

TEMAARK #6

ØKONOMISK POTENTIALE

JUNI 2021

INTRODUKTION

Cirkulær økonomi i byggeriet er et opgør med den lineære økonomi, hvor det har drejet sig om at producere, bygge, bruge – og så nedrive og få affaldet hurtigt af vejen.

Det innovative budskab i cirkulær økonomi i byggeriet er, at recirkulering kan betale sig. Men det kræver brug af nye og alternative forretningsmodeller.

**HVAD ER DET
ØKONOMISKE
POTENTIALE FOR
CIRKULÆR ØKONOMI
I BYGGERIET?**

**HVILKE CIRKULÆRE
FORRETNINGS-
MODELLER ER DER
MULIGHEDER FOR?**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

VCGB

Realdania

TEMA – ØKONOMISK POTENTIALE

Den cirkulære økonomi – de store tal

Cirkulær økonomi sigter mod gradvist at afkoble vækst fra forbruget af naturens begrænsede og ubegrænsede ressourcer. Cirkulær økonomi er et middel til at undgå produktion med primære råstoffer, samtidig med, at der eksisterer et økonomisk potentiale.

Ellen MacArthur Foundation lavede i 2015 en analyse af de økonomiske potentialer for cirkulær økonomi i Danmark ([Reference 1](#)). Et af de største potentialer blev fundet inden for byggeindustrien og bygninger, hvor der blev peget på 3 muligheder (se [Tabel 1](#)).

Mulighed	Potentiale (nettoværdi) pr. år i 2035
Industrialiseret produktion, hvor affaldet reduceres, inkl. modulært byggeri og 3D print af bygningsmoduler	3,4-4,5 Mia. DKK
Genbrug og højværdi-genanvendelse af komponenter og materialer	0,8-1,1 Mia. DKK
Deling og multibrug af bygninger	2,3-3,4 Mia. DKK

Tabel 1: Økonomisk potentiale estimeret i analyse fra 2015 ([Reference 1](#)).

For genbrug og genanvendelse blev der peget på mulige politiske virkemidler som videreudvikling af byggeregulativer, gennemførelse af uddannelsesprogrammer i hele branchen, samt støtte til etablering af materialeopgørelser (software og databanker).

I 2020 blev der udført en analyse af de miljø- og samfundsmæssige konsekvenser ved øget genbrug og genanvendelse af fire materialefraktioner ([Reference 2](#)). Her blev følgende, potentielt årlige, samfundsøkonomiske tab og gevinst beregnet ([Tabel 2](#)):

Materiale	Tagsten:
Sammenligning	80 % genbrug af tagsten og 20 % nedknusning fremfor 100% nedknusning.
Samlet årlig potentiel samfunds-økonomisk gevinst/tab	Tab på 325 mio. kr., hvis genbruget sker på markedsvilkår. Gevinst på 4,5 mio. kr., hvis der genbruges direkte på stedet.
Materiale	Stenuld:
Sammenligning	90 % genanvendelse af stenuld i ny stenuld fremfor 34 % genanvendelse af stenuld.
Samlet årlig potentiel samfunds-økonomisk gevinst	4,5 mio. kr.
Materiale	Beton:
Sammenligning	100 % genbrug af den bærende betonkonstruktion, mens ikke-bærende betonelementer nedknuses fremfor, at 100 % af al beton nedknuses.
Samlet årlig potentiel samfunds-økonomisk gevinst	345-525 mio. kr.
Materiale	Interimstræ:
Sammenligning	Genbrug af dele af interimstræet, som cirkulærer 2 gange om året, fremfor at interimstræet sendes til forbrænding.
Samlet potentiel samfunds-økonomisk gevinst	72-143 mio. kr. over træets levetid.

Tabel 2: Potentielle årlige samfundsøkonomiske tab og gevinst for 4 fraktioner. Læs nærmere om beregninger og forudsætninger i analysen. Tal kommer fra Rambøll, 2020 ([Reference 2](#)).

