimamålene til både FN og Parisavtalen. Ved at byggebransjen går over til en sirkulær økonomi vil man oppnå store fordeler som vil redusere avfallsmengden, klimagassutslippet og miljøbelastningen til byggebransjen. Samtidig vil det gi større utnyttelse av materialer, komponenter og arealer. Byggebransjen er på vei i riktig retning, men veien er lang for å oppnå en sirkulær økonomisk byggeprosess. Ved at bransjen tilpasser seg sirkulær økonomien mer gradvis over tid, vil mengden gjenbruk og resirkulering av riving- og konstruksjonsmaterialer øke [68].

3.1.4 Avhending av materialer

Avhending av materialer beskriver tilknytningen til gjenbruk og levetiden til ressurser. Ombruk og materialgjenvinning, av spesielt truende ressurser, vil ha større betydning i nærmeste framtid og blir den mest høyverdige gjenbruken av ressurser. Etter avhending kommer muligheter for energiutnyttelse av ressurser. Dersom produkter ikke kan ombrukes, gjenvinnes eller nyttes til energi, går det til deponi som gir den største miljøbelastningen [89].

I en rettsak fra 2008 forpliktet Norge å følge EU sitt rammedirektiv for avfall og skal

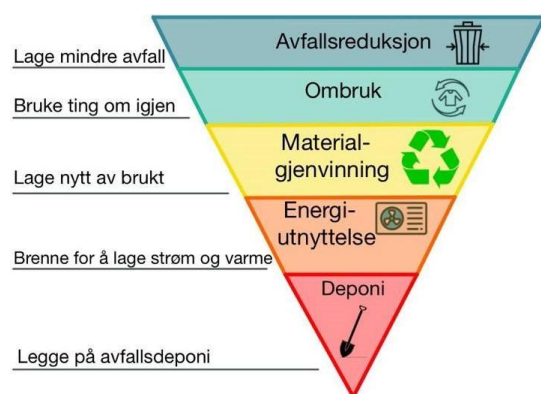


Figure 7: Avfallspyramiden. Bilder utarbeidet av flere kilder fra [83], [92]– [95].

utarbeide planer for hvordan avfallshåndteringen skal forenkles og moderniseres [90]. Det er dermed blitt utarbeidet en avfallspyramide som illustrerer avfallspolitikken i både EU og Norge, vist på figur nr.7. Den skal hjelpe med prioriteringen av avfallsmål og sette målrettede tiltak. Figuren leses fra topp til bunn, og målet er at avfall skal behandles så nær toppen som mulig [91]. Denne avfallspyramiden blir gjennomgått i kapittel 3.1.5.



AVFALLSBEHANDLING

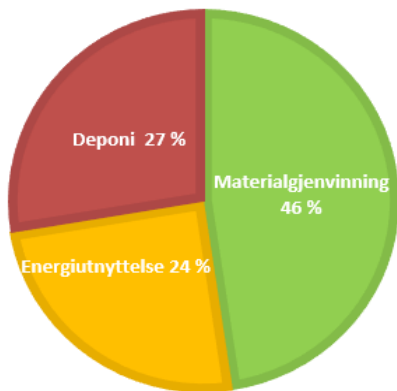


Figure 8: Viser i prosentandel hvor mye avfall fra byggebransjen går til materialgjenvinning, energiutnyttelse og deponering. Talldata fra SSB [96]. Vedlegg nr.1.

Ifølge beregninger fra SSB for distribusjon av avfallsbehandling fra nybygg, rehabilitering og riving i 2019 [96]. Ble 46% av avfallsmengden levert til materialgjenvinning, 24% ble til energiutnyttelse og 27% ble levert til deponi. Dette er illustrert i figur nr.8. Ut ifra SSBs inndeling er ikke ombruk tatt med i beregningene.

Anne Sigrud Nordby fra Asplan Viak nevner i et innlegg at: “*Staten sørger for at byggematerialer som kunne vært brukt på nytt, havner på fyllinga*”. Og mener at en opprydding i regelverket vil gi store muligheter til forbedring [97].

Avfallssortering på byggeplass er lovpålagt, men vil også gi god orden på byggeplassen og være økonomisk lønnsomt [98]. Store deler av avfallet som betong, tre, metall, tegl og plast har stort gjenbrukspotensiale, materialgjenvinning eller energiutnyttelse. Ved feil håndtering av avfall, kan føre til skade for helse og miljø.

3.1.5 Avfallpyramiden

3.1.5.1 Avfallsreduksjon

Avfallsreduksjon er det første punktet i avfallspyramiden, og er et tiltak som skal forlenge bruksfasen til produkter, både før og etter produktene er produsert. Dette innebærer å produsere materialer av lang levetid for å redusere avfallsmengdene i det totale livsløpet. Det kan også innebære å vedlikeholde, eller ta vare på byggverk for å hindre at bygninger rives for tidlig [99].

For å redusere avfall fra byggeaktivitet må forbruket reduseres, bedre utnyttelse av materialer, råvarer og energi, og en endring i produksjonsprosesser [100]. Det er derfor betydningsfullt for klimaet, miljøet og naturen at ressurser blir mer effektivt brukt, slik at behovet for nye ressurser reduseres [82].



Det største tiltaket for å redusere avfallsmengden er at Norge går over til en sirkulær økonomi. Miljødirektoratet sier at:

“Norge skal være et foregangsland i utvikling av en grønn, sirkulær økonomi som utnytter ressursene bedre, og at det skal utarbeides en nasjonal strategi om sirkulær økonomi” [82].

Regjeringen la frem “Handlingsplanen for sirkulær økonomi” i mai 2020. Der beskrives det at en Sirkulær økonomi i EU, vil bidra til både en konkurransedyktig og innovativ europeisk industri. Handlingsplanen inneholder 35 tiltak, der hovedfokuset er forslaget om et rammeregelverk for bærekraftige produkter. Det presiseres at dagens produsenter ikke produserer produktene sine til å bli mer sirkulære. I handlingsplanen estimeres det at ved å designe et produkt til å bli mer sirkulært, vil det ha 80% mindre miljøbelastning [101].

Når det gjelder eksport av avfall kommer det fra i handlingsplanen at en sirkulær økonomi, vil hindre at EU tappes for ressurser. Samtidig skal grensekryssforordningen revideres, for å hindre at Europas avfallsproblemer eksporteres til tredjeland [101].

3.1.5.2 Ombruk av materialer

Produktene som ombrukes har samme mening og funksjon som ved tidligere utnyttelse [102]. Denne formen for ombruk er konvensjonell, der man utnytter ressurser som fortsatt kan brukes. Materialer som er best egnet for ombruk vil være materialer med lang levetid både teknisk og miljømessig forsvarlig, og høy råvarepris [103].

I rapporten fra SINTEF “Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer” skiller de mellom to ulike former for ombruk [41]:

- Lokal ombruk: *“som er ombruk av bygningselementer oppstått ved oppgradering av samme bygning som elementene er hentet fra”*. De mest vanlige er ikke-bærende konstruksjoner, tekniske systemer og inventar.
- Eksternt ombruk: *“som er ombruk av bygningskomponenter som kommer fra andre bygninger”*. Eksempler på dette er dører, vinduer og bærende konstruksjoner.

For å øke ombruken må det tilrettelegges for fremtidig ombruk ved ny design av materialene, og samtidig gjenbruke ressurser i eksisterende bygg [48].

Utvalgte byggematerialer til ombruk

I rapporten “Forsvarlig ombruk av byggevarer” fra Direktoratet for bygge kvalitet, har det blitt undersøkt ulike problemstillinger og muligheter for å kunne på en forsvarlig måte gjenbruke byggematerialer innenfor dagens regelverk. I denne utvelgelsen er det blitt lagt



fokus på faktorer som volumet den utgjør, og at ombruken forhindrer ny produksjon som har negativ effekt på energiforbruket og klimagassutslippet. Disse utvalgte materialene er:

- *Lastbærende stålkomponenter*
- *Hulldekker betong*
- *Murstein i tegl*
- *Vinduer/glass*
- *Trevirke*
- *Byggevarer med potensiale for ombruk uten dokumentasjon*

3.1.5.3 Materialgjenvinning

Materialgjenvinning er definert som:

“utnyttelse av avfallet slik at materialet beholdes helt eller delvis” [100].

Avfall Norge har delt gjenvinning inn i to typer [16]:

- Direkte materialgjenvinning: *“brukes avfallet som råstoff for lignende produkter”.*
- Indirekte materialgjenvinning: *“omdannes avfallet til råstoff for andre typer produkter”.*

Oppsirkulering betyr å bruke materialet på nytt, men til et annet formål enn det opprinnelig var designet for [68]. Ved å oppsirkulere blir avfall gjenvunnet til materialer med høyere kvalitet [104]. For eksempel kan utnytting av gamle aviser lages til isolasjonsmateriale.

Nedsirkulering er gjenvinning hvor materialer benyttes til et materiale av dårligere kvalitet. Det opprinnelige materialet vil ikke ha de samme kvalitetene som da det ble tatt i bruk [104]. Eksempler på dette er kunst betong som fyllmasse, eller gjenvinningen av forskjellige plasttyper til en udefinerbar plastfraksjon.

Myndighetenes krav til avfallssortering for bygge- og riveavfall er satt til minimum 60% i TEK17 [72]. Mens EU materialgjenvinnings krav for 2020 er på 70% [75].

I kapittel 3.1.2 Avfallshåndtering ble det vist statistikk fra SSB om hvor stor andel av byggematerialene fra byggeaktivitet som går til materialgjenvinning. Statikken viser at Norge ligger under kravene om materialgjenvinning fra både EU, TEK17 og i den Nasjonale handlingsplanen for bygg- og anleggsavfall.

Det finnes ikke statistikk som viser sluttbehandlingen av avfallet som blir kildesortert på byggeplassen. Det er derfor i realiteten vanskelig å vite hvor stor prosent materialgjenvinning



det er, og om avfallet blir brukt til ressurs til produksjon av nye materialer [105]. Man vet heller ikke hva som skjer med avfallet til bygninger under 100 m², fordi de er ikke underlagt kravet om avfallsplan og sluttrapport i henhold til TEK 17, §9-6 (1c) og blir derfor ikke dokumentert [70].

I dag anser byggenæringen tiltak for ombruk og materialgjenvinning ofte som en merkostnad. Hvis man ikke bare ser på investeringskostnadene, men på kostnadene i hele livsløpet (LCC) endrer bildet seg [103]. Her pekes det ut flere faktorer som:

- Økte energipriser
- Endret råvaretilgang
- Endringer i avfallpolitikken som økt krav til kildesortering
- Utarbeidelse av bedre innsamlingsordninger
- Metoder for materialgjenvinning
- Mindre kostnader i rivingsprosessen

Ved forbedring av planlegging i fremtidens bygg endre avskrivningsregler, vil man kunne bidra til at ombruk og gjenvinning kan bli en god økonomi i et livsløp.

3.1.5.4 Energiutnyttelse

I 2018 ble det utgitt en “avfallspakke” fra EU i tilknytning til utarbeiding med sirkulær økonomi. Avfall Norge (2017) skriver [106]:

“På nasjonalt nivå arbeides det med rammevilkår for energiutnyttelse som en del av et større arbeid for å sikre mest mulig materialgjenvinning og minst mulig transport av ubehandlet husholdningsavfall ut av landet”.

En løsning på dette er forbrenning av gjenværende avfall som ikke er egnet til ombruk og gjenvinning. Ved forbrenningen med energiutnyttelse blir det både reduksjon av avfallet med 90% og energi til varme- og elektrisitetsproduksjon [106].

Avfall Norge kommer med følgende positive fordeler med forbrenning av avfall [106]:

- *“Energiutnyttelse av avfall er en hygienisk måte å behandle restavfall på og som reduserer volumet med 90 prosent”.*
- *“Energiutnyttelse produserer samtidig energi av avfallet (varme, damp elektrisitet)”*
- *“Energiutnyttelse reduserer utslipp av klimagasser”*
 - *ved å skille avfall fra deponier*
 - *ved å erstatte fossile brensler i energiproduksjonen*
- *“Energiutnyttelse produserer en sikker og rimelig energimiks”*



- “Energiutnyttelse bidrar til oppnåelsen av fornybare energimål. Mer enn 50 prosent av energien er fornybar”.
- “Energiutnyttelse bidrar til materialgjenvinning fra metaller i asken”.

3.1.5.5 Deponering

Avfall som ikke kan ombrukes, materialgjenvinnes eller energiutnyttes skal deponeres ved godkjente områder for forsvarlig sluttbehandling, slik at miljøet blir ivaretatt og avfallet blir ikke til skade for miljø og helse [107].

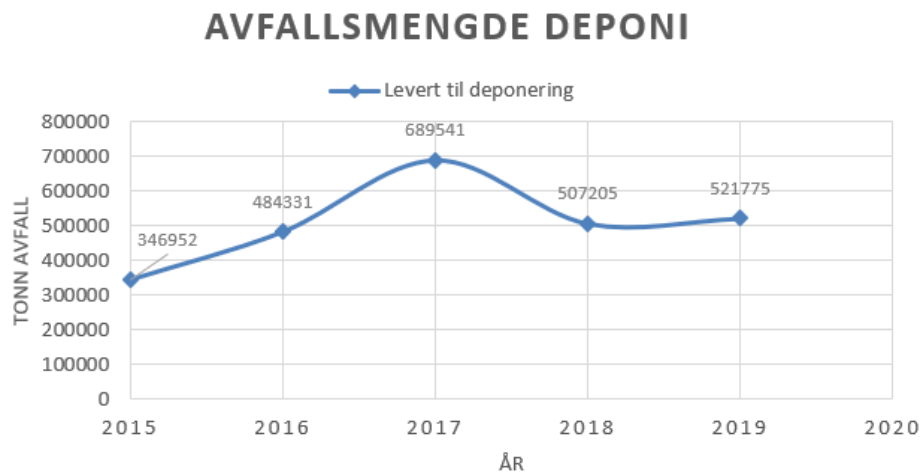


Figure 9: Illustrerer den økende mengden avfall i tonn som går til deponi fra 2015 til 2019. Dataene er fra SSB [96], vedlegg nr.2.

I 2019 ble 27% av totalt avfall fra byggeaktiviteten levert til deponi [96]. Ut ifra statistisk data fra SSB (vist på figur nr.9), har avfall levert til deponi hatt en relativ økning de siste årene. Ifølge Nasjonal handlingsplan for bygg og anleggsavfall (NHP5) kommer denne økningen av at lettere forurensede masser av betong- og teglavfall som ikke kan gjenvinnes og derfor blir lagt til deponi [27]. Forurensede og uforurensede masser av betong- og teglavfall utgjør 70% av alt avfall til deponi [96].

I forurensede betong- og teglavfall ble de funnet Krom VI som skapte problemer for materialgjenvinningen [69]. Om verdien av Krom VI i betongmassen overstiger grenseverdien kan den ikke gjenvinnes og leveres derfor til deponi [108]. I 2020 ble det innført nye og klare regelverk for anvendelsene av lettere forurensede betong- og teglmasser, og det forventes at gjenvinningsandelen skal øke de neste årene. Men det forventes ikke at EUs materialgjenvinningsmål på 70% ble oppnådd i 2020.



3.2 utfordringer når det gjelder gjenbruk av byggematerialer

Utfordringer knyttet gjenbruk av materialer har en relativ kompleksitet og mange av utfordringene henger gjerne sammen. I dette avsnittet forsøkes det å nevne de viktigste årsakene til hvorfor gjenbruk av materialer er en utfordring. I figur nr.10 har vi konstruert et boblediagram for å danne et overordnet bilde av hvilke utfordringer som møtes, og hvordan de typisk kan overlape hverandre. Det tas likevel forbehold om at enkelte bobler kan berøre hverandre selv om det ikke berøres i dette diagrammet. Det tas også forbehold om at det muligens finnes flere bobler som burde vært med.

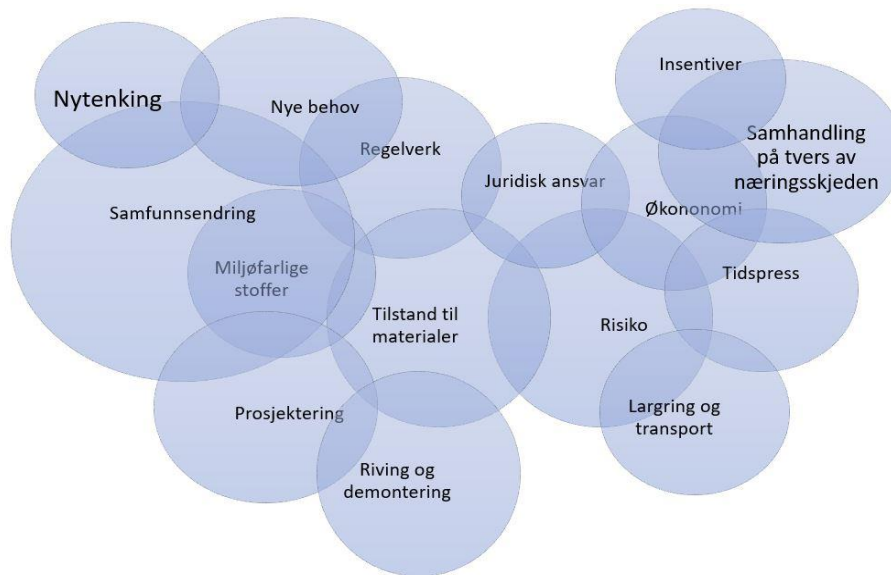


Figure 10: Illustrerer en rekke utfordringer i byggebransjen og hvordan de typisk kan henge sammen.

3.2.1 Teknisk og estetisk tilstand

En forutsetning for materialers gjenbruk er at de har en teknisk tilstand som tillater at det gjenbrukes. Dette forutsetter at bygninger blir vedlikeholdt slik at materialene i bygningen ikke slites fortere ned enn høyst nødvendig. Bygninger og bygningskomponenter påvirkes naturlig av det ytre klimaet. Ulike bygningsprodukter har forskjellig motstand og bestandighet overfor forskjellige klimafaktorer. Bestandighet mot klimapåkjenninger kan typisk dreie seg om bygningskomponentens evne til å motstå [109]:

- Høy relativ fuktighet eller ved direkte påkjenninger av regn eller sjø.
- Både høye og lave temperaturer.
- Stråling fra sol, men også andre strålingskilder.
- Vibrasjoner som følge av vind, trafikk, eller jordskjelv.



Den tekniske tilstanden til materialer kan også påvirkes av menneskelige påkjenninger som bruksslitasje, hærverk eller uhell av ulike typer.

Materialer som benyttes i byggebransjen aldres forskjellig, hvor noen materialer har lengre levetid enn andre. Felles for de aller fleste byggematerialene er at de slites naturlig ned over tid [109]. Dette påvirker styrkeegenskapene i materialene, noe som kan gjøre dem uegnet for gjenbruk i samme grad som tidligere brukt.

Oppfatningen av slitte materialers estetiske kvalitet er subjektivt. Noen ser på det aldrende byggverk som en berikelse og noe som tilfører en historisk dimensjon og dybde. Mens andre ser på aldring og slitasje som en uønsket prosess som ødelegger det rene og perfekte [110]. Det er dermed vanskelig å utelukke det faktum, at materialer som aldres vil kunne oppfattes som dårligere eller svakere enn nyproduserte og stilrene produkter.

3.2.2 Krav til dokumentasjon

Hvordan vet vi om materialer er i “god” eller “dårlig” tilstand?

I byggebransjen finnes det regelverk som stiller krav til byggematerialers egenskaper gjennom CE-merking av produkter. Ved å velge materialer med et CE-merke, garanteres det fra produsentens side at materialene har de tekniske egenskapene som er opplyst i produktets dokumentasjon.

3.2.2.1 Hvilke krav stilles til produkter som benyttes i byggebransjen?

CE-merke er en form for kvalitetsstempel som forteller noe om produktene er godkjent og egnet til bruk i EU. Produkter som får CE-merke har enten blitt produsert gjennom en harmonisert produktstandard, eller blitt godkjent gjennom en europeisk teknisk bedømmelse organ [110].

“Byggevareforordningen fastsetter regler for omsetning og tilsyn av CE-merkede byggevarer. CE-merkede byggevarer kan omsettes i hele EØS-området.” [111].

For produkter uten CE-merke stilles det krav om dokumentasjon gjennom DOK (dokumentasjon av byggevarer) [110]. Denne dokumentasjonen er en form for ytelseserklæring fra produsent/distributør, og kan typisk inneholde:



§10 Dokumentasjon av vesentlige egenskaper [112].

- Mekanisk motstandsevne og stabilitet
- Brannsikkerhet
- Hygiene, helse og miljø
- Sikkerhet og tilgjengelighet ved bruk
- Vern mot støy
- Energiøkonomisering og varmeisolering
- Bærekraftig bruk av naturressurser

Dette betyr at byggevarer som skal gjenbrukes, må ha en form for dokumentasjon på de tekniske egenskapene så lenge de distribueres på et marked [110]. Det er derimot viktig å skille mellom distributør eller ikke-distributør. Om man benytter gjenbruksmaterialer fra eget prosjekt, behøver man ikke å følge krav fra DOK siden man ikke ansees som en distributør [110]. Likevel stiller direktoratet for byggkvalitet krav til dokumentasjon av byggtekniske løsninger i henhold til TEK 17.

3.2.2.2 Hvilke krav stilles det til byggverk?

Til byggverk er det TEK17 som setter føringer for hvilke krav og regler som er gjeldende for norske bygg.

“Byggteknisk forskrift (TEK17) regulerer alle minimumskrav til byggverk som oppføres i Norge. Forskriften skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming, og ikke minst slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi.” [110].

I tillegg til at TEK 17 stiller byggtekniske krav, stilles det også krav til dokumentasjon i henhold til kapittel 2, “dokumentasjon for oppfyllelse av krav”. Denne dokumentasjonen skal være skriftlig, og omfanget varierer ut ifra størrelse og kompleksitet på byggverket.

I henhold til TEK 17 §2-1 siteres det:

“Ansvarlig prosjekterende og utførende foretak må innenfor sine ansvarsområder utarbeide nødvendig dokumentasjon i tiltaket for å vise at kravene som er gitt i byggteknisk forskrift er ivaretatt i det ferdige byggverket, jf. plan og bygningsloven kapittel 23 og byggesaksforskriften kapittel 12.” [113].



3.2.2.3 Sammenhengen mellom DOK og TEK

Her er det viktig å forstå sammenhengen mellom produkter som er CE-merket og krav fra TEK 17. Produkter som er produsert med en spesifikk ytelse er som oftest tilpasset for å tilfredsstille krav fra TEK 17 på en standardisert måte [114]. Man må likevel ikke glemme at: *“Selv om et produkt til byggverk kan fremstilles, omsettes eller markedsføres på det norske markedet betyr dette ikke at produktet kan brukes i ethvert byggverk.”* [6].

Bruk av produktene må fremdeles vurderes opp mot de tekniske kravene til byggverket som fastsettes i byggt teknisk forskrift (TEK17) [116].

3.2.2.4 Hvilke krav stilles til gjenbruksmaterialer?

Gjenbruksmaterialer som benyttes må tilfredsstille krav i henhold til byggt teknisk forskrift TEK 17. Det vil si at de tekniske egenskapene til produktet må kartlegges og kunne dokumenteres. Her vil det være naturlig å spørre:

- Når ble byggevaren først omsatt på markedet og hvilke krav var gjeldende på den tiden?
- Finnes det dokumentasjon på materialene som ble brukt den gang?

Byggt tekniske forskrift (TEK) ble først lansert i 1997 ved *“Forskrift om krav til byggverk”*. Siden den gang har det blitt gitt ut TEK10 og TEK17. Dette innebærer at bygg som er bygget før disse byggt tekniske forskriftene ble utgitt, ikke nødvendigvis har den samme dokumentasjonen tilknyttet bygget slik det er i dag [117].

Det er imidlertid mulig å finne ut hvilke krav og regler som var gjeldende på den tiden bygget ble oppført, for å deretter anta at byggene ble bygget under den gang gjeldende regelverk. Dette nevnes mer om i kapittel 3.2.5 hvor byggeforskrifter endres i takt med samfunnsendringer.

Det må også tas i betraktning at materialer med dokumenterte egenskaper, ikke nødvendigvis har de samme tekniske egenskapene over tid, som følge av slitasje eller aldring [110]. Gjenbruksmaterialer som mangler eller har uriktig produktinformasjon må dermed kartlegge de tekniske egenskapene før de blir tatt i bruk. Dette er en prosess som henger sammen med økonomisk kostbarhet, samt et juridisk ansvar som nevnt i kapittel 3.2.3 og 3.2.6.



3.2.3 Juridisk ansvar

Hvem kan garantere for at materialene som benyttes er i “god” eller “dårlig” tilstand?

- *Produsent?*
- *Entreprenør?*
- *Byggherre?*

“Produsenter” av produkter kan gi en form for garanti for levetiden til sine “produkter” basert på hva det er forventet at de skal tåle. Denne garantien kan produsent selv bestemme, og er byggherrens sikkerhet på at materialet er i tilstrekkelig god stand “utover de rettigheter forbrukeren ellers har” [118]. Dersom det ikke foreligger noe garanti fra produsent, har likevel byggherre to, eller fem års reklamasjonsfrist dersom varen er ment for å vare vesentlig lenger. Når materialer når enten denne garantitiden eller reklamasjonsfristen, går ansvaret over på byggherre. Dette innebærer at byggherre selv bærer *ansvaret* for eventuelle kostnader knyttet til feil ved materialet etter endt garantitid eller reklamasjonsfrist [119].

“Ansvar er en forpliktelse til å stå til rette for, gjøre rede for eller bære utgiftene for noe. Juridisk ansvar vil si å bære følgene av skadegjørende handlinger eller unnlatelser, særlig i form av straff eller erstatningsplikt”. [120]

For *entreprenører* gjelder det mye av den samme praksis, hvor *entreprenører* har et ansvar om å påse at *byggverk* blir bygget i henhold til gjeldende regelverk [121].

I plan og bygningsloven kapittel 23 om ansvar i byggesaker:

“Tiltak som omfattes av § 20-3, skal forestås av ansvarlige foretak for søknad, prosjektering, utførelse og kontroll. Ansvarlige i byggesaker inntår for at tiltaket blir utført i samsvar med krav gitt i eller i medhold av denne lov.”

Dersom *entreprenører* som står i kontrakt med en byggherre etter standard kontraktsbestemmelser i henhold til NS 8405 eller NS 8407, stilles det også diverse krav til å etterleve det som avtales i kontrakten:

NS 8405. Kapittel I, Innledende bestemmelser, punkt1:

“Denne standarden er utarbeidet for bruk i kontraktsforhold hvor en part (entreprenøren) påtar seg utførelsen av et bygg- eller anleggsarbeid (herunder anlegg, nybygg, vedlikehold, reparasjon og ombygging) for en andre parten (byggherren).



NS 8405. Kapittel II, Entreprenørens ytelser, punkt 11.1:

“Er ikke kvalitetskrav til materialer og utførelse angitt i kontrakten, gjelder slike kvalitetskrav som er vanlige for tilsvarende arbeider”.

NS 8405. Kapittel III, Byggherrens ytelser, punkt 19.5:

“Byggherren skal levere materialer og produkter til entreprenøren bare dersom dette er uttrykkelig avtalt.

Byggherren bærer risikoen for kvalitet og anvendelighet av materialer og produkter han har levert. Han bærer likeledes risikoen for anvendeligheten av materialer og navngitte produkter han krever brukt.”

NS 8405. Kapittel VI, Overtakelse og sluttoppgjør, punkt 32,6:

“Ved overtakelse inntreer følgende virkninger:

- b) Risikoen for kontraktsarbeider går over fra entreprenøren til byggherren, jf. punkt 17
 - *Punkt 17: Risiko for skade på kontraktarbeidet i byggetiden.**
- d) Reklamasjonsfristen etter 36.7 begynner å påløpe”*
 - *Punkt 36.7: “Reklamasjon kan ikke fremsettes senere enn 5 år etter overtakelsen”.*

Dette medfører at entreprenører på lik linje med produsenter kan bli stilt erstatningskrav overfor byggherre, under et byggeprosjekt som omfattes av pbl §20-1, så lenge bygget ikke tilfredsstillende nødvendige krav [121].

Ved overtakelse av et bygg, går bygget fra en produksjonsfase, over til en driftsfase. Dette innebærer at entreprenørene har ansvaret over bygget før det er ferdigstilt, mens byggherre overtar dette ansvaret og risikoen det medfører, etter overtakelse. Denne driftsfasen følger bygget gjennom livsløpet og helt frem til rivingsarbeider eller eventuelle ombyggingsprosjekter trer i gang [5].

Dersom det viser seg at bygget ikke tilfredsstillende krav som inngått i kontrakt mellom entreprenør og byggherre, kan byggherre kreve utbedring hos entreprenørene jf. punkt 36.2:

NS 8405. Kapittel VI, Mangel ved kontraktsarbeidet. Erstatningsansvar, punkt 36.2:

“Mangel som påberopt i rett tid, har entreprenøren rett og plikt til å utbedre, med mindre kostnadene til utbedringen vil bli uforholdsmessig store i forhold til det som oppnås. Entreprenøren skal dekke kostnadene ved utbedringen”

Entreprenørene kan i tillegg snu seg til produsentene dersom dette skyldes at produktene ikke tilfredsstillende de kravene som produsenten selv har garantert for at de skal tilfredsstillende. Dette



medfører at hele ansvars prosessen baserer seg på en lineær ansvarsfordeling hvor ansvaret vandrer fra sted til sted i næringskjeden, illustrert i figur nr.11.



Figure 11: Viser ansvarsfordelingen i byggebransjen

En slik lineær ansvarsfordeling er fra et juridisk ståsted nødvendig for at en i en eventuell retts sak skal kunne plassere ansvaret hos noen. For gjenbruksmaterialer derimot, gjør det saken litt mer komplisert fordi:

*Hvem kan garantere for at **gjenbruksmaterialene** er i god stand etter 40 år?*

I dette tilfellet møter man et regelverk hvor:

- Produsenten på sin side ikke lenger kan garantere for sine produkter ved endt garantitid eller reklamasjonstid.
- Entreprenøren på sin side ikke kan garantere at bygget tilfredsstillende byggtekniske krav uten en produsent som kan garantere for produktenes kvaliteter.

Resultatet er at ansvaret og den risikoen det medfører ender opp hos byggherre, ved å benytte gjenbruksmaterialer [122]. Dette er forsøkt å illustrere i figur nr.12.

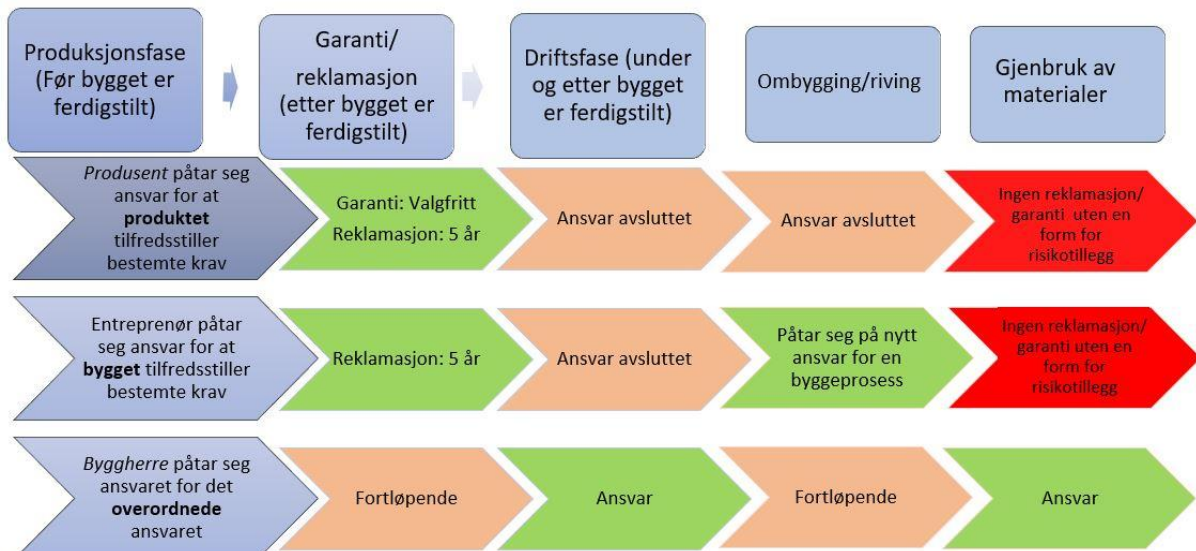


Figure 12: Illustrerer ansvarsforholdene mellom produsent, entreprenør og byggherre.

Byggherrer har gjerne et ønske om at entreprenører påtar seg et ansvar for kvalitet ved en eventuell ombyggingsprosess. Dette kan byggherrer også stille krav til når ved utlysning av anbud [123]. En slik type ansvar medfører isåfall en viss *risiko* og er noe entreprenørene typisk vil kunne kreve økonomisk kompensasjon for å påta seg [124].

Et aktuelt tema kan være at produsenter av materialene kan benyttes til å kontrollere og “re-sertifisere” materialene før det blir tatt i bruk igjen. Også her vil det tenkes at en produsent som garanterer for kvaliteten i gjenbruksprodukter, påtar seg et ansvar de naturligvis vil kreves en økonomisk kompensasjon for. En mulighet kan være at produsenter gir en ikke-juridisk bindende resertifisering som innebærer at byggherre selv

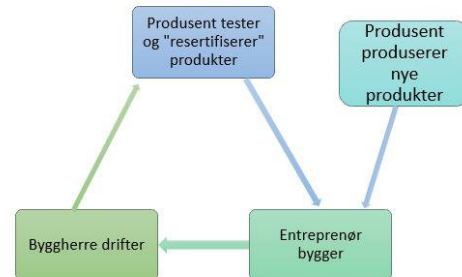


Figure 13: Viser “re-sertifisering” av produkter.

bærer ansvaret. Ved et slikt tiltak kan det kan også drøftes et etisk spørsmål om produsenter av byggevareprodukter tjener mer på å selge nytt, fremfor å re-sertifisere materialer slik forsøkt illustrert i figur nr.13.



3.2.4 Prosjektering

Byggverk prosjekteres vanligvis med en tiltenkt levetid på 50 år. Dette ansees som kort tid ifølge Morten André Helland gjennom en artikkel i teknisk ukeblad (TU) [125]. Her pekes det på at mye av de utslippsbesparelsene man kan oppnå i en byggefase, vil miste sin verdi dersom man må utføre omfattende reparasjoner etter kun 50 år.

Det siteres blant annet:

“Det hjelper lite med CO₂-vennlig betong hvis bygget må rives etter 50 år: Anbefaler lengre levetid for bygg” - Morten André Helland [125]

Valg av materialer i prosjekteringsfasen er dermed avgjørende for hvor lang levetid et byggverk vil få. Byggverk som er bygget av materialer med lang levetid vil ha et større gjenbrukspotensiale enn byggverk som er bygget av materialer med kort levetid.

Det er likevel viktig å ta i betraktning at selv om et bygg er bygget av materialer med lang levetid, betyr ikke dette automatisk at bygget har stor gjenbrukspotensiale av den grunn. Et bygg som er bygget av materialer med lang levetid krever likevel at bygningen har løsninger som tar høyde for:

- **Kapittel 3.2.5 Samfunnsendring:** Bygg som er prosjektert med tanke på et potensielt endret bruksmønster, vil i større grad kunne tilpasses etter hvert som behovet endres. På den måten vil man kunne opprettholde bygget sin funksjonalitet over tid [103].
- **Kapittel 3.2.7 Miljøfarlige stoffer:** *“Det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer.”* [126].
- **Kapittel 3.2.8 Riving og demontering:** For å gjenbruke materialer i bygninger som skal rives kreves det at materialene ikke ødelegges eller tar skade under rivingsprosessen. Dette krever at en allerede i prosjekteringsfasen må velge løsninger som tillater demontering på en ikke-destruktiv måte [127].

Allerede i planleggingsfasen bør det fokuseres på løsninger som kan gi bygget en lenger levetid. Byggverk har de siste årene ikke hatt tradisjon for å bli prosjektert med hensyn på gjenbruk, noe som kan være uheldig for kommende generasjoner som skal forvalte og videreføre bygninger [103]. Byggverk som ikke er prosjektert for å kunne gjenbrukes, vil typisk heller ikke klatre høyt på en avfallspyramide som vist i kapittel 3.1.4 [128].



3.2.5 Samfunnsendring

For 150 år siden var det vanlig at alle bolighus hadde en vedovn som husets primære varmekilde. De siste årene har det blitt bygget en rekke husstander hvor man ikke lenger benytter vedovn på samme måte. Dette er et typisk eksempel på hvordan samfunnet har endret seg de siste årene, hvor elektrisitet og andre typer varmekilder har overtatt den funksjonen som vedovnen har [129].

Bygningenes utvikling har endret seg radikalt i størrelse og innhold bare de siste par generasjonene. I en tid hvor samfunnet stadig utvikles, endres også brukerens vaner og behov. Dette medfører at bygg også er nødt til å forandre eller fornye seg for at det skal være funksjonelt til sitt bruk [103].

