

Cirkulær økonomi i byggeriet



Syv temaark og et perspektiveringsnotat

Perspektiveringsnotat

for cirkulær økonomi i byggeriet

Bygge- og anlægsbranchen er den største affaldsproducent i Danmark, hvilket gør byggeaffald til en væsentlig ressource for fremtidens byggeri. Omstillingen fra en lineær til en cirkulær økonomi i byggebranchen er derfor afgørende for at mindske miljøpåvirkningen, bevare ressourcer og reducere forbruget. I cirkulær økonomi ligger der en ambition om konstant at reducere ressourceforbruget yderligere: cirkulær økonomi bør derfor forstås som en kontinuerlig bevægelse og udvikling mod stadig mere ressourceeffektive løsninger, frem for som et fast mål. Dette perspektiveringsnotat har bl.a. til formål at inspirere til en dybere dialog og styrke beslutningsprocesser og strategier blandt byggebranchens aktører, der fremmer en bæredygtig udvikling i branchen.

Status, trends og perspektiver

Udarbejdet af Teknologisk Institut,
Byggeri og Anlæg ved Seniorspecialist
Stefania Butera med finansiering fra
den filantropiske forening Realdania.

Kvalitetssikring:

Anke Oberender, Seniorspecialist og
Martha Katrine Sørensen, Sous-chef,
Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg.

Juli 2024

Resultater af Institutets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder f.eks. vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

Indhold

1. Baggrund og formål	4
2. Grundlæggende begreber	5
3. Status	6
3.1. Det vi ved og kan arbejde med	6
3.2. Det vi skal blive klogere på	9
4. Overordnede trends og perspektiver	10
4.1. Cirkulær økonomi, klima, bæredygtighed	10
4.2. Beregningsmetoder	10
4.3. Fokus på genbrug og højkvalitetsgenanvendelse	11
4.4. Materialeflow på tværs af sektorerne	12
4.5. Behov for data, sporbarhed og dokumentation	12
4.6. Digitalisering og automatisering	13
4.7. Fokus på bevaring	13
4.8. Behov for skalering	14
4.9. Skadelige stoffer	14
4.10. Miljøpåvirkninger fra byggepladser	14
4.11. Regenerativt byggeri	15
4.12. Undersøgelser af den samlede bygningsmasses potentiale	15
4.13. Sortering og adskillelse af materialer	15

1. Baggrund og formål

Bygge- og anlægsbranchen er den største kilde til affald i Danmark, og dette affald repræsenterer en væsentlig ressource for fremtidigt byggeri. Samtidigt bygger vi mere og mere, og vores ressourceforbrug har været stigende. Det er derfor vigtigt at sikre optimal håndtering af byggeaffaldet samt at undersøge potentialet for at anvende affald fra andre sektorer som nye byggematerialer – det er med andre ord nødvendigt at omstille vores lineære forbrugs-model til en cirkulær økonomi. Cirkulær økonomi i byggeriet repræsenterer et paradigmeskifte fra den traditionelle lineære model, hvor materialer udvindes, bruges og derefter bortskaffes, til en model, hvor ressourcer bevares i videst muligt omfang. I cirkulær økonomi ligger der en ambition om konstant at reducere ressourceforbruget yderligere: cirkulær økonomi bør derfor forstås som en kontinuerlig bevægelse og udvikling mod stadig mere ressourceeffektive løsninger, frem for som et fast mål.

Efter aftale med Realdania har Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg i april til juni 2024 opdateret de syv temaark om cirkulær økonomi i byggeriet, som blev udgivet første gang i 2021. Formålet med temaarkene er at skabe overblik over vidensniveauet og data indenfor de syv udvalgte aspekter af cirkulær økonomi i byggeriet:

- Temaark 1. Affald som ressource
- Temaark 2. Byggeriet som ressourcebank
- Temaark 3. Brug af råstoffer i byggeriet
- Temaark 4. Skadelige stoffer og problematisk affald
- Temaark 5. Klimagevinst ved genbrug og genanvendelse
- Temaark 6. Økonomisk potentiale, strategier og forretningsmodeller
- Temaark 7. Lovgivning og rammevilkår

I starten af hvert temaark stilles to centrale spørgsmål inden for emnet, som besvares til sidst i temaarket. Temaet uddybes undervejs gennem en række underemner, herunder fremhæves centrale tal i afsnit om de store tal. Temaarkene er lavet ud fra tilgængelig viden, og der er ikke dannet ny viden undervejs. En vigtig del af opgaven har også været at identificere huller i den eksisterende viden. Temaarkene kan også bruges som opslagsværk, og de kan bruges både tilsammen eller hvert for sig. Målgruppen for temaarkene er aktører i byggeriet, som ikke er eksperter inden for cirkulær økonomi, men som har et vidst kendskab til området.

Formålet med dette notat er at opsummere de væsentligste punkter fra de syv temaark, gøre status over hvad vi ved, og hvad vi ikke ved omkring cirkulær økonomi i byggeriet i Danmark, identificere de vigtigste trends og sætte dem i perspektiv.

2. Grundlæggende begreber

En vigtig forudsætning for forståelse af temaarkene og nuværende notat er, at læserne har kendskab til en række grundlæggende begreber. Disse gennemgås i det følgende.

En **cirkulær økonomi** er en model for forbrug og produktion, hvor produkters livscyklus er udvidet, spild minimeret, og bevaring af ressourcer fremmet. Dette sker primært via et bedre miljøvenligt design, der gør det nemmere at reparere og genbruge gamle produkter, en forbedret holdbarhed, bedre affaldshåndtering og genanvendelsesmuligheder, og nye forretningsmodeller baseret på leasing, deling, reparation og genbrug. Cirkulær økonomi står i modsætning til den traditionelle økonomi med nyindkøb og en 'brug-og-smid-væk'-kultur.

Centrale begreber, der understøtter cirkulær økonomi, er genbrug, forberedelse til genbrug, genanvendelse, nyttiggørelse:

- **Genbrug:** Enhver operation, hvor produkter eller komponenter, der ikke er affald, bruges igen til samme formål, som de var udformet til. Et eksempel kunne være en dør, der tages ud af en bygning og genbruges uden forarbejdning i en anden bygning.
- **Forberedelse til genbrug:** Enhver nyttiggørelsesoperation i form af kontrol, rengøring eller reparation, hvor produkter eller produktkomponenter, der er blevet til affald, forberedes, således at de kan genbruges uden anden forbehandling. Et eksempel kunne være mursten, som nedtages skånsomt, rengøres for mørtel vha. både maskiner og manuelt arbejde, sorteres og sælges igen med samme formål i en anden bygning.
- **Genanvendelse:** Enhver form for nyttiggørelse, hvor affaldsmaterialer omforarbejdes til produkter, materialer eller stoffer, uanset om de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål. Heri indgår omforarbejdning af organisk materiale, men ikke energjudnyttelse og omforarbejdning til materialer, der skal anvendes til brændsel eller til opfyldningsoperationer. I branchen skelner man mellem højkvalitets- eller lavkvalitetsgenanvendelse ud fra tekniske, miljømæssige eller økonomiske aspekter.
 - o Et eksempel af højkvalitetsgenanvendelse for beton er teknologier, der muliggør både genanvendelsen af den knuste beton som tilslag i ny beton, men også genanvendelsen af de ultrafine beton partikler som erstatning for cement.
 - o Et eksempel af lavkvalitetsgenanvendelse for beton genanvendelsen af den grove fraktion af den knuste beton som tilslag i ny beton, hvor den fine fraktion ikke har nogen nyttig anvendelse.
- **Materialenyttiggørelse:** Enhver operation, hvis hovedresultat er, enten at affald opfylder et nyttigt formål ved at erstatte anvendelsen af andre materialer, der ellers ville være blevet anvendt til at opfylde en bestemt funktion, eller at affaldet bliver forberedt med henblik på at opfylde den bestemte funktion i anlægget eller i samfundet generelt. Et eksempel af materialenyttiggørelse af den mineralske fraktion af byggeaffaldet er dens anvendelse i knust form som ubundne bærelag under veje. Det knuste materiale bruges som erstatning for jomfruelige råstoffer som grus og sand i vejbyggeri. Dette er et praktisk eksempel på materialenyttiggørelse, hvor affaldsmaterialer får en ny anvendelse i stedet for at blive deponeret. Forskellen mellem materialenyttiggørelse og egentlig genanvendelse ligger i, at det ved genanvendelse omdannes materialet til nye produkter, mens materialenyttiggørelse ofte indebærer en form for sidste anvendelse, som i tilfældet med vejfyld, hvor materialet ikke nødvendigvis kan genbruges yderligere.

3. Status

3.1. Det vi ved og kan arbejde med

Danmark har gjort betydelige fremskridt inden for cirkulær økonomi i byggeriet: der er stigende bevidsthed om vigtigheden af at genbruge og genanvende byggematerialer, samt bevare eksisterende byggeri for at reducere miljøpåvirkningen og bevare ressourcer. Flere initiativer, både på nationalt og EU-niveau, har været med til at skabe rammer og incitamenter for en mere cirkulær byggepraksis. Selektiv nedrivning er blevet en central metode til at maksimere udnyttelsen af materialer fra nedrivningsprojekter. Der er også indført klimakrav, som kræver dokumentation af livscyklusvurderinger for nye bygninger, hvilket fremmer brugen af genanvendte materialer.

På trods af den positive udvikling, er der stadig lang vej til at opnå fuld cirkularitet i byggesektoren. Bygge- og anlægsaffald udgør en betydelig del af det samlede affald i Danmark, hvor kun 36% genanvendes, og en stadig ubetydelig del genbruges direkte. Dette efterlader et stort potentiale for øget genbrug og genanvendelse via bl.a. forbedret affaldssortering. Den danske bygningsmasse er vokset markant siden 1986 og repræsenterer en betydelig ressourcebank, men vi mangler viden om hvilke materialer, den består af. Danmark er stort set selvforsynende med mineralske råstoffer, men der er pres på arealudnyttelsen, hvilket betyder, at der på sigt kan forventes mangel på råstoffer. Cirkulær økonomi kan kun erstatte en lille del af det samlede råstofforbrug, da vi bygger betydeligt mere end vi genererer mineralsk byggeaffald. Skadelige stoffer som PCB og asbest i bygninger udgør stadig en stor udfordring for genbrug og genanvendelse, og der er behov for bedre teknologier til fjernelse af disse stoffer. Genbrug og genanvendelse af byggematerialer kan medføre betydelige CO₂-besparelser samt økonomiske gevinster, men der mangler stadig kommercialisering og skalering af disse løsninger. Lovgivning på både nationalt og EU-niveau har taget nogle vigtige skridt mod cirkularitet i byggeriet, men yderligere tiltag er nødvendige, f.eks. konkrete mål og krav og økonomiske incitamenter.

De vigtigste resultater fra de syv temaer uddybes i det følgende:

Temaark 1. Affald som ressource

- Bygge- og anlægsbranchen genererer lidt over 5 mio. tons affald årligt, svarende til 40% af alt affald i Danmark.
- 36% af bygge- og anlægsaffaldet genanvendes, 52% nyttiggøres (f.eks. i knust form under veje), 7% forbrændes, og 5% deponeres.
- Et første estimat for direkte genbrug indikerer, at 13.000 tons byggematerialer blev genbrugt i 2021, svarende til ca. 0,25% af det årlige byggeaffald.
- Der er stadig et stort potentiale for at forbedre kvaliteten i den måde vi håndterer bygge- og anlægsaffald ved at fokusere på høj kvalitetsgenanvendelse samt genbrug.
- Der er potentiale for at genanvende flere millioner tons affald årligt, inkl. affald fra andre sektorer.

Temaark 2. Byggeriet som ressourcebank

- Bygningsarealet i Danmark er steget med knap 50% fra 1986 til 2024, og består nu af over 2 millioner bygninger og næsten 850 mio m².
- Estimeret nedrivning er 1,7 mio. m² om året, med enfamiliehuse som den største kategori. Dog mangler der præcise tal om hvor meget og hvad der rives ned.
- Selektiv nedrivning, hvor materialer adskilles og sorteres under nedrivningen, bliver et krav fra juli 2024.
- Bygninger indeholder typisk materialer som beton, tegl, træ, glas, metal, gips, mineraluld og plast. Ældre bygninger, især dem bygget før 1950, har betydeligt ressourcepotentiale på grund af holdbare materialer, der kan skilles ad og genbruges, samt pga. de forholdsvis få skadelige stoffer, som blev brugt før 1950.

Temaark 3. Brug af råstoffer i byggeriet

- Der blev indvundet 27 mio. m³ mineralske råstoffer på land (bl.a. sand, ler, kalk og kridt) og 11 mio. m³ fra havet (bl.a. sand, grus og ral) i 2022 i Danmark.
- Danmark er i øjeblikket stort set selvforsynende med mineralske råstoffer. Disse bruges til produktion af byggematerialer.
- Indvinding af råstoffer bliver sværere på sigt, da mineralske råstoffer er en ufornybar ressource, samt pga. pres på arealanvendelsen. Det er i 2013 estimeret, at der er 14-43 års forbrug tilbage i de udlagte graveområder. Dette estimat skal dog ikke forstås som et udtryk for, hvor mange års indvinding, der reelt er tilbage, da der fortsat kan udlægges nye indvindingsområder, både på land og på hav. Dette er dog problematisk, idet det kan generere konflikter omkring arealanvendelsen.
- Lokal tilgængelighed af mineralske råstoffer er vigtig, da de er dyre at transportere. I Østdanmark opleves i højere grad mangel på råstoffer end i Vestdanmark, men der opleves mangel på stenfraktioner til produktion af beton i det meste af landet.
- Data viser et stigende råstofforbrug i Danmark siden 2010. Efterspørgslen på råstoffer forventes dog at forblive stabilt på national plan (omkring 39-40 mio. m³/år) frem til 2040, men at stige globalt.
- Selvom genanvendelse forventes at få større betydning i fremtiden, kan cirkulær økonomi kun erstatte en lille del (omkring 9 %) af det samlede behov for råstoffer i byggeriet.

Temaark 4. Skadelige stoffer og problematisk affald

- I 2021 blev der genereret knap 120.000 tons farligt affald fra byggeriet, herunder beton/mursten indeholdende skadelige stoffer, asbestholdige materialer mm.
- Centrale skadelige stoffer inkluderer PCB, asbest, tungmetaller, klorparaffiner og PAH'er. PFAS har også for nyligt fået stor opmærksomhed, men er endnu ikke reguleret i byggeriet.
- Forskellige skadelige stoffer er blevet brugt i forskellige tidsperioder i byggematerialerne, og deres tilstedeværelse kan påvirke indeklima, arbejdsmiljøet og/eller det eksterne miljø ifm. både brug af bygninger, renovering og affaldshåndtering. Derudover kan de mindske ressourcepotentialer i affaldet.
- Det er et centralt princip i dansk lovgivning, at skadelige stoffer skal fjernes før nedrivning. I produktion af nye byggematerialer er det vigtigt at overvåge og regulere brugen af kemikalier for at undgå at gentage fortidens fejl.
- Der er fra EU's side fokus på asbest, både ift. at fjerne asbest fra bygninger i størst muligt omfang, men også ift. at reducere deponering af asbestaffaldet og fremme teknologier, der kan nedbryde asbestfibre, så behandlede asbestholdige materialer kan genbruges og genanvendes, og behandling af asbestaffald sker i overensstemmelse med affaldshierarkiet.

Temaark 5. Klimagevinst ved genbrug og genanvendelse

- Potentiale for CO₂-besparelser ved øget genbrug og genanvendelse af byggematerialer i Danmark estimeres i de seneste undersøgelser at være 520.000 [ved optimering for genanvendelse] og 755.000 tons CO₂/år [ved optimering for genbrug], svarende til hhv. 1,2 og 1,7 % af de danske drivhusgasudledninger inden for Danmarks grænser.
- If. Circularity Gap rapport er klimabesparelsepotentialet for cirkulære strategier i byggesektoren 12% [vha. cirkulære byggematerialer og lokale, bio-baserede materialer samt øget boligbebyggelsen og multifunktionelle bygninger].
- Livscyklusvurderinger [LCA] viser, at byggematerialernes indlejrede klimaaftryk ofte er 2-4 gange højere end påvirkningerne fra driftsenergiforbruget.
- Der kan opnås betydelige klimabesparelser ved genbrug og genanvendelse af byggeaffald, med de største besparelser typisk i forbindelse med genbrug. Genanvendelse indebærer en ny produktionsproces, typisk med energi- og materialeforbrug samt et vist materialetab, hvilket ikke nødvendigvis altid fører til en klimabesparelse.
- Genbrug af beton kan medføre væsentlige CO₂-besparelser, men resultaterne vedr. genanvendelse af beton kan variere betydeligt afhængigt af betonens kvalitet, recepter og transportafstande.
- Selvom der pt. er et stort fokus på klima, kan miljøgevinsterne ved cirkulær økonomi ikke reduceres til kun CO₂-besparelser: andre miljøpåvirkninger såsom nedbrydning af ozonlag, biodiversitet, forsurening, øko- og humantoksicitet samt ressourceforbrug er også væsentlige i en bæredygtighedsbetragtning.

Temaark 6. Økonomisk potentiale, strategier og forretningsmodeller

- Det økonomiske potentiale ved øget genbrug og genanvendelse af byggematerialer estimeres i de seneste undersøgelser at variere mellem et 750 mio. kr./år tab [ved øget genanvendelse] og en 860 mio. kr./år gevinst [ved øget genanvendelse og en prioritering af direkte genbrug].
- Øgede ressourcepriser samt politiske virkemidler ligesom råstof- og CO₂-afgifter og CO₂-udledningsgrænser kan være med til at fremme cirkulære forretningsmodeller. Til gengæld er høje omkostninger til indsamling, sortering, nedrivning og klargøring af materialer en barriere.
- Forretningsmodeller som leasing, take-back ordninger og præstationskontrakter kan fremme cirkulær økonomi ved at reducere ressourceforbruget og fremme genanvendelse. Værktøj som en risikofond og en materialeplatform kan også hjælpe med at nedbryde barrierer i den cirkulære økonomi.
- Byggeriets værdikæde er kompleks og fragmenteret og omfatter en række aktører, deriblandt bygherre, materialeproducent, ingeniør, arkitekt, entreprenør, nedriver, affaldsbehandler, genbrugscenter, genbrugsforhandler, transportør og materialebørs.
- En afgørende barriere for den cirkulære omstilling af byggebranchen er, at storskala og kommercialisering af cirkulære løsninger generelt endnu udestår. Med den nuværende praksis er det dyrere og mere besværligt at arbejde efter cirkulære principper sammenlignet med den konventionelle tilgang. Der er behov for volumen og skalering af løsninger for fuld transformation.

Temaark 7. Lovgivning, strategier og rammevilkår

- Nøglelovgivninger, der påvirker cirkulær økonomi i byggeri inkluderer kemikalie-, bygge- og affaldslovgivning. Disse reguleres både på EU- og på nationalt plan.
- Ny lovgivning om selektiv nedrivning fra 2024 med krav om bl.a. ressourcekortlægning forventes at understøtte bedre udnyttelse af ressourcer fra byggeriet.
- Klimakrav i bygningsreglementet fra 2023 sigter imod at reducere bygningers klimaaftryk.
- Eksisterende lovgivning repræsenterer stadig en barriere som hæmmer cirkularitet i byggeriet, bl.a. pga. manglende konkrete mål og krav [f.eks. cirkulært design, brug af gen-brugsmaterialer] samt økonomiske incitament.
- Der bliver arbejdet på en række indsatser, der kan understøtte cirkulær økonomi, bl.a. stramning af klimakrav, udarbejdelse af nye standarder, EU End-of-Waste kriterier for byggeaffald, revision af EU-byggevarerforordningen, EU-taksonomi mm.

3.2. Det vi skal blive klogere på

En gennemgående problemstilling, der blev tydeligt under udarbejdelsen af samtlige temaark var data-mangel. Dette er uddybet i det nedenstående:

- Data for affaldsmængderne er usikre og i nogle tilfælde aggregeret i kategorier, der omfatter flere fraktioner [f.eks. blandinger af beton, mursten, tegl og keramik]. Dertil kommer usikkerheder om hvor meget, der kan udsorteres og hvad kvaliteten af materialerne er ift. byggeriet.
- Der findes ikke opgørelser, der viser præcist hvor mange råstoffer, der er tilbage. Dette skyldes, at muligheden for at indvinde råstoffer afhænger af den måde, arealerne bliver anvendt på, og arealanvendelsen er en prioritering, hvor indvinding af råstoffer skal sammenholdes med andre måder at bruge arealerne på, f.eks. natur, by og landbrug.
- CO₂-opgørelser for genbrugsmaterialer er usikre og i mange tilfælde case-specifikke, hvor resultaterne afhænger af de konkrete forhold for det specifikke genbrugsprojekt. Dette gør det komplekst at tegne et overordnet billede.
- Der burde findes opgørelser, der viser, hvilke komponenter den samlede eksisterende bygningsmasse består af, og dermed hvad genbrugspotentialet er. Derudover afhænger det egentlige potentiale for genbrug af både miljømæssig og teknisk kvalitet af komponenterne.
- Nedrivninger og renoveringer burde registreres i et centralt register. Dette vil muliggøre at estimere deres omfang.

4. Overordnede trends og perspektiver

4.1. Cirkulær økonomi, klima, bæredygtighed

Cirkulær økonomi, CO₂-reduktion og bæredygtighed er tæt forbundne mål, men de er ikke altid nemme at balancere. Cirkulær økonomi fokuserer på at minimere forbruget af primære råstoffer og maksimere genbrug og genanvendelse. CO₂-reduktion handler om at reducere drivhusgasemissioner, mens bæredygtighed omfatter miljømæssige, sociale og økonomiske aspekter. Cirkulær økonomi og CO₂-reduktion repræsenterer kun to aspekter af den miljømæssige bæredygtighed, som også bl.a. omfatter biodiversitet, miljøskadelig kemi og ferskvand.

Genbrug og genanvendelse kan i nogle tilfælde bidrage til CO₂-reduktion ved at spare energi og ressourcer, der ellers ville blive brugt til at producere nye materialer. For eksempel kan genbrug af beton reducere CO₂-udledningen med op til 96% sammenlignet med konventionel betonproduktion. Men det er vigtigt at tage højde for, at genanvendelsesprocesser også kan medføre CO₂-udledninger, afhængigt af de anvendte metoder og transportafstande [jf. temaark 5].

4.2. Beregningsmetoder

Vurdering af bæredygtighed kræver en helhedsorienteret tilgang, hvor både miljømæssige, sociale og økonomiske faktorer tages i betragtning. Dette inkluderer bl.a. at sikre, at genanvendte materialer ikke indeholder skadelige stoffer, og at arbejdsforholdene er sikre og retfærdige, samt at processen kan betale sig fra et økonomisk synspunkt. Bæredygtigheden kan vurderes via en såkaldt Life Cycle Sustainability Assessment, der består af livscyklusvurdering (LCA) af miljøeffekterne, life cycle costing (LCC) og social life cycle assessment (sLCA) og dermed integrerer miljømæssige, økonomiske og sociale dimensioner af bæredygtighed over et livscyklusperspektiv. Fordelen ved livscyklusperspektivet er, at når effekterne i alle faser og aspekter af et produkts livscyklus analyseres, kan der opnås et beslutningsgrundlag, så beslutningstager undgår såkaldt "burden shifting", hvor en miljøeffekt blot flyttes fra f.eks. produktion til drift, eller fra en miljøpåvirkningskategori til en anden.

En LCA er et vigtigt værktøj til at vurdere de samlede miljøpåvirkninger af et produkt eller en proces. Selv om reduktion af CO₂ udledninger i dag har overtaget hovedparten af den politiske dagsorden, kan en LCA beregne mange andre miljøparametre end klimabelastning, f.eks. biodiversitet, vand- og ressourceforbrug, human- og økotoxicitet. LCA kan hjælpe med at identificere de tiltag, der bidrager til både cirkulær økonomi, CO₂-reduktion og den miljømæssige bæredygtighed.

LCC analyserer de økonomiske aspekter af et produkts levetid, fra produktion til bortskaffelse, inklusive drifts- og vedligeholdelsesomkostninger. Dette hjælper med at identificere de mest økonomisk fordelagtige løsninger.

sLCA vurderer de sociale konsekvenser af et produkt gennem dets livscyklus, såsom arbejdsforhold, menneskerettigheder og samfundsmæssige påvirkninger. Dette sikrer, at produkter ikke kun er miljømæssigt og økonomisk bæredygtige, men også socialt ansvarlige.

Det vil altid være vigtigt at have transparens omkring de valg, der er foretaget i LCA, LCC og sLCA, og de data, der er anvendt.

4.3. Fokus på genbrug og højkvalitetsgenanvendelse

Genbrug og højkvalitetsgenanvendelse¹ er centrale elementer i den cirkulære økonomi, og de rummer et stort potentiale for at reducere miljøbelastningen fra byggeriet. Ifølge data fra Affaldsstatistikken blev kun 36% af bygge- og anlægsaffaldet genanvendt i 2021, mens genbrug estimeres at udgøre 0,25%, hvilket indikerer et betydeligt forbedringspotentiale [jf. temaark 1].

Et nyligt EU-studie har vist, at det estimerede miljømæssige og økonomiske potentiale for øget genbrug og højkvalitetsgenanvendelse af byggeaffald varierer afhængigt af, om genbrug prioriteres. Når deponering og forbrænding reduceres til et minimum, og de bedst tilgængelige genanvendelsesteknologier implementeres², mens genbrug holdes på samme niveau som i dag, estimeres en klimabesparelse for Danmark på knap 520.000 tons CO₂/år, samt et økonomisk tab på 750 mio. kr./år. Til gengæld, når forberedelse til genbrug prioriteres over genanvendelse, og de samme øvrige forhold gælder, estimeres en klimabesparelse for Danmark på knap 755.000 tons CO₂/år, samt en økonomisk gevinst på 860 mio. kr./år [jf. temaark 5 og 6].

En anden EU-rapport har vist, at højkvalitetsgenanvendelse af beton, hvor både i) knust beton genanvendes som tilslag i ny beton, men også ii) ultrafine betonpartikler genanvendes som erstatning for cement, performer markant bedre end både materialenyttiggørelse som vejfyld og lavkvalitetsgenanvendelse (hvor knust beton blot genanvendes som tilslag i ny beton). Mere specifikt giver højkvalitetsgenanvendelse en betydelig CO₂-besparelse kontra en mindre CO₂-belastning for både materialenyttiggørelse som vejfyld og lavkvalitetsgenanvendelse [jf. temaark 5].

Genbrug af byggematerialer indebærer, at materialerne anvendes direkte i deres oprindelige form uden større forarbejdning. Et godt eksempel på dette er genbrug af mursten og tagsten fra ældre bygninger. Genbrug kræver dog ofte en nænsom nedrivning, hvor materialerne demonteres og renses, uden at de blive beskadiget. Dette kan være omkostningsfuldt.

Genanvendelse involverer derimod en proces, hvor materialer forarbejdes for at blive brugt i produktionen af nye materialer. Dette kan inkludere genanvendelse af knust beton som tilslag i ny beton eller genanvendelse af træ til spånplader. Ved højkvalitetsgenanvendelse er det vigtigt, at materialernes kvalitet opretholdes, så de kan erstatte jomfruelige materialer af så høj kvalitet som muligt. En kritisk gennemgang af klimapotentialer for beton i et cirkulært perspektiv har vist, at genanvendelse i nogle tilfælde kan medføre højere CO₂-udledninger, hvis cementindholdet i den nye beton øges, transportafstande er store og kvaliteten af den oprindelige beton er lav. Det kan være svært at vurdere, hvad der er det rigtige at gøre i forhold til klimaaftryk eller ressourceforbrug, hvorfor case-specifikke analyser er afgørende for at kunne træffe de rette beslutninger.

Genbrug og højkvalitetsgenanvendelse kræver bedre sortering og indsamling af affald samt udvikling af teknologier og processer, der kan sikre materialernes kvalitet. Dette indebærer investeringer i nye metoder, teknologier og udstyr samt uddannelse af de involverede aktører. De nye krav om selektiv nedrivning forventes at understøtte dette. En styrket indsats på disse områder kan bidrage til at øge andelen af materialer, der genbruges eller genanvendes ved høj kvalitet, og dermed reducere afhængigheden af jomfruelige råstoffer.

¹ Et eksempel af højkvalitetsgenanvendelse for beton er teknologier, der muliggør både genanvendelsen af den knuste beton som tilslag i ny beton, men også genanvendelsen af de ultrafine beton partikler som erstatning for cement.

² Inkl. højkvalitetsgenanvendelse af beton.

4.4. Materialeflow på tværs af sektorerne

I Danmark udgør bygge- og anlægsbranchen en betydelig del af det samlede affald, men der er også store mængder affald fra andre sektorer, der potentielt kan udnyttes i byggeriet – over 4 mio. tons/år. Ifølge data fra affaldsstatistikken blev 57% af husholdningsaffaldet, 59% af affaldet fra servicesektoren og 73% af affaldet fra industrien genanvendt i 2021 [jf. temaark 1]. Disse affaldsstrømme indeholder mange materialer, der potentielt kan anvendes som byggematerialer, bl.a. papir og pap, tekstiler, glas, træ, plast og metal.

Når der ses på de danske tal for hhv. råstofindvinding og generering af bygge- og anlægsaffald [jf. hhv. temaark 3 og 1], hvor der alene ses på mængder af mineralske fraktioner og hvor meget byggeaffald, der samlet set nyttiggøres og genanvendes, er et groft overslag, at bygge- og anlægsaffald kan erstatte 9 % af råstofindvinding til byggeriet.

For at opnå en cirkulær økonomi i byggeriet er det derfor ikke tilstrækkeligt at blot fokusere på intern recirkulering af materialer inden for byggesektoren. Der er behov for at hente materialer fra andre sektorer for at sikre tilstrækkelig forsyning af genbrugsmaterialer og sekundære råstoffer.

Recirkulering af materialer på tværs af sektorer kræver en systematisk tilgang til både dokumentation og beslutningsstøtte, og det er nødvendigt med bedre samarbejde og koordinering mellem forskellige industrier. Dette kan opnås gennem etablering af materialebanker og digitale platforme, der faciliterer udveksling af materialer. Desuden er der behov for standarder og certificeringsordninger, der sikrer kvaliteten og sikkerheden af de genanvendte materialer. Recirkulering af materialerne på tværs af sektorerne kræver også beslutningsstøtte, da materialerne kan have mange potentielle anvendelser, og det er vigtigt at vælge det formål, der giver den største værdi. Derudover er genbrugsmaterialer og sekundære råstoffer også en begrænset ressource. Her kan konsekvens-LCA være et vigtigt værktøj ift. at vurdere de realistiske effekter af at bruge en bestemt sekundær materialestrøm til et bestemt formål, ved at tage højde for alle evt. kaskadeeffekter og markedskonsekvenser.

4.5. Behov for data, sporbarhed og dokumentation

En effektiv cirkulær økonomi kræver sporbarhed, data og dokumentation for materialernes kvalitet og oprindelse. Dette kan opnås gennem udvikling og implementering af materialepas, som er digitale dokumenter, der indeholder information om materialernes sammensætning, oprindelse og tidligere anvendelse.

Materialepas kan bidrage til at skabe større gennemsigthed og tillid i markedet for genbrugsmaterialer. De kan bruges til at dokumentere, at materialerne lever op til gældende lovgivning og standarder, samt til at sikre, at de ikke indeholder skadelige stoffer. Materialepas kan også hjælpe med at optimere genanvendelsesprocesser ved at give oplysninger om materialernes kvalitet og egenskaber [jf. temaark 6].

Digitale platforme som materialebanker og materialebørser kan facilitere udveksling af genbrugsmaterialer, samt skabe volumen og forsyningssikkerhed ved at samle og skalere genbrugsmaterialer [jf. temaark 6]. En digital platform, der samler data om materialer, affaldsmængder og genanvendelsesprocesser, kan spille en vigtig rolle i at fremme brugen af materialepas. Dette vil også bidrage til at sikre faglig dokumentation af materialernes kvalitet og skabe bedre sporbarhed i værdikæden, hvilket er vigtigt for at sikre høj kvalitet og sikkerhed i genbrugs- og genanvendelsesprocesserne.

Især når materialerne skal cirkulere på tværs af forskellige brancher, er det nødvendigt at standardisere rammevilkårene for dataflowet og sikre, at der er en fælles forståelse omkring struktur, format, sammenlignelighed, deling, ejerskab samt fortrolighed af de indsamlede data. Dette kræver samarbejde mellem forskellige aktører, herunder producenter, affaldshåndteringsvirksomheder, bygherrer og myndigheder. Derudover er det vigtigt at udvikle digitale løsninger, der kan understøtte indsamling og udveksling af data.