Værdikæder

Selvom der arbejdes på at minimere tabet af ressourcer, er det svært at opnå en 100 % udnyttelse af ressourcerne. I praksis vil der være et tab af ressourcer gennem værdikæden, og ressourcernes rejse gennem værdikæden vil være afgørende for, hvor let eller udfordrende det er at skalere.

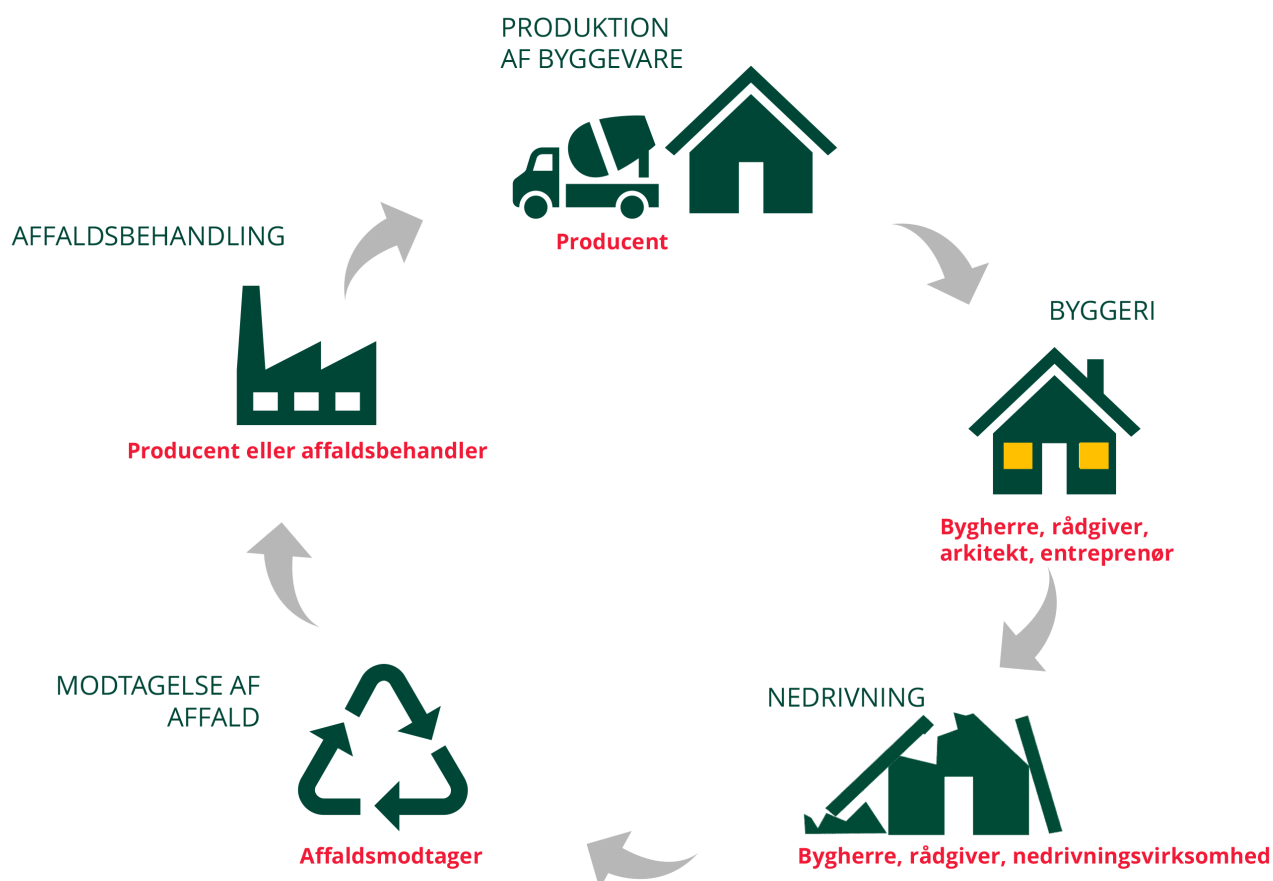
Genanvendelse

Ved genanvendelse anvendes affaldet i nedknust eller neddelt form i en ny produktion. Det nyproducerede produkt kan enten være samme produkt som oprindeligt eller et helt andet produkt.

