



Design for
adskillelse
Inspirations-
katalog

Design for adskillelse

Inspirationskatalog

Publikationen er udarbejdet af COWI
i samarbejde med og støttet af
Social- og Boligstyrelsen.

Indhold

Executive summary	8
Baggrund	10
Definition af begreber	19
Design for adskillelse	20
Cirkulært byggeri	22
Niveauer og lag i byggeriet	26
Analyse af byggekomponenter	31
Metode og proces	34
Bruttoliste over byggekomponenter	38
10 udvalgte byggekomponenter	40
10 udvalgte byggekomponenter	43
Generelt	44
Skruefundament	56
CLT-elementer	64
Træsøjle/-bjælke	72
Stålsøjle/-bjælke	80
Betonelementer	86
Mursten	94
Vinduer og døre	102
Ventilationsrør	110
Lette Indervægge	118
Plankegulv	126
Refleksion	135
Perspektiver	138
Næste skridt	142
Referencer	144

Forord

Dette inspirationskatalog er udarbejdet med henblik på at inspirere og understøtte den danske byggebranche med viden og kendskab til, hvordan man bedst kan implementere design for adskillelse, både generelt i byggeriet, men også i produktionen af byggevarer, og dermed fremme genbrug.

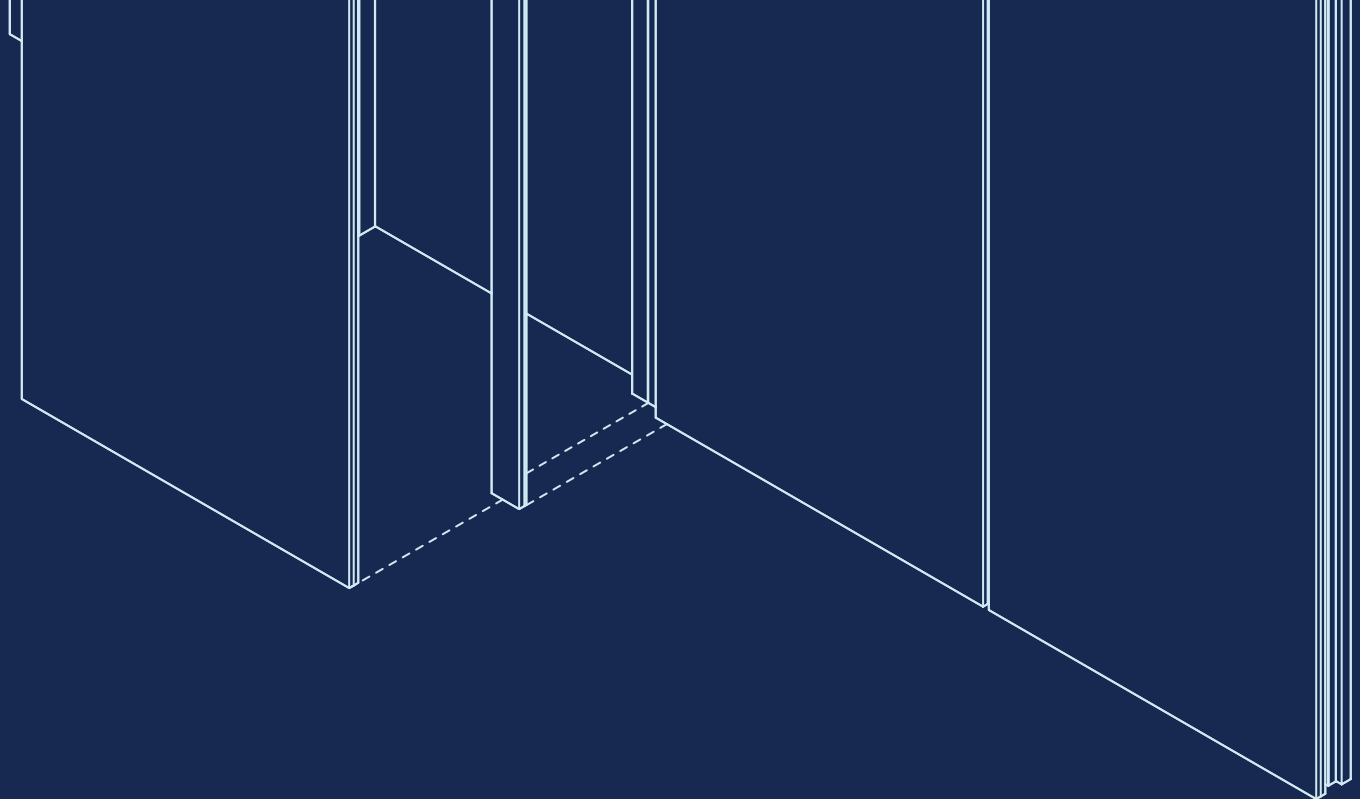
Analysen er udarbejdet som et led i initiativ 10 – ”*Sikkert og Sundt Genbrug i Bygninger*”, der er en del af National Strategi for Bæredygtigt Byggeri, som har til formål at reducere affaldsproduktionen og forlænge levetiden for både bygninger og produkter.

Implementering af design for adskillelse kræver at hele byggeriets værdikæde løfter i flok. Dette inspirationskatalog er forhåbentligt en lille brik, der kan få hjulpet branchen i gang.

Casper Østergaard
Heidi Aistrup Christensen
Gitte Gylling Olesen

Executive summary

Implementering af design for adskillelse er et af de vigtigste parametre for at grundlæggesen af det cirkulær byggeri og dermed en byggepraksis, hvor ressourcebevidsthed går hånd i hånd med økonomiske incitamenter og en insisteren på fastholdelse af materialers værdi.



Potentialer

Eksisterende produkter

Design for adskillelse er en systemisk tilgang, anvendelig for både tekniske og biogene materialer. Det kræver ikke nødvendigvis innovation eller nye produkter, men kan også omfatte genopdagelse af historiske løsninger eller tilpasning af eksisterende produkter.

Simple designprincipper

Byggekomponenter med potentiale for design for adskillelse og genbrug er ofte karakteriseret ved enkelhed, består af ikke-kompositte materialer og har modulær størrelse, som f.eks. mursten.

Biogene materialer

Træbaserede byggekomponenter anvendes i stigende grad, da de besidder en stor tilpasningsevne og potentielt kan opfylde behov i fremtiden. Desuden skubber den aktuelle bæredygtighedsagenda i højere grad mod brugen af biogene materialer.

Bærende konstruktioner

Byggekomponenter til bærende konstruktioner udgør en betydelig del af det samlede byggeri og det totale klimaaftryk. Der vil være gevinster at opnå både inden for klima, ressourcer og økonomi.

Interiør

Byggekomponenter til interiør, såsom lette indervægge og gulve, udskiftes ofte med korte intervaller, som resulterer i en markant klimapåvirkning på kort sigt. Ved at prioritere dette område kan der opnås hurtigere værdiskabelse for bygherren.



Barrierer

Økonomi

Der mangler tilstrækkelige incitamentsstrukturer for at motivere investering i cirkulære tilgange. Så længe nye byggekomponenter, traditionelle byggesystemer og -processer forbliver økonomisk fordelagtige, vil økonomien forblive den primære barriere.

Skala

At realisere cirkulære principper i stor skala kan være udfordrende at skaffe tilstrækkelige mængder genbrugte byggematerialer og håndtere de logistiske udfordringer.

Usikkerhed

At bygge efter cirkulære principper, og på længere sigt med flere genbrugte byggekomponenter, er stadig meget komplekst og forbundet med risici og usikkerhed.

Dokumentation

Der mangler system for dokumentationen af byggekomponenter, hvilket resulterer i, at brugte byggekomponenter ofte mangler nødvendig information om tidligere påvirkninger og tekniske egenskaber.

Krav

At få godkendt genbrugte byggematerialer er en udfordring, da bygningsreglementet fastlægger både administrative og funktionsbaserede tekniske krav, der gælder for alle byggematerialer, uanset om de er nye, genbrugte eller genanvendte.



Anbefalinger

Fyrtårnsprojekter og eksempelsamling

Fyrtårnsprojekter, der i skala 1:1 demonstrerer design for adskillelse omsat til praksis, samt eksempelsamlinger med konkrete løsninger og detaljer, der kan implementeres i byggeprojekter.

Standardiseret evalueringværktøj

Standardiseret evalueringværktøj til at bedømme design for adskillelse i byggeprojekter.

Bygningsniveau

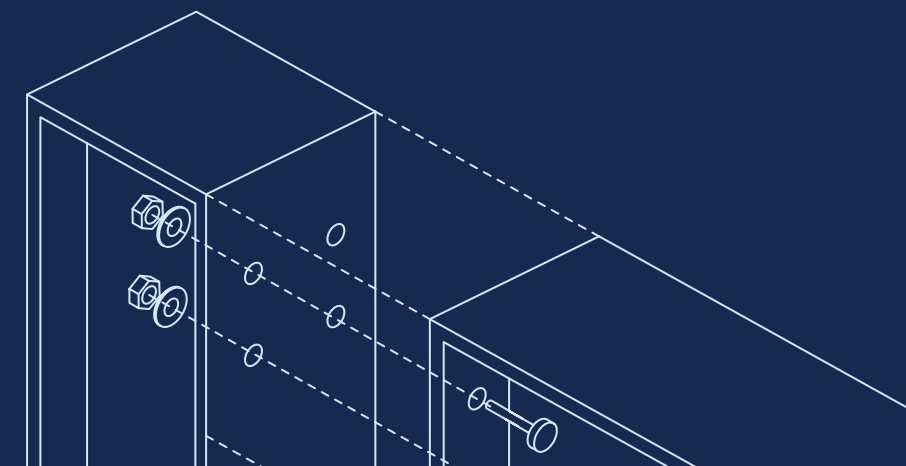
En analyse af design for adskillelse på bygningsniveau, så principperne er indtænkt som integreret del af bygningens design og plan.

Lovgivning og efterspørgsel

Lovgivning, der direkte eller indirekte understøtter og stimulerer design for adskillelse.

Materialebanker og markedspladser

Etablering af centrale materialebanker og markedspladser, både digitale og fysiske, der giver oversigt over tilgængelige materialer.



Baggrund

Der er store udledninger forbundet med nybyggeriet. Bygge- og anlægssektoren er desuden ansvarlig for omkring 1/3 af den samlede affaldsmængde i Danmark. En betydelig del af disse udledninger og affaldsmængder kan forebygges i fremtiden ved at implementere design for adskillelse i vores byggeri.

National Strategi for Bæredygtig Byggeri

Lanceringen af National Strategi for Bæredygtigt Byggeri har igangsat fem indsatsområder og 21 initiativer. Sammen med ændringer i bygningsreglementet sigter disse mod at fremme byggeriets grønne omstilling.

Denne analyse er igangsat af Social- og Boligstyrelsen som en del af strategiens initiativ 10 – "Sikkert og Sundt Genbrug i Bygninger" og skal bidrage til at opbygge kendskab til design af langtidsholdbare bygninger.

Af initiativ 10 fremgår det:
"Der skal skabes et vidensgrundlag for, hvornår og hvordan det giver miljømæssig og økonomisk mening at genbruge og genanvende materialer i byggeriet, samtidig med at det sker på en sundheds- og sikkerhedsmæssig forsvarlig måde, herunder at der skabes grundlag for en mere hensigtsmæssig anvendelse af ikke-fornybare råstoffer som sand og grus"

Det overordnede formål med analysen er at undersøge, hvordan design for adskillelse kan bidrage til at fremme genbrug i fremtidens byggeri ved at identificere de byggekomponenter, hvor det giver mest miljø- og klimamæssig og økonomisk mening at recirkulere.

Da der allerede findes eksempler på design for adskillelse af byggekomponenter med fokus på genanvendelse af byggematerialer, vil dette projekt primært koncentrere sig om byggekomponenter, der egner sig til genbrug efter adskillelse. Herved recirkuleres funktionen og værdien bibeholdes, til forskel fra genanvendelse, hvor materialets værdi forringes.

Design for adskillelse er et designprincip, der kan understøtte forebyggelse og reduktion af affaldsmængder og fremme forlængelsen af bygningens levetid ved at sikre, at både bygningen og dens komponenter kan adskilles, istandsættes og recirkuleres.

Ved at afdække og kortlægge de begrænsninger og muligheder, der opleves i praksis i forhold til implementering af design for adskillelse, bidrager denne analyse med væsentlig viden til at fremme genbrug af byggekomponenter. Målet er at skubbe til den eksisterende danske byggeskik og inspirere byggebranchen hen mod en mere genbrugsorienteret retning. Derved sigtes der mod at reducere byggeriets indvirkning på Danmarks CO₂-eq udledning, affaldsgenerering, miljøpåvirkning og forbrug af primære råstoffer.

Formål



Fremme genbrug

Fremme genbrug i fremtidens byggeri med henblik på at mindske byggeriets CO₂-eq udledning, affaldsgenerering, miljøpåvirkning og forbrug af primære råstoffer.



Konkret viden

Bidrage med konkret viden til branchen om barriere og optimeringer for at sætte skub på design for adskillelse af byggekomponenter.



Positiv værdiskabelse

Fremhæve den positive værdiskabelse ved at implementere design for adskillelse i byggeprojekter overfor beslutningstagere.



Anbefalinger

Komme med anbefalinger til styrelserne til implementering og lempelse af regulering, krav og lovgivning der fremmer design for adskillelse.

Inspirationskataloget

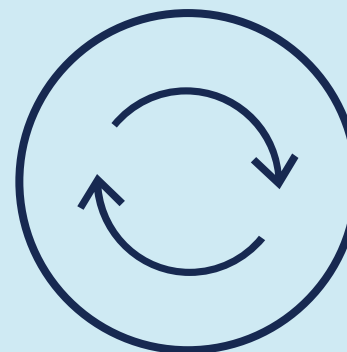
Resultaterne af analysen er sammenfattet i dette Inspirationskatalog. Kataloget formidler de overordnede rammer og definitioner for projektet, gennemgår 10 udvalgte byggekomponenter med det største potentiale for design for adskillelse, samt identificerer barrierer og fremtidige muligheder for at designe disse byggekomponenter med henblik på efterfølgende genbrug.

Rapportens målgruppe er hele byggeriets værdikæde, henholdsvis bygherrer, rådgivere, entreprenører og leverandører, der ønsker ny viden og praksisbaserede løsningsforslag til, hvordan design for adskillelse kan implementeres i konkrete projekter her og nu.



Vi vil undersøge og inspirere til, hvordan design for adskillelse kan fremme genbrug i fremtidens byggeri.

Afgrænsning af analysen



Genbrug

Analysen fokuserer på byggekomponenter, der egner sig til genbrug efter adskillelse. Dette inkluderer også genbrug af byggekomponenter til alternative funktioner. Et eksempel er et vindue, som ikke genbruges som et vindue, men som en skillevæg.



Design for adskillelse

Analysen har fokus på design for adskillelse som et middel til at fremme en byggeskik, der er mere orienteret mod genbrug. Det forventes, at design for adskillelse kan bidrage til at sikre længere levetid og forebygge byggeaffald.



Byggekomponentniveau

Analysen koncentrerer sig om byggekomponentniveau, og hvordan byggekomponenter bedst kan designes og produceres efter principperne i design for adskillelse, så der i højere grad kan bygges med genbrugte byggekomponenter i stedet for nye.



Nybyg

Analysen fokuserer på fremtidens byggeri, og hvordan der kan planlægges, designes og projekteres med tanke på fremtidig nedtagning, adskillelse og recirkulering, så byggekomponenter forbliver en del af værdikæden i stedet for at ende som affald.

Branche involvering

For at sikre den nyeste viden og bred forankring i branchen, har der været nedsat et board af interne specialister og et eksternt Sounding board bestående af førende aktører inden for den cirkulære praksis, som dækker hele byggeriets værdikæde.

Begge grupper har været involveret i udarbejdelsen af analyse, spørgeskema, workshop og løbende sparring.

Specialist board

Klimaaftryk

Leonora Charlotte Malabi Eberhardt

Cirkulær Økonomi

Mette Dalsgaard

Eksisterende ressourcer

Emil Eriksen

Ikke-fornybare ressourcer

Lisbet Poll Hansen

Skalering

Abelone Køster

Cirkulært design

Signe Bang Korsnes

Alle fra COWI / Arkitema

Endvidere har mange andre dygtige fagfolk fra branchen bidraget med deres indsigter gennem spørgeskema og workshop.

Sounding board

Bygherre og investorer

Klaus Kellermann fra Roskilde Kommune
Jens Rydder Breinholt fra PensionDanmark

Regulering og partnerskaber

Majbritt Juul fra Foreningen af Rådgivende Ingeniører
Christina Grann Myrdal fra WE BUILD DENMARK

Nedrivere og ressourcehåndtering

Jakob Orbesen fra Tscherning
Anke Oberender fra VCØB

Producenter og leverandører

Niels Jakubiak Andersen fra Næste
Christian Wittrup fra a:gain

Arkitekter og ingeniører

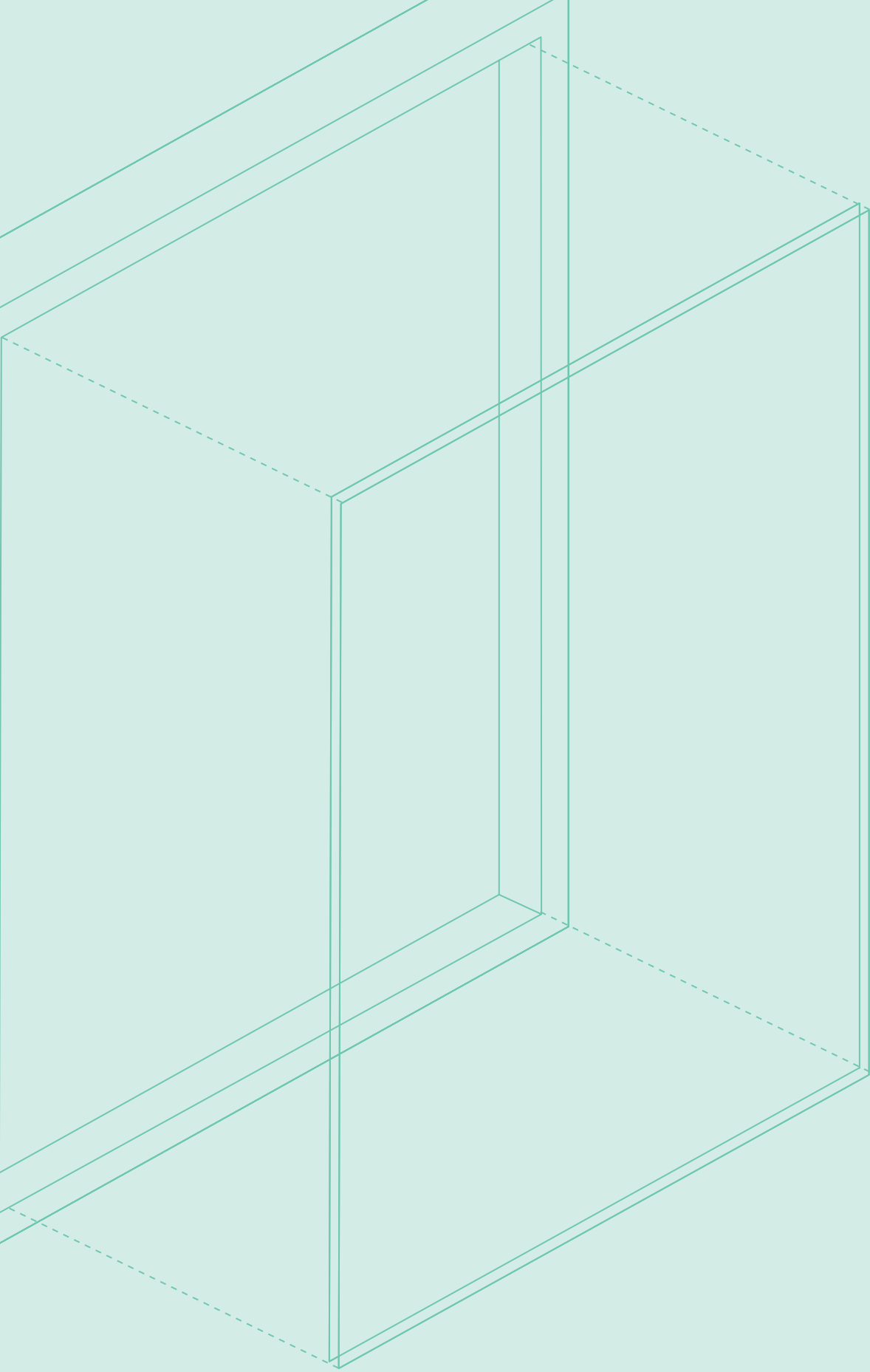
Mads Møller fra Arcgency
Torben Kulasingam fra Rambøll

Entreprenører og håndværkere

Anders Strange Sørensen fra Enemærke & Petersen
Balder Johansen LOGIK & CO



Dialog om byggekomponenter under brancheworkshoppen.



Definition af begreber

Design for Adskillelse

Design for adskillelse er en tilgang, der indebærer, at produkter eller byggerier kan skilles ad og genbruges.



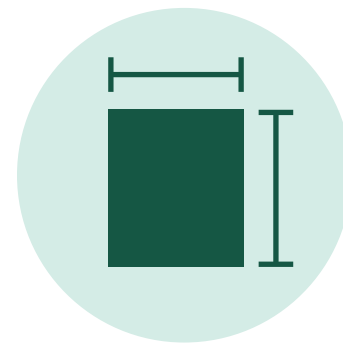
Robusthed

Vælg materialer, der er stærke og holdbare og velegnede til gentagen anvendelse. Design med fokus på hele bygningens samlede levetid.



Samlinger

Vælg reversible samlinger, der kan modstå gentagen brug og adskillelse. Design samlingerne således, at de er synlige og let tilgængelige.



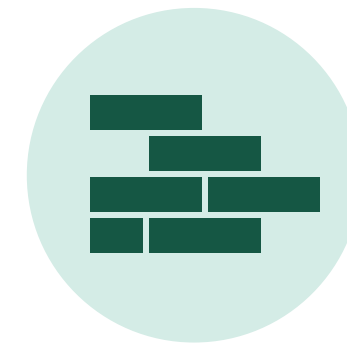
Standarder

Design simple bygninger, der kan integreres i et større og sammenhængende system. Minimer antallet af komponenter og materialer, og brug standardformater.



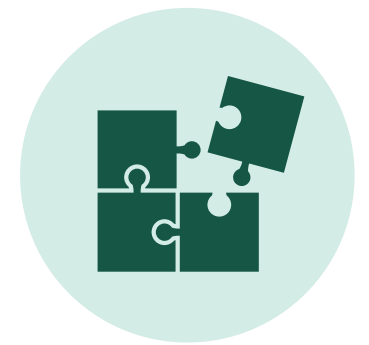
Adskillelse

Design og planlæg bygninger med fokus på både opførelse og adskillelse. Bygningslag og komponenter bør være let håndterbare og uafhængige, så det er muligt at fjerne og opgradere dele.



Materialer

Vælg materialer med egenskaber, der sikrer genbrug, helst rene og homogene uden giftige eller farlige stoffer.



Tilpasningsevne

Design åbne systemer, der kan tilpasses eller modificeres til forskellige formål, samtidig med at de understøtter skalerbarhed.

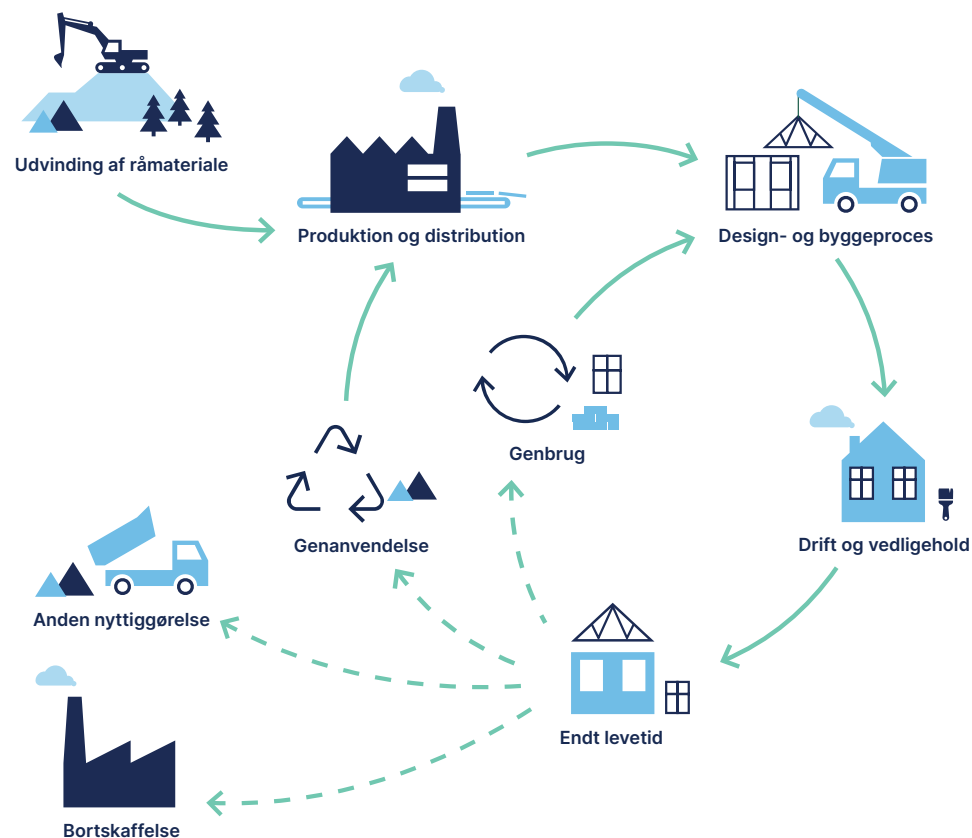
Design for adskillelse

Design for adskillelse (DfD/A) er en tilgang, der sigter mod at forberede materialer og byggekomponenter til at indgå i et lukket ressourcekredsløb. Dette indebærer, at produkter eller konstruktioner designes til let adskillelse med særligt fokus på maksimalt direkte genbrug og minimal bortskaffelse. Desuden handler det om forbedring af byggekomponenters tekniske holdbarhed og forventede levetid i et byggeri, så de kan tåle gentagen brug – igen og igen.

For praktiske retningslinjer henvises til "*Design for disassembly – Håndbog om affaldsforebyggelse i byggeriet*" udgivet af Teknologisk Institut. For yderligere definitioner og standarder henvises til DS/ISO 20887:2020 "*Bæredygtighed ved byggeri og anlægsarbejder – Design med henblik på afmontering og tilpasning – Principper, krav og vejledning*."

Cirkulært byggeri

Dette afsnit beskriver begreber indenfor cirkulært byggeri der er relevante at kende til som baggrundsviden for inspirationskataloget.



Bygningens livscyklus og potentialer efter endt levetid.

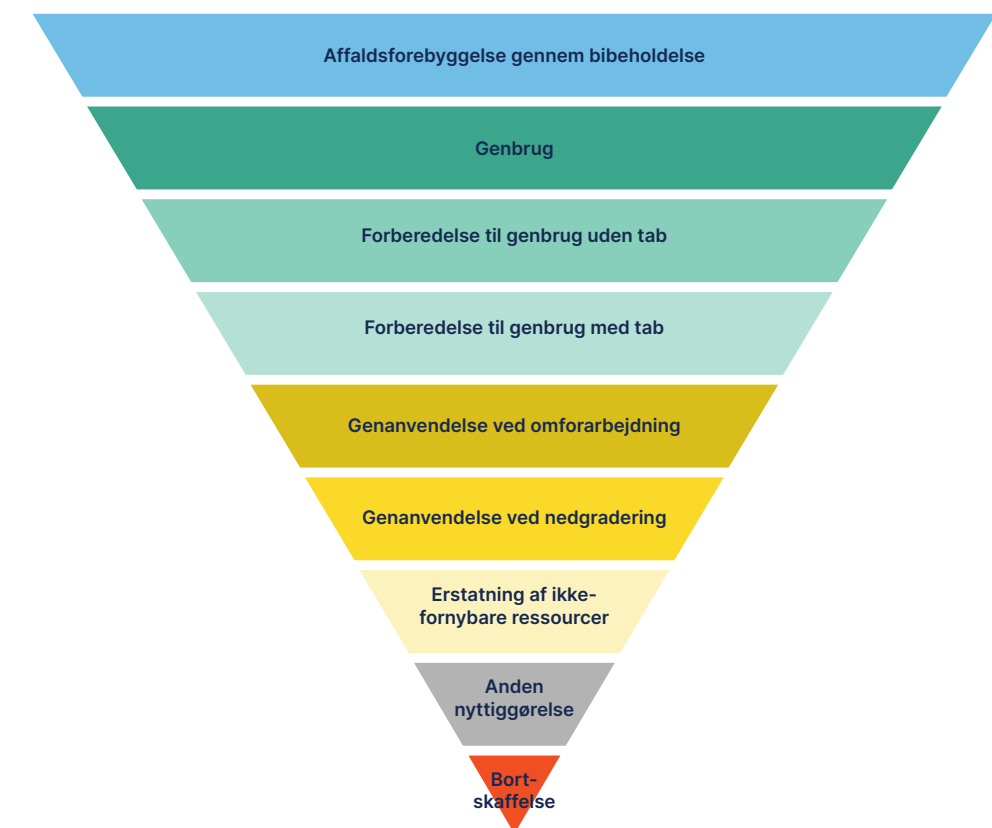
Cirkulær økonomi

Cirkulær økonomi har potentiale til at forandre vores forbrugs- og produktionsmønstre, hvilket er afgørende for at tackle globale udfordringer som klimaforandringer. Dette står i kontrast til den lineære værdikæde, der traditionelt slutter til affald efter engangsbrug.