Eksempler på slike forandringer kan typisk komme som følge av:

- Ny teknologi
- Endring av bosettingsmønstre
- Omstrukturering av næringsliv
- Endringer i familiemønsteret
- Økt levestandard
- Nye krav, lover og forskrifter
- Utdaterte løsninger

En slik forandring kan typisk medføre et endringsbehov for en konstruksjon. Slike forandringer kan også sette begrensninger for gjenbrukspotensialet i ulike produkter og materialer.

I takt med at samfunnet endres, endres også regelverket. Et eksempel på dette er eternittplater som var vanlig på 1960 tallet, men som i 1979 ble forbudt å omsette på markedet. Dette medfører at det alltid vil ligge en viss usikkerhet i hvorvidt de produkter som selges på markedet i dag, vil være lovlige i fremtiden.

Tilpasningsdyktigheten til en konstruksjon sier noe om hvor gode forutsetninger konstruksjonen har til å møte vekslende krav og behov [130]. Dette henger naturlig sammen med kapittel 3.2.4 Prosjektering, hvor et bygg som er prosjektert for et potensielt endret bruksmønster, egner å imøtekomme nye krav og behov [103].

I henhold til NS 3424, kan eksempel på tilpasningsdyktige løsninger i byggverk være:



- Bærende konstruksjoner dimensjonert større en strengt tatt nødvendig. Skulle man i fremtiden foreta en bruksendring som medfører krefter på bygget av en større skala, vil bygget ha mer kapasitet til overs.
- Høy etasjehøyde er avgjørende for hvilke tekniske gjennomføringer det er plass til over himling.
- Mulighet for å åpne areal uavhengig av bæresystem.
- Mulighet for planendringer.
- Stor bredde på kommunikasjonsveg. I TEK 17, §11-11 stilles det krav til størrelse på rømningsveier med tanke på brann, basert på antall folk som er tiltenkt i bygget.

Tek 17, §11-11:

“I forsamlingslokaler må gangpassasje mellom benkerader ha fri bredde minimum 1,16 meter. Samlet fri bredde i gangpassasjene må dimensjoneres ut fra antall sitteplasser. Grunnlaget for dimensjoneringen er 1 cm per sitteplass.”. [131]

Dette medfører at størrelsen på rømningsveien kan være avgjørende for hvor mange personer en kan tilrettelegge for ved en bruksendring. Eksempelvis at en svømmehall konstruert for 200 personer forvandles til et scenekunsthussom skal romme 400 personer.

Bygningsmaterialer som ikke egner å imøtekomme samfunnsendringer, vil vanskeligere kunne gjenbrukes.

3.2.6 Økonomi

Materialer som ombrukes kan typisk måtte gå gjennom en prosess som typisk innbefatter: Riving, rensking, vasking, klargjøring, stabling, transporterering, lagring, prøvetaking/testing og til slutt prosjektering og montering. Dette er forsøkt å illustrere i figur nr.14.

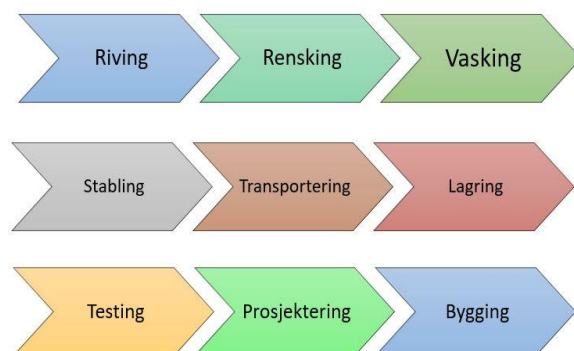


Figure 14: Oversikt over ombruks prosessen ved riving til nytt produkt.



Prisgivning:

I en slik prosess vil det kunne kreves økonomiske kostnader til de som utfører arbeidet i de ulike prosessene basert på den tiden som kreves. En slik prosess kan variere fra produkt til produkt, hvor noen materialer ikke nødvendigvis krever så mange arbeidsoperasjoner for å ombrukes. Dette medfører at å estimere noe konkret verdi på ombruk sammenlignet mot å bygge nytt ansees som krevende, hvor det i referanseprosjektet Christian Augusts gate 13 siteres:

“Det kan være vanskelig å sammenligne pris på nytt produkt med en ombruksprosess, ettersom ulike faser i ombruksprosessen gir ulik input til kostnadene” [132]

En ombruksprosess kan dermed medføre usikkerheter i hvilke kostnader som faktisk vil påløpe, noe som gjør til at entreprenører som påtar seg et slikt arbeid, påtar seg også en *risiko* for økte utgifter. Denne risikoen er ikke uvanlig at entreprenører priser inn i arbeidsgrunnlaget, ved prisgivning av et prosjekt hvor risikoen er betydelig [5].

“Nybygg har til nå hatt en mer forutsigbar pris per kvadratmeter enn rehabiliteringsprosjekter” [104].

Riving:

For de som skal utføre det fysiske rivingsarbeidet kreves det at det avsettes tilstrekkelig tid til riving og demontering, eventuelt rensking, klargjøring, vasking og stabling, som nevnt i kapittel 3.2.8. Disse kostnadene knytter seg til tiden det tar å utføre et arbeid som innebærer å forvandle et materiale fra riving, til *“nytt produkt”*.

“Noen elementer krever for eksempel at de bearbeides etter at de har blitt demontert, slik at de kan oppnå den kvaliteten som forskrift og ny bruk leverer.” [132]

Transport og lagring:

I noen prosjekter er det ikke tilgang på lokal lagring under byggeprosessen. I andre byggeprosesser skal kanskje ikke materialene benyttes til lokal ombruk. Under slike prosjekter kreves det dermed at ombruks materialene transporteres og lagres som nevnt i kapittel 3.2.10.

“Transport og lagring vil kunne utgjøre en vesentlig andel av kostnader for et byggeprosjekt.” [132]



Testing:

Gjenbruk av materialer stiller som nevnt i kapittel 3.2.2 krav til dokumentasjon. De tekniske egenskapene til gjenbruksmaterialer må kartlegges og klargjøres for gjenbruk. Dette er en prosess som i noen prosjekter både kan kreve materielle kostnader, samt lønnskostnader for den som utfører arbeidet [128].

Prosjektering, prosjektledelse og bygging:

For de som prosjekterer med ombrukte materialer kan det kreve høyere grad av logistikk, noe som kan medføre økt tid i prosjektledelse. For de som bygger med ombrukte byggematerialer kan også økt byggetid være reelt. Et eksempel på dette kan være at brukte himlingsplater tar lenger tid å montere enn nye himlingsplater [132].

“For noen elementer vil monteringen være den samme, blant annet for vinduer. For andre elementer vil monteringen av brukte elementer være mer komplisert sammenlignet med nye.” [132]

Kostnader:

I erfaringsrapporten til Christian Augusts gate 13, er det gjort studier for hvor mye økonomiske besparelser som omfattes ved å gjenbruke ulike bygningsmaterialer. Resultatet er varierende hvor ombruk av [132]:

- Vinduer ansees å ha en besparelse på 59-61%
- Himlingsplate ansees å være 63% fordyrende
- Stålkonstruksjoner ansees å være 49% fordyrende
- Kjølebafler ansees å ha en besparelse på 66%
- Hulldekker estimeres å koste 5-6 ganger mer å ombruke, enn for ny pris.

I tillegg er det heller ikke medregnet ekstra tid til prosjektering og prosjektledelse.

Dette gir en indikator på at ombruk i noen tilfeller kan være lønnsomt, men at det i andre tilfeller kan innebærer langt større kostnader enn å bygge nytt.

Og da er spørsmålet:

Hvem skal betale de økonomiske kostnadene ved å gjenbruke materialer?

Byggherre? Entreprenør? Har aktører i byggebransjen økonomisk kapasitet til å bære slike økte kostnader? Dermed må man se på hvordan økonomien står til i byggebransjen.



Driftsmargin i byggebransjen:

$$\text{Driftsmargin} = \text{Driftsresultat} / \text{Driftsinntekter} * 100$$

Driftsmarginen viser hvor mye av omsetningen, fratrukket driftskostnader inklusive avskrivninger, som er igjen til å dekke rentekostnader og skatt, og samtidig generere et akseptabelt overskudd [133].

Ifølge en masteroppgave skrevet Brynjar Storvik og Arne Vikki, kommer det frem at gjennomsnittlig driftsmargin ligger mellom 4 og 5 % i bygg og anleggsbransjen for bedrifter over en viss størrelse målt i omsetning [134]. Sammenlignet med andre bransjer befinner byggebransjen seg godt under gjennomsnittlig driftsmargin i henhold til statistisk data fra SSB, som opererer med 5,8% driftsmargin for byggebransjen i tidsperioden 2015-2019 som vist i figur nr.15 [135].

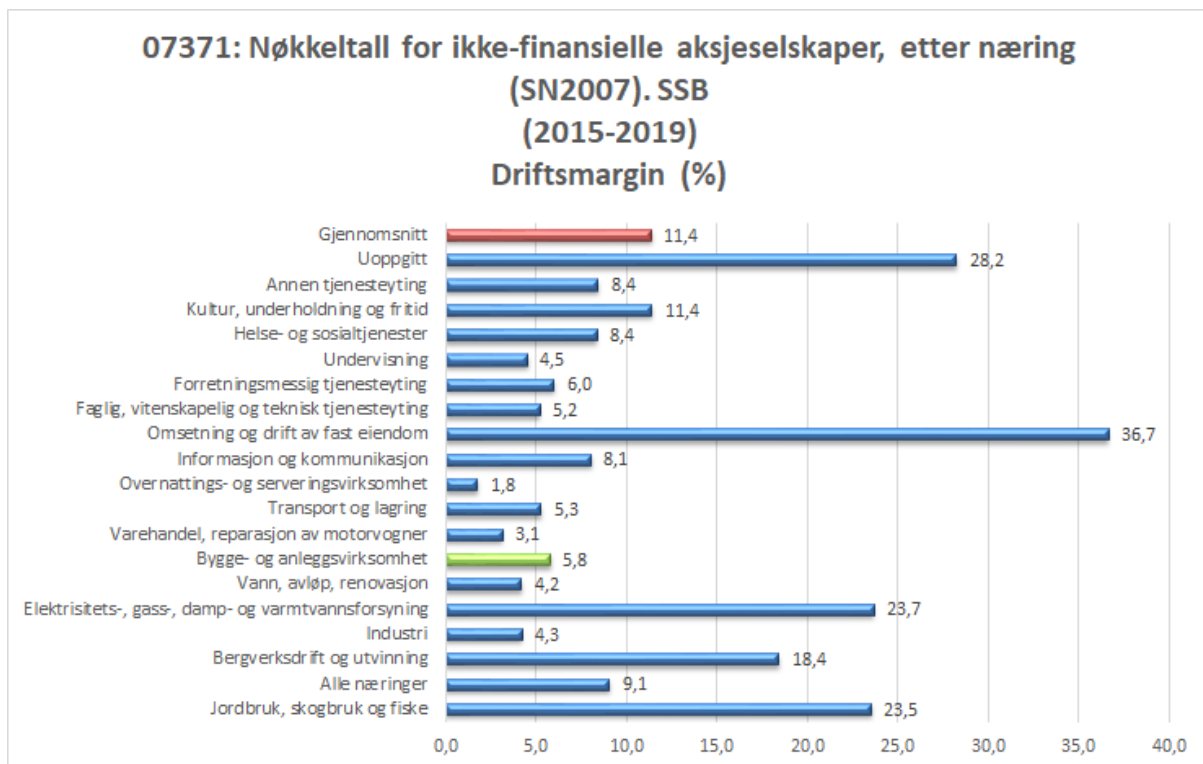


Figure 15: Viser nøkkeltall for ikke-finansiell aksjeselskaper, etter næring fra 2015-2019. Talldata fra SSB [135]. Vedlegg nr.3

Det at byggebransjen i gjennomsnitt ligger på en driftsmargin på 5,8% setter begrensninger for hvor mange prosent merkostnader man kan tillate å påta seg før det ikke lenger er lønnsomt. Dette medfører at prisen på ombruksbygg trolig vil stige som følge av at



byggebransjen har lite overskudd til å bære økte prosjektkostnader. Kort fortalt er det dermed boligmarkedet eller byggeiere som må ta eventuelle merkostnader knyttet til gjenbruk av materialer i sine bygg. Og da kan det gjerne spørres:

Er markedet villig til å betale det det koster, for å gjenbruke materialer?

Insentiv:

En stor drivkraft i næringslivet er økonomiske insentiver. Bedrifter, offentlige og private byggeiere som ikke finner økonomiske drivkrefter i å gjenbruke materialer, vil kunne ha mindre interesser i slike prosjekt. Dette medfører et behov for at flere ledd i næringskjeden tar del i de økonomiske kostnadene for at gjenbruk av materialer skal kunne inngå i en sirkulærøkonomisk prosess.

“Vi har betydelige transaksjonsutfordringer som gir mye risiko i prosjektene. Vi er avhengige av å løse den økonomiske biten – for å øke materialgjenvinningen må aktørene i hele verdikjeden ha økonomiske incentiver for å skape dynamiske effekter, som krever offentlige investeringer og satsing.” [127]

3.2.7 Miljøfarlige stoffer

I byggebransjen finnes det en rekke stoffer som etter økt industrialisering og vekst i den kjemiske industrien skulle virke prestasjon fremkallende for mange bygningsprodukter i en eller annen form. Denne miljøutviklingen hadde sine negative baksider i form av forurenset drikkevann, luft og uopprettelige miljøskader. Disse stoffene kan også medføre helsefare for dem som produserer, påfører eller monterer disse byggevarene [136]. Utover 1970 tallet begynte det å vokse frem et visst fokus på miljøskadelige stoffer, og frem til i dag har det vokst frem en bred enighet om å unngå miljøfarlige stoffer i den grad det lar seg gjøre [128]. I 1983 fikk “Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)” ikrafttredelse [137].

“Formålet med forurensningsloven er å verne det ytre miljø mot forurensning, redusere eksisterende forurensning og avfall, og å fremme god avfallshåndtering. Loven skal sikre en forsvarlig miljøkvalitet, slik at forurensning og avfall ikke fører til helseskade, går ut over trivselen eller skader naturens evne til produksjon og selvfornyelse” [137].



Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) ble fastsatt av Miljøverndepartementet (nå Klima- og miljødepartementet) 1. juni 2004 med hjemmel i forurensningsloven. Avfallsforskriften setter flere retningslinjer for hvordan en skal håndtere [138]:

- Kapittel 11: Farlig avfall
- Kapittel 14: Kasserte PCB holdige isolerglassruter
- Kapittel 14 A: Betong og tegl fra rivningsprosjekter
- Kapittel 16: Radioaktivt avfall
- Kapittel 18: Metallisk kvikksølv og visse kvikksølvforbindelser og -blandinger

§ 11-2. Virkeområde og definisjon av farlig avfall [138]

Med farlig avfall menes:

- a) Avfall som skal klassifiseres som farlig i henhold til den europeiske avfallslisten (EAL).*
- b) annet avfall som skal klassifiseres som farlig i henhold til kriterier som gjør avfall til farlig avfall.*

Den europeiske avfallslisten (EAL) er en liste som består av over 900 avfallstyper hvor om lag 400 av dem ansees som farlig avfall [138]. I denne oppgaven vil det ikke gå i dybden på enhver av disse avfallstypene, men heller konstatere at listen er lang. Det er imidlertid viktig å presisere at ikke alle miljøfarlige stoffer på EAL listen, benyttes i byggebransjen.

Miljødirektoratet har utarbeidet en prioriteringsliste for hvilke miljøfarlige stoffer enn må styre unna [10]. EU har utarbeidet REACH forskriften, som er en kandidatliste av farlige kjemikalier. Kandidatlisten REACH skal sikre at produksjon, omsetning og bruk av kjemikalier ikke utgjør fare for mennesker og miljø [139]. Norske myndigheter prioriterer utfasing av stoffer på den norske prioriteringslisten, og kandidatlisten til REACH [136].

I bygnings sammenheng er det direktoratet for byggkvalitet som stiller krav gjennom TEK 17. I henhold til TEK 17, §9-2 fremkommer det at:

“Det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer.” [140].

Hva som menes med lavt innhold, kan variere ut ifra hvilke type stoffer det er snakk om og hvilke materialer de befinner seg i. Her finnes det i dag flere lister som regulerer grenseverdier for hvor stort innhold av ulike miljøfarlige stoffer et materiale kan inneholde før det klassifiseres som “farlig avfall”:



- Miljødirektoratets veileder for farlig avfall [10]
- Avfallsforskriften kapittel 14a-4 [141]
- Produktforskriften kapittel 2 [142]
- CAS regelverk

I disse listene kan grenseverdiene på samme stoffer variere, noe som medfører at enkelte produkter kan klassifiseres som rene, men likevel være klassifisert som farlig avfall i et annet produkt.

Dette medfører uklarheter i hvilke regelverk som regulerer grenseverdiene i de ulike tilfellene. Når regelverket bærer uklarheter for hva som menes med farlig avfall, og det ikke lar seg avklares på en enkel og grei måte, risikerer man at entreprenører og byggherrer styrer unna materialer ved mistanke om farlig avfall. Dette til tross avfallet kanskje i realiteten er rent.

Norsk Forening for Farlig Avfall (NFFA), har utarbeidet en veileder for hvilke grenseverdier som ligger til grunn for at et materiale skal kunne klassifiseres som “farlig avfall” [143]. I denne veilederen skilles det ofte mellom rene masser, lavt forurensede masser og farlig avfall. Denne veilederen befinner seg bak en betalingsmur, og er den veilederen Asplan Viak har benyttet under sin miljøkartlegging i Sentralbadet. Grenseverdiene for bestemte stoffer er oppført i tabell nr.1.

TEK 17 stiller også krav til:

- Avfallsplan i henhold til §9-6
- Kartlegging av farlig avfall i henhold til §9-7

Miljødirektoratet har dermed utarbeidet en veileder for byggebransjen for hvordan man på et simpelt grunnlag kan gjøre miljøvurdering av produkter. I denne veilederen er det plukket ut et par av de mest aktuelle stoffene som møtes i byggebransjen [136]. I tabellen nr.1, er det forsøkt å liste opp noen av disse stoffene, der det forklares litt generelt om stoffene, og hvor man typisk finner de.



Tabell 1: Oversikt over de mest aktuelle miljøfarlige stoffene i byggebransjen [10].

Miljøfarlig stoff	Litt om de ulike stoffene	Hvor kan man finne det?									
PCB	<p>PCB står for polyklorete bifenyler og er en gruppe industrikjemikalier som ble utviklet på 1920 tallet. PCB er regnet som en av våre farligste miljøgifter og står på myndighetenes liste over miljøgifter som forbys i byggebransjen. Forskrift om PCB forbyr å gjenvinne PCB-holdig produkter [144].</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grenseverdien for farlig avfall: >50 mg/kg. [10] - Grenseverdien for rene masser: <0,01 mg/kg [56] 	<ul style="list-style-type: none"> - Tilsetningsstoff i betong - Maling, lakk og annet, overflatebehandling - Murpuss og avrettingsmasse - Fugemasse - Isolerglassruter 									
Asbest	<p>Asbest er et fintrådet mineral som er kreftfremkallende dersom man puster inn støvet av det. Dette stoffet var vanlig å benytte i produkter i perioden 1950 og frem til 1985 [145]. Asbest er et materiale som etter asbestforskriften er forbudt jf. §6: “<i>Bruk og annen håndtering av asbest og asbestholdig materiale er forbudt</i>” [146].</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asbest påvises ved materialanalyse som godkjent/ikke godkjent. [56] 	<ul style="list-style-type: none"> - Tak og fasadeplater - Isolasjon rundt elektriske kabler - Maling - Mur og pussmørtel 									
Klorparafiner	<p>Klorparafiner er en fellesbetegnelse på en relativt stor gruppe av klorholdige alifater. Disse stoffene er miljøfarlige og giftige, tas lett opp i organismer og brytes sakte ned i naturen [147]. De brukes særlig som myknere for plast (polyvinylklorid) og lakk- og impregneringsharpikser [148]. De kan også redusere produktenes brennbarhet. I byggebransjen har disse stoffene blitt mest benyttet i perioden 1950-1990, men det brukes fremdeles klorparafiner i mindre grad -også i andre bransjer [147].</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grenseverdien for farlig avfall: >2500 mg/kg [10] 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolerglassruter - Fugemasse - Isolasjon - Vinylbelegg - Lim, membraner, primere - Maling 									
Bromerte Flammehemmere	<p>Bromerte flammehemmere er stoffer som er tilsatt i plast for å gjøre dem mindre brannfarlige ved å øke plastens tenntemperatur [149].</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grenseverdien for farlig avfall: >2500 mg/kg [10] 	<ul style="list-style-type: none"> - Cellegummi - Isolasjonsplater av EPS - Isolasjonsplater av XPS - Vinylbelegg - Maling 									
Tungmetaller	<p>Tungmetaller er en felles betegnelse på metaller som har en densitet på mer enn 5g/cm³ [150]. Partikler av slike metaller som tas opp i kropp eller naturen er hardt nedbrytbare, og kan fremkalle kreft og skade forplantningsevnen til mennesker, dyr og planter. I bygningssammenheng omfatter tungmetaller: enhver forbindelse av antimon, arsen, kadmium, krom (VI), kobber, bly, kvikksølv, nikkel, selen, tellur, thallium og tin [138].</p> <p>Tabell 2: Grenseverdier for hvordan man skal kunne kategorisere materialer [56].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tungmetall</th> <th>Lavt forurenset [mg/kg]</th> <th>Farlig avfall [mg/kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arsen</td> <td>>8</td> <td>>1000</td> </tr> <tr> <td>Kadmium</td> <td>>1,5</td> <td>>1000</td> </tr> </tbody> </table>	Tungmetall	Lavt forurenset [mg/kg]	Farlig avfall [mg/kg]	Arsen	>8	>1000	Kadmium	>1,5	>1000	<ul style="list-style-type: none"> - CCA- impregnert trevirke - Lysrør - Beslag - Batteri - Lim, membraner, primere
Tungmetall	Lavt forurenset [mg/kg]	Farlig avfall [mg/kg]									
Arsen	>8	>1000									
Kadmium	>1,5	>1000									



	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Krom (III)</td> <td>>50</td> <td>>1000</td> </tr> <tr> <td>Kobber</td> <td>>100</td> <td>>2500</td> </tr> <tr> <td>Kvikksølv</td> <td>>1</td> <td>>2500</td> </tr> <tr> <td>Nikkel</td> <td>>60</td> <td>>1000</td> </tr> <tr> <td>Bly</td> <td>>60</td> <td>>1000</td> </tr> <tr> <td>Krom (IV)</td> <td>>2</td> <td>>1000</td> </tr> <tr> <td>Sink</td> <td>>200</td> <td>>2500</td> </tr> </tbody> </table>	Krom (III)	>50	>1000	Kobber	>100	>2500	Kvikksølv	>1	>2500	Nikkel	>60	>1000	Bly	>60	>1000	Krom (IV)	>2	>1000	Sink	>200	>2500	
Krom (III)	>50	>1000																					
Kobber	>100	>2500																					
Kvikksølv	>1	>2500																					
Nikkel	>60	>1000																					
Bly	>60	>1000																					
Krom (IV)	>2	>1000																					
Sink	>200	>2500																					
PAH	<p>Polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, er en stor gruppe kjemiske stoffer som dannes ved forbrenning av organisk materiale og vanligvis foreligger i blanding [151]. PAH inneholder flere kreftfremkallende stoffer, men mest kjent er benzopyren [10].</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grenseverdien for farlig avfall: > 2500 mg/kg [56] - Grenseverdi for rene masser: < 2 mg/kg [56] 	<ul style="list-style-type: none"> - Kreosotimpregnet trevirke - Tjæreimpregnering - Takbelegg/takshingel 																					
Ftalater	<p>Ftalater er en gruppe organiske forbindelser som blant annet brukes som myknere i plast og ved farging av materialer [56].</p> <p><i>Tabell 3: Grenseverdier for hvordan man skal kunne kategorisere materialer [56].</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Lavt forurenset [mg/kg]</th> <th>Farlig avfall [mg/kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DEPH</td> <td>>2,8</td> <td>>5000</td> </tr> <tr> <td>DBP</td> <td></td> <td>>5000</td> </tr> <tr> <td>BBP</td> <td></td> <td>>2500</td> </tr> </tbody> </table>	Type	Lavt forurenset [mg/kg]	Farlig avfall [mg/kg]	DEPH	>2,8	>5000	DBP		>5000	BBP		>2500	<ul style="list-style-type: none"> - Vinylbelegg - Maling, lakk - Takbelegg/takshingel - Vindu 									
Type	Lavt forurenset [mg/kg]	Farlig avfall [mg/kg]																					
DEPH	>2,8	>5000																					
DBP		>5000																					
BBP		>2500																					



3.2.8 Riving og demontering

Gjennom lafteteknikken har vi lange tradisjoner med en byggeteknikk som har sammenføyninger som lar seg demontere. Dagens bebyggelse har imidlertid i liten grad vært bygget med tanke på at bygget skal være lett å demontere [103].

Vi skiller ofte en rivingsprosess i to kategorier:

- **Destruktiv rivingsprosess:** Hvor bygningskomponenter helt eller delvis ødelegges under demontering. Dette kan typisk forekomme i bygg hvor det er benyttet ikke reversible sammenføyninger, eller ved bruk av materialer som ikke tåler å bli revet. Eksempel på dette kan være fugemasse eller maling som en type materiale man ikke kan rive uten å ødelegge.
- **Ikke-destruktiv rivingsprosess:** Hvor bygningskomponenter ikke ødelegges eller skades i nevneverdig grad under demontering. Eksempel på dette kan være isolasjonsplater eller vinduer, hvor man har mulighet til å utføre demonteing uten å nødvendigvis skade produktet.

For å gjenbruke materialer i bygninger som skal rives kreves det at materialene ikke ødelegges eller tar skade under riveprosessen. Dette krever at en allerede i prosjekteringsfasen må velge løsninger som tillater demontering på en ikke-destruktiv måte [127]. Eksempler på slike løsninger kan være [103]:

- *“Benytt mekaniske forbindelser som også er demonterbare fremfor liming, sveis og støp. Aktuelle mekaniske forbindelser er bolter, og låser (f.eks. klikk-systemer).”*
- *“Unngå spiker i konstruksjoner som skal demonteres. Forbindelsene må kunne tåle gjentatt montering/demontering.”*
- *“Beregn gode toleranser på sammenføyningene. Gjentatt montering/demontering kan slite på sammenføyningene og dermed kreve bedre toleranser.”*
- *“Minimer antall forbindelsesmidler og – typer for at demonteringen skal være enkel å forstå.”*
- *“Bruk lette materialer og komponenter for at de skal kunne håndteres enkelt og risikofritt.”*
- *“Minimer antall festepunkter slik at demontering kan skje raskere.”*
- *“Unngå sammenføyninger som krever avansert verktøy/spesialverktøy.”*
- *“Ved bruk av mørtel i murverk - bruk en mørtel som er svakere enn mursteinen.”*



3.2.9 Tidspress

Det å utnytte tiden godt i prosjekter bidrar til økt produktivitet. Økt produktivitet medfører større verdiskapning både internt i bedriften, og for kunden [152].

“En forutsetning for at prosjektering for ombruk og gjenvinning skal være gjennomførbart, er at det settes av tilstrekkelig tid til prosjekteringen. Et ønske om hurtig gjennomføring kan ofte komme i konflikt med grundig prosjektering for bra miljøløsninger. Det må derfor settes av nok tid for dette allerede i fremdriftsplanen for prosjekteringen.” [103].

Dette kan også komme i konflikt med eksempelvis kapittel 3.2.8 som omhandler riving og demontering hvor tidspress kan redusere kvaliteten på en ikke-destruktiv rivingsprosess. Det henger også sammen med økonomi aspektet i kapittel 3.2.6, hvor det finnes et balansepunkt der en forsøker å både rive effektivt, samtidig som man også river forsiktig.

3.2.10 Lagring og transport

Transport og mellomlagring på sentrale lagringsplasser er både ressurs- og plasskrevende, og det vil kreve vilje til å investere i sentrale ombruks lagre med nødvendig kapasitet [110].

Dagens byggebransje er ofte basert på LEAN. LEAN er en systematisk måte å bygge på som baserer seg på å effektivisere byggeprosessen gjennom å levere en vare eller et produkt til rett tid, slik at neste ledd i næringskjeden får utført sin oppgave. I praksis er LEAN et “just in time” prinsipp hvor det kreves stor samhandling på tvers av næringskjeden [153].

Dette medfører at bygningsmaterialer ofte trengs her og nå, eller innen kort tid, spesielt for byggeplasser hvor det ikke er stor tilgjengelig lagringsplass på anlegget. En slik type styring krever høy logistikk, hvor det også er viktig å være klar over:

- At transport av gjenbruksmaterialer medfører en viss risiko for at materialet tar skade underveis.
- At miljøgevinsten ved langreist transport minimerer miljøeffekten av gjenbruk, som følge av klimagassutslipp under transport.
- At gjenbruksmaterialer av et større volum krever at infrastrukturen er i riktig størrelsesorden.

Lokal mellomlagring vil kunne kreve at byggebransjen selv, eller noen med tilgang på ledige tomter bidrar. For lagring av enkelte gjenbruksmaterialer kan det også kreve en form for fuktsikring, for å hindre at materialene tar skade som følge av klimatiske påkjenninger [3].



4 Kartlegging av materialer i sentralbadet

4.1 Case-studie: Kartlegging av Sentralbadet.

I denne deloppgaven ble det kartlagt deler av eksisterende bygningsmaterialer i sentralbadet. Sentralbadet består av mange ulike typer bygningsmaterialer. Kartleggingen kartlegger derfor ikke alle bygningsmaterialer, men fokuserer på materialer som grovt utgjør størst mengde av bygget.

4.1.1 Innhenting av informasjon om bygget

I 2019 utarbeidet Asplan Viak offentlige rapporter angående konkurransegrunnlaget for prosjektet Sentralbadet. Informasjonen for material kartleggingen ble hentet fra disse befaringsrapporter.

4.1.2 Om bygget

Sentralbadet var oppført i 1959, og har en sentral beliggenhet i Bergen sentrum (figur nr.16). I perioden 1980-84 ble hele bygningen rehabilitert. I dag består bygget av fem etasjer inkludert loft og kjeller. Kjelleren og første etasjen har en gulvareal på ca. 2.400 m² og fra andre etasje opp til loftet er gulvarealet på ca. 930 m². Samlet har Sentralbadet et gulvareal på ca. 7510 m². Helt siden bygget var ferdig og fram til 2014 har bygget hovedsakelig blitt brukt som badeanlegg, men deler av bygget har også blitt brukt som treningslokaler for ulik idrett, barnehage, fysioterapi, hudpleie, lokale for tannlege, vaktmesterleilighet, kontorer, solarium, spiserom, øvingslokale for Den Nasjonale scene (teateret i Bergen), og for tiden Covid-19 vaksinasjon [56].



Figure 16: Hovedinngang til Sentralbadet i Bergen 4. April 2021.

Sentralbadet har en stor kulturminneverdi for Bergen og er en viktig representant for modernismens arkitektur. Dette kommer av de store ombyggingene som ble utført innvendig, der fasadene har størst verdi. Spesielt inngangsfasaden, glassfasaden mot sjøen og det frittstående tårnet. Trappen/inngangspartiet er et sentralmotiv som markerer inngangsetasjens klarhet og åpenhet, samtidig som den forsterker den tette fasaden i etasjen over som et sentralt arkitektonisk element. De viktigste arkitektoniske elementene innvendig er opplevelsen av selve rommet der svømmebassenget var, og den store glassfasaden mot nordvest [43].

I hovedsak er sentralbadet oppført av plasstøpte betongkonstruksjoner med takkonstruksjon i tre. Den store glassfasaden er plassert mot nordvest og taket er tekket med asfaltpapp og båndtekkning. Fra rehabiliteringen i 1980 ble elektrisk anlegg byttet og ventilasjonsanlegg installert. Tidligere ble bygget oppvarmet av oljekjel og EL-kjel, men i dag er disse frakoblet og bygningen er tilknyttet et fjernvarmenett [56].

For å beholde på de arkitektoniske uttrykket ønsker Bergen kommune å beholde de arkitektoniske elementene. Fasadeuttrykket til både inngangs- og glassfasaden skal derfor beholdes i ombyggingen. Trærne som er plantet foran hovedinngangen er vernet og skal bevares [43].



4.2 Materialkartlegging

I denne materialkartleggingen er materialene delt i to deler: Utvendige materialer og innvendige materialer.

4.2.1 Utvendige bygningsdeler

4.2.1.1 Yttervegger

Utvendige vegger er utført i betong med isolasjon [56]. Ytterveggene er behandlet med to lag puss, i tillegg til maling. Store deler av yttervegger er også dekket av spraymaling, på grunn av tillatt “tagging”. Dette er vist i figur nr.17. I kjelleren er ytterveggene isolerte med Leca og teglstein [42]. Tabell nr.4 gir informasjon angående mengden betong både i areal og volum av ytterveggene til Sentralbadet. Dataene er hentet fra Revit-filen av sentralbadet.



Figure 17: Nordøst ytterveggene til Sentralbadet 4. April 2021.

Tabell 4: Oversikt over mengden til ytterveggene i Sentralbadet. Se vedlegg nr.4.

Bygningsdel	Materiale	Etasje	Antall vegger	Areal (m ²)	Volum (m ³)
Yttervegg	Betong	1	38	569,9	259,329
		2	17	382,978	243,778
		3	22	976,442	419,345
		4	8	318,202	82,666
Totalt			85	2247,529 m²	1005,118 m³



4.2.1.2 Grunnmur

Grunnmuren i kjeller er en del av den bærende konstruksjonen til bygget. Tabell nr.5 gir informasjon angående mengde betong i kjelleren. Dataene er fra Revit-filen til sentralbadet.

Tabell 5: Oversikt over mengden til grunnmuren til Sentralbadet. Vedlegg nr. 4.

Bygningsdel	Materiale	Etasje	Antall vegger	Areal (m ²)	Volum (m ³)
Grunnmur	Betong	Kjeller	31	794,225	281,775

4.2.1.3 Fasadeplater



Et av byggets mest arkitektoniske uttrykk er fasadeplanetene, som i dag er fredet. Fasadeplatene dekker øvre del av ytterveggene til hovedbygget, som er vist i figur nr.18. Hvilket materiale fasadeplatene består av er ukjent [42]. I tabell nr.6 vises hvor stor mengde fasadeplatene utgjør av Sentralbadet. Talldataene er fra Revit-filen av Sentralbadet.

Figure 18: Viser fasadeplatene til Sentralbadet 4. April 2021.

Tabell 6: Oversikt over mengde fasadeplater. Vedlegg nr. 4.

Bygningsdel	Størrelse	Antall plater	Areal (m ²)	Volum (m ³)
Fasadeplater	850 mm x 850 mm	934	675	13,5 m ³

4.2.1.4 Utvendige vinduer

De utvendige vinduene varierer både i størrelse og kvalitet. Vinduer fra både første- og tredje etasje har ikke et spesifisert årstall, men kan anta de er fra 1959. I andre etasje er vinduene fra 1997. Vinduene fra tredje etasje har i hovedsak koblede eller enkle glass. Figur nr.19 illustrerer at noen av vinduene har blitt «tagget» på, og viser at alle vindu ikke er gjennomsiktige. Figur nr.20 viser de utvendige bildene tatt innenfra. Tabell nr. 7 gir en oversikt over størrelsen, antall og hvilken etasje disse vinduene befinner seg i sentralbadet. Tallene er hentet fra Revit-filen av Sentralbadet.



Figure 20: Utvendige vindu i sentralbadet 4. April 2021

Figure 19: Utvendige vindu i sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Tabell 7: Oversikt over de forskjellige vinduene i Sentralbadet. Vedlegg nr. 5.

Bygningsdel	Årstall	Størrelse Vindu	Etasje	Antall vindu	Total Areal (m ²)	
Utvendige vindu	1959	400 mm x 400 mm	0	1	0,16	
		500 mm x 500 mm	0	1	0,25	
		1500 mm x 2050 mm	0	1	3,073	
		1350 mm x 1460 mm	1	24	47,304	
		1410 mm x 1460 mm	1	18	37,0548	
		1850 mm x 450 mm	1	1	0,8325	
	1997	1350 mm x 770 mm	2	2	1,0395	
		450 mm x 1850 mm	2	1	0,8325	
		1650 mm x 1350 mm	2	2	2,2275	
		1350 mm x 1900 mm	2	16	41,04	
		1350 mm x 2700 mm	2	4	14,58	
		1410 mm x 1900 mm	2	20	53,58	
		2000 mm x 1150 mm	2	1	2,3	
		2000 mm x 1250 mm	2	1	2,5	
	1959	700 mm x 800 mm	3	1	0,56	
		1250 mm x 1550 mm	3	22	43,6	
		4140 mm x 1850 mm	4	1	7,659	
		4180 mm x 1850 mm	4	1	7,733	
	Totalt				93	266,326 m²



4.2.1.5 Glassfasade

Mot sjøen er det en stor glassfasade som er et av det viktigste arkitektoniske elementet i sentralbadet, se figur nr.21. Glassfasaden inneholder isolerglass vinduer fra 1983 [43]. Tabell nr.8 gir en oversikt over antall og størrelse av glassfasaden. Talldata angående størrelse i areal og volum er hentet fra Revit-filen av Sentralbadet, mens antallet er hentet fra miljøkartleggingsrapporten fra Asplan Viak [56].