4.6. Digitalisering og automatisering

Digitalisering spiller en afgørende rolle i at fremme cirkulær økonomi i byggeriet ved at muliggøre bedre dataindsamling, sporbarhed og dokumentation samt mere præcise og effektive arbejdsgange.

Digitale teknologier som digitale tvillinger, 3D-scanning, Building Information Models (BIM), virtuel/mixed/augmented reality (tilsammen kendt som extended reality eller XR) og andre digitale teknologier kan effektivisere bygge- og nedrivningsprocesser (herunder også miljø- og ressourcekortlægninger samt miljøsaneringsprocesser) forbedre tids- og ressourceforbrug og bidrage til at dokumentere (og dermed optimere) f.eks. energi- og materialeforbrug. En digital byggeproces med standardiserede data-formater og digitale processer kan sikre, at data deles og anvendes på tværs af værdikædens aktører. Dette kan understøtte bedre beslutningstagning og fremme cirkulær økonomi i byggeriet.

Derudover er der en udvikling mod øget automatisering på byggepladserne med brug af robotter og andre redskaber, der kan reducere de manuelle arbejdsgange. F.eks. er der udvikling mod automatisering af nedrivningsprocesserne ved brug af AI til gavn for både udnyttelse af ressourcer, arbejdsmiljø og økonomi.

4.7. Fokus på bevaring

I lyset af, at cirkulær økonomi kun kan erstatte en lille del af det samlede behov for råstoffer i byggeriet, er der behov for at reducere forbruget og dermed behovet for materialer – f.eks. ved at udnytte det eksisterende byggeri bedre, og længere.

Renovering og bevaring af eksisterende bygninger er ofte mere fordelagtigt end nedrivning og nybyggeri både økonomisk og miljømæssigt. En undersøgelse fra 2020 viste, at renovering er mest fordelagtig både med hensyn til klimapåvirkning og totaløkonomi i samtlige

16 cases, der blev analyseret. En nyere undersøgelse fra 2022 bekræfter denne tendens – især når renoveringsindsatsen har fokus på energioptimering (jf. temaark 2). Den samme undersøgelse har også vist, at nedrivninger kan tælle op til 20 % af den samlede klimabelastning. Nedrivninger er i de nuværende betingelser ikke omfattet af klimakrav, hvilket kan skævvride beslutningsprocessen og øge incitamentet for nedrivning. Derudover kan renovering reducere affaldsmængder og bevare de indlejrede ressourcer i bygningerne.

Nedrivning bør kun overvejes, når det ikke er økonomisk eller teknisk muligt at renovere. Ved både nedrivning og renoveringer er det vigtigt at anvende selektiv nedrivning, hvor materialer adskilles og sorteres med henblik på genbrug og genanvendelse. Dette kan bidrage til at maksimere ressourceudnyttelsen og minimere miljøpåvirkningen. Kravet om selektiv nedrivning gælder kun ved totalnedrivninger på byggeri på 250 m² eller derover, hvilket udelukker størstedelen af enfamiliehuse, som udgør omkring halvdelen af alle bygninger og repræsenterer den største kategori af nedrevet byggeri. Derfor er det nødvendigt at være ekstra ambitiøse ift. selektiv nedrivning af de mindre byggerier.

Renovering og bevaring kræver en omhyggelig planlægning og vurdering af bygningens tilstand og potentiale. Det er også vigtigt at tage hensyn til bygningens historiske, kulturelle og arkitektoniske værdi. En kombination af økonomiske incitamenter, regulering og teknologisk udvikling kan fremme renovering og bevaring som et middel til at begrænse byggeris miljøpåvirkninger.

Et yderligere, relevante tiltag med henblik på at minimere råstofforbruget og CO₂-udledningen er at udnytte eksisterende kvadratmeter som alternativ til nybyggeri, også kaldet "fortætning". Et eksempel på dette er indretning af flere boliger i den eksisterende bygningsmasse, f.eks. via uudnyttede tagarealer i etage- eller kontorejendomme, tomme boliger mm.

4.8. Behov for skalering

For at cirkulær økonomi kan få den ønskede effekt i byggebranchen, er det nødvendigt at skalere tiltag fra pilotprojekter til storskalaniveau. Pilotprojekter har vist, at det er muligt at implementere cirkulære løsninger, men der mangler stadig volumen og kommercialisering for at opnå en bredere impact. Det er dyrere og mere besværligt at arbejde efter cirkulære principper med den nuværende praksis sammenlignet med den konventionelle tilgang.

Volumen og skaleringsløsninger kræver investeringer i teknologi, infrastruktur og uddannelse. Det er vigtigt at udvikle effektive og omkostningseffektive metoder til at nedtage, indsamle, sortere og genanvende materialer. Dette inkluderer også udvikling af markeder for genbrugsmaterialer og etablering af materialebanker og materialebørser.

Politisk støtte og incitamenter er også nødvendige for at fremme cirkulære løsninger. Dette kan omfatte økonomiske incitamenter, reguleringer og standarder, der fremmer genbrug og genanvendelse. For eksempel kan grønne afgifter og CO₂-afgifter skabe økonomiske incitamenter for virksomheder til at implementere cirkulære løsninger. Lovgivning kan også være med til at fremme den cirkulære dagsorden (jf. temaark 7).

Samarbejde og partnerskaber mellem forskellige aktører i værdikæden er også afgørende for at skalere cirkulære løsninger. Dette inkluderer samarbejde mellem producenter, affaldshåndteringsvirksomheder, bygherrer, myndigheder og forskningsinstitutioner.

Endelig er det vigtigt at dele viden og erfaringer fra pilotprojekter for at fremme best practices og inspirere andre aktører til at implementere cirkulære løsninger. Dette kan ske gennem etablering af videnscentre, uddannelsesprogrammer og netværk, der fremmer erfaringsudveksling og kompetenceopbygning inden for cirkulær økonomi i byggeriet.

4.9. Skadelige stoffer

Skadelige stoffer i byggeriet er fortsat en udfordring – både bagudrettet i forhold til de problematiske stoffer, der har været anvendt, og fremadrettet i forhold til kemikalier, der fortsat bliver anvendt intensivt i nye byggevarer. Det faktum, at der hele tiden opstår ny viden om kemikaliernes risiko, gør det svært at forhindre, at der kan opstå nye problemer med skadelige stoffer i byggeriet i fremtiden (jf. temaark 4).

Bygningspas og materialepas, der kan sikre, at oplysninger om de problematiske stoffer bliver registreret i hele værdikæden, er en løsning. Der er udviklet et frivilligt materialepas for jomfruelige materialer (DCMP – Digital construction material passport³) og et materialepas for genbrugsmaterialer er ligeledes ved at blive udviklet⁴. Materialepas for både nye og eksisterende materialer skal sikre, at skadelige stoffer i byggevarer registreres. Da området er komplekst, og der er mange fejlkilder til registrering, kan en mulig indsats være at supplere løsninger, der arbejder med at samle dokumentation om kemikalier med en tredjepartsverificering for at sikre, at oplysningerne er valide og korrekte.

4.10. Miljøpåvirkninger fra byggepladser

Miljøpåvirkninger fra byggepladser er et emne med stigende bevågenhed i kraft af den nylige stramning af klimakrav, som gør, at fra 2025 skal fase A5 (opførelse af et nyt byggeri) medregnes i klimaberegningerne (jf. temaark 7). Der er to overordnede aspekter ifm. minimering af miljøbelastninger fra byggepladser: energiforbrug samt materialespild.

Et oplagt tiltag ifm. energiforbrug og udledninger er el-drevne byggemaskiner. Derudover kan både digitale teknologier og adfærd spille en afgørende rolle i at minimere miljøpåvirkninger fra byggepladser. Vha. digitale teknologier (f.eks. digitale tvillinger) kan udledninger fra maskinerne overvåges, materialelogistikken optimeres, real-time dataindsamling implementeres, og digital planlægning og simulation forbedres. Ved at bruge BIM (Building Information Modeling) kan byggeprojekter planlægges mere præcist, hvilket reducerer behovet for tilpasning og spild. Sensorteknologi og IoT-enheder muliggør real-time overvågning af materialeforbrug, hvilket hjælper med hurtig identifikation og korrektion af spildområder.

³ <https://materialpass.org/>

⁴ <https://www.teknologisk.dk/projekter/materialepas-for-genbrugte-byggematerialer/46050>

Desuden kan uddannelse og træning i bæredygtige byggemetoder skabe en kultur med fokus på minimalt spild samt diesel- og energiforbrug. Et særligt fokuspunkt er her at undgå fugtskader i byggeriet ved opførelse, da dette medfører dels fejl i byggeriet og dels et efterfølgende materialespild. Sådanne fugtskader kan eksempelvis undgås ved at indføre løbende fugtmåling i byggeprocessen.

4.11. Regenerativt byggeri

Regenerativt byggeri repræsenterer en avanceret tilgang til byggeriet, der går videre end bæredygtighed. Mens bæredygtigt byggeri fokuserer på at minimere dets negative effekter på bl.a. miljøet, sigter regenerativt byggeri mod at skabe bygninger, der aktivt forbedrer miljøet. Dette inkluderer brugen af cirkulære materialer, vedvarende energikilder og integrering af grønne områder, der støtter biodiversiteten. Målet er at skabe strukturer, der ikke blot reducerer skadelige påvirkninger, men som også genopbygger økosystemer og giver tilbage til naturen og samfundet. Regenerativt byggeri kræver en holistisk tilgang, hvor design, konstruktion og drift arbejder sammen for at skabe positive miljømæssige, sociale og økonomiske resultater.

4.12. Undersøgelser af den samlede bygningsmasses potentiale

Af temaark nr. 2 fremgår det, at der ikke findes et samlet og detaljeret overblik over materialerne i hele bygningsmassen. Building Stock Modelling er en metode, hvor man, ved hjælp af geografiske referencer og overslag over materialeintensiteter i de enkelte bygninger, kan skabe et samlet overblik af bygningsmassen relateret til den geografiske placering.

En mulig indsats er derfor at kombinere denne metode med en praktisk tilgang til bygninger, hvor der anvendes referencebygninger med enkelte opgørelser af materialer. Dette kunne være en metode til at få bedre data om bygningsmassen.

4.13. Sortering og adskillelse af materialer

Af temaark nr. 1 fremgår det, at en vedvarende udfordring på affaldsområdet er sortering af materialer. Affald af eksempelvis plastik, metal og beton er ikke bare en ensartet affaldsfraktion. Affaldet består af en række forskellige typer og kvaliteter, men vil ofte i praksis blive blandet sammen. Løsningen er en blanding af teknologi, praktiske løsninger og opgradering af kompetencer af mandskabet, der håndterer affaldet.

En mulig indsats er at indsamle data om forskellige sorteringspraksis og sorteringsløsninger på forskellige byggepladser, der kan understøtte den teknologiske udvikling og praktiske løsninger.

En række byggevarer er desuden sammensat af mange forskellige typer materialer, f.eks. kompositmaterialer, hvilket øger kompleksiteten i den efterfølgende affaldsbehandling og kan i nogle tilfælde være en udfordring ift. cirkularitet. Der mangler information om hvordan dette påvirker affaldssystemet og hvordan disse materialer bedst muligt kan blive cirkulære, og en mulig indsats kunne være at indsamle data om dette.

Temadark #1

Affald som ressource

Bygge- og anlægsbranchen udgør den største kilde til affald i Danmark. Affaldet udgør en stor ressource for det fremtidige byggeri, og det er derfor vigtigt, at vi sørger for at genanvende byggeaffaldet bedst muligt. Samtidig kan affald fra andre brancher også, potentielt set, blive genanvendt som nye byggematerialer.

Hvor meget affald kan bruges igen som en ressource i byggeriet?

Bliver potentialet af de ressourcer, der er i affaldsstrømmene, udnyttet fuldt ud?

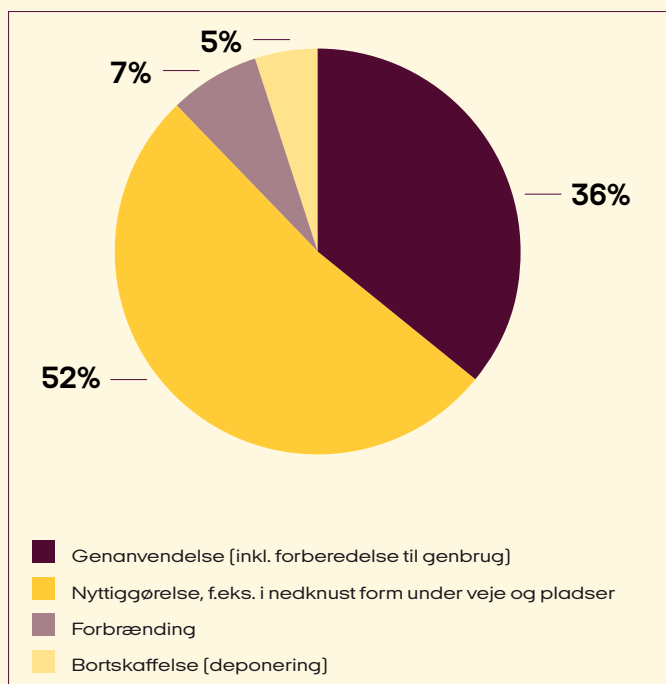
Affald som ressource

Bygge- og anlægsaffald – de store tal

Ifølge den danske affaldsstatistik, bliver der hvert år genereret lidt over 5 mio. tons bygge- og anlægsaffald.

Dette svarer til omkring 40% af alt affald i Danmark.

Langt størstedelen af bygge- og anlægsaffaldet udnyttes igen, men der er forskel på, hvordan det bliver anvendt/behandlet. Lidt over 1/3 af al bygge- og anlægsaffald bliver genanvendt.



Figur 1 Oversigt over, hvordan bygge- og anlægsaffald udnyttes. [1].

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Direkte genbrug er ikke affald

Direkte genbrug, f.eks. døre, der bliver taget ud af et byggeri og indsat i et andet byggeri uden kontrol, rengøring eller reparation, bliver ikke anset for affaldshåndtering. Dette er derfor ikke omfattet af affaldsstatistikken.

Forberedelse med henblik på genbrug er en del af affaldsstatistikken. Dette dækker over, at et genbrugsprodukt bliver kontrolleret, rengjort eller repareret, inden det bliver genanvendt til et nyt formål.

FOKUS PÅ

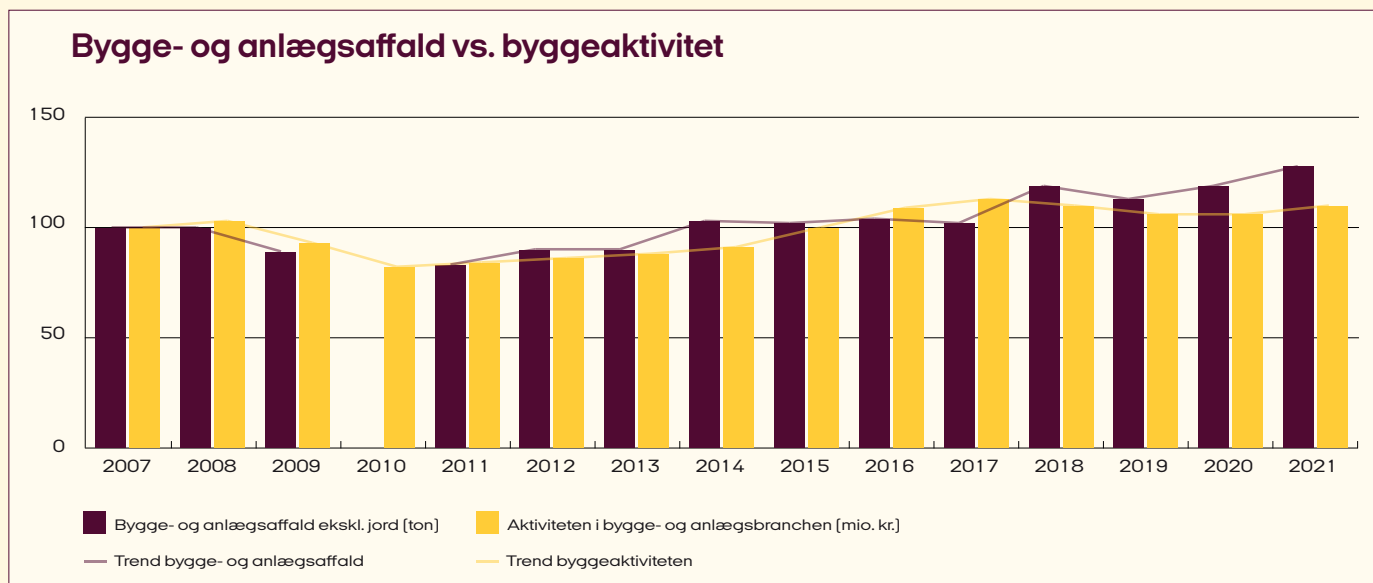
Data for direkte genbrug

I 2023 skulle EU's medlemslande iht. Affaldsrammedirektivet for første gang indrapportere genbrugsdata for tekstiler, elektronisk udstyr, møbler og byggematerialer.

I den forbindelse skulle en ny metode for dataindsamling og beregninger også udvikles. Data til opgørelsen er blevet indsamlet fra både fysiske genbrugsbutikker, online platforme, samt virksomheder, der håndterer og genbruger byggematerialer og elektronikaffald. Data blev indsamlet frivilligt, da der endnu ikke er lovhjemmel til at indsamle disse data obligatorisk.

Det estimeres, at der i 2021 blev genbrugt 13.000 tons byggematerialer i Danmark, som svarer til ca. 0,25% af de bygge- og anlægsaffaldsmængder, der genereres årligt.

Metoderne er stadig ikke ensrettet, hvilket gør sammenligning af data på tværs af lande udfordrende. Fremover skal Miljøstyrelsen hvert tredje år kortlægge, hvor meget vi i Danmark genbruger inden for de fire kategorier: tekstil, elektronik, møbler og byggematerialer. Kilde: [2]



Figur 2 Generering af affald indenfor bygge- og anlægsvirksomhed (ekskl. jord) og den økonomiske brutto tilvækst (BVT) for bygge- og anlægssektoren i perioden 2007-2015. Angivet som indeks med 2007=100. Kilde: [1].

Mængden af affald varierer med aktiviteten i bygge- og anlægsbranchen, som afhænger af den økonomiske konjunktur. Det fremgår af nedenstående figur, der stammer fra affaldsstatistikken. Her er udviklingen i bygge- og anlægsaffald angivet som

indeks i forhold til den økonomiske udvikling i bygge- og anlægssektoren. Figuren viser, at mængden af bygge- og anlægsaffald følger trenden i bygge- og anlægsaktiviteter, der har været jævnt stigende siden 2011.

FOKUS PÅ

Circularity Gap i Danmark

I 2023 har en analyse vist, at Danmark er kun 4% cirkulært, hvilket er væsentligt lavere end den globale Circularity Metric (måleenhed for cirkularitet) på 7,2% i 2023 [3]. Landet afhænger primært af jomfruelige kilder til dækning af befolkningens behov. Forbruget af jomfruelige materialer ligger på 24,5 tons pr. person årligt, hvilket overstiger både EU's gennemsnit (17,8 tons pr. person årligt) og det globale gennemsnit (11,9 tons pr. person årligt) samt det bæredygtige forbrugsniveau (estimeret til at være 8 tons pr. person årligt).

Cirka 72% af den totale udvinding krævet for at møde den danske efterspørgsel, sker uden for landets grænser. Blandt de mest forbrugte materialer er ikke-metalliske mineraler, som hovedsageligt anvendes i byggeindustrien.

Rapporten undersøger også effekten af fem scenarier: Skabe et cirkulært bygget miljø, Følge en cirkulær livsstil, Gentænke transport og mobilitet,

Skabe grobund for et cirkulært fødevarer system og Fremme cirkulær produktion. De fem "hvad-nu-hvis" scenarier anvender forskellige strategier til at øge cirkulariteten og skære ned på materialeforbruget og emissionerne. Tilsammen vil disse strategier næsten kunne fordoble Danmarks Circularity Metric og reducere materialeforbruget med 39%.

Byggebranchen er den største bidragsyder til Danmarks materiale- og CO₂-fodaftrek. De foreslåede cirkulære strategier inden for byggesektoren har ikke kun et potentiale for at reducere materialeforbrug med 19% og øge den samlede cirkularitet fra 4% til 5,2%, men også for at reducere CO₂-aftrykket med 12%.

Læs Circularity Gap rapporten for Danmark her.

Forskellige fraktioner af bygge- og anlægsaffald

Bygge- og anlægsaffald består af en række forskellige affaldsfraktioner, der har forskellig anvendelse. Omkring halvdelen af affaldsmængderne består af mineralske affaldsfraktioner som beton, asfalt og tegl.

Der er fortsat et potentiale for sortering af forskellige

affaldsfraktioner, da knap 750.000 tons bygge- og anlægsaffald er indberettet som blandet og andet affald. Derudover er knap 600.000 tons bygge- og anlægsaffald indberettet som blandinger af forskellige affaldsfraktioner af beton, mursten, tegl og keramik.

I Tabel 1 ses indberettede mængder bygge- og anlægsaffald.

	Affaldsfraktioner	Mængder i tons (2021)	Andel i procent (2021)
Mineralske affaldsfraktioner	Beton	1.246.000	24%
	Asfalt og kultjæreholdigt affald	979.000	19%
	Mursten	259.000	5,0%
	Tegl og keramik	93.000	1,8%
Andre affaldsfraktioner end de mineralske	Jern og stål	536.000	10%
	Bly, zink, tin, blandet metal og andet metal	67.000	1,3%
	Aluminium, kobber, bronze og messing	20.000	0,4%
	Træ	195.000	3,8%
	Glas	36.000	0,7%
	Isolationsmaterialer	25.000	0,5%
	Plast	5.000	0,1%
Blandede fraktioner	Blandinger (beton, mursten, tegl, keramik)	641.000	12%
	Blandet bygnings- og nedrivningsaffald	444.000	8,6%
	Andet affald fra byggeri- og anlægsaktiviteter	285.000	5,5%
Øvrige fraktioner	Øvrige fraktioner	333.000	6,4%

Tabel 1 Indberettede affaldsmængder fra bygge- og anlægssektoren. Data kommer fra reference [1], tabel 3.11.

Jordaffald opstår hovedsageligt fra bygge- og anlægsaktiviteter, og det er store mængder, der bliver flyttet. I 2021 blev der genereret omkring 8 mio. tons jordaffald, hvoraf 3 mio. tons bestod af forurenede jord.

Der er dog usikkerheder om den samlede mængde jord, der flyttes rundt, da en del jordflytning ikke er anmeldeligt. I 2017 vurderede en undersøgelse, at der bliver sludisponeret 10-12 mio. tons jord årligt [4].

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Usikre data

Det vurderes, at der er store usikkerheder relateret til de registrerede affaldsmængder. Det skyldes, at ikke alt affald bliver indberettet, og samtidig kan der være vanskeligheder ved at bruge de rette indberetningskoder.

I affaldsstatistikken er opgjort forskellige affaldsfraktioner for bygge- og anlægsaffald. Affaldsstatistikken bygger på indberettede data fra alle indsamlere, modtagere, eksportører og importører af affald, som er forpligtet til at indberette til Affaldsdatasystem (ADS), som administreres af Miljøstyrelsen.

FOKUS PÅ

Mængderne vurderes generelt set at være større end det angivne. Dette fremgår af en række undersøgelser, der gennem tiden har sat fokus på at estimere mængder for forskellige affaldsfraktioner:

- I 2015 blev det estimeret på baggrund af en branchedialog, at der bliver genereret 2 mio. tons betonaffald om året [5]. Dette skal ses i relation til de ca. 1 mio. tons oplyste i Affaldsstatistik 2015. Dertil kommer der dog også if. Affaldsstatistik 0,9 mio. tons blandede fraktioner, som også indeholder beton i en vis (ukendt) grad.
- I 2019 blev det estimeret, at der kommer omkring 32.000 tons plastaffald fra byggebranchen. Dette kan være hård og blød plast [6]. Indberettede mængder af plastaffald fra byggebranchen ifølge Affaldsstatistik 2019 svarer til 8.000 tons.
- I 2018 blev det opgjort, at der genereres mindst 395.000 tons genanvendeligt træaffald om året [7]. Indberettede mængder af træaffald fra byggebranchen ifølge Affaldsstatistik 2018 svarer til 158.000 tons.

Udsortering af forskellige typer affald

Inden for de enkelte affaldsfraktioner kan der forekomme mange forskellige kvaliteter og typer, men dette fremgår ikke af affaldsstatistikken.

En helt central problemstilling inden for affaldsområdet er, hvordan vi får udsorteret og indsamlet det rette affald i store nok mængder til, at producenter eller andre aktører kan bruge affaldsmaterialerne i stor skala.

Eksempel

Plastaffald fra bygge- og anlægssektoren

Plast udgør 0,1% af bygge- og anlægsaffald [8], og består af flere individuelle plasttyper med meget forskellige egenskaber og muligheder for affaldsbehandling. En undersøgelse fra 2018 har vist, at PVC udgør på EU-niveau mere end 50% af den samlede mængde plastaffald fra byggesektoren [9], se Tabel 2. PVC anvendes i bl.a. rør, profiler og vinylgulve. HDPE, brugt i f.eks. rør, repræsenterer næsten 13%, mens EPS og PP (bruges i henholdsvis isoleringsblokke og elektriske stikkontakter) udgør omkring 7-8%. LDPE, anvendt til f.eks. emballage, udgør omkring 5%, mens PS, brugt i skum og isolering, udgør næsten 2%. De resterende 13,4% har en uspecificeret sammensætning og kan inkludere andre plasttyper som PUR (anvendt i isoleringsplader), polycarbonater (anvendt i gennemsigtige plader) og polyacrylater (anvendt i plexiglas).

Plastaffald	[1,000 t]	[%]
PE-LD	90	5,1%
PE-HD	225	12,8%
PP	130	7,4%
PS	30	1,7%
EPS	140	8,0%
PVC	910	51,7%
Øvrige	235	13,4%
Total	1.760	1

Tabel 2 Mængder af plastaffald fra bygge- og anlægssektoren i 2018 i EU27, Norge, Schweiz og Storbritannien. Data fra Plastic Europe [9].

Udsortering af plastaffald på byggepladser er dog en kompleks proces. Den første udfordring er, at det er en tidskrævende proces, hvilket øger omkostningerne og nedsætter effektiviteten på byggepladsen. Derudover kan det være udfordrende at skelne mellem forskellige plasttyper alene ud fra deres udseende, da mange plasttyper ligner hinanden. Endelig er plads en begrænset ressource på mange byggepladser, og korrekt sortering kræver plads til at etablere separate områder til sortering og opbevaring af plastaffald. Især hvis plast indsamles løst og ikke komprimeret, kan det være svært at komme op i tilstrækkelige mængder, og dermed opnå en fornuftig pris for plasten. For at overkomme barriererne, er det derfor essentielt at indtænke både plads, logistik og ekstra udstyr i den tidlige planlægning.

Forskellig oprindelse af bygge og anlægsaffald

Bygge- og anlægsaffald kommer fra forskellige kilder. Det kan være byggeri eller anlæg og affaldet kan stamme fra opførelse eller nedrivning. En del affald kommer desuden fra renoveringer, eller der kan være restaffald i forbindelse med produktion af byggevarer.

På baggrund af affaldsstatistikken, er det ikke muligt at opgøre affaldsmængderne i forhold til disse kilder. I Tabel 2 er en række tommelfingerregler vedrørende mængder og fraktioner fra forskellig oprindelse.

Hvor kommer affaldet fra?	Tommelfingerregel
Kommer affaldet fra opførelse eller nedrivning af et anlægsprojekt?	<ul style="list-style-type: none"> - Affald fra et anlægsprojekt omfatter typisk færre fraktioner end affald fra byggeri. - I forbindelse med opførelse af anlæg vil der fremkomme affaldsmængder i form af overskudsmaterialer fra opgravning, men også i form af spild, fraskær og lign. - Affald fra nedrivning af anlægsprojekter vil typisk være stenfraktioner samt øvrige mineralske fraktioner, som asfalt og beton, og der vil ofte være tale om store mængder ved nedrivning af anlæg.
Kommer affaldet fra opførelse eller nedrivning af et byggeri?	<ul style="list-style-type: none"> - I forbindelse med opførelse af byggeri vil der være behov for opgravning af f.eks. jord eller andre materialer. - Under opførelse af et byggeri vil affaldsmængderne typisk være små og bestå af nye overskudsmaterialer (som f.eks. spild og fraskær) og emballage. - Affald pr. etage-m², der bliver genereret, ligger på omkring 20-100 kg/m² [10]. - Det estimeres, at spild af byggematerialer udgør omkring 10 % af de indkøbte byggematerialer [11]. - Det estimeres, at der genereres omkring 600.000 tons affald pr. år fra nybyggeri [10]. - Ved nedrivning af et byggeri vil affaldsmængderne typisk være store og bestå af de materialer, der igennem tiden er blevet anvendt i det pågældende byggeri. - Affald pr. etage-m² fra en nedrivning er typisk 1-2 tons [12].
Kommer affaldet fra en renovering?	<ul style="list-style-type: none"> - Renoveringssager er en kombination af nybyg og nedrivning og vil ofte have mindre mængder af affald.
Kommer affaldet fra produktionen?	<ul style="list-style-type: none"> - Produktionsaffald er ofte ensartet og kommer fra en kendt kilde. Det kan ofte anvendes i produktionen igen. F.eks. eksisterer der en række erfaringer for beton [13].

Tabel 3 Tabellen indeholder en række tommelfingerregler vedrørende mængder og fraktioner fra forskellig oprindelse.

Affald fra andre brancher

Affald fra andre brancher kan i nogle tilfælde anvendes til at lave nye byggematerialer.

Det kan være affald fra husholdninger, servicebranchen og affald fra industrien, hvor der i forvejen er en høj grad af genanvendelse for mange affaldsfraktioner [dog bliver disse materialer ikke nødvendigvis genanvendt til nye byggematerialer]:

- 57% af affaldet fra husholdninger blev genanvendt i 2021
- 59% af affaldet fra servicesektoren blev genanvendt i 2021
- 73% af affaldet fra industrien blev genanvendt i 2021.

I Tabel 3 er gengivet affaldsmængder for materialer, der vurderes at være potentielle sekundære ressourcer i byggeriet.

Mængder i 2021 [tons]	Husholdningsaffald	Affald fra service-branchen	Affald fra industrien
Papir inkl. aviser og emballagepapir	122.000	58.000	37.000
Emballage pap og andet pap	98.000	258.000	52.000
Emballage glas	135.000	9.000	4.000
Glas	3.000	6.000	12.000
Emballage træ	1.000	6.000	4.000
Træ	175.000	28.000	25.000
Emballage plast	44.000	12.000	14.000
Plast	23.000	8.000	23.000
Emballage metal	19.000	-	-
Blandet emballage	33.000	-	-
Jern og metal	125.000	181.000	248.000
Tekstiler	4.000	-	-
Dæk	12.000	36.000	2.000
Imprægneret træ	40.000	2.000	-
PVC	5.000	-	-
Gips	-	-	-
Andet og forbrændings-egnet affald	477.000	723.000	242.000
Dagrenovation og lignende	830.000	51.000	51.000

Tabel 4 Affald fra andre brancher, der har potentiale for genanvendelse i byggeri. Data kommer fra Affaldsstatistikken, [1].

Ligesom for bygge- og anlægsaffald er der store usikkerheder på mængder af affald fra andre brancher. En del affald bliver desuden opgjort som blandede fraktioner, og det fulde potentiale af affaldsstrømmene fremgår dermed ikke af oversigten.

I 2018 blev det f.eks. estimeret, at der blev indsamlet 36.000 tons brugte tekstiler fra husholdninger, hvilket er meget højere end de 3.000 tons, der er opgjort i affaldsstatistikken for det samme år [14].

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Skift af anvendelse

Når man bruger affald fra andre brancher i byggeriet, er der en række særlige opmærksomhedspunkter – især, hvis et materiale ændrer sin funktion markant.

1. Går anvendelsen af materialet fra en ikke-følsom anvendelse, f.eks. industri, til en følsom anvendelse, f.eks. bolig, skal det undersøges om der er skadelige stoffer, der kan påvirke indeklimaet negativt. Et eksempel er bildæk, der tages i anvendelse indendørs i et byggeri.
2. Der skal foretages en vurdering af materialet, der tager stilling til om funktionalitet og holdbarhed er tilstrækkelige for byggeriet.
3. Hvis affaldsressourcen skifter værdikæde, bør man være opmærksom på, at ressourcen ikke skifter til en anvendelse af lavere værdi. Et eksempel er, hvis plastflasker, der i forvejen indsamles til genanvendelse til nye plastflasker, går til andre formål.