Værdikæden inkluderer både en affaldsbehandler og en producent. I produktionen blandes og neddeles

forskellige materialer, og derved kan forskelle i materialekvalitet udjævnes i produktionsprocessen, hvilket nedsætter risikoen for tab af materialer og øger mulighederne for skalering.

Ofte bliver der tilsat jomfruelige materialer i produktionsprocessen. Se [Figur 1](#).



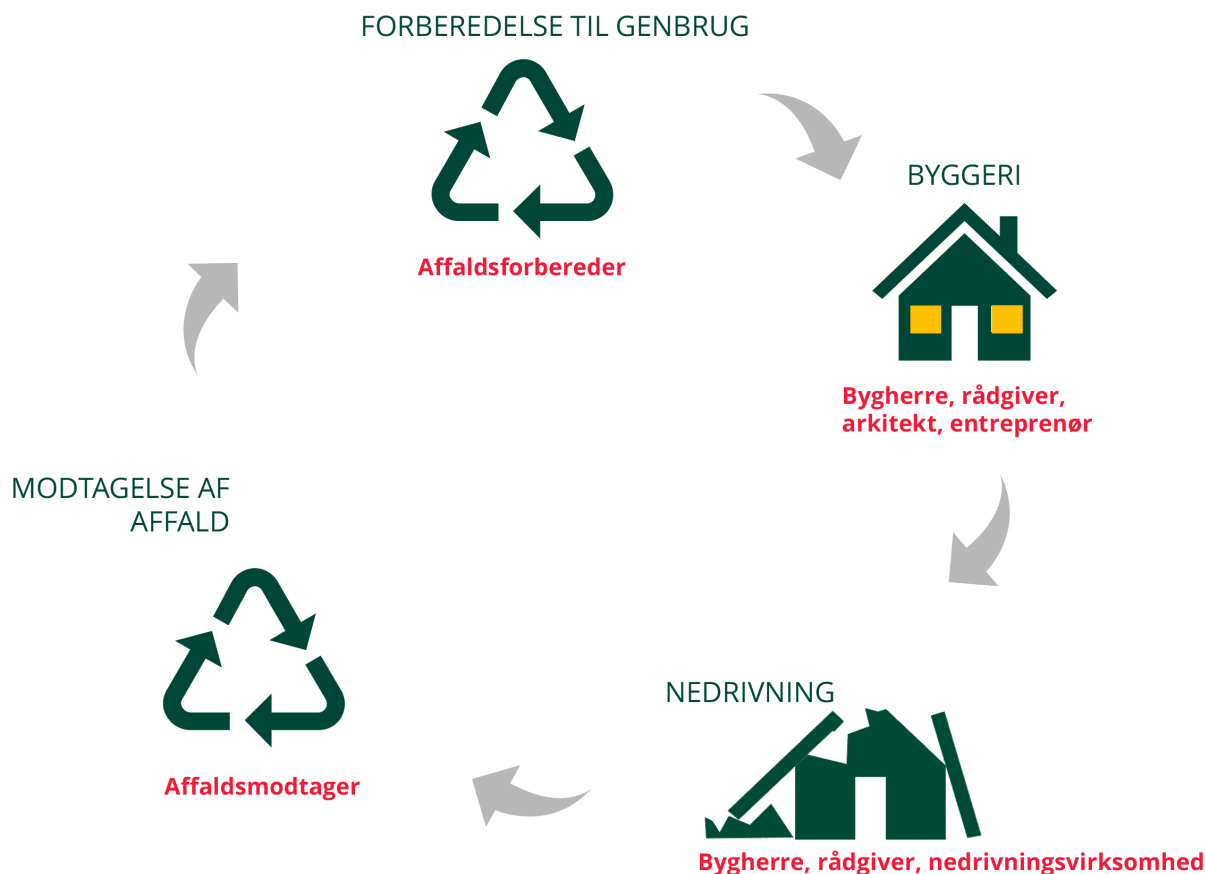
Figur 1: Værdikæde for genanvendelse. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Forberedelse til genbrug

Ved forberedelse til genbrug anvendes byggekomponenter i samme form i et nyt projekt eller byggeri. Der foregår derved ikke nogen ny produktion af et byggemateriale, men det vil være nødvendigt, at der foretages en afrensning og istandsættelse af komponenterne.

