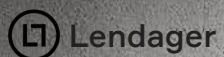


30 / 10 / 2025

# FREMTIDENS MATERIALER INDSIGTER FRA TRÆ - LIVING LAB

## *Afsluttende rapport*

LENDAGER  
KILDEN & HINDBY  
PFA EJENDOMME  
AARHUS KOMMUNE  
ARTELIA  
ALEXANDRA INSTITUTTET  
KAJ OVE MADSEN AARHUS  
REALDANIA



**Kilden & Hindby**



**PFA**



**AARHUS KOMMUNE**



**Realdania**

|                                                                                                                                   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Titel: Fremtidens Materialer – Indsigter fra TRÆ Living Lab                                                                       |  |
| Udgivelsesdato: 30. oktober 2025                                                                                                  |  |
| Projekt: TRÆ – Living Lab                                                                                                         |  |
| Et udviklingsprojekt om implementering og evaluering af biobaserede, upcycledede og genbrugte materialer i moderne kontorbyggeri. |  |
| Redaktion og tekst: Lendager og Artelia med bidrag fra Alexandra Instituttet                                                      |  |
| Fotografi: Lendager, Artelia og Anders Ny-mann Wejse (Velkendt) og Rasmus Hjortshøj                                               |  |
| TRÆ Kalkværksvej 1 8000 Aarhus C træ.com                                                                                          |  |
| Projektet er udarbejdet i et samarbejde mellem:                                                                                   |  |
| Kilden & Hindby PFA Ejendomme Aarhus Kommune Lendager Artelia Alexandra Institutet Kaj Ove Madsen Aarhus Realдания                |  |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| INDLEDNING                                            | 4  |
| FORORD                                                | 4  |
| RESUMÉ                                                | 6  |
| PROJEKTBEKRIVELSE                                     | 8  |
| PROJEKTBEKRIVELSE                                     | 8  |
| BYGNINGENS PRÆMISSER                                  | 10 |
| OPEN CALL                                             | 12 |
| BESKRIVELSE AF PROCESSEN                              | 14 |
| DE TRE ETAGER                                         | 16 |
| GENBRUGSETAGEN                                        | 16 |
| UPCYCLINGETAGEN                                       | 22 |
| DEN BIOGENE ETAGE                                     | 28 |
| EVALUERNING                                           | 34 |
| EVALUERING AF PROCESSEN                               | 34 |
| EVALUERNING                                           | 36 |
| ØKONOMI                                               | 38 |
| TERMISK OG ATMOSFÆRISK INDEKLIMA                      | 40 |
| AFGASNINGER TIL INDEKLIMAET                           | 44 |
| INDEKLIMA - AKUSTIK                                   | 50 |
| BRUGEROPLEVELSE                                       | 54 |
| CASE:BRANDDØRE                                        | 60 |
| GENDØR                                                | 60 |
| KONKLUSION                                            | 62 |
| KONKLUSION                                            | 62 |
| FRA LIVING LAB TIL BRANCHEPOTENTIALE                  | 64 |
| APPENDIX                                              | 68 |
| VISUALISERINGER FRA SKITSEPROJEKT - GENBRUGSETAGEN    | 68 |
| VISUALISERINGER FRA SKITSEPROJEKT - UPCYCLEETAGEN     | 70 |
| VISUALISERINGER FRA SKITSEPROJEKT - DEN BIOGENE ETAGE | 72 |
| FIRMAER DER BLEV KONTAKTET                            | 74 |

# Forord

Projektet TRÆ og dets tilknyttede 'Living Lab', som denne rapport omhandler, er blevet til i en tid, hvor byggebranchen står over for hidtil usete krav om omstilling og innovation.

Med TRÆ og dets 'Living Lab' har vi stræbt efter at skabe et fyrtårn, der ikke blot viser, hvad der er muligt, men også peger fremad mod en mere bæredygtig fremtid, hvor genbrug, upcycling og biobaserede materialer får en central rolle.

## Et cirkulært laboratorium

I byggebranchen møder biobaserede, upcycledede og genbrugte materialer ofte betydelige udfordringer, når de skal integreres i moderne byggeri. For at fremme anvendelsen af disse materialer og samtidigt skabe et forum for markedets mest innovative materialeproducenter og -leverandører, er der blevet skabt et 'Living Lab'.

De tre etager i TRÆ udgør et laboratorium for at teste og evaluere forskellige materialeløsninger. De implementerede materialer har vist, at de kan trænge igennem nåleøjet ved at leve op til konventionelle krav og indgå i et fuldska- la, kommercielt kontorhøjhus. Formålet er ikke alene at understøtte disse materials indtog på markedet, men også at undersøge, hvordan de påvirker det oplevede arbejdsmiljø.

Ambitionen har været at flytte grænserne for, hvad der er muligt inden for cirkulært byggeri, og samtidig undersøge, hvordan æstetik, funkti- onalitet og bæredygtighed kan gå hånd i hånd. Living Lab har skullet fungere som en platform for eksperimenter og videndeling ved at tiltræk- ke innovative materialeløsninger og skabe et rum, hvor producenter, bygherrer og brugere har kunnet mødes om en fælles vision. Living Lab har dermed været med til at hæve barren for hvad der er muligt for både aktuelle og kommen- de cirkulære løsninger for byggebranchen.

## Erfaringer og indsigt til fremtiden

Rapporten samler de erfaringer og indsigter, som projektet har genereret – fra producentdia- log, design til evaluering af materialernes indfly- delse på arbejdsmiljøet. Vi håber, at resultaterne vil inspirere til nye samarbejder og løsninger i byggebranchen, og at Living Lab kan være et forbillede for fremtidige initiativer.

## Samarbejdspartnere og bidragsydere

At gentænke materialevalget på tre etager i et færdigtprojektet byggeri, har ikke været uden udfordringer. Særligt har "usædvanlige" materia- ler, hvor både informationsniveauet og montage- teknikkerne, givet anledning til flere spørgsmål end vi er vant til.

En særlig tak til vores bygherre i PFA-ejen-

domme, til en ambitiøs projektudvikler i Kilden & Hindby, samt Århus Kommune for støtte op omkring projektets målsætninger.

Fra rådgiversiden har Lendager som arkitekter og Artelia som ingeniører ihærdigt arbejdet på at få puslespillet med krav, økonomi og design til at gå op i en højere enhed, mens totalentreprenø- ren Kaj Ove Madsen på engageret vis har været afgørende for at omsætte ideer til konkrete resultater.

Deling af viden og erfaringer var fra begyndelsen et kerneformål, og vi skylder stor tak til Realda- nia for deres støtte, som har været afgørende for at realisere de høje ambitioner.

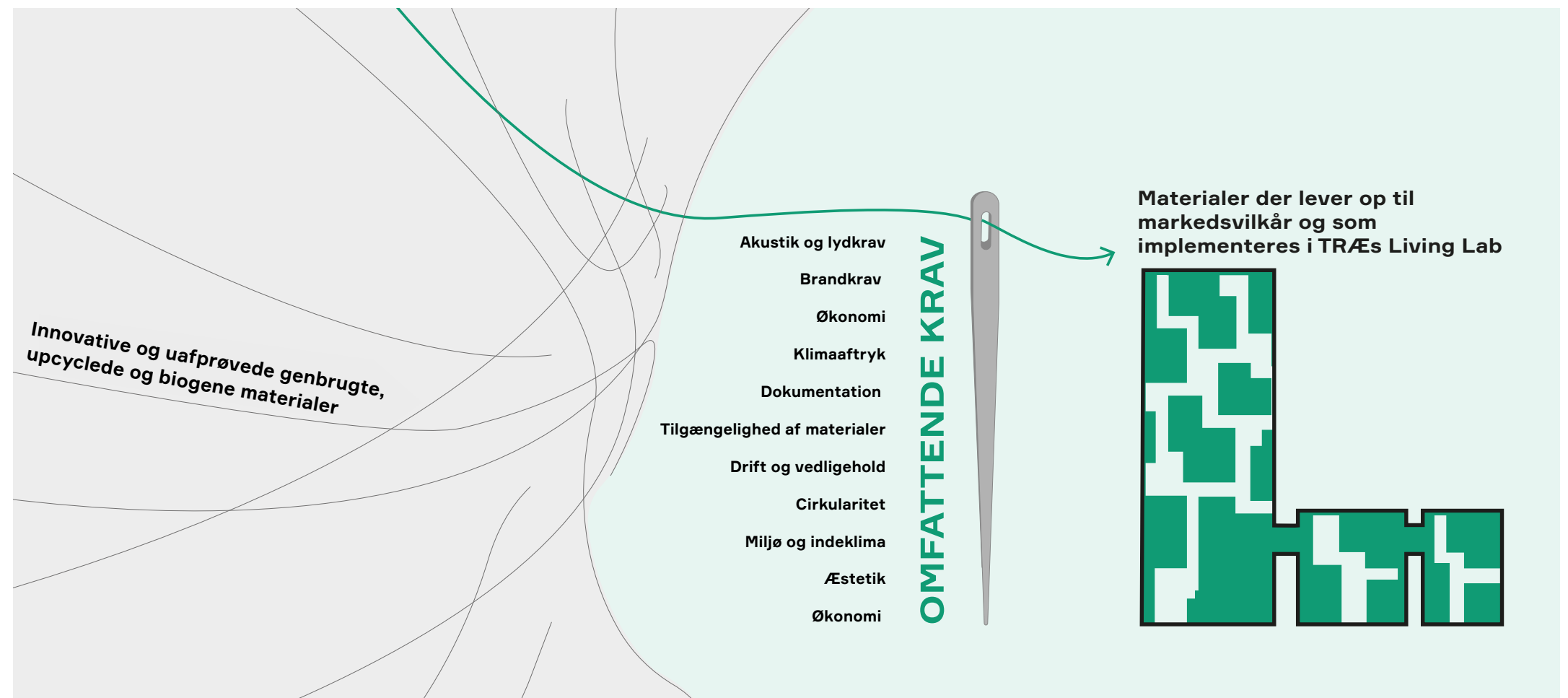
Derudover vil vi rette en varm tak til de mange

producenter og leverandører, vi har været i dia- log med. Uanset om deres løsninger blev en del af det endelige projekt eller ej, har alle bidraget med indsigt og inspiration, som har styrket pro- cessen.

Endelig en stor tak til Alexandra instituttet for at samle op på resultaterne af vores indsatser på Living Lab gennem brugerstudier og interviews som giver indblik i effekterne på det arbejdsmiljø TRÆ og Living Lab i dag danner rammerne om.

Vi håber, at læringen har været gensidig, og at vores fælles erfaringer kan bidrage til en mere bæredygtig fremtid.

**God læselyst!**



# Resumé

Rapporten dokumenterer erfaringer og resultater fra Living Lab-projektet i bygningen TRÆ i Aarhus – et samarbejde mellem PFA Ejendomme, Kilden & Hindby, Aarhus Kommune, Lendager, Artelia, Alexandra Instituttet, Kaj Ove Madsen og Realdania. Formålet var at teste biobaserede, upcyclede og genbrugte materialer i fuld skala i et moderne kontorbyggeri og dermed udfordre den traditionelle byggepraksis.

Tre etager blev indrettet med hver deres fokus:

**Genbrugsetagen** – brug af eksisterende materialer som gulvplanker, toiletter, troldektlofter og døre.

**Upcyclingetagen** – materialer forarbejdet fra affald eller restprodukter fra eksisterende produktioner, fx endestykker i trægulve og akustikregulering af papiraffald.

**Den biogene etage** – naturlige materialer som tang, hamp, ler og kork.

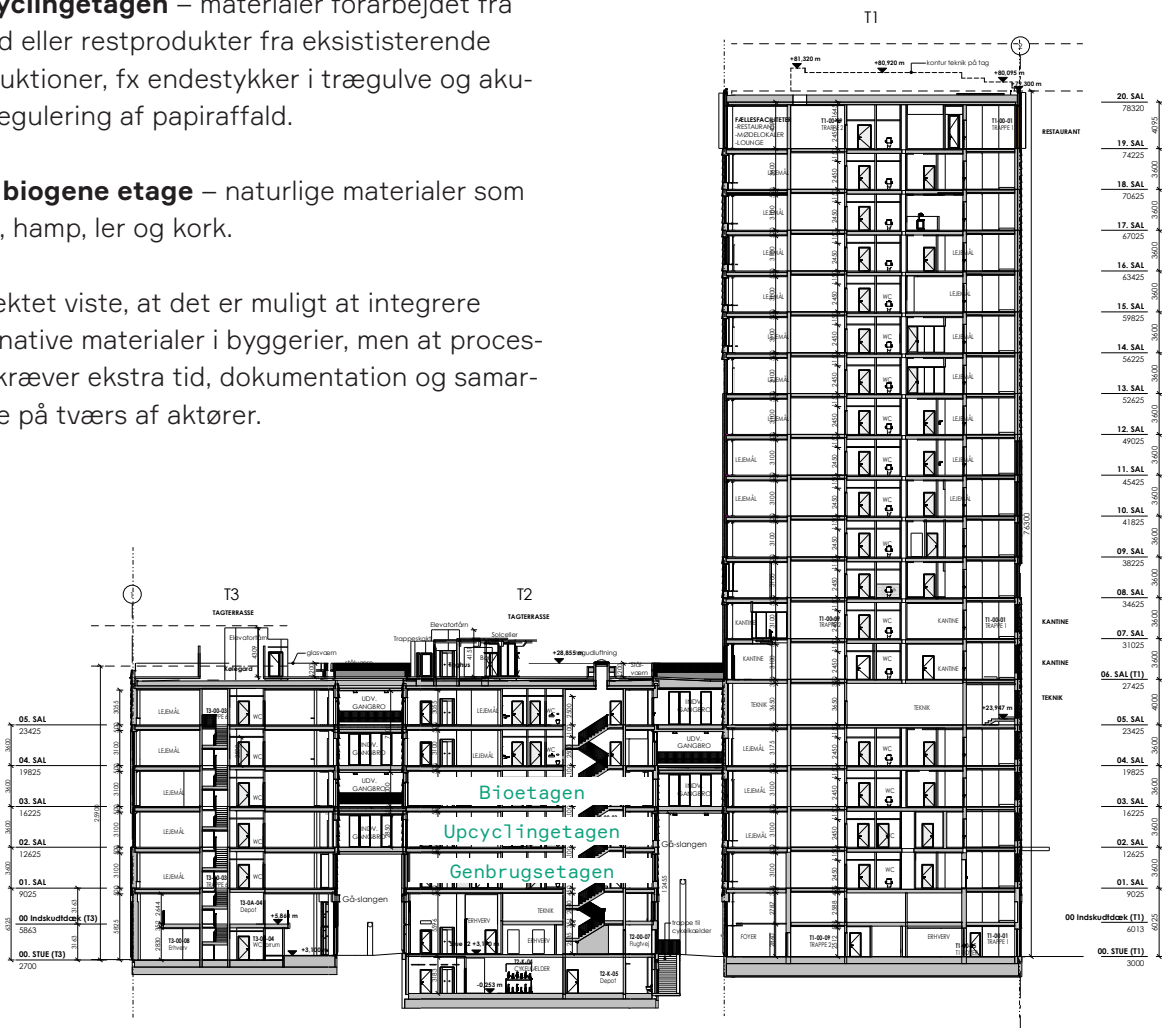
Projektet viste, at det er muligt at integrere alternative materialer i byggerier, men at processen kræver ekstra tid, dokumentation og samarbejde på tværs af aktører.

Målinger viste generelt godt indeklima, ingen væsentlige problemer med afgasninger, og brugerne rapporterede en positiv oplevelse af rummene. Akustiske udfordringer blev dog registreret for enkelte vægtyper, men det er ikke noget der bemærkes som problematisk af de nuværende brugere i den tidlige anvendelse af etagerne .

Økonomisk set krævede projektet ekstra ressourcer til rådgivning og materialedialog, men erfaringerne vurderes som vigtige skridt mod markedsmodning og skalering af bæredygtige materialer.

GenDør-delen af projektet viste desuden, at genbrug af branddøre i høje brandklasser er muligt gennem test, systematik og nytænkning.

Samlet konkluderer rapporten, at Living Lab fungerer som en katalysator for cirkulært byggeri – et læringsrum, hvor viden, dokumentation og samarbejde baner vejen for en mere bæredygtig fremtid i byggebranchen.



TRÆ, foto: Rasmus Hjortshøj

# Projektbeskrivelse

Projektet består af to hoveddele:

1. Et bygge- og indretningsprojekt med fokus på anvendelsen af klimavenlige materialer.
2. En kvantitativ og kvalitativ undersøgelse af, hvordan bygningen og materialerne opleves.