Figure 21: Glassfasaden mot Nordvest i Sentralbadet 4. April 2021.

Tabell 8: Oversikt over tallfata av glassfasaden. Vedlegg nr.5.

Bygningsdel	Årstall	Antall vindu	Areal (m ²)	Volum (m ³)
Glassfasade	1983	160	314 m ²	100 m ³

4.2.1.6 Yttertak

Yttertaket over høyblokken er bygget med et oppforet tak konstruksjon av treverk og er tekket med asfaltapp og båndtekkning. Taket over svømmehallen har et betongtak med oppforet takkonstruksjon som er tekket med asfaltapp, se figur nr.22. Terrasse mot Baneveien består av et betonggulv og er også tekket med asfaltapp [56], se figur nr.23. Tabell nr. 9 viser en oversikt over areal og volum av yttertaket, og hvilke materialer de ulike takene i grove trekk består av. Dataene angående størrelse er hentet fra Revit-filen av Sentralbadet.



Figure 23: Yttertak over svømmehallen til Sentralbadet [56, s. 87].



Figure 22: Yttertak over høyblokken. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Tabell 9: Oversikt over talldata av yttertaket. Vedlegg nr. 6.

Bygningsdel	Materiale	Areal (m ²)	Volum (m ³)
Tak over høyblokk	Tre og asfaltpapp	968	183
Tak over svømmehall	Betong og asfaltpapp	1207,05	241
Terrasse	Betong og asfaltpapp	360	133
Totalt		2534,7 m²	556,7 m³

4.2.2 Innvendig bygningsdeler

4.2.2.1 Innvendige vegger

De innvendige bærende veggene består av betong og har en tykkelse på ca. 150-200 mm, vist i figur nr.25 og nr.26. Lettveggene er kledd med gips eller trefiberbaserte plater, vist i figur nr.24 og nr.27. Veggene i garderobene og WC er flislagte [56]. Nederste delene av veggene rundt svømmebassenget er også flisebelagt [42]. Tabell nr.10 gir en oversikt over størrelse, antall, materiale og hvilken etasje de innvendige veggene er. Tabellen skiller ikke forskjellen på flislagte, trebaserte, gipsende eller betongdekte vegger i Sentralbadet. Talldata er hentet fra Revit-filen av Sentralbadet.



Figure 25: Innvendige flislagte vegger i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Figure 24: Innvendig betongvegg i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Figure 27: Innvendige betongvegger i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Figure 26: Innvendige gipsvegger i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Tabell 10: Oversikt over informasjonen til de innvendige veggene i sentralbadet. Vedlegg nr.4.

Bygningsdel	Materiale	Etasje	Antall vegger	Totalt Areal (m ²)	Totalt Volum (m ³)
Innvendige vegger	Betong, gips, trefiberplate, fliser	Kjeller	167	1944,412	403,289
		1	156	1315,379	272,5153
		2	104	994,739	205,509
		3	54	882,575	236,586
		4	5	68,692	9,238
Totalsum:			486	5205,797 m²	1127,1373 m³

4.2.2.2 Søyler

Ved bassengdelen er søylene behandlet med strietapet og maling [42], dette er vist i figur nr.28 og nr.29. I kaldloftet er det et stort antall av tresøyler, som er vist i figur nr. 31. Tabell nr. 11 gir en oversikt over beskrivelse, størrelse og mengde av søyler i sentralbadet. Det er antatt at søylene i takkonstruksjonen ved høyblokk består av treverk. Det er også antatt at de resterende søylene i bygget består av betong. Talldata hentet fra Revit-filen av Sentralbadet.



Figure 28: Betongsøyle med bassengdelen i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Figure 31: Betongsøylene på tribunen i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Figure 30: Betongsøyle i sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Figure 29: Tresøyle i kaldloftet i høyblokken. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Tabell 11: Oversikt over talldata av søyler i Sentralbadet. Vedlegg nr. 7.

Bygningsdel	Materiale	Størrelse søyle (mm)	Antall Søyler	Totalt Volum (m ³)
Søyler	Treverk	100 mm x 100 mm	147	2,3641
	Betong	50 mm x 100 mm	11	0,12185
		130 mm x 150 mm	2	0,081705
		230 mm x 400 mm	2	0,51336
		300 mm x 300 mm	2	0,558
		300 mm x 380 mm	1	0,34998
		300 mm x 500 mm	2	0,912
		330 mm x 500 mm	2	1,0032
		350 mm x 500 mm	2	1,064
		370 mm x 450 mm	2	1,21212
		400 mm x 1200 mm	1	1,488
		420 mm x 620 mm	2	1,61448
		420 mm x 1200 mm	1	1,5624
		440 mm x 960 mm	1	1,30944
		500 mm x 500 mm	4	3,1
		520 mm x 510 mm	1	0,82212
		600 mm x 270 mm	2	0,73872
		600 mm x 900 mm	1	1,674
620 mm x 420 mm	8	6,17148		



		620 mm x 620 mm	6	18,5273112
		620 mm x 920 mm	3	5,30472
		700 mm x 750 mm	2	3,255
		700 mm x 760 mm	3	4,9476
		1600 mm x 620 mm	4	10,3168
Totalsum			212	68,97 m³

4.2.2.3 Bjelker

Tabell nr.12 beskriver størrelsen og mengden av betongbjelker i Sentralbadet. Dataene er hentet fra Revit-filen av Sentralbadet. Figur nr.33 er et utklipp av de store betongdragerne over svømmebassenget, og bilde nr.32 viser en tilfeldig betongbjelke i Sentralbadet.

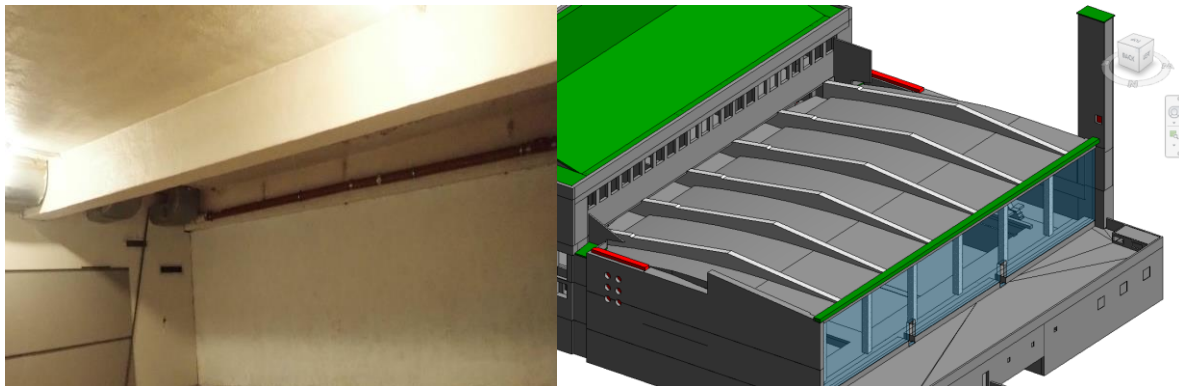


Figure 33: En betongbjelke i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Figure 32: Utklipp av betong dragerne som ligger i taket over svømmebassenget i Revit filen av Sentralbadet.

Tabell 12: Oversikt over informasjonen av bjelkene i Sentralbadet. Vedlegg nr.7.

Bygningsdel	Materiale	Størrelse bjelke (mm)	Antall Bjelker	Totalt Volum (m ³)
Bjelker	Betong	100 mm x 180 mm	5	3,93
		200 mm x 360 mm	5	5,13
		200 mm x 370 mm	4	5,35
		230 mm x 280 mm	1	0,85
		270 mm x 370 mm	1	0,64
		270 mm x 500 mm	1	0,12
		300 mm x 150 mm	1	0,11
		300 mm x 170 mm	1	0,12



		300 mm x 720 mm	1	1,66
		310 mm x 270 mm	1	0,50
		340 mm x 400 mm	2	8,71
		340 mm x 460 mm	1	0,29
		340 mm x 720 mm	4	9,49
		350 mm x 410 mm	3	15,99
		360 mm x 360 mm	8	5,46
		360 mm x 380 mm	5	4,45
		400 mm x 520 mm	10	17,89
		420 mm x 400 mm	9	11,83
		420 mm x 450 mm	10	2,39
		450 mm x 400 mm	1	1,32
		450 mm x 520 mm	1	2,09
		450 mm x 560 mm	1	3,11
		460 mm x 560 mm	3	5,38
		460 mm x 580 mm	1	1,58
		480 mm x 560 mm	4	4,62
		490 mm x 580 mm	1	2,08
		500 mm x 440 mm	1	0,81
		500 mm x 460 mm	5	7,47
		500 mm x 480 mm	2	0,84
		500 mm x 560 mm	1	4,05
		510 mm x 560 mm	2	3,27
		550 mm x 340 mm	1	0,22
		600 mm x 810 mm	8	52,11
Drager over svømmehall	Betong	Tykkelse: 620 mm Lengde: 28246 mm	6	107,87
Totalsum			116	291,61 m³



4.2.2.4 Gulv

Gulvet i kjeller og loft er støpt i betong. Garderobene og WC er flisebelagte, mens øvrige arealer er parkett eller vinylbelegg. Dette er vist i figur nr.34, 35 og 36. Gymsalen har eget sportsdekke, som er vist i figur nr.41 [56]. Tabell nr.13 gir en oversikt over beskrivelse, størrelse og mengde av gulv i sentralbadet. Tabellen skiller ikke forskjell på om gulvene er dekket med fliser, parkett, vinylbelegg, sportsdekke eller betong. Talldata hentet fra Revit-filen av Sentralbadet.



Figure 36: Parkettdekke i nautilus treningsrom. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Figure 35: Flislagt gulv. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Figure 34: Vinylbelegg på gulv. Tilsendt fra Asplan Viaks befarings i 2019.

Tabell 13: Oversikt over talldata av gulv i Sentralbadet. Vedlegg nr. 8.

Bygningsdel	materiale	Etasje	Areal (m ²)	Volum (m ³)
Gulv	Betong, fliser, parkett, vinylbelegg, sportsdekke	Kjeller	2794	382,57
		1	2565	788,38
		2	903	194,49
		3	1252	993,51
		4	1617	348,04
Totalsum			9131 m²	2707 m³



4.2.2.5 Fliser

Store deler svømmehallen består av fliselagte gulv og vegger, se figur nr.37. I høyblokken består både dusj-avdelingen og garderobene av fliselagte gulv og vegger [56], se figur nr.38. Flisene ble lagt i 1959 og størrelsen på flisene er varierende ut ifra der de er plassert. Tabell nr.14 gir en oversikt over bygningsdeler som inneholder fliser. Det er gjort antagelser av hvilke rom som er flisbelagte på bakgrunn av bilder. Størrelse av rom er fra plantegninger av Sentralbadet [42].

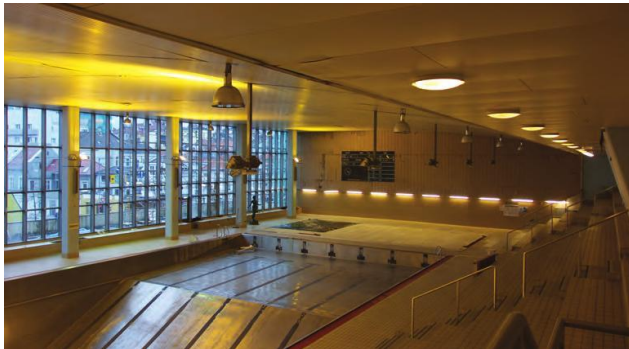


Figure 38: Svømmehall og tribune i Sentralbadet [154]



Figure 37: Bilde av flislagte garderobe vegg i sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Tabell 14: Oversikt over bygningsdeler som er fliselagte [42].

Bygningsdel	Materialer	Areal (m ²)
Svømmehall	Fliser	1159,6
Garderobe		365,1
Dusj avdeling		167,2
Totalsum		1692 m²

4.2.2.6 Innvendige vinduer

De innvendige vinduene består av isolerglass fra år 1960 og befinner seg mellom svømmehallen og kontordelen [56]. Figur nr.39 viser innvendige glassvegger mellom nautilus treningsrommet og svømmehallen. Figur nr.40 viser de innvendige vindene fra kontordelen i Sentralbadet. Tabell nr.15 gir en oversikt over informasjonen som er gitt om de innvendige vindu i Sentralbadet, fra både Asplans Viaks befaringsrapport og Revit-filen.



Figure 39: Innvendige vindu mellom nautilus treningsrom og svømmehall. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Figure 40: Innvendig vindu mellom svømmehall og kontordelen. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Tabell 15: Oversikt over informasjonene av de innvendige vinduene. Vedlegg nr. 5.

Bygningsdel	Årstall	Størrelse	Etasje	Antall vindu	Totalt areal (m ²)
Innvendige vinduer	1960	520 mm x 180 mm	0	5	0,468
		650 mm x 450 mm	0	1	0,2925
		1520 mm x 650 mm	0	1	0,988
		1220 mm x 520 mm	0	1	0,624
		2150 mm x 550 mm	0	1	1,1825
		1480 mm x 1550 mm	0	1	2,294
		500 mm x 700 mm	1	1	0,35
		800 mm x 1050 mm	1	1	0,84
		1700 mm x 1050 mm	1	1	1,785
		3000 mm x 1200 mm	1	1	3,6
Innvendige sirkel vindu		Diameter: 500 mm	0	4	0,7854
innvendige vinduer		2000 mm x 1150 mm	2	1	2,3
Innvendig glassvegg ved svømmehall		Tykkelse: 70 mm Lengde: 25720 mm	2	UD	59,672
Innvendig glassvegg med inngang		Tykkelse: 40 mm Lengde: 4133 mm	1	2	7,210
Innvendig glassvegg med inngang		Tykkelse: 120 mm Lengde: 4795 mm	2	2	20,874
Totalsum				ca. 23	103,2654 m²



4.2.2.7 Treverk

Tabell nr.16 gir oversikt over bygningsdelen som inneholder trevirke. Tallene baseres på antagelser fra bilder for de rommene som det antas å inneholde treverk i gulv, vegger, takhimling eller diverse. Det er her sett på overflateareal fra plantegninger [56], og Revit-filen av Sentralbadet. Figur nr.41 og 42 viser trevirker på forskjellige områder i Sentralbadet.



Figure 42: Trepanel i gymsalen i Sentralbadet. Bildet er fra [56].



Figure 41: Trevirke i taket på høyblokken. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Tabell 16: Oversikt over trevirke i Sentralbadet.

Bygningsdel	Materiale	Totalt Areal (m ²)	Hva inngår i areal omfanget
Bastu	Trevirke	324,7892	Vegger, tak
Tak høyblokk		802,211	Takplater
Trepanel i gymsal		292,535	Vegger
Nautilus treningsrom		283,465	Gulv
Totalsum		1703 m²	

4.3 Usikkerhet i materialkartleggingen

I beregningen av materialandelen til de forskjellige bygningsdelene er det gjort antagelser i forhold til tilgjengelig informasjon. Den tilsendte Revit-filen av sentralbadet gir mye informasjon om størrelsen og mengden til de forskjellige bygningsdelene, men gir ikke informasjon angående hvilke materialer bygningsdelen inneholder. Det ble derfor gjort antagelser for mengden av et bestemt materiale ut ifra informasjonen fra både miljøkartleggingen og tilstandsvurderingen av sentralbadet.

Det er en del materialer som ikke er mulig å kartlegge mengde av. Dette er blant annet materialer som himlingsplater, tegl, og isolasjon. Kartlegging av materialer brukt til



oppvarming og belysning er ikke kartlagt. Ut ifra tilsendte bilder fra Asplan Viak av sentralbadet, kan man anta at mengden av et bestemt materiale er større enn den antatte mengden som er oppgitt i tabellene. For eksempel er mengden av trevirke i bygget høyere enn den antatte mengden i tabell nr.16, siden trevirke eksisterer i både små og store mengder i hele bygget.

Det ligger i tillegg en viss usikkerhet i tallfesting av årstallene til vinduer basert på at det ikke har vært fysisk mulig å gå på befaring. Det er i all hovedsak benyttet de årstallene som Asplan Viak kartla under sin befaring i 2019.

4.4 Miljøkartlegging

4.4.1 Generelt

Miljøkartleggingen av Sentralbadet ble utført både i 2014 av SWECO og i 2019 av Asplan Viak. Formålet med miljøkartleggingene var å avdekke miljø- og helsefarlige stoffer i sentralbadet i forbindelse med salg og ombygging av bygget [56, s. 75]. Kartleggingen av Asplan Viak ble utført visuelt med bilder og prøvetaking for å styrke eller avkrefte mistanker om miljø- og helsefarlige stoffer [56]. Asplan Viak utførte ikke noen destruktive prøvetakinger i skjulte bygningsdeler.

4.4.2 Kartleggingen

Tabellen nr.17 vies en oversikt over dataene av hvilke helse- og miljøfarlige stoffer Asplan Viak undersøke og i hvilke bygningsdeler/materialer de kan oppstå i. De mener også at disse stoffene er de mest vanligst forekommende miljøskadelige stoffene i materialer/bygningsdeler. Talldataene er hentet direkte fra miljøkartleggingsrapporten til Asplan Viak [56].



Tabell 17: Oversikt over dataene fra Asplan Viak om helse- og miljøfarlige stoffer [56].

Miljøskadelige stoffer	Bygningsdeler/materialer	Miljøskadelige stoffer	Bygningsdeler/materialer
Asbest	Rørisolasjon, gulvbelegg, pakninger i rør, bygningsplater, fasadeplater, lim og avrettings-masser.	Radioaktive forbindelser (tritium, sinkulfid og americium-241)	Brannvarslere, røykdetektorer, nødutgangskilt.
PCB	Isolerglassruter, kondensatorer, fuge-masse, mørtel, avrettingsmasser, betong og maling.	Impregnert trevirke	Saltimpregnert trevirke som inneholder kobber, krom og arsen (CCA-impregnert), pluss kreosotimpregnert trevirke).
Kvikksølv	Lysrør, termostater, pressostater, termometre, vippebrytere og vannlåser.	Maling, lim, lakk	Uherdet maling, lim og lakk
Bly	Blyskjøter i soilrør, blybatterier, forsegling av eldre isolerglassruter, blyinnfattet glass og bygningsbeslag.	Bromerte flammehemmere	EE-avfall, el-kanaler/-rør, kabinetter, isolasjonsmaterialer som cellegummi, EPS, XPS, tekstiler, gulvtepper, møbler,
Nikkel/kadmium, Nid	Batterier, nødllys, ledelys.	Olje	Oljetanker, oljeavskillere, fyrkjeler, oljeholdige installasjoner, oljefat, oljeforurenset betong,
PAH	Gammel tjæreapp, sot, teglstein og mørtel på innsiden av piper, tjære/bek benyttet til tetting mot vann, i sort lim under for eksempel gulvbelegg.	EE-avfall	Komponenter med ledning og batteri, akkumulatører, pærer, lysstoffrør, kondensatorer, røykvarslere og nødllys
Ftalater/PVC	Gulvbelegg, avløpsrør, svarte gulvlist, acrylmaling, fugemasser.	Klorparafiner	Isolerglassruter, rust maling, isolasjon og fugemasser.

4.4.3 Asplan Viaks konklusjon

Asplan Viak konkluderer med at det ble gjort funn av ulike helse- og miljøfarlige stoffer i materialer og komponenter som må håndteres. Det spesifiseres at ut ifra erfaringer og kunnskapen til kartleggerne, var det ikke nødvendige å utføre prøvetaking av alle helse og miljøfarlige stoffer i bygget. Men det kommer også fram at det kan finnes ytterligere helse- og miljøfarlige stoffer skjult i konstruksjonen, som man må være oppmerksom på underveis i riveprosessen. Oppdages det andre helse- og miljøfarlige stoffer underveis i rivearbeidet må arbeidet stoppes og deretter må stoffene kartlegges og håndteres forsvarlig før rive prosessen fortsetter [56].



4.4.3.1 Farlig avfall

Tabell nr.18 er fra miljøkartleggingen til Asplan Viak og oppsummerer dataene av helse- og miljøfarlige stoffer i materialer ved sentralbadet. Disse materialene blir dermed sett på som farlig avfall. Talldataene er direkte hentet fra miljøkartleggingsrapporten fra Asplan Viak [56].

Tabell 18: Beskrivelse over dataene av farlig avfall fra miljøkartleggingen av Sentralbadet [56].

Helse- og miljøfarlig stoff i materiale	Materiale/bygningsdel	Lokalitet	Mengde (antall/kg/m ² /lm/l)
Asbest	Pakning på fyrkjeler	Rom 019 Fyrrom	Ca. 2 m ²
	Plater	Løs plate på loftet	Ca. 1 m ²
	Brannører	Flere steder i bygget	Ca. 10 stk.
	Rød fuge på ventilasjonsanlegg	Kjeller	Under 10 kg
Klorparafin	Grønt gulvbelegg	Gymnastikksal B i etasje 3	Ca. 225 m ²
	Isolerglassvinduer	Glassfasade	Ca. 160 stk.
Tungmetall	Gulvbelegg	Rom 006 Lager og i selve heisen	Ca. 45 m ²
	Blyskjøter	Soilrør, flere steder i bygget	
Ftalat	Gulvbelegg		Ca. 600 m ²
	Isolerglassvinduer	Etasje 2	Ca. 44 stk.
KFK	Kjølemedium	Vaskerom i kjelleren og rom 247 i etasje 2	Ca. 5 kg
	PUR-skum	Flere steder i bygget	
Lysstoffrør og sparepærer	Termostater og andre brytere	Hele bygget	Ca. 1000 stk.
Kvikksølv	Termostater og andre brytere	Ulike steder	
Bromerte flammehemmere	Isopor Isolasjon	Yttervegger og evt. mot grunnen	
	Brannslanger		Flere steder i bygget
	Svart cellegummi isolasjon	Flere steder i bygget	
PAH	Pipeløp	Nordvestlig del,	1 pipeløp
Olje	Dørpumper	Flere steder i bygget	
	Oljetank og rørsystemer	Rom 017 Tankrom	



Kjemikalier	Tanker og rørsystemer	Kjelleren	
PCB	Fuger	Mellom fasadeplater, elementer og søyler.	
	Isolerglassvindu		Ca. 41 stk.

4.4.3.2 EE-avfall og lavforurenset tyngre bygningsmasse

Tabell nr.19 viser dataene Asplan Viak har funnet av lavforurenset avfall og EE-avfall i sentralbadet [56]. Talldataene er hentet direkte fra miljøkartleggingsrapporten av Sentralbadet [56].

Tabell 19: Beskrivelse over dataene av EE-avfall og lavforurenset avfall funnet ved miljøkartleggingen av Sentralbadet. Data fra [56].

Helse- og miljøfarlig stoff	Type materiale/bygningsdel	Lokalitet	Mengde
EE-avfall	Lysarmatur, panelovner, ledningsnett, sikringsskap, kabelkanaler, kjøleskap, fyrkjel, varmtvannsberedere mm.	Hele bygget	12 tonn
Tungmetall og PCB	Betong med og uten maling	Flere steder i bygget er betong og maling påvist lavforurenset av ulike tungmetaller. Grønn maling i kjeller og tribunen i etasje 1 er påvist med lavforurenset PCB.	Totalt ca. 1 500 m ³



5 Gjenbrukspotensiale i ulike bygningsmaterialer

Fra kartleggingen av materialer i kapittel 4, er det i kapittel 5 forsøkt å ta for seg noen av de materialene som utgjør en større andel i Sentralbadet. Det er dermed tatt for seg et par utvalgte materialer som gruppen mener i størst grad vil kunne påvirke gjenbrukspotensialet i Sentralbadet. De utvalgte materialene er betong, vinduer, fasadeplater, takteking, treverk og keramiske fliser.

5.1 Betong

5.1.1 Litt om betong

Betong er et robust og slitesterkt materiale som består av sand, sement og vann samt tilsetningsstoffer [42]. Betong har særlig gode egenskaper når det kommer til å oppta krefter som følge av trykk, men vesentlig svakere egenskaper når det kommer til strekk. Fra 1900 ble det tatt i bruk armering i betongen noe som var ment for å oppta strekkrefter i betongen. I første omgang var det glattstål som ble benyttet, mens kamstål ble først tatt i bruk i 1952 [155]. Denne kombinasjonen med betong og armering som utfyller hverandre har medført at betong er et av de mest brukte materialene i byggingssammenheng på verdensbasis [156].

5.1.2 utfordringer rundt gjenbruk av betong

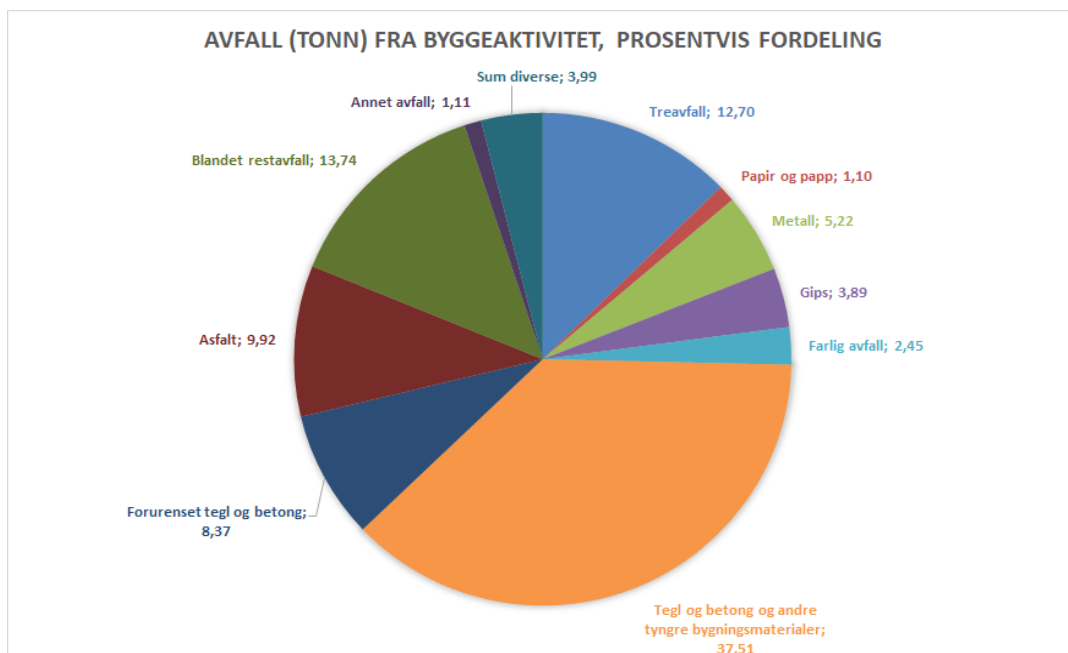


Figure 43: Fordeling av avfall fra byggeaktivitet, prosentvis fordelt. Talldata hentet fra [157]. Vedlegg nr.4



Ifølge nøkkeltall fra SSB, anslås det at betong utgjør om lag en sjettedel av alt avfall i Norge. I denne statistikken fremlegges det at omkring 90 prosent av alt betongavfall kommer fra bygninger [158]. I byggebransjen utgjør betong og tegl om lag 45% av alt avfall målt i antall tonn, hvor om lag 8% av dette avfallet ansees som forurenset, slik vist i figur nr.43. Å rette fokus på gjenbruk av betong vil dermed være av stor gevinst i gjenbrukssammenheng. Likevel vises gjenbruk av betong som krevende og flere av årsakene henger naturlig sammen med et par av de årsakene som allerede er blitt nevnt i kapittel 3.2. For å kartlegge om betong kan gjenbrukes må det dermed spørres:

- Er betongen god nok til å gjenbrukes?
- Skal betongen gjenbrukes i montert eller demontert tilstand?
- Inneholder betongen miljøfarlige stoffer?

5.1.2.1 Er betongen god nok til å gjenbrukes?

“Selv om betong er et robust materiale, så utsettes det likevel av en rekke nedbrytingsmekanismer, som hver for seg, eller i kombinasjon med hverandre, kan føre til at konstruksjonene svekkes eller ødelegges. Felles for prosessene er at de over tid endrer betongens struktur og egenskaper” [42].

For at betong skal kunne gjenbrukes forutsetter det dermed at betongen har en tilstand som tillater det.

Betongkonstruksjoner må tilfredsstille krav i henhold til byggt teknisk forskrift TEK 17. Det vil si at de tekniske egenskapene til betongen må kartlegges og dokumenteres for å kunne avgjøre om betongen er i tilstrekkelig god stand til å ta opp de krefter som virker på konstruksjonen.

Sementpastaen som benyttes i betong inneholder 20-25% kalsiumhydroksid. På grunn av at sementpastaen nettopp har et så høyt innhold av kalsiumhydroksid, blir porevann basisk og det dannes høye konsentrasjoner av OH- ion. Disse OH- ionene dras mot armeringsjernene og danner en passivfilm utenpå armeringsjernene. Denne passivfilmen danner et basisk miljø med en PH-verdi mellom 12-14, noe som gjør til at armeringen ikke angripes av korrosjon. Flere av de mest vanlige betongskadene skjer først når betongen av en eller annen årsak mister sitt basiske miljø rundt armeringsjernet [42]. Dette medfører at armeringsjern danner korrosjonsprodukter, også kallet rust. Det finnes flere type korrosjonsprodukter, men felles for alle er at de har et høyere volum enn det opprinnelige armeringsjernet.



I en betong hvor betongen ligger tettpakket rundt armeringsjernet er det lite rom for ekspansjon. Dersom armeringsjernet begynner å ekspandere som følge av korrosjon kan dette medføre utsprengninger i betongen hvor det vil dannes:

1) Sprekkdannelse i betongen, noe som vil medføre åpninger i betongen.



Figure 44: Illustrasjon på sprekkdannelse og korrosjon i betongen. Bilde hentet fra et tilfeldig byggverk [159].

2) Som følge av sprekkdannelser vil korrosjonshastigheten akselerere på grunn av større tilgang på oksygen. Her vil også vann, klorider og salter få en mulighet for å trengte inn i betongen.

3) Over tid vil korrosjon løsrive betongen fra hverandre, og armeringsjern vil gradvis tæres ned. Et eksempel på dette er illustrert i figur nr.44.

De mest vanlige skadeårsakene forekommer enten alene, eller i kombinasjon med hverandre, og kan summeres opp i følgende:

Allmenn korrosjon er en elektrokjemisk prosess hvor ubeskyttet jern nedbrytes ved hjelp av vann, oksygen en anode og en katode. Elektroner vil på den måten flyttes, noe som gjør til at det dannes negative OH- ion. Disse ionene medvirker dannelsen av korrosjonsprodukter, eller rust. Fordelen med denne type korrosjon er at korrosjonen ofte blir veldig synlig, og dermed er det mulig å iverksette tiltak før omfanget er for stort til å reddes [160].

Karbonatisering er en kjemisk prosess som skjer ved at betongen tilføres CO₂, enten fra luften eller kullsyreholdig vann. Når betongen blandes med CO₂, dannes det kalsiumkarbonat CaCO₃ etter følgende kjemisk ligning:



At det dannes kalsiumkarbonat, er isolert sett ikke noe negativt. For uarmerte konstruksjoner kan det tvert imot være en fordel siden det gir en høyere massetetthet og dermed bidrar til høyere styrke i betongen. Normalt sett dannes det ikke kalsiumkarbonat så veldig langt inn i betongen siden økt massetetthet gjør betongen mer u-intrengelig for videre tilførsel av



karbondioksid. Likevel det er viktig å understreke at inntrengningsdybde og hastighet på karbonatisering er avhengig av fuktinnhold og tetthet på betongen.

Problemet med karbonatisering skjer først når CO₂ trenger helt inn til armeringsjernet. Når det dannes kalsiumkarbonat (CaCO₃) + H₂O, reduseres den høye konsentrasjonen av OH-ioner, noe som bryter ned passivfilmen rundt armeringsjernet. Dette bidrar samtidig til at pH-verdien i betongen synker til under 9, og danner et mer surt miljø. Dette sure miljøet rundt armeringen bidrar til igangsetting av en kjemisk prosess hvor armeringsjern angripes av korrosjon [161].

Karbonatisering skjer alle steder hvor luft kommer i kontakt med sementpastaens kalsiumhydroksyd. Denne type korrosjon foregår ofte over store områder og lang tid, spesielt hvor overdekning er svak eller ikke tilstrekkelig [42].

Klorider er typisk salter som trenger inn i betongen og bryter ned armeringens passivfilm lokalt. Eksempelvis kan slike klorider komme fra ytre påvirkninger som sjøvann, salting, badebasseng eller vaskeri. Klorider kan også forekomme ved bruk av enten saltvann som tilslagsmateriale, eller ved bruk av akselererende stoffer i betongen [42].

Når klorider trenger inn i betongen, brytes passivfilmen til armeringsjernet ned, noe som fører til armeringskorrosjon. På grunn av elektriske krefter, føres klorider til steder med pågående korrosjon. Denne type korrosjonsangrep fører ofte til lokal groptæring, noe som kan medføre høy korrosjonshastighet og lokalt store svekkelser i armering. I motsetning til vanlig korrosjon, vil ikke kloridangrep være like synlig fra overflaten, noe som medfører at når sprekkdannelsen først er synlig, kan det fort være for sent.

Frostangrep er en betongskade hvor betongens porer i overflaten fylles med vann og deretter fryser til is. Når vann fryser, øker vannets volum med ca. 9%. Denne ekspansjonen medfører et indre spenningsstrykk i betongen. Når dette trykket blir større enn betongens indre strekkfasthet, kan dette medføre at betongen sprenges ut [161].

Setningsskade er en type skade hvor massene under bygget komprimeres slik at bygget “synker” i jorden [162]. De fleste bygg vil på en eller annen fase i byggingen sette seg litt i terrenget som følge av påførende laster. Hvor mye setninger som oppstår er avhengig av



underliggende masser, grunnvannsstand og størrelse på laster [162]. Problemet med setninger er at de ikke alltid setter seg likt over hele bygget. Dette kan gjøre konstruksjonen ujevn og kan medføre sprekkdannelse i betongen. Dette er forsøkt illustrert på figur nr.45.

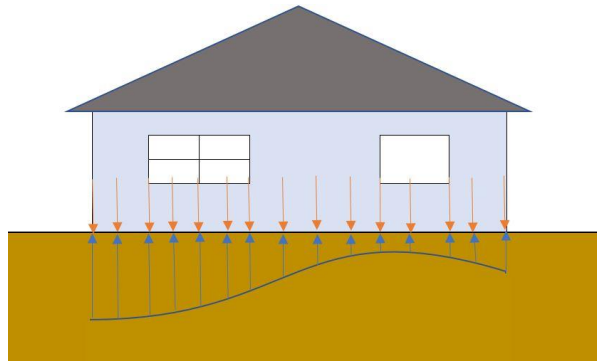


Figure 45: Illustrasjon på hvordan setningen kan variere over et areal, kan gi setningsskade.

De vanligste årsakene til setningsskader kan summeres opp i:

- Underliggende masser har en ulik bæreevne. Eksempelvis dersom et bygg er bygget halvveis på fjell, og halvveis på sand.
- Byggverk har ulik eller usymmetrisk lastfordeling, noe som medfører varierende lastpåkjenninger.
- Senking eller heving av grunnvannstand kan føre til at jordmasser komprimeres eller løftes som følge av arkimedes lov om oppdrift [163]. Når grunnvannet synker, senkes trykket i porene og jordmassen komprimeres [162].

Fuktvariasjoner: Når betongen tørker vil vannet i kapillærporene tørke ut. Når vannet forsvinner vil betongen trekke seg sammen noe som medfører indre krefter. Om disse indre kreftene er større en betongens strekkfasthet kan det medføre riss [161].

Temperaturvariasjoner: Når betongen herder vil den utvide seg når den er varm, og trekke seg sammen når den blir kald. I store betongkonstruksjoner kan dette medføre at overflaten i betongen kjøles ned, mens den indre kjernen i betongelementet danner høy varme. Disse temperaturvariasjonene kan medføre sprekkdannelse som følge av indre spenninger hvor kjernen av betongen har lyst å utvide seg, samtidig som overflaten til betongen holder igjen [161].

Som følge av sprekkdannelse i betongen vil en slik type betongskade på sikt kunne få følgeskader av eksempelvis karbonatisering, kloridinntrengning eller allmenn korrosjon.