Fra affald til byggevarer

Affald kan genanvendes i en produktion og indgå som et råstof til produktion af byggevarer. Ligeledes kan nogle materialer, der tages ud af byggerier ved nedrivning, genbruges direkte.

Genanvendelse af affald til byggevarer foregår allerede i dag, f.eks. stensuld og gips. Her vil typisk indgå nye materialer i en blanding med gamle materialer. For andre affaldstyper er der behov for udvikling på forsøgsbasis, f.eks. nedknust murværk og tekstil. Tabel 4 indeholder en række eksempler på affaldsfraktioner, der kan indgå i produktion af nye byggevarer.

Der eksisterer desuden en række eksempler på, at byggevarer, der bliver taget ud af byggerier ved nedrivning, kan genbruges:

- genbrug af mursten
- genbrug af tagsten af tegl
- genbrug af trækonstruktioner og gulvbrædder
- genbrug af interimstræ fra byggepladsen
- genbrug af elementer af stål og beton
- genbrug af interiør.

Men der eksisterer også en række barrierer for genbrug og genanvendelse, hvor særligt byggelovgivningen ofte bliver fremhævet som en barriere i branchen. Det skyldes blandt andet, at der ofte mangler udførlig dokumentation for de enkelte genbrugselementer. I 2023 er der blevet udarbejdet et Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet. Roadmappet giver bl.a. et overblik over de udfordringer, der fortsat skal adresseres i byggebranchen, herunder i forbindelse med teknologiske løsninger til bedre ressourceudnyttelse. Læs [15].

VCØB har udarbejdet en detaljeret guide omkring hvilke byggematerialer, der kan genbruges eller genanvendes. Læs [16].

Affaldstype	Byggevarer
Keramik, brugt stensuld	Stensuld
Brugte gipspladser	Nye gipsplader
Glas	Glasuld
Træ, rent	Spånplader
Beton	Tilslag i ny beton
Papir	Papiruld
Tagpap	Tagpap
Jern og metal	Nye jern og metalprodukter
Tekstil	Isolering
Plast	Ny plast
Nedknust murværk (tegl iblandet mørtel)	Nye typer byggesten

Tabel 5 Eksempler på affaldstyper, der kan genanvendes til nye byggevarer. Listen er ikke udtømmende.

Eksempel

Værdisætning af genanvendelse

Der knytter sig en række dilemmaer til genanvendelsen af affaldsfraktioner. I nogle tilfælde har genanvendelsen en oplagt værdi, men andre gange er der flere forhold, der gør sig gældende.

Værdien af et vejmateriale falder, når eksempelvis murværksaffald er blandet med knust beton [5]. Der er derfor en klar værdi i at udsortere nedknust tegl og anvende det som råmateriale til produktion af nye produkter, f.eks. nye typer byggesten. Dette kræver fortsat en udvikling og dokumentationsindsats.

Det er anderledes med knust betonaffald, som er meget velegnet som bærelag i vejanlæg, men nogle typer nedknust beton kan også genanvendes som tilslag i produktion af ny beton. En beregning har vist, at der er en klimabesparelse ved genanvendelse, hvis tilslaget af nedknust beton erstatter granit, som importeres fra Norge, mens dette ikke er tilfældet, hvis tilslaget af nedknust beton erstatter jomfrueligt materiale fra en dansk råstofgrav. At erstatte granit kræver dog, at det nedknuste betonaffald stammer fra beton af høj kvalitet [17].

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Det er ikke kun de store mængder, der er værdifulde

Bygge- og anlægsaffald er kendetegnet ved store mængder af tunge fraktioner, som beton og asfalt. Men det er ikke kun de store mængder, der har værdi. Gennem tiden er en række producenter lykkedes med at genanvende mindre fraktioner fra byggeriet, f.eks. gips og stenuld.

I en nylig EU-undersøgelse [9] er beton, træ, PVC og EPS identificeret som de materialefraktioner i bygge- og anlægsaffald med størst potentiale for klimabesparelser. Samtidigt har studiet fastslået, at klimapåvirkningerne fra håndtering af de forskellige fraktioner i høj grad følger affaldshierarkiet, dvs. de største klimabesparelser opnås ved [forberedelse til] genbrug eller højkvalitetsgenanvendelse.

Opsummering

Hvor meget affald kan bruges igen som en ressource i byggeriet?

Affald, der kan bruges i byggeriet igen, stammer dels fra bygge- og anlægsbranchen, men også fra andre brancher. Der er en række usikkerheder i de opgjorte mængder fra Affaldsstatistikken, men det vurderes, at der er et potentiale for at genbruge og genanvende flere millioner tons affald om året, selv om ikke alt affald kan genbruges og genanvendes. Det skal bemærkes, at det ikke kun er de mængdemæssigt store affaldsfraktioner, der har værdi.

Bliver det fulde potentiale af de ressourcer, der er i affaldsstrømmene, udnyttet?

En del aktører er allerede i gang med at genanvende, men der er fortsat et stort potentiale for, at mere affald kan genanvendes, at kvaliteten af genanvendelse kan forbedres, samt at større mængder kan genbruges/forberedes til genbrug. Selvom næsten 90% af alt bygge- og anlægsaffald enten bliver genanvendt eller nyttiggjort, er der et stort potentiale for at øge kvaliteten af affaldshåndteringen ved at rette fokus mod mere genbrug og højere kvalitets-genanvend-

else. Dette kræver bedre udsortering og indsamling af affald. Kun 36% af alt bygge- og anlægsaffald blev genanvendt i 2021; til sammenligning blev mellem 57 og 73% af affaldet fra andre sektorer genanvendt.

Genbrug bliver ikke opgjort som en del af affaldsstatistikken, men en nylig gennemført undersøgelse har estimeret, at det er meget små mængder, der bliver genbrugt direkte, da der fortsat knytter sig en række udfordringer til dette.

Manglende viden

- Der er brug for mere viden og praktiske løsninger, der kan understøtte udsortering og indsamling af affald.
- Der er brug for mere viden om flows af de enkelte affaldsstrømme og brug for metoder og løsninger til at sikre sporbarhed. Dette vil også give bedre data om affaldsmængder.
- Der er brug for en mere detaljeret opdeling af affaldsstrømmene og et fokus på at sikre kvaliteten af affaldet gennem værdikæden.

REFERENCER

- [1] Miljøstyrelsen, Affaldsstatistik 2021, 2023. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/10/978-87-7038-566-4.pdf>.
- [2] Miljøstyrelsen, Genbrugsmængder opgjort i Danmark, [2023]. <https://mst.dk/nyheder/2023/december/genbrugsmængder-opgjort-i-danmark>.
- [3] I.K. Sohn, Sine Beuse Fauerby, Betina Simonsen, Thomas Fruergaard Astrup, Anke Oberender, Julie Hjort, Anders Ziegler Kusk, The Circularity Gap Report: Denmark, 2023. <https://www.circularity-gap.world/denmark#download>.
- [4] NIRAS, Kortlægning af jordstrømme, 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/06/978-87-93614-09-3.pdf>.
- [5] T. Henriksen, L. Juel-Hansen, D. Mathiesen, Udredning af teknologiske muligheder for at genbruge og genanvende beton, 2015. <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2015/04/978-87-93352-03-2.pdf>.
- [6] B.K. Ryts, D. McKinnon, S.E. Danielsson, I. Damsgaard, J.S. Madsen, V. Hundevad, L.S. Andersen, Analyse af nationale plaststrømme i landbrug, hotel- og restaurationsbranchen og bygge- og anlægsbranchen, 2019. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/05/978-87-7038-070-6.pdf>.
- [7] Teknologisk Institut, Kortlægning af genanvendeligt træaffald i Danmark, 2018. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/03/978-87-93614-89-5.pdf>.
- [8] A. Damgaard, C. Lodato, S. Butera, T.F. Fruergaard, M. Kamps, L. Corbin, D. Tonini, T.F. Astrup, Background data collection and life cycle assessment for construction and demolition waste (CDW) management, 2022. <https://doi.org/10.2760/772724>.
- [9] Plastics Europe, Overview of Plastic Waste from Building and Construction by Polymer and by Recycling, Energy Recovery and Disposal, Plast. Waste from B&C EU [2018]. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/BC_Table.pdf.
- [10] Teknologisk Institut, Beskrivelse af tal og vurderinger genereret under undersøgelse af byggepladser, 2018.
- [11] NIRAS, Copenhagen Ressource Institute, Lauritzen Advising, Affaldsforebyggelse i byggeriet. Forprojekt, 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/02/978-87-93529-66-3.pdf>.
- [12] K.H. Smith, R.J. Lyng, A. Oberender, Ressourcekortlægning af bygninger, 2018. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/04/978-87-93710-05-4.pdf>.
- [13] Teknologisk Institut, Emcon A/S, A.P. A/S, Unicon A/S, DK Beton, B. og B. CRH Concrete A/S, IBF A/S, Dansk Beton, Fabriksbetonforeningen, Belægningsgruppen og Betonelementforeningen. Teknologisk Institut, Emcon A/S, Aalborg Portland A/S, Unicon A/S, DK Beton, CRH Concrete A/S, IBF A/S, Dansk Beton, Fabriksbetonforeningen, Nulspildsprojektet, [2019]. <https://www.danskindustri.dk/medlemsforeninger/foreningssites/dansk-beton/projekter-og-priser/baredygtig-beton-initiativet/dansk-betons-projekter/nulspildsprojektet/>.
- [14] D. Watson, S. Trzepacz, O.G. Pedersen, Kortlægning af tekstilflows i Danmark, 2018. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-32-0.pdf>.
- [15] A. Oberender, K.H. Smith, M.K. Sørensen, S. Finsdottir, S.B. Kjerulff, Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet, 2023. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/roadmap-for-cirkulaer-oekonomi-i-byggeriet>.
- [16] VCØB, Hvilke byggematerialer kan du genbruge, genanvende eller materialenyttiggøre på anden vis?, Guide [2020]. https://www.vcob.dk/media/1599/hvilke_gamle_byggematerialer_kan_genanvendes.pdf.
- [17] DTI, LCA-undersøgelse af tilslagsproduktion, 2019. <https://www.teknologisk.dk/ydelser/baeredygtigt-byggeri/lca-life-cycle-assessment/30894,6?cms.query=LCA+beton>.

Temadark #2

Byggeriet som ressourcebank

Vores eksisterende bygningsmasse skal ses som en ressourcebank, der gemmer på værdifulde ressourcer, som vi skal udnytte. Men bygningsmassen er langt sværere at kortlægge og udnytte som ressource end de primære ressourcer, som eksempelvis kommer fra en råstofgrav.

Hvor mange bygninger rives ned om året?

Hvilke typer af materialer indeholder bygningerne?

Byggeriet som ressourcebank

Den danske bygningsmasse – de store tal

Bygningsarealet består af en række forskellige bygningstyper med forskellig sammensætning af materialer i forskellige mængder – og dermed også forskelligt ressourcepotentiale.

Byggeriet udgør en ressourcebank, og der er sket en stigning på knap 50 % i det samlede bygningsareal fra 1986 til 2024, hvilket reelt set betyder, at denne ressourcebank stiger [Tabel 1]. Knap halvdelen af

hele bygningsarealet udgøres af helårsbeboelse, hvilket typisk er mindre byggerier med en forholdsvis lille mængde materialer indbygget, men som samlet set udgør en betydelig mængde.

Byggeriet som ressourcebank består af mange lokationer med materialer, modsat en råstofgrav, hvor materialet er samlet et sted. Bygningsmassen udgøres af over 2 millioner bygninger i alt, hvoraf parcelhuse udgør over halvdelen af alle bygninger [Tabel 2].

Bygningsareal i alt (mio. m ²)		Heraf:					
		Helårsbeboelse	Avls- og driftsbygninger	Fabrikker og værksteder	Kontor, handel og administration	Institutioner og kulturelle formål	Sommerhuse
1986	566,4	293,8	121,7	41,7	43,5	32,9	11,3
1991	606,1	308,2	127,4	47,3	51,3	35,1	12,1
1996	629,1	317	130,9	49,9	54,8	36,9	12,8
2001	653,0	329,3	130,8	52,9	58,9	39,2	13,5
2006	686,8	344,5	134,6	55,3	64,9	41,7	14,9
2011	778,8	362,5	137,6	55,9	71,8	41,2	16,7
2016	802,8	374,8	136,7	55,5	75,8	43,3	17,6
2017	808,1	377,8	136,7	55,4	76,7	43,7	17,7
2018	808,8	378,6	136,7	50,8	81,1	43,6	17,8
2019	813,7	381,9	134	44,8	88,4	44,4	18
2020	820,5	386,4	125,5	43,2	91,9	44,7	18,2
2021	826,4	390,7	122,7	42,7	93,2	44,8	18,3
2022	831,6	395,1	114,1	42,4	93,8	45	18,5
2023	838,0	399,6	110,5	42,3	95,3	45,2	18,8
2024	846,4	403,8	109,8	42,4	97,5	45,6	19
Andel i % 2024	100%	48%	13%	5%	12%	5%	2%

Tabel 1 Oversigt over det samlede bygningsareal fordelt på bygningens anvendelse [1].

Antal bygninger	2023
Parcelhuse	1.134.094
Række-, kæde- og dobbelthuse	273.752
Etageboliger	100.229
Anden helårsbeboelse	8.298
Avls- og driftsbygning	296.548
Fabrikker, værksteder og lign.	49.767
Bygninger til kontor, handel, lager, offentlig administration mv.	101.769
Bygninger anvendt til undervisning, forskning og lign.	17.473
Sommerhuse	232.143

Tabel 2 Oversigt over antal bygninger fordelt på bygningens anvendelse [2].

Ressourcer frigøres fra ressourcebanken via nedrivninger, som kan udføres som totalnedrivning eller som en del af en renovering.

Nedrivninger

Et overordnet estimat er, at der nedrives 1,7 mio. m² om året [3]. Tallet stammer fra en analyse af eksisterende studier. Dette svarer til ca. 0,2% af den samlede bygningsmasse.

En undersøgelse fra 2022 [4] baseret på BBR-data inden for udvalgte bygningskategorier (herunder enfamiliehuse, etageboliger, kontorbyggeri, offentlige bygninger mm.) har opgjort, at der i perioden fra 2010 til 2021 blev nedrevet bygninger svarende til ca. 5,5 millioner m², hvor det efterfølgende blev på de samme grunde opført nye bygninger, der tilsammen udgør 8,9 millioner m². Af det nyopførte bygningsareal har 65% samme anvendelse som de bygninger, der blev revet ned.

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Data om bygninger i Danmark

Tal om bygningsmassen i Danmark kommer fra Bygnings- og Boligregisteret, BBR. Det er den enkelte bygningsejer, der er ansvarlig for at indberette ændringer af bygningen til BBR.

Nedrivninger og renoveringer bliver ikke registreret i BBR eller andre centrale steder.

Enfamiliehuse repræsenterer den største kategori både for nedrivning og nybyggeri, med henholdsvis 29% af det nedrevne og 27% af det nyopførte areal. Den næststørste gruppe består af bygninger til kontor, handel og lager, som udgør 15% af det nedrevne og 18% af det nyopførte areal.

Analysen har også fokuseret på at indsamle mere specifik information om de enfamiliehuse, der bliver nedrevet, samt de huse, der bliver genopført på de samme grunde. Siden 2017 har omfanget af aktiviteten "riv-ned-byg-nyt" for enfamiliehuse ligget stabilt med ca. 1.300 bygninger om året, herunder ca. 1.100 parcelhuse og 200 stuehuse tilknyttet landbrugsbygninger. Det er primært de mindre enfamiliehuse, der bliver nedrevet, og der er tendens til at bygge større huse, når der først er foretaget en nedrivning.

En analyse fra 2017 har desuden opgjort, at der er ca. 1.500 "rene" nedrivninger af helårsbeboelser hvert år, dvs. nedrivninger, hvor der ikke efterfølgende genopbygges et nyt hus på grunden [5]. Hverken den første eller den anden analyse giver derfor det samlede billede af nedrivningsaktiviteter.

Enfamiliehuse, der er købt med henblik på nedrivning, benævnes "teardowns". En analyse har vist, at teardowns forekommer hyppigere nær større byers centrum, hvor der er begrænsede muligheder for at købe ubebyggede grunde. Her spiller økonomiske faktorer en stor rolle i beslutningen om nedrivning og nybyggeri, og bygningernes fysiske tilstand er ikke altid den direkte årsag til nedrivning [6].

FOKUS PÅ

Selektiv nedrivning

Selektiv nedrivning er nedrivning, hvorunder materialer fra nedrivningen adskilles og sorteres under nedrivningen. Selektiv nedrivning handler også om at få udsortet skadelige stoffer fra affaldet inden nedrivning. Som et led i den selektive nedrivning kan der udsorteres bygningskomponenter til direkte genbrug, men det handler i lige så høj grad om at sikre uforurenede, sorterede materialer, som kan genanvendes og nyttiggøres igen så højt oppe i affaldshierarkiet som muligt.

Der er i Danmark et kommende krav om selektiv nedrivning, som træder i kraft i løbet af 2024. Reglerne findes i tre nye bekendtgørelser [7-9], og omfatter bl.a.:

- Et krav om selektiv nedrivning ved fuldstændig fjernelse af etageareal over 250 m².
- Nedrivningsvirksomheder skal være autoriserede og opfylde specifikke krav, herunder implementere et godkendt kvalitetsledelsessystem, være underlagt et kontrolorgan og anvende en ressourceansvarlig.

- Bygherrer skal udarbejde en standardiseret nedrivningsplan, der skal omfatte en række punkter, herunder information om miljø- og resourcescreening for at optimere genbrug og genanvendelse af materialer. Derudover er der krav om, at en miljø- og resourcekoordinator skal tilknyttes projektet.

Nænsom nedrivning bliver ofte brugt som udtryk for det forhold, at bygninger nedrives skånsomt, så bygningskomponenter kan genbruges. Det vurderes, at det fortsat er på forsøgsbasis, at der forekommer nænsom nedrivning.

Et studie har via en livscyklusvurdering undersøgt de miljømæssige konsekvenser ved indførelse af et krav om selektiv nedrivning [10]: resultaterne viser, at selektiv nedrivning giver for samtlige miljøpåvirkningskategorier de bedste resultater – enten i form af de største potentielle miljømæssige besparelser eller de mindste potentielle miljømæssige påvirkninger. Det gælder for både mindre og større bygninger. For mindre bygninger ses, at bygninger opført før 1950 har det største potentiale.

Renovering

Renoveringer udgør en betydningsfuld samfundsaktivitet. Under en renovering vil der opstå affald, som kan genbruges eller genanvendes. Mængderne fra de enkelte projekter vil sædvanligvis være små, men samlet set er der tale om store mængder.

En undersøgelse har estimeret at:

- Fra 2012 og frem til 2050 renoveres ca. 81 % af det samlede tagareal.
- Fra 2012 og frem til 2050 renoveres ca. 18 % af det samlede ydervægsareal.
- Det antages, at 0,5 % af det samlede ydervægsareal af tegl renoveres pr. år. Det svarer til renovering af ca. 7.000 enfamiliehuse og 250 etageboligbygninger med ydervægge af tegl pr. år.

Tallene dækker renoveringsbehovet, hvor der samtidig er mulighed for efterisolering frem til 2050 – dvs. de dækker ikke alle renoveringer. Det samlede materialebehov ift. renoveringerne vil derfor være større end de estimater, der er angivet [11].

Renoveringer er ofte mere fordelagtige end nedrivninger

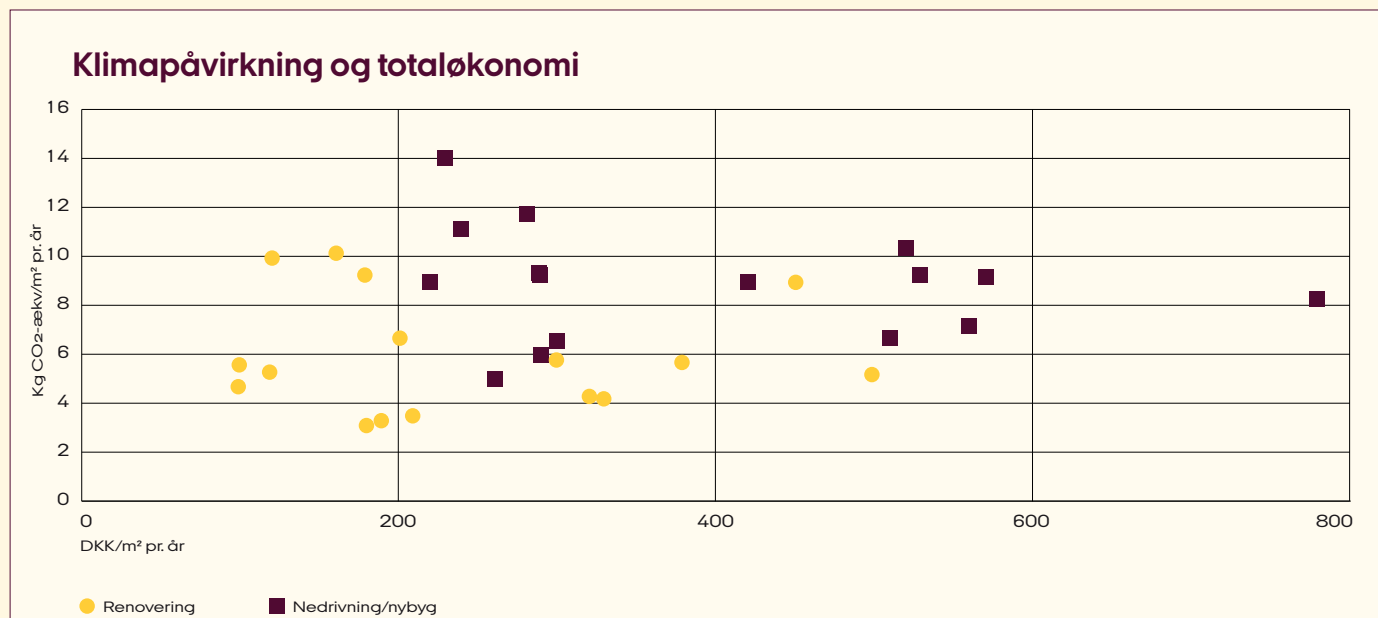
I en undersøgelse blev det konkluderet, at ekstra omkostninger til ekstra mandetimer, stillads, kran m.m. er mindre ved nænsom nedrivning på en renoveringssag end ved nænsom nedrivning på en sag med en totalnedrivning. Dette skyldes, at der i forvejen er brug for en mere nænsom nedrivning ved renovering end ved totalnedrivning [12].

En analyse fra 2020 har via 16 cases undersøgt om det er mest fordelagtigt – både miljømæssigt og totaløkonomisk – at renovere frem for at rive ned og bygge nyt. Samtlige 16 cases i analysen viser, at en renovering er mest fordelagtig både ift. klimapåvirkning og totaløkonomi [13]. Det kan ses på Figur 1.

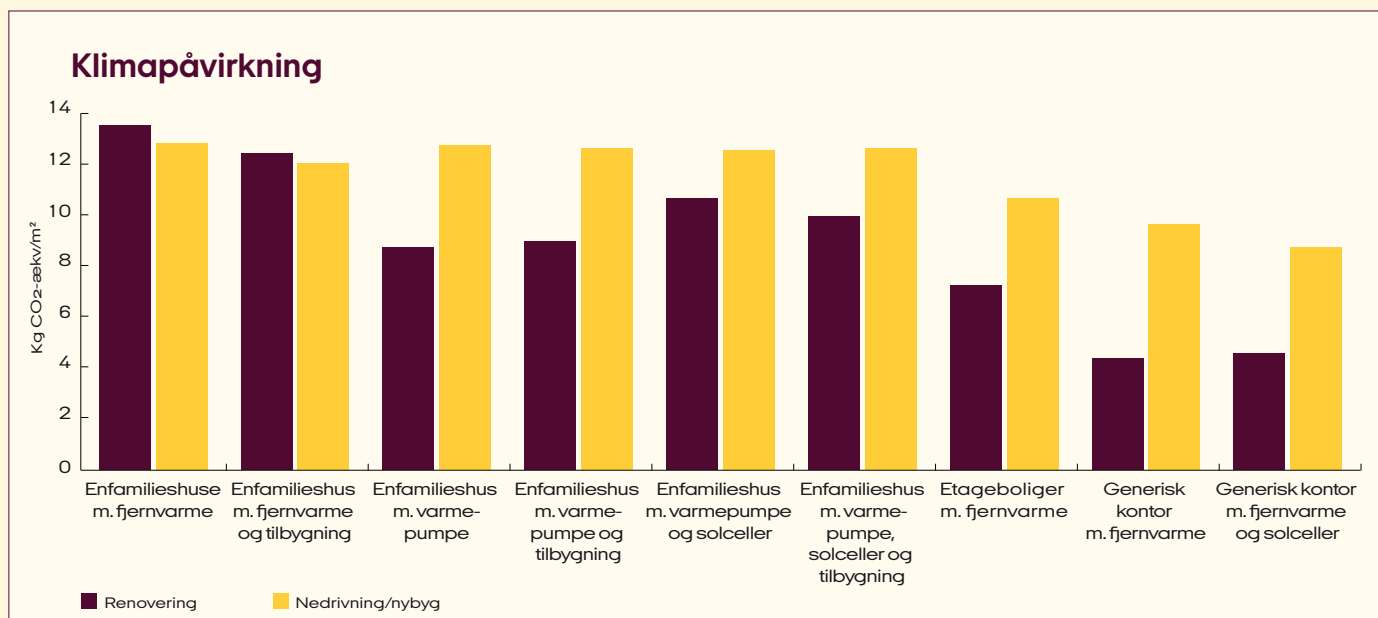
En nyere undersøgelse fra 2022 har vist, at der er en generel tendens til, at det for både enfamiliehuse, etageboligbyggerier og kontorbyggerier kan betale sig klimamæssigt og økonomisk at renovere fremfor hhv. ikke at renovere, eller rive ned og bygge nyt. Det vises på

Figur 2. For enfamiliehuse kan tidspunktet for hvornår emissionerne sker dog i nogle tilfælde være afgørende for, om der samlet set opnås en klimamæssig gevinst ved renovering. Dette sker typisk når omfanget af energirenovering er begrænset, f.eks. hvor huset fortsat

varmes op via fjernvarme i stedet for en opgradering til et mere effektivt system såsom en varmepumpe [14]. Den samme undersøgelse har vist, at nedrivninger kan tælle op til 20% af den samlede klimabelastning.



Figur 1 Sammenligning af klimapåvirkninger vs. totaløkonomien ved henholdsvis renovering og nybyggeri for 16 cases. Cases stammer fra [13] og er udvalgt således, at de repræsenterer et bredt udsnit af bygningsfunktioner, materialevalg og lokationer.



Figur 2 Sammenligning af klimapåvirkninger ved henholdsvis renovering og nedrivning/nybyggeri for forskellige bygningstyper. Data stemmer fra [14], og vedrører generiske beregninger [kapitel 3.2]

FOKUS PÅ

Bevaring

I de senere år har der været en gradvis ændring i samfundets tilgang til byudvikling, og vi ser i dag en stigende opmærksomhed om at bevare og renovere eksisterende bygninger frem for at rive gamle bygninger ned for at gøre plads til nyt byggeri. Dette er sket i takt med en udvikling af vores opfattelse af bæredygtigt byggeri, som har bevæget sig fra ren energioptimering i driftsfase til en mere nuanceret forståelse af, at en betydelig del af en bygnings klima- og miljøaftryk stammer fra de materialer, der anvendes [den såkaldte indlejrede CO₂].

Denne tendens afspejles også i en række publikationer, analyser og projekter, som har undersøgt emnet fra forskellige synspunkter, men nøjagtige tal mangler stadig.

Udover de ressource-, klimamæssige og økonomiske besparelser [13–15], som kan opnås ved en renovering, spiller historisk, kulturel og arkitektonisk værdi en vigtig rolle [16,17]. Projekterne IGENBO har analyseret omfanget, barrierer og muligheder ifm. bevaring af enfamiliehuse [18] og [19]. SBST har udgivet to vejledninger, som giver et overblik over processen og opmærksomhedspunkter, når man som enten privat bygningsejer eller professionel skal planlægge en renovering med bevarelse af de bærende konstruktioner [20]; udover det har SBST også lanceret en formidlingsindsats om fordele ved at renovere frem for at rive ned og bygge nyt [21]. Endelig er der et voksende politisk og offentligt pres for at bevare bygninger. Flere kommuner undersøger mulighederne for at indføre regulativer, der fremmer renovering og mindsker til nedrivning, hvilket understøtter en mere bæredygtig udvikling af byerne [22].

FOKUS PÅ

Fortætning

Et yderligere, relevante tiltag med henblik på at minimere råstofforbruget og CO₂-udledningen er at udnytte eksisterende kvadratmeter som alternativ til nybyggeri. Et eksempel på dette er indretning af flere boliger i den eksisterende bygningsmasse, f.eks. via uudnyttede tagarealer i etage- eller kontorejendomme, tomme udlejningsboliger mm. [23,24].

ressourcepotentiale. Nedenfor ses en forenklet opdeling af bygningsmasse efter perioder:

- **Byggeri fra før 1950:** Materialer af stor holdbarhed og kvalitet. Mulighed for genbrug af mursten, tagsten, trækonstruktioner. Byggerierne er ofte lavet, så de kan skilles ad.
- **Byggeri mellem 1950-1977:** Betonbyggeriet har vundet indpas i denne periode. En del skadelige stoffer som PCB og asbest har haft anvendelse. Byggeriet vil ofte være elementbyggeri med muligheder for at skille bygningen ad i delelementer.
- **Byggeri efter 1977:** Det moderne byggeri. Byggeriet er ofte komplekst og består af mange forskellige materialer, ofte med glasfacader og stålkonstruktioner.

Materialer i forskellige bygninger

Byggeriet som ressourcebank er komplekst med mange forskellige bygningstyper. Bygningsmassen kan opdeles i forskellige arketyper efter bygningsstil, der også vil bestå af forskellige materialer med forskelligt

Et byggeri består af mange forskellige komponenter og forskellige materialer. Beton, tegl og træ er mængdemæssigt de mest betydende materialer. I Tabel 3 fremgår estimerede andele for de forskellige materialer.

	Beton	Tegl	Træ	Glas	Metal	Gips	Mineraluld	Plast	Andet
Estimerede andele af et byggeri	35-60%	12-42%	4-14%	0,5-1,7%	4-10%	1-4%	0,3-0,8%	0,2-0,4%	2,7-7,1%

Tabel 3 Estimerer på hvor stor en andel af en bygning, de enkelte materialer udgør mængdemæssigt [data stammer fra tabel 5 [10]].

Der er lavet en del bygningstypologibeskrivelser af den danske bygningsmasse, f.eks. Tabula [25]. Selvom disse ikke nødvendigvis har et målrettet fokus på ressourcepotentialer [Tabula blev f.eks. udviklet til at vurdere bygningers energiydelse] kan denne tilgang understøtte en kvantificering af ressourcepotentialer i forskellige bygningstypologier.

Udover selve bygningens materialer indeholder en bygning forskellige former for interiør, såsom sanitet, indre skillevægge, køkkener, gulvtæpper m.m., som har et potentiale for genbrug.

Eksempel

Undersøgelser af bygningsmassen

Et forskningsprojekt har opgjort, at der findes 66,7 millioner tons byggematerialer i byggerier og anlæg i Odense. En tredjedel af dette findes over jorden. Bygningsmassen i Odense er modelleret ved brug af building stock modelling [26].

I en undersøgelse af ressourcepotentialer i nedrivningsmodne huse på Lolland blev der fundet følgende potentialer [ikke udtømmende liste]:

Bygningselementer	Estimeret mængde
Mursten [før 1960]	14.052 m ² – 68.219 m ²
Tagsten [tegl]	5.230 m ² – 25.391 m ²
Døre	700 – 3.397 stk.
Bjælker	2.442 – 11.853 stk.
Spær	422 m ² – 2.047 m ²
Plankegulv	1.112 m ² – 5.397 m ²
Gips	812 m ² – 3.943 m ²
Granitfliser	158 m ² – 768 m ²

Tabel 4 Mængde af opgjort ressourcepotentialer i nedrivningsklare huse på Lolland. Data kommer fra reference [27].

Kortlægning af ressourcer i bygninger

Inden en bygning nedrives skal der laves en kortlægning af bygningen. Det er lovpligtigt at lave en miljøkortlægning af bygningen, hvor det afdækkes om der er skadelige stoffer i bygningen. Men den nye lovgivning om selektiv nedrivning bliver det også et lovkrav at lave en ressourcekortlægning før nedrivningen. En ressourcekortlægning vil give oplysninger om bygningens ressourcepotentialer.