Formålet var at indrette 1., 2. og 3. sal i tårnet T2 med særlige materialeløsninger, hvor nyudviklede biobaserede materialer samt materialer baseret på genbrug og genanvendelse blev testet.

Projektet har haft til hensigt at skubbe grænserne for bæredygtigt byggeri og skabe læring og inspiration for branchen. Ved at samle løsningerne på tre etager har tanken været at skabe en kritisk masse, der kan bidrage til at styrke anvendelsen af klimavenlige materialer og løsninger i fremtidens byggerier.

Projektet har haft som mål at identificere og evaluere nyudviklede, alternative, genbrugte og genanvendte materialer i et kontormiljø. Der er primært fokuseret på materialer til overflader og aptering, såsom gulve, skillevægge, lette vægge, køkkener, døre og sanitet. Gennem denne tilgang undersøger vi materialernes egenskaber, holdbarhed, bygbarhed samt deres evne til at opfylde krav til blandt andet brand, drift og økonomi.

Dette initiativ søger at skabe en dybere forståelse af potentialet for at integrere alternative materialer i fremtidens byggeri.

For en mere uddybende beskrivelse af projektet TRÆ henvises til rapporten:

*TRÆ, Vidensdeling – udgivet d. 13. marts 2025 af Lendager, Kilden & Hindby, PFA Ejendomme, Aarhus Kommune, Artelia, Kaj Ove Madsen og Realdania.*

## Formål

Projektets overordnede formål var at anvende biobaserede, upcycledede og genbrugte byggematerialer i et moderne kontorbyggeri. De tre udvalgte etager i tårnet skulle fungere som en katalysator for at fremme klimavenlige materialeproducenter og -leverandører ved at kunne vise dem frem i et levende laboratorium. Mod slutningen af projektet skulle det undersøges hvordan kontorlejemålene opleves af lejerne, og sammenholde dette med hvordan de forskellige materialeløsninger påvirker indeklimaet og arbejdsmiljøet. Særligt denne øvelse er vigtig viden for fremover at kunne træffe informerede valg om hvilke krav vi kan lempe for de nye, bæredygtige materialer.

## Metode og Tilgang

Projektet er udført gennem fem spor:

1. **Scoping:** Identifikation af projektets mål og rammer, herunder en omfattende screening af biobaserede, upcycledede og genbrugte materialer på markedet.
2. **Dialog med producenter:** Etablering af samarbejde med materialeproducenter og leverandører gennem blandt andet et Open Call.
3. **Projektering:** Udvikling og udvælgelse af materialeløsninger gennem skitserings- og beslutningsprocesser.
4. **Antropologisk studie:** Kvalitative og kvantitative studier af materialernes påvirkning på arbejdsmiljøet.
5. **Projektleddelse:** Koordinering, risikominimering og sikring af fremdrift.

## Tre Scenarier for Materialeanvendelse

De tre etager i tårnet er blevet indrettet med hver deres unikke fokus:

1. **Genbrug:** Materialer, der genbruges uden videre forarbejdning, som genbrugte gulvplanker, vinduer og mursten.

2. **Upcycledede byggematerialer:** Materialer, der er forarbejdet fra affald til nye produkter, eksempelvis genanvendte plast- og tekstilkompositter.
3. **Biogene materialer:** Brug af organiske materialer som tang, mycelium, hamp og kork.

## Arbejdsmiljø og Materialernes Indvirkning

Projektet har undersøgt, hvordan de valgte materialer påvirker medarbejdernes trivsel og sundhed. Dette inkluderer både tekniske målinger af indeklimaet (luftkvalitet, afgangninger, akustik, etc.) og kvalitative interviews med lejerne. Undersøgelserne er blevet gennemført af Alexandra Instituttet, og resultaterne indgår i denne rapport.

## Projektets Budget og Finansiering

Der er afsat 1.960.000 kr. til opgradering af materialer, hvoraf halvdelen er egenfinansieret.

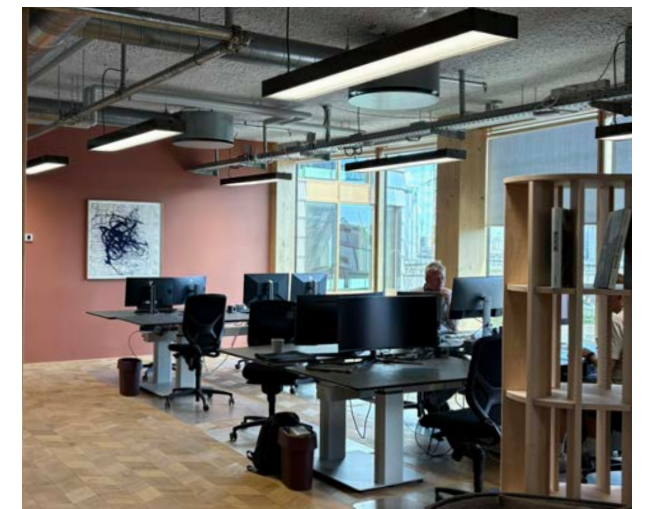
## Leverancer

Projektet leverer:

- En omfattende materialeliste med dokumentation.
- Tegninger og beskrivelser af de valgte materialeløsninger.
- En afsluttende rapport med analyse og anbefalinger.
- Bidrag til videndeling i branchen gennem workshops og offentliggørelse af resultater samt offentligt tilgængelige oplæg.



Arbejdsområde fra genbrugsetagen



Kontorlandskab på upcycle etagen



Kontorlandskab på den biogene etage, foto: Rasmus Hjortshøj

# Bygningens præmisser

## Bygningsreglementets præmisser i et højhusbyggeri

Living Lab-projektet tager form i TRÆ, hvor tre etager fungerer som et fuldskala-laboratorium. Her afprøves samspillet mellem konstruktions- og brandklasser, EU's taksonomikrav og materialernes performance på tværs af både funktionelle og miljømæssige parametre.

For at finde de rette materialer iværksatte projektgruppen et open call til producenter. Flere innovative løsninger blev bragt i spil, men processen viste også udfordringerne: en del produkter måtte kasseres, primært fordi den nødvendige dokumentation manglede. Dermed blev det tydeligt, at selv gode idéer ikke kan indgå, hvis de ikke kan opfylde kravene til produktgaranti og dokumenteret ydeevne.

Living Lab demonstrerer på den måde de præmisser, materialeproducenter skal navigere i: Deres produkter skal kunne dokumenteres, tilpasses og integreres i et komplekst byggeri, hvor alle brikker skal passe sammen. Når det lykkes, bliver et produkt en del af det samlede puslespil, der gør TRÆ til både en innovativ bygning og et læringsrum for fremtidens bæredygtige løsninger.

Nærværende afsnit belyser nogle af de produktkrav, som producenterne blev mødt af ved vores open call. Havde vi bygget med respekt for samme krav som til et enfamilieshus på én etage, havde Living Lab etagerne været fyldte med endnu flere alternative byggematerialer – sandheden er dog, at dokumentationskrav naturligvis er strengere i en 20 etagers høj bygning med bærende konstruktioner og facadekassetter i træ.

### Brandklasse 4

Mange bygninger som kommer op over 22 meter i højden, indplaceres i brandklasse 4 for at kunne håndtere specifikke brandkrav. I TRÆ er dette

også tilfældet for at kunne håndtere alt fra biogene isoleringsmaterialer, anvendelse af biogene overflader indvendigt som udvendigt, genbrugsmaterialer, samt af hensyn til installationsgenføringer i blandt andet CLT-konstruktioner mv. I Living Lab Projektet har man ikke erstattet nogle bærende konstruktioner med alternative byggematerialer. Der er blevet arbejdet med samme brandkrav i Living Lab etagerne, som i resten af bygningen.

Der findes mange forskellige brandkrav til de respektive indvendige bygningsdele, som skulle overholdes for, at de respektive byggematerialer kunne tages i betragtning. Nedenstående præsenterer nogle af de skelsættende brandkrav, som materialeproducenterne skulle eftervise for at kunne blive taget i betragtning.

I Danmark kan der i brandklasse 2, for nuværende, ikke benyttes isoleringsprodukter under B-s1,d0 i træbyggerier (som bærende konstruktion) med overkant gulv over 5,1 meter over terræn. Den hurtige afkodning af B-s1,d0 handler om byggevarernes reaktion på brand, kombineret med en tillægsklasse for røg (s) og brændende dråber (d). Med andre ord, så kan man med denne klasse forvente et materiale, som er begrænset antændeligt, begrænset flammespredende, begrænset varmeafgivende, begrænset røgudviklende samt et materiale, som ikke afgiver brændende dråber/partikler.

I TRÆ-projektet må der som udgangspunkt være maksimalt 20% (ekskl. gulv) synlig overflade i indeklimaet som kun opnår D, s2,d2. Dette svarer i daglig tale til maks 20% synligt træ.

### Konstruktioner

I TRÆ har arbejdet med konstruktionsklasserne været en væsentlig udfordring. Hvor stål, beton og træ er velafprøvede materialer med kendte partialkoefficienter, kan nogle af de nye biogene alternativer være forbundet med mere varieren-

de dokumentationsgrundlag på markedet. Da TRÆ blev søsat, fandtes der kun meget begrænset dokumentation for blandt andet hampelementer, halmelementer eller lerbaserede løsninger – i dag nærmer vi os afprøvede koncepter, men vurderingen må ske fra projekt til projekt. Det samme gælder genbrugstræ, som før TRÆ ikke var set anvendt bredt i markedet som bærende konstruktioner, da ingen vil påtage sig ansvaret uden garanti for styrke og sikkerhed. Her nærmer vi os også paradigmer i branchen til at kunne håndtere alt fra styrketest til garanti og ansvar.

En central barriere er at styrke ofte bør klassificeres gennem systematiske trykprøvninger, hvilket både er tidskrævende og omkostningstungt. Derfor bliver det i praksis svært at opnå tilstrækkelig indsigt til at bygge højere og lettere på en sikker måde. Processen med at deklarere egenskaber tager tid, og indtil da begrænses mulighederne for at integrere alternative byggematerialer. Skal de nye materialer finde vej ind i højhusbyggeri som TRÆ, kræver det et tæt samarbejde mellem producenter og forskningsmiljøer om at dokumentere og standardisere deres anvendelighed. Der foregår flere hensigtsmæssige forsøg i branchen, blandt andet i projekterne "Fra 4 til 1 planet" og "Veje til Biobaseret byggeri".

På Living Lab etagerne har den største udfordring været, at etagerne er dimensioneret til lette vægge, mens nogle af de alternative bud, har været for tunge og krævet lokal forstærkning. En massiv lervæg er fx for tung til at kunne placeres uden lokal forstærkning underenden, hvormed princippet ville fordyre en skillevæg markant.

### Taksonomikrav

Ud over bygningsreglementets præmisser stiller EU's taksonomi yderligere krav til materialevalg og dokumentation. For TRÆ har især M5-kriterierne været udfordrende, da de skærper kravene

til cirkulære løsninger, sporbarhed og dokumenteret miljøperformance. I praksis betyder det, at nye biobaserede, upcycledede og genbrugte materialer kun kan anvendes, hvis de kan dokumenteres på et niveau, der matcher de etablerede produkter.

Samtidig kan taksonomien skabe paradokser: Genbrugsmaterialer kan være svære at deklarere, fordi deres oprindelse er kompleks, og biobaserede løsninger kan mangle standardiserede testresultater. Dermed står man i en situation, hvor produkter med et klart bæredygtighedspotentiale ikke kan indgå i byggeriet, fordi de ikke kan opfylde dokumentationskravene.

Living Lab i TRÆ viser, at det netop er i spændingsfeltet mellem ambition og regulering, at udviklingen skal ske. Skal biobaserede og genbrugte materialer spille en større rolle i højhusbyggeri, må branchen finde nye måder at løfte dokumentationsbyrden på – gennem fælles standarder, samarbejde med forskningsinstitutioner og udvikling af pragmatiske løsninger, der både sikrer compliance og understøtter innovation.



TRÆ ved rejsegilde

# Open Call

I november 2022 inviterede partnerskabet byggebranchen til et "Open Call" med flere formål. Vi ønskede at markedet skulle byde ind, se hvem der var klar til at bidrage, og gerne blive positivt overrasket over nye, ukendte aktører. For at teste markedets respons sendte vi detaljeret projektmateriale ud med plantegninger, snit og et regneark med tekniske krav. Målet var at vurdere, hvem der kunne løfte opgaven.

Opslaget blev delt på LinkedIn med en tilhørende deadline. Tanken var, at regnearket skulle udfyldes af producenter med data om deres produkter som brandklasse, miljømærkning og pris. Resultatet var blandet: Mange henvendelser var

irrelevante, og flere producenter havde svært ved at udfylde regnearket korrekt. Dette førte til, at vi i mange tilfælde måtte opsøge producenterne og vejlede dem.

Konklusionen var, at en overvejende stor del af producenter ikke var markedsklare, manglede dokumentation og havde svært ved at leve op til etablerede standarder. Enkelte producenter kunne dog levere den nødvendige dokumentation og data. For at disse produkter skal have en chance på markedet, skal de matche de gængse standarder, især på dokumentation, selvom de ikke nødvendigvis skal konkurrere på pris.

Produkterne blev udvalgt ud fra en række hensyn og kriterier. Det altafgørende var selvfølgelig om produkterne kunne leve op til bygningens strenge krav særligt til brand, men også til akustik. Dernæst blev produkterne vurderet ud fra en række overvejelser: Hvor klimavenlige vurderede vi umiddelbart de var? Hvor markedsklare var de (fx ift. dokumentation) og hvor stort et skaleringspotentiale vurderede vi at de havde? Hvordan passede de æstetisk og konceptuelt ind på den pågældende etage?

På genbrugsetagen handlede det mere om at se hvilke platforme der kunne levere de ønskede løsninger, og så designe/udvælge ud fra tilgængelighed.

På trods af vores "Open Call" var der som nævnt en del huller, og vi måtte ud at opsøge konkrete løsninger, hvilket resulterede i at vi måtte kontakte forskellige firmaer, som vi havde fundet gennem vores research.

Efter at have udvalgt de produkter, vi ønskede at arbejde videre med, gik vi i gang med at samle løsningerne i et regneark, lave arbejdsbeskrivelser og indtegne løsningerne. Efter bygherrens godkendelse skulle entreprenøren KOM indhente priser på de valgte løsninger.

## Opslag:

Byggebranchen har brug for ambitiøse CO<sub>2</sub>-reducerende løsninger for at imødekomme den grønne omstilling.

Til projektet TRÆ stiller vi tre kontoretager til rådighed hvor vi ønsker at implementere fremtidens bæredygtige materiale- og produktløsninger.

Projektet er allerede et fyrtårnsprojekt indenfor bæredygtighed - bl.a. vil det blive Danmarks højeste træbyggeri, og det vil have en høj andel af genbrug i bl.a. facader, lofter, gulve og vinduer.

Men på disse tre etager ønsker vi at gå endnu et skridt videre.

Har du et produkt eller en løsning som kan bidrage til at mindske vores klimaaftryk og reducere vores ressourceforbrug?

Vi skal indrette tre etager med henholdsvis biobaserede, upcyclede og genbrugte materialer.

Uddybende projektmateriale kan hentes her:

<https://bitly.com/>

Skriv til [Living Lab@lendager.com](mailto:Living Lab@lendager.com)

**Deadline for henvendelser 25/11/22!**



**SEARCH FOR PARTNERS**  
**VI EFTERSPØRGER BÆREDYGTIGE MATERIALELØSNINGER**

[bit.ly/livinglabfiler](https://bit.ly/livinglabfiler) [livinglab@lendager.com](mailto:livinglab@lendager.com)

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ARKITEKT                                                                            | INGENIØR                                                                            | TOTALENTREPRENØR                                                                    | PROJEKTUDVIKLER                                                                     | BYGHERRE                                                                             | PROJEKTET ER STØTTET AF                                                                                                                                                     |
|  |  |  |  |  |   |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | Mere til dig                                                                         |                                                                                                                                                                             |

# Beskrivelse af processen

## Indledende projektering

Efter afslutningen af Open Call-processen og opsøgende arbejde for at finde potentielle leverandører, gik rådgiverholdet i gang med et skitserende projekteringsforløb, svarende til forslagsfasen. Her skulle det foreliggende projekt suppleres med de nye Living-lab materialer.

Første trin var at udvælge og skitsere materialer til implementering i projektet. Samtidig arbejde de arkitekterne ud fra et budget baseret på, i nogle tilfælde uafprøvede, pristestimater af materialernes anskaffelses- og montagepriser.

## Skematik

For at holde styr på de udvalgte materialer, udviklede rådgiverteamet en skematik, til at indsamle data om de forskellige materialer. Skemaet indeholdt bl.a. krav til de pågældende bygningsdele, mængdebehov, hvilke materialer de erstattede i det allerede projekterede projekt. Se screenshot der viser uddrag af skematikken på modsatte side. Skemaet endte med at være meget udbygget - bl.a. med entreprenørens indhentede priser, samt kommentarer fra rådgivere og bygherre.