5.1.2.2 Skal betongen gjenbrukes i montert eller demontert tilstand?

Ved demontering av betong, blir armeringen i betongen blottet, noe som vil kunne få følgeskader ved korrosjon. Her kreves det at betongen enten blir gjenbrukt i montert tilstand, eller blir produsert på en måte som tillater demontering uten at betongen tar skade. Det siste alternativet har i liten grad vært i fokus i byggebransjen [103]. Det må også tas i betraktning at betong kan ta skade under løfting, eller transport.

5.1.2.3 Inneholder betongen miljøfarlige stoffer?

I betong, puss, avretningsmasser og lett tegl har det gjennom tiden blitt benyttet en rekke miljøfarlige stoffer. De vanligste er imidlertid PCB, asbest og krom VI.

- Fra 1960-1975 ble PCB benyttet som tilsetningsstoffer i betong, murpuss og avretningsmasser. Betong kan også inneholde PCB etter rester av fugemasser, maling eller tilsvarende overflatebehandlinger [108].
- Før 1986 inneholdt sement relativt høye verdier av krom-VI [108].
- Før 1980 ble asbest i noen tilfeller benyttet i flere betongkvaliteter, som terrazzogulv, magnesitt gulv, avretningslag, pussmørtel og betongelementer med frilagt grus i overflaten. Pussmørtel kan også være tilsatt asbest som fiberforsterkning [108].
- Før andre verdenskrig var det vanlig å benytte tjære som en form for fuktsikring av betongvegger, før knotteplasten ble vanlig. Denne tjæren kunne på begynnelsen av 1900 tallet være steinkulltjære, noe som kan inneholde mye kreftfremkallende stoffer.
- Fra 1950 ble det derimot vanligere med bitumen-blanding med noe tjære som en form for membran på betong. Denne bitumen-blandingen inneholder da PAH [108].

I henhold til avfallsforskriften kapittel 14A stilles det krav til sanering og destruksjon plikt som gjelder ved riving av betong og teglkonstruksjoner. Her stilles det spesifikke grenseverdier for hvor store konsentrasjoner miljøfarlige stoffer som er tillatt i betong og teglavfall, før betongen ansees som *“farlig avfall”*.

“§ 14a-4. Krav ved bruk av betong og tegl fra riveprosjekter” [164]: Viser i tabell nr.20, der fargen rød illustrerer PCB stoffer, grått illustrerer metaller, grønt illustrerer PAH-forbindelser, og gult illustrerer Alifatiske hydrokarboner.



Tabell 21: Oversikt over konsentrasjonsgrense kravene til de forskjellige stoffene i både betong og tegl [164].

Stoff	Konsentrasjonsgrense (mg/kg)
∑ 7PCB	<0,01
Arsen	<15
Bly (uorganisk)	<60
Kadmium	<1,5
Kvikksølv	<1
Kobber	<100
Sink	<200
Krom (III)	<100 (tot)
Nikkel	<75
Krom (VI)	<8
∑ 16 PAH	<2
Benso(a) pyren	<0,1
Alifater C5–C6	<7
Alifater >C6–C8	<7
Alifater >C8–C10	<10
Alifater >C10–C12	<50
Alifater >C12–C35	<100

“§14a-5. Tilleggskrav ved bruk av betong og tegl som er påført maling, murpuss m.m” [164]: Viser i tabell nr.21, der fargen grå illustrerer metaller, rød illustrere PCB.

Tabell 20: Oversikt over konsentrasjonsgrense til tilleggskravs stoffene ved bruk av betong og tegl som er påført maling [164].

Stoff	Konsentrasjonsgrense (mg/kg)
Bly	< 1500
Kadmium	< 40
Kvikksølv	< 40
∑ 7PCB	< 1

For å kunne gjenbruke betong er man dermed nødt å utføre en miljøkartlegging av betongen. Forum for miljøkartlegging har utarbeidet en veileder for prøvetaking og vurdering av betong og betongens eventuelle overflateforurensninger [108].

5.1.3 Hvordan kan en gjenbruke betong?

For å kunne gjenbruke betong kan det være nødvendig å kartlegge de tekniske egenskapene i betongen. Den tekniske tilstanden i betongen er avgjørende for om betongen i det hele tatt kan ansees som gjenbrukbar. Disse egenskapene er mulig å påvise gjennom å utføre en teknisk tilstandsanalyse i henhold til NS 3424. En teknisk tilstandsanalyse etter denne standard baserer seg i all hovedsak på tre analysenivåer [165].



- 1) **Visuell vurdering** hvor en ser etter synlige skader på betongen. Dette er en ikke-destruktiv analysemetode hvor man i all hovedsak ser på overflaten eller eventuelt de steder man kommer til. Allerede på dette stadiet vil man kunne gjøre seg opp en mening på betongens tilstand, og vurdere tilstanden opp mot grad av konsekvens. På dette stadiet kan man allerede her gjøre seg opp noen erfaringsbaserte antagelser om betongen kan inneholde miljøfarlige stoffer.

På registreringsnivå 1 benyttes det typisk enkle måleutstyr som ikke ødelegger eller skader betongen. Innhenting av dokumentasjon, plantegninger og annet teknisk data er relevant på dette registreringsnivået siden slik informasjon kan si noe om tilstanden til betongen.

- 2) **Grundig vurdering** hvor en går mye dypere i tilstandsanalysen enn ved analysenivå 1. Dette innebærer detaljerte gjennomgåelse av bakgrunnsdata, som tegninger og beskrivelser. I denne typen tilstandsvurdering skal man i større grad være i stand til å fastslå tilstanden til store deler av et bygg, også på steder man normalt ikke kommer til. Det innebærer at mer omfattende utstyr som droner og inspeksjonskamera kan bli benyttet. Vegger, himling og gulv kan også rives opp for å få inspeksjonstilgang til det som befinner seg gjemt bak.
- 3) **Detaljert vurdering** innebærer særlig nøyaktige målinger eller prøvingsmetoder. Dette kan typisk benyttes på steder der krav til grundig dokumentasjon er nødvendig, som f.eks. bærende søyler eller bjelker, eller ved miljøsaneringstiltak. På analysenivå 3 vil man typisk foreta en uthenting av stikkprøve, som man tester enten in-situ, eller i laboratorium.

Ved testing av stikkprøver fra betong kan man typisk kartlegge:

- **Tilslag og tilsetningsstoffer** for å kartlegge hva betongen består av og hvilke mengder. Her kan det også kartlegges om det er benyttet miljøfarlige stoffer som tilsetning, tilslag eller overflatebehandling.
- **Trykkfastheten** til betong ved hjelp av en trykkprøvemaskin. På denne måten kan vi påvise betongens spesifikke trykkfasthet.
- **Armeringsoverdekning** i betongen ved å måle avstanden fra kanten av betongen og inn til armeringsjernene. Armeringsoverdekningen kan også



måles ved hjelp av en covermeter som ved et magnetisk felt kan lokalisere armeringsjern i betongen, samt avstanden inn til armeringsjern. Dette kan også påvises uten å ta ut en stikkprøve [42].

- **Karbonatiseringsdybden** i betongen måles ved å umiddelbart sprøyte stikkprøven med fenolftalein, som er en indikatorveske. Dette stoffet gir så en fargeindikator i betongen fra rødt/fiolett til fargeløst, ved en PH lavere enn 9. På den måten vil man få en oversikt over PH verdien i betongen, og kunne måle avstanden på karbonatiseringsfronten og inn til armeringsjern [42].
- **Kloridinnhold** kan måles ved å samle opp støv fra et borehull i betongen, og måle kloridinnholdet, normalt ved en RTC-test (Rapid Chloride Test) [42].
- **Opphugging av betongen** for å avdekke armeringskorrosjon og se på korrosjonstilstanden til armeringen.

Videre må det også vurderes om man kan unnlate å rive/demontere betongen, for å hindre at armeringen blottlegges eller at betongen tar skader. Siden betong ofte brukes som bærende elementer i bygg, kan det være hensiktsmessig å unnlate riving av dette i den grad det lar seg gjøre [166].

Ved betongkonstruksjoner som allerede er angrepet av korrosjon må omfanget av korrosjonen vurderes. Det er mulig å benytte elektrokjemisk realkalisering eller elektrokjemisk kloriduttrekk som baserer seg på å reversere korrosjonsprosessen og danne et basisk miljø rundt armerings jernene. Denne type prosesser kan ta alt fra 2 dager til 10 uker, og baserer seg på å enten trekke klorider ut av betongen, eller føre alkalier inn til armerings jernene ved hjelp av elektrisitet [167].

Realkalisering benyttes typisk i tilfeller hvor betongen angripes av karbonatisering, mens kloriduttrekk benyttes oftest i tilfeller hvor betongen har høyt innhold av klorider. Felles for disse elektrokjemiske prosessene er at de danner et basisk og beskyttende miljø rundt armerings jernene [167].

Ved betong som ikke kan ombrukes som følge av fysiske, kjemiske eller miljømessige påkjenninger, er det lite muligheter for materialgjenvinning på grunn av den kjemiske prosessen som skjer under herding er irreversibel [168]. Dette innebærer at sementpastaen og tilslaget ikke vil kunne tilbakeføres til sin opprinnelige form. Siden betong er et mineralsk



materiale, er betong heller ikke et brennbart, noe som utelukker energigjenvinning av gammel betong. Det er derimot mulig å benytte knust betong som fyllmasse i grøfter, eller som tilslag i ny betong [169], så sant bruken ikke strider imot forurensningsloven §7 “*plikt til å unngå forurensning*” [170].

Skadelige stoffer som befinner seg i betong kan potensielt sett vaskes ut og medføre forurensning i grunnvann, overflatevann, avgrunn eller sedimenter [169]. Dette medfører at betong som skal benyttes som fyllmasse, må miljøkartlegges og kan ikke inneholde miljøfarlige stoffer over grenseverdiene i henhold til forurensingsforskriften [171].

I et gjenbruksperspektiv, er holdbarheten essensiell for hvilke gjenbrukspotensiale materialene har. Siden betong er et materiale med god bestandighet, medfører dette at gjenbrukspotensialet i utgangspunktet anses som stort sammenlignet med en rekke andre materialer som benyttes i bygg og anlegg. Et eksempel på betongs gode holdbarhet er Oslo Havnelager, som er et byggverk i betong med en levetid på over 100 år [172]. Betong som er bygget i en god utførelse, med tilstrekkelig dimensjon og nødvendig armeringsoverdekning, kan dermed ansees å ha et tilsynelatende høyt gjenbrukspotensiale. Dette vil samtidig også ha gode forutsetninger for å utgjøre et positivt miljøregnskap.

Tabell nr.22 gir en oversikt over gjenbrukspotensiale til betong. Fargen grønn illustrerer positive for gjenbruk og for miljøet, gul illustrerer middels for gjenbruk og miljø, mens rød illustrerer negativ til både gjenbruk og miljø.

Tabell 22: Oversikt over gjenbrukspotensiale til betong.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet	Miljøfarlige stoffer	Ombbrukspotensiale	Klimagassutslipp ved produksjon	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Betong	Høy	Aktuelt	Høy	Høy	Lav	Lav



5.2 Vinduer

5.2.1 Hva består vinduer av?

Vinduer er husets lysåpning og består typisk av gjennomsiktig glassrute/plastrute, i samspill med en vinduskarm og eventuelle oppdelinger i vindussprosser.

Vinduskarmen kan bestå av treverk, stål, aluminium eller plast [173].

Det er heller ikke uvanlig at vinduer har hengsler av stål for at vindu skal kunne åpnes, og beslag av

aluminium utenpå karmen som en beskyttelse for klimatiske påkjenninger. Ofte består vinduer av en blanding av disse nevnte materialene.

Som et eksempel på hva et vindu kan bestå av, kan man ta for oss et alubeslått vindu som selges i norske byggevareforetninger som XL Bygg [174]. I figur nr.46 er det forsøkt å illustrere hvordan et vindu typisk kan være oppbygd.

Et slikt vindu består da av:

Gjennomsiktig rute - Vanligvis i glass, men kan også forekomme i plast. Glassruter kan komme i ulike tykkelser, og ha ulike egenskaper. Fra 1950 begynte man å produsere vinduer i tolags glass med tomrom mellom [173]. Dette har siden den gang utviklet seg videre hvor det i dag selges vinduer i både to- og trelags tykkelser som vist på illustrasjonen over.

Mellom disse rutene benyttes det seg typisk argongass som forsinker varmeutslippet, og dermed er energibesparende for bygget [174]. Når varmeutslippet forsinkes, vil vinduet ha en høyere overflatetemperatur på innsiden noe er med på å forhindre dannelse av kondens [175].

Rundt vinduet er det en ramme i treverk som holder vindusruten på plass. Denne rammen ansees som selve bæresystemet i vinduet og er det man vanligvis fester til husveggen med skruer. Slike vindusrammer finnes også i både plast (PVC) [176] og metall (aluminium).

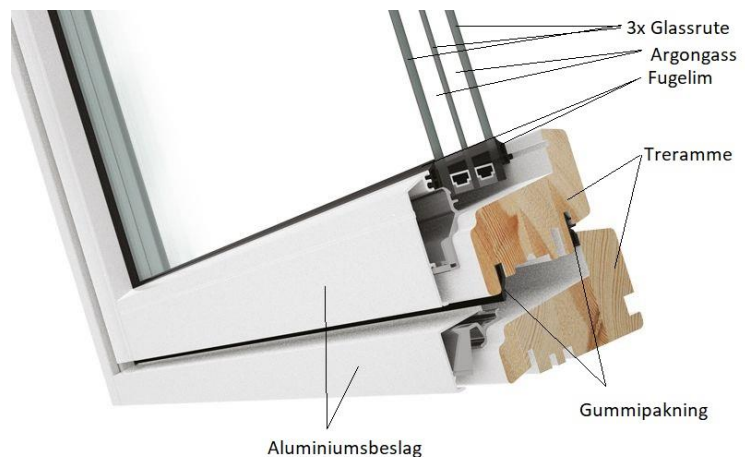


Figure 46: Illustrerer hvilke materialer et vindu består av [174].



Mellom glass og trerammen er det en fugelime som forseglar vinduet, og hindrer at luft trenger inn mellom glassene. Denne fugelimen skal også forhindre at argongassen slippes ut. Utenpå trerammen er det et aluminiumsbeslag som skal beskytte trerammen fra klimatiske påkjenninger for å forhindre råteskader i treverket.

I bygningssammenheng opererer vinduer vanligvis som en enhet. Det betyr i praksis at vinduer vanligvis selges og kastes som et samlet produkt av flere typer materialer [177]. Dette innebærer at man ofte ikke demonterer deler av vinduet før det eventuelt leveres til et godkjent mottak. Et eksempel på dette kan være at vindu som har en knust glassrute, gjerne leveres til gjenvinnes selv om trerammen og aluminiumsbeslaget er i god stand. Det kan også like gjerne være en glassrute i god stand, hvor trerammen er angrepet av råteskader. Poenget er at et vindu stort sett kjøpes og kastes som en enhet [177]. Likevel, er det også viktig å nevne at eldre vinduer kan restaureres [178].

Nå skal vi ikke i denne oppgaven gå så alt for dypt inn i hvilke vindustyper som finnes, fordi det i dag finnes ganske mange vindustyper. Det er her viktig for oss å understreke at det kan finnes store variasjoner i materialbruk, størrelse på vinduer og måten det er bygd opp på. Videre i denne oppgaven kommer vindu til å bli ansett som en *enhet* fremfor et blandingsmateriale.

5.2.2 utfordringer ved gjenbruk av vinduer

Vinduers tekniske tilstand er avgjørende for mulighetene rundt gjenbruk. Fordi vindu består av forskjellige materialer hvor materialene som benyttes kan ha ulik levetid, kan dette medføre at et vindu som helhet kan ansees som i dårlig stand selv om bare en del av vinduet er dårlig. Siden vindu behandles som en enhet er det dermed viktig å se på levetiden til de ulike material komponentene (se tabell nr.23) for å avgjøre den samlede levetiden.



Tabell 23: Beskrivelse av materiale og levetiden til et vindu.

Materiale	Levetid
Treverk	Treverk kan ha en levetid fra mellom 1 og 200 år avhengig av tretype, klimatiske forhold og overflatebehandling [179]. Det er imidlertid vanlig at treverk som benyttes i vindu har en levetid på 20-30 år som følge av råteskader [180].
Glass	Glassrute i seg selv kan ha en levetid på over 200 år så sant de ikke er skadet, hvor eksempelvis Drøbak kirke har vinduer fra 1776 [180].
Aluminium	Aluminium som bygningsmateriale kan ha en levetid på over 100 år [181].
Polivinylklorid (PVC)	Det finnes produsenter som leverer 30 års garanti, med en forventet levetid på 60 år [182].
Fugelim	Vi har til nå ikke funnet noe tilstrekkelig studie på dette området.

På bakgrunn av at treverket ofte råtner etter 20-30 år, fremlegges det dermed at vinduer i helhet antas å ha en levetid på 20-40 år [183]. I en miljøsammenheng ansees 20-40 år som relativ kort levetid. Dette kan være en stor ulempe for gjenbrukspotensialet siden vinduer kan måtte skiftes ut hyppig.

5.2.2.1 Forskjellig levetid på vindu og fasade

Det finnes eksempler på vinduer som har hatt en levetid på over hundre år [180], samtidig som det også finnes eksempler hvor vindu skiftes etter bare noen få år. Det innebærer med andre ord en stor usikkerhet knyttet til hvor lang levetid vinduet har. Det er derimot viktig å sammenligne levetiden med vinduer opp mot resten av bygget. En terrasse kan typisk ha 30 års levetid, mens vanlig huskledning ansees å ha 60 års levetid [179].

Det må dermed tas i betraktning at dersom en utvendig fasade skal renoveres, hvor det typisk til rigges med stillas, brakkerigg, container og gjøres klart for et renoveringsprosjekt, kan det være hensiktsmessig å skifte vinduer mens man først er i gang. For prosjekter som blir gitt pris på i henhold til NS 3420, er ofte rigg og driftskostnader basert på engangssummer for oppstilling og tidsenhet. Dette medfører at ekstra kostnader ved å skifte vinduer ikke påløper i den samme skala som ellers, når andre utvendige arbeider pågår. Dette til tross for at levetiden til vinduene ikke er nådd sitt potensiale.



På direktoratet for byggkvalitet siteres følgende:

“Skal du bytte ytterkledning og vinduene dine er mer enn 10 år gamle, bør du vurdere om du også skal bytte vinduene. Dette gjelder særlig dersom du skal etterisolere så mye at vinduene uansett må flyttes lengre ut i veggen.” [184]

Dette gjelder naturlig nok andre type fasader også. Det må også taes til vurdering om hvor enkelt et vindu kan skiftes ut. Eksempelvis ved at et vindu i et bygg er på bakkeplan slik at tilkomsten er lett tilgjengelig uten nødvendig stillas eller tilsvarende tilkomst middel.

Siden ulike materialer har ulik antatt levetid kan dette medføre at enkelte materialer må skiftes ut før sin levetid er utløpt.

5.2.2.2 Nye krav og behov

Den teknologiske utviklingen av glassruter de siste 60 årene har imidlertid brakt frem langt bedre glassruter i form av jevnere overflate, støydemping og økt isoleringsevne enn tidligere [182].

Nye krav i tekniske forskrifter stiller krav til u-verdi i vindu og yttervegg gjennom TEK 17, §14-3 - Minimumskrav til energieffektivitet [185]:

- U-verdi for vindu og dør, inkludert karm og ramme $< 1,2$ [W/ (m²*K)]
- U-verdi for yttervegg $< 0,22$ [W/ (m²*K)]

Dette innebærer at gamle vinduer med en dårligere isoleringsevne, kan by på komplikasjoner ved at gamle vinduer ikke harmonerer med nye krav til u-verdi.

TEK 17 stiller også krav til støyreduksjon gjennom §13-6 - Lyd og vibrasjoner:

“(1) Lydforhold skal være tilfredsstillende for personer som oppholder seg i byggverk og på uteoppholdsareal avsatt for rekreasjon og lek. Krav til lydforhold gjelder ut fra forutsatt bruk, og kan oppfylles ved å tilfredsstille lydklasse C i Norsk Standard NS 8175:2012 Lydforhold i bygninger Lydklasser for ulike bygningstyper.”

Mindemyren er et av mange eksempler på områder med stor urbanisering og fortetningsstrategi som vist på figur nr.47 og 48. Når områder fortettes, økes også støynivået fra blant annet biltrafikk. Dette kan medføre en typisk behovs endring hvor behovet for støydemping i boliger er større enn det kanskje var for 100 år siden. En effektiv måte å redusere støynivået på, er blant annet ved å skifte til støyreduserende vinduer. Dette vil kunne gi komplikasjoner ved å gjenbruke gamle vinduer i områder hvor det stilles høyere krav til støydemping, enn det de gamle vinduene kan levere.



Figure 47: Bilde av Mindemyren i Bergen i 1920 [186].



Figure 48: Bilde av Mindemyren i Bergen i 2012 [187].

Det er imidlertid viktig å presisere at kravene i regelverk ikke har en tilbakevirkende kraft [188]. Det vil si at vinduer som ble montert før disse kravene trådte i kraft, ikke nødvendigvis behøver å oppfylle andre krav enn de krav som var gjeldende under det året bygget ble oppført eller hoved ombygget. Likevel finnes det støtteordninger som Enova hvor det tildeles økonomiske midler for å gjennomføre oppgraderinger i hus og bygninger som øker energibesparelsen [189]. Vinduer er kanskje et av de stedene i huset hvor det ansees at mest varme går tapt [190]. Det er dermed rimelig å tenkes at selv om et vindu er i tilsynelatende god stand, kan det likevel være økonomisk lønnsomt å skifte til et mer energibesparende vindu [190]. Som følge av økt levestandard har også komforten stått mer i fokus de siste 50 årene, hvor brukeren selv stiller høyere krav til opplevd varme, og mindre støy [191].

5.2.2.3 Helse og miljøfarlige stoffer

Fugelim: I perioden 1965-1979 var det vanlig at fugelimen i vinduer inneholdt PCB. Etter hvert som det ble allmenn kjent at PCB var et farlig stoff, ble dette forbudt i 1975. I perioden 1976-1990 ble det dermed benyttet klorparafiner i fugelimen i vinduer istedenfor. Vinduer produserte i perioden 1965-1990 blir dermed kategorisert som “*farlig avfall*” og må leveres til godkjent mottak med mindre det kan motbevise at vinduene inneholder miljøfarlige stoffer. Vinduer produsert etter 1990 kan inneholde ftalater, men siden disse mengdene ansees som små, kategoriseres ikke denne vindustypen som “*farlig avfall*”. Vinduer produsert før 1965 inneholder ikke fugelim, og ansees heller ikke som “*farlig avfall*” [177]. Det kan også finnes asbest i vinduskitt som har vært benyttet fram til 1985.



Maling: Maling, lim og lakk er farlig avfall og er omfattet av leverings- og deklarasjonsplikten i henhold til avfallsforskriften kap. 11 [177]. Det finnes imidlertid et grensesnitt for hvor mye maling som skal til før det kategoriseres som farlig avfall i henhold til europaparlamentets- og rådsforordning (EF) nr. 1272/2008 [141]. Dette grensesnittet er avhengig av hvilke stoffer malingen inneholder og hvilke mengder. Siden maling inneholder en rekke stoffer av ulike konsentrasjoner, er det vanskelig å fastslå dette grensesnittet.

I telefonsamtaler med totalt tre gjenvinningsstasjoner i Norge, kommer det derimot frem en praksis hvor vinduer normalt sett ikke erklæres som farlig avfall på bakgrunn av maling. Mengden maling som benyttes utenpå vinduer er i en så liten konsentrasjon at malingen i seg selv, sjelden avgjør om et vindu kan anse som farlig avfall. Det er imidlertid greit å være klar over den miljøfaren som maling utgjør.

Gass: Argon er en gass som benyttes mellom glasslagene. I utgangspunktet er gassen innestengt, men ved tid og stunder kan pakninger, fuge eller glassrute sprekke opp og dermed danne åpninger hvor gassen slippes ut. Denne gassen er fargeløs, luktfri og kan medføre kvelning hos personer som puster det inn. En slik lekkasje er derimot ikke ansett som det største helsefarlige problem siden argonet blander seg med luften, og konsentrasjonene ofte ikke er av det største omfanget [192]. Likevel finnes det regler som forbyr knusing av glass så langt det lar seg gjennomføre, hvor en i stedet leverer glassene til godkjent mottak for riktig behandling av vinduer [177].

De vinduer som inneholder miljøfarlige stoffer ansees som “*farlig avfall*” og kan ikke gjenbrukes. Disse vinduene må leveres til godkjent mottak i henhold til avfallsforskriften kapittel 11 [141].

5.2.3 Hvordan kan en gjenbruke vinduer?

Det finnes per i dag ingen direkte standard hvor det kommer frem en standardisert metode for å kartlegge gjenbrukspotensialet til vinduer etter det vi kjenner til. Dette medfører at gjenbrukspotensialet må vurderes individuelt, basert på erfaring og kunnskap. For å avgjøre gjenbrukspotensialet vil det første spørsmålet være om den tekniske tilstanden til vinduet tillater at vinduet gjenbrukes.

Siden vinduer ofte ansees som en uavhengig komponent i bygg, stilles det ikke de samme styrkemessige kravene til vinduer som eksempelvis betong. Satt litt på spissen, vil ikke



nødvendigvis et bygg falle sammen som følge av at vinduer er i dårlig stand. Likevel er det viktig å presisere at eksempelvis råteskader eller lekkasjer på vindu kan forplante seg til andre konstruksjonsdeler og medføre følgeskader [193].

Å kartlegge vinduers tekniske tilstand på et analysenivå 2 eller 3 i henhold til NS 3424, anses derimot som lite hensiktsmessig med mindre vinduene er av en spesiell størrelse, mengde eller form.

Vinduers tekniske tilstand baseres dermed i all hovedsak

av en skjønnsmessig vurdering basert på erfaring og kunnskap hos den enkelte. I en slik vurdering ser en typisk etter ytre faktorer som påvirker tilstanden til vinduet. Alderen på vinduet kan også gi en indikator på hvilken tilstand vinduet forventes å ha. Summen av disse faktorene vil i store trekk være med på å definere gjenbruksverdien i vinduer, som forsøkt å illustrere i figur nr.49.

Basert på den tekniske tilstanden i vinduer har man deretter forutsetninger til å velge nødvendige tiltak. I figur nr.50 er det utarbeidet et forslag til hvordan man skal bestemme nødvendige tiltak for gjenbruk av vinduer. Det er viktig å understreke at den tekniske tilstanden til et vindu kan være bedre eller dårligere enn det den antatte levetiden vinduet tilsier.

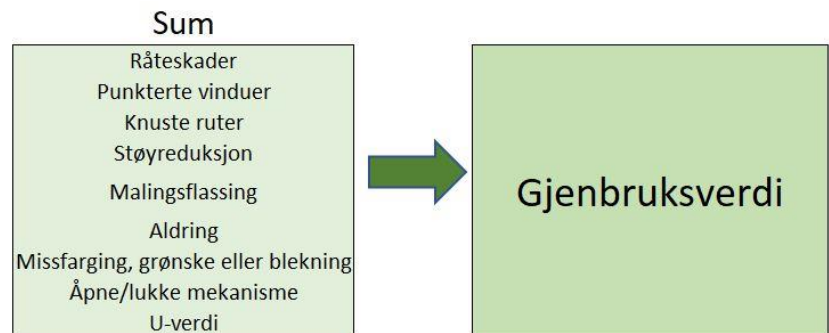


Figure 49: Illustrerer faktorer som må vurderes for å kunne konkluderer gjenbrukspotensialet.

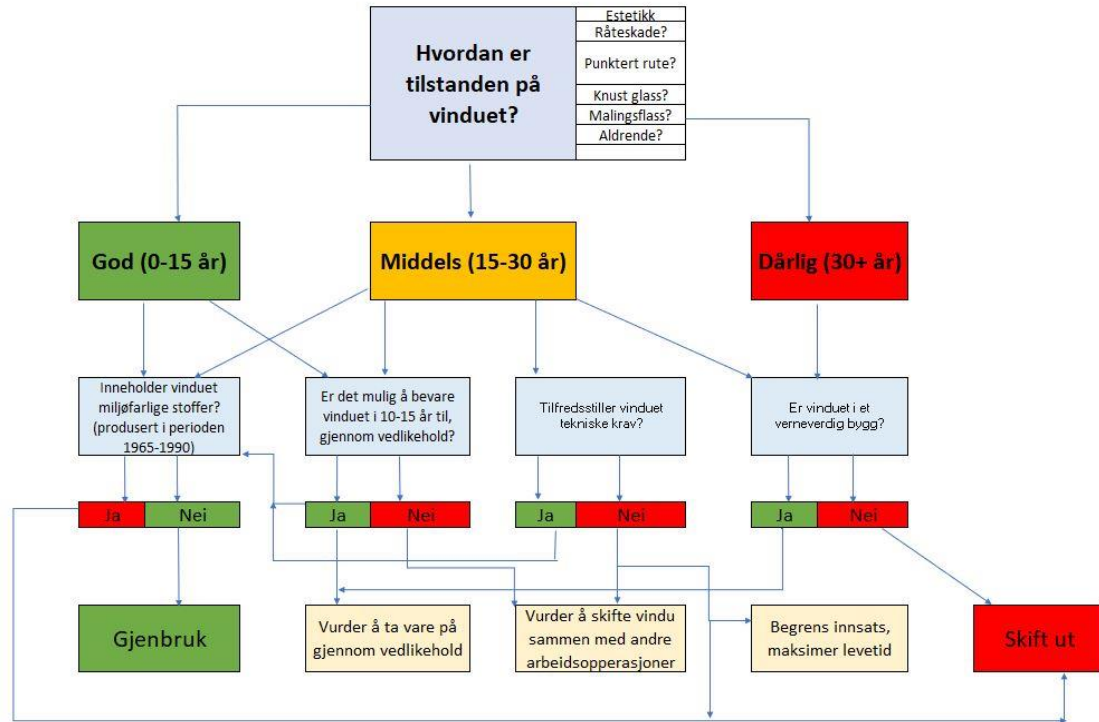


Figure 50: Illustrerer hvordan man kan vurdere gjenbrukspotensialet til et vindu.

Her skiller vi typisk tiltak inn i fem forskjellige kategorier hvor tre av kategoriene kan anses som en form for mellomting mellom gjenbruk og utskifting:

Gjenbruk benyttes typisk på steder hvor vinduet har en relativ ung alder og god stand. I dag er det vanlig praksis at vinduer festes med skruer, noe som gjør det relativt enkelt å demonteres uten at vindu tar skade.

Vurder å ta vare på gjennom vedlikehold innebærer typisk at man restaurerer vinduer fremfor å bytte dem ut. Dette kan innebære at en skifter ut deler på vinduet for å opprettholde dets stand. En slik type tiltak kan i et miljøregnskap være et bedre alternativ enn å skifte ut vinduet siden produksjon av nye vinduer medfører økte klimagassutslipp [180].

Vurder å skifte vindu sammen med andre arbeidsoperasjoner er tiltak hvor en planlegger å utføre vedlikeholdsarbeider i samme operasjon. Dette kan typisk gjøres ved reovering av fasade, og kan forekomme selv om vinduene ikke nødvendigvis behøver å byttes ut. På denne måten vil man kunne redusere rigg og driftskostnader i prosjekter hvor eksempelvis stillas eller tilsvarende tilkomstmiddel er nødvendig for å utføre flere andre arbeidsoppgaver.

Begrens innsats, maksimer levetid benyttes når vinduer er kommet til et stadium hvor vinduet ikke lenger har særlig gjenbruksverdi, tilfredsstiller krav eller har et arkitektonisk



særpreg. Med mindre tilstanden på vinduet utgjør en direkte fare for at skaden på vinduet skal forplante seg i bygget, bør det på dette stadiet forsøke å la vinduet utløpe sin levetid før det utskiftes.

Skift ut er typisk der hvor vinduer har utløpt sin levetid og ikke lenger er i god stand. Det kan også skiftes ut på bakgrunn av at det ikke tilfredsstillende krav som støy eller varmetap. I forhold til et miljøregnskap kan et slikt tiltak utgjøre en mindre miljøbelastning enn den miljøbelastningen fra varmetapet som vinduet slipper ut over et livsløp [180]. Det er ikke dermed gitt at et slikt tiltak vil være et dårlig tiltak sett i en miljøsammenheng.

5.3 Fasadeplater

5.3.1 Hva kjennetegner fasadeplater?

Fasadeplater er slitesterke og bestandige plater som benyttes til utvendig tak og fasade. Disse fasadeplatene kan typisk bestå av aluminium, laminat, fibersement eller eternitt. Det finnes muligens flere typer fasadeplater, men i denne delen blir det tatt for seg de mest kjente typene på det norske markedet. Slike fasadeplater kan ha en glatt eller en ru overflate av knust naturstein, og kan typisk selges i flere ulike farger. Felles for de ulike typer fasadeplater er [194]:

- Lang levetid
- God holdbarhet
- Vedlikeholdsfritt
- Motstandsdyktig mot brann
- Energikrevende å fremstille

5.3.2 Ulike fasadeplater

Fasadeplater av eternitt er plateprodukt bestående av betong, som er tilsett fibre av asbest. Dette danner en type fibersement hvor disse fibre av asbest opptrer som en armering i betongen noe som gir platene en god mekanisk styrke [195].

Disse platene fikk sitt gjennombrudd i perioden 1950-1960, og ble benyttet frem til 1978, hvor produksjonen av asbest ble lagt ned. Eternitt kommer fra det latinske ordet “*aeternitas*”



som betyr “evigvarende” [196]. Eternitt er med andre ord kjent for å ha en god bestandighet, både mot klimatiske forhold, men også mot brann.

Asbest er et materiale som etter asbestforskriften er forbudt jf. §6:

“Bruk og annen håndtering av asbest og asbestholdig materiale er forbudt”. [146]

Det finnes derimot et par unntak jf. §7 som kan være verdt å merke seg:

- §7a: “riving, reparasjon og vedlikehold av asbestholdig materiale, herunder håndtering av asbestholdig avfall fra slikt arbeid”
- §7e: “bruk av asbestholdige produkter som var montert eller tatt i bruk før 26. april 2005 i samsvar med tidligere regler. Slike produkter skal fortsatt være tillatt inntil de avhendes eller når slutten av sin levetid, under forutsetning av at asbestfibrene er bundet i produktet og ikke kan bli frigjort til omgivelsene.”

Å gjenbruke eternittplater kan man dermed utelukke så lenge man demonterer platene.

Gjenbrukspotensiale i eternittplater kan med andre ord ansees som liten.



Figure 52: Et hus med bølgeeternitt på tak og eternitt vindskibeslag [196].



Figure 51: Et hus med eternittplater som vegger [196].

Fasadeplater av fibersement uten asbest ble tatt i bruk etter 1980 som følge av at produksjonen av asbest ble stanset. Som en erstatning for asbest ble det istedenfor benyttet cellulose som armering i sementen [194]. Cellulose er en organisk forbindelse som utgjør hovedbestandanddelen av plantenes cellevegg og er en den vanligste organiske forbindelsen i naturen [197]. Denne cellulosen utgjør armeringen i fibersementen.



Figure 53: “Sementplate med armering av organiske fibre.” [198].

Cembrit Construction (Frontex) er en sementbasert plate med armering av organiske fibre.

Fasadeplater av fibersement består typisk av 30-60% sement (bindemiddel), 32-61% kalkstein (tilslag) og 4-6% cellulose (armering) [199].

Sement er et materiale som fremstilles ved 1400-



1500°C, noe som krever høye mengder energi. Årlig produseres det over 1800 millioner tonn sement, hvor nesten halvparten av all sement på verdensbasis fremstilles i Kina og India [200]. Mye av sementen som fremstilles på verdensbasis, benytter kull som energikilde, noe som medfører store CO₂ utslipp [201]. Sett i et miljøregnskap er det dermed viktig at produkter som benytter sement, ikke kastes etter få år, men heller har en lang levetid.

Det finnes produsenter for slike plater som reklamerer for minimum 50 års forventet levetid, noe som i seg selv er et godt utgangspunkt for gjenbrukspotensiale [202]. Det må likevel tas stilling til om disse platene kan demonteres hele, og om de passer til det bygget som skal benytte slike gjenbruksplater. Eventuelle tekniske gjennomføringer, skruehull, misfarging, mosegroing eller annet estetisk tap, kan være en medvirkende årsak til at slike plater ikke ønskes gjenbrukt. Slike fasadeplater kan med andre ord møte komplikasjoner ved fleksibilitet og elastisitet, i den grad at de ikke har mulighet til å utvide areal eller endre egenskaper. Dette påvirker tilpasningsdyktigheten til platene, selv om ombrukspotensialet kan sies å være til stede.

Fasadeplater av laminat er plate som typisk er bygget opp ved at slitesterke papir av cellulosefibre, og impregneres med termoherdende harpiks. Dette presses lagvis sammen under høy temperatur og trykk, noe som danner en god styrke i platene [203].