Der vil være et tab af materialer i denne proces i form af materialer, der er ødelagte enten i form af slid eller i nedrivningsprocessen.

Affaldsmottagerne kan skalere genbrugsmaterialer ved at samle dem fra mange forskellige byggerier. Se [Figur 2](#)



Figur 2: Værdikæde for forberedelse til genbrug. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

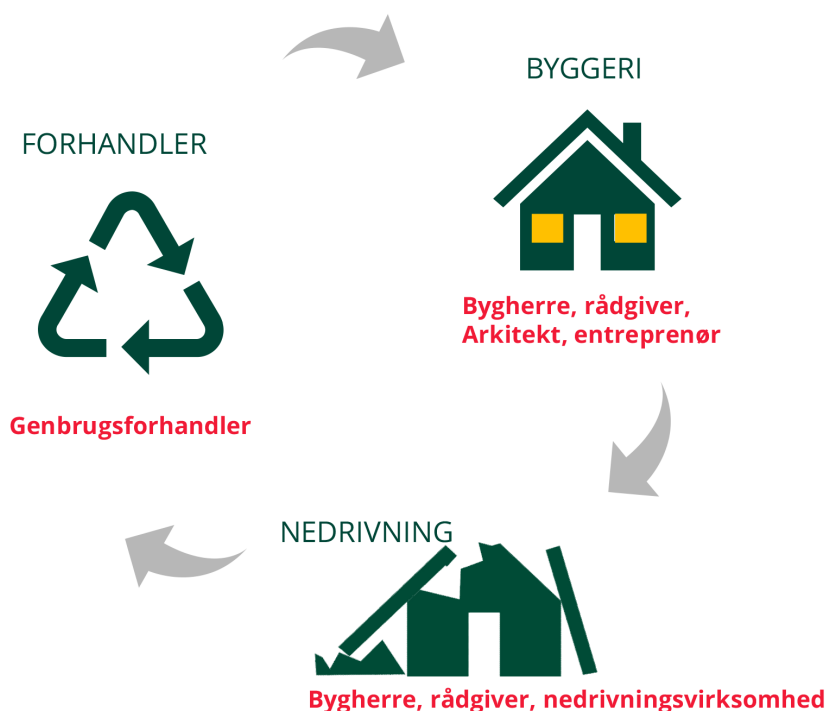
Direkte genbrug

Ved direkte genbrug er det muligt at afsætte komponenterne til direkte brug igen.

Ofte vil genbrugsmaterialerne blive solgt igennem en genbrugsforhandler, men nogle gange vil det være muligt at afsætte

direkte fra et nedrivningsprojekt til et nyt byggeprojekt.

Skaleringspotentialer for genbrug ligger også i, at der bygges med de materialer, der er tilgængelige på et givent tidspunkt. Se [Figur 3](#).



Figur 3: Værdikæde for direkte genbrug. Figuren kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Forretningsmodeller, strategier og værktøjer

Værdiskabelsen i cirkulære forretningsmodeller ligger i besparelser på en række omkostninger og miljøpåvirkninger. Dette kan være besparelser i materialer, energi, kemikalier, vedligehold eller arbejdskraft.

Stigende ressourcepriser, afgifter og grænser for CO₂-udledning er en løftestang for de cirkulære forretningsmodeller, mens høje omkostninger til indsamling, sortering, nedrivning og klargøring af materialer er en hæmsko. Samtidig er der i dag begrænsede muligheder i Danmark til at håndtere sorteringen og klargøring af ressourcerne, hvilket også udgør en barriere.