## Prissætning

Arkitekterne skitserede vha. 3D-model og testede forskellige udtryk, materialer og løsninger inden for det givne budget. Dette krævede en afvejning mellem økonomi, æstetik, innovation og bygningens tekniske krav. Processen inkluderede input fra leverandører, entreprenører, ingeniører og bygherre.

Prissætning i den indledende fase var baseret på skøn, da mange anskaffelses- og montagepriser var ukendte. For eksempel blev det antaget, at et genbrugsgulv ville koste 20% mere end et nyt gulv, da der skulle indregnes spild, risiko og tilpasning på grund af forventning om fx søm, skader eller skævheder i brædderne.

## Færdigprojektering

Efter forslagsfasen blev der valgt et design til hver etage. Den kommende udlejer, Companions, blev også involveret og var med til at revurdere bl.a. farver og enkelte materialevalg. Projektet blev færdigprojekteret og afleveret som et fuldt opdateret udbuds-/ udførelsesprojekt inklusive opdaterede bygningsdetaljer og beskrivelser der specificerede krav til bygningsdele, montageanvisninger og farvevalg. Ingeniørens faggrupper blev inddraget for at kvalificere løsningerne.

## Udfordringer med materialevalg

Nogle materialer viste sig ikke at kunne leve op til de foreskrevne krav. Fx arbejdede vi i længere tid med at få indbygget nogle vægge i stam-pet ler på den biogene etage. På trods af flere runder med både statiker og leverandør viste det sig, at væggenes vægt pr. løbende meter oversteg det, bygningens konstruktion var dimensioneret til. Dette var et godt eksempel på en materialeløsning, hvor både rådgivere og leverandører brugte en del tid på at forsøge at komme med en løsning, som - havde man haft mere erfaring med disse løsninger - ville kunne have afskrevet hurtigere, og dermed kunne have sparet en del arbejdstid på.



De genbrugte facadeplader er også indarbejdet som en udsmykning på genbrugsetagen for at kunne fornemme materialet tæt på.

| T2 - 1. SAL - GENBRUG            |     |                                              |                                                                                                       |                                                                                                                                             |                                                                              |                 |                                   |         |                                                              |            |
|----------------------------------|-----|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------|------------|
| Bygningsdel                      | ID  | Produkt                                      | Krav                                                                                                  | Kommentar                                                                                                                                   | Mængder                                                                      | Afklar          | Erstatter                         | Garanti | Vurd. restlevetid                                            | Dato       |
| 01 Gulve                         | 1.1 | Genbrugt trægulv                             | t = max 22mm<br>lægges i 1m el. Svømmende.<br>Brinell > 2,8<br>OBS CF-1 iht. Beskrivelser             | Ikke for mærkt.<br>Gulv fra Gellerup.<br>Skal miljöscreenes.<br>GD redegøre for efterbehandling.                                            | 201 m2                                                                       | Ja (Bestilling) | G-TRÆ 1                           | Nej     | Afhænger af materialet.<br>GD oplyser slidlag til vurdering. | 2023-10-25 |
| 01 Gulve                         | 1.2 | Genbrugt flisegulv                           | t = max 22mm (3mm)<br>OBS tykkelse på afretning!                                                      | Vi ønsker max. 20x20, de skal være ensartede i farven, uden motiver på.<br>Rengøringsvenlige.                                               | 10,3 m2                                                                      | Ja (Bestilling) | G-TRÆ 1<br>G-BANE 1               | Nej     | Afhænger af materialet. Typisk ingen forringelse af levetid. | 2023-11-01 |
| 02 Vægge                         | 2.1 | Lette skillevægge, genbrugstræ               | Brand- og lydkrav iht. Projekt.<br>Højdele reglar.<br>45x95 mm og 45x70 mm<br>Styrkeklasse min. C18   | Uden søm og skruer, intakte, tørre og lige.<br>Fulde længder (min. 3,6m)<br>Kun uklassificerede vægge iht.<br>Brandplanen. Lbm = væglængde! | Iht. Projekt<br>IV01 = 15,2 lbm<br>IV01 skørt = 7,8 lbm<br>IV02+IV11 = 5 lbm | Ja (Bestilling) | Indgår i:<br>IV01<br>IV02<br>IV11 |         |                                                              | 2023-04-04 |
| 02 Vægge                         | 2.2 | Lette skillevægge, E160-genbrugskit          | Brand- og lydkrav iht. Projekt.<br>Skål reglar.<br>Stolper, top- og bundskinner.<br>120-125 mm        | Intakte og lige-Styrke-må ikke være-forringet-Fulde længder (min. 3,6m).<br>Lbm = væglængde!                                                | Iht. Projekt<br>IV51 = 12 lbm<br>IV51 skørt = 3,4 lbm                        | Ja (Bestilling) | Indgår i:<br>IV51                 |         |                                                              | 2023-04-04 |
| 02 Vægge                         | 2.3 | Lette skillevægge, genbrugsgips              | Brand- og lydkrav iht. Projekt.<br>Tykkelse: 12,5 mm<br>Klasse 1 eller kl 10 B-s1,d0                  | Typekode skal oplyses til godkendelse hos brandrådgiver.                                                                                    | Iht. Projekt<br>Mængder jf. 2.1 + 2.2<br>(1 og 2 lag)                        | Ja              | Indgår i:<br>IV01<br>IV02<br>IV51 |         |                                                              | 2023-04-04 |
| 02 Vægge                         | 2.4 | Lette skillevægge, genbrugt mineraluld       | Brand- og lydkrav iht. Projekt.<br>Glasuld eller stenuld (ubrændbar isolering kl. A1).<br>70/95/125mm | Intakte, tørre og uden huller. Mineraluld skal være fra efter år 1997.                                                                      | Iht. Projekt<br>Mængder jf. 2.1 + 2.2                                        | Ja (Bestilling) | Indgår i:<br>IV01<br>IV02<br>IV51 |         | Typisk ingen forringelse af levetid.                         | 2023-04-04 |
| 02 Vægge                         | 2.5 | Glasvægge, DEKO                              | R/W 30dB når der er dørforbindelse.                                                                   |                                                                                                                                             | Iht. Projekt                                                                 |                 | GV11                              | Ja 5 år |                                                              | 2023-11-07 |
| 03 Lofter                        | 3.1 | Akustikloft, genbrugt Troldekt               | Direkte mont. = max 75mm<br>Nedhængt iht. Projekt L-SYS2<br>Akustik = Klasse A<br>Brand = B-s1, d0    | Males eventuelt hvis overflade ikke kan godkendes af bygherre.                                                                              | 217,2 m2                                                                     | Ja (Bestilling) | L-TEK1<br>L-SYS2                  |         | Nye = min. 50 år og erfaringsmæssigt mere end 75 år.         | 2023-08-24 |
| 04 Vægakustik og vægbeklædninger | 4.1 | Vægakustik-genbrugt-generelt                 | Akustik = Klasse A<br>B-s1, d0 (eller < 20%)                                                          | Nedriver-må gerne komme med oplæg-Hvis ingen bud er det iht. Projekt.                                                                       | Iht. Projekt                                                                 |                 | AK01<br>AK02                      |         |                                                              | 2023-10-04 |
| 04 Vægakustik og vægbeklædninger | 4.2 | Væg- og barbeklædning, genbrugte metalplader | B-s1, d0 (eller < 20%)                                                                                | Genbrugte metalplader, magen til facadeplader. Indl. træ-top<br>På bardeks og som brystninger.<br>Sinus eller trapezprofil.                 | 24,6 lbm (h=900)                                                             | Ja              | Ekstra                            | Ja      | Iht. Facadeprojekt                                           | 2023-10-04 |

Udrag fra fælles skema med oversigt over materialer, krav, mængder mv.

## Akustiske Udfordringer

Særligt akustikkraft som luftlydisolering og trin-lydniveau var udfordrende, da der var sparsom information om de enkelte løsninger. Det viste sig, at det kunne have været mere omkostnings-effektivt at vælge dokumenterede løsninger frem for at bruge mange rådgivertimer. En vigtig læring for nye producenter på markedet, som kan få afgørende betydning i skaleringen af nye løsninger.

## Indhentning af tilbud

Efter at rådgiverne sammen med entreprenøren havde udvalgt materialer, udbød entreprenøren projektet. Flere tilbud viste sig at være højere end forventet, hvilket førte til sparerunder, hvor materialer blev fjernet fra projektet. Efter udbuddet, valgte bygherren, i samarbejde med entreprenøren, de materialer der skulle indgå i projektet.

## LCA og Økonomi

Selvom LCA og økonomi er vigtige værktøjer til at sikre målbare resultater, har der, i dette projekt, været ambition om at arbejde med et bredere perspektiv. LCA og økonomi har indgået i vurderingen af materialerne, men det har ikke været afgørende parametre i materialeudvælgelsen. Da mange af de bydende produkter ikke havde en EPD på daværende tidspunkt, og vi ønskede at kunne skubbe til brugen af materialer, der, i nogle situationer, rammes af regler eller bestemmelser, som enten modarbejder eller ikke tilstrækkeligt repræsenterer de bæredygtige indsatser i innovative produkter. Vi vurderede, at kommende regler og skalering af løsningerne potentielt vil have indflydelse på deres pris og mulighed for at etablere EPD'er eller lign.

Indsatser som Living Lab skal netop være med til at skubbe på skaleringen af innovative materialer og produkter. Der har desuden været en ambition om at prøve ting af og udfordre mulighederne for at kunne identificere hvor der bør sættes ind i en fremtidig skalering.

# Genbrugsetagen

Genbrugte materialer med forskellig patina og historie præger 'looket'. Her ville vi undersøge, hvor meget genbrug vi kunne integrere både ift. udbuddet af materialer og deres even til at leve op til krav - bl.a. var dokumentation af sundheds-skadelige stoffer særligt spændende, da genbrug og udfordringer med indeklimaet netop er et omdiskuteret emne.

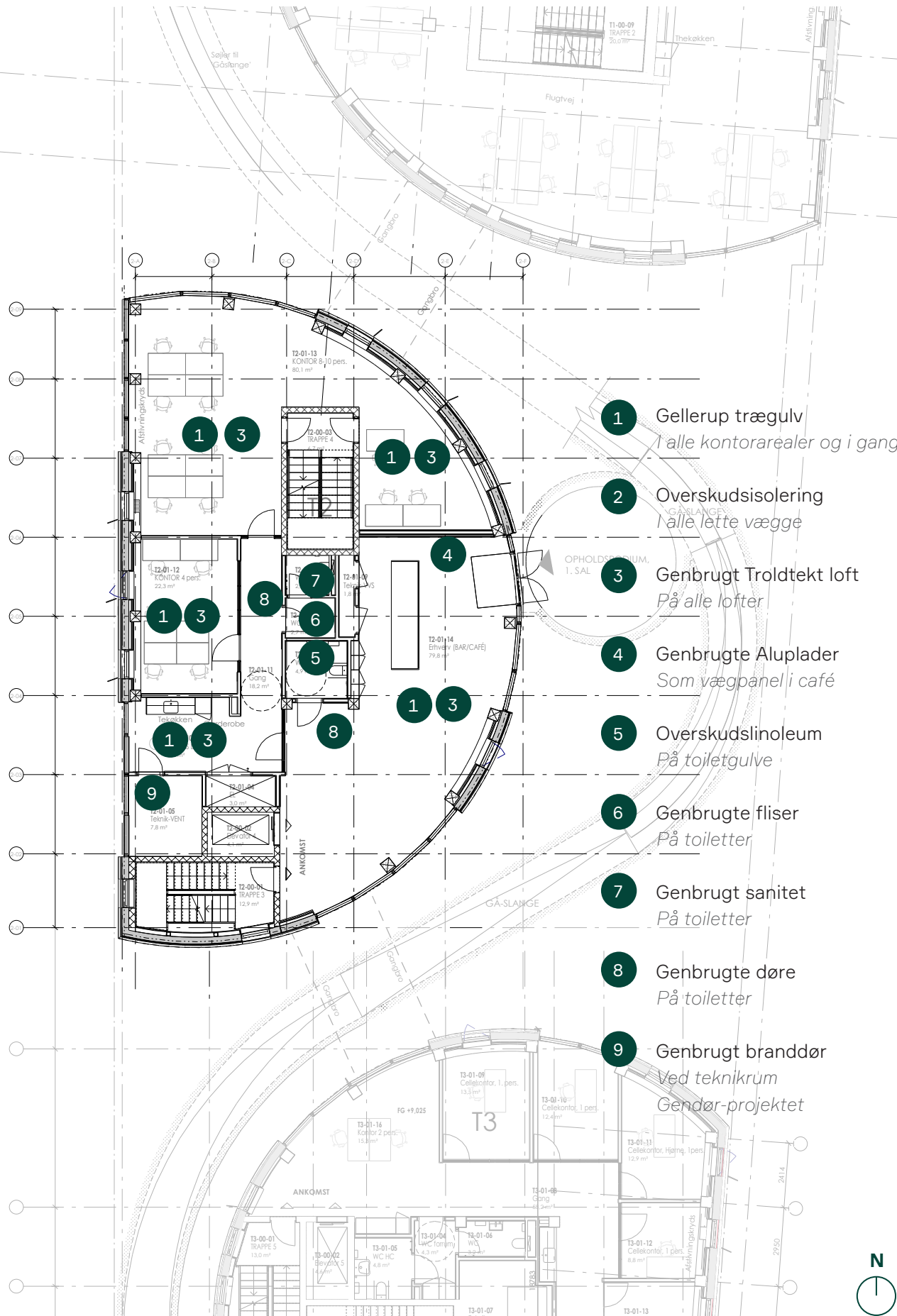
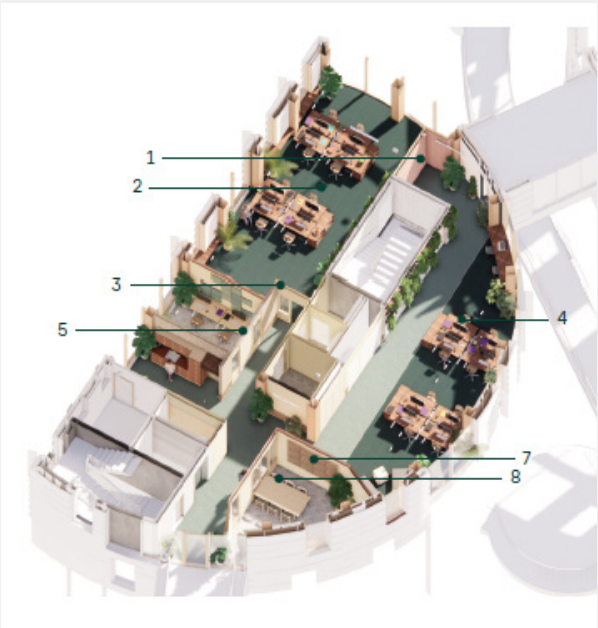
Genbrugsetagen er også særlig, da en del af etagen efter planen skal rumme en offentligt tilgængelig café, hvilket gør etagen meget synlig.

Vi ønskede at inkludere genbrug i alt fra løst inventar, overflader, lamper, tekøkken, sanitet og ventilationskanaler mv. I praksis lykkedes disse ambitioner kun delvist bl.a. pga. at omfanget af indretninger generelt begrænses til fast inventar, og indarbejdningen af mange uafprøvede løsninger i små mængder har økonomiske konsekvenser. Genbrugt af løst inventar kunne med fordel være indarbejdet som dogme i samarbejde med de kommende udlejere.

I praksis viste det sig at være svært at nå i mål med ambitionen om at få så meget genbrug ind som muligt på genbrugsetagen. Dog lykkedes

det at finde genbrugte materialer til både lofter, gulve og en del af vægfladerne. Et eksempel på en mindre vellykket proces, er den omkring integrationen af et genbrugt køkken: Det viste sig at koste for mange rådgivertimer at koordinere med en privat sælger fra DBA, samt planlægge nedtagning, transport og genmontage på byggepladsen. Ydermere ville risici og meromkostninger ved montagen ikke kunne svare sig ift. at montere et nyt køkken. Dette virker absurd, når man ved hvor mange fuldt funktionsdygtige køkkener der konstant nedtages til gratis afhentning overalt i landet.

Dette demonstrerer også en grundlæggende udfordring ved visse typer genbrug - når byggekomponenten/-systemet bliver for specifikt stiger usikkerhederne ift. nedtagning, genmontage, matching etc. Her kunne være en forretningsmodel for et firma der alene specialiserede sig i at nedtage og gensælge køkkener. Alternative systemiske løsninger kunne indebære tilskudsordninger ved "cirkulært håndværk". Endelig havde den kommende lejer også et sidste ord ift. udtrykket, og var ikke åben over for hvilket som helst køkken, hvilket yderligere reducerede råderummet.