Når den termoherdende harpiksen er katalysert, kan den ikke reverseres eller omformes. Dette medfører at formen til platen ikke kan endres når termoherdet kompositt er dannet. På grunn av dette er det ekstremt vanskelig å resirkulere produkter hvor termoherdende harpiks er benyttet. Selve termoherdende harpiks er ikke resirkulerbar, men noen nyere selskaper har med hell fjernet harpikser fra kompositter gjennom en anaerob prosess kjent som pyrolyse og er i det minste i stand til å gjenvinne materialet [204]. I grove trekk er resirkulering av slike fasadeplater mulig, men også krevende.

Laminat er et langsomt biologisk nedbrytbart avfall, noe som krever at det heller brennes fremfor å lagres til deponi. I et miljøperspektiv vil det dermed være fordelaktig om slike plater har en lang levetid før de kastes. Det er her viktig å vurdere gjenbruk både i montert og demontert tilstand. Abet Laminati som er en produsent av slike plater hevder at platene ikke er egnet for gjenbruk som en hovedregel [205]. Å gjenbruke laminat er teoretisk mulig tatt i betraktning at platene har en teknisk tilstand som tillater gjenbruk. Det krever likevel at platenes størrelse passer til det bygget som skal gjenbruke det av samme argument som nevnt



under fibersement. Laminat er derimot godt egnet til energigjenvinning siden platene har en brennbarhetsverdi på mellom 18 og 20 MJ/kg [205].

Fasadeplater av aluminium består da typisk av aluminium. Aluminium er et grunnstoff med atomnummer 13 og atomsymbol Al. Dette grunnstoffet er et lettmetall med en massetetthet på ca. 2,7 kg/dm³ [206]. Sammenlignet med eksempelvis et vanlig S355 stål som har en massetetthet på ca. 7,8 kg/dm³, er aluminium et metall med lav vekt i forhold til sin styrke [207].

Overflaten av aluminiumet dekkes av et tynt og tett lag av aluminiumoksid. Dette medfører motstandsdyktighet både i kaldt og varmt vann, og mot svake syrer ved alminnelige temperaturer. Denne oksidfilmen beskytter også metallet mot oksidasjon, noe som gjør at aluminium ikke korroderer i luft [206].

Disse fasadeplatene overflatebehandles typisk med maling for å beskytte metallet fra klimatiske forhold, og på fabrikk kan slike plater produseres og leveres i mange former og fasonger. Det finnes også eksempler av fasadeplater hvor aluminium benyttes som overflatebelegg utenpå andre typer fasadeplater.

Aluminium er et materiale som i seg selv er energikrevende å fremstille. Derimot har aluminium et stort potensial når det kommer til materialgjenvinning, siden det fint kan smeltes om. Å smelte om aluminium er også energikrevende, så det ideelle er likevel å gjenbruke i den grad det lar seg gjøre [103]. I et miljøregnskap er det dermed viktig at materialet ikke kastes for tidlig.



5.3.3 Gjenbrukspotensiale for fasadeplater

Tabell 24: Oversikt over gjenbrukspotensiale til de forskjellige materialene fasadeplater kan være laget av.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet	Miljøfarlige stoffer	Ombrukspotensiale	Klimagassutslipp ved produksjon	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Eternitt	Høy	Høy	Lav	Høy	Ingen	Lav
Laminat	Høy	Lav	Høy	Høy	Lav	Høy
Fibersement	Høy	Lav	Høy	Høy	Lav	Lav
Aluminium	Høy	Lav	Høy	Høy	Høy	Lav

I denne oppgaven er det ikke gjort noe grundig studie på hvor lang levetid slike plater bør ha, for å få et positivt miljøregnskap. Det er likevel en forutsetning at fasadeplater produseres med lang levetid uavhengig av platetype, dersom man skal oppnå miljøgevinst og gjenbrukspotensiale på fasadeplater. Hva platen består av kan være avgjørende forutsetning for om platen kan ombrukes, gjenvinnes eller energigjenvinnes.

Det finnes imidlertid referanseprosjekter som Kristian Augusts gate 13, hvor det har blitt



Figure 54: Bilde av fasadeplater under montering fra Kristian Augusts gate 13, Oslo [132].

benyttet ombruks- fasadeplater bestående av både fibersement, metall og betong (Figur nr.54). I dette prosjektet er det også benyttet ombruksfasadeplater til takterrasse gulv [132]. Dette bekrefter langt på vei at ombruk av fasadeplater er mulig, hvor det i erfaringsrapport anslås at ombruk av slike plater ga en utslipps besparelse på 97% ved gjenbruk av fasadeplater i dette prosjektet.

Ved spørsmål om fasadeplater kan resirkuleres til et nytt produkt, finnes det imidlertid lite resirkulerings potensiale i mineralske og termoplastiske typer fasadeplater. Det største resirkulerings potensialet ligger i de fasadeplatene som består av aluminium eller eventuelt andre fasadeplater av metall som kan smeltes om. Det samlede gjenbrukspotensialet til fasadeplater er forsøkt å illustrere i tabell nr.24. Der fargen grønn illustrerer positive for gjenbruk og for miljøet, mens rød illustrerer negativ til både gjenbruk og miljø.



5.4 Takteking

5.4.1 Litt om takteking

Taktekkingen er byggets øverste beskyttelse mot vind, regn og andre klimatiske påvirkninger. Tanken bak takteking er å hindre at vann trenger inn i konstruksjonen. Dette gjøres vanligvis på 2 måter:

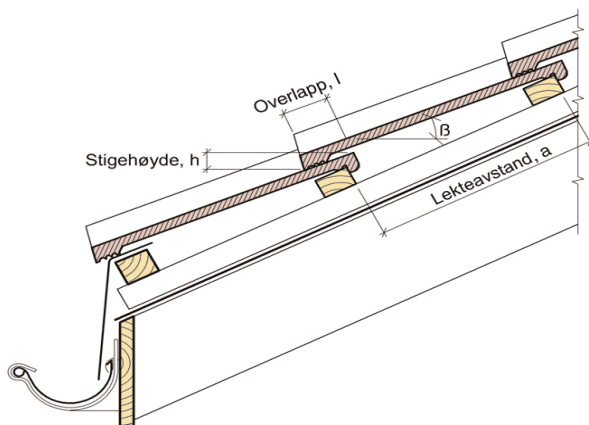


Figure 55: Illustrerer teking med takstein og beskriver legging og forankring [209].

Overlappstekking baserer seg på prinsippet om at vann renner nedover (se figur nr.55). Slike tekkinger bygges typisk nedenfra og opp, hvor da materialer overlapper hverandre slik at vann hele tiden renner på utsiden og føres ned til bestemte dreneringspunkter [208].

Overlappstekking er vanlig å benytte ved takkonstruksjoner med takstein, takskifer, bølgeplater av plast eller metall. Dette er en relativt luftig og åpen form for takteking,

noe som krever en viss helling på taket for at vann skal renne av.

Helteking baserer seg på å lime eller sveiseskjøter sammen slik at det dannes et kontinuerlig, ubrutt og vannrett sjikt. For helteking er det vanlig å benytte asfaltpapp, takshingel, plane metallplater eller tykke kunststoffolier. Dette er typisk vanlig på flate tak hvor helningen er liten.

Felles for alle disse type taktekkinger er at det ytre materialet må ha en god bestandighet til å stå imot klimatiske forhold [210].

5.4.2 Drøfting av ulike type tekkinger

5.4.2.1 Takstein

Takstein av betong består typisk av sement, flyveaske og pigmenter eller glasur. Takstein av brent leire består av leire, chamotte, sand og tilsetningsstoffer [210]. I en gjenbruks sammenheng har disse to takstein typene flere likhetstrekk:



- God holdbarhet [210]
- Energikrevende å fremstille, noe som medfører relativt høye klimagassutslipp [210].
- Lite resirkulerbar, men kan benyttes som fyllmasse, tilslag i betong eller som dreneringsmasser under deponi [210].
- Det er registrert lite miljøfarlige stoffer i begge disse type taksteinene, og de anser som lite miljøfarlige [210]. Derimot finnes det unntak:
 - Takstein fra før 1980 kan inneholde PCB. [10]
 - Enkelte glaserte og pigmenterte produkter kan inneholde tungmetaller [210].
- Enkelt å demontere på en ikke-destruktiv måte.

Takstein av skifer består av naturstein og har mange av de samme egenskapene som takstein av betong og sement. Derimot er skifer et materiale som i større grad er fremstilt av naturens side, ved at grus, sand og leire har blitt sedimentert gjennom høyt trykk og temperatur over flere hundre år [211].

5.4.2.2 Takplater

Profilerte takplater av metall ble tatt i bruk i Norge på slutten av 1800 tallet, er i dag mye utbredt over hele Norge.

“Årsaken til den store utbredelsen er mange, men de viktigste er at de er lette, enkle å montere, de dekker relativt stor takflate pr. plate, og at de, ifølge leverandørene, "varer din levetid uten vedlikehold"!” [212].

I motsetning til andre takplater, angripes derimot slike takplater av korrosjon, særlig på værharde steder. Dette er årsaken til at slike plater blir behandlet med beskyttelse, enten i form av sink, maling eller plastfoliert belegg (PVC). I henhold til en feltundersøkelse utført av Siv.ing. Trond Bøhlerengen i 1986, stilles det derimot spørsmålsteget til hvor mye effekt korrosjonsbeskyttelsen egentlig har. I denne feltundersøkelse viste det seg at 36 av 54 metallplater (64,3%) hadde korrosjon etter 1-15 år. Det siteres også:

“Korrosjonen på platene så ut til å være uavhengig av beleggtypene.” [212].

Profilerte takplater i metall består ofte av aluminium. Aluminium er som nevnt i kapittel 5.3, er et metall som krever store mengder energi for å fremstilles, men har til gjengjeld et stort resirkuleringspotensiale, på lik linje med andre metalltyper.

Takplater av plast fås i samme profil form som en del av de profilerte metallplatene. Plast er et syntetisk materiale som i all hovedsak lages av fossil olje og gass [213]. Platene består typisk polykarbonat, som er en gruppe termoplastiske polymerer [214]. Kort fortalt består



disse platene av kjemiske forbindelser som blir plastisk (formbar) ved oppvarming [213]. Dette medfører at polykarbonat egner seg godt til materialgjenvinning hvor platene kan smeltes om og dannes til et nytt produkt. Muligheten for materialgjenvinning av plastmaterialer i bygg kan derimot reduseres i bruksfasen, for eksempel ved liming til underlag. Plast har også høy brennverdi og kan være egnet til energigjenvinning.

Polykarbonat er et stoff som er lite nedbrytbart, noe som gjør det godt egnet som klima skjold for byggverk. I en miljøsammenheng kan dette også være en ulempe, dersom slike plater havner i naturen. Polykarbonat kan inneholde bisfenol A, som er et tilsetningsstoff som for mennesker som kan virke hormonhermende, og gi negative helseeffekter [214]. Slike takplater kan også være tilsett tungmetaller, ftalater eller andre myknere [213].

Takplater av eternitt kan se ut som bølgeblikk, men er tykkere og tyngre i vekt. De kan også være flate og likne på skifer, men veier mindre enn skiferheller. Både takplater av eternitt, og takplater av fibersement, kan sammenlignes med fasadeplater i eternitt og fibersement slik nevnt i kapittel 5.3.

5.4.2.3 Takpapp

Asfalttakbelegg

“Asfalttakbelegg er i stor grad bygd opp etter felles hovedprinsipp, med en stamme eller armering som er impregnert og deretter belagt med asfalt (bitumen) på begge sider. Bitumen er et svart petroleumsprodukt som mykner gradvis ved oppvarming. Det består hovedsakelig av hydrokarboner og deres derivater, fyllstoffer og tilsetningsstoffer som skal gi produktene de ønskede egenskaper. Selv om hovedprinsippet for oppbygning er det samme, fins det et utall produktvarianter tilpasset og beregnet for spesifikke bruksområder.” [215].

Asfalttakbelegg er et materiale som produseres på rull, med relativt lav vekt og er enkel å montere. Det antas å ha gode evner til å motstå klimatiske forhold, med en antatt levetid på 15-25 år [216]. I et gjenbruksperspektiv er dette ikke all verdens sammenlignet med henholdsvis takstein eller takplater. Dette har medført en viss usikkerhet rundt hvorvidt taktekking av asfalttakbelegg evner å motstå klimatiske forhold. Det bør også tas høyde for at slik tekking kan ta fysisk skade som følge av punkteringer for eksempel ved at personer trækker på en spiss gjenstand på taket. Tilsvarende tekkinger har frem til 1970 blitt teknet med 2-3 lag belegg for å være sikker på at tekkingen er tilstrekkelig.

Asfalttakbelegg blir også ofte benyttet som undertak i kombinasjon med takstein eller takplater, der eksempelvis takstein utgjør primærtekkingen, mens asfalttakbelegget utgjør sekundærtekkingen. I henhold til en feltundersøkelse utført av Knut Noreng i 1994 kommer



det derimot fram at 1-lags tekking med asfalttakbelegg skal ha gode nok egenskaper til å stå imot klimatiske forhold, og at holdbarheten til produktet er avhengig av utførelsen når det blir montert [217].

“Asfalttakbelegg kan inneholde miljøgifter som PAH-forbindelser, flammehemmere eller tungmetaller.” [215].

Disse miljøgiftene står på den norske prioriteringslisten for hvilke miljøfarlige stoffer enn bør styre unna. Produktet blir klassifisert som farlig avfall dersom mengden miljøfarlige stoffer overskrider grenseverdier gitt i avfallsforskriften [138]. PAH-forbindelser vil alltid være til stede i bitumen, men de fleste produkter tilgjengelig på dagens marked er likevel klassifisert som vanlig avfall på grunn av mengdene ikke overskrider grenseverdiene på 2500 mg/kg [215]. Ved gjenbruk er det er imidlertid viktig å være klar over at asfalttakbelegg som har blitt benyttet tidligere kan inneholde høyere konsentrasjoner av miljøfarlige stoffer.

Når asfalttakbelegg monteres, festes det ofte med spiker, kramper eller skruer til undertak (figur nr.56). Dette medfører hull i belegget som i utgangspunktet er en punktering av tekkingen. For å sikre at ikke fukt trekker inn i disse hullene overlappes det en klebrig folie

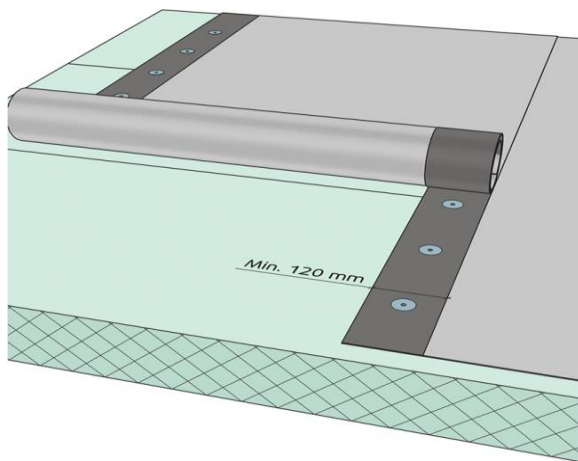


Figure 56: Illustrerer monteringen av asfalttakbelegg [215].

over spikerskjøtene som en forsegling. Denne folien vil typisk varmes opp enten ved hjelp av gassbrenner, eller på en varm sommerdag noe som vil medføre at folien smelter sammen. Fra et taktekkers perspektiv er dette et ideelt scenario siden det forhindrer at vann trenger gjennom taktekkingen [215]. Derimot skaper dette et problem for gjenbrukspotensialet ved at det gjøres utfordrende å demontere uten at belegget tar skade.

Ifølge SINTEF byggforskserien er:

“Gjenvinningsløsning for asfalttakbelegg i Norge er per i dag ikke etablert. Ved endt levetid går produktet til energigjenvinning eller deponering.” [215].

I en miljøsammenheng er dette ikke ideelt, men ifølge EPD (Environmental Product Declaration) viser det liten grad av variasjon i klimagassutslipp innenfor produktgruppen [216].



Takfolier

Takfolier består av elastomere eller termoplastiske materialer, med eller uten armering, og leveres i forskjellig tykkelse avhengig av bruksområde. Slike folier kan ha ulike kjemiske sammensetninger, men den største forskjellen er [218]:

- Elastomere materialer har elastiske egenskaper og kan lettere formes.
- Termoplastiske materialer har plastiske egenskaper og kan ved høy temperatur formes til et produkt som beholder sin form.

Den vanligste type takfolie som benyttes er polyvinylklorid (PVC), og ble først tatt i bruk i Norge i begynnelsen av 1970. PVC er et termoplastisk materiale som kan inneholde inntil 40% myknere for å gi tilfredsstillende effekter. Det finnes også andre folier som benyttes, og foliene legges på ulike teknikker.

Takfolier benyttes vanligvis på flate eller svakhellende tak, men blir også benyttet som vanntett sjikt i torvtak eller sedumtak. De ansees å være bestandig for klimatiske påkjenninger, og har en antatt levetid på 25 år. Det må også tas høyde for at folien kan punktere ved fysiske påkjenninger av samme årsak som ved asfalttakbelegg.

Takfolier i likhet med asfalttakbelegg kommer ofte på rull, hvor overlappende skjøter smeltes sammen ved sveising. Dette reduserer ombrukspotensialet på grunn av at demontering vanskeliggjøres uten å direkte ødelegge materialet.

Foliene kan tilsettes stoffer som gir dem mekaniske egenskaper mot UV stråler og høye temperaturer. Disse tilsetningsstoffene kan typisk bestå av miljøgifter som ftalater, klorparafiner, bromerte flammehemmere og blyforbindelser, og i likhet med asfalttakbelegg må man påse at disse miljøgiftene er innenfor bestemte grenseverdier som nevnt i kapittel 3.2.7 [218]. Det finnes heller ikke noe etablert gjenvinning for takfolier og ved endt levetid går folier til energigjenvinning eller deponi på samme måte som ved asfalttakbelegg.

Tjærepapp

Tjærepapp er papp som er impregnert med steinkulltjære.

“Steinkulltjære er en type tjære som dannes ved tørrdestillasjon av steinkull og er et biprodukt ved kokosproduksjon og i gassverk.” [219].

Steinkulltjære inneholder kreftfremkallende polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) som i dag er på den norske prioriteringslisten for miljøfarlige stoffer som bør unngås.



Tjæreapp ble benyttet på tidlig 1900 tallet, men ble så erstattet av asfaltapp rundt 1920 tallet. Årsaken var at det viste seg at tjæreapp ikke var like motstandsdyktig mot humus, i tillegg til at det var kommet et nytt og bedre materiale på markedet. Siden den gang har tjæreapp i liten grad blitt benyttet [220].

5.4.3 Gjenbrukspotensiale taktekking

Gjenbrukspotensiale takstein

Tabell 25: Beskriver gjenbrukspotensialet til materialet taksteinen er laget av.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet	Miljøfarlige stoffer	Ombruks potensiale	Klimagassut slipp ved produksjon	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Betong	Lang	Lite	Stor	Stor	Liten	Liten
Leire	Lang	Lite	Stor	Stor	Liten	Liten
Skifer	Lang	Ingen	Stor	Liten	Liten	Liten

Siden takstein både har lang levetid og stort ombruks potensiale er det dermed hensiktsmessig å forsøke å gjenbruke takstein sett i et miljøperspektiv. Det må derimot tas høyde for at undertak, lekter og sløyfer ofte består av treverk. Siden treverk vanligvis ansees med en levetid på 20-60 (se kapittel 5.5.2.1) år kan dette medføre at taket må skiftes selv om taksteinen er i god stand. Tabell nr.25 er det forsøkt å vise gjenbrukspotensialet til materialet som taksteinen kan være laget av. Fargen grønn illustrerer positive for gjenbruk og for miljøet, mens rød illustrere negativ til både gjenbruk og miljø.



Gjenbrukspotensiale takplater

Tabell 26: Oversikt over gjenbrukspotensialet til materialene takplater kan være laget av.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet	Miljøfarlige stoffer	Ombrukspotensiale	Klimagassut slipp ved produksjon	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Plast	Lang	Stor	Middels	Stor	Stor	Stor
Metall	Lang	Lite	Middels	Stor	Stor	Liten
Eternitt	Lang	Stor	Ingen	Stor	Ingen	Ingen
Fiber sement	Lang	Lite	Middels	Stor	Liten	Liten

Felles for alle takplater er at de er relativt energikrevende å fremstille, men har til gjengjeld en god holdbarhet. Det er dermed av interesse å forsøke å bevare levetiden til slike takplater lengst mulig for å oppnå et positivt miljøregnskap. Det må også tas i betraktning at ved montering av slike plater, påføres det ofte skruer til festing av plater. Disse skruer må tas hensyn til ved en eventuell ombruk av platematerialene. Tabell nr.26 viser gjenbrukspotensialet til materialene som takplater kan være laget av. Fargen grønn illustrerer positive for gjenbruk og for miljøet, gul illustrerer middels for gjenbruk og miljø, mens rød illustrerer negativ til både gjenbruk og miljø

Gjenbrukspotensiale takpapp

Tabell 27: Oversikt over gjenbrukspotensialet til materialene takpapp kan være laget av.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet	Miljøfarlige stoffer	Ombrukspotensiale	Klimagassut slipp ved produksjon	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Tjære-papp	Middels	Høy	Lav	Ukjent	Lav	Ukjent
Asfalttak belegg	Middels	Aktuell	Lav	Middels	Lav	Middels
Takbelegg	Middels	Aktuell	Lav	Middels	Lav	Middels



Selv om takpapp består av ulike materialer og kan bygges opp på forskjellige måter med ulike egenskaper, har de likevel et par likhetstrekk når det snakkes om gjenbrukspotensiale:

- Lavt ombruks potensiale
- Lite resirkulerbare
- Innhold av miljøfarlige stoffer

Sammenlignet med henholdsvis takstein og takplater, ansees dette som et svakere alternativ i et gjenbruks perspektiv. Likevel er dette det mest reelle alternativet å benytte på flate tak.

Tabell nr.27 viser gjenbrukspotensialet til materialene takpapp kan være laget av. Fargen gul illustrerer middels god gjenbrukbarhet eller positivt for miljø, rød illustrerer lav gjenbrukbarhet og negativt for miljø, mens svart illustrerer ukjent

5.5 Treverk

5.5.1 Hva består treverk av

Treverk er et levende materiale som produseres og fremstilles i naturen gjennom fotosyntesen [221]. Treverk har en oppbygging av celler i forskjellig utforming og fasong, og består i store trekk av tre hovedtyper cellevev:

- **Grunnvev er levende** celler som består av parkenkym og kan utføre fotosyntese eller fungere som lagringscelle.
- **Ledningsvev** er vanntransporterende celler i treverket som frakter vann fra røtter og opp i treet.
- **Hudvev** er selve barken til treet.

Treverk vokser i skogen hvor vekslende årstider påvirker treet's struktur. Siden treverk er et levende materiale, påvirkes det av ytre faktorer som solforhold, vær og tørking. Ved vanntilførsel vil treverk utvides, og ved tørking vil treverk krympe. I perioder når temperaturene er lave vil treet vokse saktere enn i varmere perioder. Dette fører til at treet opparbeider seg årringer. Disse årringene gir ofte en relativ presis indikator på treet's levealder [222].

Treverk har en lagdeling bestående av bark, bast, kambiet, yteved og kjerneved. Den kjemiske oppbygning består typisk av 40% cellulose, 25% hemicellulose, og 20-30% lignin.



I tillegg har treverk forbindelser som harpiks, garvesyre og fett for å binde cellene sammen [223]. En typisk oppbygging av treverk er vist i figur nr.57.

- Bark består av døde celler som beskytter trestammen.
- Bast er levende celler som transporterer “byggesteiner” nedover i treet.
- Kambier er celler som deler seg, fleste av dem settes innover.
- Yteved transporterer vann og næringsstoffer opp i stammen.
- Kjerneved består av tettpakket døde celler.

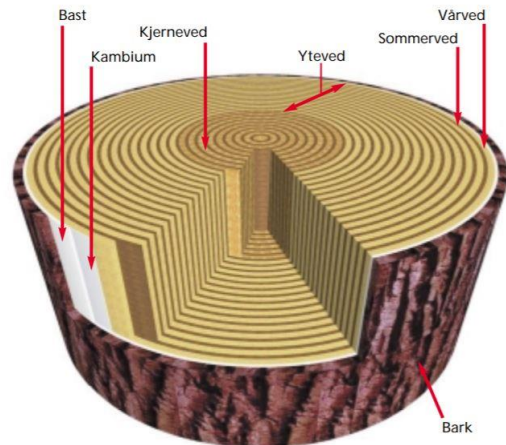


Figure 57: Illustrerer treets ulike lag. Hentet fra [222].

I Norge er trevirke blitt benyttet som byggemateriale i flere hundre år på grunn av stor tilgang. Treverk er et universelt materiale som kan benyttes til alle deler av et bygg. I

bygningssammenheng benyttes treverk som reisverk, kledning, bærekonstruksjoner, innredning, gulv, himling, takkonstruksjoner, listverk, dører og interiør. Det er også et materiale som blir benyttet i diverse fremstillinger av produkter som isolasjon, papp og papir [224].

På verdensbasis finnes det mange tresorter, hvor disse tresortene har ulike tekniske egenskaper som styrke, fleksibilitet, elastisitet, densitet, porøsitet og størrelse. Dette medfører at ulike treslag kan ha ulik bestandighet.

De vanligste tresortene som benyttes i byggebransjen er gran og furu. Det benyttes også eik, bjørk, løn, osp og diverse importerte tresorter som teak, merbau og rosewood. En del importerte tresorter stammer fra tropiske områder hvor hogst og forvaltning ikke samstemmer, noe som har ført til at en del tresorter i dag er utrydningstruet. Slike tropiske tresorter selges i dag ikke i norske byggevareforretninger etter at det i 2008 ble forbudt i Norge og EU [225].



5.2.2 Fordeler ved trevirke som byggemateriale

Fornybar ressurs: Treverk er en fornybar ressurs noe som innebærer at det vil kunne dannes på nytt i naturen [226]. Dette betyr ikke at ressursbanken utømmelig, men det forventes heller at ressursbanken blir forvaltet på en forsvarlig måte. Det anslås eksempelvis at et vanlig grantre bruker 50-70 år på å vokse seg hogstmodent. God forvaltning av skogsdrift innebærer at det plantes nye trær i hogstområder, og at det ikke hogges raskere enn det naturen selv klarer å reprodusere [224].

CO₂ Bank: Gjennom levetiden til treet, binder treet til seg karbonatomer i CO₂ forbindelser, noe som medfører at karbon benyttes som byggesteiner i trestammen, mens oksygen frigjøres til atmosfæren. Dette er en prosess som både danner luft til samfunnet, samtidig som det også lagrer CO₂ i treet en viss periode. Det anslås at det årlig bindes 30 millioner tonn CO₂ til norske skoger, noe som utgjør om lag 70% av klimagassutslippene i Norge [227].

Et bygg av treverk kan dermed potensielt sett lagre store mengder CO₂ gjennom livsløpet til bygningen. Når treverk brennes, råtnes, eller brytes ned på andre måter, frigjøres den lagrede CO₂'en ut i atmosfæren. Det er dermed hensiktsmessig å forsøke å lagre treverk over lengre tidsperioder for å redusere CO₂ avtrykket.

Håndterbarhet: På byggeplass er treverk et materiale som er hendig å arbeide med, hvor det da menes:

- At det er lett å kappe til på riktige mål, og forme ved hjelp av ulike verktøy.
- At det er lett å feste sammen ved eksempelvis spiker, skruer, bolter eller andre type festeanordninger.
- At det kan ha en relativ lav vekt i forhold til de som skal montere.
- At det har god mekanisk styrke til å benyttes til ulike arbeidsoperasjoner.

Branntmotstand: Treverk er som kjent et brennbart materiale. I et brannteknisk perspektiv er ikke dette ideelt scenario, noe som historien har gitt oss flere eksempler ved ulike bybranner gjennom tidene. Etter bybrannen i Ålesund i 1904 var det ulovlig å bygge trehus på over to etasjer frem til 1997, på grunn av brannfaren som følger med det å benytte brennbare produkter i byggverk [228].

Ved tid vil selv den største bærebjelken brenne gjennom, men forkullingsprosessen vil skje gradvis. Dette medfører at den indre kjerne beskyttes fra å miste sin mekaniske styrke før



forkullingen er nådd helt inn. Treverk brennes opp ved en relativ konstant hastighet, og det finnes i dag mye kunnskap om hvordan brannforløpet i treverk utvikler seg. Dette er årsaken til at massive treverk ansees som et forutsigbart materiale når det kommer til brannmotstand, hvor det i stor grad er mulighet for å forutsi brannforløpet og på hvilket tidspunkt bygget vil eventuelt falle sammen [228].

Varmeledningsevne: Treverk har relativ lav varmeledningsevne, noe som gjør at varmen i rom ikke forsvinner like raskt som ved eksempelvis stål og betong. Dette medfører at trebygg kan oppfattes som noe varmere materiale sammenlignet opp mot andre materialer, noe som gjør det godt egnet materiale å benytte i interiør [224].

Estetikk: Treverk kan ha et estetisk pent utseende noe som er en av årsakene til at treverk blir benyttet til både interiør og eksteriør [229].

5.5.2 Utfordring ved gjenbruk av treverk

5.5.2.1 Nedbryting

Over tid vil treverk angripes av nedbrytningsmekanismer, som vil kunne svekke treets mekaniske egenskaper og gjøre det uegnet for gjenbruk. Et par av de mest vanlige nedbryting mekanismene i treverk er:

Råte: Ved tilgang på fukt, kan det oppstå soppvekster i treverk. Slike soppvekster kan bryte ned cellulosen og ligninen i treverket slik at treverk mister sine bindinger. Det finnes flere ulike soppvekster og felles for flere sopparter er at de formerer seg og kan bryte ned strukturen i treverk over tid. Slike sopparter spirer vanligvis ved en relativ fuktighet mer enn 28%, hvor veksthastigheten er avhengig av temperatur, tid og fuktighet [230].

Insekter: Det hender at insekter etablerer seg i treverk, enten for å livnære seg av treverk, eller for å lage reirplass. De mest vanlige insektene som man finner i treverk er råteborebille, treborebille, blåbukk, myk borebille og stokkmaur. Disse insektene kan typisk lage hulrom og ganger i treverket av ulik størrelse, hvor gangene er med på å svekke bindingene i treverket. Dette medfører at treverket over tid tæres opp innenfra [231].

UV-stråler: Over tid vil treverk som utsettes for sollys, bli grått og sprøtt [224].

Slike nedbrytningsmekanismer vil kunne pågå gjennom byggets levetid, og det anslås anslagsvis at treverk kan ha en forventet levetid et sted mellom 5 og 100 år, men kan også ha



lenger levetid ved lite eksponering for klimatiske forhold. Levetiden i treverk er avhengig av tresort, behandlingmetode og klimatiske påkjenninger. I en rapport fra skog og landskap er det gjort undersøkelser på levetiden til treverk i utendørs konstruksjoner i Norge [232]. I denne rapporten fremlegges det en levetid for en rekke tresorter, i forskjellig bruk. Det er benyttet tall for å anslå levetid fra et par av de mest aktuelle tresortene man møter på som vist i tabell nr. 28.

Tabell 28: Oversikt over levetiden til utendørs treverk konstruksjoner [232].

Tremateriale	Bruk	Forventet levetid (år)
Gran	Kledning	60
	Terasse	>5
	Jordkontakt	<5
Furu	Kledning	60
	Terasse	>5
	Jordkontakt	<5
CCA impregnert trevirke	Kledning	60
	Terasse	30
	Jordkontakt	>20
Kopperbasert impregnering	Kledning	60
	Terasse	30
	Jordkontakt	>20

5.5.2.2 Impregnering

For å beskytte treverket fra råteskader, har tresorter blitt tilsett impregnering av ulik slag for å gjøre treverket mer resistent mot klimatiske påkjenninger. Denne impregneringen presses inn i yteveden på treverk siden yteveden har en mindre massetetthet, og lar seg dermed lettere impregnere. De vanligste måtene å impregnere treverk på, er kreosot, vannløste midler (salter) og olje løste midler. Disse impregneringene inneholder fraksjoner av ulike stoffer,



hvor sammensetningen kan være avhengig av hvilke kvaliteter det ønskes oppnådd i produktet [233].

Kreosotimpregnering: Kreosot er et destillasjonsprodukt av steinkulltjære som inneholder polyaromatiske hydrokarboner (PAH). På grunn av dets innhold av miljøfarlige stoffer, ble kreosotimpregnert trevirke forbudt til privat bruk i 2003. I dag benyttes dette i liten grad og mest til ledningsstolper, limtrebruer og brygge pæler [233].

Vannløste impregneringsmidler (salter): Vannløste midler inneholder vanligvis koppersalter, men kan også inneholde blandinger av krom og arsensalter sammen med koppersalter. Denne kombinasjonen av krom, kobber og arsen (CCA) impregnering ble forbudt i 2006 på grunn av dets innhold av krom. En slik type impregnering tilsettes også vanligvis organiske fungicider i emulgulert vann, noe som i korte trekk er typiske soppgifter [233]. I Norge har man siden 2002 stort sett benyttet kobberbaserte impregneringsmidler (Cu), men det finnes også metallfrie impregneringsmidler.

Oljeløste impregneringsmidler: Oljeløste midler inneholder en eller flere metallfrie soppgifter, som eksempelvis white sprit. Dette benyttes i treverket for å hindre at treverket sveller vann etter impregneringen er innsatt, noe som medfører at bearbeiding av elementene ikke tillates etter impregneringen er utført. Det er per i dag ingen metallfrie impregneringsmidler som er tillatt ved bruk i jordkontakt [233].

Felles for alle impregneringsmetodene er at de inneholder ulike typer stoffer av ulik konsentrasjon. I et gjenbruksperspektiv medfører dette at treverk som er behandlet med impregneringsmidler vil kunne kategoriseres som “*farlig avfall*” ved konsentrasjoner over bestemte grenseverdier. I praksis medfører dette at impregnert treverk behandles som “*farlig avfall*” ved mottak, siden det ikke kan sees forskjell på treverk med eller uten miljøfarlige stoffer over denne grenseverdien [234].

Det må også tas i betraktning at regelverk stadig endres, og at Cu-impregnert trevirke som i dag er tillatt, kan i fremtiden bli forbudt dersom grenseverdien for tillatte tungmetaller skulle endres.



5.5.2.3 Blandingsmateriale

I bygningssammenheng blir ofte treverk benyttet som et blandingsmateriale sammen med andre materialer for å fremstille diverse produkter. Eksempel på dette kan være platematerialer av treverk med et plastbelegg utenpå, sponplater, badromsplater eller laminat. Slike materialer består typisk av fraksjoner av treverk i ulik størrelse, men er også blandet sammen med andre materialer på en måte som gjør at de ikke lett kan separeres fra hverandre på en fornuftig måte. I et gjenbruks perspektiv kan slike materialblandinger sette begrensninger for gjenbrukspotensialet i treverket.

Forestia er en av de ledende produsentene av sponplater i norden, hvor det stilles det høye krav til renhet i trematerialene som benyttes i deres sponplater. I samtaler med en talsperson for Forestia, kommer det frem at det allerede finnes store mengder ren flis på markedet til en rimelig pris. Dette medfører at det ikke er behov for fraksjoner av gjenbrukstreverk, hvor en risikerer at treverket ikke er rent, eller har spor av andre materialer og stoffer. Dette er også årsaken til at Forestia i dag ikke benytter gjenbruksmaterialer i sin produksjon av nye sponplater. *Vedlegg nr.5*

5.5.2.4 Fraksjoner

Når treverk hogges, kappes det ofte i materialer av ulik størrelse og omgjøres til plank. Når denne planken havner på byggeplassen kappes den på ny for å tilpasses det konkrete byggverket. Ved en eventuell riving og ombruk, kan det hende at samme planken på ny kappes opp for å tilpasse gjenbruksbyggverket. Hele denne prosessen baserer seg på en fragmentering prosess hvor treverk gjennom livsløpet omdannes til mindre fraksjoner som vist i figur nr.58. Dette medfører at treverk oppnår en nedsirkulering som nevnt i kapittel 3.1.7, hvor treet mister fiberlengder for hver gang de blir kappet. Dette hindrer ikke nødvendigvis treet fra materialgjenvinning, men det kan hindre ombruk hvor lengden på materialet har en betydning.

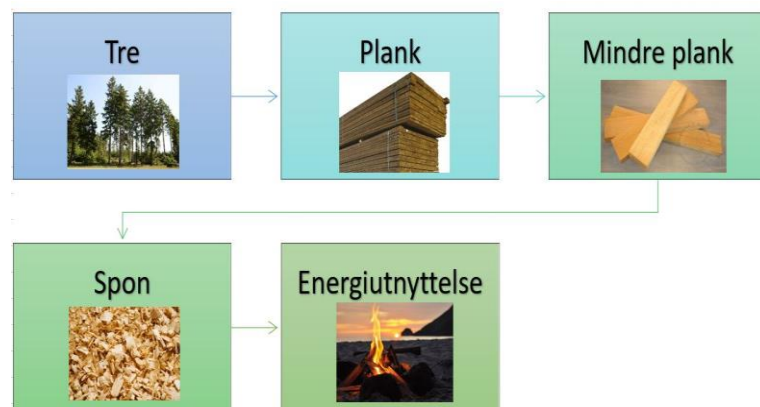


Figure 58: Illustrere et typisk scenario for hvordan treverk kan bli nedsirkulert til mindre fraksjoner ved gjentatte gjenbruksoperasjoner.