I den første rapport om cirkulær økonomi fra Ellen MacArthur Foundation ([Reference 8](#)) blev listet 3 nye forretningsmodeller med udgangspunkt i transition til en cirkulær økonomi.

- Consumer as a user (forbrugeren som brugeren)
- Performance contracts (præstationskontrakter)
- Products become a service (produkter som service)

Der er efterfølgende kommet flere modeller til, som alle udspringer fra de tre nævnte. For eksempel er leasingsmodellen ofte nævnt som en cirkulær forretningsmodel, men den bygger på produktet som service. Det samme gælder take-back ordninger, som bygger på en præstationskontrakt.

For at en cirkulær forretningsmodel skal vinde indpas, er der en række strategiske greb og værktøjer, der kan bruges. I [Tabel 3](#) ses en oversigt over forskellige typer af strategier og værktøjer, samt deres målsætning i en cirkulær kontekst.

STRATEGI OG VÆRKTØJER	MÅLSÆTNINGER
PRODUKTION, LEVETID OG DESIGN	
Byggevarer med rene forsyningskæder og optimerede recepter.	Produktion af byggevarer foregår uden brug af problematiske kemikalier og med mindst mulig brug af ressourcer.
Forlængelse af byggevarens levetid - og dermed bygningens levetid.	Længere levetid af byggevarer og byggeri vil mindske ressourceforbruget til nyt byggeri.
Tilpasning af levetid mellem produkter og bygninger.	Hvis levetiden af byggevaren overstiger levetiden af byggeriet, skal muligheder for genbrug sikres, således at ressourceforbrug mindskes.
Reparation og vedligehold af byggeprodukterne i byggeriet, fx gennem service-kontrakter og designmuligheder for at bringe et produkt up to date.	Muligheder for reparation af enkelte dele af byggeriet i stedet for udskiftning af hele bygningselementer vil mindske ressourceforbruget. Samtidig vil der være muligheder for at bruge det udskiftede produkt i et andet byggeri eller industri.
Design for disassembly og modulære bygninger.	Muligheder for at skille bygningen eller byggevaren ad efter brug, evt. i moduler, øger muligheder for genbrug og vil mindske ressourceforbruget.
FLEKSIBLE ANVENDELSER AF BYGGERIET	
Produkter som service – leasing af dele af bygningen.	Dele af bygningen udlejes, fx ventilationsanlæg og lys, hvor ressourceforbruget nedsættes som følge af en aftale om drift og vedligehold på enkelte dele af bygningen. Derudover er der muligheder for at tage anlæg og produkter retur og enten direkte genbruge i et andet byggeri/industri eller genbruge komponenter til et nyt produkt.
Fleksible anvendelser af byggeriet.	Fleksible anvendelser af en bygning sørger for, at bygningen udnyttes hele tiden, fx kontor og kantine om dagen og herberg og suppekøkken om aftenen, og dermed sparer man ressourcer til et nyt byggeri.
Tilpasning af bygningens rum over tid.	Bygningens rum kan tilpasses og ændres, så man undgår nedrivning, hvis bygningens funktion eller brugerne af bygningen ændrer sig. Derved spares der ressourcer.
Flytbare bygninger.	Flytbare bygninger har værdi ved ikke-permanente behov for bygninger. Dette muliggør genbrug af hele bygninger, hvorved der spares ressourcer.