# Implementerede materialer - genbrug

| BYGNINGSDEL                                                                                                                    | PRODUKT, PRODUCENT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ                              | MÆNGDE  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|
| <div>1</div>  <div>Gulv</div>                 | Gellerup trægulv, GreenDozer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Funderø upcyclet offcut parketgulve fra Junckers, a:gain.     | 226 m²  |
|                                                                                                                                | Krav: t = 22mm (20-28mm). Restslidlag efter slibning 2-3 mm. Brand Min. D <sub>fl</sub> – s1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |         |
|                                                                                                                                | Kommentar: Klargøringsprocessen indebærer slibning for at fjerne PCB fra overfladen. Stikprøverne blev godkendt som under grænseværdien for PCB ved leverance på byggepladsen. Entreprenør beretter om en udfordrende proces med høj spildprocent hvor trægulve skulle lægges 3 stk. ad gangen og spændes sammen. En feedback der er blevet implementeret hos Greendozer, som nu laver ny fer og not. Gulvet er en smule ujævnt ift. et nylagt gulv - nok grundet forskellige slibninger, som et af de få tegn på at gulvet har haft et tidligere liv. |                                                               |         |
| <div>2</div>  <div>Isolering</div>           | Overskudsisolering i lette vægge, overskudsmateriale fra andet projekt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Nyproduceret mineraluld                                       | 102 m²  |
|                                                                                                                                | Krav: t = 70mm og 95mm. Brandklasse A1. Mineraluld eller stenuld. Mineraluld bør være fra efter år 1997.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                               |         |
|                                                                                                                                | Kommentar: Der var ved udførelsestidspunktet af projektet ikke incitament til at høste genbrugsmineraluld, da det nyproducerede materiale var for billigt i selektiv nedrivningsøjemed. Er mineralulden fra før 1997 skal det deponeres som farligt affald. Der blev anvendt overskudsmateriale fra anden byggeplads – en øvelse som ikke normalt udspiller sig i praksis, da det er for bøvellet at flytte materialer med videre til næste byggeplads.                                                                                                |                                                               |         |
| <div>3</div>  <div>Loft</div>               | Genbrugt Troldekt akustikloft, GreenDozer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Dybø akustik batts, af genanvendt PET plastik flasker, a:gain | 219 m²  |
|                                                                                                                                | Krav: t = 25 mm (11,4 kg/m²). Brandklasse Min. B-s1, d0. Lydreduktionsklasse A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                               |         |
|                                                                                                                                | Kommentar: Troldekt akustikpaneler var relativt nemme at inkorporere i projektet, specielt qua Troldekt's anvendelsesområde ved direkte genbrug. Pladerne viste ingen udfordringer fra miljøscreeningen og havde kun ganske lidt patina i form af gamle skruehuller, hvilket gjorde at troldekten ifølge entreprenøren var nem af montere til et flot resultat. Nedtagningen af pladerne var desuden optimal, da pladerne var skruet og ikke sømmet fast i sin tidligere anvendelse.                                                                   |                                                               |         |
| <div>4</div>  <div>Indervægbeklædning</div> | Vægbeklædning med sinus metalplader, Aluplus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Materialet erstatter ikke andet materiale                     | 25 lbm. |
|                                                                                                                                | Krav: -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                               |         |
|                                                                                                                                | Kommentar: Der var i projektet et ønske om at vise facaden i genbrugte metalplader tæt på. Metalpladerne har ikke andre funktioner end et arkitektonisk bidrag der bringer TRÆs facade til live inde i bygningen. Pladerne kommer fra en nedrivning på Højbjergvænge i Herlev og er fundet til projektet gennem J. Jensen.                                                                                                                                                                                                                             |                                                               |         |

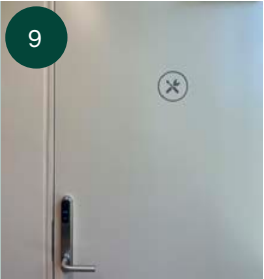
| BYGNINGSDEL                                                                                                             | PRODUKT, PRODUCENT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ | MÆNGDE                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| <div>5</div>  <div>Toiletgulv</div>  | Overskudslinoleum fra et andet projekt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Nyproducerede linoleum på gulve  | 13 m²                   |
|                                                                                                                         | Krav: Kvadratiske eller rektangulære fliser, min. 100x100 mm, max. 200x200 mm. T = max 22mm inkl. fliseklæb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                  |                         |
|                                                                                                                         | Kommentar: Intentionen for toiletgulvet var at anvende genbrugte fliser, men der ikke var tilstrækkelige mængder at finde, faldt valget på overskudslinoleum fra et andet projekt som kunne anvendes i Living Lab i stedet for.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |                         |
| <div>6</div>  <div>Vægfliser</div>   | Overskudsfliser fra et andet projekt (Karréerne)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nyproducerede fliser på vægge    | 11 m²                   |
|                                                                                                                         | Krav: kvadratiske eller rektangulære fliser, min. 100x100 mm, max. 200x200 mm. T = max 22mm inkl. fliseklæb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                  |                         |
|                                                                                                                         | Kommentar: Fliser er svære at genbruge af flere årsager. Økonomien i at nedtage og rense fliserne kan være en udfordring i sammenligning med nye fliser, da de i visse tilfælde, qua fliseklæben, være svære at rense uden at de beskadiges. Endvidere kan fliseklæben indeholde sundhedsfarlige stoffer (fx asbest), som gør det svært at klargøre fliserne til direkte genbrug. I Living Lab genbrugsetagen endte vi med at installere overskudsfliser fra et af bygherres andre projekter, da andet var svært at skaffe, hvilket lettede processen. |                                  |                         |
| <div>7</div>  <div>Sanitet</div>    | Genbrugte toiletter og håndvaske, Greendozer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nye vaske og WC'er               | 3 stk (1 på hver etage) |
|                                                                                                                         | Krav: Væghængt toilet skal passe til en ny Geberit cisterne. Leveres afrenset og uden skader. Cisterne og tryk skal fungere. Ingen synlig kalk eller rust. Håndvask mål skal være så tæt på 450 x 350 mm som muligt (projekterede dimensioner).                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |                         |
|                                                                                                                         | Kommentar: Genbrugte både håndvaske og toiletter, på nær på handicaptoilet, blev indarbejdet. I dag er der god tilgængelighed ift. genbrug af sanitet, og bygherre har god. Den største barriere kan være perceptionen af brugte sanitetsvare, men dette forventes håndteret.                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                  |                         |
| <div>8</div>  <div>Døre</div>      | Genbrugte døre, Greendozer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nye Swedoor finérdøre            | 3 stk                   |
|                                                                                                                         | Krav: Min. 2 stk. 10x21M – toiletør med lås, inkl. bundskinne (1 højrehængt, 1 venstrehængt)1. 1 stk. 9x21M – toiletør med lås, inkl. bundskinne (højrehængt). Ens farve og udtryk.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                  |                         |
|                                                                                                                         | Kommentar: Der er anvendt genbrugte døre inkl. deres karme på toiletterne, som er leveret af Greendozer. Dørene er blevet genmalet, og fremstår derfor uden betydelige burgsspor. En løsning der har vist sig at være relativt smertefri.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                  |                         |
| <div>9</div>  <div>Branddøre</div> | Genbrugte branddøre, Genbyg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Nye branddøre fra Swedoor        | 3 stk (1 på hver etage) |
|                                                                                                                         | Krav: Alle døre med brandkrav leveres med bundskinne i rustfrit stål. 10x21M (højrehængt eller venstrehængt). Brandklasse Ei2 30-C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                         |
|                                                                                                                         | Kommentar: Som en del af projektet er der udsprunget et samarbejde med DBI, til etablering af en proces for genbrug af branddøre. Se mere i afsnittet der beskriver dette GenDør.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  |                         |



Foto fra storrums kontor på genbrugsetagen som på sigt kan fungere som café.

# Upcyclingetagen

Dette er den sofistikerede etage. Upcycling viser netop muligheden for at højne værdien af noget, som ellers havde en lavere værdi og typisk blev downcyclet eller forbrændt. Upcycling er kendetegnet ved, at produkterne føles nye, men man kan stadig aflæse deres tidligere brug i fladernes tekstur, patina osv.

Intentionen var at design og nøje udvalgte farve- og materialekombinationer skulle stå i centrum på denne etage.

På upcyclingetagen endte vi med at fravælge en del løsninger som ellers passede til etagens koncept, men som viste sig at være udenfor projektets scope. Dette betød at kun 5 af de oprindeligt udvalgte materiale endte med at blive indbygget i det færdige projekt. Igen blev modtog vi mange forslag til løst inventar eller udsmykning hvilket blev valgt fra.

Til gengæld lykkedes det at finde upcycledede materialer til alle loftsflader, alle gulve og som konstruktive dele af væggene. Dette er netop et resultat af nogle af fordelene ved upcycle elementerne som oftest indgår i eksisterende

produktioner, måske endda hos store producenter, som nemmere kan levere den krævede dokumentation. Dog er prissætningen af denne type produkter for nuværende måske også farvet af at skulle afprøve og skalere en mindre produktlinje i forhold til de veletablerede nyproducerede produkter og materialer.

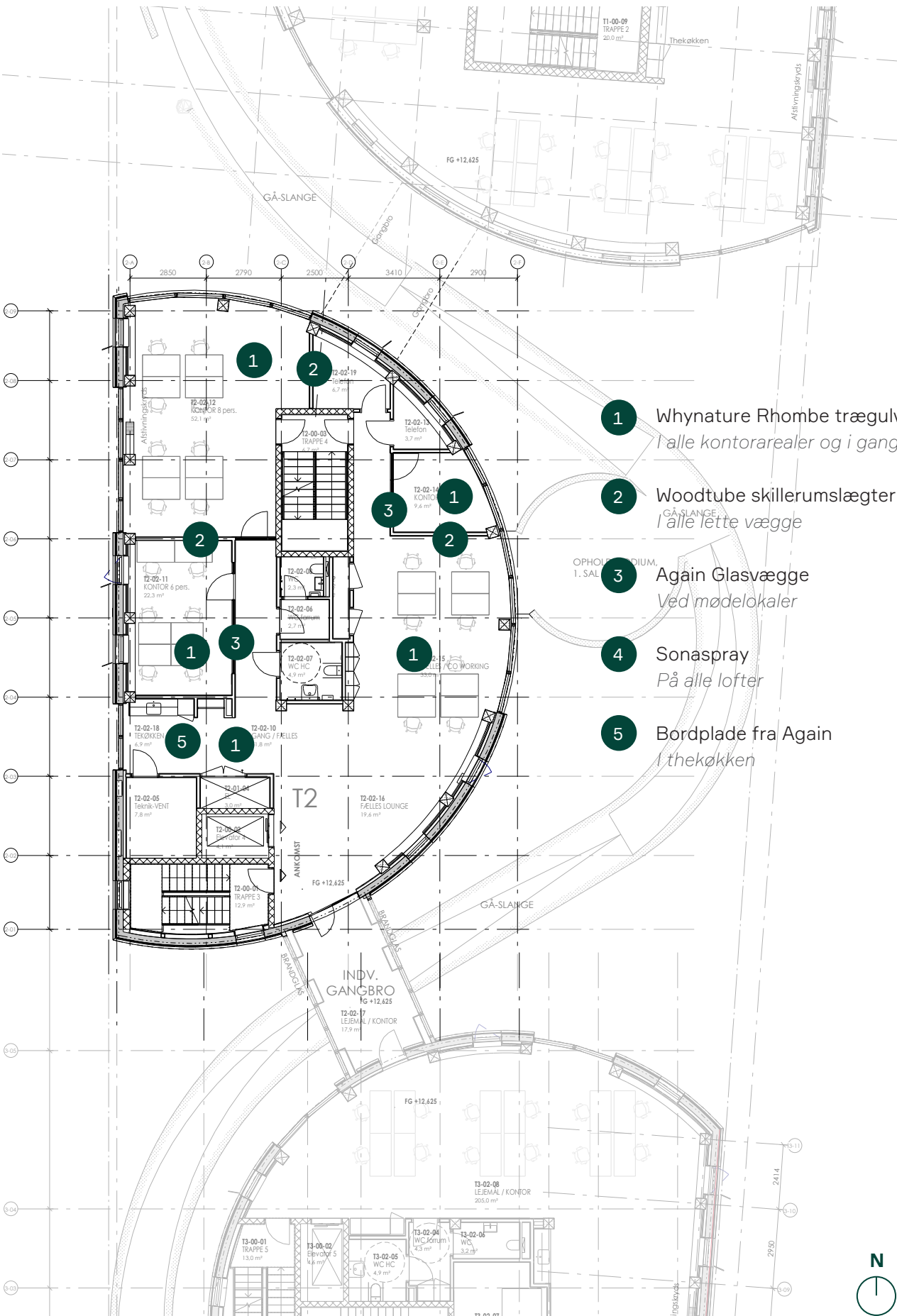
Et af de materialer der ikke blev implementeret var produktet Dewdrop Tiles (som er vandjet-skårede fliser i forskellige mønstre fra byggeaffald), som var blevet udpeget som dekorativt element ved ankomsten, samt på toiletterne - her vurderede man at det ikke var nødvendigt, og at det - i en stram økonomi - kunne tages ud. Også produktet Foresso blev fravalgt. Produktet består af affaldstræ, savsmuld og forskellige mineraliske og organiske bindere og kommer i standard plademål. Her var intentionen at bruge det som bordplade i køkkenet, men her viste det sig svært at finde en snedker der ville arbejde med produktet, og anskaffelsespris samt transport var også uforholdsvist høj.



Sonarspray i loft, foto: Rasmus Hjortshøj



Whynature Rhombeparketgulv, foto: Rasmus Hjortshøj



Implementerede materialer - upcycling

| BYGNINGSDEL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | PRODUKT, PRODUCENT              | STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ                          | MÆNGDE     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------|
| <div><div>1</div></div> <div>Gulve</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Rhombeparket, Why Nature        | Funderø upcyclet offcut parketgulve fra Junckers, a:gain. | 226 m²     |
| <p>Krav: t = 15mm. Slidlag eg 4mm, kernemateriale af fyr. Brandklasse D<sub>fl</sub> – s1 ekstra undergulv skal mindst være D-s2,d0. Hårdhed (Brinell) 3,5.</p> <p>Kommentar: Historien om et upcyclet gulv af afskær fra den nyproducerede egetræsgulve, var årsagen til at de smukke men dyre gulve fandt vej ind i projektet. Produktion med afskær anfægtes dog af dele af branchen: LCA-teknisk kan afskær ikke regnes som affald og dermed "gratis" ifølge EN15804, som er den europæiske standard for miljøvaredeklarationer (EPD'er). Samme definition findes også i EU's affaldsbekendtgørelse. Alligevel ser vi værdi i bidrage til omstilling af branchen ved at efterspørge og anvende ressourcer der før ville være brandt af.</p>                                                                                                    |                                 |                                                           |            |
| <div><div>2</div></div> <div>Vægge</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Woodtube                        | Nye stålreglar i skellet til gipsvægge                    | 103 m² væg |
| <p>Krav: Godstykkelse ca. 3mm. Samlet vægtykkelse: 120 / 145 mm. Beklædning/overfladekrav K<sub>1</sub> 10 / B-s1,d0. Lydreduktion af vægopbygning 46 dB.</p> <p>Kommentar: Wood Tube er en svensk virksomhed, der har udviklet en innovativ erstatning for traditionelle stål- og træstolper i lette vægkonstruktioner. Deres produkt er en hul vægstolpe fremstillet af genbrugspapir og papirfibre. I frygten for udfordringer med indholdsstoffer i post-consumer pap, testede projektholdet produktets indholdsstoffer hvor der desværre blev fundet nogle forskellige former for PFAS. I forbindelse med installation af den lette indervæg, blev det klar at woodtube kun kan installeres i stålskinner, hvilket LCA-teknisk reducerer potentialet for produktet. (Foto credit: woodtube)</p>                                               |                                 |                                                           |            |
| <div><div>3</div></div> <div>Møderums skillevægge</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Thystø glasvægge, Deko / a:gain | Nye Deko glasvægge                                        | 19 m²      |
| <p>Krav: Vurderes at udgøre &lt; 20% af samlet areal. Overstiger det 20% brandmales det overskydende så klasse K<sub>1</sub> 10 B-s1,d0 opnås. Lydreduktion 30dB.</p> <p>Kommentar: Tystø er en upcyclet væg af brugte termoruder og kasseret træ. Væggen er fleksibel og kan tilpasses forskellige indretninger, og er udviklet efter principper om cirkularitet, hvor materialerne har haft tidligere liv, og produktet er designet til fremtidig adskillelse. Der viste sig udfordringer ift. brand og akustik. Brandteknisk kunne væggene kun opføres som del af "20%-beregningen", hvor der maks må anvendes 20 % synligt træ på vægge og lofter i et højhus, da træ er et brændbart materiale, og BR18 samt Eksempelsamling om brandsikring (kap. 3.5) stiller krav om lav brandspredning i anvendelseskategori 4 (bygninger over 22 m).</p> |                                 |                                                           |            |