Derudover kan ressourcekortlægningen suppleres af en række test og prøvninger til nærmere bestemmelse af materialekvalitet.

Dette kan foregå både før og efter nedrivning.

FOKUS PÅ

Testning af byggekomponenter mhp. genbrug

En af de udfordringerne ifm. genbrug af strukturelle byggekomponenter er usikkerheden omkring komponenternes integritet og levetid efter demontering. Dette kræver grundig dokumentation og testning for at sikre, at de genbrugte materialer stadig lever op til de nødvendige sikkerheds- og kvalitetsstandarder.

På nuværende tidspunkt findes der ikke et dansk eller europæisk paradigme for, hvordan egenskaberne for betonkonstruktioner, som skal genbruges hele i nyt byggeri, skal dokumenteres. Der findes en række metoder, som allerede anvendes i forbindelse med traditionelle tilstandsvurderinger af betonkonstruktioner, som potentielt også kan bruges til betonkonstruktioner til genbrug.

Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at bl.a. antal prøver, prøveudtagning og databehandlingen ikke er uvæsentlige for de opnåede resultater. Derfor kan der potentielt være udfordringer med sammenligning af resultater, så længe der ikke er definerede konkrete krav til dette.

Endnu en udfordring er, at traditionelle testmetoder kan være destruktive, hvilket betyder, at de ødelægger en del af materialet under testprocessen, hvilket ikke er ideelt, når formålet er genbrug.

Derfor er der et voksende behov for ikke-destruktive testmetoder, som kan anvendes til at vurdere et materiales karakteristika og eventuelle skjulte skader uden at udtage fysiske prøver fra materialet. I princippet er en målemetode ikke-destruktiv, når emnet efterlades i samme stand efter målingen som før. Ikke-destruktive testmetoder er hovedfokus for et igangværende Grand Solution-projekt [Structural Reuse], finansieret af Realdania og Innovationsfonden, som undersøger hvordan ikke-destruktive test kan bruges som dokumentation af genbrug af strukturelle byggekomponenter i stål, beton og træ. Eksempler på ikke destruktive testmetoder findes bl.a. i reference [29].

Eksempel – (P)RECAST

I et igangværende MUDP-projekt finansieret af Miljøstyrelsen, forsøges udfordringerne for genbrug af betonelementer igennem hele værdikæden løst, herunder også ift. test og dokumentation. Projektet fokuserer på at skabe repeterbare løsninger, som kan bruges fra case til case.

Eksempler på igangværende aktiviteter i projektet, inkluderer bl.a.:

- Kortlægning af relevante egenskaber og metoder til dokumentation af egenskaberne.

- Fuldskalabæreevneprov af huldæk nedtaget fra eksisterende byggeri og sammenligning af resultaterne med beregnede bæreevner.
- Videreudvikling af et prøvningsparadigme for genbrugte betonelementer, baseret på resultater fra et tidligere projekt. Paradigmet indeholder bl.a. konkrete prøvningsmetoder, krav til målte egenskaber, databehandlingsmetoder, krav til prøveudtagning og krav til kvalitetsstyring.

Læs mere om (P)RECAST projekt her.

Opsummering

Hvor mange bygninger rives ned om året?

Samlet set bliver der bygget mere end der rives ned, og det samlede bygningsareal er steget med 50 % de sidste 38 år. Et groft estimat er, at der rives 1,7 mio. m² ned hvert år, men der mangler præcise tal om hvor meget og hvad der rives ned.

Hvilke typer af materialer indeholder bygninger?

Typiske materialer i en bygning er beton, tegl, træ, glas, metal, gips, mineraluld og plast. Mængdemæssigt dominerer beton, tegl og træ, men materialerne vil variere alt efter hvilken bygningstype, der er tale om.

Byggeri fra før 1950, og især mindre bygninger, vurderes at have det største ressourcepotentiale, da dette byggeri ofte er byggerier af materialer med stor holdbarhed og på en måde, så materialerne kan skilles ad og uden brug af skadelige stoffer.

Manglende viden

- Der mangler viden og data om hvilke materialer, der findes i den danske bygningsmasse.
- Der mangler viden om materialernes tilstand og om hvordan dette dokumenteres.
- Der mangler data om antal og type af nedrivninger og renoveringer.
- Der mangler viden og data om affald, der opstår ved renoveringer, samt affaldets ressourcepotentiale.

REFERENCER

- [1] Danmarks Statistik, Bygningsopgørelse, 1. januar 2024, 2024. <https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/nyt/GetPdf.aspx?cid=50975>.
- [2] Danmarks Statistik, Bygninger efter område, ejerforhold, anvendelse og arealintervaller [BYGB12], [2024]. <https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/selectvarval/define.asp?PLanguage=0&subword=tabel&MainTable=BYGB12&PXSlid=184341&tablestyle=&ST=SD&buttons=0>.
- [3] Nina Koch-Ørvad, R. Simonsen, Risiko som barriere for bæredygtige byggematerialer, [2023]. <https://vaer-dibyg.dk/vejledning/risiko-som-barriere-for-baeredygtige-byggematerialer/>.
- [4] J.O. Jensen, M. Mechlenborg, J. Kragh, A. Egsgaard-Pedersen, Nedrivning af enfamiliehuse: Omfang og årsager, 2022. <https://build.dk/Assets/Nedrivning-af-enfamiliehuse-Omfang-og-aarsager/Nedrivning-af-enfamiliehuse-omfang-og-aarsager.pdf>.
- [5] N. Kristensen, C. Kolodziejczyk, J. Wittrup, Nedrivninger af huse og fremtidige nedrivningsbehov i Danmark, 2017. <https://www.vive.dk/media/pure/dx357qzb/2038197>.
- [6] M.L. Andersen, Karakteristika for huse der rives ned med henblik på nybyggeri, 2023. <https://bvc.dk/media/1908/karakteristika-for-huse-der-rives-ned-med-henblik-paa-nybyggeri-marts-2023.pdf>.
- [7] Miljøministeriet, Bekendtgørelse om håndtering af affald og materialer fra bygge- og nedrivningsarbejde, 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/496>.
- [8] Miljøministeriet, Bekendtgørelse om uddannelse til miljø og ressourcekoordinator og ressourceansvarlig, 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/497>.
- [9] Miljøministeriet, Bekendtgørelse om kvalitetsledelsessystemer for autoriserede nedrivningsvirksomheder og registrering af kontrolorganer på nedrivningsområdet, 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/491>.
- [10] T. Fruergaard Astrup, Selektiv nedrivning i byggebranchen - Livscyklusvurdering [LCA] af konsekvenser ved selektiv nedrivning, 2022. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/02/978-87-7038-353-0.pdf>.
- [11] K.B. Wittchen, J. Kragh, S. Aggerholm, Potentielle varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050, 2014. https://energy.ec.europa.eu/document/download/7c53a835-a84d-4736-ab7d-09d1af9d-d5f6_en?filename=SBi_2014-01_%282%29.pdf&prefLang=fi.
- [12] A. Sørensen, K.H. Smith, R.J. Lyng, A. Beim, S. Sköld, Ressourceplan: Cirkulær kortlægning ved nedrivning af byggeri, n.d. <https://www.innobyg.dk/media/75895/den-cirkulaere-ressourceplan-screen.pdf>.
- [13] L.H.H. Sørensen, M. Mattson, Analyse af CO2 udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg, 2020. <https://www.renoveringpaadagsordenen.dk/wp-content/uploads/2020/10/Komparativ-analyse-af-CO2udledning-og-totaloekonomi-i-renovering-og-nybyg-3.pdf>.
- [14] Leonora Eberhardt, Agnes Garnow, Harpa Birgisdottir, Jørgen Rose, Jesper Kragh, Klimapotentialet ved renovering kontra nedrivning med nybyg, 2022. <https://build.dk/Assets/Klimapotentialet-ved-renovering-kontra-nedrivning-med-nybyg/Klimapotentialet-ved-renovering-kontra-nedrivning-med-nybyg.pdf>.
- [15] J. Abrahams, S. Sand, K.O.A. Lund, A. Sørensen, M. Tram, Transformation - For klimaet, økonomien og bygningsmassen, 2022. https://rgo.dk/wp-content/uploads/Transformation_PDF.pdf.
- [16] S. Petersen, J.D. Buhl, L.Ø. Pedersen, B.T. Eybye, H.E. Andersen, M.B. Lyhne, M.A. Morgen, N.V. Riis, Bygningskultur og Klima - Undersøgelser af eksisterende viden om livscyklusvurderinger og bevaringsværdier, 2021. [https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/bygningskultur-og-klima#:~:text=Analysen "Bygningskultur og Klima - Undersøgelser,indsamle viden og blive klogere.](https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/bygningskultur-og-klima#:~:text=Analysen%20Bygningskultur%20og%20Klima%20-%20Undersogelser,indsamle%20viden%20og%20blive%20klogere.)
- [17] A. Høi, M.B. Jørgensen, T. Brogren, S.D. Stybe, Klimavisioner for modernismens bygningskultur, 2024. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/klimavisioner-for-modernismens-bygningskultur>
- [18] DTI, BUILD, DTU, Responsible Assets, Enfamiliehuse forsvinder, Arkitekten [2024]. <https://arkitektforeningen.dk/arkitekten/enfamiliehuse-forsvinder/>.
- [19] DTI, BUILD, Responsible Assets, Nye anbefalinger skal redde huse fra nedrivning, Dagens Byg. [2024]. <https://www.dagensbyggeri.dk/artikel/122057-nye-anbefalinger-skal-redde-flere-huse-fra-nedrivning>.

- [20] ABC Rådgivende Ingeniører, Teknologisk Institut, Bevar&Spar - Guide til genbrug af bærende konstruktioner, [2022]. https://sbst.dk/Media/638313057334787290/GUIDE_august_2023_PRIVATE.pdf.
- [21] Social- og Boligstyrelsen, Renoveringer, [2023]. <https://www.sbst.dk/byggeri/baeredygtigt-byggeri/renoveringer>.
- [22] U. Andersen, I London skal bygherrer både forklare og forsvare nedrivninger. Og ministre griber ind, ING/BUILDINGTECH [2024]. <https://pro.ing.dk/buildingtech/artikel/i-london-skal-bygherrer-baade-forklare-og-forsvare-nedrivninger-og-ministre-griber-ind>.
- [23] Sweco, Cobe, Potentialer for indretning af flere boliger i den eksisterende bygningsmasse Baggrundsrapport Potentialer for indretning af flere boliger i den eksisterende bygningsmasse, 2023. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/potentialer-for-indretning-af-flere-boliger-i-den-eksisterende-bygningsmasse>.
- [24] A.M. Exner, Nye boliger i gamle bygninger - 20 aktuelle eksempler fra Danmark og udlandet på transformation og fortætning, 2023. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/nye-boliger-i-gamle-bygninger>.
- [25] K.H. Smith, R.J. Lyng, A. Oberender, Ressourcekortlægning af bygninger, 2018. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/04/978-87-93710-05-4.pdf>.
- [26] M. Lanau, G. Liu, Developing an Urban Resource Cadaster for Circular Economy: A Case of Odense, Denmark, Environ. Sci. Technol. 54 [2020] 4675–4685. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07749>.
- [27] A. Østerby, P. Scanlon, T. Nejland, Kuben Management, M. Færch, D.L. Vind, Opbygning af Danmark gennem nedrivning af tomme bygninger, 2019. <https://byfornyelsesdatabasen.dk/file/663101/dok.pdf>.
- [28] N.M. Heunicke, K.S. Poulsgård, K.H. Smith, J. Haukhol, K.S. Gimmel, K.U. Christensen, L. Dalvang, L.C.M. Eberhardt, Ressource Blokken - Upcycling af 60'erne og 70'ernes almene byggeri, 2021. https://grafisk.3xn.dk/files/permanent/Ressource_Blokken_-_Idekatalog.pdf.
- [29] J.-E.S. Samdal, P. Grumsen, H.K. Hansen, A.B. Brøndum, J. Høegh-Jørgensen, Structural Reuse - Non-destructive test methods, 2023. <https://figshare.com/s/17c8e878e48d4727bbf1>.

Temadark #3

Brug af råstoffer i byggeriet

I Danmark bliver sand, grus, ler og kalk hentet op fra Danmarks undergrund, og disse råstoffer har gennem tiden været betydningsfulde råstoffer for danske byggematerialer og dansk byggeri, særligt ift. tegl og beton.

Har vi mangel på råstoffer i Danmark?

Kan cirkulær økonomi i byggeriet erstatte al råstofforbrug i byggeriet?

Brug af råstoffer i byggeriet

Indvinding af mineralske råstoffer i Danmark – de store tal

Sand, grus, ler, kridt og kalk er mineralske råstoffer, der indvindes i Danmark og bliver brugt til byggematerialer som f.eks. tegl og beton. Der bliver indvundet mineralske råstoffer både fra landjorden og fra havbunden i Danmark.

For indvindingen på land gælder følgende:

- Der blev indvundet omkring 27 mio. m³ mineralske råstoffer i 2022 [1].
- Råstofindvindingen på land optog 0,1 % af Danmarks areal i 2015 [2].
- Regionerne administrerer råstofindvindingen på land [4].

For indvindingen på hav gælder følgende:

- Der blev indvundet omkring 11 mio. m³ mineralske råstoffer i 2022 [1].
- Råstofindvindingen på hav optog 0,7 % af det samlede danske havareal i 2016 [2].
- Staten administrerer råstofindvindingen på hav [4].

Sand, grus og sten kan bruges til mange forskellige anvendelser. Et overslag er, at anlægsarbejder står for

omkring 75 % af forbruget af sand, grus og sten på land, mens byggeriet står for omkring 25 % [5].

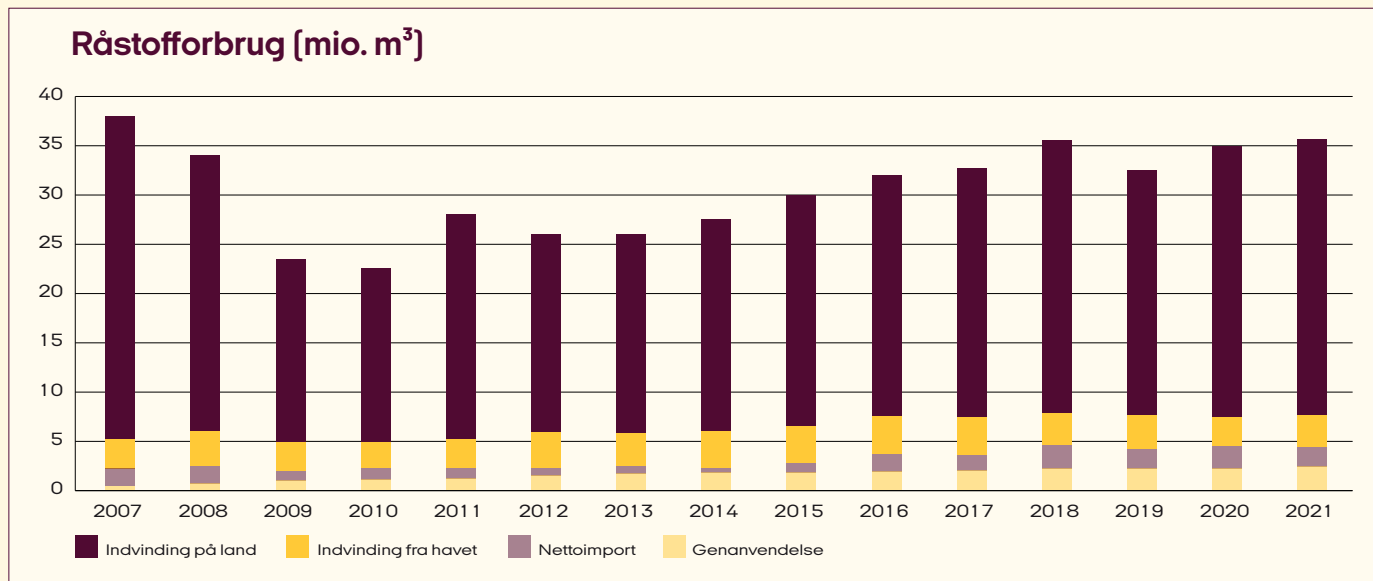
For de mineralske råstoffer, der indvindes på land, er der følgende data for anvendelsen til materialer, der potentielt set kan anvendes til byggematerialer [6]:

- 5,8 mio. m³ kvalitetssand til beton.
- 0,5 mio. m³ ler til tegl.
- 2 mio. m³ kalk og kridt til cement.

Derudover indvindes ca. 4 mio. m³ kvalitetsmaterialer [sand, grus og ral] fra havet. Råstofferne er ofte af høj kvalitet, og kan potentielt anvendes til beton, men den nøjagtige anvendelse af råstofferne kendes ikke [7].

Beton anvendes ikke alene til byggeri. Det er estimeret, at ca. 60 % af betonproduktionen går til byggeri. Den resterende del af betonproduktionen går til anlæg, broer m.m. [8].

Danmark er stort set selvforsynende ift. mineralske råstoffer. Import udgjorde i 2016 ca. 10 % af den samlede anvendelse af sand, grus og sten i DK. Eksport af mineralske råstoffer udgjorde 5 % af den samlede indvinding af sand, grus og sten i 2016 [9].



Figur 1 Historisk fordeling af råstofforbrug. Data stammer fra reference [10].

Historiske tal (vist i Figur 1) viser hvilke kilder der har dækket råstofforbruget, fordelt på indvinding på land, indvinding fra havet, nettoimport samt genanvendelse.

Indvinding af råstoffer på land udgør størstedelen af det samlede råstofforbrug (omtrent 80%). Variationerne i råstofforbruget er blevet dækket af landbaseret indvinding: i de perioder, hvor råstofforbruget har været højt, har landbaseret indvinding også vist en stigning. Mængden af genanvendte råstoffer har vist en stigende tendens i perioden, mens nettoimport og indvinding af råstoffer fra havet kun har oplevet en let stigning.

Mangel på mineralske råstoffer

Indvinding af råstoffer i Danmark bliver sværere på sigt, ligesom der kan forekomme mangel på bestemte kvaliteter, f.eks. mangel på stenfraktioner til produktion af beton.

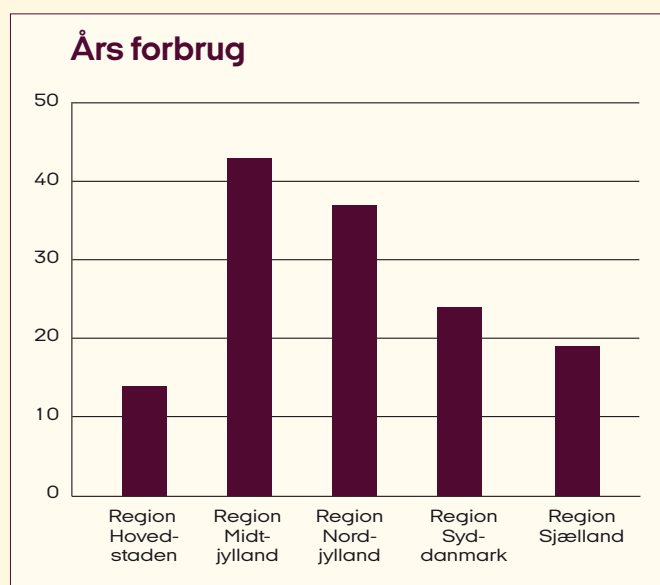
Dette skyldes, at mineralske råstoffer er en ikke-fornybar ressource, og derfor er der ikke ubegrænsede mængder til rådighed.

Der er desuden pres på arealerne i Danmark, og næsten hele Danmarks areal er i brug til f.eks. landbrug, skov, natur, byer og veje. På havet er der også forskellige arealinteresser, som f.eks. opstilling af vindmøller, fiskeri og bevarelse af økosystemer, som presser indvindingen.

Råstofudvinding er en arealanvendelse, som skal sammenholdes og prioriteres med andre arealinter-

resser – både når det gælder indvinding på land og indvinding på hav.

Regionerne har i 2013 estimeret, at der er 14-43 års forbrug af råstoffer tilbage i de udlagte graveområder på land. Dette tal siger dog ikke noget om den samlede mængde tilgængelige råstoffer og hvor mange års indvinding, der reelt er tilbage, da der fortsat kan udlægges nye graveområder. Derudover er det muligt at indvinde fra havet, hvor der også kan være arealkonflikter.



Figur 2 Restlevetiden for råstofforekomsterne i råstofplanernes graveområder opgivet i antal års forsyning. Data stammer fra Danske Regioner, 2013 [11].

Ulige fordeling af de mineralske råstoffer og betydning af logistik

I Danmark er der en ulige geografisk fordeling af mineralske råstoffer, der er egnede til råstofindvinding. Mineralske råstoffer er tunge fraktioner, og derfor er transport og logistik vigtige parametre, både i forhold til økonomi og klimaaftryk.

- Mineralske råstoffer bliver primært afsat lokalt og inden for en radius af maksimalt 100 km [3].
- Erfaringstal siger, at transporten koster 1 kr. pr. ton pr. kørt km, i storbyer dog op til 2-3 gange højere [3].
- 1 ton råstof pr. kørt km koster omkring 80 g CO₂ ækvivalenter (groft estimat) [9].
- I Østdanmark opleves i højere grad mangel på råstoffer end i Vestdanmark [3].
- Inden for de enkelte regioner kan opleves lokale forskelle på tilgængeligheden af råstoffer [3].
- Der opleves mangel på stenfraktioner til produktion af beton i det meste af landet [12].

Råstoffer fra andre lande

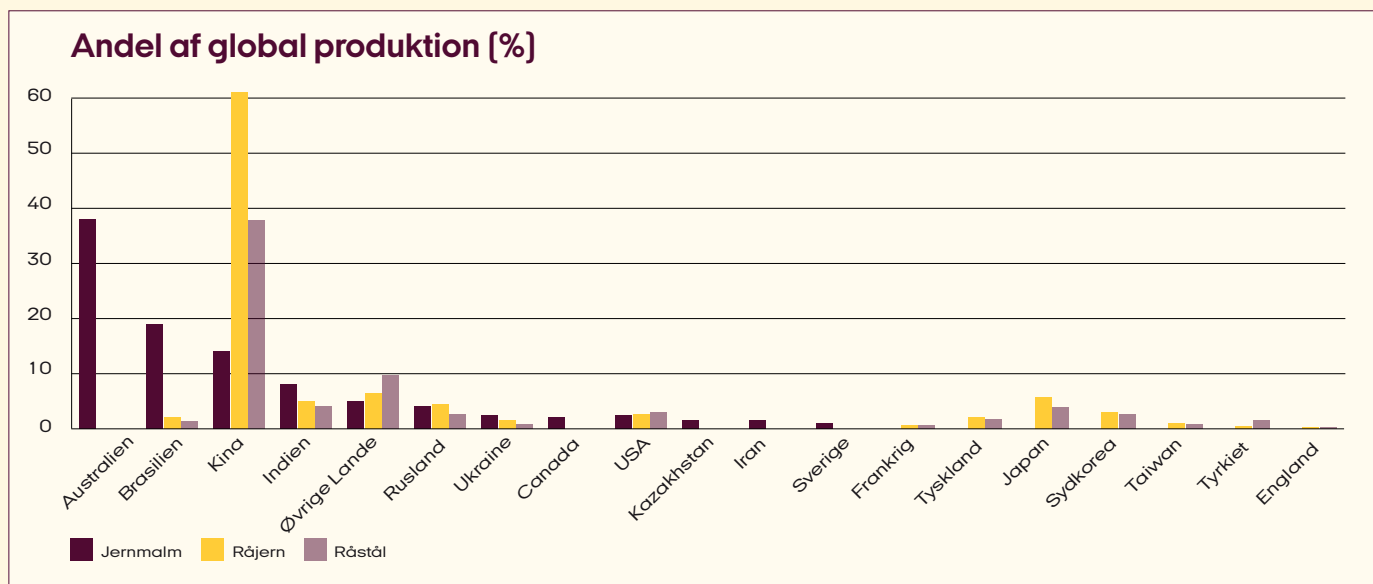
Andre råstoffer bliver udvundet og produceret i andre lande, som vist i Figur 3.

Jern betragtes som et af de vigtigste råstoffer, og det er det fjerdestørste råstof, som der udvindes mest af i verden – målt i mængde. I 2017 blev der indvundet ca. 1,2 mia. tons jernmalm fra alle verdens jernminer. Denne jernmalm forarbejdes til stål [13].

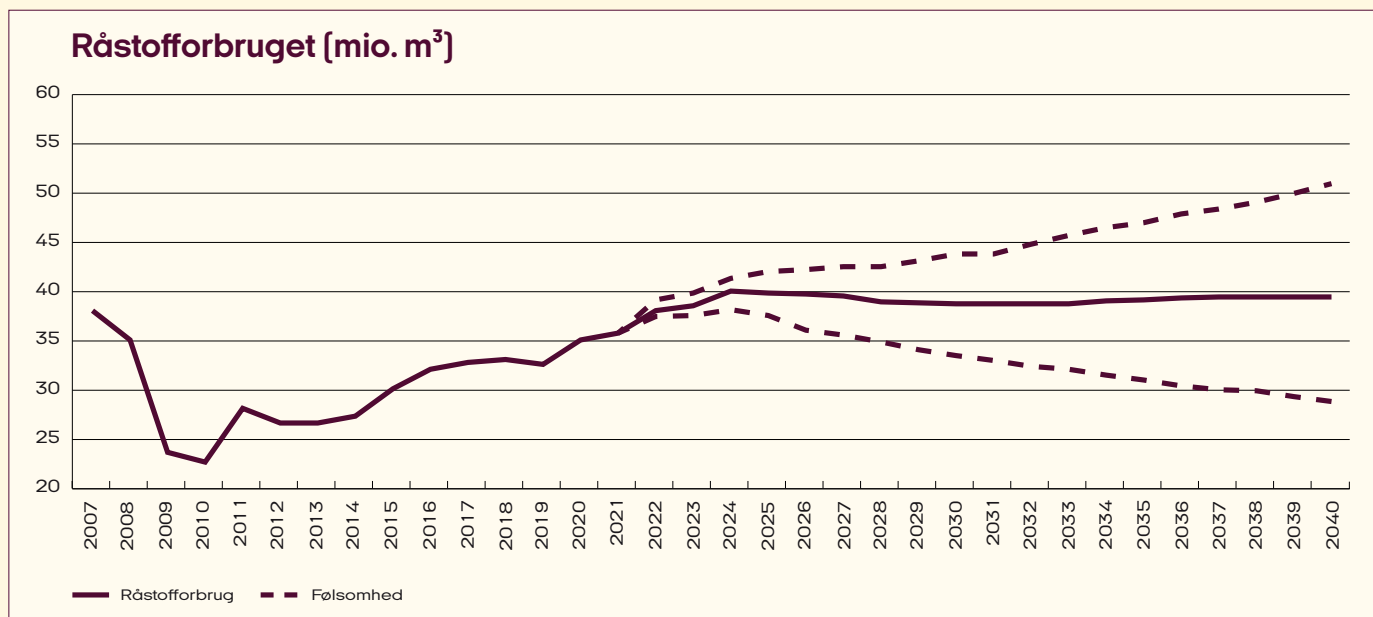
Naturgips brydes især i Spanien [14]. Industriegips produceres desuden som biprodukt på kulfyrede kraftværker, men i takt med, at kul erstattes med andre energikilder, er denne produktion faldende [14].

Fremskrivinger af råstofforbrug

Råstofforbruget (sand, sten og grus) har været stigende fra 2010 og frem. En fremskrivning fra Rambøll [10] for perioden 2022-2040 (vist i Figur 4) viser, at råstofforbruget forventes at stige fra ca. 38 mio. m³ i 2022 (som stemmer overens med de sidste data for 2022) til ca. 40 mio. m³ i 2024, hvorefter forbruget forventes at være stabilt omkring 39-40 mio. m³ frem til 2040.



Figur 3 Søjlediagram, der viser hvilke lande, der bryder jernmalm, og hvilke, der producerer råjern og stål. Data stammer fra GEUS (MiMa), 2020 [13].



Figur 4 Fremskrivning af råstofproduktion (sand, sten og grus) i Danmark opgjort i mio. m³. Figur kommer fra Danske Regioner, 2018 [10].

Tidligere fremskrivninger havde forventet en markant stigning i råstofforbruget [f.eks. [15]]. Den relativt markante nedjustering i den sidste fremskrivning skyldes, at beskæftigelsen i bygge- og anlægsbranchen steg langsommere i perioden 2016-2021, end hvad forventningen var tilbage i 2016. Fremskrivningen af beskæftigelsen er et vigtigt parameter i fremskrivning af råstofforbruget. Da der altid vil være usikkerheder forbundet med udarbejdelsen af fremskrivninger, er der gennemført en række scenarieberegninger, som netop tager højde for disse usikkerheder.

Globalt set forventer OECD, at det samlede forbrug af råstoffer forventes at blive mere end fordoblet over de kommende 50 år [16]. Bygge- og anlægsbranchen er den sektor, der bruger flest råstoffer, ligesom bygge og anlægsbranchen også er den sektor, der forventes at bruge flest råstoffer i 2030 og 2060.

En nyere analyse fra UNEP viser en anden fremskrivning, som forudsætter en fortsættelse af de nuværende mønstre for ressourceforbrug, at det samlede globale forbrug af råstoffer også forventes at stige med 60 % frem til 2060, hvor mineralske råstoffer (sand, sten, grus, mm.) udgør knap 60 % af det samlede forbrug [17].

Cirkulær økonomis indflydelse på råstoffrækket

OECD forventer, at genanvendelsesindustrien vil få en større betydning i de kommende år [13].

Brug af genbrugte og genanvendte byggematerialer er en løsning, der kan reducere trækket på jomfruelige ressourcer i Danmark, men det kan ikke erstatte al indvinding af mineralske råstoffer.

Når der ses på de danske tal for hhv. råstofindvinding og generering af bygge- og anlægsaffald [jf. temaark 1], hvor der alene ses på mængder af mineralske fraktioner og hvor meget byggeaffald, der samlet set nyttiggøres og genanvendes, er et groft overslag, at bygge- og anlægsaffald kan erstatte 9 % af råstofindvinding.

Circularity Gap-rapporten peger desuden på, at cirkulære strategier inden for byggesektoren kan reducere Danmarks materiale-aftryk med 19%. Det kan for eksempel ske ved i langt højere grad at imødekomme efterspørgslen efter nybyggeri med genbrugte og genanvendte materialer og samtidig begrænse brugen af jomfruelige materialer. Derudover kan Danmark gå over til at bruge mere lokale og biobaserede materialer som træ og øge boligbebyggelsen, antal personer per bolig og multifunktionelle bygninger. Den beregnede materialebesparelse består dog ikke nødvendigvis udelukkende af mineralske råstoffer. Læs Circularity Gap rapporten for Danmark her.

Det er også vigtigt at have fokus på kvalitet af råstoffer og genanvendelsesprocessen. Mange råstoffer vil have et tab af kvalitet i genanvendelsesprocessen.

En undersøgelse af betydningen af en forhøjelse af råstofafgiften på trækket på mineralske råstoffer i Danmark er udført i 2020, og denne konkluderer, at råstofafgiften blot er én faktor, der spiller ind i forhold til genanvendelse. Undersøgelsen vurderer, at andre faktorer kan have større og hurtigere gennemslagskraft end en stigning i råstofafgiften.

Disse faktorer er registrering og indsamling af bygge- og anlægsaffald og en øget efterspørgsel efter de sekundære materialer i konkrete projekter med det offentlige som bygherre [14].

Eksempel

Kvalitetstab i metalskrot

Et eksempel er metalskrot, der udover at bestå af forskellige skrottyper, som jern-, stål-, aluminium- og kobberskrot, også består af en række forskellige typer af legering, som f.eks. krom, kobolt, kobber og titan. En undersøgelse fra 2020 konkluderer, at det tyder på, at betydelige legeringsmetaller ikke bliver funktionelt genanvendt. Undersøgelsen peger på, at legeringsmetaller i dansk skrot kan udnyttes bedre ved genanvendelse [18].

FOKUS PÅ

Kritiske råstoffer

En vigtig parameter i den globale råstofdebat er kritiske råstoffer.