Tabellen fortsætter på næste side

GENBRUG OG GENANVENDELSE	
Genbrug i byggeriet.	Genbrug af byggevarer vil spare ressourcer til produktion af nye byggevarer.
Brug genbrugsbyggematerialer i andre brancher – fx landskabsarkitektur.	Byggevarer kan genbruges til andre formål end byggeri, hvilket vil spare ressourcer, der hvor byggevarerne erstatter nye materialer.
Genanvendelse af affald fra byggeriet eller andre sektorer.	Affald fra byggeriet kan bruges i produktionen af nye byggevarer – genanvendelse – hvor de erstatter nye materialer. Affald fra andre sektorer kan på samme måde bruges i produktion af nye byggevarer.
Deleplatforme.	Platforme, der samler affaldsmaterialer og genbrugsmaterialer fra mange steder, vil øge mulighederne for skalering. Deleplatforme kan understøtte en række andre forretningsmodeller.
Kontrakt med fremtidig aftager.	Der indgås en kontrakt med fremtidig aftager af materialerne i en bygning, allerede når bygningen bygges for at sikre en optimal ressourceanvendelse efter endt brug.
Indsamlingsordninger.	Ordninger, der fysisk indsamler affald og genbrugsmaterialer fra en række forskellige steder, gør at materialerne kan bruges igen, og derved spares der på ressourcerne.
Pantordninger samt tilbagetagnings- og returordninger	Ordninger, hvor producenten eller en anden tager enten brugte byggevarer eller overskudsbyggevarer retur for at bruge dem igen, sparer på ressourcerne.
DIGITALISERING	
Intelligente data (fx big data og IoT).	Indsamling af data om hvordan et produkt/bygning bliver anvendt kan bruges til optimere produktet eller bygningen med ressourcebesparelser til følge.
Materiale- og bygningspas.	En digital samling af data om henholdsvis byggevarer og bygning kan optimere drift og nedrivning af bygningen.
En digital byggeproces.	En digital udgave af byggeprocessen via BIM styrker samarbejdet i byggeprocessen og sporbarheden af materialet med ressourcebesparelser og ressourceoptimering til følge.

Tabel 3: Mulige strategier for cirkulær økonomi i byggeriet. Tabellen er sat sammen på baggrund af oplysninger i blandt andet [Reference 3](#) og [Reference 4](#).

FOKUS PÅ

Designstrategier er en vigtig parameter

Designstrategier er en væsentlig parameter inden for cirkulær økonomi i byggeriet. Der eksisterer en række indsatsområder inden for det cirkulære design, hvilket kan ses på figur 4.

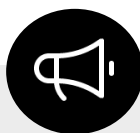


EKSEMPEL

Forlængelse af levetid

Fischer Lighting har udviklet en patenteret LED-retrofit metode, som gør det lettere og billigere at opdatere gammel belysning til ny og miljøvenlig LED-teknologi ved at

indsætte en speciallavet indsats i de eksisterende armaturer, således at det eksisterende armatur kan beholdes. Dette reducerer mængden af affald ved at forlænge levetiden på store dele af det eksisterende armatur ([Reference 9](#)).



VÆR OPMÆRKSOM PÅ

En materialeplatform skal nedbryde barrierer i den cirkulære økonomi

Der er fortsat barrierer i den cirkulære økonomi, der betyder, at markedet er umodent. En væsentlig barriere er, at det er svært at skalere.

En materialebank i form af en digital markedsportal er en metode til at samle og skalere genbrugsmaterialer, men da markedet fortsat er umodent, er der en række opmærksomhedspunkter ved denne løsning. En undersøgelse i 2020 ([Reference 6](#)) viste at:

- En markedsportal skal ikke blot facilitere en handelssituation, men skal også bibringe den faglige dokumentation af kvaliteten af materialerne.

- Hvis en markedsportal indeholder oplysninger om miljøgevinster, fx i form af CO2-besparelser, er det væsentligt, at det er transparens omkring, hvordan disse gevinster er beregnet.
- En markedsportal skal bidrage til sporbarhed af materialerne.
- En markedsportal skal kunne bruges som planlægningsværktøj for sit cirkulære byggeri.
- En markedsportal skal fungere som bindeled mellem de forskellige aktører i værdikæden og skal engagere nye aktører i den cirkulære økonomi.