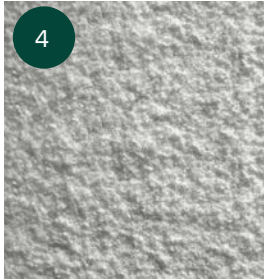
| BYGNINGSDEL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | PRODUKT, PRODUCENT              | STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ                              | PRISDIFFERENCE |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| <div><div>4</div></div> <div>Lofter</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Sonaspray, Asona Nordic         | Dybø akustik batts, af genanvendt PET plastik flasker, a:gain | 209 m²         |
| <p>Krav: t = 45-50mm. Brandklasse B-s1, d0. Lydreduktion klasse A.</p> <p>Kommentar: SonaSpray er en akustisk loft- og vægbeklædning, som sprøjtes direkte på overflader for at dæmpe efterklang og forbedre lydmiljøet. Materialet er populært i både ny-byggeri og renoveringer, hvor akustik og æstetik skal forenes. Sonaspray er lavet af cellulosefibre, som stammer fra genbrugspapir og det kombineres med en vandbaseret lim (binde-middel) for at kunne sprøjtes og hæfte på overflader. Selvom produktet er C2C certificeret og som udgangspunkt ikke indeholder sundhedsskadelige kemikalier, indeholder produktet stadig borsyre, som er udskældt pga. risikoen for at det kan skade forplantningsevnen eller det ufødte barn ved længerevarende eller høj eksponering. På grund af denne klassificering kan produkter med et vist indhold af borsyre ikke opnå miljømærkninger som fx Svanemærket eller EU-Blomsten. Da kun få entreprenører arbejder med Sonaspray er det relativt dyrt at få udført reparationer el.lign.</p> |                                 |                                                               |                |
| <div><div>5</div></div> <div>Køkken bordplade</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Upcyclet Marø bordplade, a:gain | Nye laminat køkkenbordplader                                  | 1 stk          |
| <p>Krav: Oprindeligt blev der stillet krav til Forezzo bordplader, derfor findes ikke specifikationer herfor.</p> <p>Kommentar: Bordpladen var oprindeligt foreslået til at være Forezzo bordplader. Disse blev afvist pga. dokumentationsudfordringer og manglende underentreprenør der ville tage produktet ind. Derfor blev der i stedet valgt a:gains upcyclede bordplade bestående af forbruger og industriaffald.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |                                                               |                |



Foto fra storrums kontor på upcycle etagen, foto: Rasmus Hjortshøj

# Den Biogene Etage

Målet med den biogene etage var at skabe en kontoretage præget af naturlige materialer – materialer man normalt ikke forbinder med det klassiske, sterile kontormiljø. Med et stigende fokus på biogene materialer i byggeriet og en markant udvikling inden for både anvendelse og innovation, ønskede vi at undersøge, hvilke af disse materialer der realistisk kunne integreres i projektet.

Begrebet biogent materiale kan diskuteres og fortolkes forskelligt. I projektet valgte vi at inkludere materialer som lerplader, lerpuds og hempcrete i denne kategori – selvom nogle af disse består af kombinationer af mineralske og organiske komponenter (fx sand, ler, plantefibre og hampeskærver). Fokus var på materialer, der har et lavt forarbejdningsniveau og som i videst muligt omfang er fremkommet uden energikrævende industrielle processer, såsom forbrænding. Hempcrete kræver dog fremstilling af hydraulisk kalk og er dermed et grænsetilfælde – men blev alligevel medtaget pga. sit biogene indhold og sit lave CO<sub>2</sub>-aftryk sammenlignet med konventionelle byggematerialer.



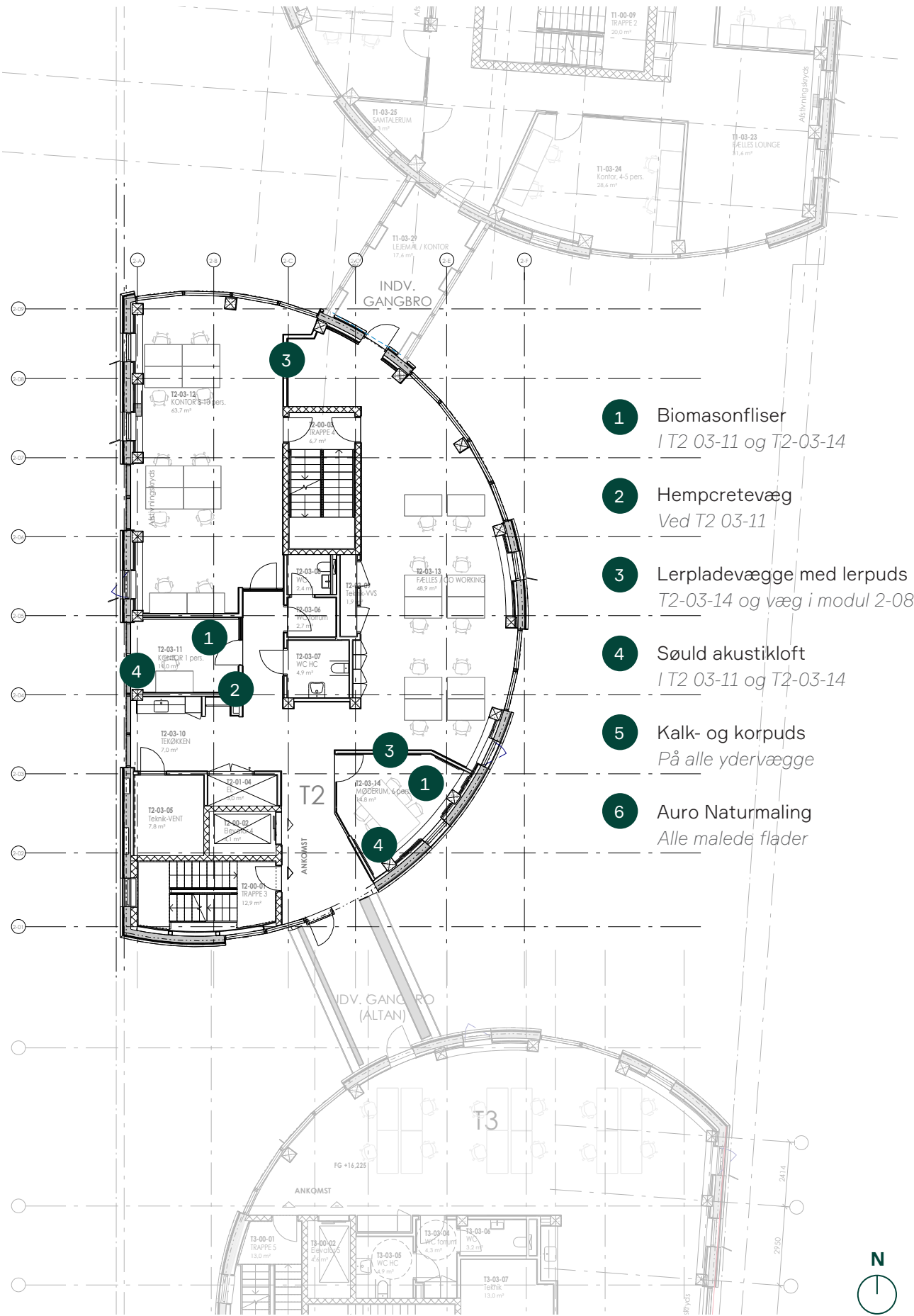
Lerpudsede vægge

En af de store udfordringer ved at anvende biogene materialer i et byggeprojekt som dette, er opfyldelse af de gældende brandkrav. De naturlige materialer har sjældent dokumentation, der lever op til de høje krav, der gælder i etagebyggeri. Det betød, at vi kun kunne anvende løsninger og konstruktioner, hvor der fandtes tilstrækkelig dokumentation for deres brandtekniske egenskaber – eller hvor der kunne argumenteres for helhedsløsninger, der samlet set opfyldte kravene.

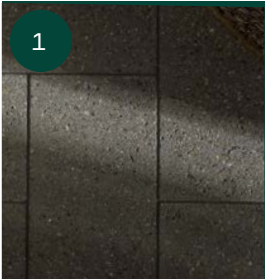
Et godt eksempel på denne tilgang var vores arbejde med at få søuld godkendt som akustikloft i et møderum. Søuld kunne i sig selv ikke leve op til overfladekravet om Bs1, d0, men i tæt dialog med brandrådgiveren fandt vi en løsning: Hvis vi samtidig anvendte et gulvmateriale med der var dokumenteret ubrændbart, kunne vi samlet set opfylde kravene. Løsningen blev derfor at kombinere søuld med et gulv af Biomason-fliser – et mineralbaseret materiale, der ikke er brændbart og dermed kunne "kompensere" i brandstrategien.



Søuld-plader i loftet og Biomason fliser på gulv



# Implementerede materialer - biogene

| BYGNINGSDEL                                                                                                                  | PRODUKT, PRODUCENT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ                              | MÆNGDE |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|
| <div><div>1</div></div> <div>Gulve</div>    | BioLITH fliser, Biocement Biomason (Holland)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Funderø upcyclet offcut parketgulve fra Junckers, a:gain.     | 35 m²  |
|                                                                                                                              | Krav: t = 19 mm Brandklase ubrændbart.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                               |        |
|                                                                                                                              | Kommentar: Biomason er et biocementmateriale lavet af naturligt forekommende bakterier, der danner calciumcarbonat ved stuetemperatur. Det efterligner den måde koraller danner strukturer på – uden behov for høj varme eller CO <sub>2</sub> -intensive processer. Tanken bag produktet er at reducere cementens CO <sub>2</sub> -aftryk markant. Produktet har endnu ikke en miljøvaredeklaration (EPD), og det kan ikke siges med sikkerhed om CO <sub>2</sub> -reduktionen indfries. Biomason blev afprøvet i udvalgte mødelokaler, og blev en central del af brandstraetgjen, hvor der blev installeret søuld i loftet – se afsnit om Søuld. Ved fremskaffelse blev det klart at produktionen ikke er igangværende i Danmark endnu, hvilket gav leveringsusikkerhed. Udvikling pågår i kraft af samarbejde mellem Novo Holding, Biomason og IBF. |                                                               |        |
| <div><div>2</div></div> <div>Vægge</div>   | Hempcrete blokke, Havnens Hænder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ny almindelig gipsvæg med lydkrav                             | 57 m²  |
|                                                                                                                              | Krav: t = 120 mm samt ca. 20mm lerpuds på begge sider. Brandklasse EI 60 / B-s1, d0. Lydreduktion 39dB, forbedres med lerpuds på begge sider.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |        |
|                                                                                                                              | Kommentar: Hempcrete er et biobaseret byggemateriale bestående af hampeskærver, kalk og vand. Det er let, har gode isolerende egenskaber og regulerer fugt naturligt. Udfordringerne med Hempcrete indebar blandt andet den manglende tyngde i forhold til at imødekomme lydkrav. Dette blev løst ved at øge vægtykkelsen – en øvelse der kræver mere materiale og dermed udfordrer mulighederne for at bygge mindre CO <sub>2</sub> -belastende. Der skulle desuden bruges en del mere puds end forventet grundet uensartethed i produktet, men det resulterede i et tilfredsstillende resultat i sidste ende.                                                                                                                                                                                                                                        |                                                               |        |
| <div><div>3</div></div> <div>Vægge</div>  | Lerpladevægge, Schleuser, Havnens Hænder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ny almindelig gipsvæg med lydkrav                             | 33 m²  |
|                                                                                                                              | Krav: t = 22 mm lerplader, samlet vægopbygning 134mm. Brandklasse EI90 / B-s1, d0. Lydreduktion 52dB. OBS dimension på regler er efter tyske standarder, som skal følges, så opbygning godkendes af brandrådgiver.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                               |        |
|                                                                                                                              | Kommentar: Lerpladevæggene er pudset op med lerpuds hvilket giver et pænt resultat. Dog er nogle af væggene relativt porøse og man forventer derfor en del vedligehold. Dette har også medført at der er blevet sat trælistes op på udsatte hjørner og kanter for at beskytte mod afskalning. Dokumentationsniveauet fra leverandøren har ikke været helt så udførligt som håbet, og pladerne er vurderet som relativt dyre.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                               |        |
| <div><div>4</div></div> <div>Lofter</div> | Søuld akustikmåtter FR, Søuld                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Dybø akustik batts, af genanvendt PET plastik flasker, a:gain | 17 m²  |
|                                                                                                                              | Krav: t = 35 mm. Dimensioner 600 x 1100 mm. Brandklasse D-s1,d1. Lydreduktion Class B(MH)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                               |        |
|                                                                                                                              | Kommentar: Der er anvendt Søulds akustikbatts bestående af ålegræs (tang) med brandhæmmer i et af mødelokalerne. Det var nødvendigt at kombinere denne løsning med biomason tiles på gulvet, for ikke at overstige grænsen om 20% brændbare overflader på væggene i et højhus. Af denne årsag er Søuld kun implementeret i et enkelt mødelokale. Der har vist sig at være mindre tegn på svampesporedannelse i overfladen men dette er ikke noget alarmerende eller indikerer tegn på skimmel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                               |        |

| BYGNINGSDEL                                                                                                                   | PRODUKT, PRODUCENT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ                 | MÆNGDE |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|
| <div><div>5</div></div> <div>Vægge</div>   | Kalk og korkpuds akustik Daisen, Havnens Hænder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Flarø FR akustik vægpaneler, a:gain              | 35 m²  |
|                                                                                                                               | Krav: t = 15-70 mm, umiddelbar vurdering er min. 30mm kalk- korkpuds på 20mm faste mineraluldsbats. Brandklasse A1 ubrændbart.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                  |        |
|                                                                                                                               | Kommentar: Kalk- og korkpuds, bestående af kalk, pimpsten, ler, perlite, diatomit, hydrauliske bindemidler og korkgranulat. Denne kalk og korkpuds er en akustilregulerende puds som samtidigt skulle have en lav klimapåvirkning. Dog har det ikke været muligt at fremskaffe miljøvaredeklaration (EPD) eller dokumentation for dets akustiske og brandmæssige egenskaber. Produktet viste sig at kræve en del tid at sætte op. |                                                  |        |
| <div><div>6</div></div> <div>Vægge</div>  | Lerpuds, Conleno Deko Clay, Havnens Hænder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ny konventionel akrylmaling, Norsøe professionel | 181 m² |
|                                                                                                                               | Krav: Med træliste i overgang i lakeret fyr 40x15 (samme materiale som fodpanel). t = 2-3 mm finpuds og 1-2 mm lermørtel (indfarvet).                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                  |        |
|                                                                                                                               | Kommentar: Lerpudsen har været det naturlige valg at kombinere med lerpladevæggene, og rummer derfor nogle af de samme bekymringer ift. drift og vedligehold. Umiddelbart forventet det at være svært at rengøre - om dette er tilfældet i praksis må tiden vise.                                                                                                                                                                 |                                                  |        |
| <div><div>7</div></div> <div>Vægge</div> | Naturmaling Auro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ny konventionel akrylmaling, Norsøe professionel | 249 m² |
|                                                                                                                               | Krav: Maling skal komme fra samme batch for at undgå farveforskelle. Overflade skal fuldspartles inden med produkt der egner sig til naturmaling.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                  |        |
|                                                                                                                               | Kommentar: I stedet for konventionel akrylmaling er der anvendt naturmaling fra Auro som er allergimærket og plante- og mineralbaseret. Montage og arbejds gange har været sammenligneligt med konventionelle produkter.                                                                                                                                                                                                          |                                                  |        |



Kontormiljø på den biogene etage, foto: Rasmus Hjortshøj

# Evaluering af processen

## Afsluttende projektworkshop 29. april 2025

Den afsluttende projektworkshop blev afholdt i TRÆ d. 29. april 2025. På workshoppen deltog repræsentanter fra de forskellige projektpartnere (Lendager, Artelia, Kilden og Hindby, KOM). Formålet med dagen var at samle op på de erfaringer, deltagerne har gjort sig gennem projektet, og skitsere centrale læringer, der kan deles bredt i byggebranchen i forhold til kommende projekter.