5.5.2.5 Estetikk

Treverk som benyttes i interiør kan oppleve gjennom et livsløp at det utsettes for fysiske påkjenninger som danner hakk, bulker, skrap, huller eller sprekkdannelser. Dette er en type påkjenninger som ikke nødvendigvis svekker dets styrke, men heller påvirker det estetiske uttrykket til treverket. Dette behøver ikke nødvendigvis å hindre gjenbruk, men som nevnt i kapittel 3.2.1, vil det estetiske uttrykket kunne påvirke treverkets gjenbruksverdi [235].

5.5.2.6 Gjennomførbarhet

Ved riving av trematerialer kan rester av spiker, skruer eller andre festemidler sitte i treverket. I utgangspunktet anses det ikke som noe komplisert oppgave å renske treverk, men det kan være tidkrevende, noe som medfører kostnader hos de som utfører arbeidet. Treverk kan også vri og bøyes som følge av krympe/utvidelses sykluser gjennom et livsløp, eller ved å påføres konstante indre spenninger. For de som utfører bygge operasjoner kan vridd og bøyd treverk gjøre arbeidsoperasjonen mer tidkrevende, og det samlede resultatet ikke like bra som ved bruk av nytt treverk.

5.5.3 Gjenbrukspotensiale

Tabell 29: Oversikt over gjenbrukspotensialet til type treverk.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet (ved klimatiske forhold)	Miljøfarlige stoffer	Ombbrukspotensiale	CO ₂ lagring	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Ubehandlet treverk	Lav	Lite	Stor	Høy	Stor	Stor
Trykk-impregnert treverk (CCA)	Lang	Stor	Liten	Høy	Liten	Stor
Trykk-impregnert treverk (kopperbasert)	Middels	Middels	Middels	Høy	Middels	Stor
Blandingsmateriale	Uviss	Muligens	Liten	Høy	Liten	Stor

Tabell nr.29 viser gjenbrukspotensialet til type treverk. Fargen grønn illustrerer positive for gjenbruk og for miljøet, gul illustrerer middels for gjenbruk og miljø, mens rød illustrere negativ til både gjenbruk og miljø.



Treverk isolert sett har et tilsynelatende godt gjenbrukspotensiale dersom tilstanden på treverket er i god stand. I tillegg til at det potensielt sett er mulig å gjenbruke kan også ubehandlet, rent treverk fraksjoneres opp og eksempelvis benyttes i nye produkter som sponplate, kryssfiner og diverse trefiberbaserte produkter. Det er derimot viktig å se opp for de typer treverk som er blitt behandlet med impregnering.

Innholdet av miljøfarlige stoffer i trykkimpregnering ved Cu-impregnert treverk, overskrider ikke grenseverdier for at det skal kunne kategoriseres som *“farlig avfall”*. Denne typen trykkimpregnert treverk reguleres i dag av Norsk Impregneringskontroll (NIK), som er en frivillig kontrollordning, med ca.35 medlemsbedrifter. Disse medlemsbedriftene produserer over 90% av det impregnerte treverket som selges på det norske marked [236].

Trykkimpregnert produsert før 2002 kan inneholde tungmetaller over bestemte grenseverdier noe som gjør dem uegnet til gjenbruk [236]. Utseendemessig kan det være vanskelig å bedømme om impregneringen er CCA- eller Cu-impregnert, noe som gjør at trykkimpregnert ofte blir behandlet som farlig avfall uavhengig av impregneringstype [237].

Det er imidlertid mulig å benytte fraksjoner av trevirke til destillering av ulike materialtyper som for eksempel ved sponplater, så lenge fraksjonene ansees som rene trematerialer.

For blandingsmaterialer derimot er det litt flere utfordringer siden treverk i kombinasjon med andre materialer i noen tilfeller ikke kan separeres. Dette gir treverk helt andre spilleregler, hvor det ikke nødvendigvis er treverk direkte som gjør produktet uegnet for gjenbruk, men kanskje heller de andre materialene/stoffene i produktene. Eksempel på dette kan være treverk som benyttes i sutaksplater, sammen med et slitelag av asfalttakbelegg. I et slikt tilfelle vil gjenbruk kunne hindres dersom slike sutaksplater inneholder polyaromatiske hydrokarboner over grenseverdier. Det kan på samme måte gå andre veien hvor det eksempelvis er treverk som er ulempen i et blandingsmateriale. Det er dermed vanskelig å anslå holdbarhet, innhold av miljøstoffer og dets ombrukspotensial uten å gå i dybden på ulike typer blandingsmateriale og hva det består av. Dette er ikke noe som går i dybden i denne oppgaven.



5.6 Keramiske fliser

5.6.1 Litt om keramiske fliser

Keramiske fliser er et materiale bestående av ulike leirtyper blandet sammen med kvartssand, feltspat, kalkspat, chamotte og eventuelt tilsetning av fargestoffer [238]. Dette fremstilles etter forskjellige produksjonsmetoder, der hovedskillet går mellom tørrpressede og våtpressede produksjonsprosesser [239]. Leiren kuttes opp i bestemte størrelser og fasonger, normalt firkantede, før det så brennes ved høy temperatur og trykk. Dette medfører at når fliser er ferdig produsert, får de en egenskap som både er hardt og fast, samtidig som det også kan være porøst og knuselig [238].

Keramiske fliser benyttes i stor grad til innvendige flater som gulv og vegger, men også i utvendig fasade. På grunn av sin robusthet er dette et materiale som gjerne benyttes i våtrom, inngangsparti, kjøkken eller andre steder i byggverk hvor slitasjen er høyere enn normalt [240].

Tidligere var fliser et produkt som ble ansett som eksklusivt og som et vakkert, varig og dekorativt materiale [239]. Tradisjonelt sett har fliser vært håndlagde produkter i leire, hvor de eldste veggflisene er datert til ca. 1200 f.Kr. i Egypt. Nye produksjonsmønstre har imidlertid brakt frem effektive og mer presise produksjonsmetoder, hvor det i dag tillates å produsere fliser også i store størrelser. I dag produseres det ikke keramiske fliser i Norge, siden fliser ikke blir benyttet som overflatemateriale i like stor grad som i en del andre land [239].

5.6.2 utfordringer ved gjenbruk

5.6.2.1 Demontering

Ved montering av fliser benyttes det flislim som limer flisene til et jevnt underlag. Denne flislimen kan bestå av:

- Sementbaserte limtyper (sement og finkornede tilslag stoffer)
- Sementlim med væske eller pulver tilsetning.
- Dispersjonslim. (ferdigblandet lim)
- Epoksy og polyuretan (reaksjonslim)



Felles for alle flislimer er at de har som oppgave å gi en god heft mellom fliser og underlaget [238].

Det benyttes også fugemasse mellom flisene for utjevning av fuger mellom fliser. Denne fugemassen kan typisk bestå av seigplastiske, termoplastiske eller elastiske fugemasser. Disse fugemassene må kunne tåle de samme fysiske påkjenningene som det flisen vil oppleve, men må i tillegg kunne ha en form for “bevegelse” i en fliskonstruksjon. De elastiske fugemassene vil kunne gå tilbake til sin opprinnelige form ved tøying og sammentrykking, mens de plastiske fugemassene mister sitt tverrsnitt hver gang fugemassen tøyes [238].

I en gjenbrukssammenheng hvor fliser skal demonteres, er det viktig at heften til flislimen eller fugemassen ikke er sterkere enn flisen selv. I tilfeller hvor flislimen/fugemassen er sterkere enn flisen, vil man risikere å knuse flisen i forsøk på å rive den løs fra flislimen/fugemassen.

5.6.2.2 Tidkrevende

Å hugge flislimer og fugemasse løs fra fliser uten å ødelegge flisene er mulig. Det finnes referanseprosjekter som “Kamikatz Public House” [241], og Kristian Augusts gate 13, hvor det har blitt benyttet gjenbrukte fliser i nye prosjekter [132]. Selv om gjenbruk av fliser er mulig, er det ikke nødvendigvis helt enkelt heller. Dette kreves tid og nøyaktighet for å gjennomføre uten at flisene knekker, og det vil kreve økonomiske kostnader til de som utfører arbeidet, både ved demontering, men også ved montering. Det er ikke funnet noen konkrete studier hvor det estimeres hvor lang tid det brukes på å rive og renske fliser, som sammenlignes opp mot de økonomiske forskjeller ved å kjøpe nytt.

Det kan likevel intuitivt anslås at når fliser har en kvadratmeterpris på 99-500 kr, og en flisarbeider har en enhetspris 900 kr/timen, vil riving og rensking av fliser måtte ha en enhetstid et sted mellom 6-33 minutter per kvadratmeter, for at det skal kunne være økonomisk lønnsomt å demontere fliser kontra å kjøpe nytt. Dette er også en medvirkende årsak til fliser i dag stort sett meisles opp sammen med flislimer og fugemasse for å spare tid og penger.



5.6.2.3 Miljøfarlige stoffer

Fliser i seg selv består av materialer som ikke er fornybare, men som det finnes rikelige mengder av. Disse materialene inneholder ikke miljøfarlige stoffer [240]. Likevel kan det finnes miljøfarlige stoffer i fugemasse, flislim og glasuren som påføres utenpå flisen.

Tabell 30: Beskriver miljøfarlige stoffer som påføres utenpå flisen.

Glassur	Fliser påføres vanligvis en glasur utenpå for å få en tett og slitesterk overflate. Denne glasuren er en farget væske som inneholder ulike kjemikalier og fargestoffer. Det kan forekomme tungmetaller i denne glasuren [240].
Flislim og fugemasse	Både flislim og fugemasser kan inneholde løsemiddel som kan være skadelige [240]. Seigplastiske fugemasser er vanligvis basert på butylgummi eller polyakrylater, mens elastiske fugemasser er basert på silikoner, polysulfider og en rekke andre polymerer [238], som kan gi skadelig gasser [242]. Flislimer av typen epoksy er stoffer hvor flisleggere i Sverige og Danmark blir stilt krav til omfattende bruk av personlig verneutstyr, ved bruk av produktet [238].

Det er her viktig å være klar over at selv om ikke nødvendigvis fliser i seg selv inneholder miljøfarlige stoffer kan spor av miljøfarlige stoffer fremdeles følge med fliser ved eventuell gjenbruk. Dette er også en medvirkende årsak til at flisavfall vanligvis ender på deponi som følge av at det normalt sett meisles ned, og danner dermed en blanding av flis, flislim, fugemasse og glassur [242].

5.6.2.4 Estetisk verdi

For fliser som rives og renskes rent, kan det likevel stilles spørsmål om flisene er tilstrekkelig estetisk pene. Det er selvsagt en forutsetning at gjenbruksflisene som benyttes i nye bygg, vaskes, poleres, og eventuelt overflatebehandles. Fliser som har stått i byggverk i 60 år vil imidlertid kunne tape sin glans, og oppleve misfarging over tid. Det kan dermed stilles spørsmål om folk er villig til å benytte gjenbruksfliser dersom flisene medfører misfarging, glans tap og fargeforskjeller på flisene. Det kan også stilles spørsmål om markedet er villig til å betale for gjenbruksfliser som er revet, eller om prisen på nye og mer estetisk pene fliser kan utkonkurrere gjenbruksflisene. Figur nr.59 illustrere 60 år gamle fliser, med stedvis misfarginger.



Figure 59: Dusjvdelingen i med fliselagte vegger og gulv i Sentralbadet. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.



5.6.3 Gjenbrukspotensiale

Tabell 31: Oversikt over gjenbrukspotensialet til fliser.

Gjenbrukspotensiale						
Materiale	Holdbarhet	Miljøfarlige stoffer	Ombrukspotensiale	Klimagassutslipp ved produksjon	Resirkulerbar	Energigjenvinning
Kjeramiske fliser	God	Liten	Mulig	Stor	Lite	Lite

På en generell basis anses fliser som et godt egnet materiale for en sirkulærøkonomisk tankegang. Fliser har god holdbarhet, lang levetid, god slitestyrke og inneholder i stor grad naturlige stoffer som det i naturen finnes rikelig av [240]. Det finnes derimot utfordringer ved gjenbruk på grunn av at det benyttes lim og fugemasser til bindemiddel, noe som kan gjøre demonteringen krevende. Dette innebærer at ombruk av fliser er mulig, men at det kan kreve vilje og innsats for å gjennomføre. Samlet vurdering av gjenbrukspotensialet til fliser er oppført i tabell nr.31. Der fargen grønn illustrerer positive for gjenbruk og for miljøet, gul illustrerer middels for gjenbruk og miljø, mens rød illustrere negativ til både gjenbruk og miljø.

Keramiske fliser er ikke brennbart, i tillegg til at det er energikrevende å fremstille og resirkulere [242]. Det er derimot mulig å benytte knuste fliser som tilslagsmateriale i betong eller fyllmasse [240].



6 Sentralbadet

6.1 Fasadeplater

I miljøkartleggingen utført av Asplan Viak ble det ikke tatt prøver av fasadeplater. Dette medfører at man ikke riktig vet hvilket materiale fasadeplatene består av. Derimot er det trolig at fasadeplatene er originale, fra det året bygget ble bygget, og kan dermed spores tilbake til 1959. Eternittplater hadde sin storhetstid i perioden 1950-1960 som nevnt i kapittel 5.3. Det er altså ikke utenkelig at fasadeplatene består av eternitt, noe som det i denne oppgaven konkluderes med på bakgrunn av den informasjon som er opparbeidet. Som nevnt i kapittel 5.3 har fasadeplater av eternitt en god bestandighet hvor tilstanden etter 60 år ikke nødvendigvis behøver å være dårlig. Uten prøvetaking av fasadeplater er det likevel et tynt grunnlag til å mene noe om tilstanden til platene.

Eternittplater inneholder asbest, og ved en eventuell restaurering bør dette tas hensyn til. Dette medfører at gjenbrukspotensialet i platene ansees som lavt, hvor en eventuell rivingsprosess kan medføre at materialene må sendes til godkjent deponi. Siden platene er av et verneverdig uttrykk kan det dermed være hensiktsmessig å foreta en skjønnsmessig vurdering der en vurderer om platene ansees som gode nok til å bli værende slik de står i dag.

Ved tilfeller hvor plater er ødelagt eller i vesentlig dårlig stand, bør en vurdere om de skal skiftes ut enkeltplater. Siden eternitt ikke omsettes på dagens marked, kan det dermed være hensiktsmessig å forsøke å anskaffe tilsvarende fiberarmerte plater uten asbest.

Det er av ønske at det arkitektoniske uttrykket fasadeplatene gir, skal beholdes i bygget. På det grunnlag som er opparbeidet, ansees det at disse fasadeplatene kan gjenbrukes slik de står per dags dato. I så fall vil dette medføre et gjenbruksomfang på om lag 675 m², noe som utgjør ca. 30% av byggets totale fasadeareal.

Ved å gjenbruke slike fasadeplater kan man oppnå en avfallsreduksjon på bortimot 17 tonn, forutsatt at platene har en antatt tykkelse på 15 mm og densitet på 1675 kg/m³ [243]. Det finnes med andre ord gode muligheter for avfallsreduksjon dersom disse kan ombrukes i montert tilstand.



6.2 Betong

Sentralbadet inneholder til sammen ca. 5200 m³ betong, fordelt på vegger, dekker, bjelker og søyler. Som beskrevet i kapittel 5.1.2, anslås at betong utgjør bortimot 45 vektprosent av alt avfall i byggebransjen. I sentralbadet vil betongen utgjøre en enda større vektprosent av den totale bygningsmassen basert på det store omfanget av betong i bygget. Dette innebærer at dersom gjenbruk av betongelementer i dette bygget lar seg gjennomføre, vil man ved dette tiltaket allerede være langt på vei mot å nå målene om minimum 60% avfallsgjenvinning som nevnt i kapittel 3.1.7. For å oppnå dette, forutsetter det at betongen tilfredsstillende de tre sentrale spørsmålene under kapittel 5.1.2:

- Er betongen god nok til å gjenbrukes?
- Skal betongen gjenbrukes i montert eller demontert tilstand?
- Inneholder betongen miljøfarlige stoffer?

På det første spørsmålet om betongen er god nok til å gjenbrukes, må det kartlegges tilstanden til betongen. Det foreligger ingen dokumentasjon på betongkvalitet, armeringskvalitet eller armeringsoverdekning i tegningsgrunnlaget fra da sentralbadet ble bygget. Disse tegningene er datert til 1956, og det antas at betongkonstruksjonen har blitt prosjektert etter NS 427:1939 som var gjeldende standard frem til 1962 [42].

Asplan Viak har utarbeidet en tilstandsrapport av betongen i sentralbadet hvor det er foretatt 13 kloridprøver og 5 karbonatiserings prøver fra yttervegg og betongsøyler. Her er også foretatt befaring og kartlagt armeringsoverdekning ved hjelp av covermeter [42]. Prøveresultatene vises i de neste underkapitlene.



6.2.1 Kloridinnhold

Tabell nr.32 viser prøvetaking av betongen fra tilstandsvurderingen av betongkonstruksjonen i Sentralbadet [42]. Farge illustrerer korrosjonsrisikoen, der grønn er “neglisjerbar”, gul er “mulig”, oransje er “sannsynlig” og rød er “sikker”.

Tabell 32: Oversikt over prøvetaking av betongen [42].

Prøve nr.	Kloridinnhold i % av sementvekt			Overdekning	Prøvested
	0-20mm [%Cl]	20-40mm [%Cl]	40-60mm [%Cl]	[mm]	
P1	3,585	2,358	0,888	40	Søyle 1. etg svømmehall
P2	0,203	1,433	1,894	42	Søyle 1. etg svømmehall
P3	2,996	4,121	2,406	42	Søyle 1. etg svømmehall
PS1	0,117	0,086	0,06	32	Søyle 2. etg
PS2	0,189	0,079	0,031	37	Søyle 2. etg
PS3	4,084	0,631	0,055	43	Søyle 1.etg svømmehall
PS4	4,625	1,226	0,112	43	Søyle 1.etg svømmehall
PS5	0,793	0,024	0,022	40	Søyle kjeller
PS6	0,339	0,05	0,031	30	Søyle kjeller
PV1	0,123	0,417	0,185	31	Vegg under glassfasade
PV2	0,503	0,281	0,223	38	Vegg under glassfasade
PV3	0,275	0,293	0,253	57	Vegg, på veggsøyle
PV4	0,557	0,053	0,015	40	Vegg på kjeller

Tabell 33: Oversikt over klorinnhold i % av sementvekt og farge inndelingen av korrosjonsrisiko [42].

Klorinnhold i % av sementvekt	Korrosjonsrisiko
< 0,4	Neglisjerbar
0,4 - 1,0	Mulig
1,0 - 2,0	Sannsynlig
> 2,0	Sikker



Figure 60: Søyler mellom nautilus treningsrom og svømmehall. Tilsendt fra Asplan Viaks befaring i 2019.

Her konkluderes det med at betongvegger har et generelt relativt lavt kloridinnhold og med relativt jevne konsentrasjoner som vist i tabell nr.32. Dette tyder på at det kan være innstøpte klorider i veggene som følge av at det har vært benyttet tilslag fra sjønære områder.

Kloridinnholdet vurderes imidlertid ikke høyt nok til at kloridinitiert armeringskorrosjon utgjør noen reell trussel i de målte veggene.

Innvendige søyler og vegger, spesielt i nærhet av bassenget har derimot høyere kloridinnhold, antageligvis på grunn av at det har vært utsatt for vannsprut, tørking og fordamping over tid. Det er oppdaget synlig armeringskorrosjon ved søyle i bassenget som vist på figur nr.60. Kloridinnholdet er betydelig i de ytre sjiktet av

betongen, men avtar betydelig innover i betongen. Dette kan tyde på at det ikke finnes særlig innstøpte klorider i søylene i motsetning til vegg.

Ved enkelte betongsøyler rundt bassenget er det påvist høye konsentrasjoner av klorider, langt inn i tverrsnittet, noe som kan medføre lokal groptæring. Som nevnt i kapittel 5.1.2 er dette en litt kritisk form for korrosjon på grunn av sin potensielle korrosjonsakselerasjon. På disse søylene anbefales det elektrokjemisk kloriduttrekk, sammen med forenklet mekanisk reparasjon [42].

6.2.2 Karbonatisering

Tabell 34: Oversikt over målte karbonatiseringer i betongen i Sentralbadet [42].

Prøve nr	Målt karboniseringsfront [mm]	Karboniseringsfront + 4 mm (usikkerhetsavsetning) [mm]	Minste overdekning [mm]
K1	22 (12 mm puss)	26	33
K2	25 (20 mm puss)	29	43
K3	28 (25 mm puss)	32	38
K4	0 (5 mm puss)	4	47
K5	34 (30 mm puss)	38	57



Karboniseringsfronten som trenger inn i betongen, har generelt nådd forbi pusslaget men ikke nådd inn til selve armeringen (tabell nr.34). Dette kan medføre at pusslaget kan miste sin heft, noe som i denne rapporten er observert under flere anledninger ved oppsprekking og avflassing. Det er også observert steder med fritt vann bak diffusjonstett maling. Dette kan medføre at fuktighet ikke transporteres vekk fra betongoverflaten, noe som kan medføre gjentatte fryse/tine sykluser som bryter overflaten ned over tid. Overflatebehandling i form av nytt puss og maling bør regnes med, men selve karbonatiseringen inn til armeringen ansees ikke som noen stor trussel.

6.2.3 Betongkvalitet

I henhold til NS 427:1939 §10, ble det benyttet fire betongklasser (A-D) [244]. I dag tilsvarer dette betongkvaliteter et sted mellom B25 og B12 etter NS-EN 1992-1-1 som vist i tabell nr.35.

Tabell 35: Oversikt over betongkvalitetene etter NS 427: 1939 [244] til dagens betongkvalitet etter NS-EN 1992-1-1 [245].

Betongkvalitet etter NS 427:1939	A	B	C	D		Betongkvalitet etter NS-EN 1992-1-1	B25	B20	B16	B12
Trykkfasthet etter 28 døgn [kg/cm ²] av 20x20x20 betongterninger	290	230	180	140		Trykkfasthet etter 28 døgn [kg/cm ²] fck,cube	305	255	204	153

I denne betongstandarden fra 1939, foreligger det også en beskrivelse i henhold til hver av disse betongkvalitetene [244]:

Tabell 36: Beskrivelse av betongkvalitetene etter betongstandarden fra 1939 [244].

>A	“Betong som er særlig utsatt for kjemiske angrep fra f.eks sjøvann, aggressive gasser, syreholdige væsker, etc., betong som på grunn av skiftende vannstand eller bølgeslag er særlig utsatt for frostvirkning, betong i damkonstruksjoner utsatt for ensidig vanntrykk og i ikke innebygde vannrette beholdere, skal være av kvalitet A eller bedre.”
>B	“Betong i ferskvann eller svak sulfatsyre-, syre- eller humusholdig grunn i innbygde, vannrette beholdere/konstruksjoner i fri luft som benyttes alminnelig trafikk (Kaidekker, betongkonstruksjoner, etc.) skal være av kvalitet B eller bedre.”
>C	“Betong i konstruksjoner i fri luft forsynt med effektiv og varig beskyttelse mot været, skal være av kvalitet C eller bedre.”
D	“Øvrig”

Basert på beskrivelsen til de ulike betongkvalitetene (tabell nr.36) kan det antas at bassengdelen av bygget har blitt bygget med betongkvalitet A, mens øvrige arealer av bygget



har benyttet kvalitet C og D. Etter dagens standard tilsvarer C og D en betongkvalitet et sted mellom B12 og B16, mens betongkvalitet A tilsvarer B25. I henhold til NS-EN 1992-1-1:2004, er dagens krav til eksponeringsklasse XC1, XC2 og XC4, og bestandighetsklasse M60 for nybygg (figur nr.61).

Tabell NA.4.4N – Krav til minste overdekning $c_{min,dur}$ av hensyn til bestandighet for armeringsstål i overensstemmelse med NS-EN 10080

Eksponeringsklasse ¹⁾	Bestandighetsklasse (minstekrav)	Minste overdekning $c_{min,dur}$ (i millimeter)	
		50 års dimensjonerende brukstid	100 års dimensjonerende brukstid
X0	M90	$c_{min,b}$	$c_{min,b}$
XC1	M60	15	25
XC2, XC3, XC4	M60	25	35
XD1, XS1	M45	40	50
XD2, XD3, XS2	M40	40	50
XS3	M40	50	60

¹⁾ Valg av bestandighetsklasse for eksponeringsklassene XF, XA og XSA skal være i henhold til NS-EN 206-1 NA:2007, Nasjonalt tillegg tabell NA.11. For klasse XA3 og XA4 bør normalt overdekningen ikke være mindre enn 40 mm hhv. 50 mm, for klasse XSA må de samlede tiltakene vurderes særskilt.

Figure 61: Viser tabell om minste overdekning krav fra dagens betongstandard NS-EN 1992 [245].

M60 utgjør en betongkvalitet tilsvarende B30, og har da en trykkfasthet på ca. 370 kg/cm^2 [168], noe som er betydelig høyere enn sentralbadets betongkvalitet, B12 og B16 (140 kg/cm^2 til 180 kg/cm^2).

Dersom dette stemmer, innebærer det at betongens trykkfasthet befinner seg langt under de verdiene som anbefales i den norske standarden som benyttes i dag. Det bør på dette grunnlag vurdere om betongkonstruksjonene er i riktig størrelsesorden for de krefter som antas.

Det pekes imidlertid på at basseng fylt med vann, utgjør langt større krefter enn det eventuelle nyttelaster ved en bruksendring vil medføre. Intuitivt kan det dermed tenkes at betongen, spesielt i bassengdelen av bygget vil ha tilstrekkelig kapasitet for å bære nødvendige laster. Det stilles heller ingen spesifikke krav til nyttelast basert på om det skal benyttes som scenekunsthall eller som svømmehall, i NS 427:1939.

Ved en eventuell bruksendring vil man imidlertid måtte påse at betongen har tilstrekkelig styrkekapasitet for de nye lastkombinasjonene som bygget vil bli påført. Dette er ikke gått i dybden i denne oppgaven, og gir grunnlag for videre undersøkelser.



6.2.4 Armeringsoverdekning

Tabell 37: Oversikt over armering i betong konstruksjonen i sentralbadet [42].

Prøvested	Min. /snitt overdekning	Snitt målt c/c vertikalarmering	Målelengde (linjer)
Vegg sør 1	56/73 mm	176 mm	7,3 m
Vegg sør 2	46/68 mm	140 mm	18,6 m
Vegg nord 1	38/56 mm	149 mm	10,7 m
Vegg nord 2	52/64 mm	149 mm	6,4 m
Vegg øst	43/67 mm	215 mm	3,1 m
P1	35/39 mm	150 mm	
P2	51/52 mm	150 mm	
P3	50/52 mm	150 mm	
PS1	28/33 mm	120 mm	
PS2	19/32 mm	120 mm	
PS3	50/52 mm	150 mm	
PS4	53/53 mm	150 mm	
PS5	36/39 mm		
PS6	24/31 mm		
PV1	31/32 mm		
PV2	38/42 mm	110 mm	
PV3	57/58 mm		
PV4	36/38 mm	200 mm	
Overdekning kun målt på prøvestedets sideflate (søyler). Målt fra pussede overflater. Pussdybde registrert fra 15-30mm for yttervegger			

I henhold til NS-EN 1991-1-1 er minimumskravene til armeringsoverdekning 25 mm for betong i eksponeringsklasse XC1 og 35 mm for betong i eksponeringsklasse XC3 og XC4 (figur nr.61) [245].



Overdekning ansees som relativ god, men variabel (tabell nr.37). Dette kan komme av utførelsesfeil, noe som medfører en risiko for at armeringskorrosjon kan variere i stor grad langs hvert konstruksjonselement. Det må likevel tas høyde for at betongen har et beskyttende pusslag utenpå, noe som i stor grad skjermer betongen fra karbonatiseringsfronten. Ved en eventuell renovasjon, bør det vurderes tykt pusslag for å danne en tilstrekkelig overdekning for eventuelle avvik i armeringsoverdekningen. Det er også anbefalt å foreta en realkalivering av betongen for å gjenopprette en høyere pH verdi rundt armeringsjernene som et forebyggende tiltak.

6.2.5 Innhold av miljøfarlige stoffer

Det antas at betong kan inneholde miljøfarlige stoffer basert på årstallet bygget ble oppført på. Ved prøvetaking i miljøkartleggingen til Asplan Viak foreligger det innhold av tungmetaller over bestemte grenseverdier i flere prøveresultater [164]. I tillegg til at prøveresultatene viser høyt innhold av tungmetaller, er det også foretatt prøver av maling, linoleum og vinylbelegg som ligger utenpå betongen. Disse viser også at overflatematerialene har høyt innhold av miljøfarlige stoffer som vist i tabellene under.

Selv om gulvbelegg og maling i utgangspunktet ikke påvirker betongens innhold av miljøfarlige stoffer isolert sett, kan det likevel forekomme tilfeller hvor rester av disse overflatebehandlingene blir værende i på betongen. Ved betongkonstruksjoner som har maling med innhold av miljøfarlige stoffer over grenseverdier gitt i tabell nr.21 i kapittel 5.1.2.3, kan dette sette begrensninger for gjenbruken av betongen [169].

Tabell nr.38 viser oversikt over prøveresultat av testing av miljøfarlige i betongen i Sentralbadet [164]. Fargen gul illustrerer urene masser, og grønn illustrerer rene masser.



Tabell 38: Oversikt over prøveresultat av testing av miljøfarlige i betongen i Sentralbadet [164].

Prøve nr	Sted	Resultat [mg/kg]	Grenseverdier [mg/kg]
P02	Trapp, plan loft	Bly: 260 mg/kg Krom (VI): 9,1 mg/kg	< 60 < 8
P06	Betong tribune	PCB: 0,255 mg/kg	< 0,01
P13	Betonggulv med maling, korridor i kjeller	Arsen: 10 mg/kg Bly: 68 mg/kg Sink: 740 mg/kg Krom (VI): 3,2 mg/kg	< 15 < 60 < 200 < 8
P15	Gulv forran fyrrom, kjeller	Krom (VI): 6,4 mg/kg	< 8
P16	Betongvegg, kjeller	Krom (VI): 3,7 mg/kg	< 8
P19	Betong utvendig vegg	Tungmetaller: Under grenseverdier	
P20	Puss med maling, utvendig	Tungmetaller: Under grenseverdier	

Tabell nr.39 viser oversikten over prøveresultat av miljøfarlige stoffer i gulvbelegg, maling og andre overflatematerialer utenpå betongen i Sentralbadet [56]. Fargen gul illustrerer urene masser, grønn illustrerer rene masser, og rød illustrerer farlig avfall.

Tabell 39: Oversikt over prøveresultat av testing av miljøfarlige stoffer i gulvbelegg, maling og andre overflatematerialer utenpå betongen [56].

Prøve nr.	Materiale, Sted	Resultat	Farlig avfall grenseverdier [mg/kg]
P03 (Asplan Viak)	Gulvbelegg, kjøkken 2.etg	Ftalater: - DEPH: 74 600 mg/kg	<5000
P04a (Asplan Viak)	Gulvbelegg linoleum, solarium 2.etg	Tungmetaller: Under grenseverdier Ftalater: Ikke testet	
P04b (Asplan Viak)	Gulvbelegg vinyl, solarium 2.etg	Ftalater: - DEPH: 54 600 mg/kg	<5000
P05 (Asplan Viak)	Gulvbelegg, rom til venstre for hovedinngang	Ftalater: Ikke påvist	
P12a (Asplan Viak)	Gulvbelegg linoleum, kjeller	Bly: 2500 mg/kg	<60
P12b (Asplan Viak)	Gulvbelegg vinyl, kjeller	Ftalater: - DEPH: 6700 mg/kg - BBP: 11 900 mg/kg	<5000 <2500
P14 (Asplan Viak)	Maling, gulv kjeller	Kobber: 194 mg/kg Bly: 435 mg/kg Sink: 541 mg/kg PCB: 0,525 mg/kg	<100 <60 <200 <0,01
P03(SWECO)	Sportsdekke, gymsal 3.etg	Klorparafiner: Over 100 000 mg/kg	<2500



Siden deler av betongen i sentralbadet inneholder konsentrasjoner av miljøfarlige stoffer over gitte grenseverdier, anses denne betongen som lavt forurenset, for de stedene hvor betongprøvene viser negative resultater (tabell nr.39). Dette medfører at betongen ikke kan gjenbrukes i demontert tilstand etter dagens regelverk, som nevnt i kapittel 5.1.2.3 med mindre det søkes dispensasjon for å gjenbruke lavtforurensete masser i henhold til forurensningsloven §11:

“Forurensningsmyndigheten kan etter søknad gi tillatelse til virksomhet som kan medføre forurensning.” [137].

6.2.6 Konklusjon betong

Tabell 40: Oversikt over gjenbrukspotensialet av betongkonstruksjonen i sentralbadet..

	Kloridinnhold	Karbonatisering	Betongkvalitet	Armerings-overdekning	Gjenbrukspotensiale	Miljøfarlige stoffer
Tilstand	Relativt lavt	Lav	Lav	Høy	Høy	Middels
Tiltak	Elektrokjemisk kloriuttrekk	Overflatebehandling med nytt pusslag på vegger.	Undersøke om betongen tåler påkjenninger ved en eventuell bruksendring	Ingen	Mekanisk reparasjon der det trengs	Ingen

Tabell nr.40 viser gjenbrukspotensialet av betongkonstruksjonen i sentralbadet. Fargen grønn illustrerer høy gjenbrukspotensiale, gul illustrerer middels potensiale, mens rød illustrerer lavt potensiale.

Gjenbruk av betongen i sentralbadet er i stor grad mulig, men krever noen tiltak. Disse tiltakene baserer seg på å ivareta den eksisterende betongen, gi den nytt liv, og reversere eller forsinke nedbrytings mekanismene som opptrer i Sentralbadet. Det anslås ikke hvor lang levetid disse tiltakene vil gi bygget, men en kan vente seg at betong som er vedlikeholdt og i god stand, kan ha en levetid på over 100 år.

Ved å oppnå gjenbruk av betongen i sentralbadet anslås det at man kan forhindre at bortimot 5200 m³ med betong går til materialgjenvinning, eller til deponi. I en avfalls sammenheng utgjør dette kanskje så mye som over 99% av bygningens totale masse (ref. kapittel 6.7), og en avfallsreduksjon på om lag 13 520 tonn. Det er dermed essensielt at en forsøker å gjenbruke betongkonstruksjonene i så stor grad det lar seg gjøre, dersom en ønsker å oppnå størst avfallsreduksjon og miljøeffekt.



I samråd med Åsane Byggmesterforretning AS har det blitt gitt innsyn i deres prisgiving i et prosjekt hvor det skal bygges betongkonstruksjoner. I dette prosjektet opereres det med enhetspriser på: *Vedlegg nr.11*

- 1725 kr/m² for 200 mm plaststøpte betongvegger.
- 1525 kr/m² for 250 mm plaststøpte betongdekker.

Nå kan enhetsprisene variere fra prosjekt til prosjekt, og ut ifra hvilke arbeidsoperasjoner som inkluderes i prisene. Det skal ikke undersøkes dypt i denne prisingen av nye betongkonstruksjoner, men som et grovt overslag kan man anta at sentralbadet med 7450 m² betongvegger og 9131 m² betongdekker vil kunne ha en nypris verdi på bortimot 26,7 millioner kr. Det må også tas i betraktning at en potensiell rivning av betongkonstruksjonene også vil medføre økte kostnader. Det vil dermed være økonomisk gunstig å forsøke å ombruke betongen slik den står i dag.

6.3 Vinduer

Sentralbadet har 93 vinduer i utvendig fasade, og 160 vinduer i glassfasade mot nordvest, i ulike størrelser. Dette utgjør ca. 12 % av byggets totale fasadeareal som vist i kapittel 4.1.3. Det er ikke foretatt prøvetaking i noen av vinduene, men det antas imidlertid at vinduer kan inneholde ulike miljøfarlige stoffer basert på årstallet vinduene ble produsert.

Første og tredje etasje har vinduer som stammer fra det årstallet bygget ble oppført, altså 1959. I disse vinduene er det ikke foretatt prøvetaking av miljøfarlige stoffer, men det forventes at vinduer produsert i denne perioden inneholder PCB. Dermed vil gjenbruk av vinduene være uaktuelt, under gjeldende regelverk som vist i kapittel 5.2.2.3.