Cirkulær økonomi er en økonomisk model, der fokuserer på optimal ressourceudnyttelse og affaldsminimering. Målet er at opretholde materialer og produkter i kredsløbet gennem

reparation, genbrug og endelig genanvendelse for dermed at bevare deres værdi så længe som muligt. Dette reducerer behovet for at udvinde nye råstoffer, samtidig med at der spares på energi og ressourcer.

Første skridt er at adskille ressourcer, så de passer ind i enten et biologisk eller teknisk kredsløb. Herefter designes materialer og produkter, så de altid kan adskilles i rene fraktioner.



Det udvidede affaldshierarki.

Affaldshierarkiet

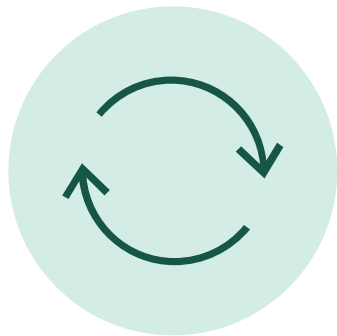
Affaldshierarkiet illustrerer den grundlæggende tilgang til optimal miljømæssig håndtering og behandling af affald. Affaldshierarkiet er inddelt i fem kategorier, der angiver den prioriterede rækkefølge for lovgivning og anvisninger om affaldsbehandlingsformer. Affald kan i mange tilfælde betragtes som en værdifuld ressource, og ved behandling bør man nøje overveje, om det er muligt at forberede affaldet til genbrug, eller om det kan genanvendes.

COWI har udviklet et udvidet affaldshierarki, der med udgangspunkt i cirkulært byggeri i højere grad beskriver, hvor potentialerne for genbrug og genanvendelse skal findes.



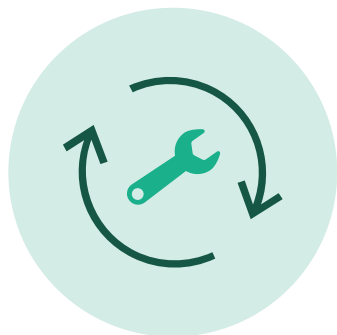
Affaldsforebyggelse

Affaldsforebyggelse fokuserer på at undgå at skabe affald ved at reducere spild i byggeprocessen og mindske indholdet af problematiske stoffer i produkter.



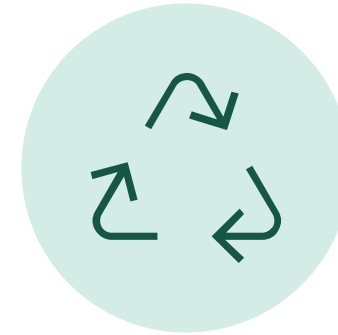
Genbrug

Genbrug sker, når produkter bruges igen til det samme formål eller et andet formål, end det, de er designet til. For eksempel kan et vindue genbruges som et vindue eller anvendes til at lave en skillevæg.



Forberedelse til genbrug

Forberedelse til genbrug sker, når produkter bliver klargjort gennem aktiviteter som kontrol, rengøring eller reparation, så de kan genbruges uden yderligere behandling.



Genanvendelse

Genanvendelse sker, når tidligere anvendte produkter eller dele heraf oparbejdes og bruges som råstof i produktionen af nye produkter, f.eks. genanvendelse af træbaserede materialer til spånplader.



Anden nyttiggørelse

Anden nyttiggørelse sker, når affald opfylder et nyttigt formål, enten ved at erstatte anvendelsen af andre materialer, som ellers ville være anvendt som energiudnyttelse eller vejfyld.



Bortskaffelse

Bortskaffelse sker, når affald ikke tjener et nyttigt formål og enten sendes til deponi eller afbrændes uden energiudnyttelse.

Niveauer og lag i byggeriet

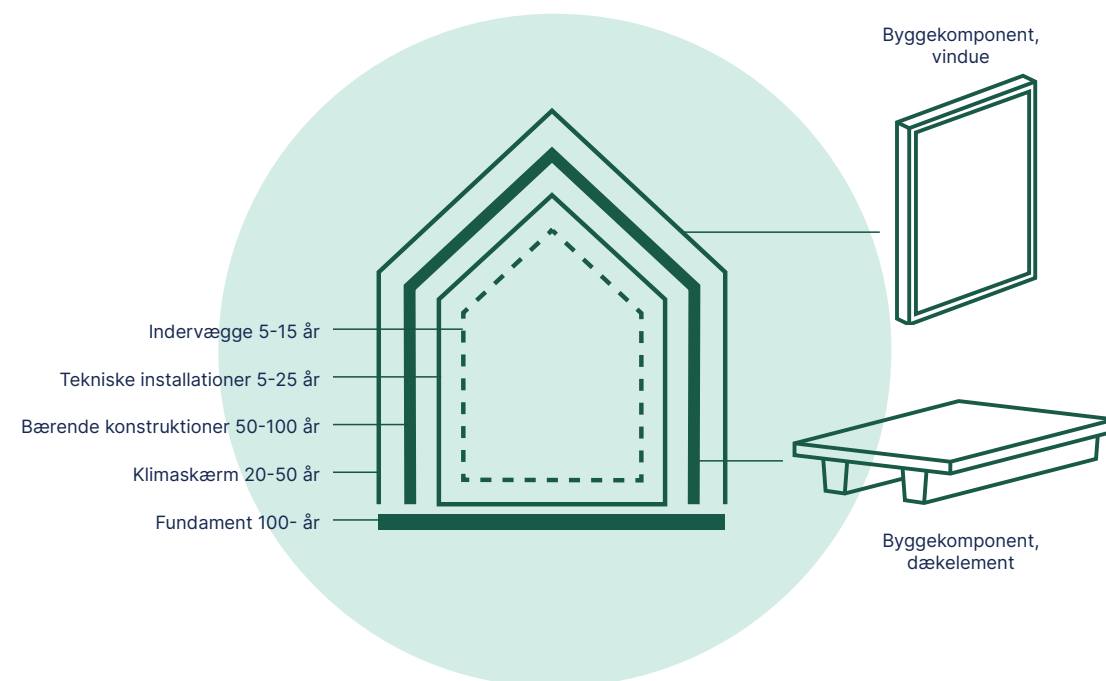
Et væsentligt princip inden for design for adskillelse er at betragte og konstruere bygninger som opdelt i lag af forskellige systemer, med henblik på renovering, nedtagning og efterfølgende genbrug.

Et byggeri kan opdeles i flere niveauer. Design for adskillelse bør implementeres på alle disse niveauer i et byggeri for at sikre en optimal fraktionering af de indbyggede materialer.

Dette resulterer i forskellige niveauer for demontering, hvilket angiver, hvor små enheder bygningen kan adskilles i.

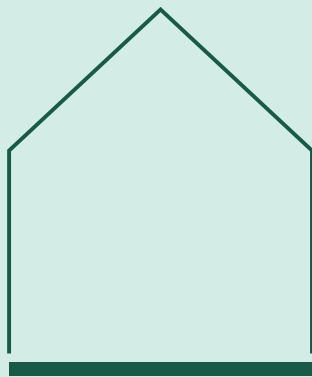
I analysen er der taget udgangspunkt i definitionerne af disse niveauer baseret på DS/ISO 20887:2020 "Bæredygtighed ved byggeri og anlægsarbejder – Design med henblik på afmontering og tilpasning – Principper, krav og vejledning".

I denne analyse er det forståelsen af bygningslag i forhold til levetider samt bygningskomponenter, der er særligt relevant.



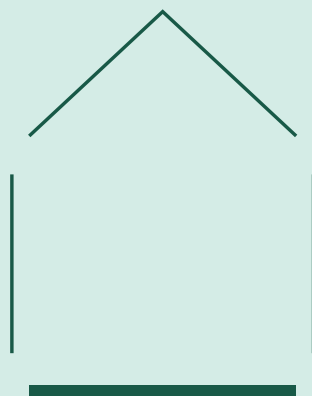
De forskellige bygningslag og deres levetid (baseret på dels den tekniske levetid og dels den reelle levetid) med eksempler på i hvilke lag de forskellige byggekomponenter indgår.





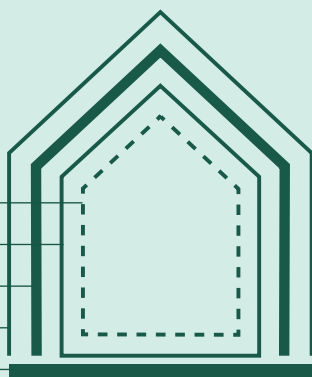
Bygning

Bygge- og anlægsarbejder, der er konstrueret med det primære formål at give ly og er designet til at forblive på det samme sted. Design for adskillelse på bygningsniveau indebærer, at disponeringen kan tilpasses, når behovet ændrer sig.



Bygningsdele

En del af en bygning, der enten selvstændigt eller i kombination med andre lignende dele tjener en specifik funktion, såsom tag, vægge, etagedæk og fundament. Design for adskillelse på bygningsdels-niveau indebærer, at individuelle bygningsdele skal kunne tages fra hinanden.



Bygningslag

Bygningen er sammensat i forskellige lag med hver sin funktionalitet og levetid, baseret på dels den tekniske levetid og dels den reelle levetid. Dette resulterer i varierende levetider for de individuelle lag. Design for adskillelse på bygningslags-niveau indebærer, at hvert lag skal kunne adskilles uafhængigt af de andre. Denne tilgang giver mulighed for mere fleksibilitet og tilpasning over tid, da man løbende kan opdatere eller ændre specifikke lag uden at påvirke hele systemet.

Indervægge 5-15 år
Tekniske installationer 5-25 år
Bærende konstruktioner 50-100 år
Klimaskærm 20-50 år
Fundament 100- år

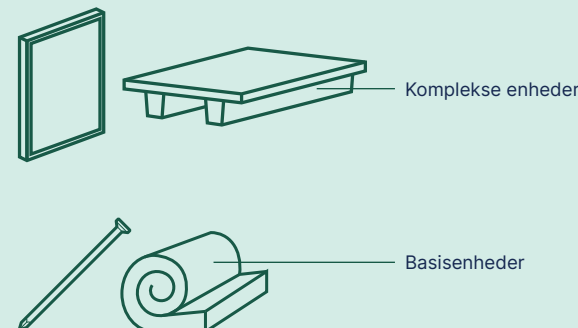
Byggekomponenter

Produkter, der er fremstillet som en særskilt enhed med henblik på at udfylde en eller flere specifikke funktioner. Der skelnes mellem avancerede komponenter, som består af flere enheder, for eksempel et vindue og enkle komponenter, der består af et enkelt materiale for eksempel et CLT-element. Design for adskillelse på byggekomponent-niveau indebærer, at enkelte produkter og dele kan demonteres og erstattes, men også genbruges i anden sammenhæng.



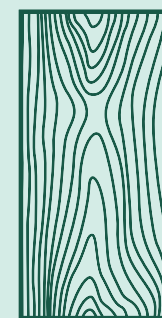
Enheder

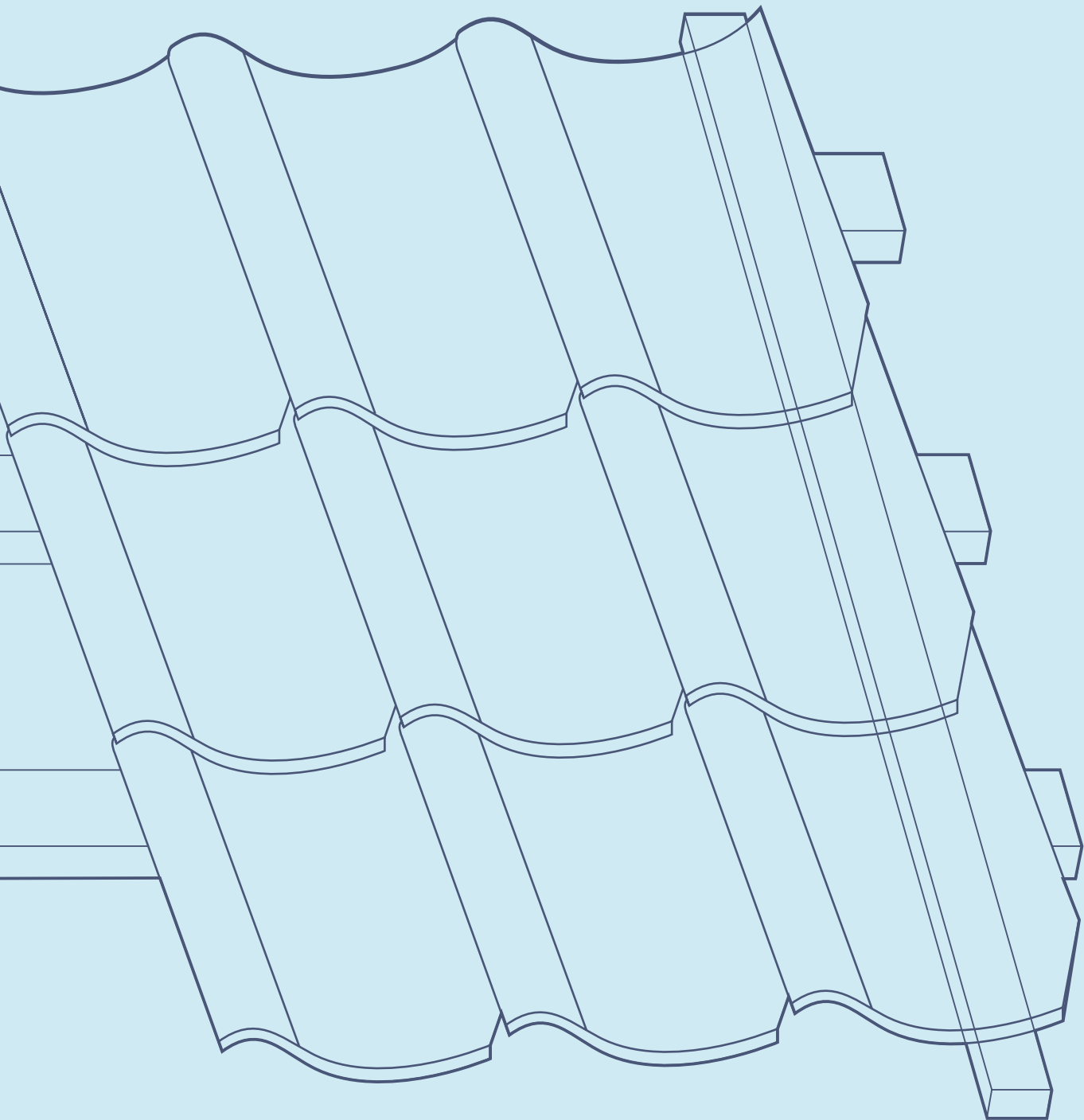
Byggekomponenter kan opdeles dels i basisenheder, såsom søm, membraner og armeringsstænger, og dels i komplekse enheder, såsom armerede betonplader, vinduer og døre.



Materialer

Rene materialer som byggekomponenter er fremstillet af, såsom træ, glas, beton og stål. Design for adskillelse på materiale-niveau indebærer, at individuelle materialer skal kunne adskilles, og recirkulering af disse er grundlaget for den cirkulære økonomi.





Analyse af byggekomponenter



Debat under brancheworkshoppen.

Metode og proces

Analysen og evalueringen af byggekomponenter blev struktureret i tre primære dele med hver sit delmål:

— Fase 1: Identificering af de 10 byggekomponenter med størst potentiale for design for adskillelse.

— Fase 2: Identificering af barrierer og muligheder for design af udvalgte byggekomponenter efter design for adskillelse.

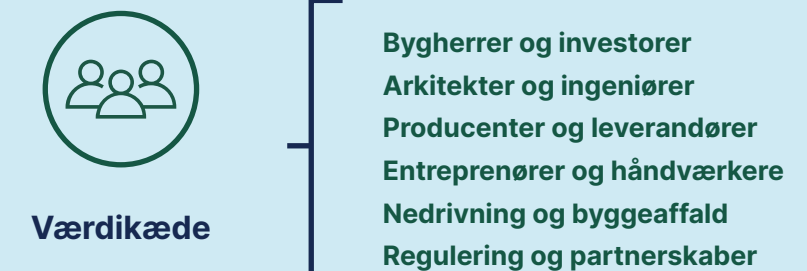
— Fase 3: Opstilling og formidling af praksisorienterede løsningsforslag samt anbefalinger til, hvordan udfordringer kan håndteres.

— Analysens væsentligste fund er konkluderet i katalogets kommende afsnit med de 10 udvalgte byggekomponenter.



De tre faser, som analysen er struktureret ud fra.

Udvælgelseskriterier



De tre overordnede perspektiver og tilhørende parameter, der er blevet anvendt til at udvælge de 10 byggekomponenter.



Fase 1 – Potentialeanalyse

I den første fase blev der gennemført en potentialeanalyse med det formål at identificere de 10 byggekomponenter, der havde det største potentiale for design for adskillelse.

Det var her væsentligt, at potentialet for genbrug af byggekomponenter skulle have fokus på følgende:

- Potentielle positive miljøpåvirkninger
- Lavthængende frugter
- Skaleringsmæssigt potentiale
- Tilgængelighed og markedspotentiale

Analysens resultater blev fundet ved at evaluere en omfattende bruttoliste af byggekomponenter i overensstemmelse med tidligere nævnte definitioner. Bruttolisten er baseret på, hvilke komponenter, der aktuelt anvendes inden for dagens byggeri og er opdelt efter bygningslag.

For at udvælge de 10 byggekomponenter blev der udviklet et evalueringsværktøj bestående af tre overordnede perspektiver: Bæredygtighed, værdikæde og tekniske egenskaber, som hver især yderligere evalueres på en række parametre (se s. 35).

Specialist boardet vurderede cirkulære og bæredygtighedsaspekter, og skribenterne på nærværende katalog vurderede de tekniske egenskaber. Dette blev suppleret af en brancheundersøgelse med parametre fra Sounding boardet, der blev udsendt for at indhente feedback fra hele værdikæden.

Denne tilgang medførte en række begrænsninger. Det viste sig udfordrende at vurdere de forskellige perspektiver, når man isoleret betragter generiske byggekomponenter. Dette skyldes, at nogle af perspektiverne afhænger af mere

produktspecifikke informationer samt de systemer, de indgår i. Ikke desto mindre anskueliggjorde potentialeanalysen flere tendenser, som vurderes at være både repræsentative og relevante, når anvendelsen af design for adskillelse og genbrug af materialer i byggeriet skal fremmes.

Fase 2 - Barrierekortlægning

I fase 2 blev der foretaget en kortlægning af væsentlige barrierer inden for markedet, nuværende byggepraksis og eksisterende lovgivning. Fasen omfattede også identifikation af muligheder, optimeringer og best practice eksempler.

For at få et solidt fundament og et bredt input fra alle dele af værdikæden blev der afholdt en åben workshop med ca. 35 deltagere fra byggebranchens virksomheder og organisationer.

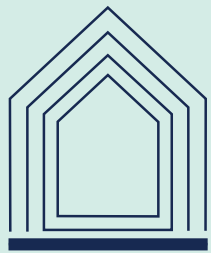
På workshoppen blev der opstillet en station for hver af de 10 udvalgte byggekomponenter. Deltagerne blev opdelt i grupper på fem personer, som på skift besøgte de ti stationer, hvor barrierer, anbefalinger, optimeringer og gode eksempler blev diskuteret. Ved at samle et bredt udsnit af markedets aktører opnåede vi kendskab til specifikke udfordringer vedrørende de enkelte byggekomponenter samt indblik i de generelle udfordringer i markedet, eksisterende lovgivning og praksisser.

Fase 3 – Løsninger og anbefalinger

Fase 3 har taget direkte afsæt i den viden, der blev generet på workshoppen, og der er blevet konkluderet på baggrund af potentialeanalysen og barrierekortlægningen.

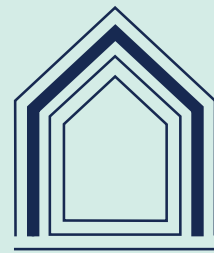
Dette har dannet det direkte grundlag for udarbejdelsen af praktiske løsningsforslag og anbefalinger, der adresserer, hvordan udfordringer for design for adskillelse kan håndteres i fremtiden.

Bruttoliste over byggekomponenter



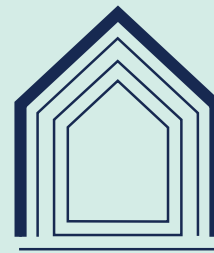
Fundament

Skruepælsfundament
Punktfundament
Linjefundament
Spunsning
Terrændæk



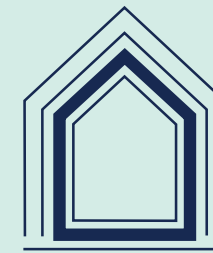
Bærende konstruktioner

Betonsøjle/-bjælke
Betonsandwichelement
Betonvægelement
Betondæk
CLT-dæk
CLT-vægelement
Træsøjle/-bjælke
Trækassettevæg
Stålsøjle/-bjælke
Stålkassettevæg
Porebeton/gasbeton



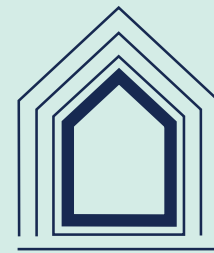
Klimaskærm

Trækassettevæg
Metalkassettevæg
Curtain walls
Teglsten/mursten
Porebeton/gasbeton
Træbeklædning
Fibercement/eternitfacadeplader
Metal-facadeplader
Facade shingle
Trykfast isolering
Blød isolering
Løs isolering
Tegltag
Tagshingles
Tagpap
Metal tagplader
Vinduer, døre



Tekniske installationer

Ventilationsrør
Tekniske anlæg
Elinstallationer
Radiatorer
Vandrør
Køkken
Afløbsrør
Sanitet



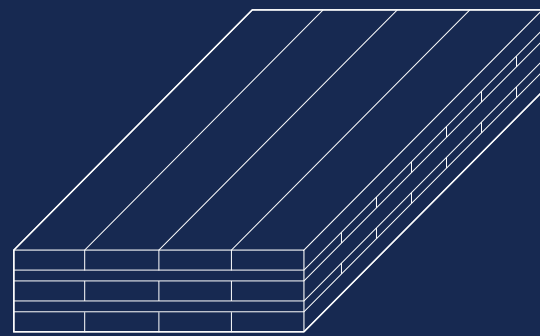
Indervægge

Påbyggede loftsplader
Træloft
Nedhængt loft
Stålskelet
Træskelet
Betonvægelement
Porebeton/gasbeton
Glasvægssystem
Badmoduler
Plankegulv
Klikgulv
Klinkegulv
Banegulv
Tæppefliser
Støbegulv