Kritiske råstoffer defineres som de råstoffer, der har størst økonomisk betydning, og som samtidig har en

høj forsyningsrisiko. EU Kommissionen har lavet en liste over kritiske råstoffer, som bliver opdateret løbende. Den sidste udgave af listen, som indeholder 34 kritiske råstoffer, gengives i nedenstående tabel:

2023 Kritiske råstoffer			
Aluminium/Bauxit	Kokskul	Lithium	Phosphor
Antimon	Feldspat	Let sjældne jordarter	Scandium
Arsen	Flusspat	Magnesium	Siliciummetal
Baryt	Gallium	Mangan	Strontium
Beryllium	Germanium	Naturlig grafit	Tantal
Bismuth	Hafnium	Niobium	Titanmetal
Bor/Borate	Helium	Platinmetaller	Wolfram
Kobolt	Tunge sjældne jordarter	Råphosphat	Vanadium
		Kobber	Nikkel

Tabel 1 Udpegede kritiske råstoffer, EU. Figur kommer fra Europa-Kommissionen, 2023 [19].

Kritiske råstoffer anskaffes for det meste uden for EU. Det er ikke muligt for EU at blive selvforsynende, men målet er at øge selvforsyningen samt at diversificere forsyningen.

Det er ikke alle de kritiske råstoffer der har relevans ift. byggeriet, men disse materialer er essentielle for funktionen og integriteten af en bred vifte af industrielle økosystemer, da de findes i mange af de apparater, vi anvender i dagligdagen, og i produkter, der er afgørende for økonomien i EU-landene.

Opsummering

Har vi mangel på råstoffer i Danmark?

Danmark er stort set selvforsynende med mineralske råstoffer, som anvendes til eksempelvis produktion af beton og tegl til byggeriet. Mineralske råstoffer er en ikke-fornybar ressource, og der er stort pres på arealanvendelsen i Danmark. Det kan derfor være svært at finde nye egnede råstofgrave, særligt i det østlige Danmark.

Kan cirkulær økonomi i byggeriet erstatte al råstofforbrug i byggeriet?

Det er kun en mindre del af det samlede råstofforbrug, som byggeaffald kan erstatte, svarende til mindre end 10%. Det skyldes, at der indvindes langt flere mineralske råstoffer, end der genereres mineralsk byggeaffald. Samtidig er der risiko for tab af kvalitet under genanvendelsesprocesser.

Forbruget af råstoffer forventes at være nogenlunde stabilt på nationalt plan, dog forventes det at stige på globalt plan. OECD forventer, at genanvendelse vil få større betydning i fremtiden.

Manglende viden

- Der mangler data om, hvor mange mineralske råstoffer der reelt set er tilgængelige ift. arealanvendelsen.
- Der mangler data om kvaliteten af både de primære råstoffer, men også af de sekundære [genanvendte] råstoffer.
- Der er behov for at bruge data og viden på tværs af råstofbranchen, byggebranchen samt affalds- og nedrivningsbranchen. Data om råstoffer, affaldsmængder og byggeriet er opgjort på forskellig vis, hvilket gør sammenligninger mellem de 3 forskellige områder svære.
- Der mangler viden om forekomst af kritiske råstoffer og andre knappe ressourcer i bygge- og anlægsaffald.
- Der mangler viden om råstoffer fra byggebranchen set i globalt perspektiv. Hvilken indflydelse har den globale råstofdagsorden på den danske råstofdagsorden, og hvad sker der ved systemændringer?

REFERENCER

- [1] Miljøstyrelsen, Indvinding af sand, grus og sten, [2024]. <https://miljotilstand.dk/naturressourcer/indvinding-af-sand-grus-og-sten>
- [2] COWI, Markedsanalyse af råstofområdet (sand, grus, ral), 2017. <https://mst.dk/media/3e5hwvvr/markeds-analyse-af-raastofområdet-sand-grus-ral-2017.pdf>.
- [3] Danske Regioner, Råstoffer – en regional opgave, 2018. https://www.regionh.dk/klima-og-miljoe/raastoffer/Publikationer-om-raastoffer/Documents/DR_Raastofredegoelse_onlineversion_opslag.pdf
- [4] Region Nordjylland, Råstofplan 2020, 2021. https://rn.viewer.dkplan.niras.dk/media/330582/raastof-plan2020_small_final.pdf
- [5] G. Larsen, C. Greve, M. Wismann, Hvornår er det slut med grus i Danmark?, *Aktuel Naturvidenskab* 4 (2019) 12–15. https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-4/AN4-2019-slut-med-grus.pdf.
- [6] Danmarks Statistik, Råstofindvinding på land 2019, 2020. <https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/nyt/GetPdf.aspx?cid=30797>.
- [7] Miljøstyrelsen, Udvikling i råstofindvinding land og hav 2018, 2020. <https://mst.dk/media/54ifye2o/udvikling-i-raastofindvinding-2018-land-og-hav.pdf>.
- [8] L.N. Thrane, T.J. Andersen, D. Mathiesen, Roadmap mod 2030 Halvering af CO₂-udledningen fra betonbyggeri, 2019. <https://www.danskindustri.dk/DownloadDocument?id=256468&docid=276181>.
- [9] K.S. Hauge, S.C. Andersen, Fremtidens byggematerialer - Har vi mangel på råstoffer?, 2020. https://cms.teknologisk.dk/getmedia.asp?media_id=78249.
- [10] R.B. Hyre, M. Leerbech-Jensen, Fremskrivning af råstofforbruget 2022-2040, 2023. https://backend.miljoeogressourcer.dk/media/materialer/60/Modelnotat_-_Fremskrivning_af_r_stofforbruget_2022-2040_FINAL.pdf.
- [11] Birgitte Kloppenborg-Skrumsager, Mette Danielsen, A.H. Christensen, K. Nygaard, Grønbog om muligheder og begrænsninger for øget anvendelse af sømaterialer som supplement til landbaseret råstofindvinding, 2013. <https://www.regionh.dk/klima-og-miljoe/raastoffer/Publikationer-om-raastoffer/Documents/Grønbog-rapport.pdf>.
- [12] L.S. Rosholm, P. Kalvig, N. Fold, Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri, 2016.
- [13] T. Kullberg, P. Kalvig, M.R. Jørgensen, Mineralske råstoffer, bæredygtighed og innovation, Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer [MiMa] De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland [GEUS], 2020. <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/publikationer/populaervidenskab/boeger/mineralske-raastoffer-baeredygtighed-og-innovation>
- [14] J. Møller, S. Butera, V. Martinez Sanchez, T.H. Christensen, M. Kromann, E. Willumsen, Livscyklusvurdering og samfundsøkonomisk vurdering af forskellige alternativer for håndtering og behandling af gipsaffald, 2012. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/03/978-87-92779-89-2.pdf>.
- [15] NIRAS, Fremskrivning af råstofforbruget i Danmark [2016-2040], 2018. <https://www.regionh.dk/klima-og-miljoe/raastoffer/Publikationer-om-raastoffer/Documents/Fremskrivning-af-raastofforbruget-i-Danmark-2016-2040.pdf>.
- [16] OECD, Global material resources outlook to 2060 - Economic drivers and environmental consequences, 2018. <https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf>.
- [17] UNEP, Global Resources Outlook 2024: Bend the trend - Pathways to a liveable planet as resource use spikes, *Int. Resour. Panel* [2024] 1–181. <https://www.unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024>.
- [18] R.J. Clausen, P. Kalvig, J.K. Keiding, N. Fold, Dansk industris brug af mineralske råstoffer – økonomisk betydning og forsyningsudfordringer, 2023. https://data.geus.dk/pure-pdf/MiMa-R_2023-2_web.pdf.
- [19] M. Grohol, C. Veeh, Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023, 2023. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>.

Temadark #4

Skadelige stoffer og problematisk affald

Byggematerialernes ressourcepotentiale er afhængig af forekomsten af skadelige stoffer i bygningsmaterialerne, og derfor skal skadelige og problematiske stoffer fjernes fra byggeriet, inden det bliver revet ned og materialerne bliver genbrugt, genanvendt eller nyttiggjort.

Hvilke skadelige stoffer findes i byggeriet?

Hvordan påvirker de skadelige stoffer kvaliteten af byggeaffaldet?
Nu og i fremtiden?

Skadelige stoffer og problematisk affald

Farligt affald

Forskellige skadelige stoffer har været anvendt i byggematerialer gennem tiden. Disse skal kortlægges og håndteres, når bygninger rives ned, så de ikke udgør et problem i affaldsstrømmen, når ressourcerne genbruges, genanvendes eller nyttiggøres.

Skadelige stoffer i byggeaffaldet kan give anledning til, at affaldet skal klassificeres og håndteres som

farligt affald. Det betyder højere omkostninger for affaldshåndteringen og at ressourcerne i materialerne ofte ikke kan udnyttes, da farligt affald ofte håndteres ved forbrænding eller deponering.

Tabellen viser en mængdeopgørelse (tons) af farligt affald fra byggeri.

	2021	2020	2019
Beton, mursten, tegl og keramik indeholdende farlige stoffer	14.841	53.531	25.723
Glas, plast og træ, som indeholder eller er forurenet med farlige stoffer	69.426	75.015	31.902
Bitumenholdige blandinger, kultjære og tjærede produkter	14.841	53.531	25.723
Kabler indeholdende olie, kultjære eller andre farlige stoffer	187	158	298
Asbest og andet isolationsmateriale	6.347	15.586	19.454
Bygnings- og nedrivningsaffald indeholdende PCB	5.456	9.986	6.476
Andet farligt bygge- og anlægsaffald	18.203	24.096	31.241
I alt farligt affald fra byggeriet (tons)	119.414	183.752	120.830

Table 1 Opgørelse af farligt affald fra byggeri og anlæg. Data er hentet fra affaldsstatistikken [1], som indeholder en række usikkerheder.

Anvendelse af skadelige stoffer i byggeriet

Byggematerialernes ressourcepotentiale er afhængig af forekomsten af skadelige i byggeriet. Der er særligt i perioden 1950-1980 anvendt en del skadelige stoffer i byggeriet, som kan give udfordringer i forbindelse med genbrug/genanvendelse af materialerne fra disse bygninger.

Disse skadelige stoffer/stofgrupper findes i den danske bygningsmasse [2]:

- Arsen
- Asbest
- Bly
- Bromerede flammehæmmere (HBCDD eller HBCD, som står for hexabrom cyklododecan)
- Cadmium
- Klorparaffiner, kortkædede (SCCP)
- Kobber
- Krom
- Kulbrinter [C6-C36; alifatiske kulbrinter]
- Kviksølv
- Kølemidler [CFC, HCFC, HFC, som står for ChlorFluorCarboner og HydroChlorFluorCarboner og HydroFluorCarboner]
- Nikkel

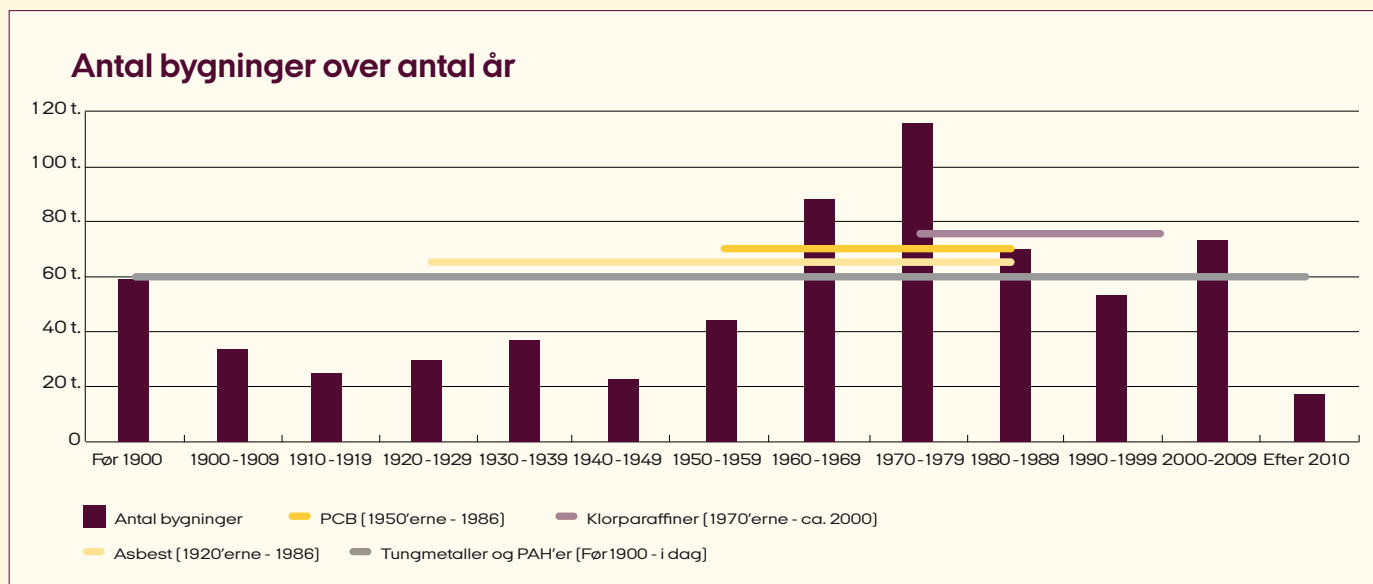
- PAH'er [polyaromatiske hydrocarboner]
- PCB'er [polychlorede biphenyler, omfatter 209 PCB-congenerer]
- PFAS
- Zink

Listen er ikke udtømmende, og der kan forekomme andre skadelige stoffer, som stammer fra særlige produkter eller anvendelser af byggeriet.

Eksempel

VCØB har lavet et Leksikon for Miljøfarlige Stoffer i Byggematerialer, hvor du kan læse mere om de mest udbredte skadelige stoffer i byggeriet. Stofferne inddeles i tre hovedkategorier: Organiske, uorganiske og mineralske stoffer [3].

Der er forskel på i hvilke tidsperioder, de forskellige stoffer har fundet anvendelse. Mange af stofferne er blevet udfaset/forbudt og erstattet af alternativer. I nedenstående figur fremgår antal af opførte bygninger i bestemte opførelsesår sammen med, hvilke perioder, der har været anvendt skadelige stoffer i byggeriet.



Figur 1 Illustration af i hvilke perioder, der har været anvendt skadelige stoffer. Figuren er lavet af Teknologisk Institut, [2018].

FOKUS PÅ

Problematiske affaldsfraktioner:

PVC-affald: En stor del af den plast, der findes i byggeriet, består af hård PVC. Dette kan være rør, afløb, tagrender og lignende. PVC indeholder typisk bly. Ordningen WUPPI indsamler hård PVC, og de estimerer i en undersøgelse fra 2019, at der årligt genereres og indsamles 5.000 tons hård PVC fra bygge- og anlægsbranchen [4].

Imprægneret træ: Træ til udendørs anvendelse imprægneres ofte for at forlænge træets levetid. Tidligere blev der imprægneret med CCA-midler, som indeholder krom-, kobber- og arsensalte. Kreosot er også blevet anvendt som imprægneringsmiddel, dog primært til jernbanesveller, elmaster og marine formål [5]. Det er ikke længere tilladt at bruge hverken kreosot eller CCA-imprægneringsmidler, men

kreosot- og CCA-imprægneret træ findes stadig i affaldsstrømmen. Af affaldsstatistikken [1] fremgår det, at der bliver genereret omkring 60.000 tons imprægneret træ om året.

Eternittagplader: I den danske bygningsmasse er eternit en meget anvendt tagbeklædning. Tidligere indeholdt eternitplader asbest. Eternitplader med asbest skal deponeres, og i praksis bliver mange eternitplader uden asbest også deponeret pga. af usikkerhed om, hvorvidt de indeholder asbest. Af affaldsstatistikken [1] fremgår det, at der er omkring 100.000 tons asbestholdigt affald om året. Et groft estimat er, at halvdelen af det opgjorte asbestholdige affald består af eternitplader uden asbest. Der er nye praksisser under udvikling for at sikre, at asbestfri plader ikke længere deponeres. Mange steder starter man nu med at genanvende disse plader til fremstilling af ny beton eller som knust materiale [læs f.eks. her].

Risikovurdering af skadelige stoffer

Skadelige stoffer er kemikalier, der udgør en risiko for det eksterne miljø gennem håndtering af bygge- og

anlægsaffald. Derudover kan de udgøre en risiko for arbejdsmiljøet eller for indeklimaet i bygningerne. I nedenstående figur ses en overordnet risikovurdering for de forskellige stoffer:

Vurdering i forhold til	Indeklima (i driftsfasen)	Ekstern Miljø (Potentielle udfordringer ved håndtering/bortskaffelse)	Arbejdsmiljø (Potentielle udfordringer ved nedrivning, renovering, oparbejdning)
Asbest	Grå	Grå	Grå
Bly	Grå	Grå	Grå
Cadmium	Grå	Grå	Grå
Krom	Grå	Grå	Grå
Kobber	Grå	Grå	Grå
Nikkel	Grå	Grå	Grå
Zink	Grå	Grå	Grå
Arsen	Grå	Grå	Grå
Kviksølv	Gul	Grå	Grå
Chlorparaffiner	Grå	Grå	Gul
PAH	Grå	Grå	Gul
CFC	Grå	Grå	Grå
HCFC	Grå	Grå	Grå
Kulbrinter	Gul	Grå	Gul
PCB	Grå	Grå	Grå
Bromerede flammehæmmer	Gul	Grå	Gul

Table 2 Overordnet risikovurdering af de skadelige stoffer i byggeriet. Grå farve indikerer, at stoffet i en eller anden udstrækning udgør et problem. Gul farve indikerer, at stofferne udgør et mindre problem og/eller ikke er reguleret. Lilla farve indikerer, at der typisk ikke forventes problemer. Data stammer fra Materialeatlasset [6].

Eksempel

Materialeatlas

VCØB har udarbejdet et digitalt materialeatlas, der giver et overblik over muligheder for genbrug og genanvendelse af en række byggematerialer [7].

FOKUS PÅ

PCB

PCB er en persistent miljøgift, som er reguleret i EU-forordningen om POP-stoffer, og som ønskes destrueret. PCB kan fordampe til luften fra byggematerialerne, hvorefter det kan optages af øvrige materialer i bygningen. PCB kan ligeledes vandre

fra det oprindelige materialer ind i de tilstødende materialer.

PCB er anvendt i byggeriet i perioden fra 1950-1986 i f.eks. fuger, maling og kondensatorer i lysarmaturer.

Materiale/Udstyr	Tilbageværende mængde PCB i tons	% af samlet
Fugemasser omkring døre og vinduer	7-35	40 %
Fugemasser mellem andre bygningselementer	2-15	16 %
Maling	0,3-5	5 %
Gulvbelægnings	0,1-2	2 %
Termoruder	5-15	19 %
Kondensatorer i lysarmaturer	2-7	9 %
Sekundær og tertiær forekomst	0,7-7,5	8 %
I alt	17-87	

Tabel 3 Tilbageværende mængde af PCB i bygninger i Danmark i 2013. Tabellen stammer fra en rapport fra 2013 [8].

Eksempel

PCB-værktøj til vurdering af indeklimate for PCB

PCB giver en række begrænsninger i forhold til genanvendelse, da det ofte har forurenset en stor del af materialerne i bygningen. Derudover er der risiko for, at PCB fordampes fra genbrugsmaterialer til indeklimaet. Dette begrænser i praksis genbrug af byggematerialer med selv lave PCB-indhold.

Københavns Kommune har taget initiativ til at udvikle et værktøj med støtte fra Realdania, der kan udregne, hvordan materialerne vil påvirke indeklimaet. Udregningsværktøjet er et Excel regneark, der tager højde

for materialernes overfladeareal, afgangning af PCB, bygningens dimensioner og luftskifte. Man kan på den baggrund vurdere, om materialerne kan genbruges et nyt sted uden at give anledning til et usundt indeklima [9].

FOKUS PÅ

PFAS

PFAS (per- og polyfluoralkylstoffer) er en gruppe kemikalier, som er kendt for deres persistens i miljøet og potentielle sundhedsrisici. Disse stoffer er reguleret under EU's forordning om kemikalier, da de er meget resistente over for nedbrydning i naturen og kan akkumulere i mennesker og dyr.

PFAS anvendes i mange produkter på grund af deres vand-, fedt- og smudsafvisende egenskaber. De findes i alt fra non-stick køkkenudstyr og vandtæt tøj til brandskum og emballage.

I byggematerialer kan PFAS findes i produkter som maling, i forskellige gulvtyper som linoleum og vinyl, hvor de bidrager til materialernes holdbarhed og modstandsdygtighed over for fugt og snavs.

På nuværende tidspunkt er der ikke krav om at byggematerialer bliver testet for PFAS i forbindelse med nedrivninger og renoveringer, men det vil formentlig komme inden for en overskuelig årrække [10].

FOKUS PÅ

Asbest

Nye metoder til at behandle asbest foruden deponi

I oktober 2021 opfordrede Europa-Parlamentet til en 'europæisk strategi for fjernelse af al asbest' for at beskytte arbejdere og borgere mod sundhedsrisici relateret til asbesteksponering.

Der er i den forbindelse udarbejdet en rapport omhandlende affaldsbehandling af asbest og nye teknologier til behandling af asbestaffald.

EU ønsker at reducere deponering af bygge- og nedrivningsaffald der indeholder asbest og fremme teknologier, som kan nedbryde asbestfibrene, og dermed muliggør genbrug, forberedelse til genbrug og genanvendelse. Dette understøtter, at behandling af asbestaffald sker i overensstemmelse med affaldshierarkiet, som fastsat i affaldsrammedirektivet [11]. Det forventes, at mængden af nedrivningsaffald, der indeholder asbest, vil stige i de kommende år, i takt med, at flere ældre bygninger renoveres (såkaldt "renovation wave").

Kortlægning og miljøsanering af bygninger inden nedrivning

Kortlægning af skadelige stoffer i bygninger og den efterfølgende miljøsanering, hvor skadelige stoffer fjernes fra byggeriet inden nedrivning, er en væsentlig del af selektiv nedrivning. Begge dele er essentielle for at øge ressourcepotentialer i affaldet.

Der findes en række forskellige teknologier og løsninger til fjernelse af skadelige stoffer i bygninger [12]. Alt afhængig af hvilke skadelige stoffer, der skal fjernes, og hvilket materiale de skal fjernes fra, er der forskellige metoder. Der er eksempelvis prakti-

ske metoder som nedtagning, behugning, slibning, skæring og fræsning af overflader, ligesom der er mere teknologi-tunge metoder som blæserensning af overflader, f.eks. sandblæsning, kemisk rensning og termisk rensning. Et udviklingspunkt for disse metoder er at gøre dem mere automatiske, eksempelvis sandblæsning ved hjælp af robotteknologi [13] og mere målrettede og energibesparende, eksempelvis termisk rensning af PCB ved brug af fleksible varmemåtter [14]. Automatiserede metoder til fjernelse af skadelige stoffer kan også være med til at forbedre arbejdsmiljøet under miljøsaneringsfasen, som ofte består af gentagende, tungt og støvende arbejde.

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Det er ikke altid muligt at fjerne de skadelige stoffer fra byggematerialerne.

Skadelige stoffer kan forekomme som:

- en fast del af byggematerialet, som ikke umiddelbart kan fjernes. F.eks. asbest i tagplader.
- en separat del af byggematerialet, som er vanskelig at fjerne. F.eks. blyholdig glaserings på fliser.
- et påført materiale sammen med byggematerialet, som skal separeres fra byggematerialet ved afrensning. F.eks. maling med indhold af tungmetaller og PCB.

Et eksempel er fjernelse af maling, som ofte indeholder skadelige stoffer, og dermed skal fjernes fra bygningen inden nedrivning. Den mest anvendte metode til dette er sandblæsning. Ulempen ved denne metode er, at den arbejdsmiljømæssigt består af meget støvende og tungt arbejde. Derudover bliver det sand, der anvendes, forurenet. Der findes ikke nogen officielle tal for hvor mange tons sand, der via sandblæsning bliver forurenet og deponeret, men Teknologisk Instituts bedste bud, baseret på overslag er omkring 40.000 tons.

Fortidens synder skal forhindres i fremtiden

Når der udvikles nye byggematerialer, skal der fokuseres på at undgå uønskede og problematiske stoffer. Dette skal man bl.a. for at undgå at gentage "fortidens synder" med asbest og PCB.

Kemikalielovgivningen er kompleks, og det er en vedvarende opgave at sikre, at kemiske stoffer anvendes korrekt, ligesom viden om stoffernes farlighed ændrer sig over tid.

Der bliver kontinuerligt optaget flere og flere kemiske stoffer på EU's liste over godkendelsespligtige stoffer, som er listen over de stoffer EU begrænser brug og salg af (REACH). Derudover har EU også løbende revision af klassificeringer af kemiske stoffer, så et stof kan over tid ændre den iboende farlighed.

Redskaber, der sikrer, at oplysninger om de problematiske stoffer bliver registreret i hele værdikæden kan repræsentere en mulig løsning til denne udfordring. Der er f.eks. udviklet et frivilligt materialepas for jomfruelige materialer (DCMP - Digital construction material passport) og et materialepas for genbrugsmaterialer er ligeledes ved at blive udviklet.

I Danmark, har der derudover i mange år været 'Listen over uønskede stoffer', der fungerede som den danske rettesnor over, hvilke stoffer Danmark har særligt fokus på at udfase. Listen var en dansk liste, der rakte udover den europæiske liste, og den var alene vejledende [15].

Opsummering

Hvilke skadelige stoffer findes i byggeriet?

Der findes en række skadelige stoffer i byggeriet, der kan gøre affaldshåndteringen problematisk, og som kan sænke ressourcepotentialet af affaldet. Centrale stoffer, som bygninger skal undersøges for inden de bliver revet ned, er PCB, asbest, tungmetaller, klorparaffiner og PAH'er. Andre stoffer såsom PFAS har også for nyligt fået stor opmærksomhed, men er ikke reguleret endnu.

Hvordan påvirker de skadelige stoffer kvaliteten af byggeaffaldet? Nu og i fremtiden?

De skadelige stoffer, der har været brugt i fortiden, påvirker kvaliteten af byggeaffaldet negativt, og derfor skal de fjernes inden bygningen rives ned. Dette er et bærende princip i dansk lovgivning. Det er dog ikke altid muligt at fjerne skadelige stoffer helt. Et eksempel er eternitplader med asbest, hvor hele tagpladen skal deponeres.

I produktion af nye byggematerialer er det derfor vigtigt at være opmærksom på brug af kemikalier. Brugen af kemikalier reguleres af en kompleks europæisk lovgivning, og der kommer løbende ny viden om stoffernes farlighed. En registrering af hvilke kemikalier, der anvendes i et byggemateriale, kan derfor hjælpe med at holde styr på hvilke kemikalier, der er anvendt, ligesom registreringen vil sætte fokus på brug af skadelige stoffer hos producenten, så de kan udfases.

Manglende viden

- Der mangler opgørelser, der giver et samlet overblik over hvor meget og hvor der findes asbest, PCB og andre skadelige stoffer i byggeriet.
- Der mangler ligeledes effektive og automatiserede teknologier til at fjerne skadelige stoffer fra materialerne.
- Der mangler nationale grænseværdier/retningslinjer på hvor mange problematiske stoffer der må være i materialer, der bliver direkte genbrugt.

REFERENCER

- [1] Miljøstyrelsen, Affaldsstatistik 2021, 2023. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/10/978-87-7038-566-4.pdf>.
- [2] L. Dalvang, R.J. Lyng, M.P. Hansen, P. Aufeldt, anbefalinger til screening og kortlægning af bygge- og anlægsaffald, 2024. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/05/978-87-7038-618-0.pdf>.
- [3] VCØB, Leksikon for Miljøfarlige Stoffer i Byggematerialer, [2020]. <https://vcob.dk/vcob/nedrivning/hvad-er-byggeaffald/problematiske-stoffer/> [accessed May 14, 2024].
- [4] B.K. Ryts, D. McKinnon, S.E. Danielsson, I. Damsgaard, J.S. Madsen, V. Hundevad, L.S. Andersen, Analyse af nationale plaststrømme i landbrug, hotel- og restaurationsbranchen og bygge- og anlægsbranchen, 2019. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/05/978-87-7038-070-6.pdf>.
- [5] Henriksen, T.M. Venås, N. Morsing, Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald, 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/05/978-87-93529-96-0.pdf>.
- [6] A. Oberender, S. Butera, Materialeatlas, 2016. <https://issuu.com/www.innobyg.dk/docs/materialeatlas>.
- [7] VCØB, Materialeatlas, [2020]. <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/byggevarer/materialeatlas/> [accessed May 14, 2024].
- [8] M. Langeland, M.K. Jensen, Kortlægning af PCB i materialer og indeluft. Samlet rapport, 2013. [https://www.sbst.dk/Media/638206863989327507/Kortlægning af PCB i materialer og indeluft.pdf](https://www.sbst.dk/Media/638206863989327507/Kortlægning%20af%20PCB%20i%20materialer%20og%20indeluft.pdf).
- [9] Københavns Kommune, PCB-udregningsværktøj, [n.d.]. <https://byk.kk.dk/for-leverandoerer/pcb-udregningsvaerktoej> [accessed May 14, 2024].
- [10] C.N. Thomsen, R.G. Midtby, S. Qvist, Undersøgelse af PFAS i byggeaffald, 2024. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/02/978-87-7038-593-0.pdf>.
- [11] R. Akelytè, F. Chiabrandò, M. Camboni, C. Ledda, D. Vencovsky, S. Butera, O. Dünger, Study on Asbestos Waste Management Practices and Treatment Technologies, 2024. <https://doi.org/10.2779/251640>.
- [12] K. Birkemark Olsen, M. Nerum Olesen, Metoder til fjernelse af miljøproblematiske stoffer - Udredning af teknologier til identifikation og fjernelse af miljøproblematiske stoffer og materialer fra bygninger til nedrivning eller renovering, 2015. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/03/978-87-93283-86-2.pdf>.
- [13] U. Andersen, Robotter skal fjerne farlig maling, Ingeniøren [2018]. <https://ing.dk/artikel/robotter-skal-fjerne-farlig-maling> [accessed May 14, 2024].
- [14] S. Butera, R. Østergaard Haven, L. Dalvang, J. Natorp, R. Krag, M.P. Hansen, FLEX PCB – Fleksibel PCB-sa-nering i byggeri, 2020. https://www.innobyg.dk/media/76204/rapport_flex-pcb-master_final.pdf.
- [15] Miljøstyrelsen, Liste over Uønskede Stoffer [LOUS], Hist. Databaser Og List. [n.d.]. <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/stoflister-og-databaser/links-til-andre-stoflister-og-databaser/historiske-databaser-og-lister> [accessed May 14, 2024].

Temadark #5

Klimagevinst ved genbrug og genanvendelse

Der er i samfundet stort fokus på at reducere CO₂-udledningen og dermed klimabelastningen af byggeriet. En samfundsmæssig fordel i den cirkulære økonomi er, at man ved genbrug og genanvendelse kan reducere CO₂-udslip. Problemstillingen er dog kompleks, og det kan i nogle tilfælde variere fra byggesag til byggesag, hvor meget CO₂, der kan spares.

Hvilke klimagevinster er der at hente ved genbrug og genanvendelse?

Hvordan måler vi klimagevinsterne korrekt?

Klimagevinst ved genbrug og genanvendelse

De store tal

Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren har peget på, at der er et stort potentiale i at ændre vaner og planer for at genbruge og genanvende mere på byggepladser. Initiativets estimerede effekt er 200-600.000 tons CO₂/år [1], svarende til 0,5-1,4 % af de danske drivhusgasudledninger inden for Danmarks grænser.

Samtidig har et EU-studie estimeret potentialet fra to scenarier for forbedret cirkularitet i byggesektoren. Ved at nedskalere de samlede tal for de 27 EU lande fra rapporten [2] er det muligt at komme med et estimat for Danmark: i det første scenarie, hvor deponering og forbrænding reduceres til et minimum, og de bedste tilgængelige genanvendelsesteknologier implementeres, mens genbrug holdes på samme niveau som i dag, estimeres en klimabesparelse for Danmark på knap 520.000 tons CO₂/år. I det andet scenarie, hvor de samme forhold som i scenarie 1 gælder, dog med en prioritering af forberedelse til genbrug over genanvendelse, estimeres en klimabesparelse for Danmark på knap 755.000 tons CO₂/år. Disse klimabesparelser svarer til hhv. 1,2 og 1,7 % af de danske drivhusgasudledninger inden for Danmarks grænser.