Vinduenes tekniske tilstand er ikke kartlagt, men det ventes at tilstanden kan være dårlig på bakgrunn av dets alder slik beskrevet i kapittel 5.2.3. Vinduer i første og tredje etasje vurderes dermed som ikke gjenbrukbart, og bør skiftes ut ved en eventuell renovasjon.

Det finnes også vinduer i første etasje som er blitt "tagget" og har mistet noe av sin estetiske verdi. Glassfasade mot nordvest har vinduer fra 1983 og blir sett på som et av det mest arkitektoniske uttrykket ved bygget. Denne fasaden skal forsøkes å tas vare på slik nevnt i kapittel 1.5. Det antas at disse vinduene kan inneholde klorparafiner basert på årstallet de ble produsert. Tilstanden til vinduene er ikke kartlagt, men med en alder på 38 år antas tilstanden på vinduene som dårlig, basert på årstallet. Selv om tilstanden til vinduene kanskje ikke er



dårlig på nåværende tidspunkt, må man likevel vurdere om vinduene vil holde ut ytterligere 15-30 år.

Uten å ha kartlagt vinduers tilstand eller vært på visuell befaring, har man lite grunnlag for å mene noe om dette. I denne oppgaven baseres det dermed på de undersøkelser som er gjort i kapittel 5.2.3. Gjenbrukspotensialet ansees dermed som lavt, og det anbefales å skifte ut vinduene.

Vinduene i andre etasje som er fra 1997 og ansees å ha en tilstand på middels dårlig ut ifra figur nr.50 fra kapittel 5.2.3. Dette innebærer at et eventuelt gjenbruk vil kreve at en drøfter spørsmål som:

Tabell 41: Sentrale spørsmål tilknyttet tabell figur nr. 50 i kapittel 5.2.3 for vinduene i andre etasje.

Spørsmål	Svar
Er det mulig å bevare vinduene i 10-15 år til gjennom vedlikehold.	Må gjøres vurdering
Tilfredsstiller vinduene tekniske krav som en eventuell bruksendring vil medføre.	Må gjøres vurdering
Er vinduene i et verneverdig bygg?	Ja
Inneholder vinduene miljøfarlige stoffer?	Muligens, vil kreve prøving

Basert på de vurderinger som gjøres i tabell nr.41 vil man kunne danne en konklusjon om vinduene i andre etasje kan gjenbrukes slik beskrevet i figur nr.50, i kapittel 5.2.3.

Innvendig mellom kontordel og svømmehall er det 23 isolerglassvinduer fra 1960. Det er foretatt prøver i to av disse vinduene hvor det ikke er påvist asbest, klorparafiner eller PCB.

På bakgrunn av den informasjon som er opparbeidet i denne oppgaven, kan samtlige av vinduer i sentralbadet ikke gjenbrukes. Ved en eventuell ombygging bør disse vinduer skiftes ut og leveres til godkjent mottak. Ved disse mottakene blir materialene i vinduene plukket fra hverandre og fraksjonene blir sortert på bakgrunn av materiale og dets innhold av miljøfarlige stoffer. Materialer som glass og aluminium går til materialgjenvinning, mens eksempelvis treverk går til energiutnyttelse. Selv om dette kanskje ikke er det ideelle miljøtiltaket, kan det likevel drøftes om en oppgradering til nye vinduer kan gi en viss miljøgevinst. Ved å skifte til vinduer som har en bedre u-verdi kan dette medføre en høyere energiutnyttelse.



6.4 Takteking

Takkonstruksjon over høyblokken består av et kaldloft i trekonstruksjoner, tekket med asfaltpapp og båndteking. Det er gjort prøve av takpappen ved høyblokken i forhold til miljøfarlige stoffer. Takpappen inneholder en rekke polyaromatiske hydrokarboner (PAH), av ulike konsentrasjoner. Den samlede konsentrasjonen av polyaromatiske hydrokarbonene utgjør 7,46 mg/kg noe som er over grenseverdien på 2,0 mg/kg for rene masser, men samtidig under grenseverdien på 2500 mg/kg, som nevnt i kapittel 3.2.7. Dette innebærer at taket i sentralbadet klassifiseres som lavt forurenset materiale og kan behandles som vanlig avfall.

Taket over svømmehall i sentralbadet består av en tynn betongplate med overliggende ribber. Yttertak er utført av en oppforet takkonstruksjon med teking. Terrasse mot nordvest er et betonggulv som er tekket med asfaltpapp. Det er ikke utført prøvetaking fra disse takene, men det antas at også disse takene er tekket med en type asfalt belegg som inneholder PAH over grenseverdien for rene masser. Dette medfører at både ombruk og materialgjenvinning av taktekingen innebærer bruk av lavt forurensete masser. Etter det vi kjenner til, stilles det ikke noe spesifikke begrensninger til å benytte lavt forurensete masser til ombruk.

Bergen kommune har et ønske om å bygge på ytterligere fire etasjer til kontorformål over høyblokken. Dette medfører at taktekingen over høyblokken sannsynligvis må fjernes. Det har også blitt drøftet om taket over svømmehallen skal heves for å oppnå større romhøyde der det skal være scene. Ved et slikt tiltak vil også dette taket måtte rives, noe som medfører at samlet 2535 m² med takteking blir fjernet.

En kan drøfte om det lar seg praktisk gjennomføre å demontere takpapp sammen med underlaget det er festet til. Takpappen er trolig festet til trebaserte plater, så det kan drøftes om det lar seg praktisk gjennomføre å demontere takteking ved å sage opp takplatene i hele, store plater, som kan brukes om igjen på samme bygget. Det andre alternativet vil trolig bli energiutnyttelse.

En må også ta i betraktning at taket over svømmehall ikke er foretatt noe prøvetaking. SWECO har i sin rapport av miljøkartleggingen anslått at taket bør behandles som farlig avfall inntil fysiske prøver er utført, og det kan bevises at taktekingen ikke inneholder PAH over 2500 mg/kg.

Dersom det viser seg at taktekingen over svømmehall inneholder konsentrasjoner av PAH over grenseverdien, må dette behandles som farlig avfall og leveres til godkjent mottak.



Skulle man ønske å gjenbruke farlig avfall må man eventuelt søke en form for dispensasjon for å gjenbruke slike materialer i henhold til forurensningsloven §11:

“Forurensningsmyndigheten kan etter søknad gi tillatelse til virksomhet som kan medføre forurensning.” [137].

6.5 Treverk

Selv om Sentralbadet i utgangspunktet ikke er et trebygg, finnes det likevel mengder av treverket i Sentralbadet fordelt på flere steder i bygget. Dette gjør til at kartleggingen av treverk ikke anses som helt enkel, hvor det vanskeliggjøres å komme opp med korrekt tallfesting. Basert på overflateareal i badstu, gymrom, og tak over høyblokk, er det estimert et areal på ca.1703 m². Det forventes imidlertid at dette omfanget kan bli langt større dersom man begynner å telle med treverk som kan befinne seg på innsiden av vegger, listverk, dører, spikerslag og bjelker.

En forutsetning for at treverket skal kunne gjenbrukes er at tilstanden til treverket er god og ikke inneholder miljøfarlige stoffer. Siden det ikke er undersøkt den tekniske tilstanden til treverket i Sentralbadet, er det lite grunnlag for å mene noe om verken ombruks- eller gjenbrukspotensialet til treverk. Dette innebærer at treverk som ikke har en god tilstand eller ved innhold av miljøfarlige stoffer/ blandingsmateriale, trolig vil ende opp som energiutnyttelse ved et oppussingstiltak.

Det er imidlertid grunn til å tro at innvendig treverk som befinner seg i bygget, skal kunne ha en god tilstand basert på at treverket har blitt lite eksponert for klimatiske, og kjemiske påkjenninger. For treverk som har en god tilstand kan både ombruk og materialgjenvinning være aktuelt.

6.6 Keramiske fliser

Siden store deler av sentralbadet har blitt benyttet som svømmehall, finnes det i dag fliser på store deler av gulv og vegger, spesielt i det som betegnes som våte soner rundt basseng, garderober og toaletter, men også i trappeoppganger og kommunikasjonsveier.

Det anslås at det kan befinne seg over 80 000 fliser i bygget fordelt på et areal på ca.1692 m². Dette medfører at eventuelle tiltak hvor en forsøker å ombruke fliser i montert tilstand, kan bidra til en reduksjon av avfallsmengder tilsvarende et sted mellom 25 og 34 tonn avfall. Dette forutsatt at fliser har en kvadratmetervekt et sted mellom 15-20 kg/m², avhengig av



flistykkelsen [242]. Det må også tas høyde for at sementbasert flislim og fugemasse kan ha en vekt på 3,5-5,5 kg/m² noe som kan medføre ytterligere 6 til 9 tonn avfall kun i flislim og fugemasse, fordelt på hele bygget [242]. Det kan dermed være hensiktsmessig å forsøke å ombruke fliser i montert tilstand, for å redusere avfallsmengdene. Dette er selvsagt forutsatt at det praktisk lar seg gjennomføre, og det er ønskelig å bevare fliser til det nye formålet. Ved en eventuell rivingsprosess må det drøftes om:

- Klarer man å rive uten at flisene tar skade?
- Har man vilje, kapasitet og økonomi til å demontere fliser?
- Har man konkrete prosjekter, kunder eller steder man kan benytte flisene på nytt, dersom man velger å demontere flisene så hele som mulig?

Dersom det ikke foreligger et klart og tydelig “ja-svar” på disse tre konkrete spørsmålene, anbefales det ikke å forsøke å gjenbruke fliser i sentralbadet. Dermed vil flisene gå til deponi, med mindre det finnes alternativer som å knuse og benytte fraksjonene som tilslag eller fyllmasse i betong.

6.7 Samlet vurdering

For en samlet vurdering for sentralbadet, er det forsøkt å plassere de ulike materialene i avfallspyramiden som nevnt i kapittel 3.1.4. Dette gir en indikator på hvilke fokusområder som bør prioriteres for å oppnå størst miljøgevinst ved gjenbruk av materialer i Sentralbadet.

I tabell nr.42, er det forsøkt å måle areal og volum opp mot hverandre for å danne et estimat av hva bygget i store trekk består av og gjenbrukspotensiale til materialene i Sentralbadet. I denne tallfestingen er det foretatt en drøfting hvor det er vurdert i hvilken grad av usikkerhet som finnes i utredningene som er foretatt i kapittel 4. Fargene i tabell nr.42 er definert fra “plassering i avfallspyramiden” etter figur nr.7

Materialer som betong, fasadeplater, takteking og vinduer er på et generelt grunnlag vurdert liten usikkerhet i tallfestingen på bakgrunn av plantegninger og målsetninger som følger med bygget. Fliser er vurdert til middels usikkerhet, basert på manglende tilgang til innvendig inspeksjon, og treverk er vurdert til stor usikkerhet basert på at det muligens kan befinne seg større mengder treverk på innsider av lettvegger, bjelkelag, spikerslag og listverk.



Tabell 42: Oversikt over plassering av materialene for Sentralbadet inn i avfallspyramiden, se figur nr.7.

Materialer	Plassering i avfallspyramiden		Areal (m ²)	Volum (m ³)	Vekt (tonn)	Usikkerhet
Betong	Ombruk			5200	13 520	Liten
Fasadeplater	Ombruk	Deponi	675		17,2	Liten
Taktekking	Energiutnyttelse		2535		5,1	Liten
Vinduer	Materialgjenvinning	Energiutnyttelse	684		8,2	Liten
Treverk	Materialgjenvinning	Ombruk	1703		25,5	Stor
Fliser	Ombruk	Deponi	1692		40-54	Middels

I tabell nr.43 er det tatt for seg de ulike materialene hvor det er forsøkt å måle omfang og vekt opp mot hverandre. Fargen grønt illustrerer tall som er hentet fra kilde, fargen turkis illustrerer ombruk, og oransje illustrerer antagelser.

- Fliser har en tykkelse på 7 mm
- Fasadeplater har tykkelse på 15 mm
- Vinduer har en vekt på 12 kg/m² vindu
- Treverk har en vekt på 15 kg/m² treverk.
- At øvrige materialer i bygget som ikke er kartlagt har en vekt på 50 tonn
- Usikkerhetsdesimal bestemt ut ifra hvor sikre beregningene antas å være.

Tabell 43: Oversikt over de ulike materialene i Sentralbadet, der det er målt omfang og vekt.

Bygningsmateriale	Omfang [m ²]	Omfang [m ³]	[kg/m ²]	Densitet [kg/m ³]	Vekt [kg]	Vekt [tonn]	Usikkerhetsestimert [desimal]	Usikkerhetsavsetning [Tonn]
Betong		5200		2500	13 520 000	13 520	0,05	675
Fasadeplater	675	10,125		1700	17212	17,2	0,01	0,17
Taktekking	2535		2		5070	5	0,01	0,05
Vinduer	684		12		8208	8,2	0,01	0,08
Treverk	1703		15		25540	25,54	0,7	17,88
Fliser	1692	11,84		2000	23688	23,7	0,2	4,7
Resten av bygget					50000	50	1	50
Sum						13650		(+/-) 749



Dette medfører at sentralbadet antas å ha en vekt et sted mellom 12901 og 14399 tonn, hvor i overkant av 99% av byggets masse består av betong, som vist i figur nr.62.

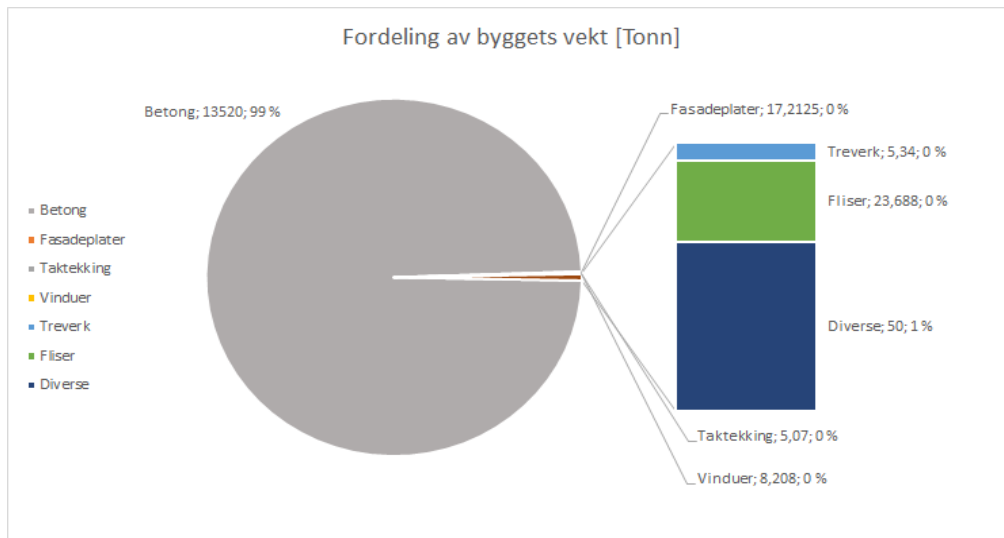


Figure 62: Illustrerer vekten til materialene i Sentralbadet.

Ved ombruk av betong, fasadeplater, treverk og fliser, kan det antas en avfallsreduksjon på mer enn 13 566 tonn. Det er ikke gjort noe grundigere studier av hva dette innebærer for miljøet i form av CO₂ utslipp, men ser man på referanseprosjekt som Kristian Augusts gate 13, anslås det besparelser på om lag [132]:

- 89% mindre utslipp per; kg CO₂-ekv/enhet ved å ombruke hulldekker, sammenlignet opp mot å bygge nye hulldekker.
- Utslippsreduksjoner på 70%, for hele bygget samlet sett.

I et bygg hvor betongen utgjør en så stor andel av bygget, kan Sentralbadet dermed fint ansees som et prosjekt med stort gjenbrukspotensiale under forutsetning at betongen praktisk lar seg ombruke slik den står i dag.



7 Konklusjon

Denne bacheloroppgaven har forsøkt å besvare følgende problemstilling:

Hvorfor bør byggematerialer gjenbrukes?

Byggebransjen på verdensbasis står i dag for 40% av klimagassutslippet. Gjenbruk av byggematerialer vil ikke bare redusere avfallet, men også ha stor reduksjon av klimagassutslippet. Samtidig vil gjenbruk redusere bruken av nye ressurser og øke levetiden til materialene. Gjenbruk av materialer er også et viktig steg mot en sirkulærøkonomisk prosess i byggebransjen. For å kunne øke gjenbruken av materialer trenger byggebransjen å ha større fokus på ombygging, tilpassing, gjenbruk og nye designløsninger som tilrettelegger for fremtidig ombruk. Dette innebærer at det må stilles strengere krav til å imøtekomme sirkulærøkonomiske arbeidsprosesser.

Hvilke utfordringer er det ved å gjenbruke byggematerialer?

Gjennom materialers levetid opplever materialene å bli nedbrutt med årene. Dette medfører at materialer taper sin tekniske og estetiske tilstand, og verdien på materialene synker. Flere materialer med god tilstand, kan støte på et regelverk som setter begrensninger for gjenbruk både på grunn av krav til dokumentasjon, krav til bestemte egenskaper, eller krav til innhold av miljøfarlige stoffer. Regelverk er hele tiden i endring, og produkter som tilfredsstiller dagens regelverk er ikke sikkert at de tilfredsstiller det regelverket som gjelder i fremtiden.

Det finnes i dag en rivepraksis som ikke er egnet for å gjenbruke materialer, og mye av årsaken er at byggverk ikke har blitt prosjektert med tanke på å kunne gjenbruke. Dette medfører utfordringer med å rive på en ikke-destruktiv måte. For produkter som skal gjenbrukes kreves det at materialene rives, renskes, vaskes, klargjøres, transporteres og testes før det bygges. Dette innebærer flere arbeidsoperasjoner som krever tid, energi og økonomi. En forutsetning for at gjenbruksprosjekter skal kunne gjennomføres, er at den økonomiske biten i prosjektene går opp.



Hvilke gjenbrukspotensiale har Sentralbadet i Bergen?

Sentralbadet er et bygg hvor betong utgjør bortimot 99% av byggets totale masse. Dette medfører at gjenbruk av betong vil i aller høyeste grad definere gjenbrukspotensialet til Sentralbadet. Betong er et materiale som har god gjenbrukspotensiale ved ombruk i montert tilstand, men det forutsetter også at betongen blir vedlikeholdt og har tilstrekkelig kapasitet til å bære en eventuell bruksendring.

Det er også sett på gjenbrukspotensialet til materialer som treverk, vindu, taktekkinger, keramiske fliser og fasadeplater. Dette er materialer med ulike funksjoner, egenskaper og antatt levetid. Felles for alle disse materialene er at den tekniske tilstanden, og forekomster av miljøfarlige stoffer kan i høy grad definere gjenbrukspotensialet til disse materialene.

7.1 Forslag til videre undersøkelser av byggematerialer i Sentralbadet

Forslag til videre undersøkelser av byggematerialene vil være å beregne kapasiteten til eksisterende betongkonstruksjon i Sentralbadet. Ut ifra denne oppgavens resultater kan betongen ombrukes slik den står, men det bør beregnes om betongen tåler nødvendige laster som medfølger en eventuell bruksendring, samt søkes om dispensasjon hos miljødirektoratet for bruk av lavt forurensede masser.

Videre undersøkelser av materialer som ikke har blitt undersøkt i denne oppgaven som for eksempel: EE-avfall, himlingsplater, dører, metallplater, tekniske komponenter, og eventuelt heisen i Sentralbadet.

Undersøkelser angående mellomlagring, bearbeiding, frakt og pris av byggevarer er også noe som kan videre undersøkes. Det kan i den anledning også være relevant å undersøke hvilke økonomiske forskjeller som foreligger mellom å bygge nytt, kontra å gjenbruke.



8 Litteraturliste

- [1] L.-S. for K. og Gjenvinning, «avfall», *Store norske leksikon*. LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, Norge, jul. 09, 2018. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/avfall>
- [2] Norad, «Bærekraftsmålene», *Norad*, sep. 25, 2015. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://norad.no/om-bistand/dette-er-fns-barekraftsmal/barekraftsmalene/>
- [3] «Tilsyn med produktdokumentasjon», *SINTEF Byggforsk*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn-med-produktdokumentasjon/del-iii-grunnleggende-regler-om/3.12.-definisjon-av-byggevarer/>
- [4] Miljøverndepartementet, Lovdata (10.01.2003), *Forskrift om farlig avfall (FOR-2002-12-20-1817)*, bd. §3. Definisjoner. 2002, s. 34. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2002-12-20-1817>
- [5] Segbø, Even, «Byggherreytelser fra ide til fullført prosjekt». Erstad & Lekven Bergen AS, jan. 10, 2021. Åpnet: feb. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://hvl.instructure.com/courses/15670/files/1232257/download?download_frd=1
- [6] S. Wærp, «700.802 Miljøkartlegging og miljøsanering ved riving og ombygging», *SINTEF Byggforsk*. Byggforskserien, Norge, des. 2018. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/644/miljoekartlegging_og_miljoesanering_ved_riving_og_o_mbygging
- [7] A.-J. Henrichsen, «eksteriør», *Store norske leksikon*. Leksikograf, Det Norske Akademis Ordbok, feb. 10, 2020. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/eksteri%C3%B8r>
- [8] «Byggordboka - Fleksibilitet – Generalitet – Elastisitet (FGE)», nov. 06, 2017. Åpnet: apr. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/fleksibilitet-generalitet-elastisitet-fge>
- [9] LOOP-Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, «avfallshierarki», *Store norske leksikon*. Norge, jul. 09, 2018. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/avfallshierarki>
- [10] «Farlig avfall fra bygg og anlegg», Miljødirektoratet, Trondheim, Oversikt over de mest vanlige fraksjonene, 2013. Åpnet: feb. 17, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M29/M29.pdf>
- [11] Kristen Arge, «344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, aug. 2004. Åpnet: apr. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3223/tilpasningsdyktige_kontorbygninger#i21
- [12] «GARANTI ELLER REKLAMASJON», *Advokat.no*, U.D. Åpnet: apr. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://advokat.no/kompetanseomraader/eiendomsrett/kjopsrett/garanti-eller-reklamasjon/>
- [13] FN, «ILO-konvensjonen om urfolks rettigheter», *FN Sambandet United Nations Association of Norway*, aug. 07, 2020. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/urfolk/ilo-konvensjonen-om-urfolks-rettigheter>
- [14] I. Sagberg, «insentiv», *Store norske leksikon*. NTNU – Norges Teknisk-Naturvitenskapelig Universitet, Norge, apr. 10, 2018. Åpnet: feb. 17, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/insentiv>
- [15] E. S. Klingenberg, «interiør», *Store norske leksikon*. Kunsthøgskolen i Oslo, Norge, jan. 24, 2021. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på:



- <https://snl.no/interi%C3%B8r>
- [16] «Gjenvinningsbegreper». Avfall Norge, U.D. Åpnet: mar. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://avfallnorge.web123.no/article_docs/Gjenvinningsbegreper%20NRF.doc
- [17] «Hva er LCC? - Bygg og anlegg», *Anskaffelser.no*, okt. 08, 2019. Åpnet: apr. 28, 2021). [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/livssyklusluskostnader/hva-er-lcc>
- [18] «Hva er Lean?», *Lean Team Norge*, U.D. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://leanteam.no/hva-er-lean/>
- [19] SSB, «Begrepsliste_2010». Statistisk sentralbyrå, 2010. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.ssb.no/a/kortnavn/nrmiljo/begrepsliste_2010.pdf
- [20] P. K. Eian, «Ombygging - bygningsfysiske utfordringer», presentert på Seksjon Inneklima og bygningsfysikk Norconsult AS, Norge, U.D. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2006/Eian_OmbyggingBygningsfysiskeUtfordringer.pdf
- [21] «OSCAR - Produksjonsfasen», *Økt verdi for eier og bruker*, U.D. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.verdihjulet.no/artikkel/produksjonsfasen>
- [22] LOOP-Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, «renovasjon», *Store norske leksikon*. Norge, jul. 09, 2018. Åpnet: apr. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/renovasjon>
- [23] D. Gundersen, «renovere», *Store norske leksikon*. Leksikograf, Det Norske Akademis Ordbok, Norge, nov. 10, 2020. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/renovere>
- [24] T. Aven, «risiko», *Store norske leksikon*. Universitetet i Stavanger, Norge, sep. 26, 2019. Åpnet: apr. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/risiko>
- [25] A. Z. Persvold, «resirkulere», *Store norske leksikon*. Leksikograf, Det Norske Akademis Ordbok, Norge, feb. 26, 2021. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/resirkulere>
- [26] S. Murud, «Restaurere, rehabiliterer eller bare pusse opp», *Bygg og Bevar*, des. 12, 2019. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/huseier/artikler-viktig-aa-vite-for-huseier/restaurere-rehabiliterer-eller-bare-pusse-opp>
- [27] Miljøverndepartementet, «§ 1-6. Tiltak», *Regjeringen.no*, apr. 24, 2009. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger_brosjyrer/2009/lovkommentar-til-plandelen-i-/kapittel-1-fellesbestemmelser/-1-6-tiltak/id556735/
- [28] M. Reusch, «byggherre», *Store norske leksikon*. apr. 29, 2019. Åpnet: feb. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/byggherre>
- [29] «Hva er U-verdi?», *Bygg og Bevar*, apr. 02, 2019. Åpnet: apr. 12, 2021). [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-og-doer/artikler/hva-er-u-verdi>
- [30] E. H. Okstad, «Vedlikehold», *SINTEF*, U.D. Åpnet: apr. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/ekspertise/sintef-teknologi-og-samfunn/vedlikehold/>
- [31] «Klimaendringer», *FN Sambandet United Nations Association of Norway*, sep. 24, 2019. Åpnet: mai 15, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>
- [32] M. Chaudhary, «KLIMA- OG MILJØUTFORDRINGER», *ssb.no*, aug. 01, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/natur-og->



- miljo/artikler-og-publikasjoner/gront-skifte-og-andre-endringer
- [33] «Parisavtalen», *FN Sambandet United Nations Association of Norway*, des. 22, 2020. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>
- [34] Miljødirektoratet, «Europa når ikke fastsatte miljømål», *Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency*, des. 04, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2019/desember-2019/europa-nar-ikke-fastsatte-miljomal/>
- [35] Miljødirektoratet, «Norges miljømål», *Miljøstatus*, U.D. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/miljomal/>
- [36] «Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030», Miljødirektoratet, Norge, M-1625, jan. 2020. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>
- [37] S. Jahren, V. S. Nøstebø, M. S. Simas, og K. S. Wiebe, «Studie av potensialet for lavere klimagassutslipp og omstilling til et lavutslippssamfunn gjennom sirkulærøkonomiske», SINTEF, Trondheim, 2020:00416, jul. 2020. Åpnet: feb. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/prosjekter/2020/reduuerte-klimagassutslipp-og-overgang-til-lavutslippssamfunn-gjennom-strategier-for-sirkular-okonomi/>
- [38] H. N. Larsen, «Import utgjør stort miljøfotavtrykk», *Byggenæringens Landsforening*, mai 29, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.bnl.no/artikler/2019/klimagassutslipp-bae/>
- [39] «Bygg og anlegg», *ZERO*, U.D. Åpnet: mai 15, 2021. Tilgjengelig på: <https://zero.no/fagomrade/bygg-og-anlegg/>
- [40] FN sambandet, «Bærekraftig utvikling», *FN Sambandet United Nations Association of Norway*, jan. 15, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- [41] K. Sørnes, A. S. Nordby, H. Fjeldheim, S. M. B. Hashem, og R. D. Schlanbusch, «Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer», SINTEF Byggforsk, Oslo, Fag 18, 2014. Åpnet: feb. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintefbok.no/book/download/985>
- [42] E. Kjetså, «RIB - Tilstandsvurdering betongkonstruksjoner», Asplan Viak, Bergen, 622366-01, jun. 2019. Åpnet: jan. 30, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.mercell.com/nb-no/anbud/112174859/k0310-efu-10225-sentralbadet-scenekunsthuss-anskaffelse-av-samspillsentreprenoer-trinn-2-anbud.aspx>
- [43] «Sentralbadet scenekunsthuss funksjonsprogram», Asplan Viak, Bergen, U.D. Åpnet: jan. 29, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.mercell.com/m/file/GetFile.ashx?id=112995071&version=0>
- [44] K. A. Kringstad, «Bergen kommune - Anbefaler forslag til Kulturminnestrategi for Bergen», *Bergen kommune*, mai 15, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.bergen.kommune.no/politikk/byradet/behandlede-saker/bymiljo/anbefaler-forslag-til-kulturminnestrategi-for-bergen>
- [45] Kommunereform, «Etikk», *Regjeringen.no*, mar. 03, 2020. Åpnet feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/kommunereform/Verktoy/lokaldemokrativeilederen/del-a/etikk/id2424157/>
- [46] A. Brekklus, «Statsbygg har skjerpet inn kravene til etisk handel», *Bygg.no - Byggeindustrien*, jun. 15, 2018. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1358450>
- [47] G. Vik og T. B. Mosland, «Arbeidsnotat 7-2015». Tekna Etisk råd, feb. 2015. Åpnet: feb. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på:



- <https://www.tekna.no/globalassets/filer/etikk/arbeidsnotat-7-2015-etikk-bygg-og-anlegg1.pdf>
- [48] M. Olsberg, V. Hamnes, og W. E. Idsø, «Rehabilitering eller nybygg: casestudie av Smaragdbygget på NTNU Gjøvik», NTNU Institutt for vareproduksjon og byggteknikk, Gjøvik, Bacheloroppgave, mai 2020. Åpnet: jan. 11, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2661484/no.ntnu%3ainspera%3a56134203%3a57858445.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [49] De nasjonale forskningsetikse komiteene, «Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi», *Forskningsetiske komiteene*, des. 04, 2018. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.forskningsetikk.no/retningslinjer/hum-sam/forskningsetiske-retningslinjer-for-samfunnsvitenskap-humaniora-juss-og-teologi/>
- [50] T. Storsul, «Metode og etikk, og veien videre». Universitetet i Oslo, mar. 08, 2008. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.uio.no/studier/emner/hf/imk/MEVIT4000/v06/undervisningsmateriale/siste.pdf>
- [51] T. A. Tenden, «Bacheloroppgave Motivasjon I kroppsøving». Høgskolen i Hedmark avdeling Elverum, 2015. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://brage.inn.no/inn-xmlui/bitstream/handle/11250/285900/Tenden.pdf?sequence=1>
- [52] S. Grønmo, «kvalitativ metode», *Store norske leksikon*. Universitetet i Bergen, Bergen, nov. 03, 2020. Åpnet: mai 04, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://snl.no/kvalitativ_metode
- [53] K. Sander, «Forskningsdesign», *eStudie.no*, nov. 22, 2020. Åpnet mar. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://estudie.no/hva-er-forskningsdesign/>
- [54] L. M. Reinart og G. Jamtverdt, «Hvordan skrive en systematisk oversikt?» Sykepleien.no, mar. 2010. Åpnet: mar. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://static.sykepleien.no/sites/default/files/documents/forsknings/681694.pdf?c=1418121522>
- [55] «Litteraturstudie». Universitetet i Oslo, U.D. Åpnet: mar. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.uio.no/studier/emner/medisin/med/MED5090/retningslinjer-prosjektoppgaven/litteraturstudier.pdf>
- [56] H. A. Eikeland og I. Krasic, «MILJØKARTLEGGINGSRAPPORT SENTRALBADET», Asplan Viak, Bergen, Miljøkartlegging 1, jul. 2019. Åpnet: jan. 31, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.mercell.com/m/file/GetFile.ashx?id=112530779&version=0>
- [57] Autodesk, «Revit | BIM-programvare | Autodesk offisiell nettbutikk», *AUTODESK*, U.D. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.autodesk.no/products/revit/overview>
- [58] H. Mjåtveit, «K0310 EFU-10225 Sentralbadet scenekunsthuss, anskaffelse av samspillsentreprenør trinn 2», *Mercell*, mar. 13, 2020. Åpnet mar. 28, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.mercell.com/nb-no/anbud/112174859/k0310-efu-10225-sentralbadet-scenekunsthuss-anskaffelse-av-samspillsentreprenoer-trinn-2-anbud.aspx>
- [59] «Fakultet for medisin og helsevitenskap Institutt for samfunnsmedisin og sykepleie», NTNU Fakultet for medisin og helsevitenskap Institutt for samfunnsmedisin og sykepleie, Norge, Bacheloroppgave, mai 2018. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2568003/10163.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [60] M. Castberg, «Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg», *Asplan Viak AS*, s. 39, okt. 2018.