## Indbyggede udfordringer i Living Lab konceptet

En del af de udfordringer, projektet er stødt på undervejs, hænger direkte sammen med innovationshøjden på projektet. Markedet for de genbrugte, upcycledede og biogene materialer er stadig umodent, og der findes derfor ikke tilgængelige gennemtestede løsninger, der let kan implementeres. Det er svært, fordi det er nyt! Og selv hvis der gjorde var det ikke formålet med netop dette projekt.

Det er netop derfor, der bevilges ekstra midler til at udvikle og teste. Alligevel opleves det i projektet som om, der er blevet brugt rigtig meget tid på afsøgning, koordinering og dialog med forskellige materialeproducenter omkring produktion, distribution og dokumentation. Man havde i projektet en forhåbning om, at man ville kunne nå længere – at man gennem projektet ville opdage nye producenter og materialer og kunne få endnu flere forskellige løsninger med. Det har vist sig at være udfordrende af en række forskellige årsager.

## Manglende viden og dokumentation

En af de centrale oplevede udfordringer har været manglende viden og dokumentation fra materialeproducenternes side. Producenterne har ikke været gearet til de krav, der stilles til etagebyggeri. Mange af dem udvikler deres materialer til enfamiliehuse, hvor der ikke er de samme krav til dokumentation.

Materialeproducenterne ved noget om de materialer, de producerer, men har ikke stort kendskab til dokumentationsverdenen. De har derfor ofte ikke styr på den viden og de detaljer, der kræves for at sikre at dokumentationen er på plads. De projektspecifikke krav til materialer har derfor ofte været svære at opfylde. Det har kostet projektet ekstra tid og ressourcer (særligt på rådgiversiden), hvor arkitekt og ingeniør bliver et ekstra bindeled, der skal undersøge og sikre dokumentation for de enkelte materialer. Materialerådgiverrollen vil altid være nødvendig, når man bevæger sig ud over standardmaterialer, men der er brugt langt mere tid på det i projektet, end man havde forventet fra starten af - også sammenlignet med en normal projekteringproces.

## Risiko og skala

Living Lab projektet har en skala, der gør det muligt for bygherre at teste løsninger af, som man ikke nødvendigvis ville være klar til at rulle ud i et større projekt. I forhold til risiko og risikominimering giver det mening, at ting kan prøves af i mindre skala. Hvis materialet ikke performer som forventet, er det lettere at skulle skifte 10 m<sup>2</sup> frem for 1.000 m<sup>2</sup>.

På den anden side kan en materialeproducent ikke skabe en helt ny produktion på 10 m<sup>2</sup> – der skal mere volumen til for at gøre det rentabelt. Det koster derfor mere pr. kvm at lave 10 m<sup>2</sup>, end 1.000 m<sup>2</sup>, og der opleves også udfordringer i forhold til levering, fordi de involverede materialeproducenter endnu ikke har en storskalaproduktion eller en strømlinet proces og organisering omkring distribution. Det linker også tilbage til ovenstående tematik omkring viden og dokumentation. Det vurderes, at det koster i omegnen af 1 mio. kr. at lave en dokumentationspakke til et projekt som TRÆ, og det er ikke realistisk, at små opstartsvirksomheder, har den kapacitet – slet ikke, hvis de er et sted i deres udvikling, hvor de endnu ikke ved, præcist hvor produkter-

ne ender og de kun har mindre ordrer i bogen.

## Samarbejde, organisering og proces

Projektdeltagerne er overordnet set tilfredse med deres deltagelse i projektet og føler alle de har lært noget, de kan bruge fremadrettet. Processen og samarbejdet i projektet har været udfordret af, at Living Lab projektet blev introduceret i et i forvejen ambitiøst projekt (TRÆ), der allerede var projekteret, og hvor man derfor måtte omprojektere de tre Living Lab etager i forhold til projektets ambitioner – mens hovedprojektet kørte videre.

I kombination med de ovenstående temaer omkring 'manglende viden og dokumentation' på leverandørsider, samt 'risiko og skala' har det gjort, at der er trukket tunge veksler på alle involverede projektpartnere. Der er brugt mange interesselimer på mange fronter i projektet for at komme i mål. Tidsforbruget vurderes som uforholdsmæssigt stort, fordi man har måttet tage flere opgaver "ind" i projektet, som man havde håbet kunne ligge hos leverandørerne.

## Open call processen

Et centralt element i projektet var open call processen, hvor man ønskede, at forskellige materialeproducenter bød ind med deres bud på løsninger til de enkelte etager. Her er der en vis skuffelse i projektet over, hvor få producenter, der endte med at byde ind, samt hvor meget arbejde det krævede at sikre, at de enkelte produkter og producenter levede op til alle krav.

Der var en ambition om at give byggebranchen en masse nye muligheder ved at vise en variation af produkter, der allerede eksisterer, og som ville kunne bruges direkte. Projektteamet drømte om en dobbelt så lang bruttoliste af produkter, men de produkter fandtes ikke. I hvert fald bød producenterne ikke ind på open call processen og det lykkedes ikke projektet selv at finde dem.

"Jeg synes det er megafedt, at TRÆ på den måde går forrest og viser, hvordan man også kunne bygge, hvis man i højere grad turde udfordre "plejer."

Udtalelse fra brugerundersøgelse

# Evaluering af processen

## Vigtige læringer til fremtidige projekter

Selvom drømmen med Living Lab projektet var at nå endnu længere, i forhold til at finde og teste nye konkrete løsninger, så har man alligevel gennem projektet gjort sig vigtige erfaringer, der kan informere kommende projekter, særligt i forhold til den måde, projekterne skrues sammen på:

## Tænk processen anderledes fra start

Usikkerhed er en uundgåelig del af denne type af udviklingsprojekt og klassiske risikominimeringsstrategier virker derfor ikke. Det anbefales, at man ikke forsøger at lægge det hele fast i starten af projektet, men accepterer, at der er ting vi ikke ved samt ting vi bliver nødt til at ændre eller skære fra undervejs. Det er netop den slags læringer, der gør os klogere til fremtidige projekter.

Der er en bevidsthed i projektgruppen om, at man nogle steder måske har "overprojekteret" i starten af projektet i et forsøg på at sikre klarhed og retning – men at den tid kunne være bedre brugt på anden vis, fordi projektet netop ændrede sig så meget undervejs.

## Skab rum for en tættere dialog og et mere iterativt samarbejde

Tættere dialog og et mere iterativt samarbejde mellem arkitekt, rådgiver, entreprenør og producent er en måde at håndtere risiko og usikkerhed. Fordi der er så mange ubekendte, er det uundgåeligt, at forudsætninger løbende ændrer sig og ting skal rettes til undervejs. Det kræver, at projekter måske skal være mindre færdigprojekterede, og i højere grad bygge på projektstrukturer, der gearer projekterne til at skifte kurs undervejs, når nye udfordringer opstår.

## Accepter at det koster i både tid og økonomi at arbejde med nye materialer

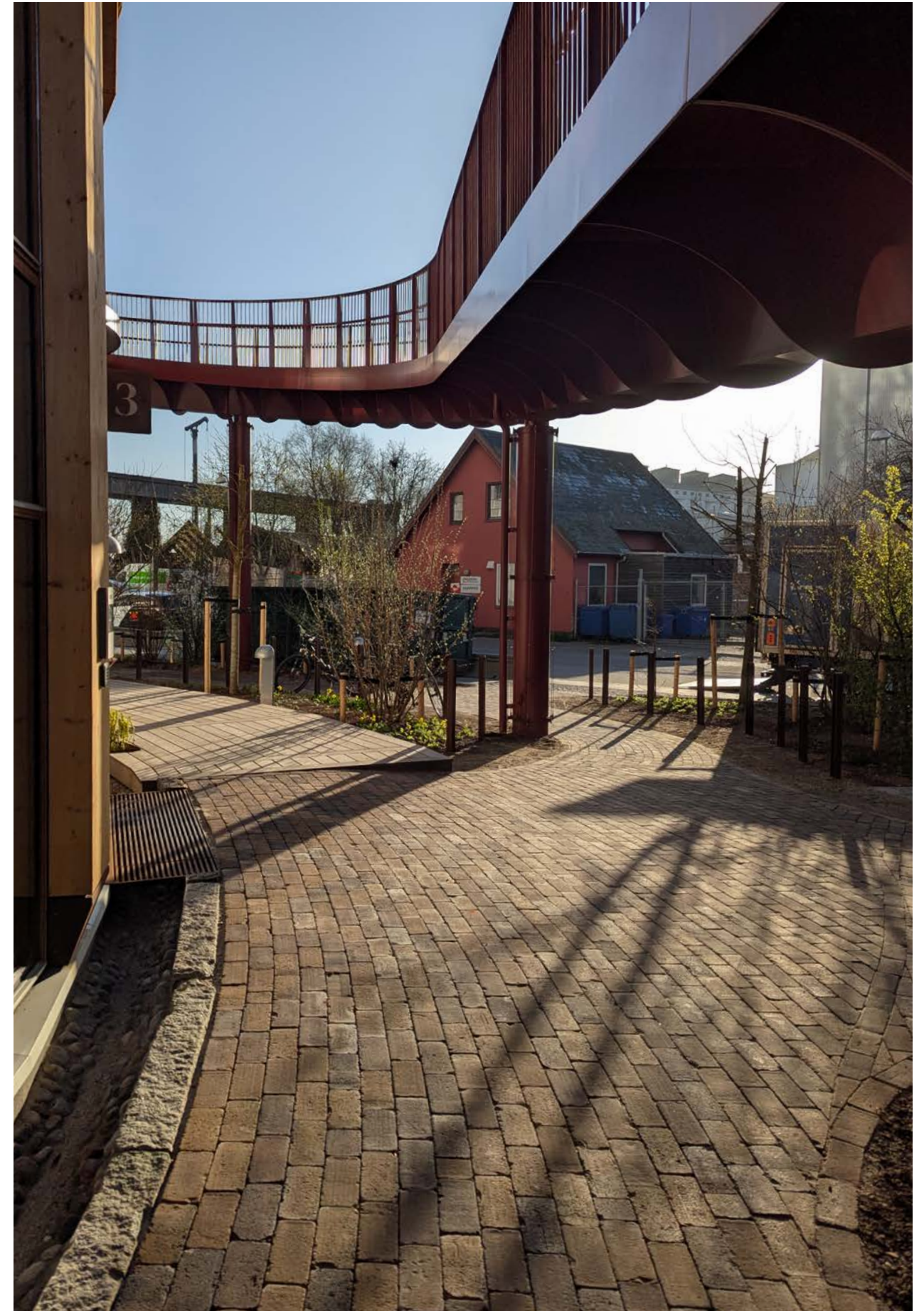
Det er måske en banal pointe, men projektet viser tydeligt, at det koster ekstra tid til materialeafklaring at arbejde med nye og uprøvede

materialer, fordi der er så mange ubekendte i forhold til både dokumentation, udførelse og drift/vedligehold. Hvis man vil lave et Living Lab projekt, skal man acceptere en meromkostning for nogle af de løsninger der vælges. Højere pris i projektet er ikke det samme som højere pris på sigt. Det kan være et første skridt i retning af en markedsmodning af nye produkter og det er derfor vigtigt at være transparent omkring de prioriteringer og justeringer, der gøres undervejs, så de næste projekter kan lære af det.

## Konklusion

Det er projektdeltagernes vurdering, at denne proces er med til at skubbe branchen fremad, også selvom effekterne måske ikke er målbare 1:1 inden for det konkrete projekt. Materialerådgivning, afsøgning af markedet og dialog med leverandører har fyldt mere, end ønsket. Omkring 2/3 af den samlede projektpulje er endt med at blive brugt til rådgivertimer.

Projektet kan ikke give et retvisende billede af de økonomiske konsekvenser ved at bruge de implementerede materialer i større skala, men det er med til at bane vejen for det næste projekt. Den viden, man har opnået i projektet, bidrager med vigtige læringer, der er afgørende for den markedsmodning, som på sigt kan være med til at gøre materialerne mere tilgængelige. Der er allerede sket udviklinger på leverandørsiden, der gør at nogle af de løsninger, der er arbejdet med i projektet, i dag er både lettere tilgængelige og mere omkostningseffektive. Dette vurderes som en afgørende forudsætning for at skabe reelle alternativer til den nuværende byggepraksis.



Gåslangen til kulbroen

# Økonomi

## En svær øvelse

Der har fra start i Living Lab projektet været høje ambitioner om at afprøve en række løsninger og efterfølgende dele viden omkring relevante emner - her er økonomi ingen undtagelse. Denne øvelser har dog vist sig at være udfordrende: Projektøkonomien for Living Lab afspejler ikke nødvendigvis hvordan billedet vil se ud i dag. Ikke desto mindre er økonomi prioriteret som et særligt vigtigt emne at kommunikere, da åbenhed omkring produkt- og montagepriser er den eneste måde hvorpå vi kan gøre prisproblematikken synlig.

## Datagrundlag

Priserne, der er angivet i tabellen på modsatte side repræsenterer den pris der er betalt til underentreprenøren og indeholder både produktpris og montage. Dermed fremgår selve produktprisen.

Da mængderne er relativt små, skyder nogle priser hurtigt i vejret. I flere tilfælde har en alternativ montage været nødvendig og den skal indarbejdes hos entreprenøren, der heller ikke kan høste stordriftsfordele ved at skulle gentage arbejdsgange mange gange. Det skal understreges at mængderne er meget små og har udgjort maksimalt enkelt etage og i nogle tilfælde et mødelokale. Disse mængder bliver holdt sammen med produkter der er implementret i hele resten af højhusets 14.000 m².

I mange tilfælde har der også været hyret forskellige underentreprenører ind til de forskellige opgaver da materialerne er uafprøvede - havde man haft mulighed for at holde flere af opgaverne hos samme entreprenør kunne det muligvis også have se anderledes ud.

## Modvirkende mekanismer i projektets forudsætning

Som tidligere fremhævet er priserne et resultat af projektets ambition om at teste flest mulige materialer og forsøge at afprøve så mange nye

og uafprøvede produkter som muligt. Den ambition medfører opstartsomkostninger for hvert nyt produkt. Dette kan blandt andet være dialog med nye leverandører, transportomkostninger og oplæring af arbejdskraft i montering. Dette blev gjort med en ambition om at holde de funktionelle risici nede - så der nemt kunne udskiftes produkter hvis noget skulle gå galt. Men det har medført at projektet har skullet balancere mellem mængde og projektøkonomi. Derfor er forøgede startomkostninger et vigtigt udgangspunkt for forståelsen af priserne.

Der er arbejdet med producenter og produkter som i mange tilfælde er nye på markedet, og af denne årsag endnu ikke nyder fordelene af en skaleret og strømlinet produktion. Vi vil derfor understrege at denne oversigt på ingen måde har til hensigt at pege fingre af fordyrende cirkulære produkter. Tværtimod er dette producenter der kunne blive langt mere konkurrencedygtige på pris, hvis de blev købt ind til et projekt af samme skala som TRÆ. Øget efterspørgsel ville give mulighed for at optimere både produktions- og montagepris.