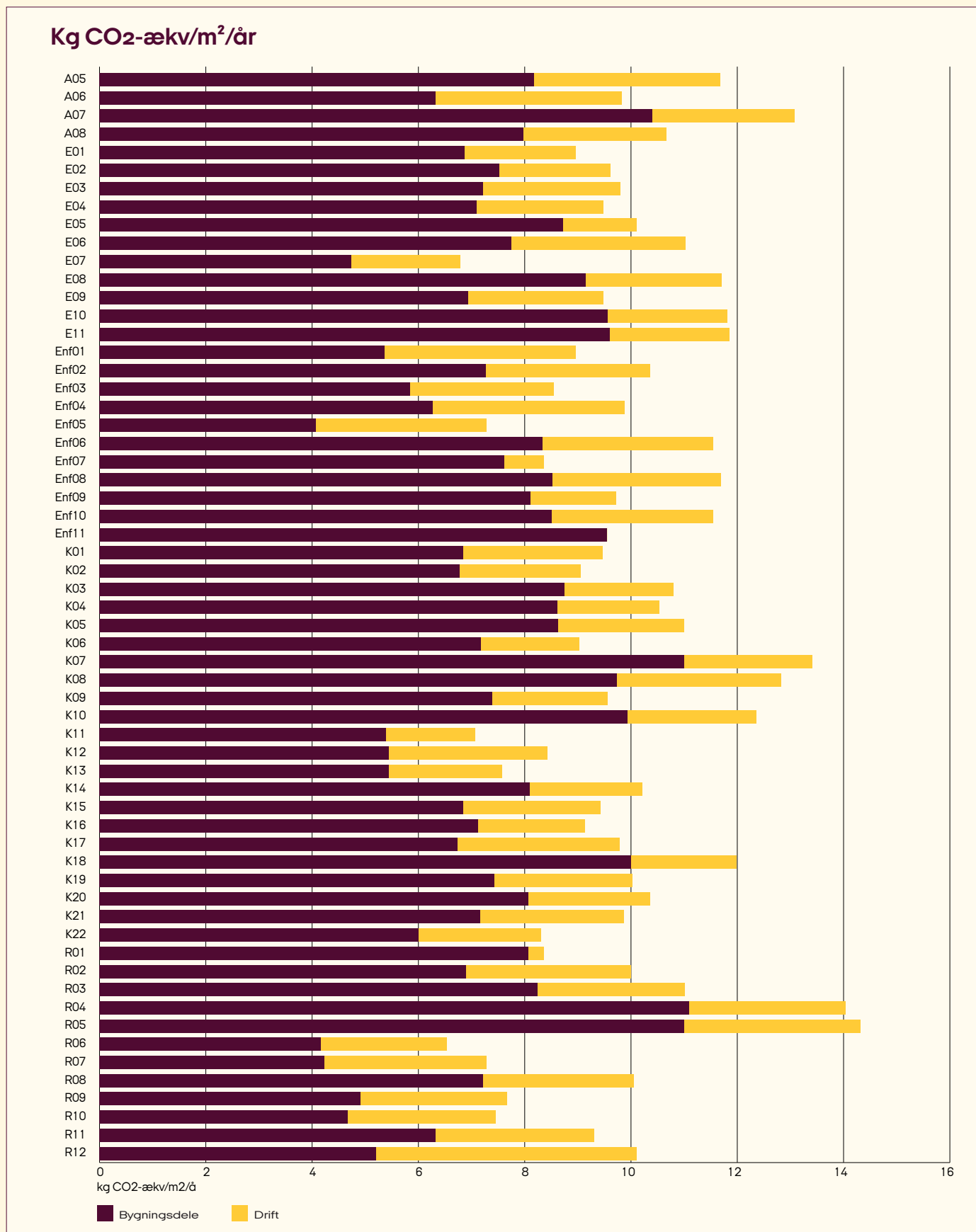
En tredje undersøgelse [3] har regnet et potentiale på 80-91.000 tons CO₂/år for øget genbrug eller genanvendelse af fire udvalgte fraktioner (tagsten, stenuld, betonkonstruktioner samt interimstræ).

Circularity Gap-rapporten peger på, at cirkulære strategier inden for byggesektoren kan reducere Danmarks CO₂-aftryk med 12%. Det kan for eksempel ske ved i langt højere grad at imødekomme efterspørgslen efter nybyggeri med genbrugte og genanvendte materialer og samtidig begrænse brugen af jomfruelige materialer. Derudover kan Danmark gå over til at bruge mere lokale og biobaserede materialer som træ og øge boligbebyggelsen, antal personer per bolig og multifunktionelle bygninger. Læs Circularity Gap rapporten for Danmark her.

Klimaaftryk fra bygningens materialer

Byggeriet og byggematerialer har et væsentligt klimaaftryk. Det har historisk set været stort fokus på at minimere driftsenergi, men i takt med, at bygninger bliver mere energieffektive, bliver bidraget fra bygningens materialer mere og mere væsentlig. Set over en bygnings samlede levetid er byggematerialernes indlejrede klimaaftryk for nye (og dermed mere effektive) bygninger større end bidragene fra bygningens driftsenergiforbrug [4] og [5].

En undersøgelse af 60 case-bygninger med en 50-års betragtningsperiode viste, at der er stor variation i bygningernes samlede klimapåvirkninger, og påvirkningerne fra bygningernes materialer typisk er 2-4 gange højere end påvirkningerne fra driftsenergiforbruget [5] samt [6].



Figur 1 Klimapåvirkninger fra 60 cases-bygninger set over en 50-års betragtningsperiode fordelt på materialer og drift. Data kommer fra BUILD, 2021, og referer til scenarie 2 [5].

FOKUS PÅ

Klimakrav

I den nationale strategi for bæredygtigt byggeri fra 2021 lagde regeringen op til flere initiativer, som skal bidrage til en mere bæredygtig udvikling af byggeriet i Danmark. Som en del af initiativerne blev der i 2023 indfaset LCA-baserede klimakrav i bygningsreglementet for at reducere bygningers klimaaftryk.

Klimakravene gælder for nybyggeri over 1.000 m², som fra 1. januar 2023 skal overholde en grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv./m²/år. Derudover skal alt nybyggeri under 1.000 m² dokumentere CO₂-påvirkningen via LCA. Grænseværdier skærpes fra

2025. Samtidigt introduceres en frivillig "lav emissionsklasse" med grænse på 8 kg CO₂-ækv./m²/år, som skærpes i 2025, 2027 og 2029.

En aftale om opdatering af klimakravene [7], som er offentliggjort i maj 2024, indeholder en betydelig stramning af kravene. Bl.a. skal flere byggerier end i dag omfattes af klimakravene (herunder byggeri under 1.000 m²), der introduceres differentierede (og skærpede) grænseværdier for forskellige bygningstyper, og byggeprocessen [faser A4 og A5] tages også med i beregningerne.

Nøgletal for klimagevinst ved genbrug og genanvendelse af affald

Der er tit klimagevinster ved genbrug og genanvendelse af byggeaffald, men disse afhænger af en lang række faktorer, der vil variere fra projekt til projekt. Og i nogle tilfælde kan der være tale om en klimabelastning. Dette er fordi de processer, der er forbundet med genbrug og genanvendelse af byggeaffald (f.eks. energiforbrug til rensning og oparbejdning mm.), kan i nogle tilfælde have en større klimabelastning end den konventionelle håndtering af byggeaffaldet.

Den bedste måde at undersøge, hvor meget CO₂, der kan spares ved genbrug og genanvendelse, er ved at lave en livscyklusvurdering (LCA) af sit projekt. En livscyklusvurdering er en metode til at vurdere potentielle miljøpåvirkninger af materialer/affaldsmaterialer, bygningsdele og bygninger i hele deres livscyklus.

Det er dog ofte ikke muligt af hensyn til tid og økonomi at lave en livscyklusvurdering i hvert enkelt projekt.

Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet (VCØB) har derfor lavet en guide med nøgletal for klimagevinsten eller klimabelastningen ved forskellig behandling af fem forskellige affaldsfraktioner. Der er tale om en klimagevinst, når tallene er negative og en klimabelastning, når tallene er positive. Udgangspunktet for tallene i Tabel 1 er behandling af affald og ikke fremstilling af byggematerialer (f.eks. behandling af 1 ton træaffald, som bruges til spånpladeproduktion, og ikke produktion af 1 ton spånplade lavet med genbrugstræ).

	Genbrug		Genanvendelse		Nyttiggørelse		Enhed
Beton	-77		-39,4	4,1	2,2	8,7	kg CO ₂ -ækv./t betonaffald
Træ	-606	-547	-205		-458	90	kg CO ₂ -ækv./t træaffald
Mursten	-104	-53			4,5		kg CO ₂ -ækv./t mursten
Gips			-86,0	-59,0	-35,0	6,0	kg CO ₂ -ækv./t gips
Stenuld			-5,4				kg CO ₂ -ækv./t stenuld

Tabel 1 Nøgletal for klimagevinst eller klimabelastning ved forskellig affaldsbehandling. Der er tale om en klimagevinst, når tallene er negative, og en klimabelastning, når tallene er positive. Intervallerne for nøgletallene dækker over, at der kan være forskel på klimagevinst og klimabelastning afhængigt af, hvilket materiale den pågældende affaldsfraktioner erstatter og/eller hvilken behandlingsmetode, der anvendes. Tabellen er adapteret efter VCØB-guiden [8].

FOKUS PÅ

Betonaffald

Den mest optimale behandlingsmetode for betonaffald har længe været et diskussionsemne. Omdrejningspunktet har tit været, hvorvidt der reelt er klimagevinster at hente ved at fremme genanvendelse af knust beton som tilslag i ny beton ift. anden materialenyttiggørelse (når knust beton anvendes som ubundne bærelag under veje), som foreslået af bl.a. EU's affalds-hierarkiet. Forskellige LCA'er er kommet frem til forskellige konklusioner, og derfor er der i 2023 lavet en kritisk analyse og perspektivering af den eksisterende viden omkring klimapotentiale fra genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse af beton i et LCA-perspektiv [9].

Vedr. genbrug af beton peger al eksisterende viden på, at der er betydelige klimagevinster ved at fremme direkte genbrug af betonelementer. Resultaterne for genanvendelse af betonaffald som tilslag i ny beton er til gengæld mere nuancerede: genanvendelse kan føre til enten større klimabelastninger eller mindre besparelser sammenlignet med konventionel beton. Afgørende parametre er betonrecepten (især cementforbruget), det substituerede materiale (grusgravmateriale eller granit) og transportafstande.

Genanvendelse bør derfor prioriteres over nyttiggørelse i følgende tilfælde:

- Betonaffald af høj kvalitet, korrekt sorteret, og hvor der er mulighed for anvendelse i produktion af høj kvalitet beton eller som kræver tilslag af højere kvalitet end grusgravmaterialer.
- Lokale genanvendelsesmuligheder med begrænset transportafstand, fx ved mobile knuseanlæg.
- Anvendelse i betonrecepter uden at øge cementindholdet.

En case-specifik analyse anbefales for at vurdere, om genanvendelse medfører en reel klimabesparelse eller en belastning.

Når fokus er på høj kvalitetsgenanvendelse, hvor den knuste beton genanvendes som tilslagsmateriale samt de ultrafine partikler, genanvendes som erstatning for cement, kan billedet ser anderledes ud. En nylig EU-rapport har vist, at høj kvalitetsgenanvendelse performer markant bedre end lav kvalitetsgenanvendelse/nyttiggørelse som vejfyld, med betydelig CO₂-besparelser i stedet for en mindre CO₂-belastning [10].

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Kompleksitet i livscyklusvurderinger

LCA-beregninger kan gennemføres i henhold til forskellige tilgange og ved brug af forskellige beregningsmetoder, som skal være afstemt med det spørgsmål, som beregningen skal give svar på. Anvendelsen af cirkulære materialer i produktionen af et bestemt produkt kan medføre komplekse kaskadeeffekter i form af ændringer i efterspørgslen

efter jomfruelige råvarer, andre sekundære materialer, energiforbrug og affaldsstrømme i andre sektorer. Her kan konsekvens-LCA være et vigtigt værktøj ift. at vurdere de reelle effekter af at bruge en bestemt sekundær materialestrøm til et bestemt formål, ved at tage højde for alle evt. kaskadeeffekter og markeds-konsekvenser.

Potentielle klimagevinster ved cirkulære byggevarer

Der er klimagevinster for at bygge med genbrugte og genanvendte byggematerialer, men effekten varierer alt efter hvilket materiale og hvilken cirkulær løsning, der er tale om. I nogle tilfælde kan der endda være tale om en klimabelastning i stedet for en klimagevinst. Dette er fordi de processer, der er forbundet med bearbejdning af genanvendelige/genbrugelige materialer (f.eks. energiforbrug til rensning og oparbejdning, evt. indhold af jomfrueligt materiale mm.) kan i nogle tilfælde have en større klimabelastning end fremstilling af byggevarer fra jomfruelige materialer.

I 2019 blev der lavet en undersøgelse om livscyklusvurdering af cirkulære løsninger (f.eks. genbrugte byggevarer eller byggematerialer med genanvendt indhold) med fokus på klimapåvirkning. Nedenfor ses en oversigt over de udregnede klimabesparelser ved brug af cirkulære byggematerialer frem for konventionelle byggematerialer. Udgangspunktet for tallene i Tabel 2 er fremstilling af byggematerialer og ikke behandling af affald (f.eks. produktion af 1 m³ spånplade lavet med genbrugstræ, og ikke behandling af 1 ton træaffald, som bruges til spånpladeproduktion).

Cirkulært scenarie	Referencescenarie	Klimabesparelse
Mursten Genbrugsmursten Genbrugsmurstonelement	Konventionelt murværk Konventionelt murværk	77% 61%
Beton Genbrugsbeton Genbrugte betonelementer el. søjler/bjælker af beton	Konventionel beton Konventionel beton	0,3% 96%
Stål Genbrugte stålprofiler	Konventionelle stålprofiler	78%
Træ Genbrugte bærende træbjælker og -stolper Genbrugte gulvbrædder Spånplade med genbrugstræ	Konventionelt træ Konventionelt trægulv Konventionel spånplade	77% 78% 9,4%
Gips Gipsplader	Konventionel gips	10%
Tagsten Genbrugstagsten	Konventionelle tagsten	98%
Aluminiumsplader Genbrugte aluminiumsplader som tag- eller facadebeklædning	Konventionelle aluminiumsplader	81%
Vinduer Kassevinduer af genbrugte termoruder	Konventionelt vindue	95%
Facadebeklædning Facadebeklædning af glaskeramik Facadebeklædning af genbrugte ventilationsrør	Konventionel glasfacade Konventionel galvaniseret stålfacade	-46% 56%
Døre Genbrugte indvendige døre	Konventionelle indvendige døre	80%
Tagpap Tagpap med 10% genanvendt tagpap	Konventionelt tagpap	69%

Tabel 2 Besparelser i klimapåvirkningen ved at bruge en cirkulær løsning frem for en konventionel løsning. Det understreges i undersøgelsen, at der er tale om simplificerede screeninger og ikke indgående analyser af de udvalgte cirkulære løsninger, hvor alle relevante parametre er taget i betragtning. Der er stor usikkerhed om de data, der ligger til grund for beregningerne. Data i tabellen kommer fra BUILD, 2019 [11].

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Klimadata for genbrugte byggevarer ifm. klimakrav

Fra 1. januar 2024 tæller genbrugte byggematerialer som nul igennem hele bygningens livscyklus i beregningen af bygningers klimapåvirkning. Dette er en ændring fra tidligere, hvor genbrugte materialer blev behandlet på lige fod med nye materialer.

De nye beregningsprincipper blev introduceret for at understøtte udviklingen af et marked for genbrug, og de skal revurderes i 2025 for at evaluere, om tilgangen til at fremme genbrug i nybyggeri fortsat er hensigtsmæssig. Social- og Boligstyrelsen vil samtidigt arbejde på at opbygge viden og data om genbrugte byggematerialer.

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

Det drejer sig ikke kun om klimapåvirkninger

En livscyklusvurdering (LCA) udregner ikke alene klimapåvirkninger. I en LCA vil der typisk være udregninger af en række miljøpåvirkninger, som f.eks. nedbrydning af ozonlag, forsurening, humantoksicitet og ressourceforbrug.

At spare ressourcer, særligt de knappe, er også vigtigt, og den besparelse indregnes ikke i forbindelse med opgørelser af klimapåvirkninger. Disse miljøpåvirkninger er også væsentlige i en bæredygtighedsbetragtning.

FOKUS PÅ

Transparens i livscyklusvurderinger (LCA'er) og CO₂-beregninger

Resultaterne af en LCA afhænger meget af, hvilke forudsætninger og data, som LCA'en bygger på. Det er derfor vigtigt at have transparens omkring de valg, der er foretaget i LCA'en, og de data, der er anvendt.

En række faktorer er vigtige at definere og beskrive, eksempelvis hvilken funktionel enhed er valgt, hvilke livscyklusfaser er medtaget og hvilke levetider, der regnes med. Der kan læses mere om dette i to guider fra VCØB om LCA for bygninger samt CO₂ og ressourceopgørelser [12] og [13].

Opsummering

Er der klimagevinster at hente ved genbrug og genanvendelse?

Der eksisterer en række overslag og nøgletal i branchen, der viser, at der er betydelige besparelser at hente ved genbrug og genanvendelse. De største besparelser findes umiddelbart ved genbrug, hvilket hovedsageligt skyldes, at produktionen af et nyt byggemateriale spares. Ved genanvendelse skal byggeaffaldet undergå en ny produktionsproces, som er afgørende for, om der er tale om en besparelse eller en belastning.

Genbrug af beton har store potentielle klimamæssige gevinster, men er stadig svært i praksis. Genanvendelse af betonaffald som tilslag kan give klimabelastning eller mindre besparelser afhængigt af faktorer som betonrecept, erstattet materiale og transport, og en case-specifik analyse anbefales derfor for at vurdere gevinsterne. Genbrug af mursten har ligeledes klimamæssige gevinster, og her er der en række gode erfaringer i branchen. Genbrug af træ er også forbundet med klimamæssige gevinster, når alle faser af træets livscyklus medregnes. Genbrug af træ praktiseres i dag i mindre grad.

Hvordan måler vi klimagevinsterne korrekt?

Den bedste måde til at finde ud af hvor meget CO₂, der kan spares ved genbrug og genanvendelse er ved at lave en livscyklusvurdering (LCA) af et givent projekt. Resultaterne af en LCA afhænger meget af, hvilke forudsætninger og data, som LCA'en bygger på. Det er derfor vigtigt at have transparens omkring de valg, der er foretaget i LCA'en, og de data, der er anvendt.

Manglende viden

- Der er brug for bedre data for genbrug og genanvendelse af byggeaffald, som kan bruges til at beregne valide klimagevinster. Mange af de eksisterende LCA-værktøjer indeholder kun generiske data for affaldshåndtering.
- Der er behov for at se på andre miljøpåvirkninger end klima. En LCA kan beregne mange andre miljøparametre, eksempelvis forsuring og toksicitet. Der er behov for mere fokus på disse dele af LCA'en, samt på data, der kan understøtte valide resultater.

REFERENCER

- [1] Regeringens Klimapartnerskaber - Bygge- og anlægssektoren, Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren, 2020. <https://kefm.dk/media/6649/klimapartnerskab-bygge-og-anlaegssektoren-hovedrapport.pdf>.
- [2] J. Cristobal Garcia, D. Caro, G. Foster, G. Pristera, F. Gallo, D. Tonini, Techno-economic and environmental assessment of CDW management in the EU Status quo and prospective potential, 2024. <https://doi.org/10.2760/721895>.
- [3] A. Damgaard, Cirkulær økonomi i byggeriet Analyse af potentialer for øget genbrug og genanvendelse af byggeaffald/Bilagsrapport A, 2020. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/218271061/2020_Cirkul_r_konomi_i_byggeriet_Prim_r_rapport.pdf.
- [4] H. Birgisdóttir, S.S. Madsen, Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger Vurderet for hele bygningens livscyklus, 2017. <https://sbi.dk/Assets/Bygningers-indlejrede-energi-og-miljoepaavirkninger/SBi-2017-08.pdf>.
- [5] B. Tozan, E.B. Jørgensen, H. Birgisdóttir, Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er, 2021. <https://sbi.dk/Assets/IK-kompas-Etageboliger-vaerktog-til-holistisk-vurdering-af-indeklima/BUILD-Rapport-2021-04.pdf>.
- [6] R.K. Zimmermann, C.E. Andersen, K. Kanafani, H. Birgisdóttir, Klimapåvirkning fra 60 bygninger Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger, 2020. <https://build.dk/Assets/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger/SBi-2020-04.pdf>.
- [7] Social- Bolig- og Ældreministeriet, Tillægsaftale mellem regeringen [Socialdemokratiet, Venstre og Moderaterne] og Socialistisk Folkeparti, Det Konservative Folkeparti, Enhedslisten, Radikale Venstre og Alternativet om national strategi for bæredygtigt byggeri, 2024. https://www.sm.dk/Media/638525928477219508/Tillægsaftale_om_stramning_af_CO2e-krav_til_bygninger.pdf.
- [8] VCØB - Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, CO2 Nøgletal til at vælge den bedste behandling af forskellige affaldsfraktioner, 2021. https://vcob.dk/media/1993/vcob_kvikguide_co2_noegletal.pdf.
- [9] S. Butera, Klimapotentialer for beton i et cirkulært perspektiv - En kritisk gennemgang af klimapotentialer for genbrug og genanvendelse af beton, 2023. <https://www.teknologisk.dk/ydelser/baeredygtigt-byggeri/lca-for-beton-i-et-cirkulaert-perspektiv/30894,9>.
- [10] A. Damgaard, C. Lodato, S. Butera, T.F. Fruergaard, M. Kamps, L. Corbin, D. Tonini, T.F. Astrup, Background data collection and life cycle assessment for construction and demolition waste (CDW) management, 2022. <https://doi.org/10.2760/772724>.
- [11] C.E. Andersen, F.N. Rasmussen, R.K. Zimmermann, K. Kanafani, H. Birgisdóttir, Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning. Forundersøgelse, 2019. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/328959571/SBi_2019_08.pdf.
- [12] VCØB, LCA for bygninger, 2017. https://vcob.dk/media/1555/vcob_kvikguide_lca.pdf.
- [13] VCØB - Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, CO2- og ressourceopgørelse - Hvordan?, 2020. https://vcob.dk/media/1880/vcob_kvikguide_co2-og-ressourceopgoerelse.pdf.

Temadark #6

Økonomisk potentiale, strategier og forretningsmodeller

Cirkulær økonomi i byggeriet udfordrer den traditionelle lineære økonomi, hvor man producerer, anvender og til sidst nedriver. I stedet promoverer den cirkulære økonomi recirkulering som en rentabel løsning. Det er en langvarig proces, der kræver en omfattende og gradvis omstilling af produktions- og forbrugsmønstre, en kulturel ændring samt løbende justeringer. Cirkulær økonomi i byggeriet er også en kompleks størrelse, som involverer mange aktører i komplekse værdikæder, modstridende interesser, kaskadeeffekter og markedskonsekvenser, lange levetider og store risici. Processen kræver nye og alternative forretningsmodeller, innovative strategier samt samarbejde på tværs af byggebranchens værdikæder.

Hvad er det økonomiske potentiale for cirkulær økonomi i byggeriet?

Hvad skal der til for at opnå den cirkulære omstilling?

Grundlæggende begreber indenfor cirkulær økonomi

En vigtig forudsætning for forståelse af temaarkene er, at læserne har kendskab til en række grundlæggende begreber. Disse gennemgås i det følgende.

En cirkulær økonomi er en model for forbrug og produktion, hvor produkters livscyklus er udvidet, spild minimeret, og bevaring af ressourcer fremmet. Dette sker primært via et bedre miljøvenligt design, der gør det nemmere at reparere og genbruge gamle produkter, en forbedret holdbarhed, bedre affaldshåndtering og genanvendelsesmuligheder, og nye forretningsmodeller baseret på leasing, deling, reparation og genbrug. Cirkulær økonomi står i modsætning til den traditionelle økonomi med nyindkøb og en 'brug-og-smid-væk'-kultur.

Centrale begreber der understøtter cirkulær økonomi defineres bl.a. via det såkaldte "9R Framework", som introducerer et paradigme for cirkulære strategier. Det "9R Framework" blev introduceret for første gang i 2017 [1] og [2] og beskriver en prioriteret rækkefølge af ti principper indenfor produktionsværdikæder. 9R Framework'et er en udvidelse og nuancering af det europæiske affaldshierarki og en detaljering af ti forskellige strategier indenfor tre niveauer: hhv. design og affaldsforebyggelse, forlængelse af levetid samt genanvendelse/nyttiggørelse. Der ligger i 9R framework'et et hierarki for bedst udnyttelse af ressourcerne, hvor f.eks. R3 [genbrug] er at foretrække frem for R4 [reparation] osv.

Smartere forbrug og produktion	Forlængelse af levetid	Nyttiggørelse af materialer
R0 Refuse R1 Rethink R2 Reduce	R3 Reuse R4 Repair R5 Refurbish R6 Remanufacture R7 Repurpose	R8 Recycle R9 Recover

Tabel 1 9RFrameworket indeholder i alt 10 genbrugsstrategier, der er inddelt i tre niveauer. Frit oversat fra engelsk. Tabellen stammer fra [3].

R0. Refuse. Gøre produktet overflødigt ved at opgive dets funktion eller ved at tilbyde samme funktion ved et radikalt anderledes (f.eks. digitalt) produkt eller service.

R1. Rethink. Gøre brugen af produktet mere intensiv (f.eks. gennem product-as-a service, delingsmodeller)

R2. Reduce. Øge effektiviteten i produktfremstilling eller -brug ved at forbruge færre naturressourcer og materialer.

R3. Reuse. Genbrug af produkter eller komponenter, som stadig er i god stand og opfylder deres oprindelige funktion (og som ikke er affald) til samme formål, som de var udformet

R4. Repair. Reparation og vedligeholdelse af et defekt produkt, så det kan bruges med sin oprindelige funktion.

R5. Refurbish. Opgradering af et gammelt produkt for at bringe det op til dato.

R6. Remanufacture. Brug af dele af et kasseret produkt i et nyt produkt med samme funktion (og som performer som nyt)

R7. Repurpose. Brug af et kasseret produkt eller dele heraf i et nyt produkt med en anden funktion.

R8. Recycle. Genanvendelse (via en omforarbejdningsproces) af affaldsmaterialer til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål. Heri indgår omforarbejdning af

organisk materiale, men ikke energiudnyttelse og omforarbejdning til materialer, der skal anvendes til brændsel eller til opfyldningsoperationer. I branchen skelner man mellem højkvalitets- eller lavkvalitetsgenanvendelse ud fra tekniske, miljømæssige eller økonomiske aspekter. Et eksempel af højkvalitetsgenanvendelse for beton er teknologier, der muliggør både genanvendelsen af den knuste beton som tilslag i ny beton, men også genanvendelsen af de ultrafine beton partikler som erstatning for cement. I modsætning til det er et eksempel af lavkvalitetsgenanvendelse for beton genanvendelsen af den grove fraktion af den knuste beton som tilslag i ny beton, hvor den fine fraktion ikke har nogen nyttig anvendelse.

R9. Recover. Forbrænding af materiale med energiudnyttelse eller materialenyttiggørelse, f.eks. backfilling/opfyldningsoperationer.

De mest udbredte cirkulære strategier indenfor byggesektoren i dag er genanvendelse samt materialenyttiggørelse (svarende til hhv. R8 og R9), i nogle tilfælde forberedelse til genbrug (svarende til R4 and R5) eller andre form for oparbejdning (svarende til R6 or R7) samt, i mindre grad, direkte genbrug [R3]. Cirkulære forretningsmodeller og strategier (svarende til R1) ses også i stigende grad, ligesom indsatser inden for produkt- og produktionsoptimering (svarende til R2), bl.a. understøttet af f.eks. øget anvendelse af miljøvaredeklarerationer (EPD).

Økonomisk potentiale

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 minimere forbrug af 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 [4]. Et af de største potentialer blev fundet inden for byggeindustrien og bygninger, hvor der blev peget på 3 muligheder, beskrevet i tabellen nedenfor.

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 højkvalitets-genanvendelse af komponenter og materialer	0,8-1,1 Mia. DKK
Deling og multibrug af bygninger	2,3-3,4 Mia. DKK

Tabel 2 Økonomisk potentiale estimeret i analyse fra 2015 [4].

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 byggematerialefraktioner [5]. Her blev de potentielt årlige samfundsøkonomiske tab og gevinst beregnet, som er vist i Tabel 2 på næste side.

Materiale	Tagsten
Sammenligning	80 % genbrug af tagsten og 20 % nedknusning fremfor 100% nedknusning.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst/tab	Tab på 325 mio. kr. [skyldes primært de høje omkostninger til nedrivning, transport, rensning og opbevaring]. Gevinst på 31,5 mio. kr. , hvis der genbruges direkte på stedet, under en forudsætning om, at stenene ikke kræver forarbejdning før genbrug [omkostninger til transport, forarbejdning og lagring spares].
Materiale	Stenuld
Sammenligning	90 % genanvendelse af stenuld i ny stenuld og 10 % deponering fremfor 34 % genanvendelse af stenuld.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst	Gevinst på 4,5 mio. kr. [skyldes primært undgåede omkostninger til deponi samt undgået transport af jomfruelige sten til produktionen af ny stenuld]
Materiale	Beton
Sammenligning	100 % genbrug af den bærende betonkonstruktion, mens ikke-bærende betonelementer nedkneses fremfor, at 100 % af al beton nedkneses.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst	345-525 mio. kr. [skyldes primært den undgåede produktion af ny beton]
Materiale	Interimstræ
Sammenligning	Genbrug af 34 % af interimstræet, som recirkuleres 2 gange om året, fremfor at interimstræet sendes til forbrænding.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst	36 mio. kr. [skyldes primært undgået produktion af nyt træ]. Samlet set kan interimstræet recirkuleres 4-6 gange over dets levetid, hvilket svarer til en samlet samfundsøkonomisk gevinst på ca. 72-143 mio. kr. over træets levetid].

Tabel 3 Potentielle årlige samfundsøkonomiske tab og gevinster for fire fraktioner. Læs nærmere om beregninger og forudsætninger i analysen. Tal kommer fra Rambøll, 2020 [5].

Samtidig har et EU-studie fra 2024 estimeret potentialet fra to scenarier for forbedret cirkularitet i byggesektoren. Ved at nedskalere de samlede tal for de 27 EU lande fra rapporten [6] er det muligt at komme med et estimat for Danmark:

- i det første scenarie, hvor deponering og forbrænding reduceres til et minimum, og de bedste tilgængelige genanvendelsesteknologier implementeres, mens genbrug holdes på samme niveau som i dag, estimeres et økonomisk tab for Danmark på knap 100 mio. €/år [svarende til ca. 750 mio. kr./år].
- i det andet scenarie, hvor de samme forhold som i scenarie 1 gælder, dog med en prioritering af forberedelse til genbrug over genanvendelse, estimeres en økonomisk gevinst for Danmark på knap 115 mio. €/år [svarende til ca. 860 mio. kr./år].

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, råstof- og CO₂-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.

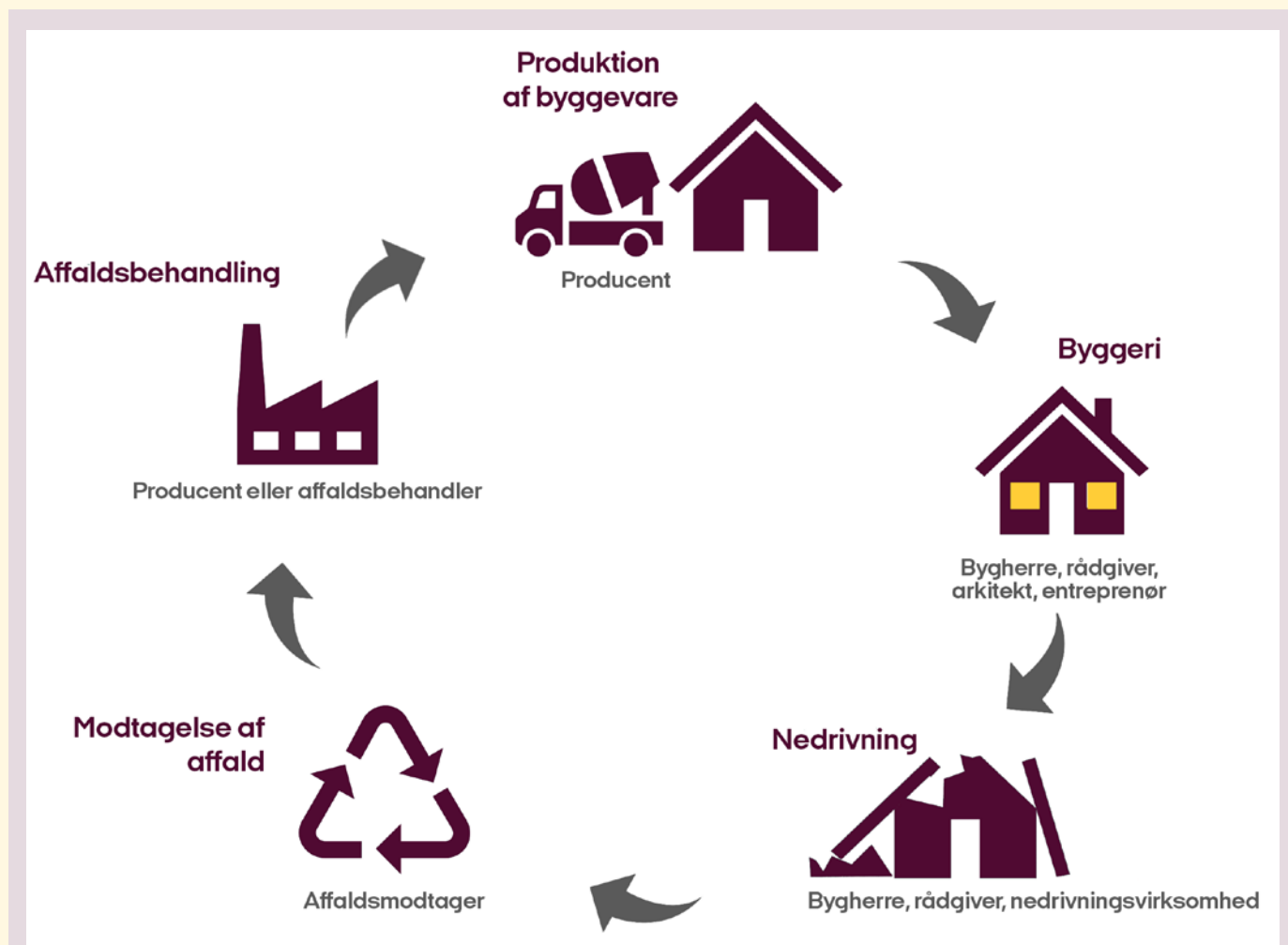
Selvom der arbejdes på at minimere tabet af ressourcer, er det svært at opnå en 100 % udnyttelse af ressourcerne. I praksis vil der være et tab gennem værdikæden. Ressourcernes rejse gennem værdikæden vil samtidig være afgørende for, hvor let eller udfordrende det er at skalere og kommercialisere den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

Processer og værdikæder

Cirkulære værdikæder inden for byggeri kan være komplekse og fragmenterede, da de består af mange forskellige aktører med hver deres interesser. Processer og værdikæde for genanvendelse, forberedelse til genbrug og direkte genbrug gennemgås nedenunder.