- [61] N. Pettersen, «Gjenbrukshus i Trondheim», Trondheim Kommune, Trondheim, Pilotprosjektet 1, mai 2005. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/faktaark/04---gjenbrukshuset/gjenbrukshusrapport_wb-side-hr-hoy-opplosning-m-rett-jan-17.pdf
- [62] Finansdepartementet, «Meld. St. 14 (2020–2021)», *Regjeringen.no*, feb. 12, 2021. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-14-20202021/id2834218/>
- [63] SINTEF, «Miljødeklarasjoner av byggevarer, EPD (Environmental Product Declaration)», *SINTEF*, U.D. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/projectweb/miljodeklarasjoner/>
- [64] «BREEAM Communities innføringskurs», *Grønn byggallianse*, U.D. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://byggalliansen.no/event/breeam-communities-innforingskurs/>
- [65] C. G. Larsen, «Faktorer som påvirker måloppnåelse i BREEAM-NOR-prosjekter», NTNU, Trondheim, Masteroppgave, jan. 2018. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2496221/18207_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [66] M. R. K. Wiik, «Styrker miljøvennlig bygging med EPDer», *SINTEF*, nov. 24, 2015. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2015/styrker-miljovennlig-bygging-med-epder/>
- [67] «Om FDV-dokumentasjon». Byggtjeneste, mar. 2011. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://byggtjeneste.no/wp-content/uploads/Om-FDV-dokumentasjon.pdf>
- [68] K. H. Andresen og Z. Micael, «Metode for kartlegging av ombrukspotensial til byggevarer i bygninger», Høgskulen på Vestlandet, Bergen, Bacheloroppgave, jun. 2020. Åpnet: jan. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/handle/11250/2659418>
- [69] M. Lindstad *mfl.*, «Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP 5)», Byggmiljo.no, Norge, Handlingsplan NHP5, U.D. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.byggmiljo.no/wp-content/uploads/2021/02/20210215_Nasjonal-handlingsplan-NHP5_2021-2023.pdf
- [70] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (1) - Kapittel 9 Ytre miljø § 9-6. Avfallsplan», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-6/>
- [71] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (2) - Kapittel 9 Ytre miljø § 9-7», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-7/>
- [72] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (3) - Kapittel § 9-8. Avfallssortering», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-8/>
- [73] Statistisk Sentralbyrå (SSB), «Avfall fra byggeaktivitet», *Statistisk sentralbyrå*, feb. 25, 2021. Åpnet: mar. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl/aar/2021-02-25>
- [74] Statistisk Sentralbyrå (SSB), «Avfallsregnskapet», *Statistisk sentralbyrå*, feb. 24, 2021. Åpnet: mar. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/natur-og->



- miljo/statistikker/avfregno/aar/2021-02-24
- [75] byggemiljø, «NHP4 – Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2017-2020», *Byggemiljø.no*, des. 01, 2017. Åpnet: mar. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggemiljo.no/nasjonalt-handlingsplan-for-bygg-og-anleggsavfall-2017-2020-nhp4-er-klar/>
- [76] Y. Marchuk, «Circular Economy in the Construction Sector - the Norwegian case», *IDN - International Development Norway*, okt. 14, 2019. Åpnet: mar. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://id-norway.com/circular-economy-in-the-construction-sector-the-norwegian-case/>
- [77] Klima- og miljødepartementet, «Avfall», *Regjeringa.no*, okt. 08, 2019. Åpnet: mar. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/nn/tema/klima-og-miljo/forurensning/innsiktsartiklar-forureining/avfall/id2076495/>
- [78] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (4) - Kapittel 9 Ytre miljø § 9-5. Byggavfall», *Byggteknisk forskrift (TEK17)*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: mar. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-5/>
- [79] D. Slunge, «Figure 1. Illustration of the life-cycle of materials, including...», *ResearchGate*, 2013. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-the-life-cycle-of-materials-including-extraction-production_fig1_264911314
- [80] Dribbble, «Pin on thech», *Pinterest*, mar. 2021. Åpnet apr. 21, 2021). [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.pinterest.com/pin/727049933568961691/>
- [81] Shutterstock, «Industry Icon Set Collection Icons On Arkivvektor (royaltyfri) 702966802», *Shutterstock.com*, U.D. Åpnet: apr. 21, 2021. Tilgjengelig på: </image-vector/industry-icon-set-collection-icons-on-702966802>
- [82] «Sirkulær økonomi», *Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency*, mar. 10, 2020. Åpnet: mar. 16, 2021. Tilgjengelig på: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
- [83] Elionas, «Gratis bilde på Pixabay - Gjenvinning, Resirkulering, Tegn», apr. 30, 2016. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://pixabay.com/no/illustrations/gjenvinning-resirkulering-tegn-1341372/>
- [84] Forus Energigjenvinning, «Prosessen — Forus Energigjenvinning», *Forus Energigjenvinning*, U.D. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://forusenergi.no/prosessen>
- [85] R. Doubtfire, «Separation at source key to construction waste minimisation», *EnviroWaste*, mai 15, 2019. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.envirowaste.co.nz/news/separation-at-source-key-to-construction-waste-minimisation/>
- [86] J. Imre, «Wooden Boards, Planks Illustration, Drawing, Engraving, Ink, Line Art, Vector», *Dreamstime*, U.D. Åpnet apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.dreamstime.com/wooden-boards-planks-illustration-drawing-engraving-ink-line-art-vector-illustration-what-made-ink-pencil-paper-then-image135192359>
- [87] T. M. Hagen, «Barriere for sirkulærøkonomi i byggsektoren fra et avfallsperspektiv», sep. 2019, s. 15. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tekna.no/contentassets/c098c4f8ea9b435cac3996e18a132ce9/hvordan-fc3a5-til-sirkulc3a6r-c3b8konomi-i-ba-bransjen.pdf>
- [88] A. Moum, C. Skaar, og K. Midthun, «Sirkulær økonomi i morgendagens byggenæring», SINTEF, Norge, 102015054, aug. 2017. Åpnet: mar. 17, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2491795/SINTEF%2bByggforsk%2b->



- %2bSirkul%25C3%25A6r%2b%25C3%25B8konomi%2bi%2bmorgendagens%2bbygge
n%25C3%25A6ring%2b%25282017-05-08%2529.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [89] R. Hagen, H. M. Haupt, og K. Bramslev, «Grønn Materialerguide Veileder i Miljøriktig Materialvalg.», Grønn Byggallianse og Context AS, Norge, Veileder 2.1, jun. 2017. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf>
- [90] EØS-notatbasen, «Rammedirektivet for avfall», *Regjeringen.no*, okt. 02, 2013. Åpnet mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/>
- [91] Grønt Punkt Norge, «Sett konkrete mål for avfallshåndteringen», *Grøntpunkt - Avfallshåndtering*, U.D. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.grontpunkt.no/kampanje/avfallsguiden/maalsetting/>
- [92] vladvm, «The shovel icon spade symbol flat vector image on VectorStock», *VectorStock*, U.D. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/the-shovel-icon-spade-symbol-flat-vector-5294137>
- [93] AVIcon, «Recycling Clothes Line Icon Linear Style Arkivvektor (royaltyfri)», *Shutterstock.com*, U.D. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.shutterstock.com/nb/image-vector/recycling-clothes-line-icon-linear-style-1627082236>
- [94] Dzm1try, «Reduce Waste Black Icon Clipart Image Arkivvektor (royaltyfri) 1545325202», *Shutterstock.com*, U.D. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: </image-vector/reduce-waste-black-icon-clipart-image-1545325202>
- [95] IMGBIN.com, «Air Source Heat Pumps Berogailu Air Conditioners PNG - Free Download», *IMGBIN.com*, nov. 03, 2018. Åpnet apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://imgbin.com/png/uSxwwRPi/air-source-heat-pumps-berogailu-air-conditioners-png>
- [96] SSB, «09781: Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype, statistikkvariabel, år og behandlingsmåte. Statistikkbanken», *Statistisk sentralbyrå*, mar. 19, 2021. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/statbank/table/09781/tableViewLayout1/>
- [97] G. Mathisen, «Staten hindrer ombruk av byggematerialer», *NemiTEK*, jun. 12, 2019. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://nemitek.no/a/104152>
- [98] Franzefoss, «Krav til kildesortering på byggeplassen», *Franzefoss*, des. 09, 2020. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.franzefoss.no/blogg/krav-til-kildesortering-pa-byggeplassen>
- [99] Avfall Norge, «Avfall- og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulærøkonomi». Avfall Norge, 2016. Åpnet: feb. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://avfallnorge.ams3.digitaloceanspaces.com/avfall-norge-no/dokumenter/2016-XX-Avfalls-og-gjenvinningsbransjens-veikart-for-en-sirkulaer-okonomi.pdf>
- [100] Byggteknisk Forskrift, «572.111 - Resirkulert tilslag av tegl og betong - Byggforskserien», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, mar. 2015. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3162/resirkulert_tilslag_av_tegl_og_betong
- [101] EØS-notatbasen, «Handlingsplan for sirkulær økonomi, 2020», *Regjeringen.no*, mai 04, 2020. Åpnet: mar. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/jan/veikart-for-sirkular-okonomi-2019/id2691183/>
- [102] E. R. Krogh, «Gjenbruk av materialer i landskapsarkitekturen/Reuse of Materials in Landscape Architecture». Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Åpnet: mar. 20,



2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://core.ac.uk/download/pdf/52083727.pdf>
- [103] B. N. Leland, «Prosjektering for ombruk og gjenvinning», Rådgivende Ingeniørers Forening, Oslo, 1, mar. 2008. Åpnet: feb. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/26_Prosjektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf
- [104] Berg, Fredrik og Fuglset, Mie, «Tenk deg om før du river», Grønn Byggallianse og Context AS, Norge, Tipshefte, mai 2018. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13556207.2018.1493664>
- [105] C. L. Bjerkil, «ØKT MATERIALGJENVINNING AV BYGGAVFALL», COWI AS, Trondheim, Nasjonal Handlingsplan 1, mar. 2015. Åpnet: mar. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/globalassets/avfall-og-miljosanering5/publikasjoner/okt-materialgjenvinning-av-byggavfall.-cowi-for-nhp-nettverket.pdf>
- [106] «Energiutnyttelse», *AvfallNorge*, mar. 08, 2017. Åpnet: mar. 21, 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://avfallnorge.web123.no/energiutnyttelse1.cfm>
- [107] C. Lind, «Deponi - Avfall Norge», *Avfallnorge*, U.D. Åpnet: mar. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://avfallnorge.no/hva-jobber-vi-med/fagomr%C3%A5der/deponi>
- [108] E. Wærner, «Betongveilederen». Forum for miljøkartlegging og -sanering, jan. 2021. Åpnet: mai 01, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://8143b5ea-be0f-4319-9267-335a484c5e04.filesusr.com/ugd/01b968_a9be9f4a33ed4f319df238919f592ef3.pdf
- [109] Jelle, Bjørn Petter, Holme, Jonas, Bergheim, Einar, Rognvik, Egil, og Holmberget, Øystein, «Unngå byggskader». SINTEF Byggforsk, 12.09. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/artikkel-12-09-byggaktuelt.pdf>
- [110] Kilvær, Lasse, «Forsvarlig ombruk av byggevarer», Resirquel AS, Oslo, 2019. Åpnet: feb. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://evalueringsportalen.no/evaluering/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer-dibk-fou-prosjekt-2019/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_resirquel-2019.pdf/@@inline
- [111] Direktoratet for byggkvalitet, *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (3)*, bd. Byggevareforordningen. Åpnet: feb. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/dok/byggevareforordningen/byggevareforordningen/>
- [112] Direktoratet for byggkvalitet, *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (2)*, bd. §10. Dokumentasjon av vesentlige egenskaper. III Krav til byggevarer som ikke er CE-merket. Åpnet: feb. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/dok/iii/10/>
- [113] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (7) - Kapittel 2 Dokumentasjon for oppfyllelse av krav», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: apr. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/2/2-1/>
- [114] «Byggevareforordningen» *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*, *Direktoratet for byggkvalitet*. U.D. Åpnet feb. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/dok/byggevareforordningen/byggevareforordningen/>
- [115] «Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)», *Direktoratet for byggkvalitet*. Veiledning omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk. Åpnet: feb. 15, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/dok/>
- [116] Direktoratet for byggkvalitet, *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (1)*, bd. Veiledning om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk. U.D. Åpnet: feb. 15, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/dok/>
- [117] K. moderniseringsdepartementet, «Forskrifter til plan- og bygningsloven», *Regjeringen.no*, feb. 25, 2018. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/bygningsregelverket-fra->



- 1965--20172/forskrifter/id2590708/
- [118] Barne- og likestillingsdepartementet, Lovdata (09.01.2009), *Lov om kontroll med markedsføring og avtalevilkår mv. (markedsføringsloven) (LOV-2009-01-09-2)*, bd. §5. Definisjoner. 2009. Åpnet: apr. 10, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/lov/2009-01-09-2>
- [119] Justis- og beredskapsdepartementet, Lovdata (01.07.2002), *Lov om forbrukerkjøp (forbrukerkjøpsloven) (LOV-2002-06-21-34)*, bd. §27 Reklamasjon. 2002. Åpnet: apr. 10, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-21-34?q=reklamasjon>
- [120] K. E. Tranøy, «Ansvar», *Store norske leksikon*. UIT - Norges Arktiske Universitet, Universitetet i Bergen, jan. 22, 2021. Åpnet: feb. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/ansvar>
- [121] Kommunal- og regionaldepartementet, Lovdata (27.06.2008), *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) (LOV-2008-06-27-71)*, bd. § 23-1. Ansvar i byggesaker. 2009. Åpnet: feb. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4-4#KAPITTEL_4-4
- [122] «NS 8405:2008». Standard Norge, okt. 01, 2008. Åpnet: apr. 10, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www-standard-no.galanga.hvl.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=347202>
- [123] Langseth Advokatfirma, «Hvordan fordeles ansvaret for prosjektering i en totalentreprise?», *Fast eiendom og entrepriserett*, des. 22, 2016. Åpnet: apr. 10, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.langsethadvokat.no/avdeling/fast-eiendom-og-entrepriserett/entrepriserett/hvordan-fordeles-ansvaret-prosjektering-en-totalentreprise/>
- [124] Carl Roberts og Astrid Håve Stenersen, «Artikkelserie fra Advokatfirmaet Selmer - vederlagsformater i byggeprosjekter», i *Bygg.no - Byggeindustrien*, 2017. Åpnet: apr. 10, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1329030>
- [125] J. Seehusen, «Det hjelper lite med CO2-vennlig betong hvis bygget må rives etter 50 år: Anbefaler lengre levetid for bygg», *Tu.no*, jan. 2020, Åpnet: feb. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/det-hjelper-lite-med-co2-vennlig-betong-hvis-bygget-ma-rives-etter-50-ar-anbefaler-lengre-levetid-for-bygg-br/483391>
- [126] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (5) - § 9-2. Helse- og miljøskadelige stoffer», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, sep. 15, 2017. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-2/>
- [127] Hagen, Tore Methlie, «Fortsatt mange barrierer i veien for en sirkulær byggsektor», *COWI*, mar. 20, 2019. Åpnet: feb. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.cowi.no/om-cowi/nyheter-og-presse/kan-byggsektoren-bli-mer-sirkulaer>
- [128] T. M. Hagen, «Barriere for sirkulærøkonomi i byggsektoren fra et avfallsperspektiv», sep. 2019, s. 15. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tekna.no/contentassets/c098c4f8ea9b435cac3996e18a132ce9/hvordan-fc3a5-til-sirkulc3a6r-c3b8konomi-i-ba-bransjen.pdf>
- [129] «Lys og varme», *Norsk Folkemuseum*, U.D. Åpnet: apr. 10, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://norskfolkemuseum.no/Lys-og%20varme>
- [130] Byggenæringens Miljøsekretariat, «Veiledning til tilpasningsdyktighet». Byggemiljø. Åpnet: feb. 15, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/12/Tilpasningsdyktighet-Byggemilj%C3%B8veileder-04.11.08.pdf>
- [131] «IV Tilrettelegging for rømning og redning», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2017. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/iv/11-11/>



- [132] Anne Sigrud Nordby, Randi Lunke, og Rune Andersen, «Erfaringsrapport ombruk», Entra, Oslo, Erfaringsrapport, jan. 2021. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.futurebuilt.no/content/download/25496/147005>
- [133] S. Dyrnes mfl., *Praktisk økonomi & finans nr. 3/2010*, Nr. 3., bd. 26. Universitetsforlaget, 2010. Åpnet: feb. 22, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.idunn.no/file/pdf/43618123/pof_2010_03_pdf.pdf
- [134] Storvik, Brynjar og Vikki, Arne, «Lønnsomhet og vekst i byggebransjen. Lar dette seg forene?» Nord Universitet, des. 01, 2017. Åpnet: feb. 16, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://nordopen.nord.no/nord-xmlui/bitstream/handle/11250/2492157/Storvik-Vikki.pdf?sequence=1>
- [135] SSB, «07371: Nøkkeltall for ikke-finansielle aksjeselskaper, etter statistikkvariabel, næring (SN2007) og år. Statistikkbanken», *Statistisk Sentralbyrå*, 2019 2007. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/statbank/table/07371/tableViewLayout1/>
- [136] Direktoratet for byggkvalitet, «Unngå helse og miljøfarlige stoffer i bygg», Direktoratet for byggkvalitet, Norge, En veileder for byggherre, prosjekterende og utførende, des. 2018. Åpnet: feb. 17, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/unnga-helse--og-miljoskadelige-stoffer-i-bygg_rev_des_2018.pdf
- [137] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (01.10.1983), *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) (LOV-1981-03-13-6)*. 1981. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- [138] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (24.06.2004), *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) (FOR-2004-06-01-930)*. 2004. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930?q=avfallsforskriften>
- [139] «Kjemikalierereguleringen Reach -», *Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency*, okt. 25, 2018. Åpnet: mar. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/regelverk/reach/>
- [140] Byggeteknisk Forskrift, *Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. 2017. Åpnet: feb. 19, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggeteknisk-forskrift-tek17/9/9-2/>
- [141] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (11.09.2015), *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) (FOR-2015-09-09-1042)*, bd. Kapittel 11. Farlig avfall, § 11-3. Andre definisjoner. 2004. Åpnet: mar. 15, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_12#KAPITTEL_12
- [142] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (01.07.2004), *Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften) (FOR-2004-06-01-922)*. 2004. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922>
- [143] «Hva gjør avfall farlig? (versjon 4)», *Norsk forening for farlig avfall*, 2020. Åpnet: mai 02, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nffa.no/veiledningsmaterieill/bestill-hva-gjoer-avfall-farlig>
- [144] Miljøverndepartementet, Lovdata (09.06.2000), *Forskrift om polyklorerte bifenyler (PCB) (FOR-2000-04-17-413)*, bd. § 1. Formål, § 2. Definisjoner, §3. Forbud. 2000. Åpnet: mar. 05, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2000-04-17-413>
- [145] G. Raade, «asbest», *Store norske leksikon*. Universitetet i Bergen, Norge, jan. 26,



2020. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/asbest>
- [146] Arbeids- og sosialdepartementet, Lovdata (29.04.2005, *Forskrift om asbest (FOR-2005-04-26-362)*, bd. §6. Forbud, §7 a) e). Unntak. 2005. Åpnet: mar. 22, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2005-04-26-362>
- [147] A. K. Sakhi *mfl.*, «Miljøgifter i innemiljøet». Folkehelseinstituttet, okt. 2015. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2015/miljogifter-i-innemiljoet-pdf.pdf>
- [148] A. Stori, «klorparafin», *Store norske leksikon*. Universitetet i Bergen, Norge, feb. 14, 2009. Åpnet: mar. 24, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/klorparafin>
- [149] B. Pedersen, «bromerte flammehemmere», *Store medisinske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, des. 17, 2020. Åpnet: mar. 25, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://sml.snl.no/bromerte_flammehemmere
- [150] H. Fjellvåg, «tungmetaller», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, des. 05, 2020. Åpnet: mar. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/tungmetaller>
- [151] E. Uggerud, «polysykliske aromatiske hydrokarboner», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, mai 08, 2019. Åpnet: mar. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://snl.no/polysykliske_aromatiske_hydrokarboner
- [152] Klakegg, Ole Jonny, Svendsen, Elisabeth Krogh, Matsen, Thorbjørn, og Johansen, Øystein, «Håndbok for prosjektarbeid», Trondheim, Håndbok NTNU-99003, jun. 1999. Åpnet: feb. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2017/11/48-Handbok_i_prosjektarbeid_for_SMB.pdf
- [153] J. L. Q. Pinto, J. C. O. Matias, C. Pimentel, S. G. Azevedo, og K. Govindan, «Just in Time», i *Just in Time Factory: Implementation Through Lean Manufacturing Tools*, J. L. Q. Pinto, J. C. O. Matias, C. Pimentel, S. G. Azevedo, og K. Govindan, Red. Cham: Springer International Publishing, 2018, s. 25–38. doi: 10.1007/978-3-319-77016-1_3.
- [154] H. K. Broch, «Sentralbadet Scene. Diplom vår 2015 NTNU PROSESS & STUDIER I. Hanne Karin Broch - PDF Free Download», *DOCPLAYER*, Vår 2015. Åpnet apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://docplayer.me/50955682-Sentralbadet-scene-diplom-var-2015-ntnu-prosess-studier-i-hanne-karin-broch.html>
- [155] J. V. Thue, «armeringsstål», *Store norske leksikon*. NTNU, Norge, jul. 16, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/armeringsst%C3%A5l>
- [156] Laanke, Berit, «Betong», *SINTEF*, U.D. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/ekspertise/community/betong/>
- [157] SSB, «09247: Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype 2004 - 2019», *Statistisk sentralbyrå*, U.D. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/statbank/table/09247/tableViewLayout1/>
- [158] «Halvannet tonn PCB i betongavfall», *Statistisk Sentralbyrå (SSB)*, nov. 15, 2001. Åpnet: mar. 04, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfregnbetong/aar/2001-11-15>
- [159] C. Oddsett og G. Hopland, «Betongrehabilitering av fasader og garasjeanlegg», *NOR entreprenør*, jul. 02, 2020. Åpnet apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://norentreprenor.no/betongrehabilitering-av-fasader-og-garasjeanlegg/>
- [160] G. M. Haarberg, «korrosjon», *Store norske leksikon*. NTNU, Norge, sep. 10, 2019. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/korrosjon>
- [161] B. Kristiansen, J. Lindland, T. Østmoen, og Kompetanseutvikling i BA-næringen (prosjekt), *Betongrehabilitering: metoder og utførelse*, 1998 BA forlaget. 0305 Oslo: BA forlaget, 1998. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2010030503040
- [162] «Setningsskader», *Norges geologiske undersøkelse*, mai 08, 2019. Åpnet: feb. 26,



2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ngu.no/emne/setningsskader>
- [163] B. Pedersen, «arkimedesloven», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, nov. 18, 2020. Åpnet: feb. 26, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/arkimedesloven>
- [164] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (30.03.2020), *Forskrift om endring i avfallsforskriften (betong og tegl fra riveprosjekter) (FOR-2020-02-03-510)*, bd. Kapittel 14A. Betong og tegl fra riveprosjekter. §14a-4. Krav ved bruk av betong og fra riveprosjekter. §14a-5. Tilleggskrav ved bruk av betong og som er påført maling, murpuss m.m. 2020. Åpnet: mar. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2020-02-03-510>
- [165] «Tilstandsanalyse av byggverk - Innhold og gjennomføring», *Norsk Standard*. Standard Norge, Norge, s. 24, sep. 01, 2012. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www-standard-no.galanga.hvl.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=587800>
- [166] J. V. Thue, «hus», *Store norske leksikon*. NTNU, Norge, mar. 25, 2014. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/hus>
- [167] «Elektrokjemisk realkalisering og elektrokjemisk kloriduttrekk», Norsk forening for betongrehabilitering, Oslo, 2015. Åpnet: apr. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://betongrehabilitering.net/wp-content/uploads/2017/03/EBAB-Brosjyre-revidert_Ferdig-versjon.pdf
- [168] «Herdeteknologi». Norcem - Heidelbergcement Group, U.D. Åpnet: apr. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.norcem.no/sites/default/files/assets/document/bb/11/herdeteknologi_lav.pdf
- [169] «Disponering av betong- og teglavfall», Miljødirektoratet, Trondheim, faktaark M-14, nov. 2019. Åpnet: mai 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M14/M14.pdf>
- [170] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (01.10.1993), *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) (LOV-1981-03-13-6)*, bd. Kapittel 2, § 7. (plikt til å unngå forurensning). 1981. Åpnet: apr. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6#KAPITTEL_7
- [171] Klima- og miljødepartementet, Lovdata (13.03.1981), *Forskrift om begrenning av forurensning (forurensningsforskriften) (LOV-1981-03-13-6)*, bd. Kapittel 2. Opprydding i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeide. 1981. Åpnet: apr. 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_1-2#%C2%A72-12
- [172] «Oslo Havnelager», *Oslo Byleksikon*, U.D. Åpnet mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.oslobyleksikon.no/side/Oslo_Havnelager
- [173] Rygh, Per, Red., «vindu», *Store norske leksikon*. Papirleksikonet Store norske leksikon, Norge, feb. 20, 2018. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/vindu>
- [174] «Slik velger du riktige vinduer», *XL Bygg*, U.D. Åpnet mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.xl-bygg.no/article/velg-riktig-vindu>
- [175] B. Pedersen, «kondens», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, jun. 21, 2018. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/kondens>
- [176] «533.153 - Vinduer av PVC», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, apr. 2016. Åpnet: mar. 12, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.byggforsk.no/dokument/444/vinduer_av_pvc?gclid=Cj0KCQiAv6yCBhCLARIsABqJTjYNIhuCUObYw3ODfqAN22Ar5j95mRgX4A7bnpHu3poSBJuDpxpMiVw aAq2BEALw_wcB



- [177] Nomiko AS, «Håndtering av vinduer og isolerglass som skal gjenvinnes», Glass og fasadeforeningen, Norge, Veileder, mai 2019. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.glassportal.no/wp-content/uploads/2019/08/Avfallshandtering_av_Bygningsglass.pdf
- [178] C. W. Grøndahl, «Slik reparerer du gamle vinduer», *Bygg og Bevar*, okt. 09, 2019. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-og-doer/artikler/slik-reparerer-du-gamle-vinduer>
- [179] P. O. Fl, «Vedlikehold og levetid», presentert på Treknisk, Norge, feb. 25, 2020. Åpnet: mai 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.neso.no/Global/Kompetanseavdelingen/Kompetansepakke%20Stort%20Trebyggeri/Materiell%20seminar%202/4b%20Vedlikehold%20og%20levetid_NESO_POF.pdf
- [180] M. Boro, «Hvorfor du bør beholde de gamle vinduene», *Bygg og Bevar*, okt. 08, 2019. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-og-doer/artikler/hvorfor-du-boer-beholde-gamle-vinduene>
- [181] Alumeco, «Anvendt aluminium på historiske byggverk |», *Alumeco*, U.D. Åpnet: mar. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.alumeco.no/kunnskap-og-teknikk/generelt/ubehandlet-aluminium-i-historiske-byggverk>
- [182] T. Ligaard, «DETTE BØR DU TENKE PÅ NÅR DU VELGER VINDU», *Tore Ligaard*, mar. 14, 2021. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ligaard.net/inspirasjon-og-tips/dette-bor-du-tenke-pa-nar-du-velger-vindu>
- [183] A. T. Kampmann, «Vinduers samlede miljøbelastning», *Bygningsbevaring.dk*, Norge, forskning, U.D. Åpnet: mai 07, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.bygningsbevaring.dk/uploads/files/vinduers_livscyklusanalyse_GI_artikkel_2.pdf
- [184] «Bytte vinduer? Velg vinduer som gir deg lys og varme», *Direktoratet for byggkvalitet*. Direktoratet for byggkvalitet, Norge, 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/bygge-selv/slik-pusser-du-opp-smartere/bytte-vinduer-velg-vinduer-som-gir-deg-lys-og-varme/>
- [185] «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning (6) - § 14-3. Minimumskrav til energieffektivitet», *Direktoratet for byggkvalitet*. jan. 01, 2018. Åpnet: mar. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-3/>
- [186] R. Wilsons, «Bergensdalen for om lag hundre år siden», *Årstadposten*, Bergen, feb. 07, 2019. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.arstadposten.no/2019/02/07/bergensdalen-for-om-lag-hundre-ar-siden/>
- [187] «Mindebyen», *Mindemyren*, aug. 23, 2012. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://mindemyren.com/2012/08/23/mindebyen/>
- [188] K. Davidsen, «Lovers ikrafttredelse», *Lovdata*. Norge, aug. 10, 2016. Åpnet: mai 03, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://lovdata.no/artikkel/lovers_ikrafttredelse/1752
- [189] «Lavenergivinduer», *Enova*, des. 27, 2016. Åpnet: mai 03, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/oppgradere-huset/lavenergivindu/>
- [190] O. C. Stenby, «Varmere hus på 1-2-3», *Bygg og Bevar Enøk*, jan. 11, 2021. Åpnet: mai 03, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/enok/artikler/kaldt-gammelt-hus-slik-kommer-du-i-gang>
- [191] K. H. Sørensen og A. Margrethe, *Mellom klima og komfort: utfordringer for en bærekraftig energiutvikling*. Trondheim: Tapir akademisk forl, 2007. Åpnet: mai 03, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nb.no/search?q=oaaid%3Aoi%3Anb.bibsys.no%3A990800688984702202&>



- mediatype=b%C3%B8ker
- [192] L. Brenden, H. Bakken og J. Lie, «Argon», *Brannmannen*, OSLO BRANNKORPSFORENING, des. 24, 2006. Åpnet: mar. 15, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.brannmannen.no/fagstoff/argon/>
- [193] Bøhlerengen, Trond, «Dyre fuktskader kan forebygges», *SINTEF*, des. 15, 2016. Åpnet: mar. 17, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/dyre-fuktskader-kan-forebygges/>
- [194] «Frontex Ubehandlet». Cembrit, apr. 2016. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://media.byggjeneste.no/media/dokument/490612>
- [195] «3. Bygninger og anlegg». RIKSANTIKVARENS INFORMASJON OM KULTURMINNER, jun. 2009. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.byggogbevar.no/media/6722/infoark_363_eternitt.pdf
- [196] I. A. Mæhlum, «Eternitt på tak og vegg», *Bygg og Bevar*, feb. 11, 2020. Åpnet apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tre/artikler/eternitt-paa-tak-og-vegg>
- [197] E. Bøhmer, «cellulose», *Store norske leksikon*. Norge, mar. 05, 2021. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/cellulose>
- [198] «Ubehandlede fasadeplater av fibersement - Cembrit Construction (Frontex)», *CEMBRIT*, U.D. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.cembrit.no/bygningsplater/cembrit-construction-frontex/>
- [199] «EPD». Cembrit, apr. 25, 2016. Åpnet: mar. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://media.byggjeneste.no/media/dokument/447840>
- [200] T. Årtun og N. Nesse, «sement», *Store norske leksikon*. Arkitekturleksikon, Norge, jun. 23, 2020. Åpnet: mar. 22, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/sement>
- [201] Edgren, John, «Tester ny metode med elektrolyse for å produsere sement uten CO₂-utslipp», *Tu Energi*, okt. 14, 2019. Åpnet: mar. 22, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/tester-ny-metode-med-elektrolyse-for-a-produsere-sement-uten-co2-utslipp/476370>
- [202] «Godt dokumentert fortid - lovende fremtid», *CEDRAL*, U.D. Åpnet: mar. 23, 2021. Tilgjengelig på: <https://www.cedral.world/nb-no/about-us/fibre-cement/>
- [203] «Fasadeplate abet laminati meg 475 6x1300x3050mm grå | Maxbo Proff», *MAXBO Proff*, U.D. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://proff.maxbo.no/fasadeplate-abet-laminati-meg-475-6x1300x3050mm-gra/p~3082721>
- [204] T. Johnson, «Thermoplastic vs. Thermoset Resins», *ThoughtCo*, jan. 03, 2020. Åpnet: mar. 22, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.thoughtco.com/thermoplastic-vs-thermoset-resins-820405>
- [205] Abet Laminati, «Environmental product declaration». EPDIItaly, nov. 08, 2019. Åpnet: mar. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://export.byggjeneste.no/api/media/7cebf864-b751-4b01-a715-ca1dbcde3114>
- [206] B. Pedersen, «aluminium», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, apr. 12, 2018. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/aluminium>
- [207] Johansen, Henning, «Aluminium». NTNU, jun. 08, 2012. Åpnet: mar. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Styrkeberegning/arbeidsplan/Kompendier/Materiallaere-aluminium-kompendium-08.06.2012.pdf>
- [208] A. Gunnarsjaas, «taktekking», *Store norske leksikon*. Arkitekturleksikon, Norge, mar. 24, 2021. Åpnet: mar. 29, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/taktekking>
- [209] «544.101 - Tekking med takstein. Materialer, legging og forankring», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, Vår 2006. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online].



- Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/497/tekking_med_takstein_materialer_legging_og_forankring
- [210] «Takstein», *Bygg og Bevar Enøk*, mar. 14, 2019. Åpnet: mar. 30, 2021. [Online] Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/enok/groenne-materialvalg/taktekking/takstein>
- [211] Riksantikvaren, «Vedlikehold og gjenbruk av skifertak», *Bygg og Bevar*, jun. 09, 2020. Åpnet: mar. 30, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tak/artikler/vedlikehold-og-gjenbruk-av-skifertak>
- [212] E. Brandt og Statens Byggeforskningsinstitut; Nordtest; NBS-MK, *Materialers og komponenters bestandig hed Vurdering og prøvning*. København: Nordtest Symposium, 1988. Åpnet: mar. 30, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://danskbyggeskik.dk/Publikationer/1356%20-%20Materialers-%20og%20komponenters%20bestandighed.%20Nordtest%20symposium.%20K%C3%B8benhavn%20-%20juni%201988.pdf>
- [213] J. Chr. Krohn og S. Wærp, «571.803 - Plastmaterialer i bygg. Typer og egenskaper -», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, jan. 2009. Åpnet: mar. 30, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/579/plastmaterialer_i_bygg_typer_og_egenskaper
- [214] L. E. Helseth, «polykarbonater», *Store norske leksikon*. STORE NORSE LEKSIKON, Norge, mar. 29, 2019. Åpnet: mar. 30, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/polykarbonater>
- [215] K. Noreng, «544.203 - Asfalttakbelegg. Egenskaper og tekking», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, nov. 2011. Åpnet: mar. 31, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/504/asfalttakbelegg_egenskaper_og_tekking
- [216] «Asfalt takbelegg», *Bygg og Bevar Enøk*, mar. 14, 2019. Åpnet: mar. 31, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/enok/groenne-materialvalg/taktekking/asfalt-takbelegg>
- [217] K. Noreng, *Feltundersøkelse av ettlags takteknninger*, bd. 158–1994. Oslo: Norges byggeforskningsinstitutt, 1994. Åpnet: mar. 31, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.sintefbok.no/book/index/350>
- [218] K. Noreng, «544.202 - Takfolie. Egenskaper og tekking», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, aug. 2011. Åpnet: apr. 01, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/503/takfolie_egenskaper_og_tekking
- [219] N. Nesse, «steinkulltjære», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, feb. 07, 2020. Åpnet: apr. 01, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/steinkulltj%C3%A6re>
- [220] K. I. Edvardsen, «744.803 - Tradisjonelle torvtak», *Byggforskserien*. SINTEF Byggforsk, Norge, feb. 2017. Åpnet: apr. 01, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3360/tradisjonelle_torvtak#i52
- [221] E. jr Berner og H. Aarnes, «fotosyntese», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, mar. 25, 2021. Åpnet: apr. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://snl.no/fotosyntese>
- [222] Eivind Skaug, «Trevirkets oppbygging og egenskaper», Trefokus, Norsk Treteknisk Institutt, Norge, forskning ISSN 1501-7427, U.D. Åpnet: apr. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/40-Trevirkets-oppbygging-og-egenskaper.pdf>
- [223] E. Bøhmer og H. Aarnes, «tre – plante», *Store norske leksikon*. Universitetet i Oslo, Norge, aug. 11, 2020. Åpnet: apr. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://snl.no/tre_-



_plante

- [224] Knut Grønvold, «Tre som byggemateriale», *Nasjonal Digital læringsarena*, jan. 10, 2019. Åpnet: apr. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://ndla.no/subject:11/topic:eaf487bb-a2ad-4725-8e57-fd709dd4cade/topic:1:158644/resource:1:169558>
- [225] Solveig Firing Lunde, «Unngå tropisk tømmer», *Regnskogfondet*, U.D. Åpnet: apr. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regnskog.no/no/hva-du-kan-gjore/unnga-tropisk-tommer>
- [226] K. Olerud, «fornybare ressurser», *Store norske leksikon*. Universitetet i Bergen, Norge, aug. 20, 2018. Åpnet: apr. 13, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://snl.no/fornybare_ressurser
- [227] «Lille grønne». Trefokus, mai 2013. Åpnet: apr. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://trefokus.no/resources/Treindustriens-lille-gronne.pdf>
- [228] «Tre og brann». Trefokus, feb. 2012. Åpnet: apr. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/37-Tre-og-brann.pdf>
- [229] «By- og tettstedsutvikling». Trefokus AS, U.D. Åpnet: apr. 14, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://trefokus.no/resources/Veileder-bruk-av-tre-by-og-tettstedsutvikling.pdf>
- [230] Mycoteam AS og Riksantikvaren, «Råteskader», *Bygg og Bevar*, jul. 02, 2019. Åpnet apr. 17, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/brann/artikler/raateskader>
- [231] R. Mycoteam as, «Skadeinsekter i trevirke», *Bygg og Bevar*, jul. 02, 2020. Åpnet: apr. 17, 2021. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/brann/artikler/skadeinsekter>
- [232] L. R. Gobakken, G. Alfredsen, C. Brischke, og P. O. Flæte, *Levetid for tre i utendørs konstruksjoner i Norge: Klimatre-prosjektet*. Norge: Norsk institutt for skog og landskap, 2014. Åpnet: apr. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2440165>
- [233] F. Evans, «Trykkimpregnering». Trefokus, Treteknisk, aug. 2009. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/21-Trykkimpregnering.pdf>
- [234] «CCA impregnert treverk», *Stena Recycling Norway*, U.D. Åpnet: apr. 18, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.stenarecycling.no/kildesortering-av-avfall/farlig-avfall/cca-impregnert-treverk/>
- [235] Anders Q. Nyrud og Tina Bringslimark, «Opplevelse av trematerialer i innemiljø». Trefokus, U.D. Åpnet: apr. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: http://trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/Fokus_nr_54_JZ3zO.pdf
- [236] «Impregnert tre», *Trefokus*, U.D. Åpnet apr. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.trefokus.no/proff/artikler/materialer/tre-utendørs/impregnert-tre>
- [237] «Trevirke, trykkimpregnert», *Norsk Gjenvinning*, jan. 26, 2017. Åpnet apr. 20, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/farlig-avfall/trevirke-trykkimpregnert/>
- [238] Servicekontoret for lim og keramiske fliser og Mur-sentret, *Fliser og flislegging: kurskompendium høsten 1991*. Norge: Mur-sentret, Murbransjens forsknings- og informasjonskontor, 1991. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2011010609004
- [239] «Keramiske fliser». Mur-Sentret, 2001. Åpnet: apr. 27, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://www.sintefbok.no/book/download/1146/m7_keramiske_fliserpdf
- [240] Grønn Byggallianse og Context as, «Keramisk flis», *Bygg og Bevar Enøk*, mar. 14, 2019. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på:



- <https://www.byggogbevar.no/enok/groenne-materialvalg/gulvbelegg/keramisk-flis>
- [241] Hiroshi Nakamura, «Kamikatz Public House», *Hiroshi Nakamura & NAP*, mai 2015. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nakam.info/en/works/kamikatz-public-house/>
- [242] A. J. Nesje og C. Skaar, «Bærekraftige konstruksjoner med keramiske fliser. Livsløpsvurderinger og miljødokumentasjon. Veiledningshefte 3», Norsk Byggkeramikkforening, Norge, Veiledningshefte 3, jan. 2018. Åpnet: apr. 21, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2505923>
- [243] «Eternit® Natur HD». Cembrit, sep. 2009. Åpnet: apr. 23, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.cembrit.dk/media/4421/131-eternit-natur-hd.pdf>
- [244] Norges standardiseringsforbund, *Regler for utførelse av arbeider i armert betong*, NS 427 og NS428. Norge: Den norske ingeniørforening, 1939. Åpnet: apr. 03, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2015102208076
- [245] «Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger», *Standard.no*. Standard Norge, Norge, Antall sider: 248, okt. 01, 2018. Åpnet: apr. 27, 2021. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=997269>



9 Vedlegg

Vedlegg nr.1 - Avfallsbehandling

Vedlegg nr.2 - Avfallsmengde deponi

Vedlegg nr.3 - Driftsmargin prosent fordelt på bransjer

Vedlegg nr.4 - Kartlegging av vegger Sentralbadet

Vedlegg nr.5 - Kartlegging av vindu og gulv i Sentralbadet

Vedlegg nr.6 - Takareal

Vedlegg nr.7 - Søyler og bjelke beregning

Vedlegg nr.8 - Beregning av gulv

Vedlegg nr.9 - Avfall (tonn) i byggebransjen

Vedlegg nr.10 - Mailsamtale med talsperson på vegne av Forestia AS

Vedlegg nr.11 - ÅBF prisgivning for Arkobygg AS

Vedlegg nr.12 - Betong volum og vindusareal