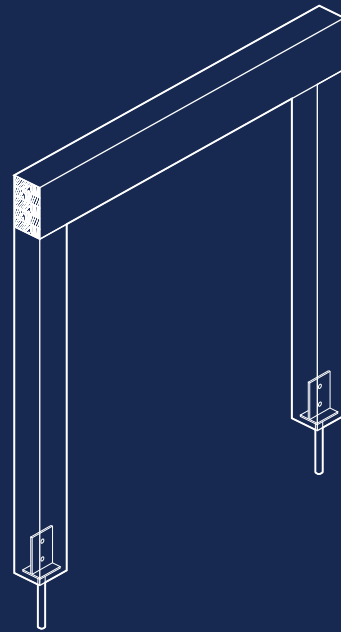
10 udvalgte byggekomponenter



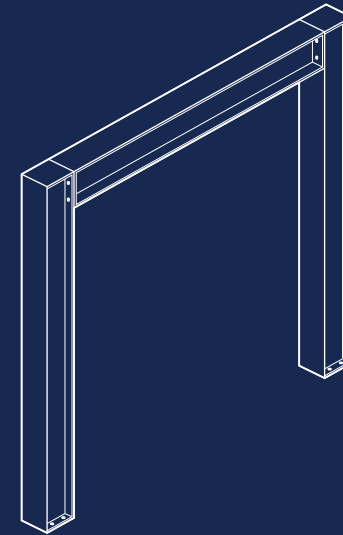
Skruefundament



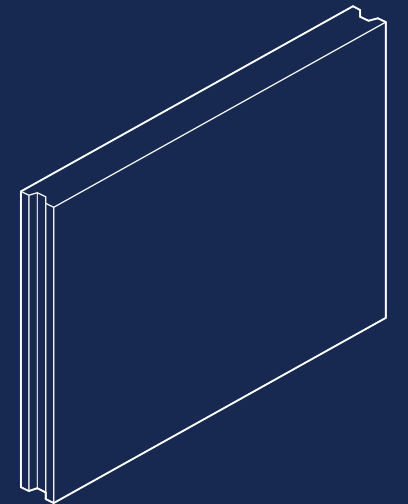
CLT-elementer



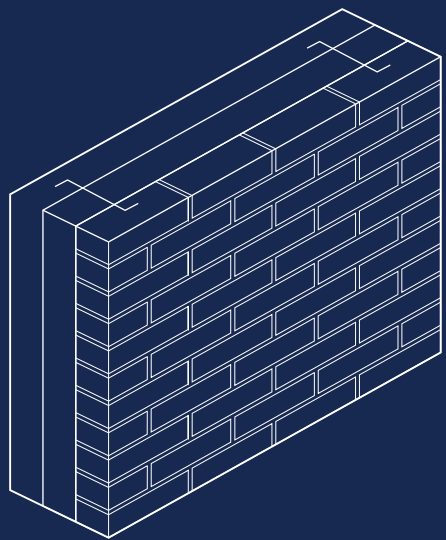
Træsøjle/-bjælke



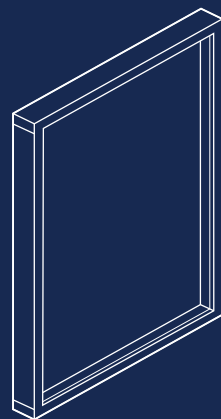
Stålsøjle/-bjælke



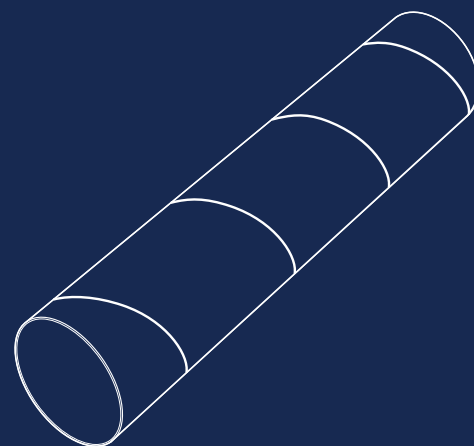
Betonelementer



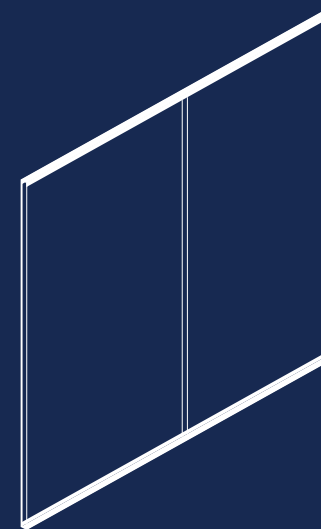
Mursten



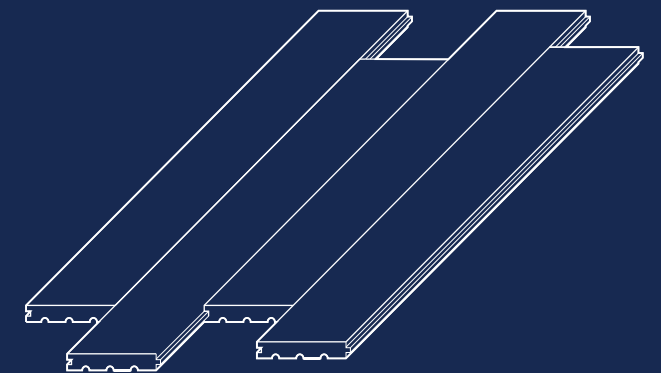
Vinduer og døre



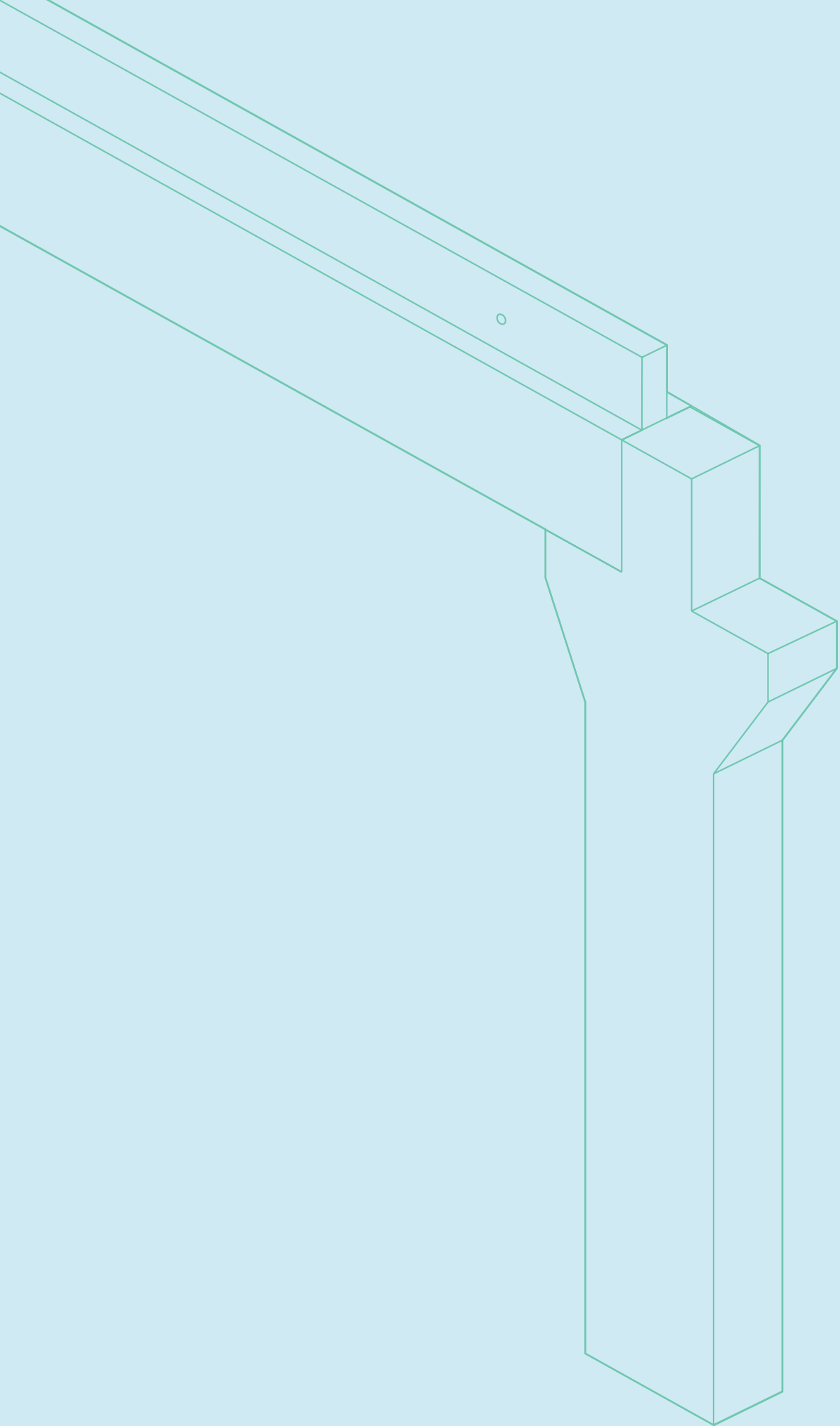
Ventilationsrør



Lette indervægge



Plankegulv



10 udvalgte byggekomponenter

Generelt

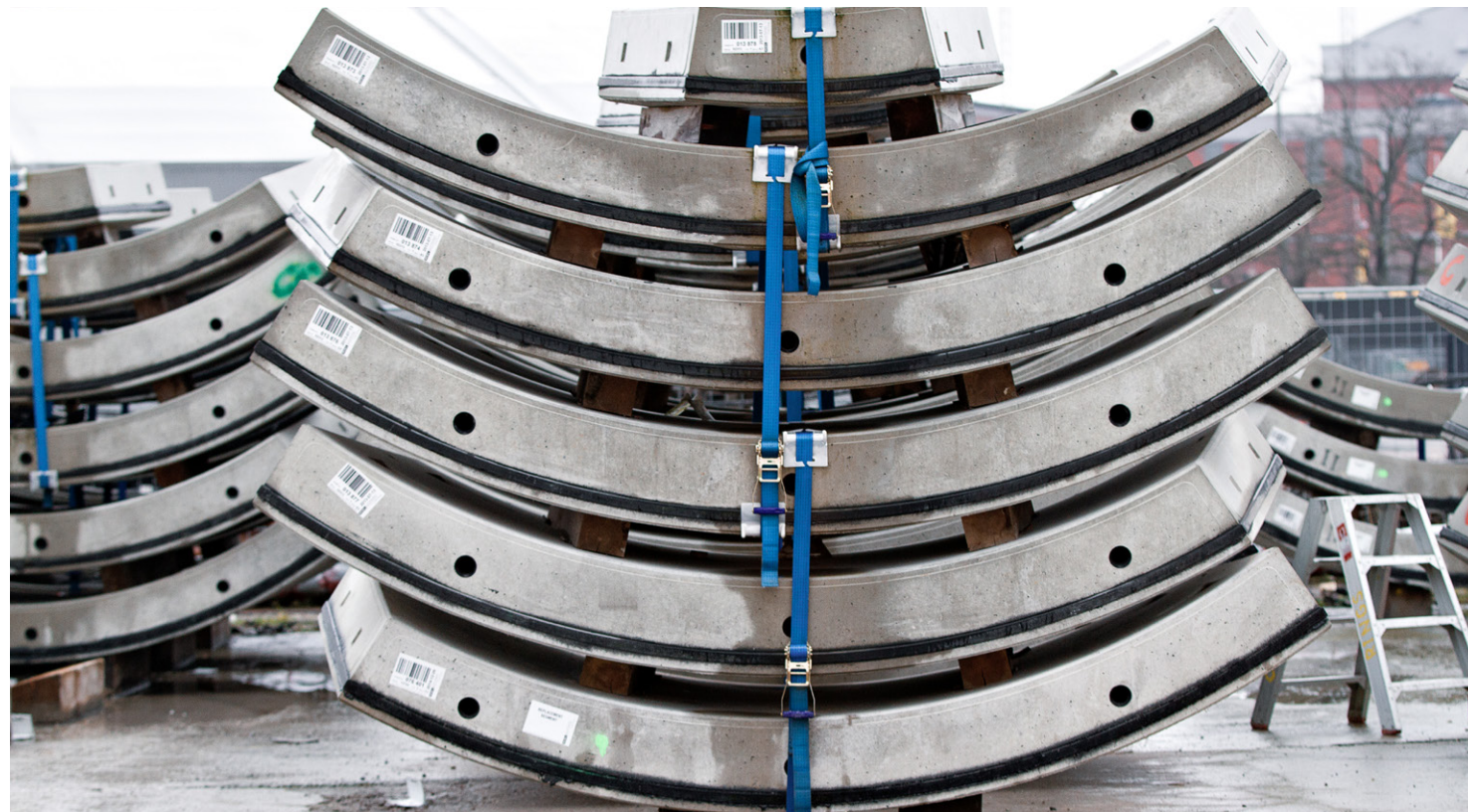
I dette afsnit udfoldes de identificerede barrierer og anbefalinger. Med afsæt i disse præsenteres mulige løsningsforslag og mini-cases.

Først rettes fokus mod overordnede barrierer og anbefalinger, der gælder på tværs af alle byggekomponenter. Herefter specificeres forholdene for hver af de 10 udvalgte byggekomponenter.

De barrierer og anbefalinger, som fremgår af følgende afsnit, bygger på indsigter fra en brancheworkshop samt en efterfølgende

opsummering og litteraturundersøgelse, der er fortaget for at styrke nogle af udsagnene.

Det er vigtigt at fremhæve, at analyserne og anbefalingerne i inspirationskataloget afspejler den nuværende praksis, både erfaringer og kontekst, herunder lovgivning og standarder, kan gennemgå markante ændringer i fremtiden.



Barrierer



Økonomi

Det er mere omkostningsfuldt at opføre og nedtage byggeri med henblik på adskillelse, værdiskabelse og genbrug, hvilket udgør en betydelig barriere for bygningsejeren. Da samlinger er synlige, kræver det større præcision af håndværkerne under opførelse. Nogle byggematerialer kræver, at man tilføjer yderligere beslag for at løse den mekaniske samling. Nedrivning tager længere tid, og processerne for klargøring af komponenterne er omfattende.

Lovgivning

Fra 1. januar 2023 er det lovpligtigt at beregne byggeriets CO₂-eq-aftryk. Fra 1. januar 2024 træder en tillægsaftale i kraft, der tildeler genbrugte materialer en fordel ved at tillade dem at indgå med 0 kg CO₂-eq i alle moduler af LCA-beregningen. Dette giver genbrugsmaterialer en lille og midlertidig fordel, men der mangler stadig flere lovgivningsmæssige incitament til at designe for genbrug.

Markedet

Den nuværende praksis, med fokus på billig og hurtig opførelse og senere afhændelse uden ansvar for den senere drift, modvirker incitamentet til at investere i design for adskillelse. Det er derfor presserende at få identificeret og implementeret incitamentsstrukturer, der kan ændre markedets dynamik og fremme ansvarlig håndtering af ressourcer.

Incitament



Proces og udførelse

Skala og masse

At realisere cirkulære principper i stor skala kan være udfordrende, da det kan være vanskeligt at imødekomme de krævede mængder af genbrugte byggematerialer. For at opnå markedsgennemslagskraft skal genbrug være tilstrækkeligt skalerbart til at implementeres i større projekter.

Forsynings-sikkerhed

Der kan forekomme betydelige tidsintervaller mellem designfasen, projektering og selve udførelsen, hvilket resulterer i en lang periode fra inkludering af genbrugsmaterialer i projektet til det tidspunkt, hvor de faktisk skal anvendes. Dette skaber usikkerhed om tilgængeligheden af disse materialer og om, hvorvidt den rette mængde og kvalitet kan leveres til rette tid.

Logistik

De logistiske udfordringer kan betragtes ud fra tre aspekter; logistiske udfordringer på nedrivningsstedet, herunder især plads, logistiske udfordringer ved midlertidig opbevaring af byggekomponenterne og logistiske udfordringer i forhold til flere og længere transportafstande.

Markedet og kommercialisering

Der er manglende klarhed og/eller viden om udbud og tilgængelighed af brugte byggekomponenter. Samtidig mangler der løsninger vedrørende finansielle strukturer og cirkulære forretningsmodeller, der kan facilitere flowet og forsyningen af genbrugte materialer fra eksisterende byggeri til nye projekter.

Gamle vaner

Nutidens byggepraksis er i høj grad formet af gamle vaner. Dette kan være en udfordring, da det kræver en ændring i mindset og praksis for at bevæge sig mod mere åndbare og cirkulære byggemetoder.

Kvalitet i byggefasen

For at bevare materialets værdi til genbrug og skabe en flot finish i det færdige byggeri, kræver det ekstra godt håndværk under selve byggeprocessen.



Dokumentation og krav

Egenskaber og dokumentation

Manglende klarhed om de tekniske aspekter af genbrugte byggekomponenter og bekymringer vedrørende tilstedeværelsen af potentielt skadelige miljø- og sundhedsmæssige stoffer udgør en væsentlig barriere. Dokumentation for tidligere påvirkninger og tekniske egenskaber er ofte utilstrækkelig. Dette gør det udfordrende at designe og planlægge projekter med genbrugte byggekomponenter.

Krav og kontrol

At opnå godkendelse af brugte byggematerialer, der skal genbruges, er også en udfordring. Dette skyldes, at bygningsreglementet fastlægger administrative og funktionsbaserede tekniske krav, der gælder for alle byggematerialer, uanset om de er nye, genbrugte eller genanvendte. Da genbrugte byggematerialer sjældent leveres med dokumentation, og eksisterende standarder ikke muliggør eftervisning og dokumentation af deres egenskaber, indebærer dette en risiko for bygningsejeren. Det er deres ansvar at sikre, at bygningen til enhver tid er lovlig og opfylder kravene i bygningsreglementet.



Viden og erfaring

Kompetencer

Der er generelt mangel på erfaringer og viden om, hvordan man bygger med genbrug og anvender cirkulære principper. Både hos bygherre, rådgivere og udførende.

Fyrtårnsprojekter

Der mangler praktiske eksempler og fyrtårnprojekter, som har omsat viden til praksis. Fyrtårnsprojekter har potentialet til at skabe store ryk i branchen. Eksempler på gennemførte projekter, der demonstrerer, at det kan lade sig gøre, kan være med til overbevise en konservativ branche, der ønsker at minimere risici.



Ansvar og risici

Ansvar

Der er stadig en betydelig usikkerhed forbundet med genbrug af byggekomponenter, da der følger et ansvar og en risiko ved implementering af cirkulære principper og komponenter. Dette skyldes, at løsningerne ofte mangler omfattende dokumentation og gennemprøvning. Mens producenter har ansvaret for nye byggekomponenter, gælder dette ikke nødvendigvis for genbrugte produkter, hvilket skaber udfordringer med at placere ansvaret ved anvendelse af brugte komponenter i nye byggeprojekter.

Funktionelle egenskaber

Brugte byggekomponenter har været specifikt påvirket af tidligere brug, og det kan påvirke deres tekniske egenskaber og potentielle fremtidige brug. De brugte byggekomponenter mangler ofte den nødvendige information om ydeevne, sikkerhed, brand og miljødata. At påtage sig ansvaret for disse byggekomponenter kan være en omkostningsfuld proces.



Anbefalinger



Incitament

Grønne afgifter

Implementer "grønne" afgifter som incitament, såsom stramninger af CO₂- og affaldsavgifter, for at øge motivationen til at reducere ressourceforbruget.

Cirkulære fradrag

Introducer økonomiske incitament, for eksempel et nyt skatte- eller fradragssystem for at belønne valg af genbrugsmaterialer. Fjernelse af moms fra genbrugsmaterialer kan også overvejes som en økonomisk fordel, da moms allerede er blevet betalt på disse materialer tidligere.

Cirkulære konkurrencekrav

Gør cirkulære principper til et konkurrenceparameter ved at indføre krav i bygningsreglementet, der specificerer, at en vis del af en bygning skal dokumenteres til at kunne adskilles til genbrug ved endt levetid.

Ressourcekrav

Indfør krav, der støtter mindre ressourceforbrug, såsom krav i bygningsreglementet, der fremmer effektiv brug af kvadratmeter eller regulerer forbruget af nye råstoffer.

Datakrav

Indfør krav, som for eksempel høj datarigdom/ dokumentation for produkter, der vil øge chancen for genbrug og minimere usikkerheden omkring genbrugte produkter.



Proces og udførelse

Ny æstetik

Tænk i nye æstetiske baner og skab forandringer ved at udfordre eksisterende og forældede tilgange i branchen. Benyt ressourcer omhyggeligt og design for adskillelse med udgangspunkt i simple løsninger, synlige samlinger og i højere grad standardmål.

Planlægning

Byg ansvarligt og udvikl en strategi for at integrere cirkulære principper i projektet. Planlæg byggeriet med hensyn til både opførelses- og nedrivningsprocesser, herunder tid og logistik.

Forretningsmodeller

Etabler og indtænk markedsklare forretningsmodeller som take-back-ordninger, leasing eller pantordninger for at klargøre din forretning eller efterspørg det for at fremme cirkulære indkøb.

Restprodukter og affaldsstrømme

Kortlæg, samt afdæk restprodukter og affaldsstrømme, både fra branchen, såsom leverandører, entreprenører og nedrivere samt fra andre brancher, såsom anlægsbranchen, med henblik på at genbruge dem.

Data og dokumentation

Frem fælles og transparent adgang til data om materialer, for eksempel ved at offentliggøre BIM-modeller.

Materialebanker og markedspladser

Etabler og understøt centrale materialebanker og markedspladser, både digitale og fysiske, der giver en let oversigt over genbrugsmaterialer, deres placering og tilgængelighed. Dette er med til at facilitere sammenføring af udbud og efterspørgsel.

Vejledninger og retningslinjer

Stil krav til retningslinjer og vejledninger fra producenterne om adskillelse og vedligeholdelse for at støtte produkters levetid og reducere omkostninger i bygge- og nedrivningsprocesser.



Dokumentation og krav

Branche-standarder

Udvikl branchestandarder for dokumentation og certificering af genbrugte materialer, så de kan konkurrere på lige fod med jomfruelige materialer.

Almen teknisk fælleseje

Understøt udarbejdelse og anvendelse af fælles datagrundlag, herunder alment teknisk fælleseje og præ-accepterede løsninger.

Materialepas

Stil krav til implementering af materialepas for både nye og genbrugte materialer som anerkendt generisk dokumentation. Dette kan imødekomme efterspørgslen efter veldokumenterede materialer. Dokumenter desuden type, kvalitet, tilstand, historisk belastning mv.

Normkrav

Skab en norm for beregning af tekniske egenskaber for genbrugte materialer.

Åbne dataformer

Opbevar data, brug åbne og bredt accepterede dataformater og basér dem på eksisterende deklamationer eller certificeringer.

Opdateret lovgivning

Gennemgå det eksisterende regelsæt kritisk med fokus på lovgivning, standarder og normer, der bør opdateres for bedre at støtte cirkulære valg.

Reduceret kravklasse

Udvikl en standard for brug af genbrugte materialer ved eksempelvis at tilpasse kravene ved ændring af funktion, nedjustering af konsekvensklasse eller nedjustering af konstruktionsklasse. Dette vil medføre et lavere niveau af sikkerhedskrav og dokumentationskrav.

Selektiv nedrivning

Stil krav om selektiv nedrivning og ressourcekortlægning for at regulere affaldsstrømme og styrke udbuddet af materialer til genbrug og genanvendelse.



Viden og erfaring

Fælles videnssamarbejder

Frem og støt samarbejde på tværs af byggeriets værdikæde samt på tværs af sektorer. Etabler praksisser, fora og platforme, der faciliterer opsamling og udveksling af erfaringer på tværs af forskellige projekter og interessenter. Skab fælles vidensplatforme, der samler almen teknisk viden og erfaringer fra gennemførte projekter.

Forskning og praksis

Kobl forskning og praksis i fyrtårnsprojekter og større indsatser. Disse projekter kan fungere som springbræt for skalering og implementering af cirkulære løsninger.

Kompetencer og uddannelse

Understøt og implementer uddannelsesprogrammer, der kvalificerer værdikæden til at bygge med genbrug og efter cirkulære principper. Opbyg kompetencer i forhold til nye regler, løsninger og færdigheder.



Ansvar og risici

Håndter risici

Kortlæg og afklar ansvar samt risici ved at bygge med genbrug og efter cirkulære principper tidligt i byggeprocessen. Find løsninger til at placere ansvar for genbrugte materialer, for eksempel producentansvarsordning, hvor producenter påtager sig ansvar for produktet efter endt levetid.

Etabler risikofond

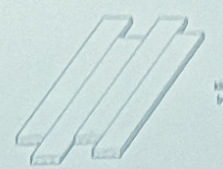
Etablering af en fælles risikofond, der kan dække skader eller fejl ved anvendelse af nye byggemetoder og materialer for at mindske økonomiske konsekvenser og øge motivationen.

Mock-ups og prototyper

Byg mock-ups og prototyper som et dialogværktøj til risikovurdering og indhent erfaringer, inden fuldskala byggeriet starter.



Plankegulv



78% klimastandarden vil et bygge med genstrukturerede materialer

Barrierer

Stille utfordringer og mål er den forutsetning ved et godt byggingsprosjekt. I tillegg kan enkelte materialer, som for eksempel betong, være utfordrende.

Stille utfordringer er det som er vanskelig å gjennomføre i et byggingsprosjekt.

Anbefalinger

Stille utfordringer kan løses ved å velge et annet materiale eller en annen metode. Dette kan være en god idé.

Stille utfordringer er det som er vanskelig å gjennomføre i et byggingsprosjekt.

Optimeringer

Stille utfordringer kan løses ved å velge et annet materiale eller en annen metode. Dette kan være en god idé.

Stille utfordringer er det som er vanskelig å gjennomføre i et byggingsprosjekt.

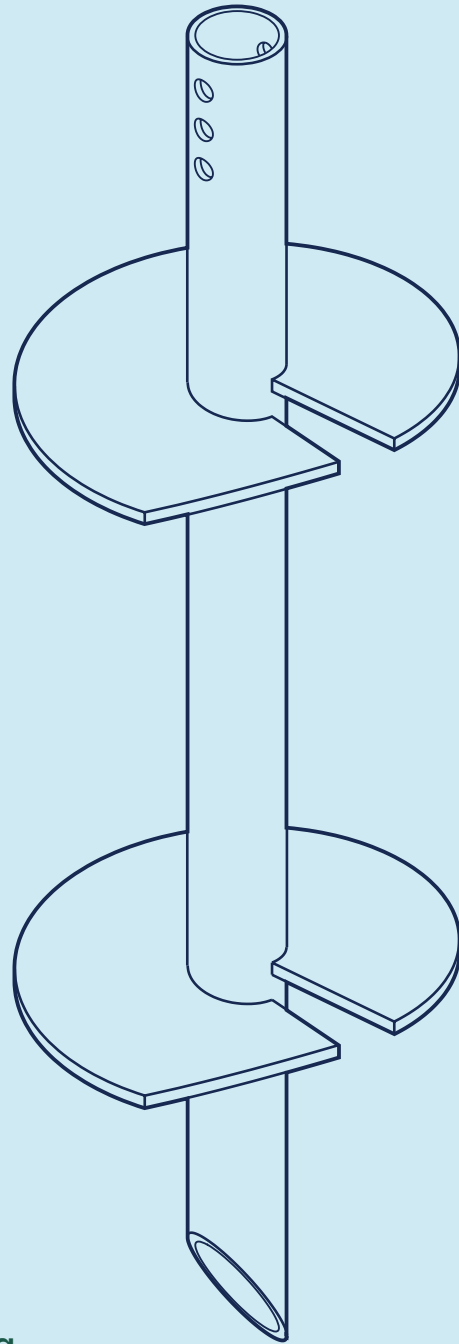
Vilde ideer & gode eks

Stille utfordringer kan løses ved å velge et annet materiale eller en annen metode. Dette kan være en god idé.

Stille utfordringer er det som er vanskelig å gjennomføre i et byggingsprosjekt.

Dialog om byggekomponenter under brancheworkshoppen.

Skruefundament



~ 7%

af den globale CO₂-eq
udledning kommer fra
stålindustrien

Kilde: Danmarks Tekniske Universitet

Potentialer

Reversibelt design

Skruepælsfundamenter er designet som en stor skrue og er derfor reversibelt i hele sin udformning i modsætning til et betonfundament, der støbes i jorden. Skruepælsfundamenter kan fjernes igen uden at efterlade sig spor.

Lavere klimaaftryk

Der bruges betydeligt færre ressourcer til at fremstille et skruefundament sammenlignet med et betonfundament.

Monolitisk og robust

Stål bruges som et massivt materiale og er meget holdbart. Det egner sig derfor særligt godt til design for adskillelse.

Mekaniske samlinger

Interfacet mellem bygning og fundament sker med en mekanisk samling, såsom bolte eller skruer.

Skruefundament

Barrierer

Nyt byggekomponent

En generel barriere for at benytte skruepælsfundamenter er, at det er en relativt ny byggekomponent og derfor ikke er ret udbredt.

Midlertidighed

Der er en tradition for at bruge skruepælsfundamenter til midlertidige konstruktioner, og derfor kan der være en indlejret bias imod at anvende dem i permanente byggeprojekter.

Niveaufri adgang

Skruepælsfundamenter er som regel ikke gravet ned og slutter derfor over terrænhøjde, hvilket kan være op til 50 cm højere end et betonfundament. Dette udgør en ekstra udfordring i forhold til at opnå niveaufri adgang.

Lovgivning og lokalplaner

Lokalplaner og lovgivninger kan spænde ben for brugen af skruepælsfundamenter, for eksempel ved specifikt at foreskrive fundamenter af beton eller have højdegrænseplaner, der ikke tillader de ekstra centimeter, som et skruefundament kan medføre.

Anbefalinger

Mangel på viden

Der intet teknisk fælleseje for punktfundamenter og dermed heller ikke for skruepælsfundamenter – det skal etableres. Præ-accepterede løsninger er nødvendige.

Jorden er vigtig

Skruepælsfundamenter særligt velegnede, hvor jorden har en særlig betydning, for eksempel hvis der er behov for at bevare natur og biodiversitet, eller hvis jorden er forurenet, og der ikke må graves.

Stor skala

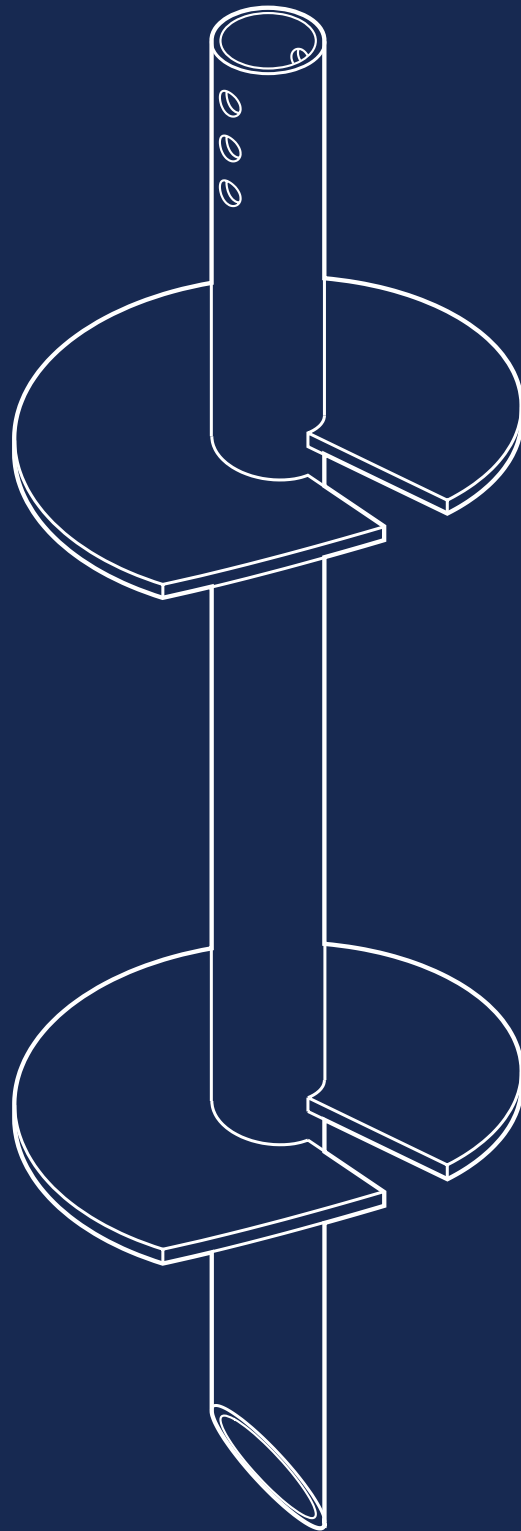
Fyrtårnprojekter, der demonstrer at skruepælsfundament kan bruges til byggeri i større skala end huse.

Lempeligere regler

Der er behov for mere fleksibel lovgivning vedrørende anvendelsen af skruepæle, jævnfør udfordringerne berørt i barriererne.

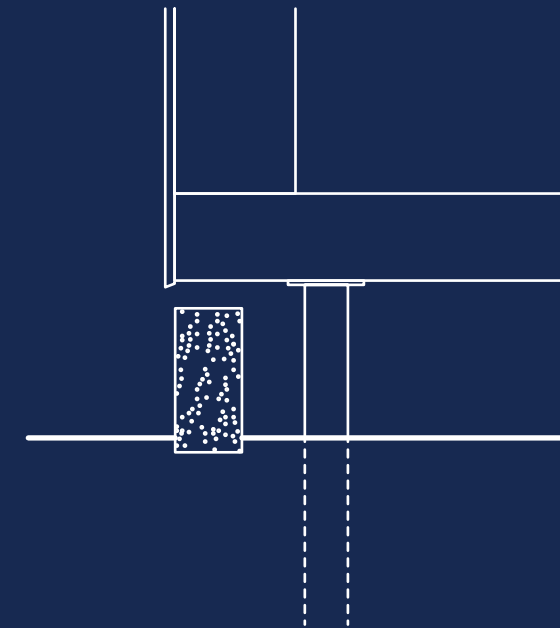
Skruefundament

Optimeringer



Indbygget data

Integrering af data i bygningskomponenten ved brug af teknologier som en indbygget chip eller QR-kode.



Mødet med bygningen

Skruefundamentet er allerede konstrueret med henblik på adskillelse, men der er stadig mulighed for at forbedre, hvordan det integreres med selve bygningen og det omkringliggende terræn.

Skruefundament

Cases

Leverandør: Uretek

Uretek er en dansk virksomhed, som tilbyder løsninger inden for skruefundamenter. ScrewFast Skruepæle® er en gravefri og hensigtsmæssig fundamentløsning både til eksisterende og nye bygninger.

Teknikken er enkel, hurtig og fri for vibrationer, hvilket eliminerer behovet for omfattende genopretningsarbejde. Samtidig kan skruepælene nemt tages op og genbruges, hvilket gør dem ideelle til bygninger designet til adskillelse.

ScrewFast Skruepæle® har en levetid på op til 60 år eller mere. Skruepælene kan skrues mere end 20 meter ned i jorden, afhængigt af de specifikke jordbundsforhold. Hver pæl skal ankres mindst halvanden meter ned i bæredygtige jordlag.

Læs mere her: uretek.dk



URETEK ScrewFast Skruepæle® er udformet som store skruer, der kan blive over 20 meter lange.

Foto: Uretek

Projekt: Living Places

Living Places er et demonstrationsprojekt, der i 1:1 udforsker nyskabende boligformer med markant reduktion af udledninger og ressourceforbrug. Dette initiativ ønsker at præsentere en ny vej for byggebranchen, der gavner både mennesker og planeten.

Bygningerne er opført i enten bærende limtrækonstruktioner eller CLT-elementer på et skruefundament med remkonstruktioner i limtræ. Terrændækket er opbygget som en let trækassette i konstruktionstræ, isoleret med papiruld og beklædt med en spånplade.