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].



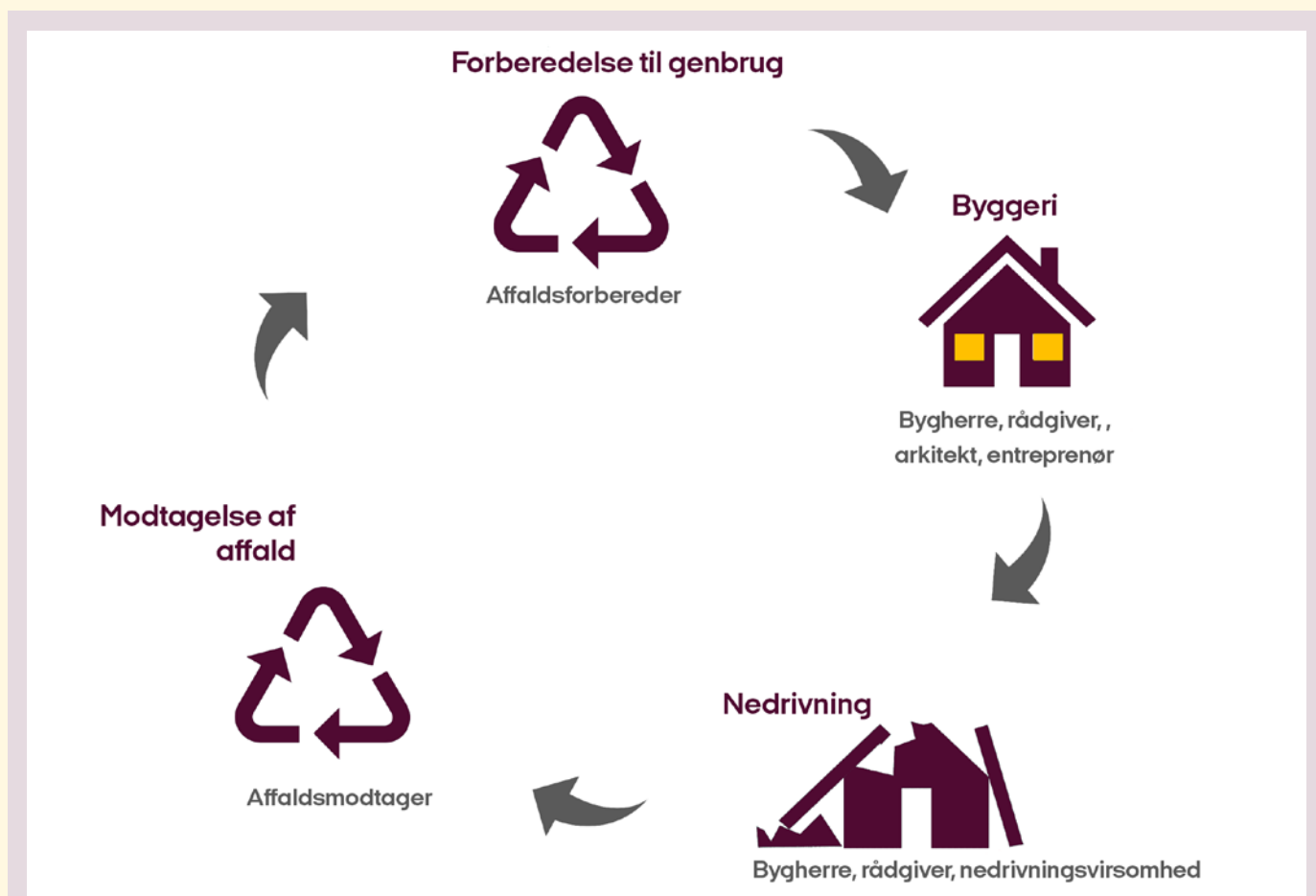
Figur 1 Processer og værdikæde for genanvendelse. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

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].

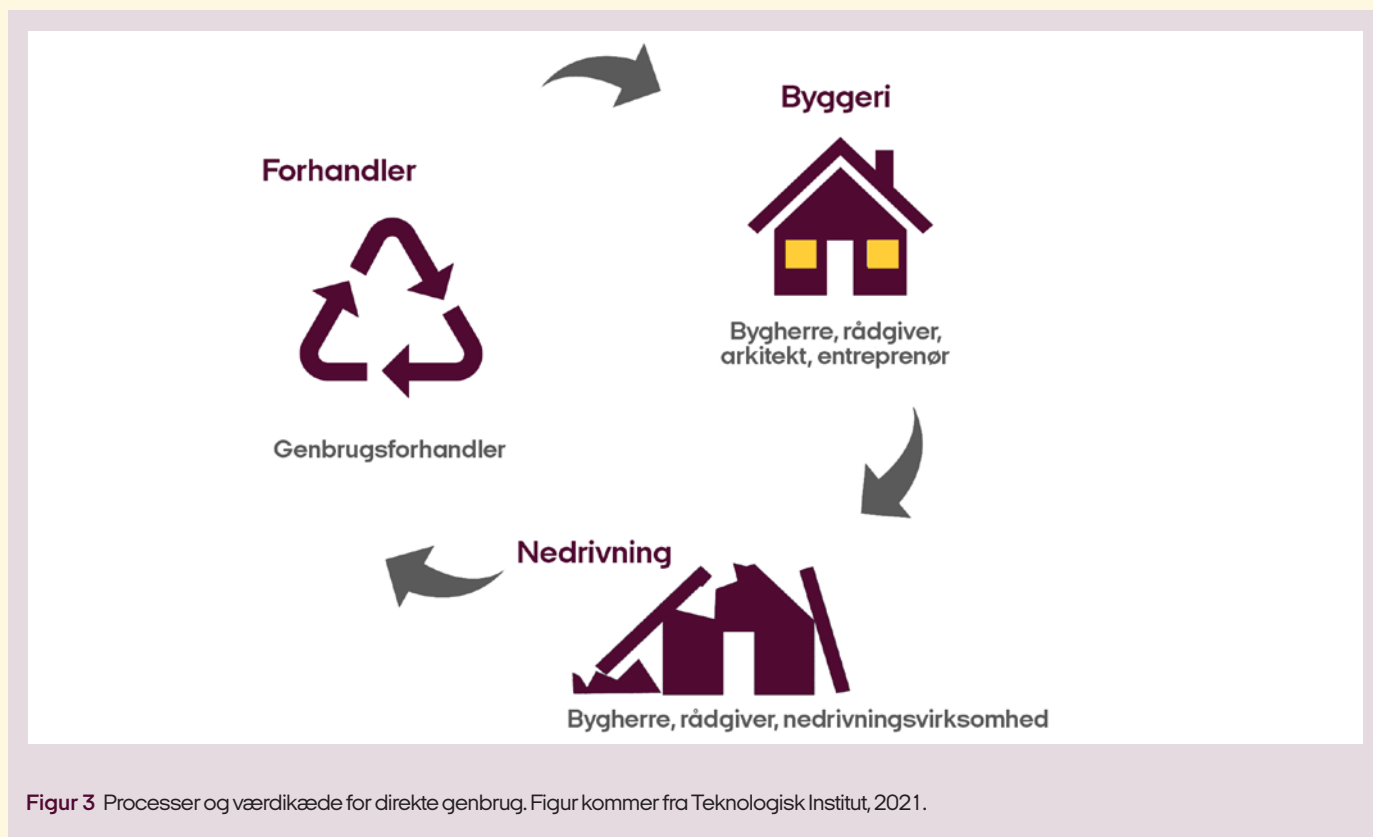


Figur 2 Processer og værdikæde for forberedelse til genbrug. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Direkte genbrug

Ved direkte genbrug er det muligt at afsætte komponenterne til direkte brug igen. Materialerne som genbruges direkte klassificeres ikke som affald. Ofte vil genbrugsmaterialerne blive solgt igennem en gen-

brugsforhandler (se Figur 3), men nogle gange vil det være muligt at afsætte direkte fra et nedrivningsprojekt til et nyt byggeprojekt. Skaleringspotentialet for genbrug ligger også i, at der bygges med de materialer, der er tilgængelige på et givent tidspunkt.



Figur 3 Processer og værdikæde for direkte genbrug. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Roller og forretningsmuligheder 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 enkelte aktører i værdikæden har forskellige roller og forretningsmuligheder, når cirkulære principper skal implementeres. Herunder listes nogle af mulighederne for værdikædens aktører.

Bygherren kan i høj grad påvirke sit byggeri i en cirkulær retning ved at lægge en strategi, der inkluderer cirkulære principper, som så ligger til grund for deres udbudsbetingelser. Dette indebærer bl.a. valg om bevaring frem for nedrivning, valg af materialer, herunder graden af genbrug og genanvendelse, design for adskillelse og fleksibilitet. Certificeringsordninger eller dokumentation af bygningens cirkularitet kan bidrage til en promovning eller profilering, f.eks. i forbindelse med salg eller udlejning.

FOKUS PÅ

En risikofond til at fremme brug af innovative byggematerialer

Byggebranchen har potentiale til at reducere sine miljøpåvirkninger ved at anvende bl.a. genbrugte men også innovative f.eks. bio-baserede byggematerialer. Tit er der dog en barriere ifm. ansvar og de risici, der er forbundet med at bruge nye materialer, som der hverken er gode eksempler eller lang erfaring med. En risikofond kan hjælpe med at overvinde barrierer og sikre forsikring når nye innovative byggematerialer skal bringes i spil f.eks. via dokumentation af potentielle risikofaktorer.

Der arbejdes i skrivende stund på etablering af en risikofond [7].

Materialeproducenten har en vigtig rolle i den cirkulære omstilling, hvor de kan tænke cirkulære principper ind i produktudviklingen. Dette indebærer bl.a. materialevalg i produktionen, udvikling af komponenter, der kan adskilles og ansvar for cirkulariteten ved at implementere tilbagetagningsordninger. Producenten kan udnytte anvendelsen af de cirkulære principper i markedsføringen af sine produkter.

Ingeniøren har muligheder for nye typer rådgivning med fokus på teknisk og digital udvikling af forskellige cirkulære løsninger. Derudover bliver miljø- og ressourcekortlægningen fremadrettet en vigtig ydelse for rådgiveren. Dokumentation af virksomheders cirkularitet samt test og dokumentation af genbrugsmaterialers ydeevne er vigtige forretningsområder i den cirkulære omstilling.

Arkitekten skal implementere nye typer af designstrategier i sin forretning. Det handler både om rådgivning af bevaring frem for nedrivning, transformation og renovering, det fleksible og modulære byggeri, men også implementering af genbrugsmaterialer og andre materialer med mindre ressourcebelastning.

Entreprenøren har en række muligheder på byggepladsen i den praktiske udførelse ved opbygning og nedrivning af byggeriet. Dette indebærer bl.a. fokus på materialespild og affaldssortering. Derudover er der en forretningsmulighed ved at være bindeled til andre aktører, der kan anvende overskudsmaterialer og byggeaf-

fald fra byggepladsen – f.eks. affaldsmodtageren eller genbrugsforhandleren.

Nedrивeren har muligheder for at anvende og udvikle metoder til skånsom og selektiv nedrivning og sortering af materialerne, så genbrugsmaterialernes værdi bevares og kan formidles til andre aktører i værdikæden.

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

Genbrugscentret er en ny dedikeret aktør, der via strømlinede processer oparbejder materialer til genbrug eller genanvendelse. Aktøren har et lager for genbrugsmaterialer, men har samtidig også faciliteter til at behandle og forarbejde materialerne [3].

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

Transportøren er ofte bindeledet mellem forskellige aktører i værdikæden og har en rolle i at sikre materialernes sporbarhed og i at opnå en miljøvenlig logistik.

Materialebørs og materialehubs er hhv. en handelsplatform for genbrugsmaterialer og lagerpladser eller genbrugsbutikker, der har handel og opbevaring af genbrugsbyggematerialer som primær funktion.

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 [8] 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, f.eks. 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.

Eksempel

CIRCUE

Circue er en digital platform, der støtter beslutningstagning i det cirkulære byggeri med et "one-point entry" for cirkulære valg. Platformen understøtter beslutningsprocessen fra design til nedrivning og samler, validerer og beriger data på eksisterende bygninger og materialer, hvilket hjælper bygherrer med at træffe miljømæssigt optimale valg. Platformen

omfatter værktøj til screening af bygningers materialer gennem bygnings- og materialedatabank og en materialebørs til udveksling af genbrugsmaterialer på tværs af byggeriets værdikæde.

Circue udspringer af et Grand Solutions-projekt fra 2021-2024 finansieret af Realdania og Innovationsfonden. Læs mere om projektet her.



Figur 4 Circue er en digital platform til den cirkulære byggeproces. Fotograf: Thomas Sinding.

Cirkulære forretningsmodeller

Den første rapport om cirkulær økonomi fra Ellen MacArthur Foundation [9] introducerede tre nye forretningsmodeller med udgangspunkt i omstillingen 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-backordninger, som bygger på en præstationskontrakt.

Eksempel

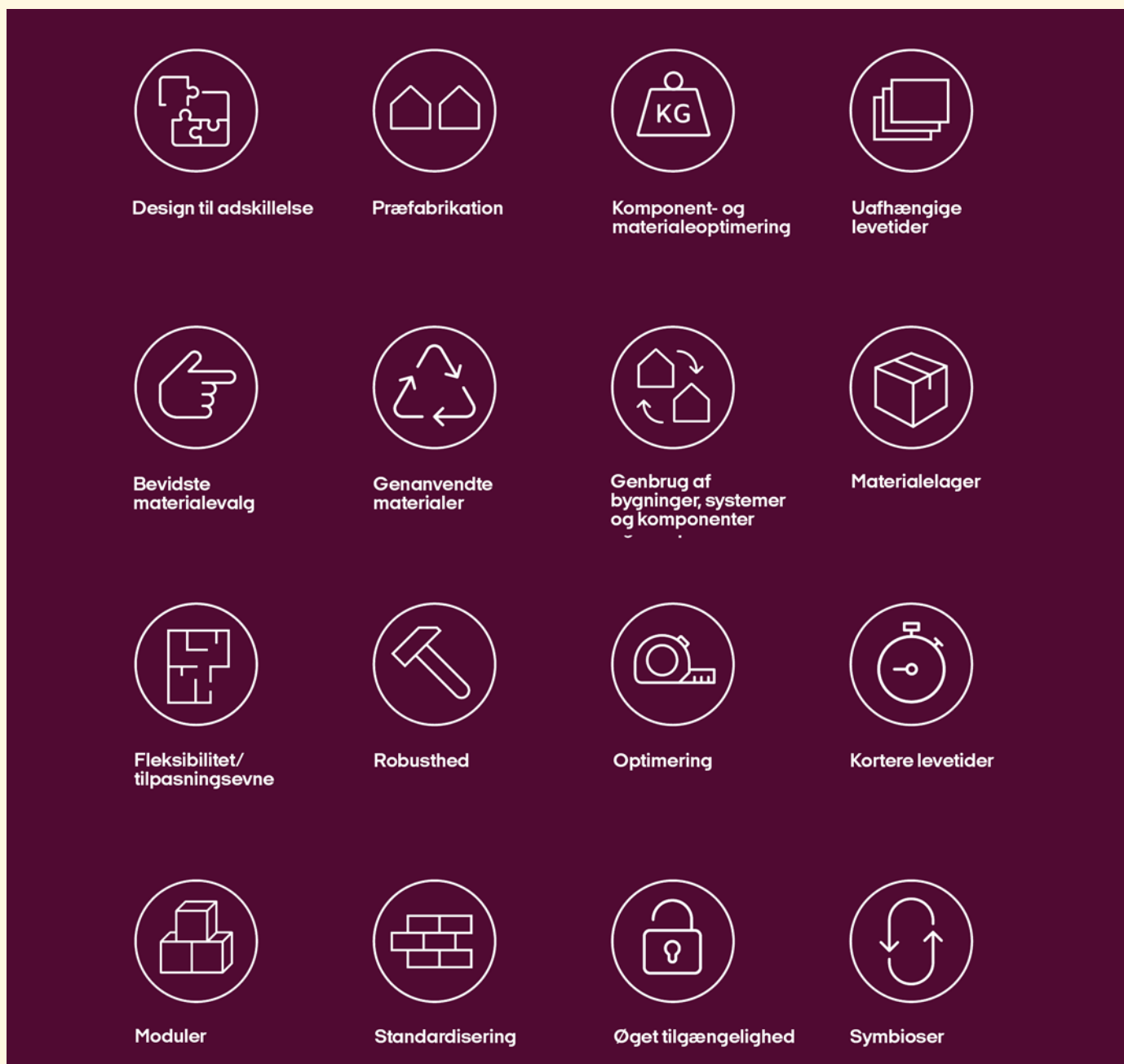
Fischer Lighting har udviklet en patenteret LED-retrofit metode, som gør det lettere og billigere at opdatere gammel belysning til ny og miljøvenlig LED-teknologi ved at indsætte en speciallavet indsats i de eksisterende

armaturer, således at det eksisterende armatur kan beholdes. Dette reducerer mængden af affald ved at forlænge levetiden på store dele af det eksisterende armatur [10].

Cirkulære strategier indenfor byggeri

Implementering af cirkulære principper i byggesektoren kan være ekstra udfordrende på grund af byggeriets særegenheder: lange levetider, stort ansvar og potentielt store konsekvenser ved fejl, samt en overordnet konservativ tilgang. Der er derfor behov for konkrete strategier,

der har til formål at bevare eller recirkulere ressourcer i praksis. Nedenfor ses en oversigt over 16 forskellige typer af strategier og værktøjer indenfor byggesektoren, som kan kombineres eller stå alene [11].



Figur 5 De 16 forskellige cirkulære strategier, hvor byggeriet eksplicit har til formål at bevare eller recirkulere ressourcer, kortlagt af forsker Leonora Eberhardt fra BUILD, Aalborg Universitet. Figuren stammer fra [12].

Design til adskillelse (også kaldet design for adskillelse og design for disassembly)

Byggekomponenter, systemer og hele byggerier, der er konstrueret, så enkeltdelene let kan tages fra hinanden og genbruges, genanvendes og vedligeholdes.

Bevidste materialevalg

Valg af de materialer, der er mindst belastende for klodens ressourcesituation. Enten fordi de kan dyrkes – som f.eks. træ – eller fordi de er genbrugt eller genanvendt.

Fleksibilitet/tilpasningsevne

Byggerier, der er konstrueret fleksibelt, så de kan anvendes til mange formål. F.eks. ved at ændre på rumstørrelse og etageadskillelse. På den måde kan boliger f.eks. blive kontorer og børneinstitutioner kan f.eks. omdannes til en servicevirksomhed.

Moduler

Byggerier af moduler, der let kan skilles ad, tilpasses og bruges i andre sammenhænge.

Præfabrikation

Leanproduktion for at minimere spild og øge produktivitet, så der forbruges færrest mulige ressourcer.

Genanvendte materialer

Affald fra byggeriet såvel som fra andre sektorer kan genanvendes i produktionen af nye byggevarer, hvor de erstatter nye råmaterialer.

Robusthed

Byggerier, der er designet til at bestå i lang tid. Kan indebære byggeteknisk og arkitektonisk kvalitet samt klimasikring for fremtidens klimaændringer.

Standardisering

Brug af så få samlinger, komponenter og materialer som muligt, så de enkelte bygningsdele er lette at vedligeholde og dermed forlænge levetiden af.

Komponent- og materialeoptimering

Reduktion af mængden og antallet af materialer for at lette vedligehold og øge kendskabet til materialerne i det samlede byggeri.

Genbrug af bygninger, systemer og komponenter

Byggerier, der enten i fuldt mål har fungeret andetsteds eller byggevarer (og større dele af byggerier), der 1:1 er genbrugt fra tidligere byggerier. Renovering er del af denne cirkulære byggestrategi.

Optimering

Design efter produktmål for at undgå spild – også på byggepladsen.

Øget tilgængelighed

Tilgængelige samlinger og komponenter er lettere at skifte og vedligeholde.

Uafhængige levetider

Materialer og lag er uafhængige af hinanden, så de kan skiftes, uden at det andet skal skiftes med. Minimalt brug af kompositmaterialer – som ofte ikke kan adskilles.

Materialelager

Design af bygninger, så de fungerer som midlertidige materialelagre.

Kortere levetider

Midlertidige byggerier, der kan flyttes eller omdannes til noget andet efter endt brug.

Symbioser

Når affald eller overskud fra en bygning/industri kan bruges i en anden. Symbioser er defineret ved deres geografiske nærhed.

Digitalisering som løftestang til cirkulært byggeri

Et tværgående tema inden for cirkulært byggeri er digitalisering. Brug af innovative, digitale teknologier, som kan understøtte cirkularitet, har fået stigende op-

mærksomhed over de sidste år. Nedenstående tabel giver et overblik over de vigtigste digitale værktøj og begreber.

DIGITALISERING	
Digitale platforme	Digitale platforme til udveksling af materialer på tværs af materialehubs til at skabe volumen, forsyningsikkerhed og et konkurrencedygtigt marked for genbrugsmaterialer.
Intelligente data [f.eks. big data og IoT].	Indsamling af data om hvordan et produkt/bygning bliver anvendt kan bruges til at optimere produktet eller bygningen med ressourcebesparelser til følge.
Materialepas	Digitale materialepas for nye materialer og for genbrugte materialer skal give et fælles og anerkendt sprog ved dokumentation af materialer.
Bygningspas	En digital samling af data om bygning [herunder materialepas for bygningens materialer] skaber de bedste forudsætninger for drift og vedligehold og dermed længere levetid. Derudover giver et bygningspas beslutningsstøtte og input til evt. fremtidig nedrivning af bygningen til videst mulig udnyttelse af materialerne.
Digitale og automatiserede redskaber	Udvikling af digitale, automatiserede procesværktøjer og robotter til optimeret udførelse og nedrivning til gavn for tid- og ressourceforbrug, f.eks. ved brug af digitale tvillinger, 3D-scanning teknologi, virtuel/mixed/augmented reality mm.
En digital byggeproces	Udvikling af standardiserede dataformater og digitale processer, så data kan deles og anvendes på tværs af værdikæden.

Tabel 4 Eksempler på digitale værktøj og begreber, som kan understøtte cirkularitet.

Materialepas for genbrugsmaterialer

En af udfordringerne ved at få genbrugte byggematerialer ind på det professionelle marked er dels den mangelfulde og uensartede dokumentation, dels manglende løsninger på udveksling af data på tværs af eksisterende processer og systemer. Udviklingen af et materialepas for genbrugte byggematerialer skal bidrage til en større udbredelse af genbrugsmaterialer i byggeriet. Målet er at udvikle et materialepas for genbrugte bygge-

materialer, der er bredt funderet og accepteret i byggebranchen.

Materialepasset skal bidrage til gældende dokumentationskrav til materialer og fungere sammen med eksisterende og kommende lovgivning. Det skal desuden kunne integreres med eksisterende digitale løsninger og byggeriets praksis. Læs mere om udviklingen af materialepasset her.

Opsummering

Hvad er det økonomiske potentiale for cirkulær økonomi i byggeriet?

Et nyligt EU-studie estimerer det økonomiske potentialet for cirkulær økonomi i byggesektoren. Øget genanvendelse via en minimering af deponering og forbrænding forventes at medføre et tab på ca. 750 mio. kr./år for Danmark, mens en prioritering af genbrug over genanvendelse forventes at give en besparelse på ca. 860 mio. kr./år.

Hvad skal der til for at opnå den cirkulære omstilling?

Det er fortsat en afgørende barriere for den cirkulære omstilling af byggebranchen, at storskala og kommercialisering af cirkulære løsninger generelt endnu udestår. Med den nuværende praksis i byggeriet er det dyrere og mere besværligt at arbejde efter cirkulære principper sammenlignet med den konventionelle tilgang. Der er behov for volumen og skalering af løsninger, når virksomheder skal lave den totale transformation. Der er heldigvis en række virksomheder, der allerede lykkedes med, f.eks. at indføre enkelte relevante cirkulære strategier i deres led af værdikæden – f.eks. design for adskillelse, implementering af genbrugsmaterialer eller nye materialer med stor grad af genanvendte inputmaterialer. Roadmap for cirkulær økonomi i byggeri giver indblik i nogle eksempler og cases [13].

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

- [1] J. Potting, M. Hekkert, E. Worrell, A. Hanemaaijer, Circular Economy: Measuring innovation in the product chain - Policy report, 2017. <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>.
- [2] J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert, Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, *Resour. Conserv. Recycl.* 127 [2017] 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- [3] M. Sørensen, L.L. Molander, S. Finsdóttir, Fremtidens genbrugscenter for byggematerialer Et paradigme med dilemmaer og perspektiver, 2024. <https://www.teknologisk.dk/fremtidens-genbrugscenter/teknologisk-institut-pegger-paa-et-hul-i-aktoerkaeden-byggebranchen-har-brug-for-et-genbrugscenter/45873>.
- [4] Ellen MacArthur Foundation, Potential for Denmark as a Circular Economy - A case study from: delivering the circular economy – a toolkit for policy makers, 2015. <https://erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/2020-01/Potential-for-Denmark-as-a-circular-economy.pdf>
- [5] Rambøll, Cirkulær økonomi i byggeriet Analyse af potentialer for øget genbrug og genanvendelse af byggeaffald, 2020.
- [6] J. Cristobal Garcia, D. Caro, G. Foster, G. Pristera, F. Gallo, D. Tonini, Techno-economic and environmental assessment of CDW management in the EU Status quo and prospective potential, 2024. <https://doi.org/10.2760/721895>.
- [7] Dagens Byggeri, Byggebranchens topledere med 12 anbefalinger – sådan gør vi byggeriet mere bæredygtigt, [2023]. <https://dagensbyggeri.dk/baeredygtighed/byggebranchens-topledere-med-12-anbefalinger-sadan-gor-vi-byggeriet-mere-baeredygtigt/>.
- [8] K.H. Smith, Markedsportaler for genbrug og genanvendelse af byggeaffald, 2020. <https://www.teknologisk.dk/tydelser/bygge-og-anlaegsaffald/ressourcekortlaegning/34248,5>.
- [9] Ellen MacArthur Foundation, Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition, 2022. <https://doi.org/10.1596/37331>.
- [10] Dansk Industri, Fischer Lighting ApS - Cirkulær belysning for alle pengene, [n.d.]. <https://www.danskindustri.dk/politik-og-analyser/di-mener/miljoenergi/cirkular-okonomi/cirkularitetcases/fischer-lighting-cirkular-belysning-for-alle-pengene/>.
- [11] L.C.M. Eberhardt, M. Birkved, H. Birgisdóttir, Building design and construction strategies for a circular economy, *Archit. Eng. Des. Manag.* 18 [2020] 93–113. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1781588>.
- [12] VCØB, Green Paper #1 Status: Sådan står det til med cirkulært byggeri i Danmark, [2022]. https://vcob.dk/media/nidasg5x/vcob_greenpaperno1.pdf.
- [13] A. Oberender, K.H. Smith, M.K. Sørensen, S. Finsdóttir, S.B. Kjerulff, Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet, 2023. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/roadmap-for-cirkulaer-oekonomi-i-byggeriet>.

Temadark #7

Lovgivning og rammevilkår

I takt med at den cirkulære økonomi bliver mere fremtrædende inden for byggebranchen, er det essentielt at have en dybdegående forståelse af den nuværende lovgivning og de specifikke rammebetingelser, der understøtter cirkularitet i byggeriet. Det er ligeledes afgørende at identificere og vurdere både de udfordringer og de muligheder, disse betingelser medfører. Samtidig er det vigtigt at være opmærksom på kommende lovgivningsmæssige initiativer og ændringer, der har potentiale til at påvirke byggebranchen i fremtiden. En oversigt over de mest relevante lovgivninger og rammer er præsenteret her.

Hvilke love og rammevilkår, der understøtter og regulerer den cirkulære omstilling, eksisterer allerede i dag?

Hvilke nye tiltag er på vej?

Lovgivning, strategier og rammevilkår

National affaldsstrategi

I 2021 udgav Miljøministeriet 'Handlingsplan for cirkulær økonomi – national plan for forebyggelse og håndtering af affald fra 2020-2032', som udgør den seneste nationale plan for forebyggelse og håndtering af affald. Tidligere affaldsstrategier inkluderer "Danmark uden affald 2013", "Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018" samt Affaldsstrategi 2009-2012. Et af fokusområderne for den seneste handlingsplan er bæredygtigt byggeri, hvor miljø- og klimabelastningen er særligt stor.

For at reducere miljøbelastningen fra byggeriet lagde regeringen bl.a. op til:

- Introduktionen af en frivillig bæredygtighedsklasse i bygningsreglementet samt en grænseværdi for klimaaftryk fra bygninger
- Indførelse af krav om selektiv nedrivning, herunder standardiserede nedrivningsplaner
- Fastsættelse af nationale grænseværdier for problematiske stoffer i beton og tegl
- Entydige regler for genbrug og genanvendelse af byggeaffald samt bedre sporbarhed og dokumentation.

Nogle af disse initiativer er efterhånden blevet implementeret, bl.a. krav om selektiv nedrivning samt klimakrav, mens andre er stadig på tegnebrættet. Klimaaftryk fra bygningens materialer

Ny lovgivning om selektiv nedrivning

Ved selektiv nedrivning forstås hel eller delvis nedtagning af bygninger eller dele heraf på en måde, hvor materialer adskilles og sorteres under nedtagning med henblik på at opnå maksimal udnyttelse og recirkulering af materialerne, og at materialer, herunder affald, der indeholder problematiske stoffer, udsorteres.

I 2020 blev der med Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi indgået aftale om, at der skal indføres regler om selektiv nedrivning, og at der skal indføres krav om standardiserede nedrivningsplaner og kompetencekrav til selektiv nedrivning af byggerier, så værdifulde materialer i højere grad genbruges og genanvendes før de nyttiggøres.