## Konklusion

Det ses at særligt de biogene materialer er betydeligt dyrere end standardprodukter i TRÆ. Det vurderes at hænge sammen med at biogene materialer var stort set uafprøvede. For de genbrugte produkter er priserne mere blandede. Specifikt var Gellerup trægulve udfordret af afrensning og montage - en procedure der allerede nu skulle være blevet betydeligt optimeret. Ses der bort fra disse er flere af prisforskellene for genbrug mere overkommelige. De upcycledede produkter er i de fleste tilfælde også relativt dyrere end standardprodukter i TRÆ. Dette kan i nogen grad forklares med, at upcycledede produkter betragtes som premium produkt, der forventeligt ville blive billigere i større mængder.

| LIVING LAB PRODUKT                                                       | PRIS I LIVING LAB         | PRIS PÅ STANDARD PRODUKT I RESTEN AF TRÆ | DIFFERENCE                   |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| Genbrugsetagen                                                           |                           |                                          |                              |
| 1. Gellerup trægulv, GreenDozer                                          | 227.590 DKK               | 128.640 DKK                              | + 98.950 DKK                 |
| 2. Overskudsisolering i lette vægge                                      | -                         | -                                        | + 5.100 DKK                  |
| 3. Genbrugt Troldekt akustikloft, GreenDozer                             | -                         | -                                        | + 53.364 DKK                 |
| 4. Vægbeklædning med sinus metalplader, Aluplus                          | 27.446 DKK                | intet benchmark                          | + 27.446 DKK                 |
| 5. Overskudslinoleum                                                     | 11.960 DKK                | 4.470 DKK                                | + 7.490 DKK                  |
| 6. Overskudsfliser                                                       | -                         | -                                        | + 7.380 DKK                  |
| 7. Genbrugt sanitet, Greendozer                                          | 11.500 DKK                | 7.700 DKK                                | + 3.800 DKK                  |
| 8. Genbrugte døre, Greendozer                                            | -                         | -                                        | + 3.653 DKK                  |
| 9. Genbrugte branddøre, Genbyg                                           | 5.210 DKK                 | 3-4.000 DKK                              | + 1.210-2.210 DKK            |
| Upcyclingsetagen                                                         |                           |                                          |                              |
| 1. Rhombeparket, Why Nature, Inkl. undergulv                             | 163.670                   | 128.640 DKK                              | + 35.030 DKK<br>+ 4.068 DKK  |
| 2. Woodtube                                                              | -                         | -                                        | + 37.120 DKK                 |
| 3. Thystø glasvægge, a:gain                                              | 78.476 DKK                | 39.590 DKK                               | + 38.886 DKK                 |
| 4. Sonaspray, Asona Nordic Inkl. tillæg for brandtekniske installationer | 122.400 DKK<br>17.620 DKK | 85.272 DKK<br>-                          | + 37.128 DKK<br>+ 17.620 DKK |
| 5. Upcylet bordplade af Carlsberg plast, a:gain                          | -                         | -                                        | + 3.032 DKK                  |
| Den biogene etage                                                        |                           |                                          |                              |
| 1. BioLITH fliser, Biocement, Biomason                                   | 78.750 DKK                | 16.512 DKK                               | + 62.238 DKK                 |
| 2. Hempcrete, Havnens Hænder El-indrilling og skørt over dør             | 140.790 DKK<br>4.020 DKK  | 34.037 DKK                               | + 106.753 DKK<br>+ 4.020 DKK |
| 3. Lerpladevægge, Schleusner, Havnens Hænder                             | 96.500 DKK                | 19.705 DKK                               | + 76.795 DKK                 |
| 4. Søuld akustikloft                                                     | -                         | -                                        | + 30.870 DKK                 |
| 5. Kalk og korkpuds akustik, Daisen, Havnens Hænder                      | 65.487 DKK                | 48.250 DKK                               | + 17.237 DKK                 |
| 6. Lerpuds, Conleno Deko Clay                                            | 117.330 DKK               | 28.960 DKK                               | + 88.370 DKK                 |
| 7. Naturmaling, Auro                                                     | 59.534 DKK                | 39.840 DKK                               | + 19.694 DKK                 |

Prisdifferencen er udregnet relativt til det materiale det erstatter i resten af TRÆ, som er implementeret i en anden mængde hvilket påvirker priserne betydeligt. Disse tal bør derfor betragtes med dette in mente. Implementerede mængder kan ses i afsnittet "De tre etager".

# Termisk og atmosfærisk indeklima

## Introduktion

Som en del af evalueringen af Living Lab-etagerne er der gennemført en række målinger af centrale indeklimaparametre med henblik på at undersøge, om – og i givet fald hvordan – valget af byggematerialer har indflydelse på bygningens indeklimaperformance. Fokus har været på at opnå en teknisk, objektiv forståelse af indeklimaets kvalitet gennem systematiske målinger af afgangninger (VOC), akustiske forhold, luftfugtighed, temperatur og CO<sub>2</sub>-niveauer.

Disse kvantitative data skal danne grundlag for en sammenligning med de kvalitative oplevelser og fortællinger fra bygningens brugere, som er indsamlet gennem det antropologiske studie. Ved at kombinere de tekniske målinger med den menneskelige erfaring af indeklimaet søger det at opnå en mere helhedsorienteret forståelse af, hvordan indeklimaet faktisk opleves i daglig brug, og hvilke faktorer der har størst betydning for brugernes sundhed, trivsel og komfort. Der er kontinuerligt registreret temperatur, relativ

luftfugtighed og CO<sub>2</sub> niveauer på de 3 Living Lab etager, samt en referenceetage på 4. sal i samme bygning. Målingerne er taget i hhv. storrums-kontor og et lille kontor/mødelokale på etagen, dvs. to målepunkter pr. etage. Indeklimaparametrene er målt i intervaller på 5 minutter kontinuerligt i april og marts 2025.

Formålet med målingerne er at undersøge, om der opstår målbare forskelle i indeklimaparametrene etagerne imellem. Det kunne fx være mere stabil eller hurtigere regulerende relativ luftfugtighed ifm. med overfladernes.

## Relativ luftfugtighed

Undersøgelser af den relative luftfugtighed viser generelt fine niveauer, som holder sig i spændet mellem 22% og 58% relativ luftfugtighed. Generelt er der ikke stor variation af luftfugtigheden etagerne imellem.

Dette kan være en fordel ved at give en mere stabil luftfugtighed over tid, som kan bidrage til et bedre indeklima og øget komfort. Mekanisk ventilation kan bidrage til et tørt indeklima, men en buffer i form af overflader med hygroskopiske kan muligvis afhjælpe at det bliver for tørt.

Måledata viser, at den biobaserede etage generelt har en anelse højere og mere stabil relativ luftfugtighed end de øvrige etager. Dette stemmer godt overens med teorien, og kan indikere, at de biobaserede materialer har haft en fugtstabiliserende effekt.

Den største indvirken på den relative luftfugtighed i lokalerne er formegentlig brugen af rummet, og den mekaniske ventilation.

## Temperatur

Der er ikke betydelig forskel i den termiske masse af de materialer der er anvendt, hvorfor det ikke vurderes relevant for temperaturreguleringen. Her er solindfaldet eksempelvis en væsentlig større faktor.

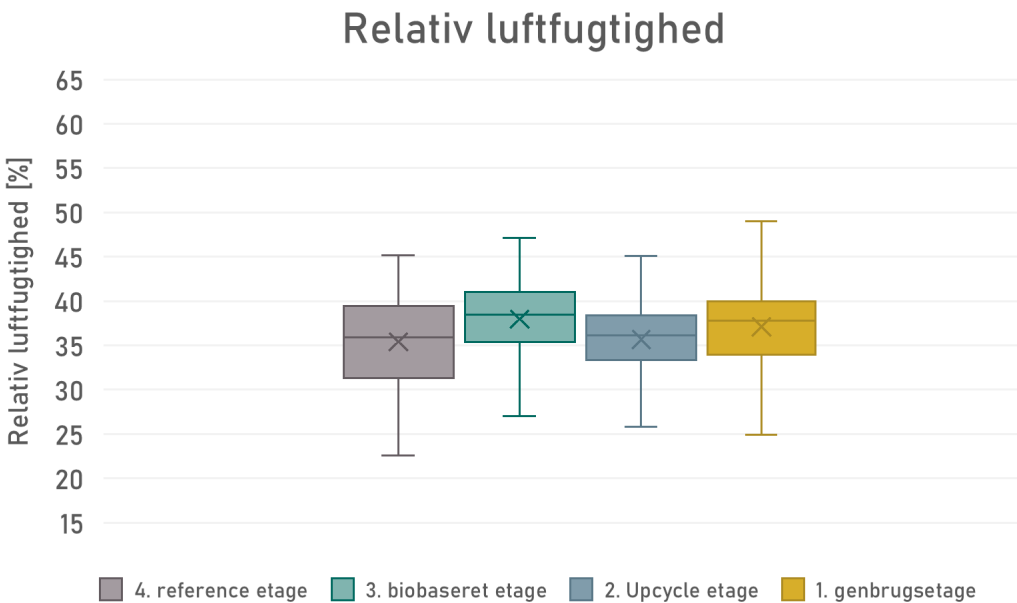
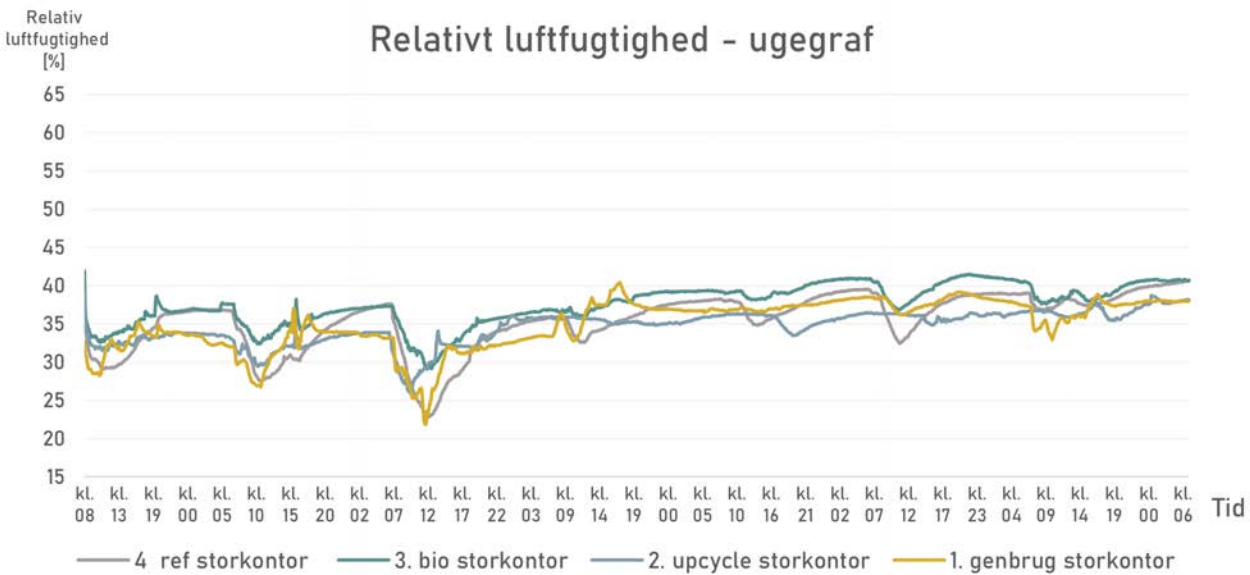
Temperaturen er generelt lavere på 1. etage og højest ved 4. etage, hvilket forventeligt skyldes solindfaldet og personbelastningen, og derfor ikke relaterer sig til materialevalget på Living Lab etagerne. De høje temperaturer skyldes der i denne periode var problemer med regulering af køleanlægget, hvilket ikke relaterer sig til materialevalget. Der ses ikke betydelig forskel i reguleringen af temperaturen. Temperaturforholdene vil ikke blive behandlet yderligere ift. Living Lab.

## FAKTABOKS

Biobaserede overflader – som fx lerpuds, træ, ubehandlede naturmaterialer og plantefibre – kan have en hygroskopisk egenskab, hvilket betyder, at de kan optage og afgive fugt afhængigt af luftens fugtindhold.

**Ved høj luftfugtighed:** Overflader med hygroskopiske overflader absorberer fugt fra luften og reducerer dermed stigningen i rummets relative luftfugtighed.

**Ved lav luftfugtighed:** De afgiver den opsamlede fugt til luften og hjælper med at forhindre, at luften bliver for tør.



Boksploj af målt relativ luftfugtighed, april og maj 2025.

# Termisk og atmosfærisk indeklima

## CO<sub>2</sub>

Kuldioxid (CO<sub>2</sub>) er en naturlig bestanddel af indendørs luft, der hovedsageligt stammer fra menneskers udånding. I sig selv er CO<sub>2</sub> ved almindelige koncentrationer ikke sundhedsskadelig, men det fungerer som en vigtig indikator for luftkvalitet og ventilationseffektivitet. Høje CO<sub>2</sub>-niveauer i et rum indikerer typisk, at der er indelukket, luften føles tung, og der ikke er tilstrækkelig tilførsel af frisk luft.

Ved koncentrationer over ca. 1.000 ppm (parts per million) kan man begynde at opleve symptomer som hovedpine og træthed. Symptomerne kommer ikke nødvendigvis som symptom på CO<sub>2</sub> niveauerne i sig selv, men som manglen på frisk luft og den ophobning af andre stoffer (såsom VOC'er og fugt), der ofte følger med dårlig ventilation.

Flere studier har vist, at CO<sub>2</sub>-niveauer over 1.000 ppm kan påvirke den kognitive ydeevne, fx koncentrationsevne, beslutningstagning og reaktionstid. Det har især betydning i lærings- og arbejdsmiljøer, hvor mental klarhed og effektivitet er afgørende.

Anbefalede grænseværdier:

< 800 ppm: God luftkvalitet – ideelt niveau i opholdsrum.

800–1200 ppm: Acceptabel luftkvalitet – almindeligt i tætbefolkede rum med moderat ventilation.

> 1200 ppm: Dårlig luftkvalitet – indikerer utilstrækkelig ventilation og behov for luftskifte.

CO<sub>2</sub> niveauerne i lokalerne er anvendt til at vurdere hvilke dage lokalerne har været i brug, så de målte indeklimaparametre sammenholdes på sammenligneligt grundlag. Målingerne viser at

CO<sub>2</sub> niveauerne på samtlige af etagerne yderst sjældent overstiger 800 ppm, hvilket indikerer effektiv mekanisk ventilation, som sikrer tilstrækkeligt med friskluftstilførsel.

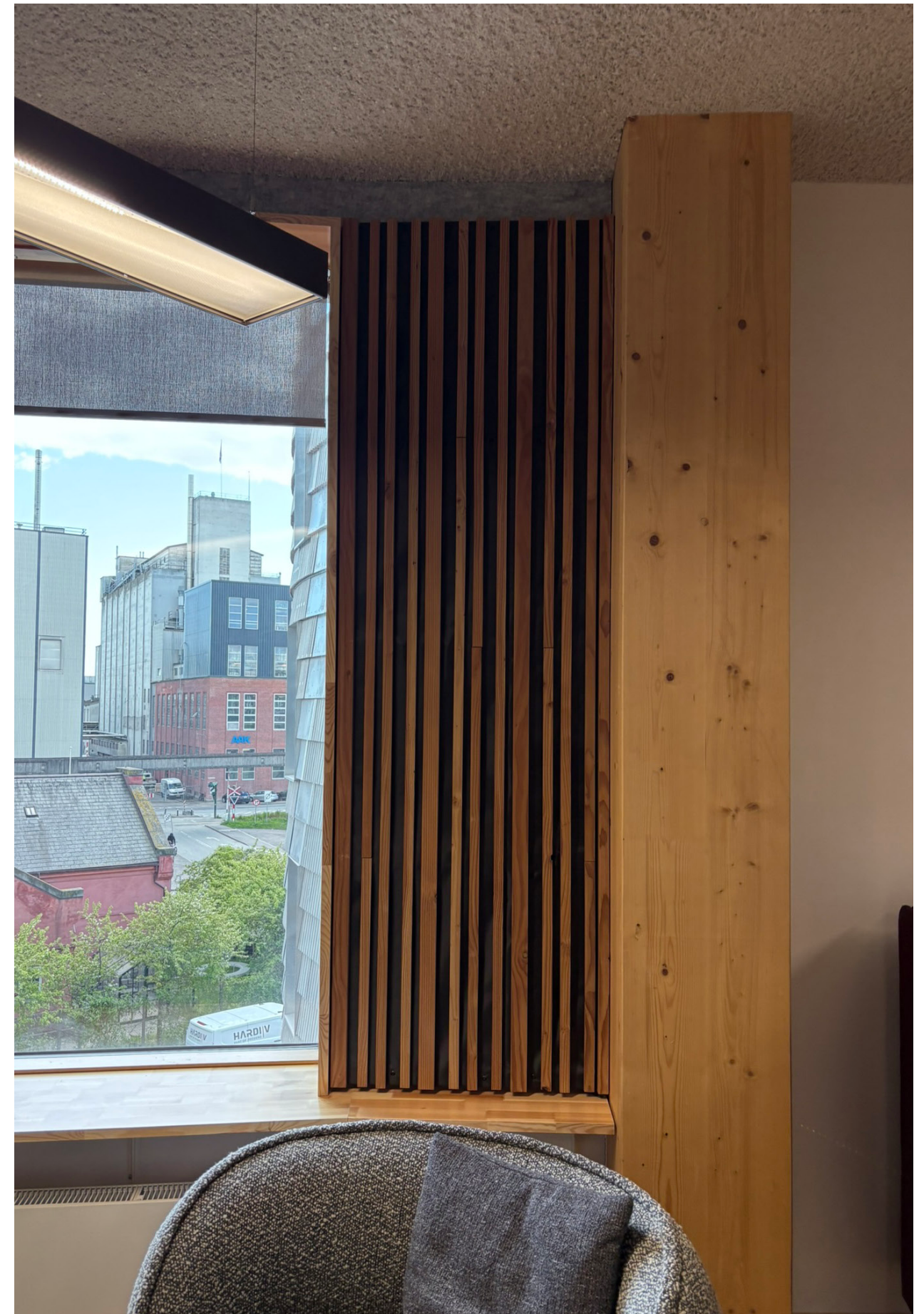
Materialevalget har ikke påvirkning på CO<sub>2</sub> niveauerne, og vil derfor ikke behandles yderligere iht. Living Lab.