Skruefundamentet muliggør en reduktion på 90% af CO₂-udslippet i forhold til et konventionelt betonfundament. Desuden er det muligt at flytte skruefundamenterne og genanvende dem i andre projekter, når prototyperne skal demonteres.

Living Places er udviklet af VELUX, EFTEKT, Artelia og E&P.

Læs mere her: velux.com

Leverandør: Fremtidens Fundament

Fremtidens Fundament tilbyder også løsninger inden for skurefundamenter. Derudover har de identificeret og opsamlet grønne benspænd, både politiske, byggetekniske og forsikringsmæssige hindringer, der påvirker anvendelsen af skruefundamenter.

Læs mere her: fremtidensfundament.dk



1:1-prototyperne er blevet opført i Jernbanebyen i København og omfatter to boliger samt fem åbne pavilloner.

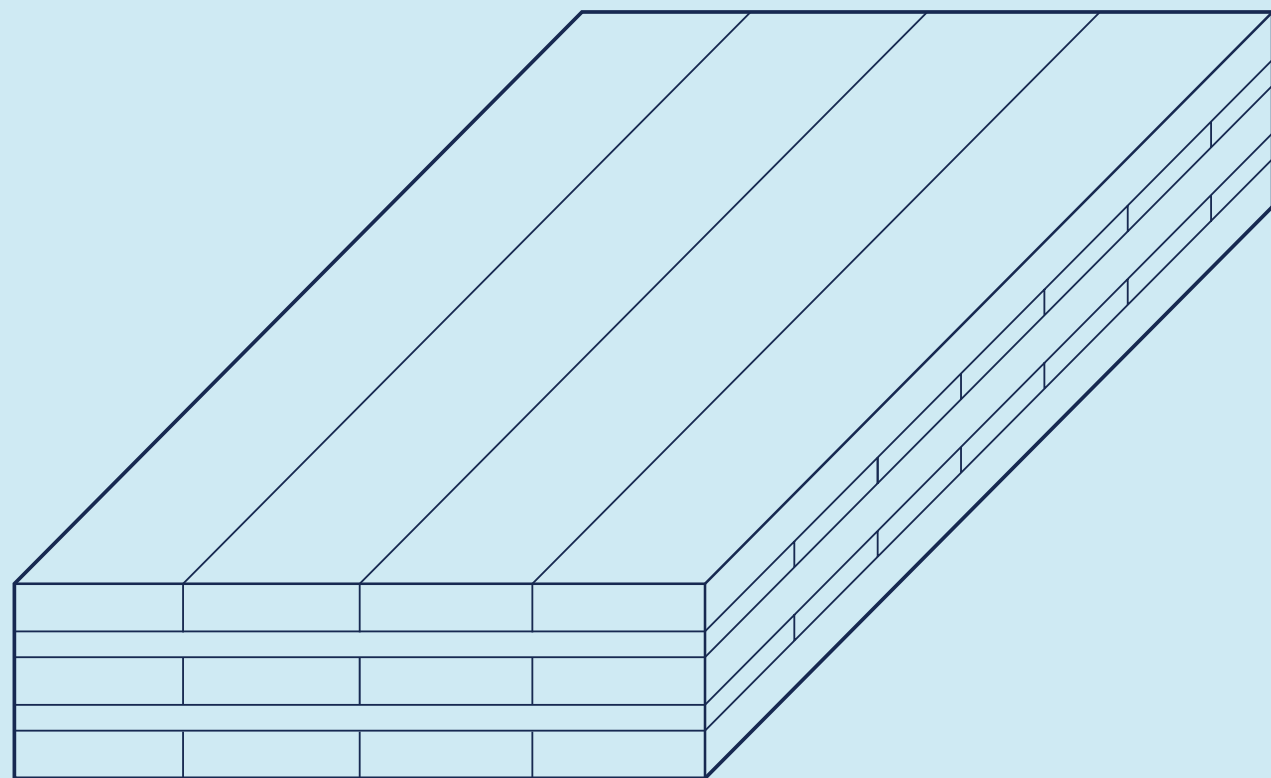
Foto: Adam Mørk



Skruefundamentløsning i Næste affaldsskur, bestående af skruepæle og specialudviklet beslag.

Foto: Næste / Jonathan Weimar

CLT-elementer



~158.000 tons
tons træaffald produceres hvert år
fra bygge- og anlægssektoren i DK

Kilde: Miljøstyrelsen, Affaldsstatistik 2018

Potentialer

Monolitisk materiale

CLT bruges som et massivt materiale og er meget holdbart. Det egner sig derfor særligt godt til design for adskillelse. Desuden kan træ nemt tilpasses og repareres, hvilket øger materialets levetid og mulighederne for genbrug.

Mekaniske samlinger

CLT samles allerede ofte ved brug af mekaniske samlinger, såsom bolte og franske skruer.

Fornybar ressource

Træ er en fornybar ressource i modsætning til beton og stål, og anvendelsen samt genbrug af trækonstruktioner bidrager til en lavere klimapåvirkning.

CLT-elementer

Barrierer

Nyt materiale

En udbredt barriere, der hindrer design for adskillelse i CLT-konstruktioner, er den begrænsede anvendelse af materialet i byggeri. Lige nu er det derfor både sværere og dyrere at bygge med, da lovgivningen ikke understøtter brugen af det i forhold til højde og brandsikkerhed. Første skridt er derfor at integrere denne byggekomponent

BR-krav og tildækning

Brandkravene tilskriver, at der kun må være en bestemt procentdel synlige overflader med træ indendørs. Desuden kan det være svært at opnå nok tyngde i CLT-dæk til at leve op til akustikkravene. Oftest ender dette med, at der støbes et betonlag ovenpå træet, hvilket øger risikoen for at ødelægge overfladerne. Endvidere fjerner det en del af incitamentet for at bruge træ, når det dækkes til.

Materiale-spild

Som materiale kan CLT anvendes der, hvor man normalt bygger med betonelementer. Fordi CLT er massivt, bruger man rigtig meget materiale og måske også mere end nødvendigt. Desuden egner det sig mest til anvendelse i stor-skala byggeri.

LCA-incitament

Incitamentet for at bruge genbrugte CLT-elementer kan være ret lille i et LCA-perspektiv. Hvis alternativet er at bruge et nyt CLT-element, sparer man meget lidt i LCA-regnskabet for til gengæld potentielt at stå over for en række udfordringer. Genbrug af træ resulterer generelt i en begrænset klimagevinst.

Anbefalinger

Genanvendt træ

Anvend genanvendt træ i CLT-elementer. CLT-elementer lavet af genanvendt træ er stærkere end almindelige elementer .

First-mover eksempler

Branchen mangler stadig flere eksempler inden for CLT-byggeri, især dem, der er designet med fokus på adskillelse. Derfor er der behov for fyrtårnsprojekter, der demonstrerer denne tilgang i praksis.

Standardiserede dimensioner

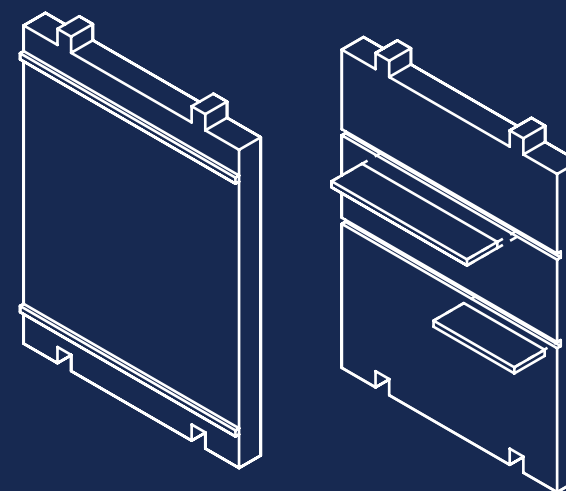
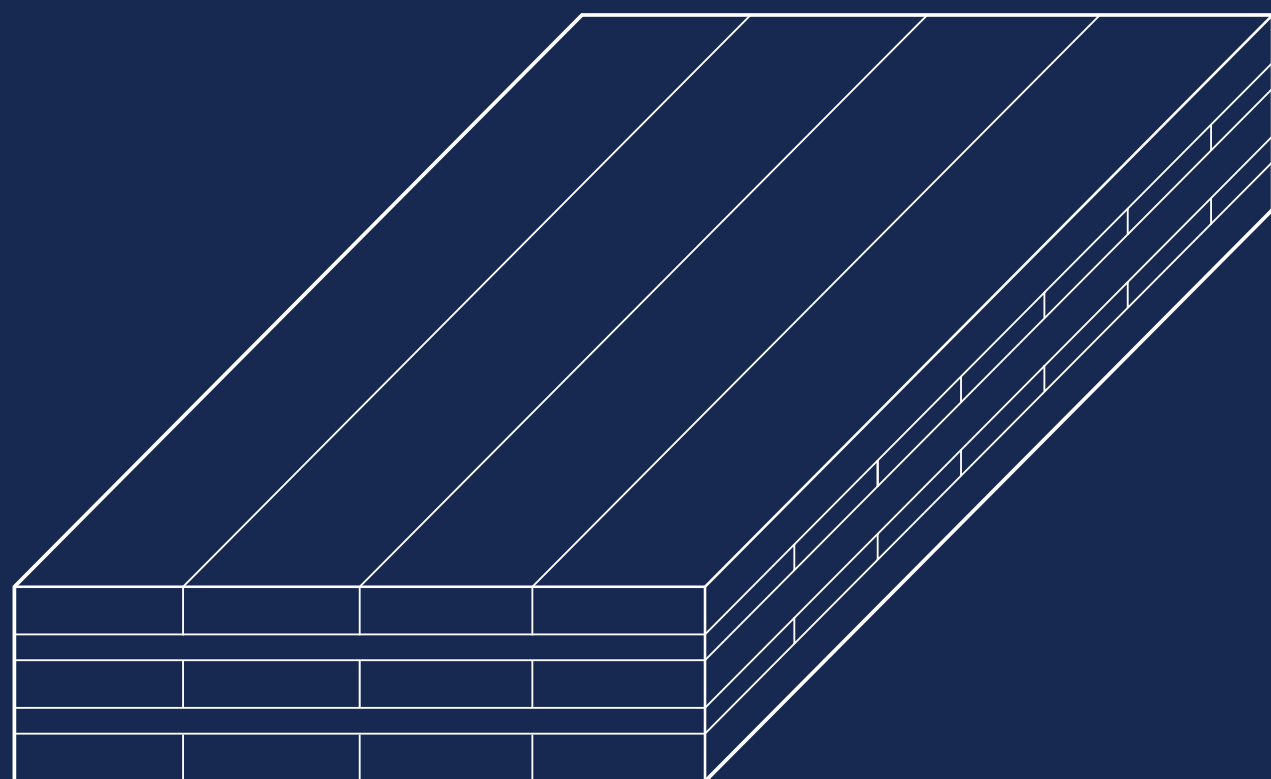
En af fordelene ved CLT-elementer er, at de kan produceres i specialmål efter ønske. Materialer i specialmål er dog svære at genbruge. Derfor kan det være en fordel at have nogle standardmål. Vindueshuller og rørgennemføringer mv. er dog nemmere efterfølgende at fylde ud på CLT-elementer, end de er på betonelementer.

Kritiske egenskaber

Træ kan holde i mange år, hvis der bliver passet ordentligt på det. Der skal udarbejdes vejledninger omkring vedligehold af CLT, og hvordan man vurderer de kritiske egenskaber med henblik på genbrug.

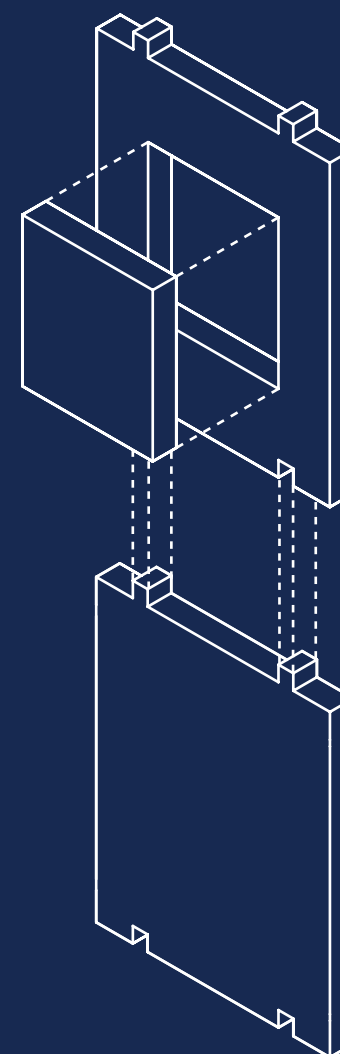
CLT-elementer

Optimeringer



Stor interaktionsflade

For at udnytte den store interaktionsflade i CLT-elementet fuldt ud, kan der implementeres en standardiseret monteringsmetode, så man nemt kan fastgøre komponenter overalt på elementet.



Udfyldning af huller

For at gøre genbrug af CLT-elementer nemmere, kan der integreres en metode til at udfylde eventuelle huller, der er opstået i forbindelse med tidligere installationer, som for eksempel vinduer eller rørgennemføringer.

Træ-træsamlinger

En måde at optimere CLT-elementer på er ved at indtænke fysiske træ-træsamlinger eller klikesamlinger for at reducere behovet for stål og antallet af bolte. Stål har et højt klimaaftryk, derfor kan mængden af skruer, bolte og beslag med fordel minimeres.

CLT-elementer

Cases

Projekt: Fremtidens biobaserede etagedæk

Projektet præsenterer 23 forskellige løsninger for biobaserede etagedæk bestående af 14 ribbedækløsninger og 9 CLT-dækløsninger. Formålet med projektet er at undersøge, i hvilket omfang klimabelastningen kan reduceres, samtidig med at kravene i bygningsreglementet opfyldes.

At opfylde kravene til statik, brand, akustik, økonomi og bygbarhed er især en udfordring for de biobaserede etagedæk. Løsningerne indikerer overordnet, at det er muligt at designe lette biobaserede etagedæk, hvilket reducerer CO₂-aftrykket med 55-74%, samtidig med at kravene til brandmodstand og akustik opfyldes.

Projektet er udviklet af Artelia, JaJa Architects og CG Jensen.

Læs mere her: realdania.dk



Etagedæk udviklet i forbindelse med Realdania By & Bygs udviklingsbyggeri MiniCO2 Etagehus TRÆ.

Foto: Realdania By & Byg / Claus Fisker

Projekt: Hotel GSH 2.0

Hotel GSH 2.0 på Bornholm er Danmarks første hotel opført i CLT.

CLT-elementer fungerer som det primære materiale i bygningen og tjener både som konstruktion, klimaskærm og indvendige overflader. Designet udnytter fordelene ved den computerstyrede fremstillingsteknik, CLT manufacturing precision, til at integrere skræddersyede løsninger.

Dette inkluderer naturlig ventilation gennem et gitter, der er direkte skåret ind i CLT-elementerne. Denne produktionsmetode muliggør præcis forudsigelse af dimensioner og mængde af overskydende materiale, som ellers ville gå til spilde. De overskydende stykker fra CLT-elementerne i projektet er blevet brugt til at skabe skræddersyede møbler til hotellet.

Læs mere her: gxn.3xn.com

Projekt: TRÆ

TRÆ et ambitiøst byggeprojekt i træ. Med en imponerende højde på næsten 80 meter fordelt på 20 etager er det det første træbyggeri af sin størrelse i Danmark.

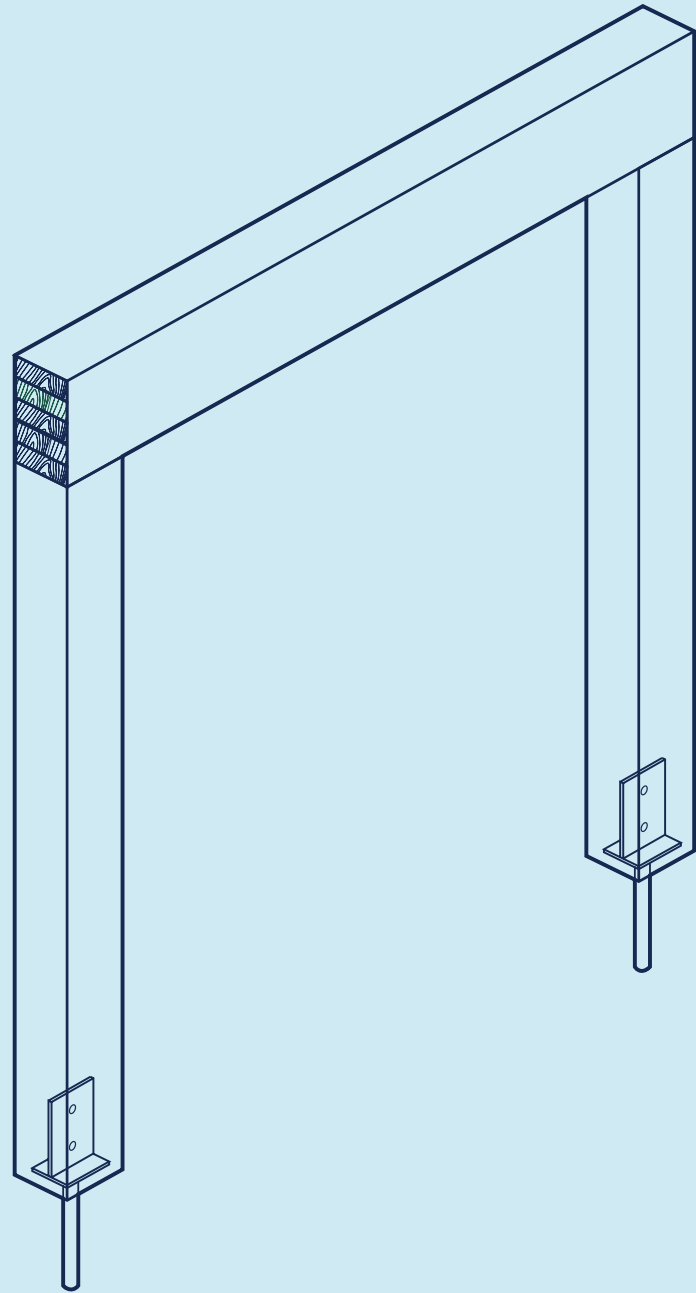
Byggeriet består af træ, beton og glas og inkorporerer omfattende brug af genanvendte ressourcer og materiale-innovation, som for f.eks. genanvendte vindmøllevinger, der er integreret i facaden.

TRÆ er et fyrtårnsprojekt for højhuse og stor-skala byggeri i træ. Det er opført med en bærende konstruktion af CLT-elementer og limtræ.

Projektet er udviklet af PFA Pension og Kilden & Hindby i samarbejde med MOE og Lendager Arkitekter.

Læs mere her: lendager.com

Træsøjle/-bjælke



77%
 klimabesparelse ved at bygge med genbrugte massive træbjælker og -søjler

Kilde: VCØB

Potentialer

Mekaniske- og træsamlinger

Træsøjler og -bjælker samles allerede ofte ved brug af mekaniske samlinger, såsom bolte og beslag. Historisk har der også tidligere været gjort brug af træsamlinger, der kunne skilles ad, uden brug af søm, bolte og beslag.

Fornybar ressource

Træ er en fornybar ressource i modsætning til beton og stål, og anvendelsen samt genbrug af trækonstruktioner bidrager til en lavere klimapåvirkning.

Tilpasning og reparation

Træ kan nemt tilpasses og repareres, hvilket øger materialets levetid og mulighederne for genbrug.

Træsøjle/-bjælke

Barrierer

Ukendte stoffer

Tilstedeværelsen af ukendte kemikalier eller stoffer i træet, især hvis det har været udsat for behandlinger, kan udgøre sundhedsrisici og udfordre genbrug.

Usikkerhed

Genbrug af trækonstruktioner er forbundet med usikkerhed og risiko, da dokumentation af træets egenskaber som ydeevne, sikkerhed, brand- og miljødata er afgørende. Hver søjle og bjælke har haft en specifik påvirkning fra tidligere brug, hvilket kan påvirke fremtidig anvendelse og komplicere garantier og ansvar.

Logistik og opbevaring

Det er en barriere, at det danske marked for genbrug af trækonstruktioner ikke er tilstrækkeligt etableret. Dette skaber logistiske hindringer i forhold til indkøb og opbevaring af genbrugstræ, der kræver faciliteter, der kan sikre mod fugt.

Anbefalinger

Klassificering

For at lette godkendelsen af genbrug af træ søjler og bjælker er der behov for en norm til klassificering af byggekomponenten. Det kunne indebære overvejelser om nedjustering af konstruktionsklassen for genbrugte komponenter for dermed at indregne sikkerhed.

Genanvendt træ

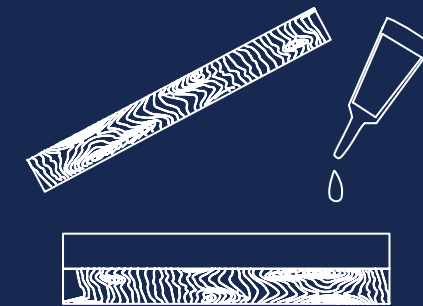
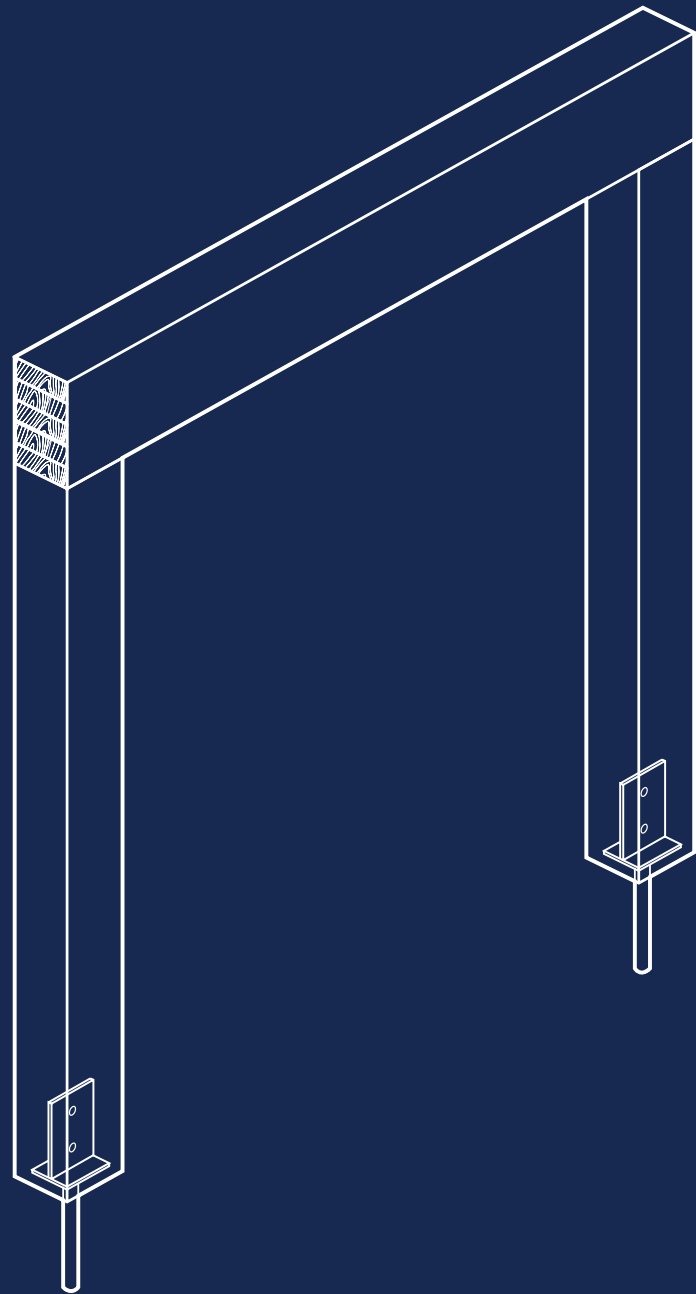
I dag anvendes især limtræ til større konstruktioner. Limtræ fremstilles af trælameller og lim. Man kan med fordel substituere nye træressourcer med genanvendt træ og dermed mindske affald.

Standardiserede dimensioner

Dimensionerne på træ søjler og -bjælker afhænger af producenten. Der er behov for standardiserede dimensioner, så genbrugspotentialet øges.

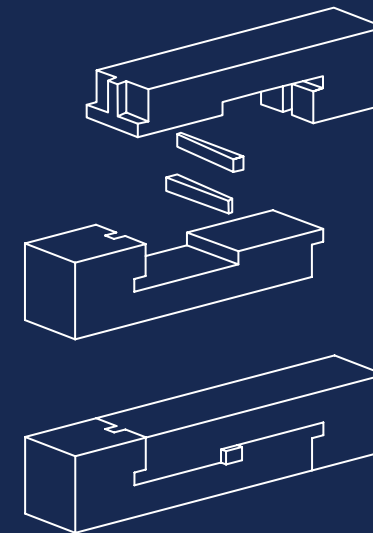
Træsøjle/-bjælke

Optimeringer



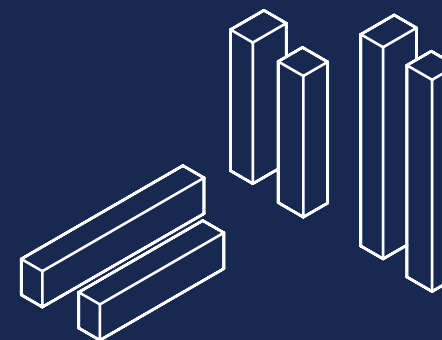
Lim

En optimering af trækonstruktionen, primært limtræ, kan indebære, at limen i fremtiden erstattes af bionedbrydelig lim.



Gamle samlingsmetoder

Vend blikket mod ældre samlingsteknikker, hvilket kan være med til at reducere behovet for stål og antallet af bolte. Stål har et højt klimaaftryk, hvorfor det er fordelagtigt at minimere brugen af skruer, bolte og beslag.



Modulært koncept

Skab komponenter, der er modulære og kan kombineres på forskellige måder, for at opfylde forskellige designbehov og reducere behovet for større stykker, der er vanskelige at demontere.

Træsøjle/-bjælke

Cases

Projekt: Næste skure

Næste er en cirkulær design- og byggevirksomhed, der leverer skure konstrueret af genbrugsmaterialer fra nedrivninger. Deres vision er at ændre den måde, vi forbruger ressourcer, designer, bygger og samarbejder på i byggebranchen. Dette demonstrerer de ved at introducere en mere ansvarlig anvendelse af ressourcer, hvor genbrugskvalitetstræ og tegl omdannes til arkitekttegnede skure.

Næste ser sekundært byggeri som det ideelle sted for storskalagenbrug, hvor der er færre barrierer og risici. Her kan genbrugstræ spille en afgørende rolle, da det lettere kan implementeres og dermed bidrage til øget genbrug.

Læs mere her: naeste.dk



Næste affaldsskur af genbrugsmaterialer.

Foto: Næste / Jonathan Weimar

Partnerskab: GENTRÆ

GENTRÆ tilbyder et cirkulært alternativ til nyt træ. GENTRÆ er skabt som et cirkulært partnerskab mellem STARK, SOLUM og GOLDER.

GENTRÆ samler træ fra midlertidige konstruktioner fra byggepladser, hvorefter det kontrolleres, renses, pakkes og sælges hos STARK side om side med det konventionelle 'jomfruelige' træ.

Den overordnede vision for GENTRÆ er at minimere træaffald fra byggepladser, undgå at det ender som brændsel, og i stedet tilbyde entreprenører og håndværkere et mere bæredygtigt alternativ.

Læs mere her: stark.dk

Projekt: Nordic Health Lab

Nordic Health Lab (NHL) af Arcgency er et levende laboratorium beliggende på Nordsjællands Hospital i Hillerød, som blev etableret i 2018. NHL fungerer som en prototype for et modulært "flat-pack" bygningssystem og byggeprocessen for NHL følger tre enkle trin:

1. Ramme: Det præfabrikerede trærammesystem er FSC-certificeret og består af en strukturel træramme samlet med let monterbare metalforbindelser. Dette skalerbare system kan tilpasses individuelle behov.

2. Væg/Tag: Præfabrikerede sandwichpaneler fungerer som selvstændige plader med højisolerende ydeevne og fuldfører væggen både indvendigt og udvendigt i ét trin uden behov for dampspærre.

3. Vindue: Det præfabrikerede vinduessystem består af store tre-lags vinduesmoduler, der sikrer lavt energiforbrug og fremragende dagslysforhold.

Systemet er designet med fokus på adskillelse, hvilket gør det nemt at bygge og demontere. Dette ansvarlige design sikrer, at materialerne kan genanvendes eller genbruges efter bygningens levetid. NHL-systemet passer til en agil kultur, er tilgængeligt på forespørgsel og kan opføres på kun otte uger fra bestillingstidspunktet. Modulariteten gør det let at tilpasse systemet efter individuelle behov, og alle komponenter er industrielt fremstillet for effektiv og præcis produktion af høj kvalitet.