Det er blevet udarbejdet tre nye bekendtgørelser, som forventes at træde i kraft 1. juli 2024, med en overgangsperiode til 1. juli 2025

- Bekendtgørelse om håndtering af materialer fra bygge- og nedrivningsarbejde [1] fastsætter krav om selektiv nedrivning ved nedrivning af etageareal på 250 m² eller derover. Der stilles krav om, at nedrivningsvirksomheder, der udfører nedrivninger over 250 m², skal være autoriserede, hvilket indebærer, at nedrivningsvirksomheden skal have et kvalitetsledelsessystem, være underlagt et kontrolorgan og anvende en ressourceansvarlig. Derudover skal bygherre udarbejde en standardiseret nedrivningsplan, og have en tilknyttet miljø- og ressourcekoordinator. Med den standardiserede nedrivningsplan stilles der krav om, at der udover miljøkortlægning også foretages en ressourcescreening og udarbejdes en ressourcekortlægning, hvorved alle nedtagne materialer omfattes, således at der skabes bedre mulighed for genbrug og genanvendelse.
- Bekendtgørelse om uddannelse til miljø- og ressourcekoordinator og ressourceansvarlig [2] fastsætter bl.a. de kompetencekrav, der skal være med til at udgøre uddannelserne til miljø- og ressourcekoordinator og ressourceansvarlig.
- Bekendtgørelse om kvalitetsledelsessystemer for autoriserede nedrivningsvirksomheder og registrering af kontrolorganer på nedrivningsområdet [3] fastsætter kravene til de autoriserede nedrivningsvirksomheders kvalitetsledelsessystem, og krav til de kontrolorganer, der skal føre kontrol med de autoriserede nedrivningsvirksomheder.

Ny grænseværdi for klimaafttryk fra bygninger (Klimakrav)

I den nationale strategi for bæredygtigt byggeri fra 2021 [4] lagde regeringen op til flere initiativer, som skal bidrage til en mere bæredygtig udvikling af byggeriet i Danmark. Som en del af initiativerne blev det i 2023 indfaset LCA-baseret klimakrav i bygningsreglementet for at reducere bygningers klimaafttryk [læs mere her].

Klimakravene gælder for nybyggeri over 1.000 m², som fra 1. januar 2023 skal overholde en grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv./m²/år. Derudover skal alt nybyggeri under 1.000 m² dokumentere CO₂-påvirkningen via LCA. Samtidigt er en frivillig "lav emissionsklasse" blevet introduceret med grænse på 8 kg CO₂-ækv./m²/år. Både grænseværdier samt lav emissionsklassen forventes at skærpes i 2025, 2027 og 2029. En aftale om opdatering af klimakravene [5], som er offentliggjort i maj 2024, indeholder en betydelig stramning af kravene. Bl.a. skal flere byggerier end i dag omfattes af klimakravene [herunder byggeri under 1.000 m²], der introduceres differentierede [og skærpede] grænseværdier for forskellige bygningstyper, og byggeprocessen [faser A4 og A5] tages også med i beregningerne.

I forbindelse med indførelsen af klimakravene i bygningsreglementet er et Videncenter for Bygningers Klimapåvirkning [VCBK] blevet etableret, med det formål at hjælpe byggebranchen med praktisk viden om klimakravene. Læs mere om VCBK her.

Anvendelse af genbrugte byggematerialer medregnes som nul ifm. beregningen af bygningers klimapåvirkning fra 1. januar 2024. Dette er en ændring fra tidligere, hvor genbrugte materialer blev behandlet på lige fod med nye materialer. De nye beregningsprincipper blev introduceret for at understøtte udviklingen af et marked for genbrug, og de skal revurderes i 2025 for at evaluere, om tilgangen til at fremme genbrug i nybyggeri fortsat er hensigtsmæssig. Social- og Boligstyrelsen vil samtidigt arbejde på at opbygge viden og data om genbrugte byggematerialer.

Den frivillige bæredygtighedsklasse

Den frivillige bæredygtighedsklasse [6] blev introduceret i 2020 med det formål at hjælpe byggebranchen med at opbygge erfaringer med bæredygtigt byggeri og dermed sikre en grøn omstilling af byggeriet. Den indeholder ni krav: udover et kriterie om livscyklusvurdering er der yderligere otte kriterier, bl.a. vedrørende dagslysniveauet, rumakustik, afgangning, støj, en drifts- og vedligeholdelsesplan og en totaløkonomisk analyse. Derudover er der to krav med relevans for cirkulær økonomi i byggeriet: kravet om ressourceanvendelse på byggepladsen, hvor man skal opgøre spild og affaldsgenerering på byggepladsen, samt kravet om dokumentation af problematiske stoffer, hvor byggevarer med sikkerhedsblade skal registreres. Den frivillige bæredygtighedsklasse har været i testfase frem til ultimo 2023, og er nu ved at blive evalueret.

FOKUS PÅ

Certificeret byggeri

Af Handlingsplan for cirkulær økonomi [7] fremgår det, at andelen af byggeri, der er certificeret med Svanemærket, DGNB, LEED og BREEAM er steget fra 7 % i 2017 til 23 % i 2019.

Disse fire certificeringsordninger er blandt de mest udbredte til at vurdere og certificere bæredygtigheden af bygninger. De er udviklet med det formål at fremme bæredygtig byggepraksis ved at opstille en række kriterier og indikatorer, som bygninger kan evalueres ud fra. Kriterierne spænder over miljømæssige, sociale og i nogle tilfælde økonomiske aspekter af bæredygtighed.

Fælles for de fire ordninger er, at de fokuserer på at reducere bygningers miljøpåvirkning gennem krav til f.eks. energiforbrug, vandforbrug, materialevalg. Cirkulær økonomi kan derudover være en del af kriterierne, f.eks. affaldshåndtering samt minimering af spild på byggepladsen, anvendelse af lette genbrugelige/genanvendelige byggeprodukter, implementering af design for adskillelse principper, anvendelse af genbrugsmaterialer. De adresserer også indeklimaet og brugernes sundhed og velvære gennem krav til indendørs luftkvalitet, termisk komfort, dagslys mv., og nogle af dem har desuden kriterier relateret til økonomiske faktorer som totaløkonomi, fleksibilitet og robusthed.

Sammenhæng mellem forskellige lovgivninger

Der er især tre centrale lovgivninger, der spiller ind på cirkulær økonomi i byggeriet. Dette er kemikalielovgivning, byggelovgivning og affaldslovgivning, som hver især både har en omfattende europæisk lovgivning

bag sig, kombineret med national regulering. Dette er lovgivninger, der har udviklet sig hver for sig, inden cirkulær økonomi for alvor kom på dagsordenen.

FOKUS PÅ

Lovgivning

I **byggelovgivningen** findes kravene særligt i:

1. Bygningsreglement, som stiller administrative og funktionsbaserede tekniske krav til bygninger, som gælder alle byggevarer, uanset om de er nye, genbrugte eller genanvendte. Derudover er klimakravene en del af bygningsreglement.
2. Byggevareforordningen, som stiller krav om CE-mærkning af byggevarer, der er omfattet af en harmoniseret standard. Som et alternativ til en harmoniseret standard kan en producent ansøge om en ETA (Europæisk Teknisk Vurdering). En revision af byggevareforordningen er blevet vedtaget i april 2024, og forventes implementeret i løbet af 2025. Hovedformålene med revisionen har været:
 - At sikre en mere ensartet implementering på tværs af EU-landene og dermed forbedre det indre marked for byggevarer.
 - At forenkle det juridiske rammesystem og mindske den administrative byrde.
 - At støtte grøn og digital omstilling i byggebranchen ved:
 - At indføre regler om, hvordan byggevarers miljø-, klima- og sikkerhedsmæssige egenskaber skal udtrykkes.
 - At fastsætte miljø-, klima-, funktions- og sikkerhedskrav til byggevarer.
 - At fremme cirkulær økonomi gennem krav om f.eks. minimumsmængder af genanvendte materialer, mulighed for reparation og genbrug.
 - At øge digitaliseringen gennem krav om bl.a. digitale produktpas.
 - At styrke markedsovervågningen og sikre en mere ensartet håndhævelse af reglerne på tværs af medlemslandene.

I **affaldslovgivningen** findes kravene særligt i:

1. Affaldsbekendtgørelsen [BEK nr. 573/2024], som har hjemmel i miljøbeskyttelsesloven og omfatter affaldshåndtering generelt. Ifm. ikrafttrædelsen af den nye lovgivning om selektiv nedrivning er Kapitel 11 af affaldsbekendtgørelsen (omhandlende særlige regler omkring bygge- og anlægsaffald) taget ud, og bliver en del af den nye lovgivning [BEK nr. 496/2024, jf. næste punkt].
2. Bekendtgørelse om håndtering af materialer fra bygge- og nedrivningsarbejde [BEK nr. 496/2024] stiller krav om selektiv nedrivning, regler om screening og kortlægning for problematiske stoffer, sortering og håndtering af bygge- og anlægsaffald, herunder dokumentation og anmeldelse.
3. Restproduktbekendtgørelsen [BEK nr. 1672/2016], som sætter vilkår for, hvordan bygge- og anlægsaffald kan anvendes uden tilladelse.

I **kemikalielovgivningen** findes kravene primært i:

1. CLP-forordningen [EF 1272/2008], der står for "Classification, Labelling and Packaging". Det er en EU-forordning, der sikrer en ensartet klassificering og mærkning globalt af kemiske stoffer og blandinger.
2. REACH står for Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals og er også en EU-forordning [EF 1907/2006]. REACH sikrer, at information om kemiske stoffers miljø- og sundhedsfarlige egenskaber kommer ud til alle virksomheder, eksempelvis entreprenører og bygherrer. Producenter og importører har ifølge REACH pligt til at levere data om stofferne, og alle virksomheder har pligt til at følge leverandørens anvisninger og håndtere kemikalier forsvarligt. Under REACH findes kandidatlisten. Kandidatlisten er en liste over særligt problematiske stoffer, som også kaldes SVHC-stoffer [Substances of Very High Concern]. Stoffer på kandidatlisten kan senere komme på listen over stoffer, der kræver godkendelse under REACH, hvilket betyder, at virksomheder skal søge om godkendelse, før de må anvende stofferne.

Et af de helt store spørgsmål er, hvad der skal til for, at byggeaffald ophører med at være byggeaffald og bliver godt nok til at være et produkt. Her kan end-of-waste begrebet og end-of-waste kriterier være et stærkt redskab.

End-of-waste begrebet (EoW) er over 15 år gammelt og er beskrevet i affaldsdirektivet (oprindeligt fra 2008), som er EU's rammelovgivning på affaldsområdet. Det indebærer, at et affaldsmateriale kunne ophøre med at være affald, når det har gennemgået en nyttiggørelsesoperation, herunder genanvendelse, er almindeligt anvendt til specifikke formål, har en markedsværdi, opfylder de tekniske krav til de specifikke formål og lever op til gældende lovgivning og normer vedrørende produkter. Ydermere skal der etableres kriterier, som sikrer, at anvendelsen af materialet ikke giver anledning til generelle negative indvirkninger på miljøet eller menneskers sundhed, f.eks. i form af grænseværdier for forurenende stoffer. Der er indtil videre fastlagt EoW kriterier på EU-niveau i tre forordninger for jern, stål og aluminium, glas og kobber. Derudover er der på EU-niveau igangsat arbejde for at udvikle EoW kriterier for bygge- og anlægsaffald [8]. EU Kommissionen forventer at kunne komme med et oplæg til EoW kriterier for bygge- og anlægsaffald medio 2026.

Hvis der ikke er fastlagt kriterier på EU-niveau for en specifik affaldsstrøm, er det medlemslandenes egen opgave at fastlægge disse på nationalt plan. Dette kan eksempelvis ske for større affaldsstrømme med relevans for flere parter, men det kan også ske for en enkel case på et kommunalt niveau, da kommunen træffer afgørelser om affaldsfasens ophør. Det sidste giver mulighed for at løse konkrete problemstillinger for producenter, som ønsker at basere deres produktion på råvarer fra affald.

Lovgivning som barriere til cirkulært byggeri

På trods af de seneste positive udviklinger, er der stadig en række barrierer og huller i lovgivning, der hindrer cirkularitet i byggesektoren. En nylig analyse fra Rådet for Grøn Omstilling har haft til formål at identificere barrierer og uudnyttede potentialer i dansk lovgivning, der hindrer cirkulært byggeri, og at fremhæve internationale best practices og fremtidsscenerier [9]. Rapporten konkluderer, at Danmark står overfor betydelige udfordringer i at fremme cirkulært byggeri, primært på grund af manglende specifikke krav og økonomiske incitamenter i den eksisterende lovgivning. Der er et presserende behov for omfattende reformer af bygningsreglementet, planloven og miljøbeskyttelsesloven for at fjerne barrierer og fremme cirkularitet. Desuden er der behov for klare politiske mål og strategier, der understøttes af bindende krav og økonomisk støtte. Internationale best practices kan også

fungere som inspiration og accelerator for Danmarks cirkulære omstilling.

Rapporten identificerer følgende lovgivningsmæssige barrierer:

1. Bygningsreglementet

- **Manglende fokus på cirkularitet:** Bygningsreglementet [BR18] stiller ikke krav, der understøtter cirkulært design og produktion. Der er ingen krav om, at bygninger skal designes med henblik på genbrug, adskillelse eller lang levetid.
- **Krav til materialer:** Der er ingen krav til brug af genbrugte eller genanvendte materialer, og de eksisterende dokumentationskrav gør det vanskeligt at anvende alternative materialer.
- **CO₂-krav og LCA-beregninger:** Livscyklusvurderingerne [LCA] medregner ikke alle faser af byggeriets livscyklus, hvilket betyder, at vigtige udledninger fra byggeprocessen og nedrivning ikke indgår i beregningerne (fra 2025 skal byggeprocessen omfattes af beregningerne, dog ikke evt. nedrivningsfase).

2. Planloven

- **Begrænsede krav og hensyn:** Selvom planloven i formålsparagraffen nævner klimahensyn, mangler der konkrete retningslinjer og krav til, hvordan kommunerne skal indarbejde disse hensyn i praksis.
- **Lokalplanskataloget:** Kommunerne har ikke mandat til at stille krav om brug af cirkulære materialer, genanvendelse eller ressourceeffektivitet i lokalplaner.

3. Miljøbeskyttelsesloven

- **Manglende krav til cirkularitet:** Loven har ikke specifikke krav til cirkularitet eller genanvendelse inden for bygge- og anlægssektoren.
- **Selektiv nedrivning:** Mens der er krav om selektiv nedrivning for større bygninger, gælder dette ikke for mindre bygninger (mindre end 250 m²), delvise nedrivninger ifm. renoveringer eller anlægsprojekter.

4. Udbudsloven

- **Frivillige grønne hensyn:** Mens det er muligt at indarbejde grønne kriterier i offentlige udbud, er det ikke et krav. Offentlige indkøbere bliver ikke målt på deres evne til at inkludere cirkularitet og reducere ressourceforbrug.
- **Pris som primært kriterie:** Den økonomiske vægtning i udbud favoriserer ofte billigste løsning frem for den mest bæredygtige eller cirkulære.

5. Skattelovgivningen

- **Nedrivningsfradrag:** Der er skattemæssige incitamenter, som gør det mere fordelagtigt at rive bygninger ned og bygge nyt frem for at renovere eksisterende bygninger.

- **Ejendomsværdiskat:** Den nuværende ejendomsværdiskat skaber ingen økonomiske incitamenter til at bygge mindre eller bevare eksisterende bygninger.

Derudover peger rapporten på manglende politiske strategier og krav:

1. Manglende overordnede mål

- **Ingen bindende reduktionsmål:** Danmark har ikke vedtaget bindende mål for reduktion af ressourceforbrug eller CO₂-udledninger specifikt for bygge- og anlægssektoren.
- **Ingen nationale cirkularitetsmål:** Der er ingen fastsatte mål for cirkularitetsrater eller genanvendelsesprocenter for byggematerialer.

2. Strategier uden konkrete tiltag

- **Strategi for bæredygtigt byggeri:** Selvom strategien indeholder initiativer som grænseværdier for bygningers klimapåvirkninger, mangler flere af initiativerne konkrete krav og implementeringstiltag.
- **Handlingsplan for cirkulær økonomi:** Planen udtrykker ambitioner om at reducere miljøbelastningen fra byggeri og nedrivning, men indeholder ikke specifikke mål eller krav.

3. Mangel af økonomiske incitamenter

- **Råstofafgift og CO₂-afgift:** Afgifterne på råstoffer og CO₂ er ikke tilstrækkelige til at skabe økonomiske incitamenter for at bruge genbrugte eller genanvendte materialer.
- **Finansiell støtte:** Der mangler tilstrækkelig offentlig finansiering og støtteordninger til forskning, udvikling og skalering af cirkulære byggeløsninger.

4. Behov for helhedstækning

- **Fragmenteret lovgivning:** Reguleringen af byggeriet er spredt ud over flere ministerier og lovgivninger, hvilket skaber manglende sammenhæng og koordination.
- **Tværministerielt samarbejde:** Der er behov for et samlet ministerielt ansvar for bygge- og anlægssektoren for at sikre en holistisk tilgang til cirkulær omstilling.

Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet i et 2030-perspektiv

I 2023 har Realdania udgivet en "Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet – i et 2030-perspektiv" [10] med det formål at danne grundlag for den videre indsats inden for cirkulær økonomi i byggeriet og komme med konkrete bud på, hvilke initiativer der skal igangsættes frem mod 2030 for at fremme omstillingen til en cirkulær økonomi i byggeriet.

Roadmappet indeholder en gennemgang af centrale tiltag inden for de seneste fem år, samt peger på 28 konkrete indsatser, der bør sættes i gang inden 2030 for at opnå omstilling til cirkulær økonomi i byggeriet, bl.a.:

- Der bør etableres et Råd for cirkulær økonomi, som kan understøtte regeringen med at kvalificere de strategiske tiltag. Der bør desuden udarbejdes en ny ambitiøs strategi for cirkulær økonomi med mere tydeligt politisk fokus på tværs af sektorer.
- For at understøtte efterspørgslen på cirkulære løsninger anbefales det at indføre ændringer i planlov og bygningsreglement for at fremme mindre ressourceforbrug og renovering frem for nybyg, bl.a. ved at gøre nedrivningstilladelse afhængig af dokumentation for, at renovering ikke kan betale sig. En yderligere anbefaling vedrører Byggevareforordningen, som bør revideres for at fremme genbrug af byggevarer.
- Roadmappet anbefaler en stramning af klimakrav i 2025/2030 samt af forskellige "grønne" afgifter, bl.a. den kommende CO₂-afgift samt af affalds- og råstofafgifter for at skabe større incitament for cirkulær økonomi. Samtidig anbefales også en cirkulær økonomilovgivning på tværs af brancher for at løfte ressourcedagsordenen, forankret i sit eget Ministerium.
- Der bør udvikles teknologier, metoder og principper for det eksisterende byggeri, herunder effektive arbejdsgange på byggepladser, løsninger til renovering og transformation samt selektiv nedrivning. For nybyggeri bør der udvikles cirkulære designprincipper. Beregningsværktøjer, datagrundlag og beslutningsstøtteværktøjer bør videreudvikles til et cirkulært perspektiv. Finansielle strukturer og forretningsmodeller for cirkulært byggeri skal etableres, f.eks. cirkulære indkøb, økonomiske incitamenter og servicemodeller. Derudover skal standardiseringsarbejdet fortsætte både på EU-plan og med branchestandarder for at skabe fælles sprog og metoder.
- Der anbefales etablering af en fælles videnplatform, hurtige pionerprojekter til at afprøve løsninger samt øget kobling mellem forskning og praksis. Kompetenceopbygning bør ske via uddannelser og efteruddannelse om cirkulær økonomi.
- Endeligt anbefales tiltag til at engagere civilsamfundet, målrettet videndeling om de langsigtede effekter af cirkulær økonomi samt initiativer til at omsætte viden til jordnær praksis og skabe forandring indefra i byggebranchen.

Eksempel

Nye standarder for cirkulær økonomi i byggeriet

Som en del af CEN's tekniske komité CEN/TC 350 ["Sustainability of construction works"] blev det i 2020 etableret en ny subkomité CEN/TC350/SC1 "Cirkulær økonomi i byggesektoren". Formålet er at udvikle fælles europæiske standarder, der kan understøtte den cirkulære omstilling af bygge- og anlægssektoren.

Dansk Standard har i 2021 hjemtaget sekretariatet for den subkomité om cirkulær økonomi i byggeriet, som hedder S-878 Cirkulær økonomi i byggeri [11]. På CEN/TC 350/SC 1 plenarmødet i september 2023 blev der besluttet at nedsætte 5 Task Groups med følgende standardiseringsemner:

1. Circularity related parts to a product, material and building passports/log-books [leder for task group: Danmark]
2. Circularity assessment [leder for task group: Holland]
3. Pre-demolition and pre-redevelopment audits and evaluation [leder for task group: Storbritannien]
4. Horizontal standard/Technical Report for re-use of construction, products, and materials [leder for task group: Sverige]
5. Horizontal deliverables for design for circularity at all levels for construction [leder for task group: Holland]

For hver af de 5 emner blev det udsendt et såkaldt "Call for experts".

Opgaven for de fem task groups er at overveje og komme med anbefalinger til om der skal nedsættes en arbejdsgruppe [WG], hvis opgave er at udarbejde et udkast til en ny standard, samt til om der skal opstartes et eller flere Preliminary Work Item [PWI], dvs. et groft udkast til en ny standard [12].

Standarder sætter ting i system. De fleste standarder er frivillige, men nogle standarder er lovpligtige enten gennem nationale lovkrav eller gennem EU-direktiver. Virksomheder skal dog efterleve frivillige standarder, hvis de reklamerer med, at de lever op til en given standard, hvis det er angivet i en kontrakt eller en mærkningsordning.

Den formelle definition på en standard er:

"Dokument til fælles og gentagen anvendelse, der angiver regler, vejledning eller karakteristiske træk ved aktiviteter eller ved resultaterne af disse. Dokumentet er fastlagt ved konsensus og vedtaget af et anerkendt organ. Hensigten er at opnå optimal orden i en given sammenhæng."

EU med en lang række initiativer

I EU-regi er der lanceret en lang række strategier og handleplaner, der skal sikre en cirkulær omstilling af bygge- og anlægsbranchen. Nogle af strategierne er mindre ambitiøse end de danske, men generelt har de et højt ambitionsniveau for at få omstillet hele EU til en mere cirkulær økonomi.

EU's grønne pagt

EU's grønne pagt, også kendt som Green Deal og lanceret i 2019, er kommissionens vækststrategi, der har som ambition at omstille EU til et mere retfærdigt og velstående samfund. Aftalen omfatter en bred vifte af initiativer for at reducere drivhusgasemissioner, fremme bæredygtig energi, beskytte biodiversitet og sikre en retfærdig og inkluderende grøn omstilling. Den dækker sektorer som energi, transport, landbrug, byggeri og industri. Tre af deres hovedtemaer har direkte eller indirekte indflydelse på byggeri- og anlægssektoren:

- Mobilisering af industrien mod en ren og cirkulær økonomi, som indeholder både en industri-strategi og en handlingsplan for cirkulær økonomi
- Opførelse og renovering af bygninger på en energi- og ressourceeffektiv måde, bl.a. med fokus på samarbejde mellem interessenter og gennemgang af forordningen om markedsføring af byggevarer
- En ambition om nulforurening for et giftfrit miljø med fokus på bl.a. vand, luft og kemikalier.

Renoveringsbølgen [Renovation Wave] er et centralt initiativ under EU's Grønne Pagt, og sigter mod at forbedre energieffektiviteten i bygninger i hele EU. Det blev lanceret i oktober 2020 med et mål om mindst at fordoble den årlige renoveringsrate af bygninger inden 2030. Initiativet har til formål at reducere drivhusgasemissioner, forbedre levevilkårene og skabe

grønne jobs i bygge- og anlægssektoren. Helt konkret er et nyt EU Bygningsdirektiv (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD, EU/2024/1275) blevet vedtaget i 2024. Formålet med direktivet er at forbedre energieffektiviteten i bygninger og støtte overgangen til en klimaneutral byggesektor senest i 2050.

EU's handlingsplan for cirkulær økonomi

I 2020 kom Kommissionens handlingsplan for cirkulær økonomi (Circular economy action plan, CEAP). Handlingsplanen indeholder en lang række initiativer og fokusområder: udover byggeri og anlæg, som er et væsentligt fokusområde, er der fokus på specifikke produkter og deres værdikæder, som har stor miljømæssig indvirkning, herunder elektronik, informations- og kommunikationsteknologi, batterier, køretøjer, emballage, plast, tekstiler, madspild, spildevand og slam. Planen sigter mod at omstille EU's økonomi fra en lineær model, hvor produkter fremstilles, bruges og smides væk, til en cirkulær model, hvor ressourcer bevares og genanvendes så meget som muligt.

Af relevans for bygge- og anlægssektoren er bl.a. følgende temaer:

- Bæredygtige Byggematerialer: via revisionen af Byggevareforordningen, som omfatter krav om genanvendt indhold og fremme af brugen af sekundære råmaterialer
- Bedre affaldshåndtering: ved at forebygge affald, øge genanvendelsesrater samt kvaliteten i genanvendelse og genbrug og reducere farlige materialer i bygge- og anlægsaffald.
- Design for Cirkularitet: bygninger skal designes for holdbarhed, tilpasningsevne og demontering, bl.a. via modulært byggeri og brug af digitale værktøjer såsom bygningspas.
- Livscyklusvurdering og Offentlig Indkøb: integrationen af livscyklusvurderinger i offentlige indkøbsprocesser understøtter bæredygtighed som en del af beslutningsparametre.
- Innovation og Digitale Løsninger: anvendelsen af innovative teknologier og digitale løsninger til at forbedre ressourceeffektiviteten og affaldshåndteringen i bygge- og anlægssektoren, f.eks. vha. Building Information Modeling (BIM) og andre digitale værktøjer til at optimere ressourceanvendelse og spore materialestrømme.

EU's 8. miljøhandlingsprogram

I 2022 kom EU's 8. miljøhandlingsprogram (8th Environment Action Programme, EAP), som er en del af den overordnede strategi for at nå målene i EU's Grønne Pagt. Formålet er at opnå en europæisk økonomi inden for planetære grænser og uden ressourcspild, regenerativ væksten, klimaneutralitet

samt et retfærdigt samfund. Konkrete initiativer under programmer inkluderer bl.a.:

- Reduktion af drivhusgasser for at nå 2030 emissionsmålet samt klimaneutralitet i 2050.
- Fremskridt imod en vækstmodel, hvor økonomisk vækst er afkoblet af ressourceforbrug og miljøforringelser og en hurtigere overgang til cirkulær økonomi.
- Ambition om nul-forurening for et giftfrit miljø, herunder for luft, vand og jord, og beskytte borgernes sundhed og velbefindende mod miljørelaterede risici og påvirkninger.
- Fremme miljømæssig bæredygtighed og mindske det miljø- og klimamæssige pres fra produktion og forbrug, særligt fra energi, industri, bygninger og infrastruktur, mobilitet og fødevarer systemet.

EU's taksonomi

EU's taksonomi (EU taxonomy for sustainable activities) er et klassifikationssystem, der definerer, hvornår en økonomisk aktivitet kan betragtes som miljømæssigt bæredygtig. Dette system, som blev introduceret i 2020, er designet til at fremme bæredygtige investeringer og understøtter overgangen til en cirkulær økonomi. Bygge- og anlægssektoren er et centralt fokusområde for denne taksonomi, da sektoren har stor indvirkning på ressourceforbrug og affaldsproduktion. Derfor er der specifikke fokusområder inden for bygge- og anlægssektoren, bl.a. særlige krav om bio-baserede eller genbrugte/genanvendte byggematerialer, forbedret håndtering af bygge- og anlægsaffald, design for cirkularitet samt brug af livscyklusvurderinger som værktøj til at minimere miljøpåvirkningen [13].

EU's plaststrategi

I 2018 lancerede EU en strategi for plastik i en cirkulær økonomi. Den stiller bl.a. krav til sortering, genbrug og genanvendelse af plastik i alle EU's medlemslande. Formålet er at beskytte miljøet og reducere havaffald, udledning af drivhusgasser og vores afhængighed af importerede fossile brændstoffer. Plaststrategien sigter også mod at ændre den måde, plastprodukter designes, produceres, bruges og genanvendes på i EU. I strategien anses bygge- og anlægssektoren som et nøgleområde ("storforbruger af plast til forskellige anvendelsesformål og en væsentlig kilde til plastaffald, som kan genanvendes"), og visse anvendelsesformål i bl.a. byggeindustrien identificeres til at have et godt potentiale for anvendelse af genanvendte materialer.

Opsummering

Hvilke love og rammevilkår, der understøtter og regulerer den cirkulære omstilling, eksisterer allerede i dag?

Der er især tre centrale lovgivninger, der spiller ind på cirkulær økonomi i byggeriet. Dette er kemikalielovgivning, byggelovgivning og affaldslovgivning, som hver især både har en omfattende europæisk lovgivning bag sig kombineret med national regulering. Dette er lovgivninger, der har udviklet sig hver for sig, inden cirkulær økonomi for alvor kom på dagsordenen. Disse er dog også blevet løbende opdateret, med nye målrettede tiltag som understøtter den cirkulære dagsorden, bl.a. klimakravene på dansk niveau, samt EU's taksonomi regler.

Hvilke nye tiltag er på vej?

Reduktion af CO₂, ressourceeffektivitet og et giftfrit miljø er nøgleord i de nye strategier fra EU. Der er flere nye tiltag på vej for at fremme den cirkulære omstilling i byggebranchen i Danmark og EU.

De vigtigste kommende tiltag inkluderer bl.a.:

- Nye regler om selektiv nedrivning (som træder i kraft medio 2024), som bl.a. omfatter standardiserede nedrivningsplaner og kompetencekrav til nedrivningsvirksomheder for at maksimere genbrug og genanvendelse af byggematerialer.
- Strammere danske klimakrav til bygninger fra 2025, 2027 og 2029
- Revision af EU byggevareforordningen, som fra 2025 vil inkludere krav om minimumsmængder af genanvendte materialer, digitale produktpas og en mere ensartet implementering på tværs af eu-landene for at støtte grøn og digital omstilling.
- End-of-waste kriterier for bygge- og anlægsaffald, som EU-kommissionen forventer at udarbejde inden midten af 2026.
- Indførelse af grønne afgifter for at skabe større incitament for cirkulær økonomi.

REFERENCER

- [1] Miljøministeriet, Bekendtgørelse om håndtering af affald og materialer fra bygge- og nedrivningsarbejde, 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/496>.
- [2] Miljøministeriet, Bekendtgørelse om uddannelse til miljø og ressourcekoordinator og ressourceansvarlig, 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/497>.
- [3] Miljøministeriet, Bekendtgørelse om kvalitetsledelsessystemer for autoriserede nedrivningsvirksomheder og registrering af kontrolorganer på nedrivningsområdet, 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/491>.
- [4] Dansk Regering, National strategi for bæredygtigt byggeri, 2021. https://www.sbst.dk/Media/638248402790994130/National_strategi_for_baeredygtigt_byggeri.pdf.
- [5] Social- Bolig- og Ældreministeriet, Tillægsaftale mellem regeringen (Socialdemokratiet, Venstre og Moderaterne) og Socialistisk Folkeparti, Det Konservative Folkeparti, Enhedslisten, Radikale Venstre og Alternativet om national strategi for bæredygtigt byggeri, 2024. https://www.sm.dk/Media/638525928477219508/Tillægsaftale_om_stramning_af_CO2e-krav_til_bygninger.pdf.
- [6] Social- og Boligstyrelsen, Den frivillige bæredygtighedsklasse, [2020]. <https://www.baeredygtighedsklasse.dk/>.
- [7] Miljøministeriet, Handlingsplan for cirkulær økonomi - National plan for forebyggelse og håndtering af affald 2020-2032, 2021. https://mim.dk/media/222902/handlingsplan-for-cirkulaer-oekonomi_0607211338.pdf.
- [8] European Commission, EU End-of-Waste Criteria of Construction and Demolition Waste, Backgr. Data Collect. Futur. EU End-of-Waste Criteria Constr. Demolition Waste – GROW/2022/OP/0015 [2022]. <https://eu-cdw-eow-prioritylist-tauw-group.hub.arcgis.com/> [accessed May 30, 2024].
- [9] U. Nelboe Møllegård, A. Fenger Schefte, R. Klitgård, C. Nordborg Nielsen, A.S. Bendtson, Cirkulært byggeri - Det politiske Danmark som katalysator, Realdania, 2024. Under udgivelse.
- [10] A. Oberender, K.H. Smith, M.K. Sørensen, S. Finsdottir, S.B. Kjerulff, Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet, 2023. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/roadmap-for-cirkulaer-oekonomi-i-byggeriet>.
- [11] Dansk Standard, S-878 Cirkulær Økonomi i Byggeri og Anlæg, [2023]. <https://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/byggeri-og-anlaeg/cirkulaer-oekonomi-i-byggeri-og-anlaeg> [accessed May 23, 2024].
- [12] VCØB, DS, Få værktøjer til at arbejde med CØ i byggeriet, Webinar [2024]. <https://www.ds.dk/media/fl-moivr3/faa-vaerktoejer-til-at-arbejde-med-coe-i-byggeriet.pdf>.
- [13] EU Commission, Taxonomy Environmental Delegated Act Annex II: Transition to a circular economy, 2023.