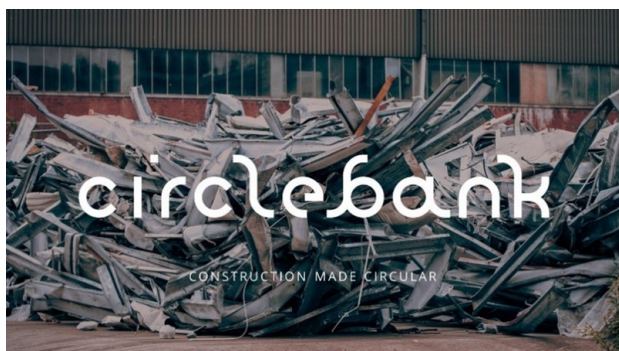
Indsatsområde	Det vil sige
Brug genanvendte og genanvendelige materialer	Overvej hvilke materialer, der bedst lever op til genanvendelighed og hvilke genbrugte materialer, der kan benyttes
Simplificer	Minimer antallet af forskellige materialer, komponenter og samlinger
Undgå giftige og farlige materialer	Undgå materialer, der er sundhedsskadelige eller på anden måde skadelige for mennesker og miljø
Brug samme materialer	Udfør dele, der ikke kan skilles ad i samme materiale og undgå overfladebehandling
Identificer og bevar oplysninger	Identificer indholdet i materialer og komponenter i materiale- og bygningspas
Brug genanvendelige samlinger	Brug mekaniske og ikke kemiske samlinger. Og design dem, så de kan genanvendes
Undgå specialdesign	Brug åbne byggesystemer, præfabrikerede produkter og almindeligt værktøj
Benyt modulært design og standarder	Brug modulære byggelementer
Benyt parallel adskillelse	Adskil bærende strukturer fra bekledning
Sikr nem adgang til samlinger	Giv adgang til alle dele og samlinger, og design efter byggeriets forskellige livscyklusser, så komponenter med en lang levetid ikke dækker for komponenter med kort levetid.
Benyt enkel håndtering af komponenter	Gør det enkelt og let at vedligeholde ved at gøre komponenter enkle at komme til, finde reservedele til, osv..

Figur 4: Oversigt over designstrategier. Figuren kommer fra Circle House Lab, 2020 (Reference 5).

EKSEMPEL

Circle Bank

I et Grand Solutions-projekt igangsat i 2021, finansieret af Realdania og Innovationsfonden, Circle Bank, skal der etableres et beslutningsstøtteværktøj for det cirkulære byggeri, hvor brugte materialer kan udveksles. Platformen bygger på forskning, viden og praksis i det cirkulære byggeri og skal binde værdikæde og aktører sammen (Reference 7).



Figur 5: Circle bank er et beslutningsstøtteværktøj for det cirkulære byggeri. Billede kommer fra Circle Bank, 202. Fotograf: Thomas Sinding.

Muligheder for aktører i den cirkulære proces

I den cirkulære værdikæde er samarbejde og partnerskaber mellem aktører et vigtigt nøgleord, og ingen aktør vil kunne løfte den cirkulære dagsorden alene.

De cirkulære forretningsmodeller giver de enkelte aktører flere muligheder:

Bygherren har mulighed for at få et mere fleksibelt og byggeri og anvendelser af byggeriet ved brug af cirkulære løsninger, som med fordel kan kombineres med digitale løsninger. En del gevinster opnås allerede i driftsfasen, hvor reparation, vedligehold og ændringer af byggeriet vil være lettere. Samtidig har bygherren mulighed for at stille krav gennem udbud, således at det

sikres, at de ønskede løsninger rent faktisk bliver realiseret.

Materialeproducenten har mulighed for at optimere byggevarerne og for at få deres produkter tilbage, så de kan indgå i en ny produktion. Producenten kan også udvikle produkterne, således at der kan indgå affaldsstrømme fra andre industrier eller sektorer i produktionen. Desuden kan producenten udvikle produkter efter design for disassembly, således at produktet nemmere kan indgå i en materialebank.

Ingeniøren har muligheder for nye typer rådgivning med fokus på teknisk og digital udvikling af forskellige cirkulære løsninger.