Læs mere her: arcgency.com

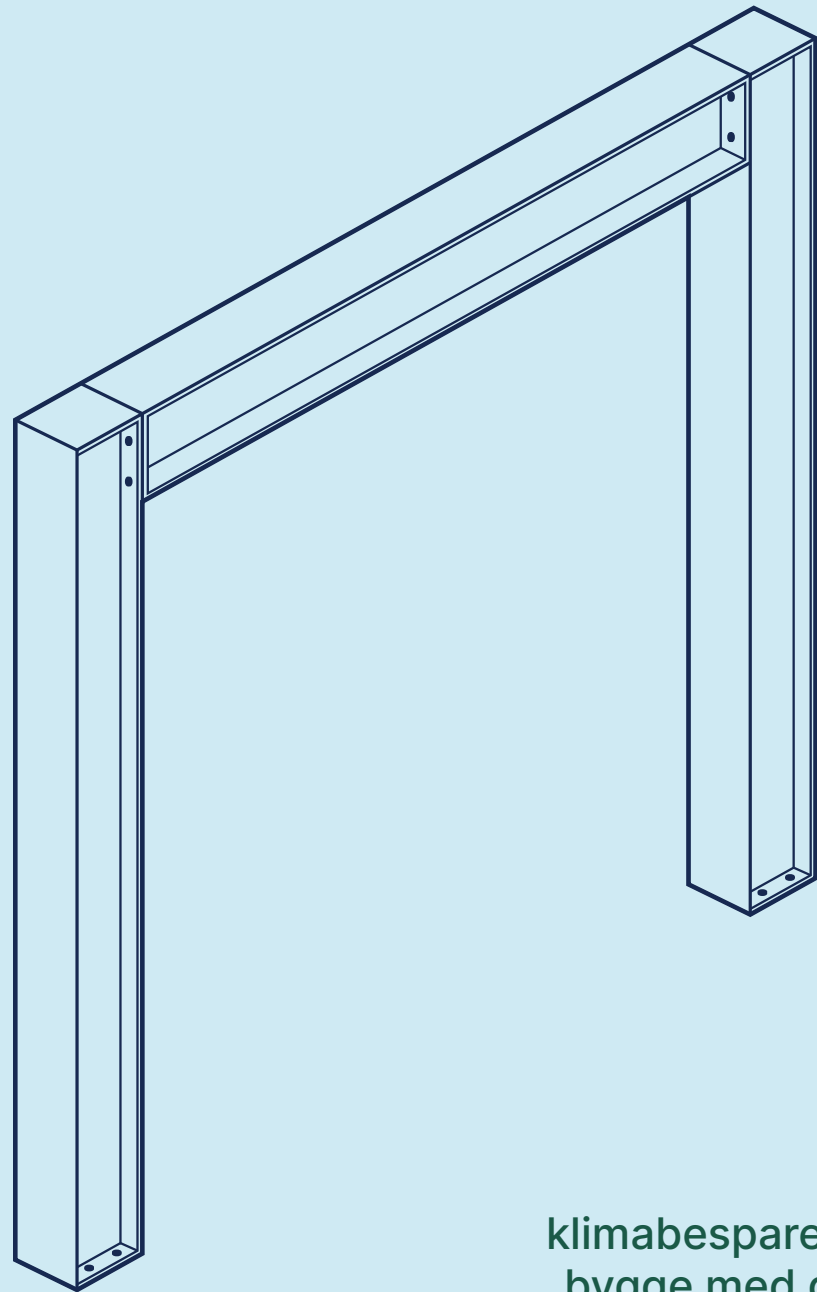


Præfabrikerede trærammer med metalforbindelser, der gør det nemt at samle og adskille.

Foto: Arcgency

Stålsøjle/-bjælke

Stål



78%
 klimabesparelse ved at
 bygge med genbrugte
 stålprofiler

Kilde: VCØB

Potentialer

Monolitisk og robust materiale

Stål bruges som et massivt materiale og er meget holdbart. Det egner sig derfor særligt godt til design for adskillelse.

Mekaniske samlinger

Stål samles allerede ofte ved brug af mekaniske samlinger, såsom bolte. Derfor er stål som materiale allerede nået langt. Undgå at svejse og brug af nitter.

Stålsøjle/-bjælke

Barrierer

Salgspriser og genanvendelse

Der er manglende incitament til at genbruge stål, da det er relativt nemt at genanvende og derfor har en stor salgsværdi for nedrivere.

Normkrav

Stål, der er brugt til konstruktioner, er underlagt en række normkrav, der kan være udfordrende. For eksempel kan forurening fra tidligere brug være et problem, og det kan være svært at forudsige de nøjagtige mekaniske egenskaber, hvilket kræver en masse kvalitetskontroller.

Materialetræthed

Ved gentagne belastninger gennem brug i byggeri og den cykliske belastning ved demontage kan der opstå materialetræthed i byggekomponenterne.

Forskellige profiler

Stål kommer i mange forskellige former, profiler og typer. Genbrugt stål kan derfor være svært at implementere i et nyt projekt, det gælder for eksempel for stålspær fra haller eller lignende. Ved at overdimensionere konstruktionen kan risici imødekommes og der skabes et større udvalg af genbrugte materialer.

Anbefalinger

Halbyggeri

Der er et betydeligt marked for stålkonstruktioner er industri- og halbyggeri, primært inden for landbrug og erhverv. Der er lavere risici forbundet med denne type byggeri og er derfor et område, hvor der kan opnås erfaring med genbrugsstål. Hvis LCA-krav også udvides til at omfatte de uopvarmede haller, vil det øge incitamentet yderligere.

Lavrisiko-byggeri

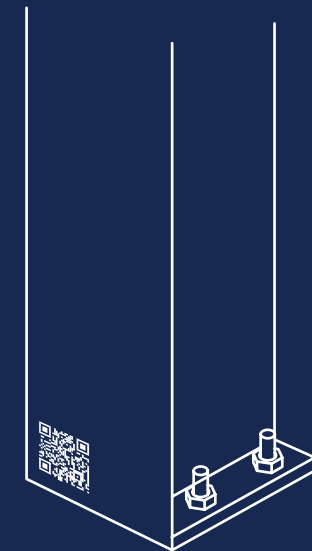
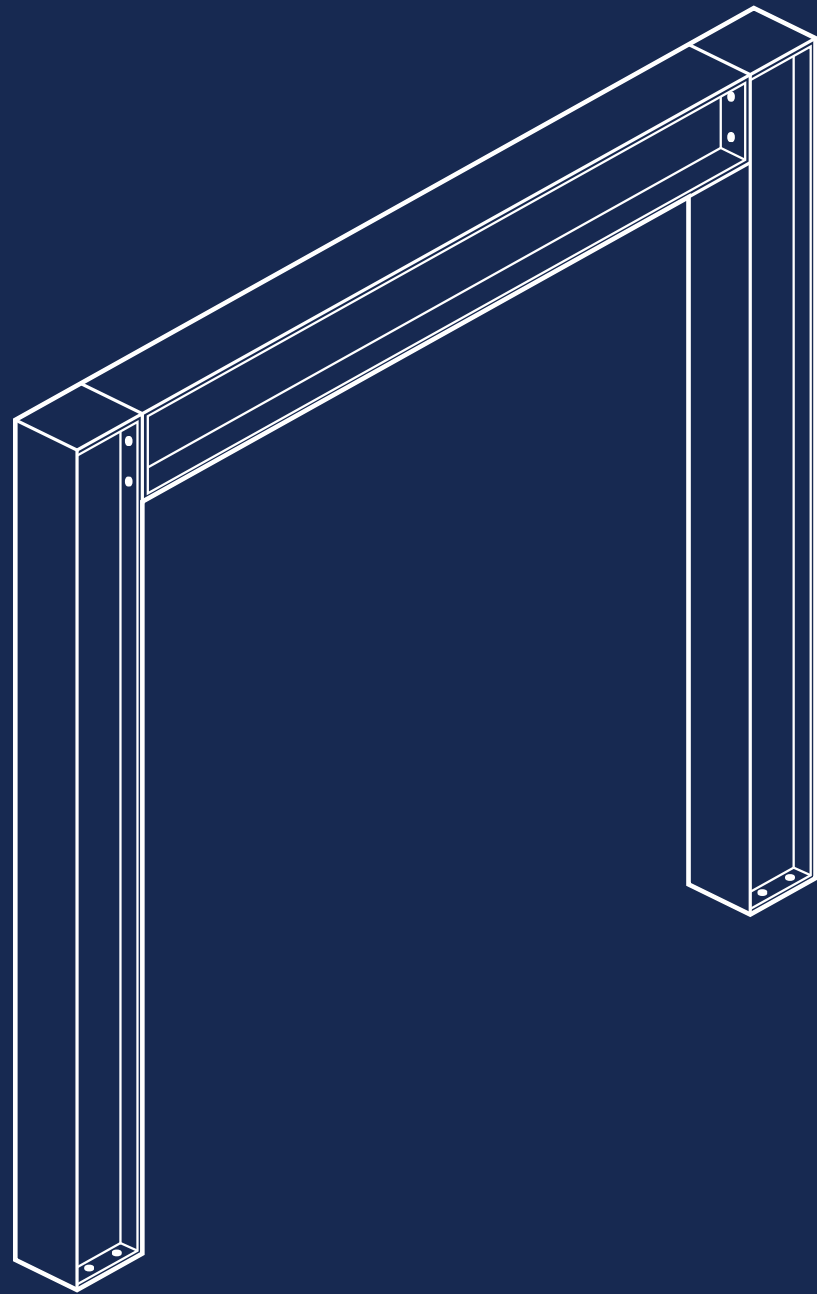
Tillad og udarbejd standardregler for genbrug af stålbjælker i lavrisikobyggeri.

Efterlev og fortag

Øg tilsynet med mere end 50% for at sikre, at stål mærkes i overensstemmelse med gældende EU-krav.

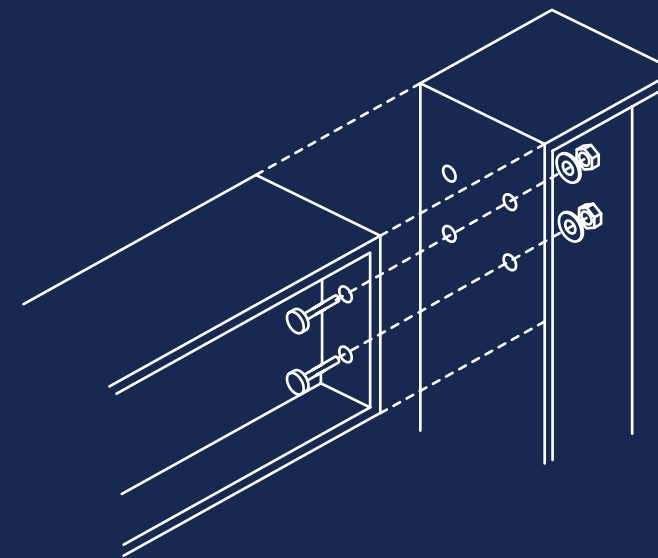
Stålsøjle/-bjælke

Optimeringer



Indbygget data

Integrering af data i bygningskomponenten ved brug af teknologier som en indbygget chip eller QR-kode.

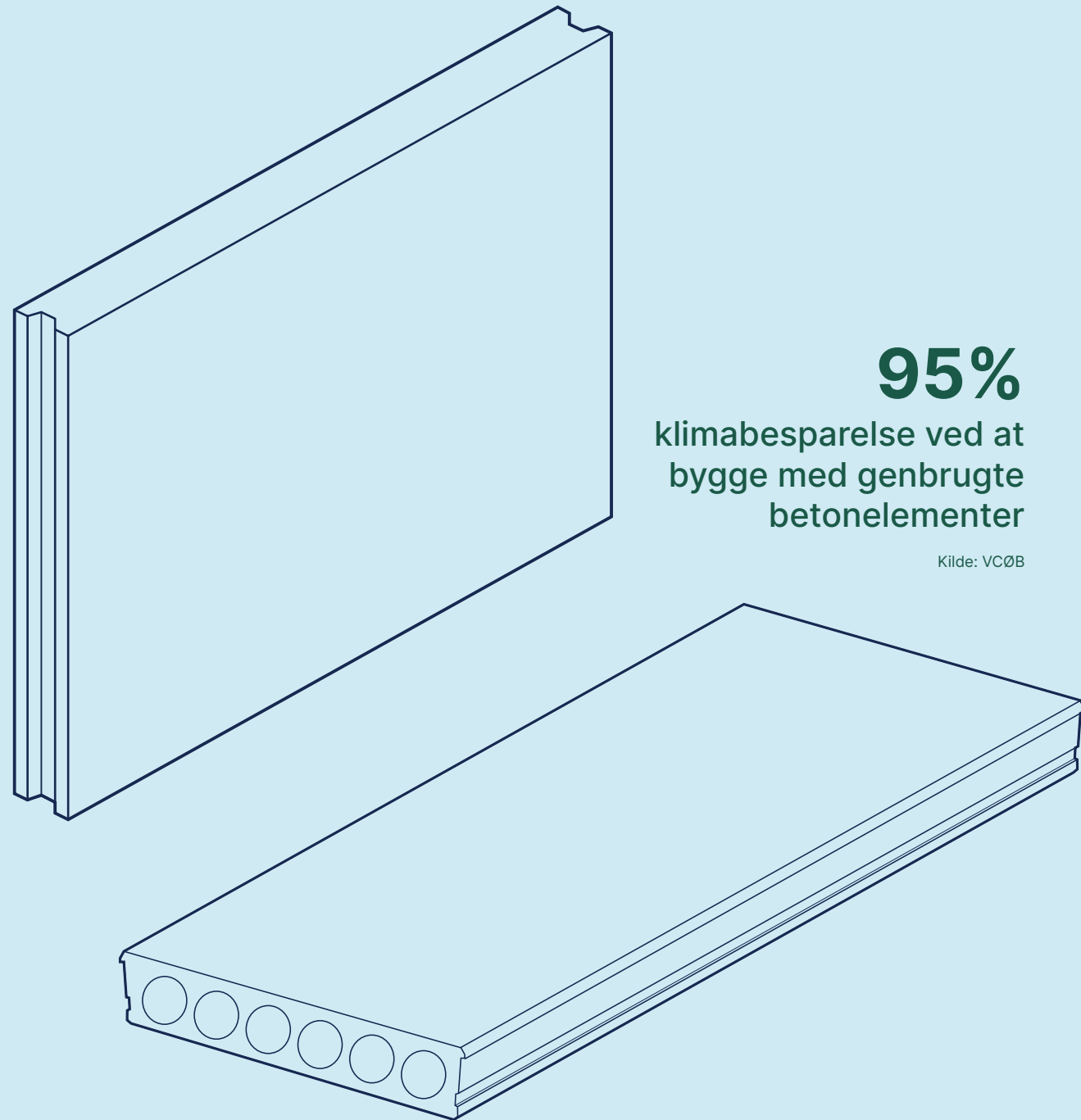


Mekaniske samlinger

Anvend mekaniske samlinger som bolte frem for skud, svejsning og nitter.

Betonelementer

Beton



95%

klimabesparelse ved at bygge med genbrugte betonelementer

Kilde: VCØB

Potentialer

Elementbyggeri

Betonelementer er allerede byggeklodser, som egner sig godt til genbrug i fremtiden.

Monolitisk og robust materiale

Betonelementer bruges som et massivt materiale og er meget holdbart. Det egner sig derfor særligt godt til design for adskillelse.

Betonland

Danmark har en stærk tradition for at anvende beton i byggeriet og det er er nok det mest fremherskende byggemateriale. Derfor er beton et centralt fokusområde, som kan have en betydelig indflydelse på branchen.

Betonelementer

Barrierer

Supplerende materialer

Beton i sig selv bliver aldrig reversibelt og kræver et andet materiale, for eksempel samlinger i stål, for at muliggøre adskillelse. Dette gør både processen mere kompleks og kræver ekstra ressourcer.

Test og ansvar

Ofte er der behov for destruktive tests for at undersøge og sikre tilstanden af betonkonstruktioner, hvilket er omstændigt og ressourcekrævende. Der eksisterer non-destruktive metoder, men der mangler standardiserede metoder. Desuden er det afgørende med underskriftsgodkendelse for at garantere genbrug af elementerne.

Modagenda

Den aktuelle bæredygtighedsagenda i branchen favoriserer ikke nødvendigvis brug af beton og går imod brugen af biogene materialer. Det kan derfor udgøre en barriere at gå imod fremherskende tendenser.

Anbefalinger

Sekundært byggeri

Benyt genbrugsbeton i byrummet og i sekundært byggeri, hvor risikoen er lavere, indtil det er mere udbredt at bygge i højden og i det permanente byggeri.

Lavere konsekvensklasse

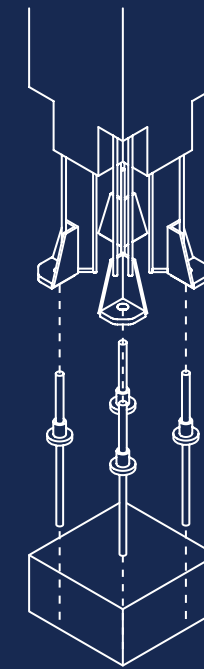
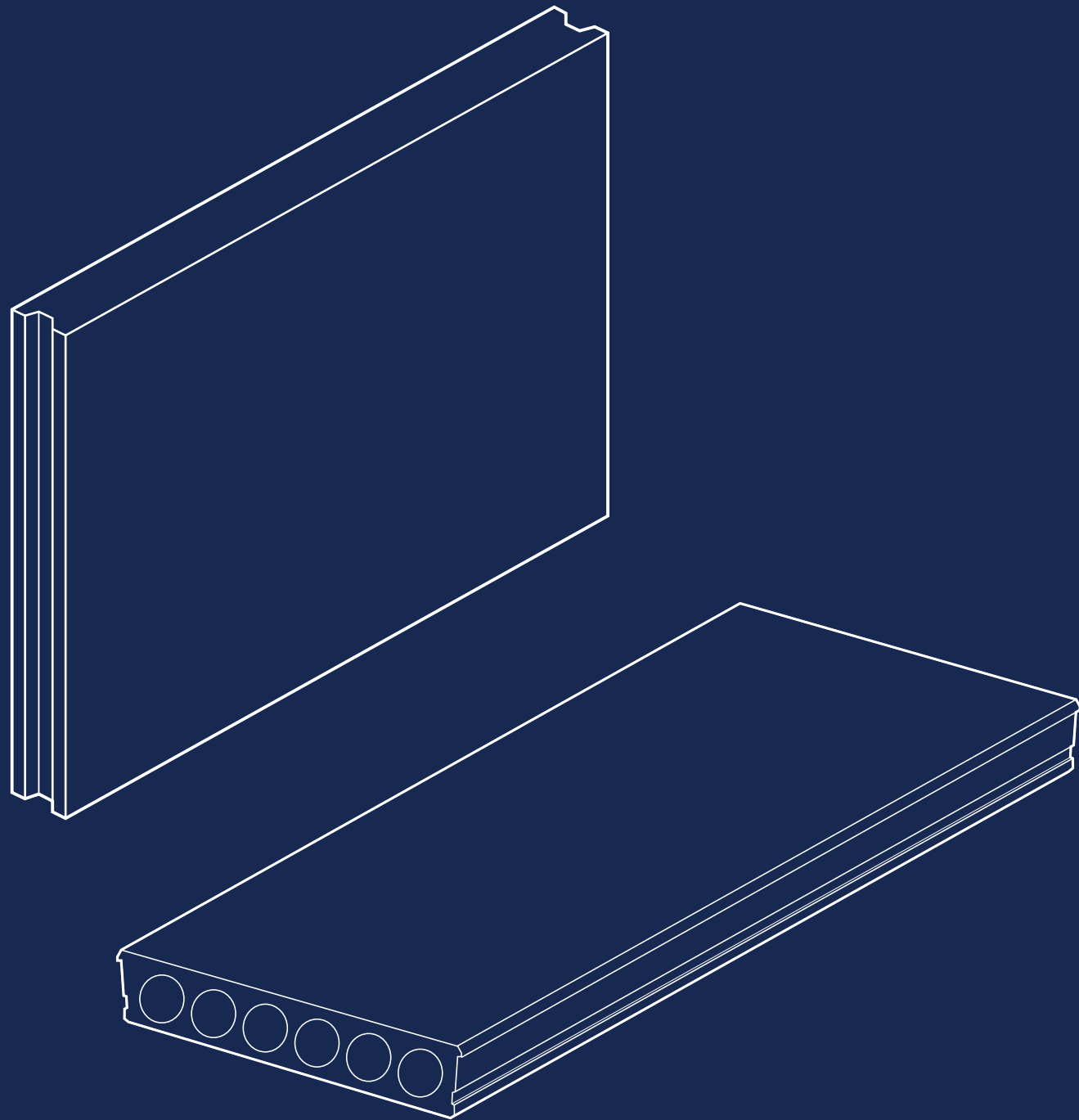
Brug elementer i byggeri med lavere konsekvensklasse (CC) og/eller benyt overdimensionerede elementer i stedet for at bruge nye betonelementer. Dette reducerer krav til de tekniske egenskaber og behovet for dokumentation.

Funktionskrav

Overvej det specifikke anvendelsesscenarie for det genbrugte betonelement. Det er muligt at reducere de strenge funktionskrav og dokumentationskrav for betonelementer afhængigt af deres tilsigtede genbrugsfunktion.

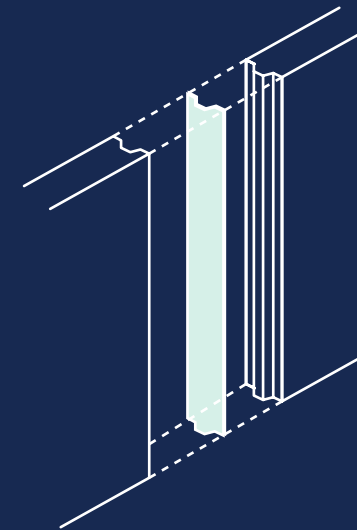
Betonelementer

Optimeringer



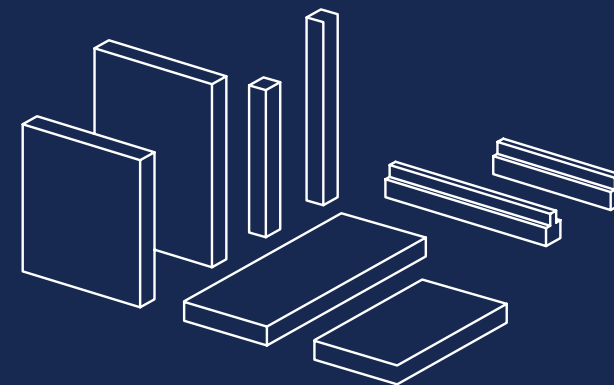
Mekaniske samlinger

Boltede samlinger, ankerbolte og vægsko uden betonfuger, hvor kraftige gummilister skal sikre tætheden.



Alternativ mørtel

Mindre stærk mørtel anvendes som fyldning i samlingen og kan fjernes uden at beskadige selve elementet, for eksempel ved opløsning med vand.



Modulært koncept

Betonelementer designes således, at de kan anvendes på forskellige steder i byggeriet, ligesom legoklodser.

Betonelementer

Cases

Leverandør: Peikko

Den finske virksomhed Peikko leverer et bredt udvalg af boltede samlinger til præfabrikerede betonelementer. De engagerer sig i forskning og udvikling af cirkulære løsninger og har introduceret mange nye og innovative løsninger på markedet gennem årene.

Deres beslag i form af væg- og søjlesko indstøbes i bunden af betonelementer og ankerboltene støbes i fundamentet eller toppen af betonelementet på elementfabrikken. Elementerne samles på byggepladsen og fastgøres ved hjælp af skiver og møtrikker. For at muliggøre design for adskillelse fyldes samlingerne med ikke-cementbaseret mørtel, som kan fjernes igen.

De boltede samlinger sikrer en fremtidig nem adskillelse af betonelementerne med minimale skader på betonen.

Læs mere her: peikko.dk



Boltet søjlesamling fra Peikko.
Foto: Peikko

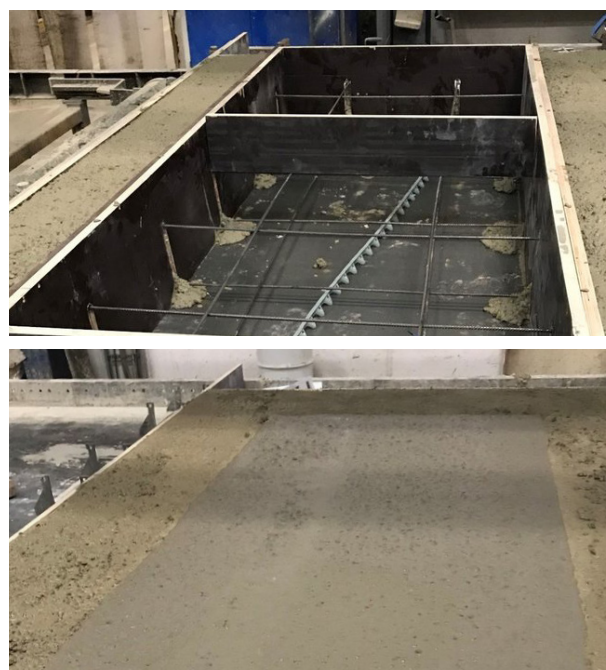
Forskningsprojekt: Modificerbart betonelement

Forskningsprojektet fokuserer på at forbedre fleksibiliteten af betonkonstruktioner ved at udvikle modificerbare designs og optimere konstruktionerne for at reducere CO₂-aftrykket ved produktion.

De modificerbare betonkonstruktioner er designet med zoner, der kan fjernes uden eller med minimalt behov for yderligere forstærkning. Dette muliggør fremtidige åbninger, hvilket gør det muligt at tilpasse bygningen til ændrede funktionskrav og anvendelse.

Projektet er en erhvervs-ph.d., der laves i et samarbejde mellem DTU, Rambøll og Heidelberg Materials Precast Denmark. Det foregår i perioden 2020-2024.

Læs mere her: danskindustri.dk



Støbning af modificerbart betonelement.
Foto: Sara Sofie Vestergaard

Forskningsprojekt: (P)RECAST – Genbrug af betonelementer

(P)recast er et projekt, der har til formål at udvikle metoder, der muliggør direkte genbrug af betonelementer ved at løse udfordringerne gennem hele værdikæden, fra nedrivning og ind i et nyt byggeri.

Gennem projektet udvikles det teknologiske og dokumentationsmæssige grundlag for direkte genbrug af præfabrikerede betonelementer som bærende konstruktioner i nyt byggeri.

Dette opnås gennem:

- Udvikling af paradigmer for omhyggelig nedtagning og dokumentation af nødvendige egenskaber.

- Udvikling af metoder til samling og inkorporering af genbrugte betonelementer i statiske systemer samt nye indbygningsmetoder i nybyggeri.

- Sikring af implementering gennem beregning af pålidelige miljødata, forretningsudvikling hos industrielle partnere og demonstrationsprojekter.

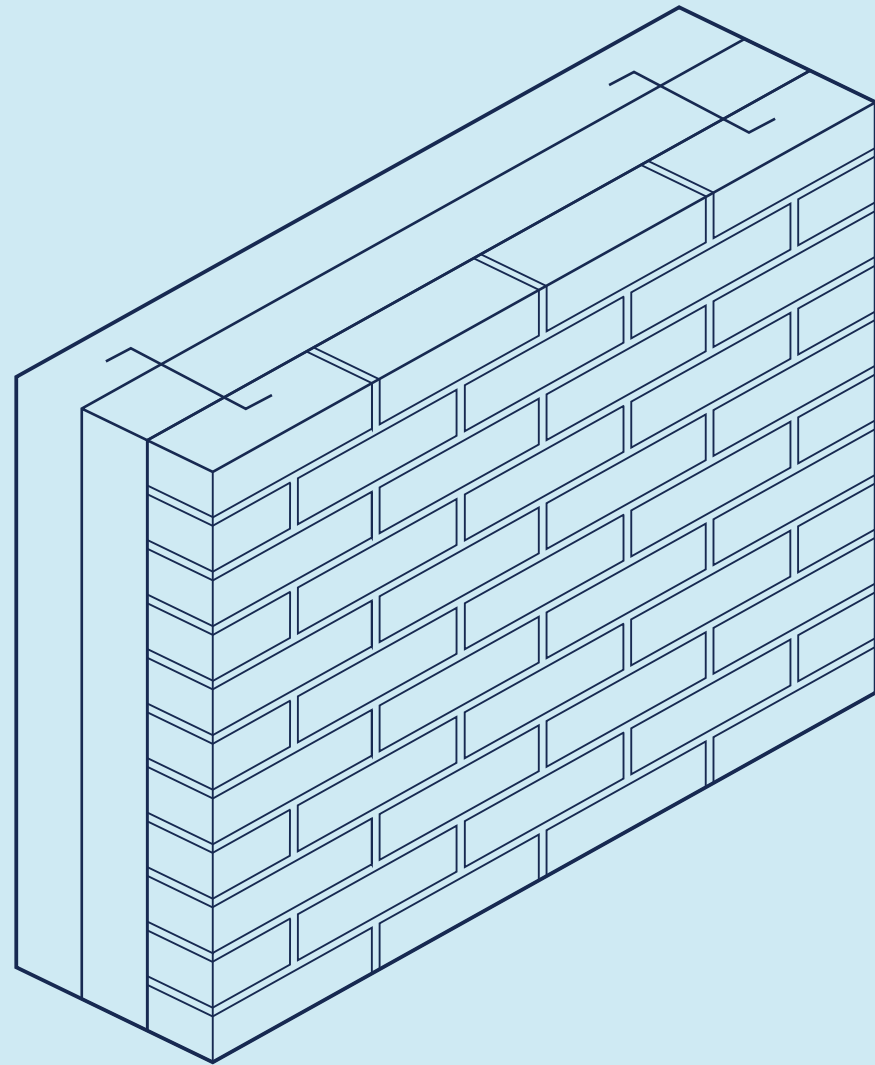
Projektet er støttet af MUDP under Miljøministeriet og foregår i perioden januar 2022 – juni 2024.

Læs mere her: teknologisk.dk



Nedrivning af betonelementer.
Foto: IKEA

Mursten



77%
 klimabesparelse ved at
 bygge med genbrugte
 mursten

Kilde: VCØB

Potentialer

Udbredelse

En betydelig andel af Danmarks bygningsmasse har facader, der er lavet af mursten, og mursten bruges stadig hyppigt i byggeriet. Mange lokalplaner foreskriver også specifikt brugen af mursten.

Standardmål

Mursten følger standardmål og format – dog ikke nødvendigvis det samme i alle lande – og har en håndterbar størrelse, der er enormt fleksibel i sin anvendelse.

Miljø- og klimagevinst

Produktion af nye mursten kræver betydelig energi og råstoffer. Genbrug af mursten kræver langt mindre energi og bidrager til reduktion af råstofanvendelsen.

Levetid

Mursten har en lang levetid, ofte længere end den bygning, de er indmuret i, og dens æstetisk appellerende patina er eftertragtet.

Nedknusning til vejfyld

Størstedelen af teglaffald genanvendes ved nedknusning til vejfyld, og der ligger et stort potentiale i at genbruge dem direkte i nye bygninger.

Mursten

Barrierer

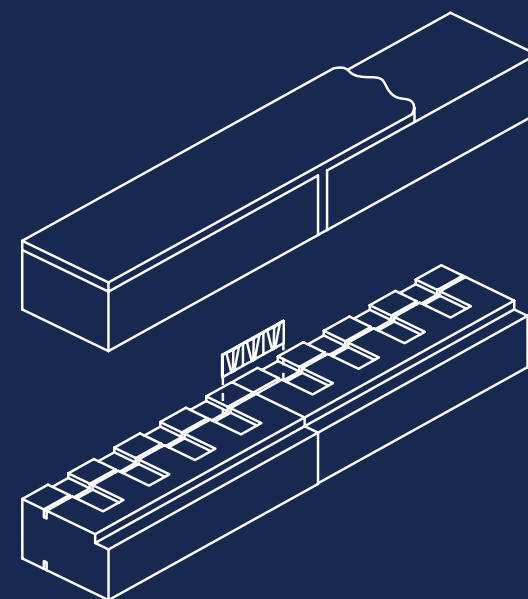
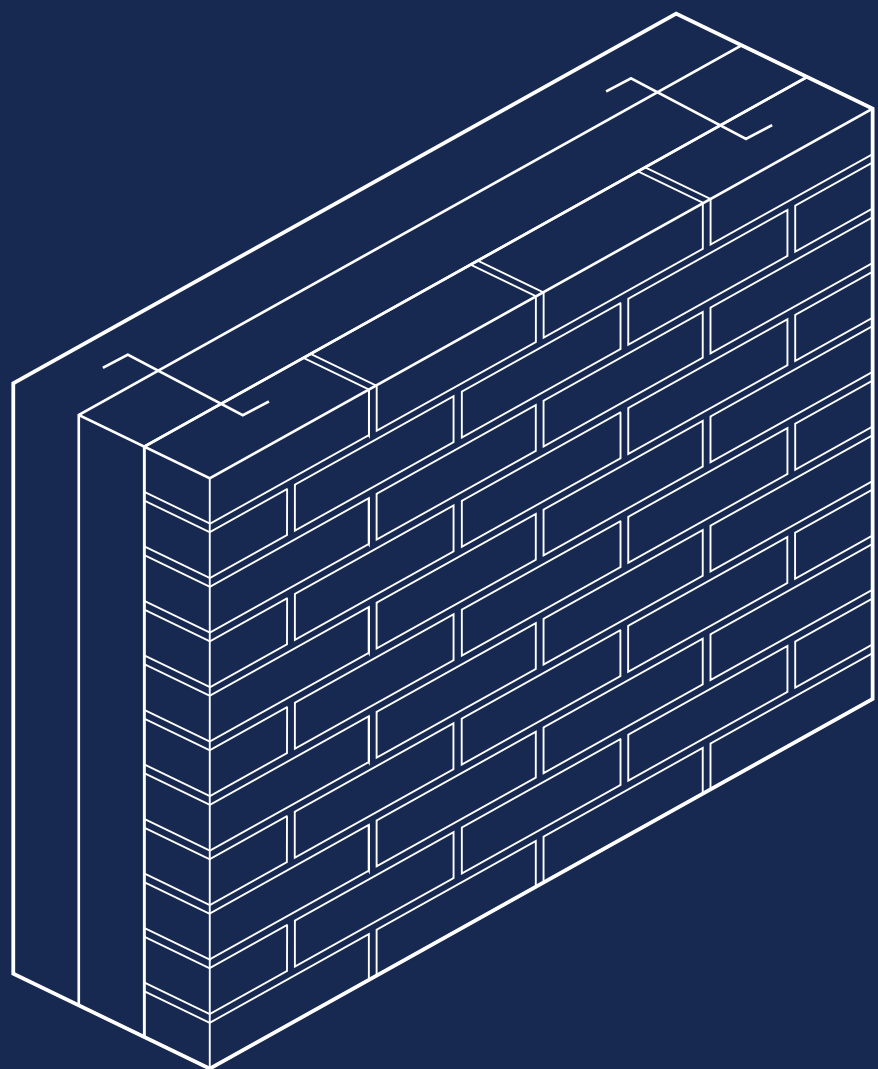
<p>Vanskeligt at adskille</p>	<p>Genbrug af mursten er i dag stadig begrænset i forhold til potentialet. Dette skyldes, at de typisk er muret op med cementmørtel, en praksis der startede i 1960'erne. Dette gør murværket vanskeligt at adskille og rense uden at ødelægge stenene. Det er dermed stort set umuligt at genbruge mursten efter denne periode.</p>
<p>Forretningsmodel</p>	<p>Prisen på genbrugsmursten er typisk højere end prisen på nye teglsten. Forsyningssikkerheden varierer, og omkostningerne påvirkes af den geografiske placering og transportomkostningerne. Dette resulterer i begrænsede økonomiske incitamenter for genbrug af mursten. Det er også essentielt, at de genbrugte mursten pakkes på en måde, der giver indtryk af, at det er et kvalitetsprodukt, samtidig med at de passer ind i eksisterende arbejdsgange.</p>
<p>Dokumentationskrav</p>	<p>For at genbrugte mursten kan erstatte nye mursten i byggeriet, er det nødvendigt at kunne dokumentere, at disse sten besidder en kvalitet, som sidestiller dem med nye sten beregnet til samme formål.</p>

Anbefalinger

<p>Kalkmørtel</p>	<p>Fremme brugen af kalkmørtel eller andre alternativer til cementmørtel, så murstenene kan adskilles. Kalkmørtel var den dominerende metode frem til cementmørtelens indtog i 1960'erne og har derfor allerede bevist sin holdbarhed og bygbarhed. Når man murer med kalkmørtel, skal man være opmærksom på, at hærdetiden er lidt længere end med cementmørtel.</p>
<p>Lovgivning</p>	<p>Ændring af dokumentationskravene og indførelse af en standard for differentiering af genbrugte mursten, så de kan konkurrere på lige fod med nye materialer.</p>
<p>Ny teknologi og anvendelse</p>	<p>Innovation inden for anvendelsesmuligheder og teknologier for at adskille murstenene kan gøre det lettere at integrere genbrug i fremtidens byggeri.</p>

Mursten

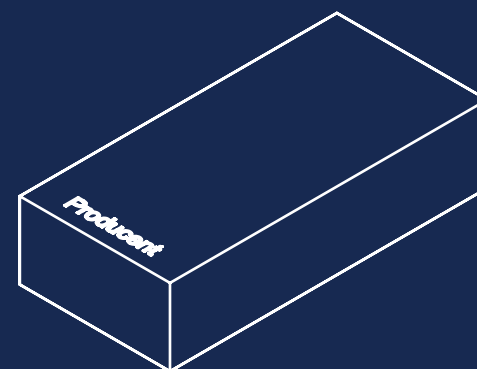
Optimeringer



Genbrugelige forbindelser

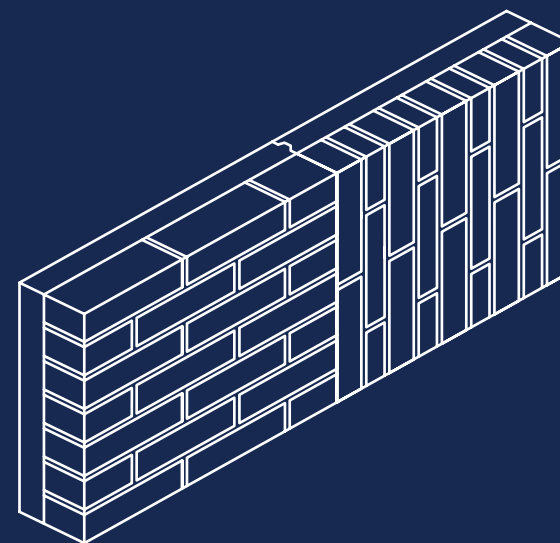
Undlad at anvende cementmørtel; i stedet bør kalkmørtel overvejes, da den har den fordel, at murstenen let kan skilles fra mørtlen og renses.

Alternativt kan der arbejdes på udvikling af klem-, klip- eller klikssystemer, der smidigt forenkler adskillelse og genbrug.



Indbygget data

Integrér en digital eller fysisk mærkning på hver mursten med information om producent, oprindelse og eventuel behandling.



Modulært koncept

Overvej at designe murstensvægge i større moduler, hvor hvert modul kan adskilles fra de omkringliggende moduler.

Mursten

Cases

Projekt: Trælasten

Trælasten er en ny bydel i Aarhus, hvor der er stort fokus på genbrug af eksisterende materialer. Der er blevet gennemført en omfattende kortlægning af alle materialer fra de eksisterende bygninger, og der er fastlagt krav for at integrere disse materialer i opførelsen af nye bygninger.

Mursten er blandt andet blevet fjernet i 1 m² felter og bliver indarbejdet som ny facade, gulvbelægning og brystninger. Teglsten fra de eksisterende tage demonteres omhyggeligt og anvendes som ny facadebeklædning. De store limtræsspær fra hallerne skæres ned og genbruges direkte i opbygningen af nye bærende konstruktioner, herunder i Åens hus.

Projektet er udviklet af PensionDanmark, CASA, BRIQ, Gehl arkitekter, Vandkunsten, CEBRA og LOOP.

Læs mere her: traelastenaarhus.dk og kingo.biz



Teglsten fra de gamle bygninger til genbrug som facadebeklædning.

Foto: Kingo



Mursten fra de gamle bygninger som skal genbruges til forskellige formål, herunder gulvbelægning og brystninger.

Foto: Kingo

Produkt: ClickBrick

ClickBrick er et tørt stablesystem, der er skabt af den hollandske virksomhed Wienerberger. Systemet er helt genanvendeligt, da murstenene er designet til at blive monteret med forankringer i stedet for mørtel.

Læs mere her: wienerberger.nl



Montering af ClickBrick Pure facade.

Foto: Wienerberger



KALK's produkter er Cradle to Cradle guld certificeret.

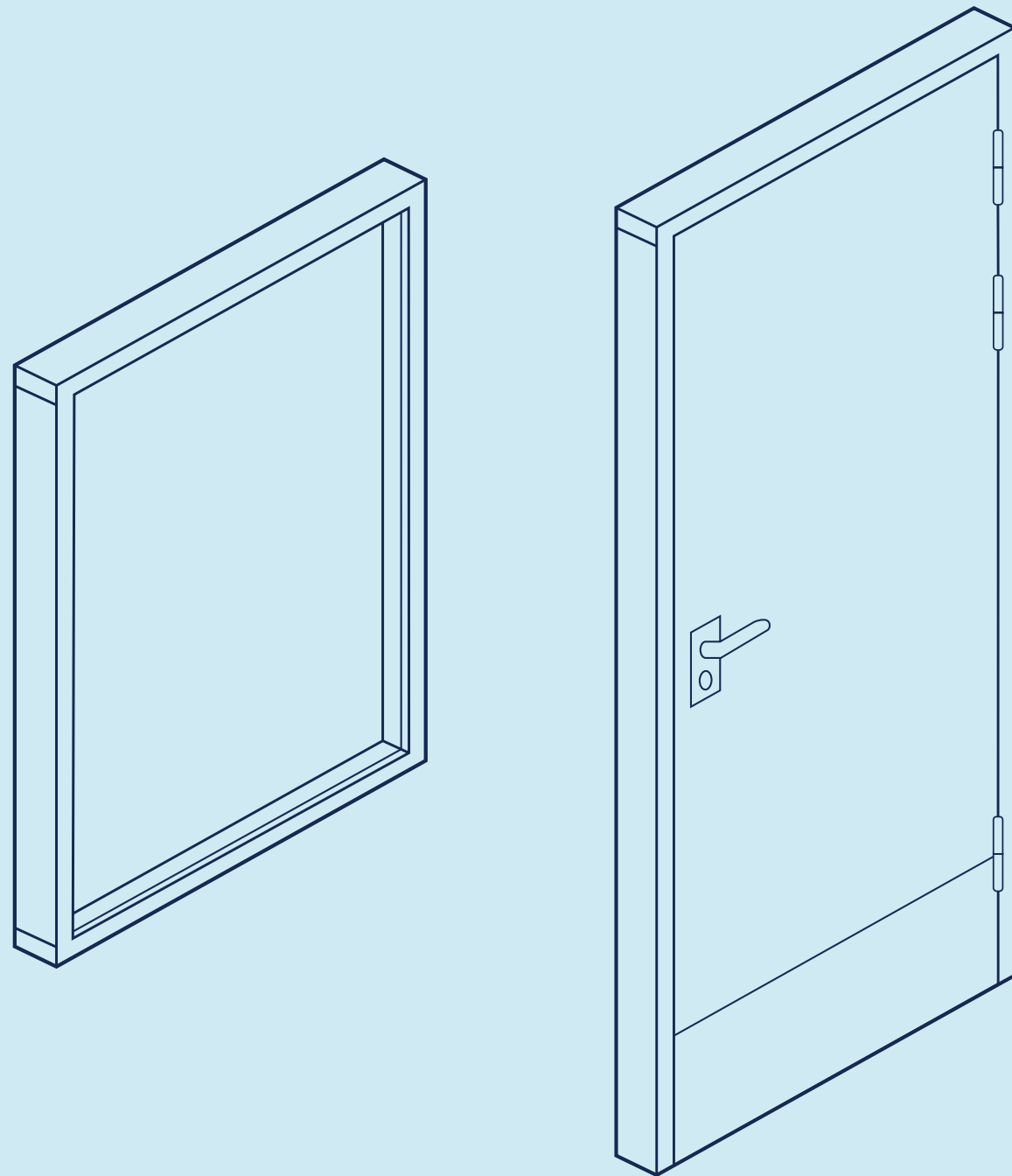
Foto: KALK A/S

Leverandør: KALK A/S

KALK A/S er en virksomhed, der leverer kalkprodukter, herunder kalkmørtel, til nybyggeri og renovering. KALK har samlet omfattende viden og vejledning vedrørende valg af kalkmørtel samt metoder til at bygge uden brug af cement.

Læs mere her: kalk.dk

Vinduer og døre



Potentialer

Stor udbredelse

Alle bygninger har døre og vinduer, og da disse også har en begrænset teknisk levetid, vil de kræve udskiftning eller vedligehold på et tidspunkt. Derfor vil det være relevant at designe dette byggekomponent for adskillelse i alle projekter.

95%

klimateksparere ved at bygge med kassevinduer af genbrugte termoruder

Vinduer og døre

Barrierer

Lovgivning og energikrav

Det er stort set umuligt at overholde nye energikrav med gamle ruder. Der går ikke mange år, før et vindue ikke kan opfylde de nye krav til U-værdier, hvilket gør dem egnede til genbrug.

Dimensioner og tilpasningsevne

Genbrugte vinduer og døre kommer i det format, de nu engang har, og dimensionerne kan ikke tilpasses. Desuden er der et indbygget dilemma, idet vinduer med små glas er mere fleksible og dyre, mens store glas er mindre fleksible, uhåndterlige, men billigere.

Arbejdsproces og -miljø

Vinduerne er svære og tunge at håndtere samt vanskelige at fjerne fra eksisterende byggeri på grund af adgangsforholdene.

Direkte genbrug

Glas er energitungt at fremstille, og det er svært at genbruge 1 til 1, derfor vil det ofte ende som genanvendelse.

Æstetisk værdi

Vinduerne skal have en vis æstetisk værdi for at kunne genindbygges, hvilket vil sige, de skal være vedligeholdte og i pæn stand. Genopretning af plastvinduer kan dog vise sig at være udfordrende, da det er svært at reparere eller udskifte forældede dele.

Anbefalinger

Genbrugskrav og energikrav

Sænkning af energikrav til genbrugsvinduer vil åbne op for en bredere anvendelse af genbrugte vinduer.

Moderne forsatsruder

Udvikling og implementering af moderne forsatsruder. Større udbredelse af forsatsruder i byggeri vil kunne hjælpe med at forbedre ældre vinduers isolerende egenskaber.

Standardstørrelser

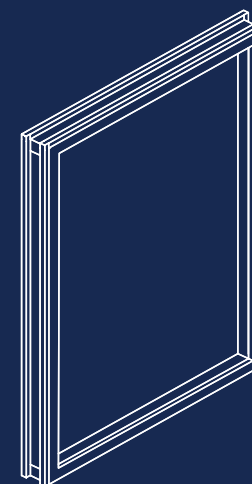
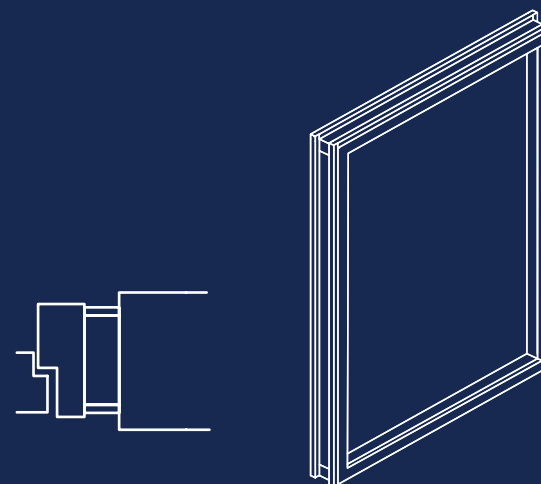
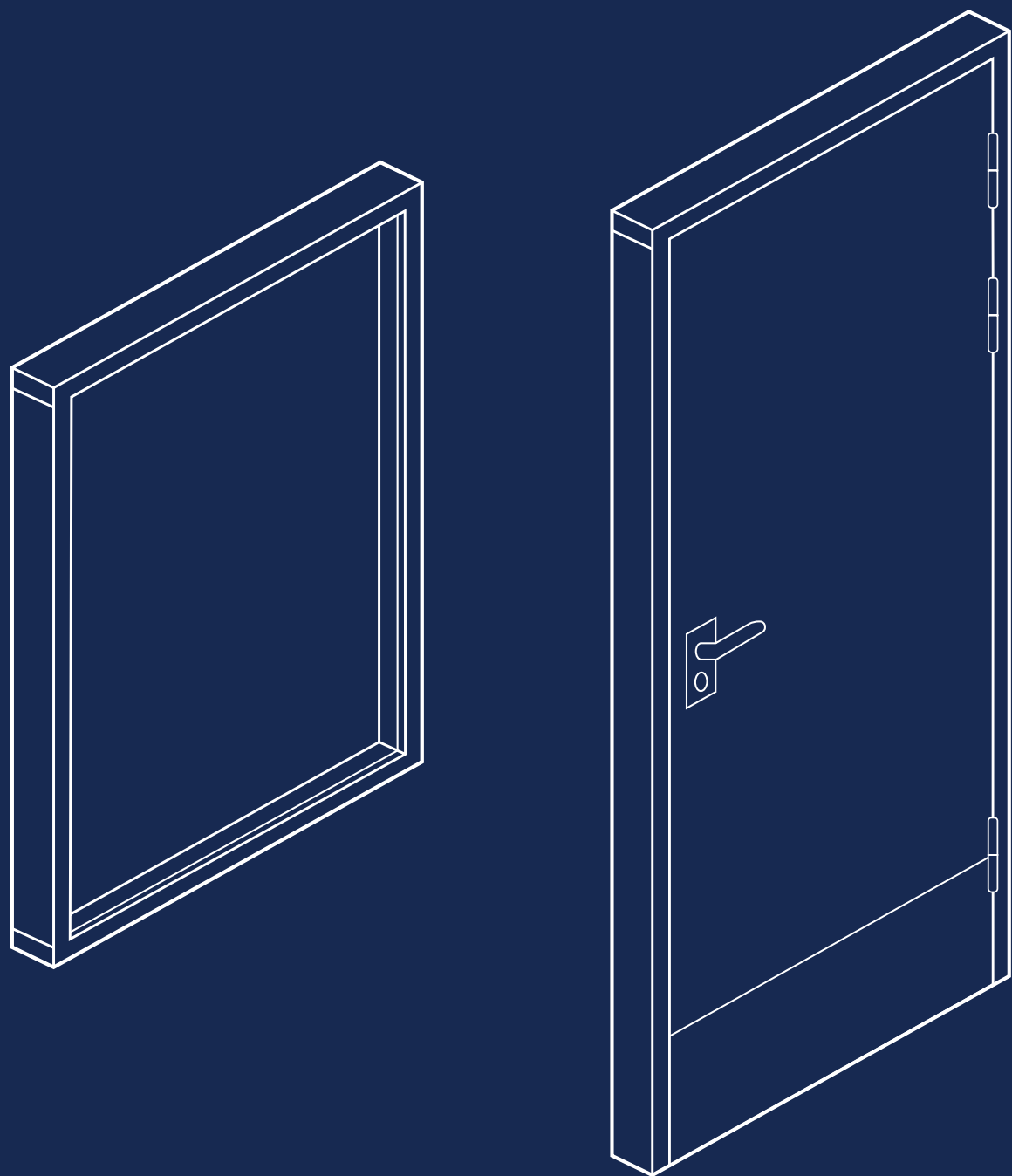
Indførelse af en række standardstørrelser for vinduer, så der er et fælles mål at stræbe efter. Lige nu produceres vinduer stort set altid i specialformater, hvilket besværliggør genbrug.

Sekundære funktioner

Vinduer kan genbruges i en anden funktion for at undgå energikrav. For eksempel kan de anvendes i orangerier eller som indvendige glaspartier i møderum mm.

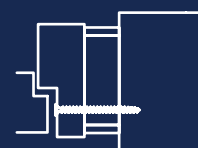
Vinduer og døre

Optimeringer



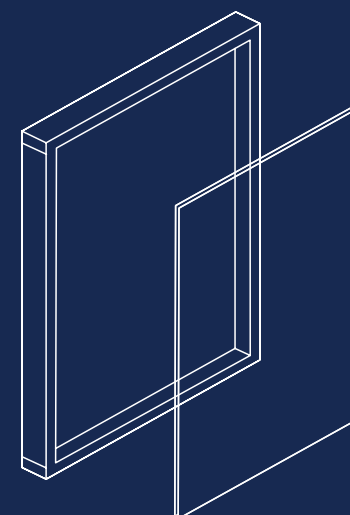
Alternative fuger

Brug kalkfuger eller ekspansionsfugebånd omkring vinduer i stedet for gummifuger.



Montering og tætning

Fastgør karmen ved at skrue den fast indefra og anvend indvendig airstoptape for at sikre lufttæthed.

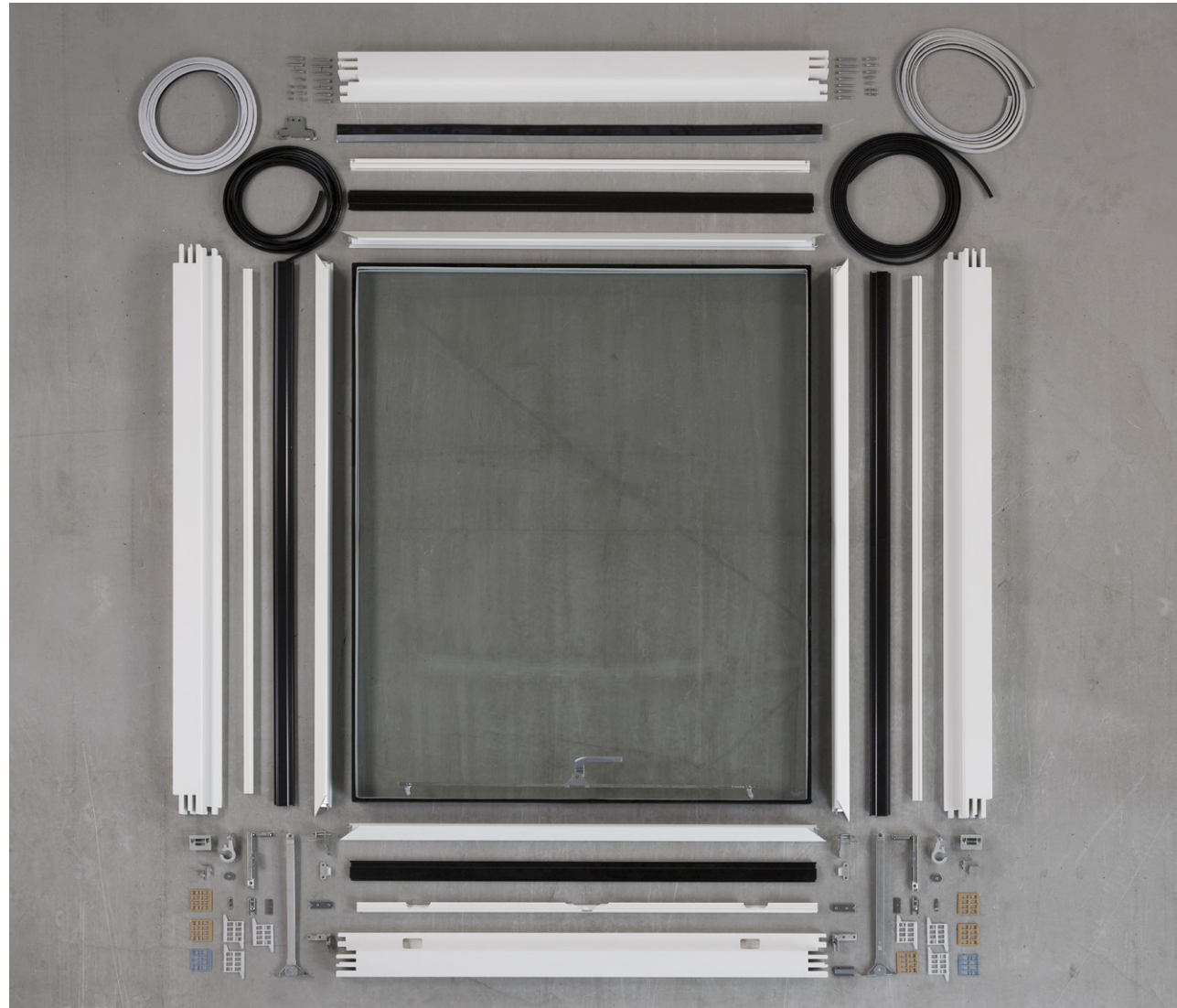


Design for udskiftning

Design vinduet, så glasset let kan skiftes ud, eller monter yderligere glas eller forsatsruder.

Vinduer og døre

Cases



VELFAC 200 ENERGY adskilt i materialefraktioner.

Foto: VELFAC

Produkt: VELFAC vinduer

VELFAC er en af Europas førende producenter af vinduer. Alle deres vinduer og døre er konstrueret med tanke på adskillelse. Når levetiden er nået til ende, kan vinduet nemt skilles ad i dets individuelle komponenter, som derefter kan genanvendes til at skabe nye produkter. Det eneste specialværktøj, der kræves, er en rundsav til at fjerne den termiske bro i aluminiumsrammen.

Læs mere her: velfac.dk

Produkt: Viddø vinduespartier

Viddø er et vinduesprodukt fra A:gain, hvor vinduerne er skabt ved hjælp af kasserede glaseheder og AI-drevne værktøjer. Dette giver unikke løsninger for nye vinduer, som er baseret på genbrugsmateriale.

Læs mere her: again.dk



Nye Viddø vinduespartier til Upcycle studios skabt af kasserede glaseheder.

Foto: Rasmus Hjortshøj (øverst), a:gain (nederst)

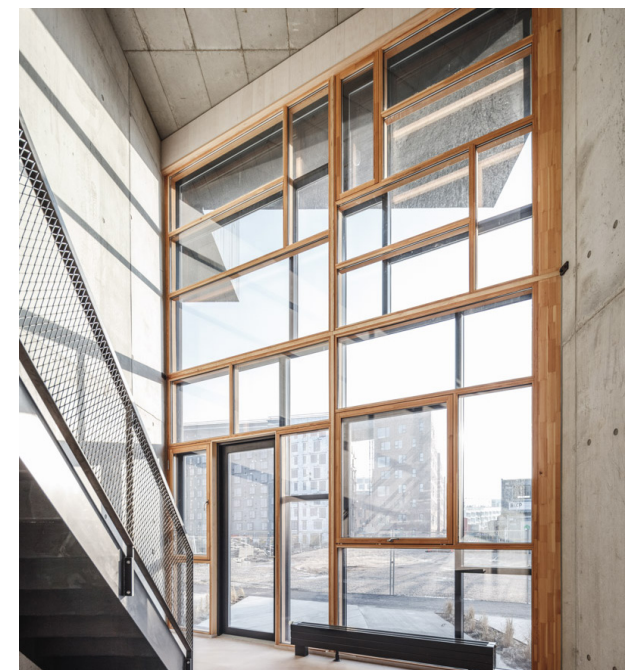
Projekt: Upcycle studios

Upcycle studios er et projekt, hvor der hovedsageligt er brugt genbrugsmaterialer og spildmaterialer. I projektet var der stillet krav til, at ruderne fra en stor ejendom i Aalborg skulle genbruges og indgå som elementer i nye vinduer.