Arkitekten har muligheder for nye typer af designstrategier, både ift. det fleksible byggeri, men også ift. genbrugs- og genanvendte materialer.

Entreprenøren har muligheder i den praktiske udførelse ved opbygning og nedrivning af byggeriet. Mulighederne ligger især i indsamlingsordninger for forskellige

typer affald, der kan afsættes til andre aktører, fx affaldsmodtageren eller genbrugsforhandleren.

Nedriveren har muligheder for at anvende og udvikle metoder til en skånsom nedrivning og for at afsætte genbrugsmaterialerne.

Affaldsmodtageren og *affaldsbehandleren* har mulighed for at samle og oparbejde affaldet til nye sekundære materialer.

Genbrugsforhandlere og *byggemarkeder* har muligheder for at afsætte brugte materialer uden videre forarbejdning.

Transportørens rolle har generelt ikke haft stor opmærksomhed i den cirkulære diskussion. Men disse er ofte bindeleddet mellem forskellige aktører i værdikæden og har en rolle i at sikre materialernes sporbarhed og i at opnå en miljøvenlig logistik.



OPSUMMERING

En analyse fra 2015 estimerede det økonomiske potentiale for cirkulær økonomi i byggeindustrien og bygninger. Denne kom frem til, at genbrug og højværdi-genanvendelse af komponenter og materialer kan medføre en nettoværdi på 0,8-1,1 Mia. DKK pr. år i 2035.

Det vurderes, at dette potentiale ikke i 2021 er indfriet i høj grad, men at branchen har rykket sig en del mod cirkulær økonomi i byggeriet.

Hvilke forretningsmodeller er der muligheder for?

En del cirkulære forretningsmodeller handler om at gøre produktionen af byggematerialerne og designet af byggeriet mere effektivt og fremtidssikret, således at materialerne kan bruges igen efter endt brug. Cirkulære forretningsmodeller inden

for genbrug og genanvendelser, som i dag tager afsæt i det eksisterende byggeri, vil således også blive mere effektive i fremtiden. Fremtidssikrede byggerier med fleksible anvendelser er også et væsentligt element i at forebygge, at affald opstår.

Manglende viden

En række publikationer præsenterer forskellige cases med forretningsmodeller. Men der mangler viden om hvor ofte disse tages i anvendelse, og hvordan de kan udbredes og skaleres.

En opdateret og mere detaljeret undersøgelse om skalering af cirkulære forretningsmodeller samt af det økonomiske potentiale ved forskellige delelementer af den cirkulære økonomi.

REFERENCER

[Reference 1](#): Potential for Denmark as a circular economy. Ellen MacArthur Foundation, 2015.

[Reference 2](#): Cirkulær økonomi i byggeriet. Analyse af potentialer ved øget genbrug og genanvendelse af byggeaffald. Udført af Rambøll for Trafik, Bygge og Boligstyrelsen, 2020.

[Reference 3](#): Green paper om forretningsmodeller. Circle House Lab, 202.

[Reference 4](#): Det cirkulære byggeri, scenarier, trends og forretningsmodeller. Foreningen for byggeriets samfundsansvar, 2017.

[Reference 5](#): Green paper om design for adskillelse. Circle House Lab, 2020.

[Reference 6](#): Markedsportaler for genbrug og genanvendelse af byggeaffald - spørgeundersøgelse. Teknologisk Institut, 2020.

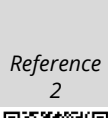
[Reference 7](#): Circle Bank Projekt.

[Reference 8](#): Towards the circular economy vol1. Ellen MacArthur Foundation, 2013.

[Reference 9](#): Case om Fischer Lighting. Fischer Lighting ApS -



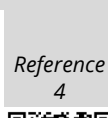
Reference
1



Reference
2



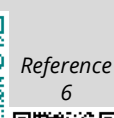
Reference
3



Reference
4



Reference
5



Reference
6



Reference
7



Reference
8



Reference
9