Termoruderne blev nænsomt taget ud, rensat og udgør nu 60-70% af det samlede vinduesareal for det toetagers rækkehus. De gamle vinduer er koblet sammen med et andet vindue i en dobbeltfacade for at leve op til krav til U-værdi. KRONE Vinduer har hjulpet med specialløsningen.

Projektet er udviklet af Lendager Group, NREP, AG Gruppen, Artelia.

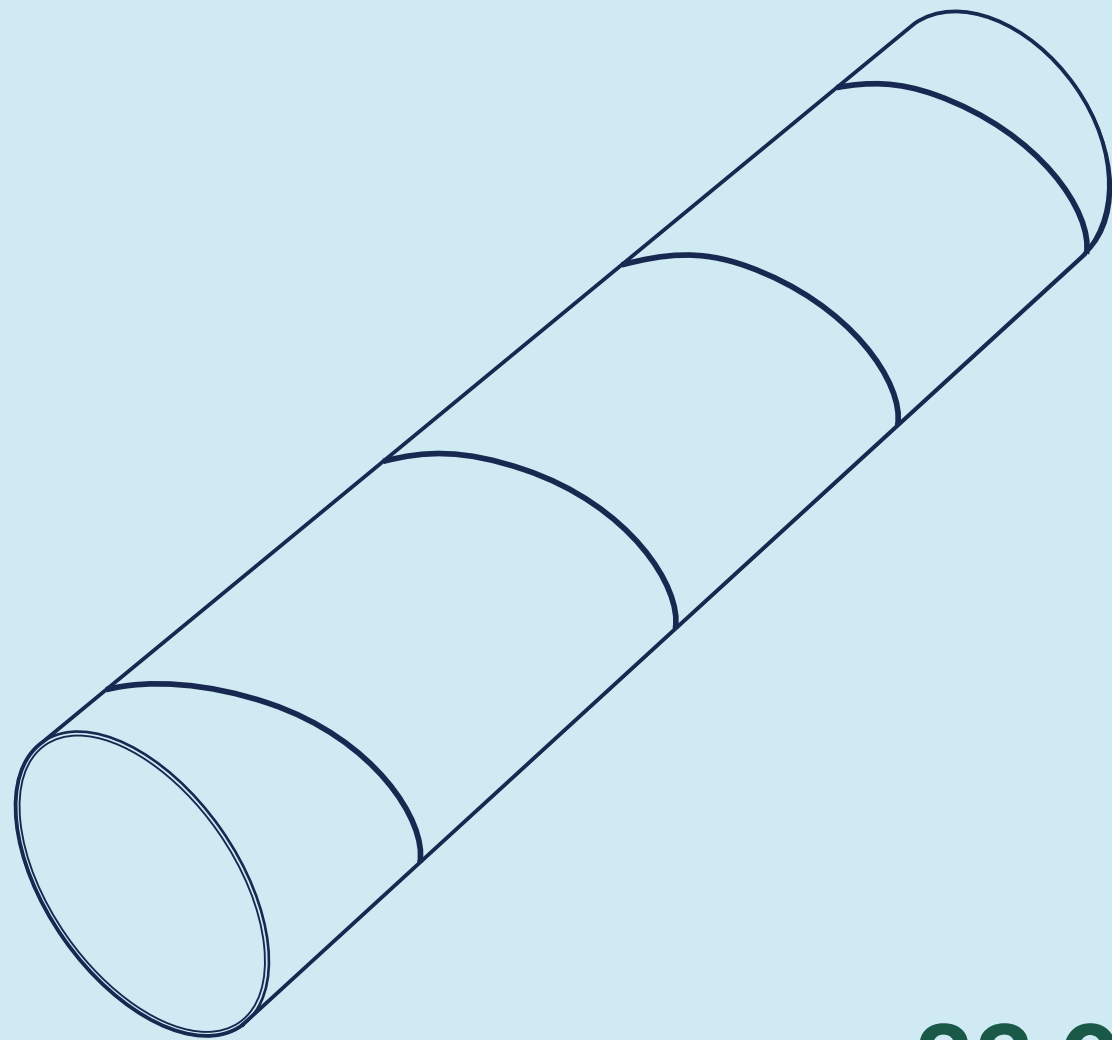
Læs mere her: kronevinduer.dk



Upcycle studios med dobbeltfacade af gamle vinduer.

Foto: Rasmus Hjortshøj

Ventilationsrør



~23.000
kq CO₂-eq udledes ved
produktion af en kubikmeter
galvaniseret stål

Kilde: Materialepyramiden

Potentialer

Betydelig rolle

Ventilation udgør en betydelig del af vores byggeri og er afgørende for at opretholde indendørs luftkvalitet og sikre sunde bygninger.

Ikke-fornybare ressourcer

Genbrug af ventilationsrør kan bidrage til at mindske forbruget og behovet for mineralske råvarer som jern og aluminium.

Monolitisk og robust materiale

Ventilationsrør, ofte fremstillet af galvaniseret stål eller aluminium, er yderst holdbare. De egner sig derfor særligt godt til design for adskillelse.

Nem at håndtere

Ventilationsrør er enkle at håndtere og relativt modulære, de kræver ikke særlige sikkerhedsforanstaltninger og kan monteres og demonteres med almindeligt udstyr.

Ventilationsrør

Barrierer

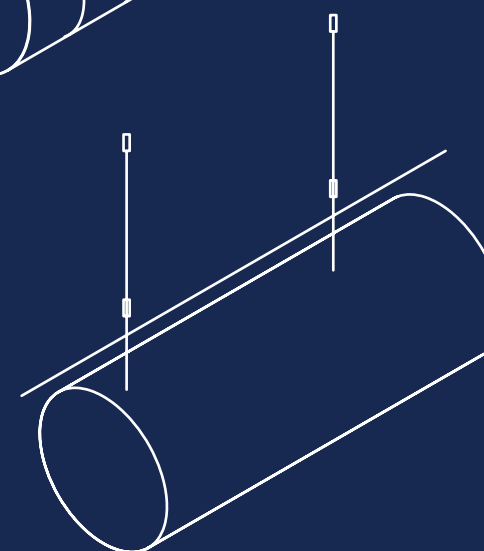
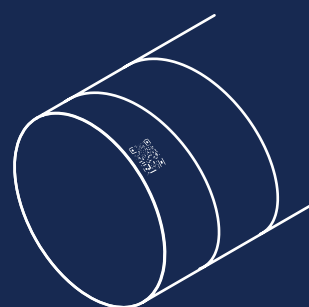
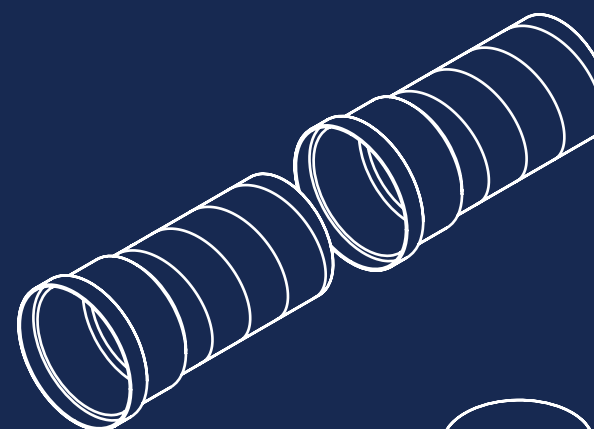
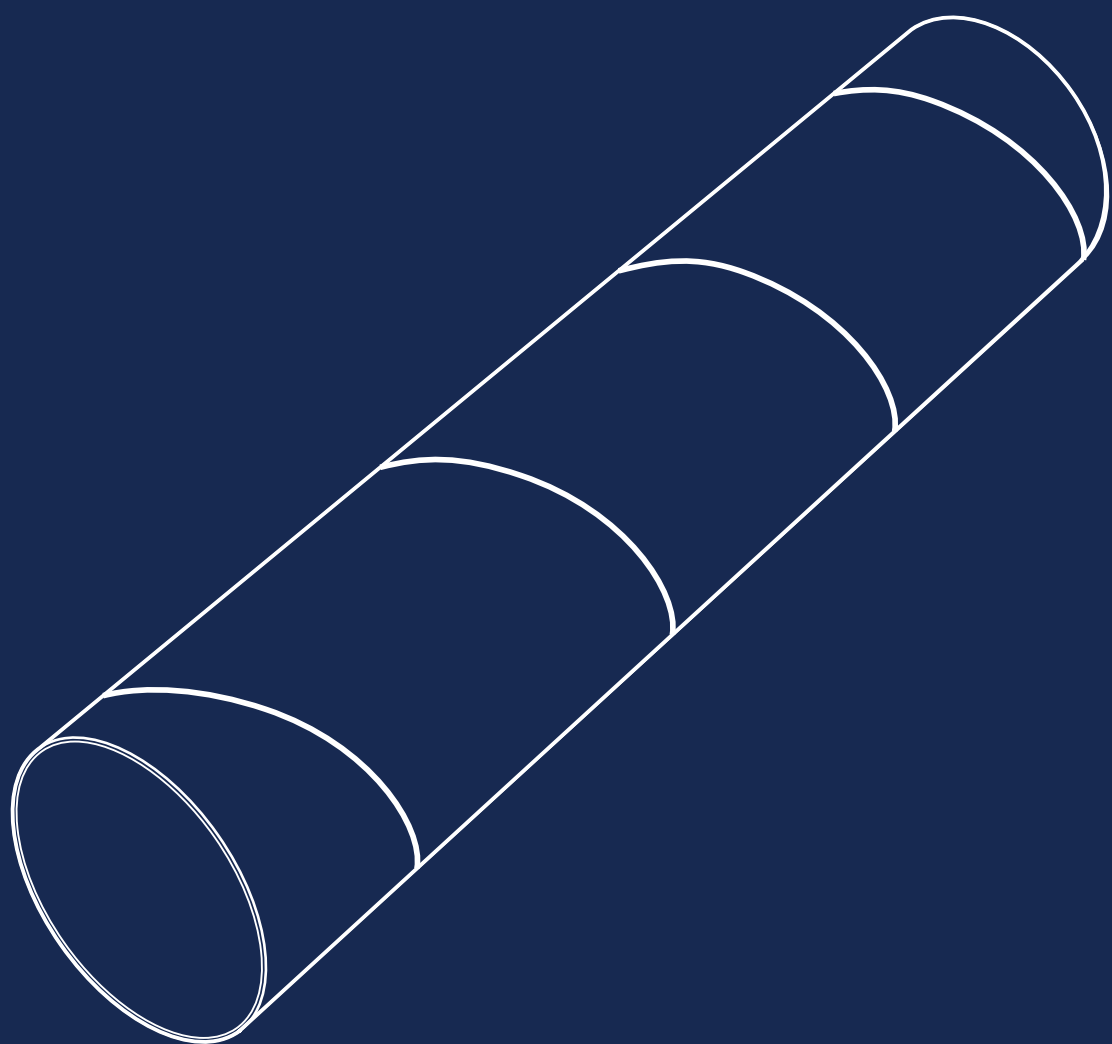
<p>Ukendte stoffer</p>	<p>Det kan være en udfordring at genbruge ventilationsrør, hvis der findes forurening fra tidligere brug, hvilket kan udgøre sundhedsrisici og kræve rensning.</p>
<p>Funktionskrav</p>	<p>Størrelsen af ventilationsrør varierer afhængigt af funktionskravene og opbygningen af ventilationssystemet, og de findes derfor i mange forskellige størrelser og længder. Dette kan udfordre implementeringen i et nyt projekt.</p>
<p>Forsyningsikkerhed</p>	<p>Ventilationssystemer består typisk af mange specialiserede komponenter, hvilket kan være en udfordring i forhold til at skalere og sikre en pålidelig forsyning.</p>
<p>Økonomisk incitament</p>	<p>Der er et manglende økonomisk incitament for at genbruge ventilationsrør, da de er relativt nemme at omsmelte til nye rør, og der er stor efterspørgsel og salgsværdi på stål og aluminium. Desuden fylder ventilationsrør meget og er dermed dyrere transportomkostninger.</p>

Anbefalinger

<p>Take-back / leasingordning</p>	<p>Der skal etableres take-back eller leasingordninger, hvor producenter tager ansvar for tilbagelevering og eventuel rensning af både deres egne og andres ventilationssystemer.</p>
<p>Mindre formater</p>	<p>Mindre rørstykker er lettere at håndtere og transportere samt lettere at implementere og sammensætte i forskellige projekter. Brug derudover standardiserede dimensioner og forbindelser for at sikre kompatibilitet.</p>
<p>Nye metoder</p>	<p>Der er behov for udvikling af nye metoder til sortering og forbehandling af ventilationsrør.</p>
<p>Opbyg viden og erfaring</p>	<p>Branchen har stadig brug for at opbygge viden om genbrug af ventilationsrør, især designet til adskillelse. For at skabe ny viden og erfaring er der behov for eksperimenter og demonstrationsprojekter.</p>

Ventilationsrør

Optimeringer



Mekaniske samlinger

Anvend genbrugelige mekaniske forbindelser og beslag, der kan åbnes og lukkes gentagende gange. Eksempelvis snap-fit eller klik-systemer, der gør det nemt at samle og adskille ventilationsrørene uden brug af specialværktøj.

Modulær koncept

Del ventilationsrør i mindre modulære sektioner, der let kan adskilles og genbruges individuelt.

Indbygget data

Integrér en digital eller fysisk mærkning af ventilationsrør med relevante oplysninger, såsom materiale, dimensioner og installationsdato.

Nye materialer

Udvikling af ventilationsrør i andre materialer end metal, for eksempel stof.

Ventilationsrør

Cases



1:1 prototype af facadebeklædning lavet af sammenpressede spirorør.

Foto: Vandkunsten / Kirstine Autzen

Prototype: Spirorør som facadebeklædning

Vandkunsten har, som en del af projektet "Rebeauty", undersøgt 20 fuldskala prototyper for en ny praksis inden for højniveau-genanvendelse af byggematerialer.

En af prototyperne er facadebeklædning af sammenpressede spirorør.

Beklædningsskiverne fremstilles ved at demontere og rense kanalerne, hvorefter de sammenpresses til skiver. Fladningsprocessen udføres direkte på nedrivningsstedet, hvilket minimerer transportvolumenet.

Skiverne monteres på lægter ved hjælp af et skiferbeklædningssystem, der ikke perforerer skiverne.

Læs mere her: vandkunsten.com



BLÜCHER afløbsrør med stikmuffesystem.

Foto: Blücher

Produkt: BLÜCHER Europipe - afløbsrør

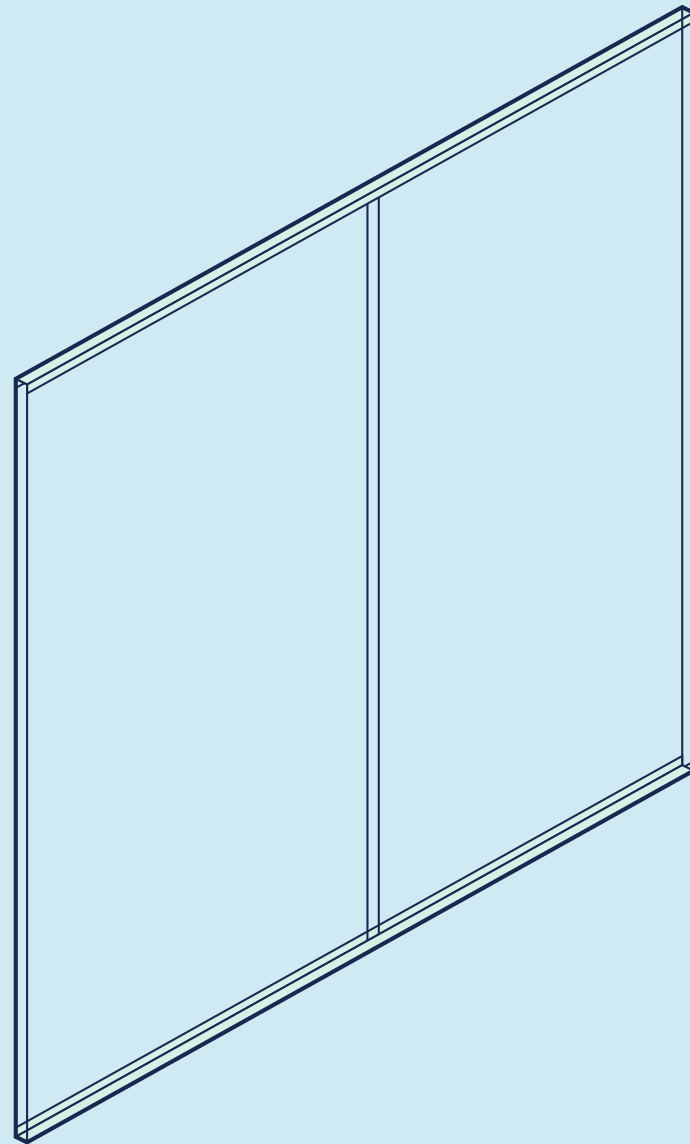
BLÜCHER afløbsrør er et afløbsrørsystem baseret på stikmuffesystem, som muliggør adskillelse med henblik på genbrug. For at beskytte rørene mod trykstød, anvendes en aftagelig sikring, der kan afmonteres med almindeligt værktøj og genbruges.

Rørene kan nemt identificeres, da alle rør og rørdele er markeret med holdbare labels med tekst og farvemarkering, der beskriver produktgodkendelser og materialekvalitet.

Læs mere her: ds.dk

Lette indervægge

Glasvægssystem og skillevægge



27%

af den totale affaldsmængde i
DK kommer fra reovering og
nedrivning i byggeindustrien

Kilde: Dakofa Vidensbank

Potentialer

Stor udbredelse

(Næsten) Alle bygninger har lette indervægge, og derfor vil det være relevant at designe dette byggekomponent for adskillelse i alle projekter.

Hyppig udskiftning

Kontorlejemål gennemgår typisk reovering og ombygning mellem hver lejer. Dette resulterer i, at alt interiør ofte bliver fjernet og bortskaffet med korte intervaller, hvilket medfører, at bl.a. lette skillevægge har en meget kortere levetid end deres faktiske tekniske levetid.

Lette indervægge

Barrierer

Fleksibilitet og samlinger

Glasvægssystemer og skillevægge mangler fleksibilitet, og samlingerne gør dem besværlige at adskille og flytte.

Brug og slitage

Lette indervægge er det inderste bygningslag og derfor i tæt kontakt med brugerne, hvorfor de også udsættes for et stort slid. Genbrugte glasvægssystemer og skillevægge kan derfor have tegn på slitage, hvilket kan påvirke deres æstetiske og funktionelle egenskaber, da de ofte ikke er lige så robuste som for eksempel beton.

Lydkrav og brandkrav

At imødekomme lydisolerings- og brandkrav udgør en udfordring ved design for adskillelse og genbrug, da genbrugsmaterialer ikke nødvendigvis lever op til de samme standarder som nye.

Håndtering

Håndtering af lette skillevægge og glasvægge kan være kompliceret, især glasvægssystemer er forholdsvis tunge og kræver særlige forholdsregler.

Dimensioner

Genbrugte skillevægge og glasvægge leveres i de dimensioner, de oprindeligt har, og kan ikke nødvendigvis tilpasses, hvilket kan skabe udfordringer ved implementering og tilpasning til andre byggerier.

Anbefalinger

Design for vedligehold

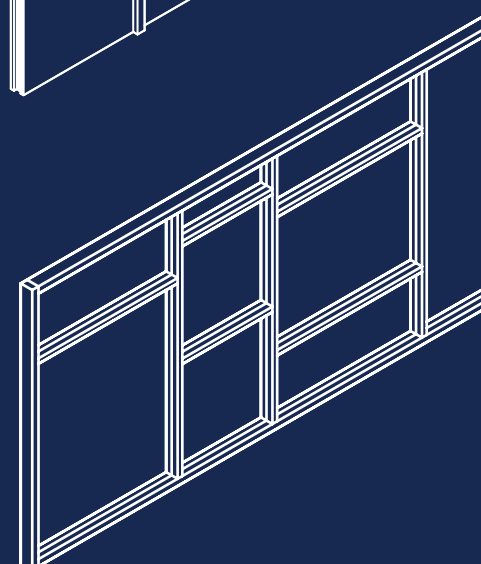
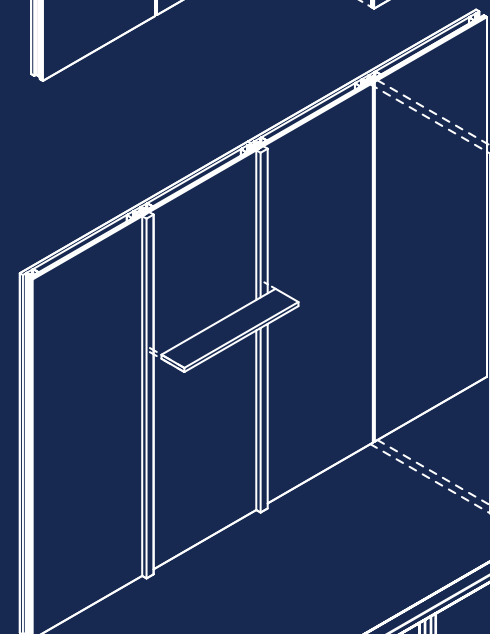
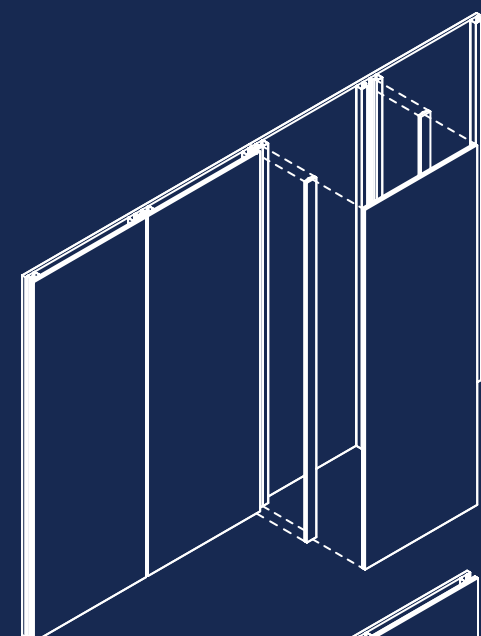
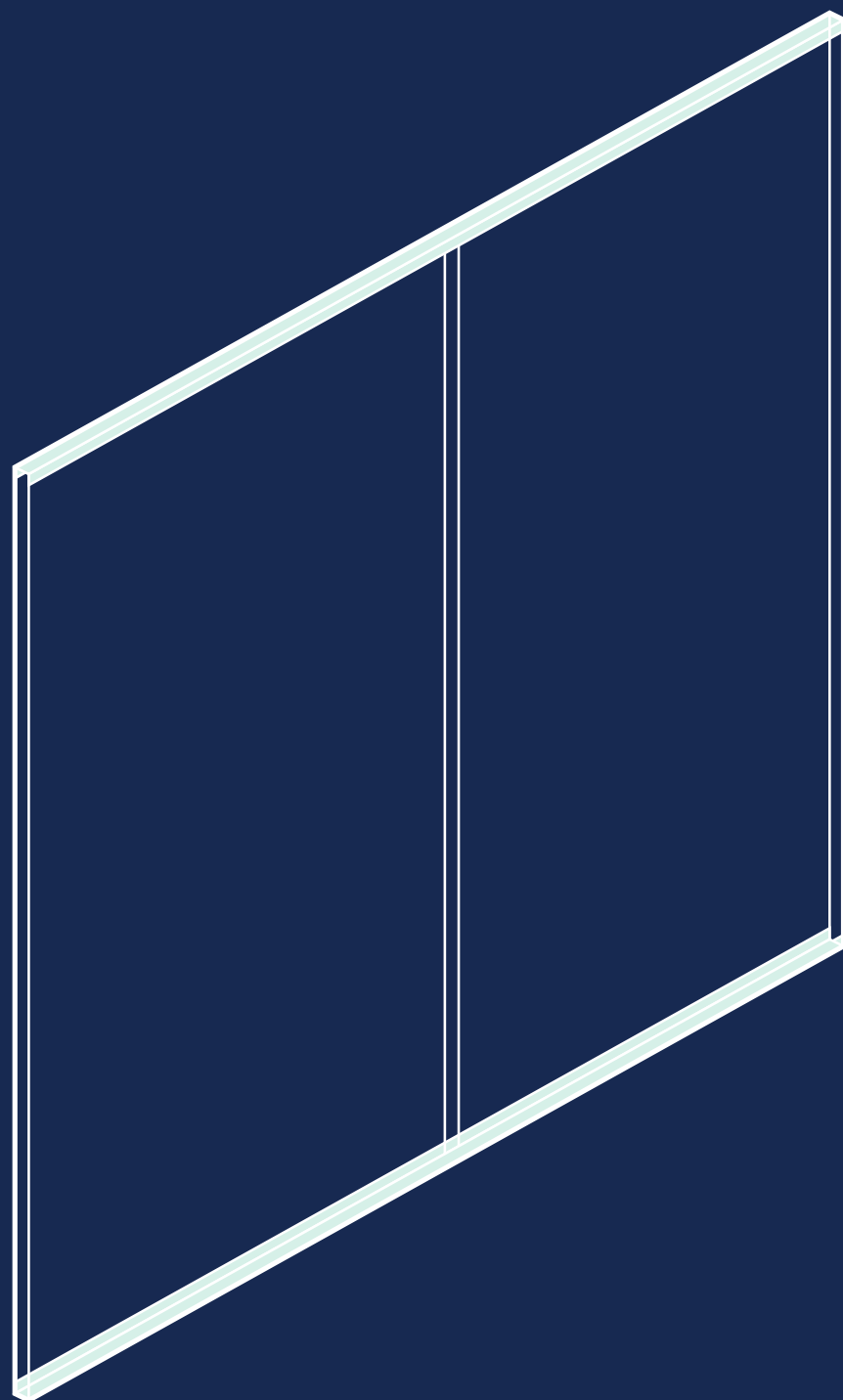
Der skal stilles krav til, at adgangsveje og indgange skal designes på en måde, der muliggør vedligeholdelse af glasvægge og skillevægge.

Leasing-ordning

Der skal etableres leasingordninger eller andre alternative forretningsmodeller for leje/udlån af systemvægge.

Lette indervægge

Optimeringer



Reversible samlinger

Design skillevægge og glasvægssystemer med reversible monteringskoncepter, for eksempel med klem- eller fer/knot-systemer.

Modulær koncept

Skillevægge og glasvægge skal udformes i formater, der letter adskillelse, gør dem mere håndterbare og muliggør nemmere transport ud af bygninger.

Dobbelt anvendelse

Skillevæggene kan tjene dobbeltformål, for eksempel som integrerede møbler, og dermed øge deres funktionalitet.

Gamle termoruder

Nye skillevægge eller glasvægssystemer fra gamle termoruder.

Lette indervægge

Cases

Prototyp: Den cirkulære skillevæg

Den cirkulære skillevæg er en gipsvæg, der kan adskilles, flyttes og genbruges direkte. Væggen er bygget af standardmaterialer som en almindelig systemvæg i gips, men med en specielt udviklet tør samling med fer og not.

Den Cirkulære Skillevæg er en ny standard i byggeriet, som kan videreudvikles i markedet. Når nye designløsninger opstår, kan de tilføjes.

Væggen er udviklet i et samarbejde mellem ERIK Arkitekter, Wissenberg Ingeniører, Business With Impact og COWI.

Læs mere her: kk.dk



Montering af den cirkulære skillevæg.
Foto: ERIK arkitekter

Produkt: Tystø vægssystem

Tystø-systemet er et modulært glasvægssystem. Systemet er konstrueret ved hjælp af genbrugstræ og vinduer fra nedlagte bygninger med fokus på adskillelse og nemt at vedligeholde og reparere.

Hvert projekt får et unikt udseende, da modulerne defineres af de tilgængelige vinduer og specifikke væghøjder.

Tystø er udviklet i et samarbejde mellem DEKO og a:gain

Læs mere her: again.dk



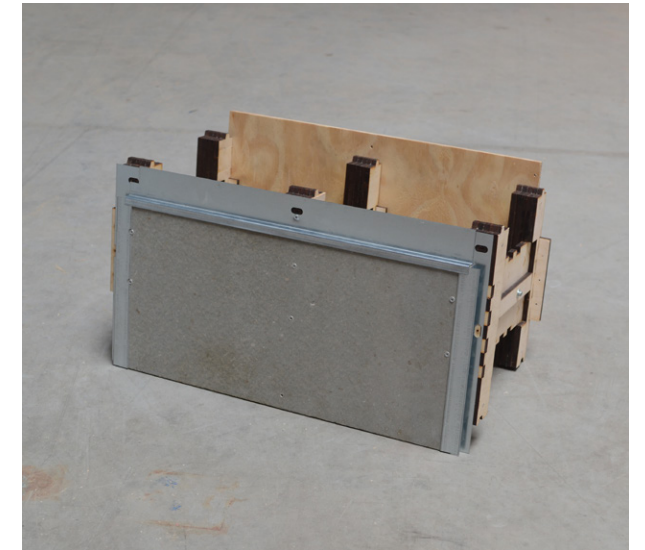
Tystø vægssystem af genbrugstræ og genbrugsglas.
Foto: a:gain

Produkt: REXCON system

REXON er en udviklings- og produktionsvirksomhed, der laver produkter designet til både permanent og midlertidig anvendelse. Et af produkterne er ReBLOCK, som er et præfabrikeret byggeklodssystem baseret på træmodulrammer.

ReBLOCK er velegnet til opførelse af isolerende ydervægge og har en bærende og stabiliserende struktur. Systemet er designet for adskillelse og er mekanisk sammenkoblet. Rammen har en indbygget låsemekanisme, som gør det muligt at fladpakke komponenterne.

Læs mere her: rexcon.dk

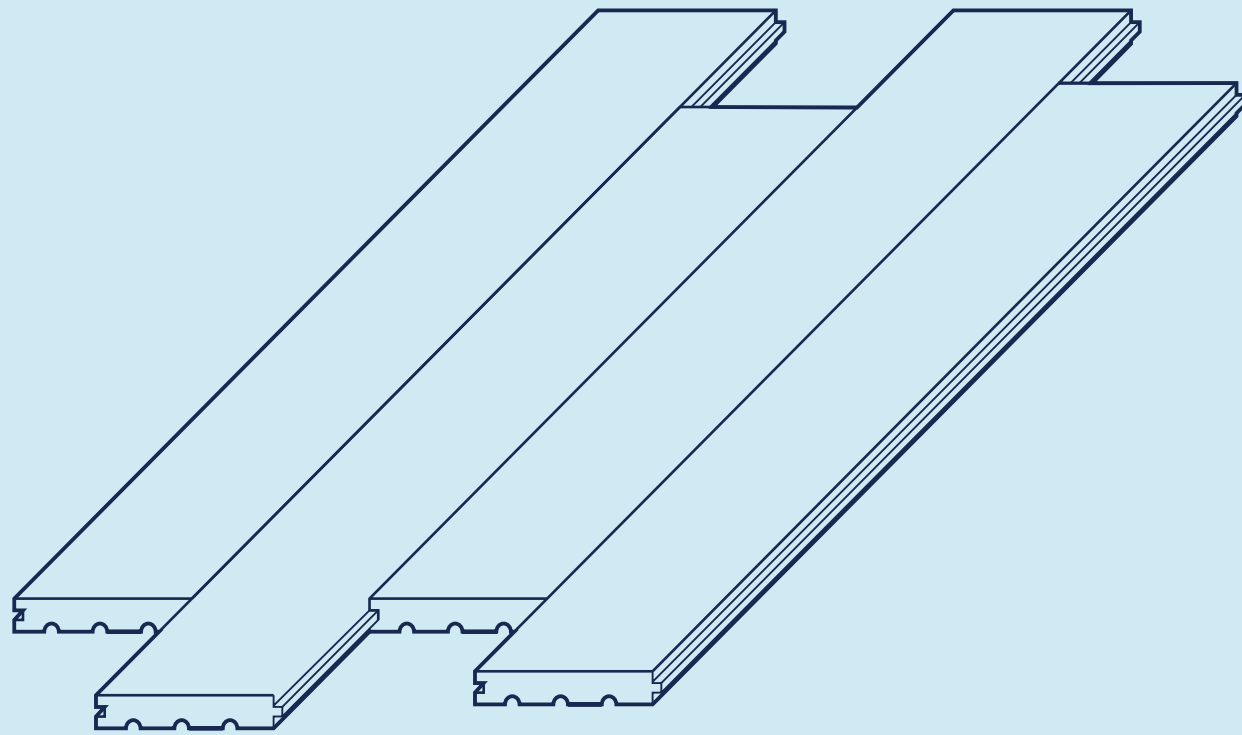


ReBLOCK er en præfabrikeret træbyggekloids.
Foto: REXCON



Foto: REXCON

Plankegulv



78%
 klimabesparelse ved at
 bygge med genbrugte
 trægulvbrædder

Kilde: VCØB

Potentialer

Undgå ressourcespild

Når et gulv viser tegn på slid eller vandskade i bestemte rum/områder, er den almindelige praksis ofte at udskifte hele gulvet i stedet for at foretage en lokal udskiftning. Dette resulterer i både resourcespild og øgede omkostninger.

Hyppig udskiftning

Under renovering og ombygning er det almindeligt at fjerne og kassere gulve, hvilket resulterer i, at gulve ofte har en kortere levetid end deres tekniske levetid tillader.

Relaterbar

Genbrug af plankegulve er af særlig betydning for forbrugerne, da det udgør en synlig og væsentlig del af bygningen og derfor er relaterbar.

Høj værdi

Plankegulve forbindes med høj kvalitet. Plankegulve er kendt for deres slidstyrke og har ofte en længere levetid end bygninger. Det betaler sig ofte over tid at investere i plankegulve, da de bevarer deres værdi og kan forblive i god stand i mange år.

Tilpasnings- og reparationsvenlig

Plankegulve er fremstillet af massivt træ. Træets evne til nem tilpasning og reparation bidrager positivt til at forlænge gulvets levetid og øge mulighederne for genbrug.

Plankegulv

Barrierer

Omkostningsfuldt

Genbrug af gulve er en dyrere proces sammenlignet med køb af nye gulve. Det er ikke let at fjerne dem og anvende dem direkte, da det kræver gennemgang af adskillige procedurer for at opfylde forskellige standarder, herunder sikkerhedskrav.

Lim og søm

Plankegulve i dag kan fastgøres ved hjælp af lim som et svømmende gulv eller skrues direkte fast i feren til strøer, men det kan være vanskeligt at adskille dem, og gentagne demontering kan medføre materialetræthed i samlingerne.

Vedligehold og drift

Plankegulve kræver regelmæssig vedligeholdelse for at sikre lang levetid. Plankegulve tillader dog kun slibning ned til knot.

Æstetik

Da genbrugte plankegulve er tilgængelige i de mængder og tykkelser der nu er, kan det være vanskeligt at opnå ensartede gulve til et helt projekt, hvilket kan resultere i forskellige typer af gulve i de enkelte rum.

Kvalitet

Moderne plankegulve når ikke nødvendigvis op på samme kvalitetsniveau som ældre gulve. Selv når gamle gulve fjernes, er det ikke sikkert, at de alle kan adskilles og genbruges.

Anbefalinger

Videreudvikling og praktiske eksempler

Branchen peger på, at der stadig mangler udvikling af, hvordan plankegulve kan designes med henblik på adskillelse samt at der er behov for praktiske demonstrationsprojekter.

Forandring af branche og forbruger

Der er behov for at fremme en forpligtelse til at ændre samfundets værdier i overensstemmelse med cirkulære principper og ikke kun fokusere på materiel værdi. Målet er at skabe en øget anerkendelse af æstetisk og social værdi i genbrug.

Klassificering af risiko

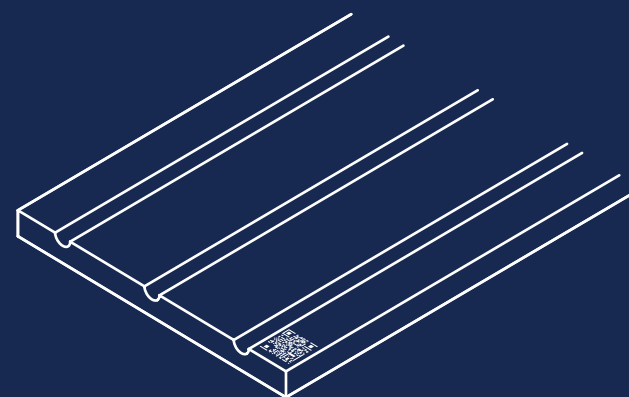
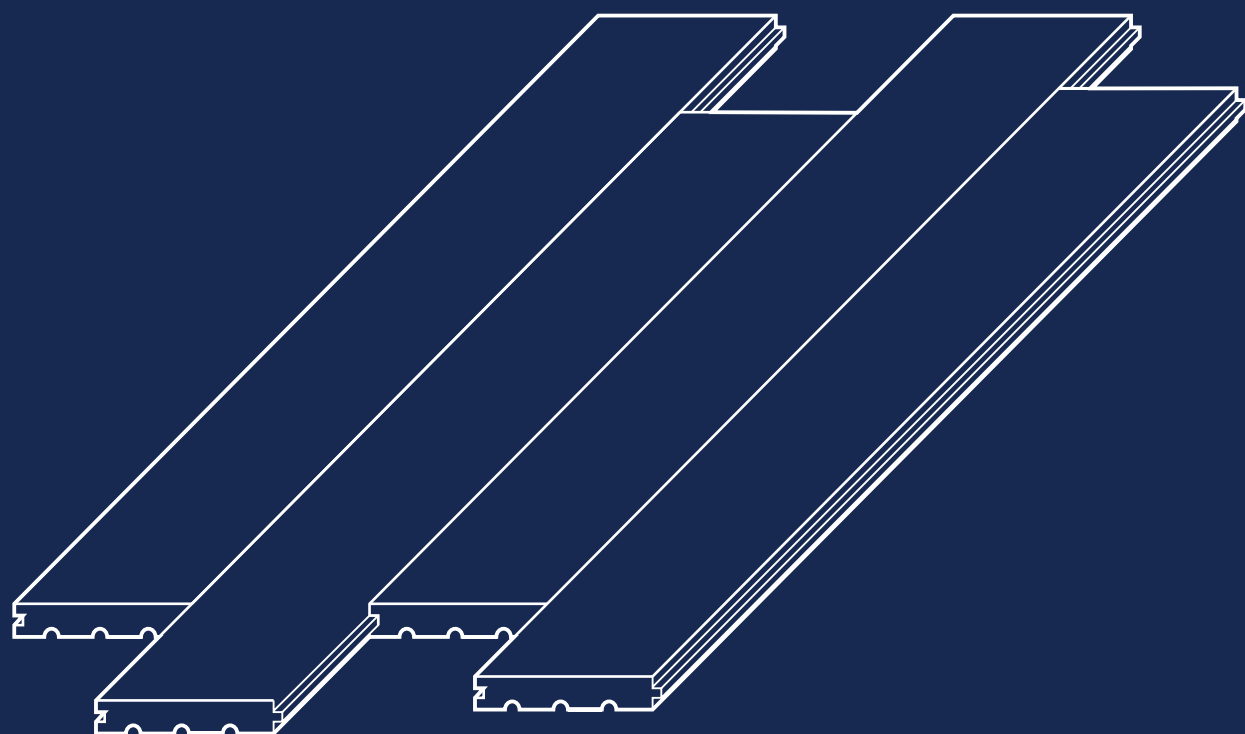
Det er nødvendigt at adressere, at der er forskellige risikoniveauer forbundet med de forskellige bygningslag. En mulighed kunne være at tilpasse kravene og reducere den nødvendige dokumentation, baseret på anvendelsen før og efter.

Enkel adskillelse og lokal udskiftning

Der skal udvikles gode løsninger og metoder, der gør det nemt at adskille og reparere plankegulve lokalt med mulighed for gentagen genbrug.

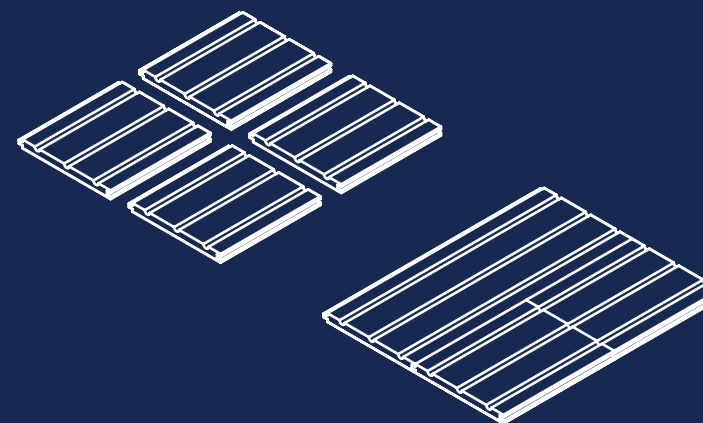
Plankegulv

Optimeringer



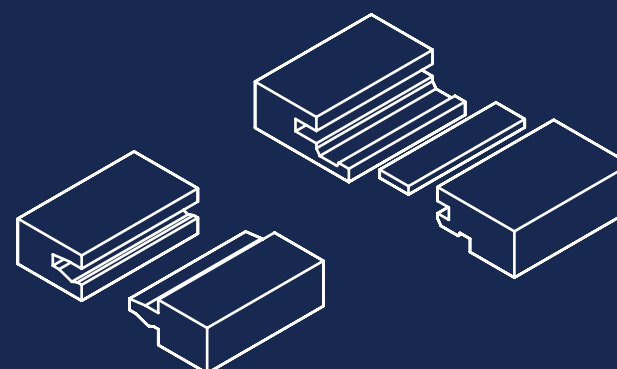
Indbygget data

Implementer digital eller fysisk dokumentation, der tydeligt angiver, hvordan plankerne skal adskilles og genbruges korrekt samt information om tekniske egenskaber som kvalitet og slidstyrke.



Mindre formater

Del plankegulvet op i mindre modulære sektioner, der er standardiserede, og som let kan udskiftes eller repareres.



Clips eller klik-systemer

Anvend adskillelige forbindelser, såsom clips eller klik-systemer, der tillader enkel og skånsom adskillelse. Undgå brug af lim.

Plankegulv

Cases



Tarketts trægulve med 2-lock-låsesystem, som gør dem nemme at lægge.

Foto: Tarkett

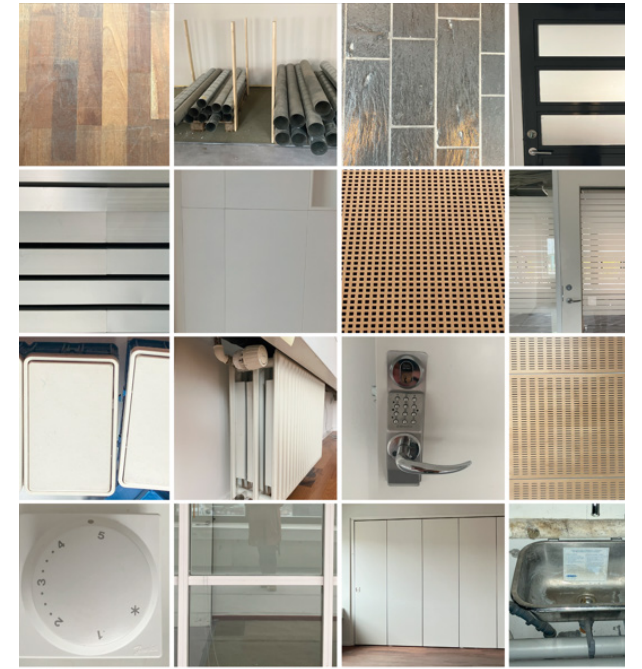
Produkt: Tarkett

Gulvproducenten Tarkett benytter et klikssystem i deres træ-, laminat- og LVT-gulve. Denne unikke, men enkle samleløsning gør det nemt for forbrugere at samle og adskille gulvene. Samlingen kræver ikke brug af klæbemidler eller andre fastgørelsesmetoder og muliggør let genbrug.

Læs mere her: tarkett.dk



2-lock-låsesystem



Materialekatalog fra Nauticon.

Foto: Nauticon

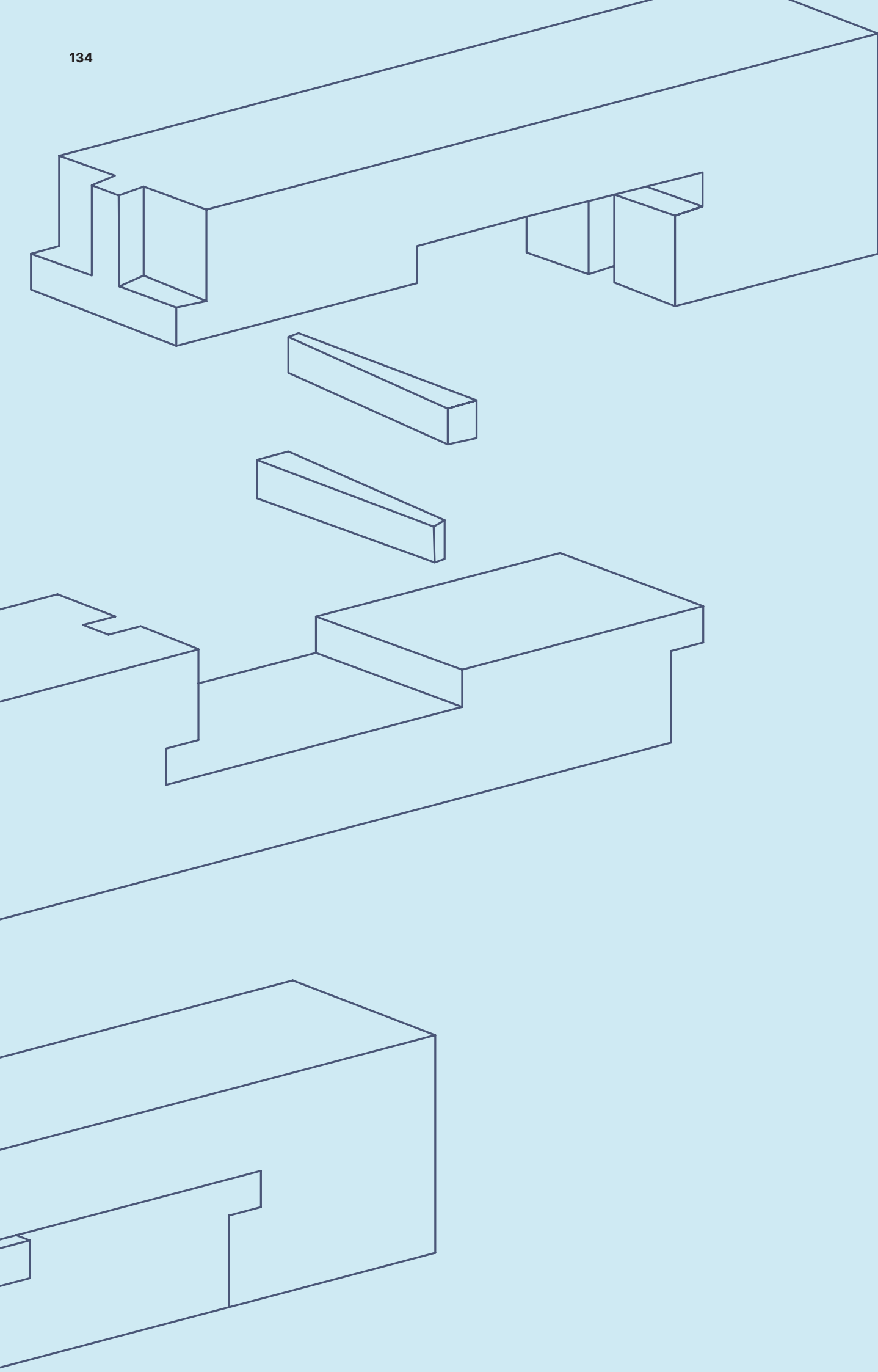
Projekt: Nauticon

Danica Ejendomme har opnået betydelig succes ved omhyggeligt at nedtage dele af Nauticon-bygningen i Sluseholm. Materialerne genanvendes, gennemgår upcycling-processer og bidrager til skabelsen af nye bygninger. Der er etableret en onlineplatform, hvor man kan udforske et materialekatalog og følge igangværende projekter, der inkorporerer genbrugsmaterialer fra Nauticon.

Dette inkluderer specifikt plankegulve, som er blevet omhyggeligt fjernet, slebet fri for lim og er nu klar til genbrug.

Projektet er udviklet i et samarbejde mellem Danica Ejendomme, Søren Jensen, Tscherning og Artelia.

Læs mere her: nauticon-genbrug.dk



Refleksioner





Dialog om byggekomponenter under brancheworkshoppen.

Perspektiver

Implementering af design for adskillelse er et af de vigtigste parametre for at etablere en cirkulær økonomi og dermed en byggepraksis, hvor ressourcebevidsthed kombineres med økonomiske incitamenter og en insisteren på fastholdelse af materialers værdi.

I traditionelt byggeri har vi bogstaveligt talt muret vores dyrebare ressourcer ind i vores bygninger. Uden design for adskillelse er vi derfor tvunget til at tilpasse, renovere og nedrive vores bygninger på traditionel vis og dermed bruge mange ressourcer på at genudvinde materialerne – ofte i blandede fraktioner og til en lav værdi.

Uden design for adskillelse kan materialer derfor ikke sendes ind i et ressourcekredsløb, og vi får ikke skabt meningsfulde cirkulære økonomiske forretningsmodeller med take-back-ordninger, levetidsforlængelse og leasing service.

Udfordringer og løsninger

Design for adskillelse er en forudsætning, der åbner op for resten af den cirkulære økonomi. Dette indebærer primært en teknisk udfordring, der skal løses på design- og produktniveau, men det kræver også støtte fra resten af værdikæden gennem faktorer som efterspørgsel og lovgivning.

Design for adskillelse er en systemisk tilgang, der kan appliceres, uanset om det drejer sig om tekniske eller biogene materialer. Det er ikke afhængigt af specifikke og proprietære løsninger, men udgør snarere en mere enkel metode til samling af konstruktioner. Design for adskillelse kræver ikke nødvendigvis masser af innovation og nye produkter.

Historisk set findes der mange løsninger, der blot skal genopdages, som for eksempel kalkmørtel, ekspansionsfuger og træbyggeri. Desuden findes der allerede mange moderne, markedsklare produkter eller produkter, der blot kræver en mindre tilpasning for at være klar til implementering i byggeriet allerede i dag.

Når de tekniske udfordringer er løst, vil der være en lang række andre udfordringer. Særligt i forhold til dokumentation af, hvem der påtager sig ansvaret for de genbrugte materialers egenskaber og holdbarhed. Lovgivningen udgør en hindring og mangler incitamenter til at arbejde med genbrugte materialer og ikke-traditionelle materialer.

Envidere udgør eksisterende bygninger en betydelig del af den samlede bygningsmasse og løbende renoveres og opdateres, står man over for udfordringer med at skabe løsninger, der kan tilpasses deres forskelligartede udformning, byggemetoder og stil.



Design for adskillelse rummer enorme potentialer for at forandre vores branche.





Dilemmaer

Desuden er implementering af design for adskillelse fyldt med praktiske dilemmaer;

Biogene (massive) materialer har en fordel, fordi de oftest kommer som en enkel og homogen materialefraktion, som man nemt kan skure i, samt genbruge og genanvende. De patinerer oftest flot og har en stor robusthed, der kan holde i årevis. Desværre er disse materialer, for nuværende, dyrere og kræver mere vedligehold og omtanke end et tilsvarende teknisk materiale.

Små byggekomponenter er mere fleksible og nemmere at håndtere end store elementer. Desværre er de som regel også dyrere, da de kræver flere arbejdsgange at fremstille og håndtere.

Bærende konstruktioner har en stor indflydelse på en bygnings klimaaftryk og synes derfor som et oplagt sted at sætte ind. Disse bygningsdele udskiftes dog ikke så hyppigt i løbet af en bygnings levetid, og det er sjældent, at en bygningsinvestor investerer i planlægningen af nedrivning, før bygningen er opført. Lette indervægge, som udgør en mindre del af byggeriet, udskiftes derimod ofte. Design for adskillelse bidrager positivt til at øge byggeriets fleksibilitet.

Potentialer

Design for adskillelse rummer enorme potentialer for at forandre vores branche.

Potentiale for at udvikle bygninger, der, ligesom en levende organisme, kan tilpasse sig skiftende krav over tid og dermed forblive relevante og funktionelle. Samtidig vil det reducere den tid, hvor bygningen er ude af drift, fordi transformationerne er integreret i bygningsdesignet og kan gennemføres hurtigt.

Potentiale for at skabe forsyningssikkerhed af vigtige og knappe ressourcer ved at bygninger bliver fremtidens miner for materialer og ved at bidrage til centrale materialebanker, der forsyner markedet med genbrugte materialer.

Potentiale for at minimere mængden af byggeaffald under hele bygningens levetid.

Implementering af design for adskillelse kræver, at hele byggeriets værdikæde løfter i flok. Dette inspirationskatalog er forhåbentligt en lille brik, der kan få hjulpet branchen i gang.

Næste skridt

Der er mange tiltag der kan tages fat på som direkte og indirekte understøtter og hjælper med at få implementeret design for adskillelse i byggebranchen.



Fyrtårnsprojekter

Igangsættelse af fyrtårnsprojekter, der i skala 1:1 demonstrerer viden om design for adskillelse omsat til praksis, som branchen kan lære af og se fungere. Fyrtårnsprojekter har potentialet til at skabe store ryk i branchen. Eksempler på gennemførte projekter, der demonstrerer, at det kan lade sig gøre, kan være med til overbevise en konservativ branche, der ønsker at minimere risici.



Lovgivning og efterspørgsel

Lovgivning, der direkte eller indirekte understøtter design for adskillelse, for eksempel ved at lade fremtidig fleksibilitet være et tildelingskriterie i statsligt byggeri eller BR-krav. Alternativt kunne man fastsætte krav om, at en vis procentdel af nyt byggeri skal være designet med henblik på genbrug og dermed indirekte fremme design for adskillelse.



Materialebanker og markedspladser

Etabler og understøt centrale materialebanker og markedspladser, både digitale og fysiske, der giver en let oversigt over genbrugsmaterialer, deres placering og tilgængelighed. Dette er med til at facilitere sammenføring af udbud og efterspørgsel.



Vejledning og eksempelsamling

Udgivelse af en eksempelsamling med praktiske eksempler og konkrete vejledninger, der giver branchen et enkelt overblik over løsninger og detaljer, der kan implementeres i byggeprojekter.



Bygningsniveau

En analyse af design for adskillelse på bygningsniveau. Hvad skal man tænke på, når man indretter en bygning med fokus på fleksibilitet, foranderlighed og materialer, der skal genbruges. Og hvordan evaluerer man på disse parametre?



Eksisterende byggeri

Projekter og analyser, der sætter fokus på, hvordan vi implementerer design for adskillelse i vores eksisterende byggeri.



Standardiseret evalueringsværktøj

I denne analyse er der blevet evalueret på design for adskillelse ud fra en række parametre. Der mangler en standardiseret eller defacto-standard, der kan fungere som fælles metodik til at evaluere design for adskillelse i byggeprojekter.

Referencer

Publikationer

Affaldsstatistik 2020

Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, 2022

Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægs-sektoren

Michael H. Nielsen m. fl.,
Regeringens Klimapartnerskaber Bygge- og
Anlægssektoren, 2020

Barrierer for udbredelsen af cirkulær økonomi i byggeriet

VCØB community, 2022

Building a Circular Future

Kasper Guldager, John Sommer m.fl.,
GXN, 2018

Circle House – Denmark's first circular housing project

GXN og Responsible Assets, 2018

Danmarks globale klimapåvirkning – global afrapportering (GA23)

Energistyrelsen, 2023

Design for Disassembly — Håndbog om affaldsforebyggelse i byggeriet

Abelone Køster, Katrine Hauge Smith m.fl.,
Teknologisk Institut, 2019

DS ISO 20887:2020 - Design for disassembly and adaptability - principles, requirements and guidance

Dansk standard, 2020

Green Paper 01 – Bygningens- og materialepas

Circle House Lab, 2020

Green Paper 02 – Selektiv nedrivning

Circle House Lab, 2020

Green Paper 03 – Design for adskillelse

Circle House Lab, 2020

Green Paper 04 – Forretningsmodeller

Circle House Lab, 2021

Green Paper 05 – Take Back

Circle House Lab, 2021

Green Paper 06 – Cirkulære udbud

Circle House Lab, 2021

Guide: Genbrug og genanvendelse af byggematerialer – det skal du vide

VCØB, n.d.

Guide: Hvor meget CO₂ spares ve at bygge med cirkulære byggevarer?

VCØB, 2021

Idékatalog — over nye designstrategier for genanvendelse

Anne Beim, Anke Oberender, m.fl.,
InnoBYG, CINARK, Teknologisk institut, 2016

Fremtidens byggematerialer – har vi mangel på råstoffer?

Katrine Hauge Smith og Sarah Cecilie Andersen,
Teknologisk institut, 2020

Fremtidens ejendomsmarked efter den grønne omstilling, Gangstedrapporten 2022

Instituttet for Fremtidforskning, 2022

Fremtidens grønne byggeri

Teknologisk institut, 2023

Materialer i den cirkulære økonomi: Beton

Stig Yding Sørensen, Line Bilberg Olesen, m.fl.,
Teknologisk institut, 2019

Materialer i den cirkulære økonomi: Tegl

Stig Yding Sørensen, Line Bilberg Olesen, m.fl.,
Teknologisk institut, 2019

Materialer i den cirkulære økonomi: Træ

Stig Yding Sørensen, Line Bilberg Olesen, m.fl.,
Teknologisk institut, 2019

Rebeauty – Nordic Built Component Reuse

Vandkunsten Architects, 2016

Risiko som barriere for bæredygtige byggematerialer

Værdibyg, 2023

Websites

Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet

<https://vcob.dk/>

Om gamle mursten

gamlemursten.dk

Genbyg – Brugte byggematerialer

<https://genbyg.dk/>

Titel	Analyse af design for adskillelse, Inspirationskatalog
Format	PDF, A4
Udgave	Første udgave
Udgivelsesår	2024
Sprog	Dansk
Emneord	Genbrug, Design for adskillelse, Byggekomponenter, Byggeri