## Konklusion

Alle etagerne er udført med effektiv mekanisk ventilation og køl, som reguleres efter registrerede indeklimaparametre på rumniveau. Målingerne viser ikke betydelig forskellige etagerne imellem iht. indeklimaparametre. Den mekaniske ventilation vurderes at have større indflydelse på indeklimaparametrene end materialevalget.

"Jeg ved ikke helt hvad det er, der gør det, men jeg synes bare det er rart at være her"

Udtalelse fra brugerundersøgelse



Upcycle etagen

# Afgasninger til indeklimaet

## Afgasninger til indeklimaet

Der er foretaget afgasningstest på de 3 Living Lab etager, samt en referenceetage på 4. sal i samme bygning. Testene er udført jf. kravene i DGNB, dvs. testene er taget inden for 28 dage efter rummene stod færdige og med ventilation på normaldrift.

Ved måltagning blev indeklimaparametrene i form af temperatur og relativ luftfugtighed for rummene dokumenteret til nedenstående. DGNB krav angivet i parentes.

Temperatur: 23,2° – 26,1°  
(krav >20°)

Relativ luftfugtighed: 52% – 58%  
(krav 25% - 65%)

Resultaterne af målingerne er præsenteret i søjlediagrammer, hvor farveskalaen til venstre i graferne repræsenterer point-grænseværdierne fra DGNB, som angivet i faktaboks på modstående side. Farveskalaen skal anvendes til at sætte de målte værdier i perspektiv.

"It feels like there is a low risk of bad substances."

Udtalelse fra brugerundersøgelse

Formålet med afgasningsmålingerne er at kortlægge om de unikke materialer for etagerne giver anledning til hhv. højere eller lavere afgasning sammenlignet med en referenceetage.

## Resultat TVOC

De totale afgasninger målt på etagerne er opgivet i TVOC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]. Rummenes TVOC performance er relativt lave for samtlige målinger bortset fra storkontoret i Upcycleetagen. Denne prøve viser 841 TVOC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]. Til sammenligning er 3.000 TVOC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] den øvre grænseværdi, der ikke må overskrides jf. DGNB.



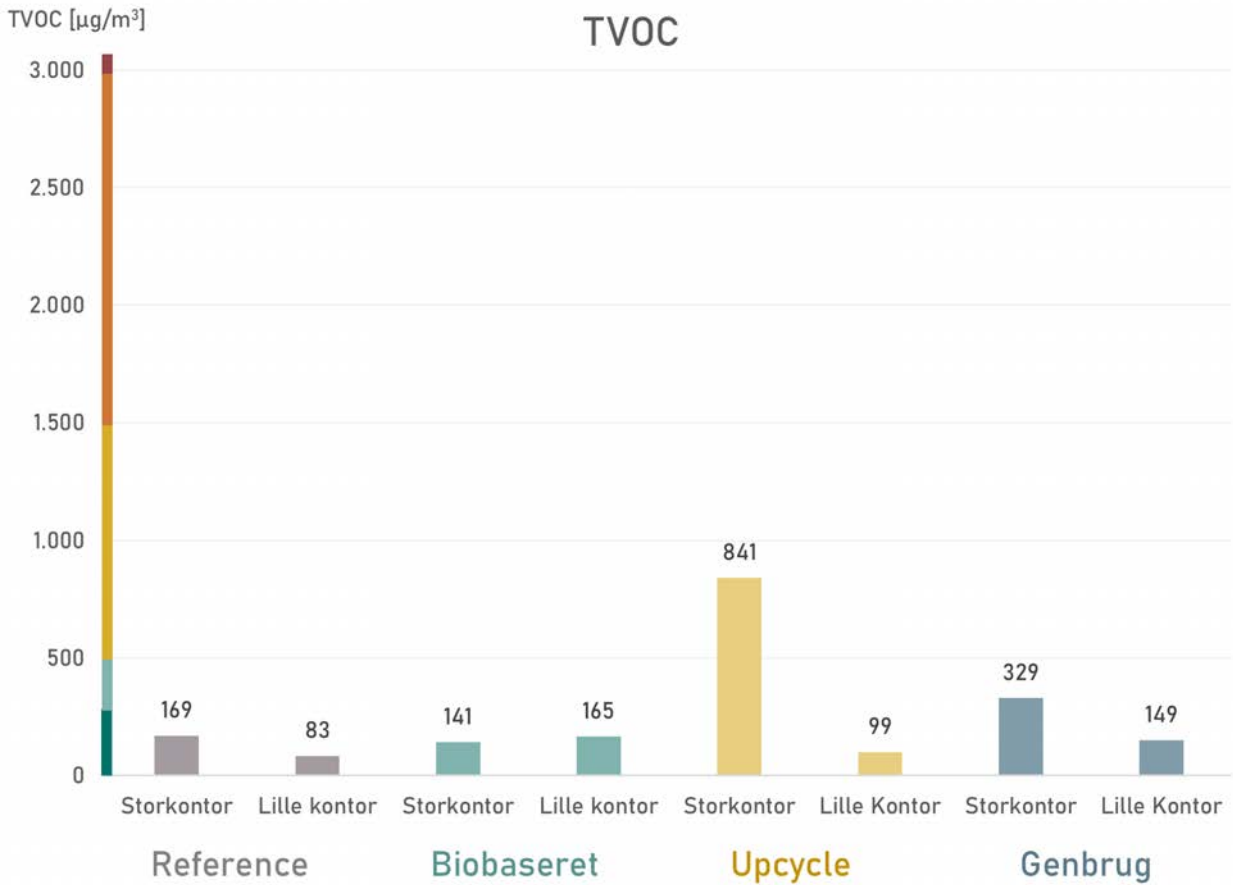
Upcycle etagen, foto: Rasmus Hjortshøj

## FAKTABOKS

TVOC (Total Volatile Organic Compounds) angiver den samlede koncentration af flygtige organiske forbindelser i luften. Målingen siger ikke noget om, hvilke stoffer der indgår, men giver et samlet udtryk for luftkvaliteten. Grundprincippet er: jo lavere koncentration, desto bedre for indeklimaet og dermed for at reducere risikoen for helbredsmæssige følgevirkninger ved længerevarende ophold.

Skalaen opdeles i fem niveauer af påvirkning på indeklimaet:

- Meget lavt niveau ( $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): Meget lav påvirkning.
- Lavt niveau ( $\leq 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): Lav belastning.
- Middel niveau ( $\leq 1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): Moderat belastning.
- Forhøjet niveau ( $\leq 3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): Betydelig belastning.
- Højt niveau ( $> 3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): Markant belastning af indeklimaet.



TVOC målinger på tværs af etager

# Afgasninger til indeklimaet

## Samlet risikofaktor

Den samlede risikofaktor er et tal, som opsummerer den samlede sundhedsrisiko ved alle de enkelte kemiske stoffer, der er målt i luften ved afgangsprøven. Da disse grænseværdier varierer betydeligt mellem stofferne, giver den samlede risikofaktor et mere retvisende billede af den potentielle sundhedsrisiko end TVOC-værdien, som alene viser den samlede mængde afgasning – uden hensyn til stoffernes farlighed.

Risikofaktoren for de enkelte stoffer beregnes ud fra hvor tæt de er på de fastsatte grænseværdier for sundhed (LCI-værdier). Disse grænseværdier varierer markant enkeltstofferne imellem, hvorfor risikofaktoren siger mere om den potentielle sundhedsrisiko i indeklimaet end TVOC, som angiver den totale afgasning, uden at tage højde for risikoen ved enkeltstofferne. Jo lavere risikofaktor, desto sundere indeklima.

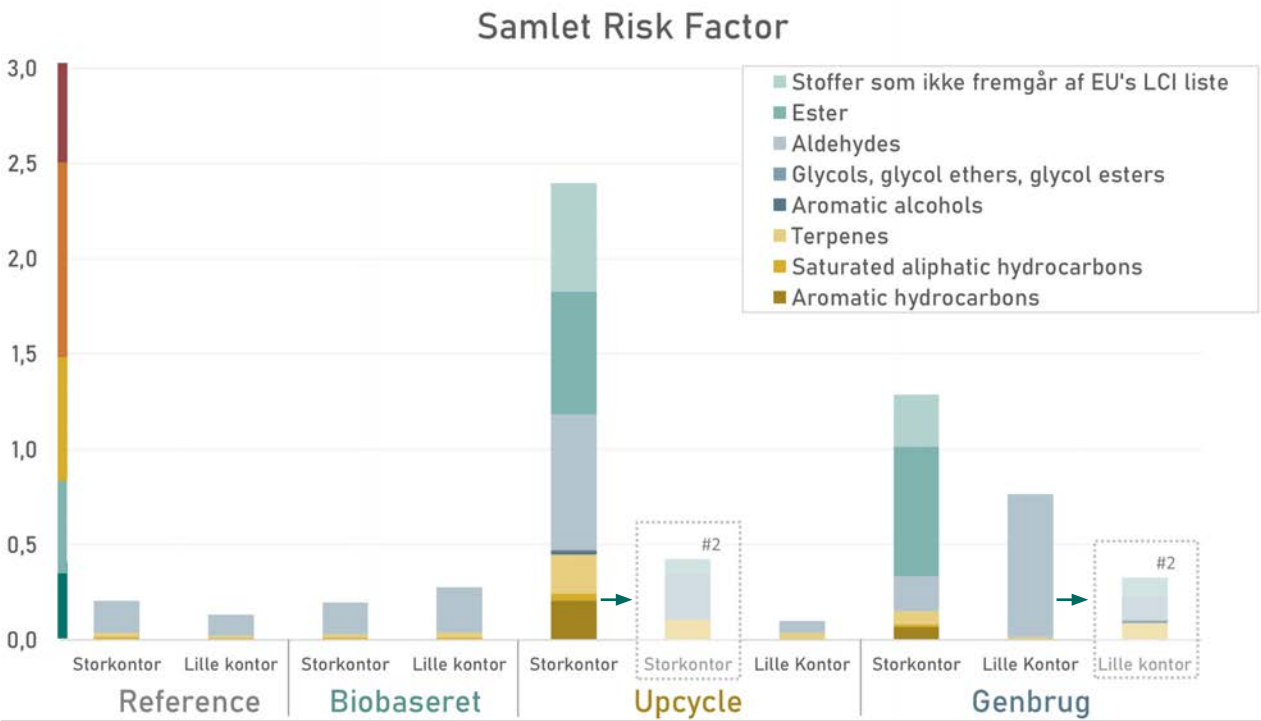
## Resultat samlet risikofaktor

Risikofaktoren er beregnet for overordnede stofgrupper. I Tabel 1 er en uddybende forklaring af hvad der er målt i prøven, herunder hvilke enkeltstoffer der hovedsageligt bidrager til risikofaktoren.

Storkontoret på upcycleetagen ender på en samlet risikofaktor på 2,4. Dette skyldes hovedsageligt enkeltstofferne dimethyl glutarate, furfural og xylene. Derudover vægter kategorien 'Stoffer som ikke fremgår af LCI' for 0,6 af den samlede risikofaktor. For denne kategori er det ikke muligt at vurdere den konkrete sundhedsrisiko, hvorfor de evalueres efter en grænseværdi på 100 µg/m3. Til sammenligning, er dette tilsvarende grænseværdierne for formaldehyd, som er påvist sundhedsskadeligt.

|  | STOFGRUPPE                            | SPECIFIKKE STOFFER MÅLT I BETYDELIG KONCENTRATION         | FORKLARING                                                                                                                                                             |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Stoffer som ikke fremgår af LCI       |                                                           | Stoffer som ikke er evalueret i LCI (endnu). De vurderes efter en grænseværdi på 100 µg/m3                                                                             |
|  | Esters                                | Dimethyl glutarate                                        | Har lavere toksicitet og fordampningshastighed sammenlignet med mange traditionelle opløsningsmidler. Anvendes i visse lavemissions- eller VOC-reducerede malingstyper |
|  | Aldehydes                             | Furfural (kun upcycle storkontor)<br>Formaldehyd (øvrige) | Aldehyder findes både naturligt i træ og i kemiske produkter                                                                                                           |
|  | Glycols, glycol ethers, glycol esters |                                                           | Minimal risikofaktor målt i Upcycle storkontor                                                                                                                         |
|  | Aromatic alcohols                     |                                                           | Minimal risikofaktor målt i Upcycle storkontor                                                                                                                         |
|  | Terpenes                              | alpha-pinen, 3-carene                                     | Forekommer naturlig i træ                                                                                                                                              |
|  | Saturated aliphatic hydrocarbons      |                                                           | Forekommer minimalt i prøverne                                                                                                                                         |
|  | Aromatic hydrocarbons                 | Xylene                                                    | Kan forekomme som opløsningsmiddel i maling og lim                                                                                                                     |

Tabel 1



Samlet Risk Factor fordelt på stofgrupper inkl. resultater fra anden målerunde foretaget i juni 2025. Anden målerunde er markeret med stiplet omrids.

## Målerunde #2

Grundet de relativt forøgede afgasningsniveauer i storkontoret på upcycleetagen og mængden af formaldehyd i luften i det lille kontor på genbrugsetagen, blev der udført nye målinger, for at undersøge om niveauerne fortsat var forøgede. Ved fortsat forøgede niveauer kunne det tyde på, at der er nogle af de indbyggede materialer, som kontinuerlig afgiver problematiske stoffer. Ved denne 'sene' måling, vil en høj afgasning i mindre grad kunne tilskrives ny-indarbejdede produkter – afgasningerne ville i så fald kunne tilskrives de anvendte materialer og anses som værende for høje. Det viste sig at der var en relativt lavere afgasning ved denne målerunde, og vi kan derfor afskrive bekymring om at nogle af de anvendte materialer giver langvarige problemer.

"Luften virker ren - men jeg ved ikke, om det også føles sådan fordi der er brugt naturlige materialer."

Udtalelse fra brugerundersøgelse

# Afgasninger til indeklimaet

## Maksimal CMR risikofaktor

CMR står for **Carcinogenic** (kræftfremkaldende), **Mutagenic** (kan skade arvematerialet), **Reprotoxic** (skadelige for reproduktion herunder fertilitet og/eller fosterudvikling).

Den maksimale CMR-risikofaktor angiver, hvor stor sundhedsrisiko der er fra det farligste kræftfremkaldende, mutagene eller reproduktionsstoksiske stof, som er målt i indeklimaet. Den bruges til at sikre, at enkeltstående højrisikostoffer ikke overskrider sundhedsmæssige grænser.

## Resultat CMR

For alle målingerne, undtagen Upcycle storkontor, er det enkeltstoffet formaldehyd, der udløser den højeste risikofaktor. For Upcycle storkontor er det aldehyden furfural der udløser den højeste risikofaktor.

**Formaldehyd** er en almindelig afgasning fra limede træprodukter og visse byggematerialer. Det kan give irritation, allergi og kræft og er derfor underlagt stramme grænseværdier.

**Furfural** er en mindre kendt, men naturligt forekommende VOC, der især kan opstå fra biobaserede materialer ved fugt eller opvarmning. Det er irriterende og potentielt skadeligt, men i lavere risikokategori end formaldehyd. Furfural evalueres efter en grænseværdi på 10 µg/m<sup>3</sup>.

Ingen CMR stoffer overskrider LCI-grænseværdien.

## Målerunde #2

Den samlede risikofaktor i storkontoret på upcycleetagen blev reduceret fra 2,4 til 0,6. I det lille kontor på genbrugsetagen er formaldehydindholdet, der i første måling svarede til en risikofaktor på 0,7, faldet til under 0,1 i anden måling.

## Analyse

Det lille kontor på Upcycle-etagen performer langt bedre end storkontoret, trods samme overfladematerialer. Forskellen skyldes formegentlig at:

- seneste arbejde er udført på forskellige tidspunkter

- ventilationsraten/udluftning ved åbne døre har været højere i det lille kontor
- der er anvendt et produkt i storkontoret, som ikke er anvendt i det lille kontor
- storkontor har været anvendt som opbevaring af kemiske produkter i udbedringsprocessen

Afgasningsprofilerne for storkontorene i hhv. Upcycle- og Genbrugsetagen tegner et billede af at der er anvendt et eller flere produkter, som kun, eller nyligt, var anvendt i disse rum, og ikke i de øvrige rum – eller at disse rum har været anvendt som opbevaring af kemiske produkter.

Det lille kontor i genbrugsetagen har den højeste risikofaktor for formaldehyd, dette kan skyldes de listede punkter, men kan potentielt også komme fra afskær i gamle produkter frigiver formaldehyd, som ellers tidligere var 'kaplset inde'.

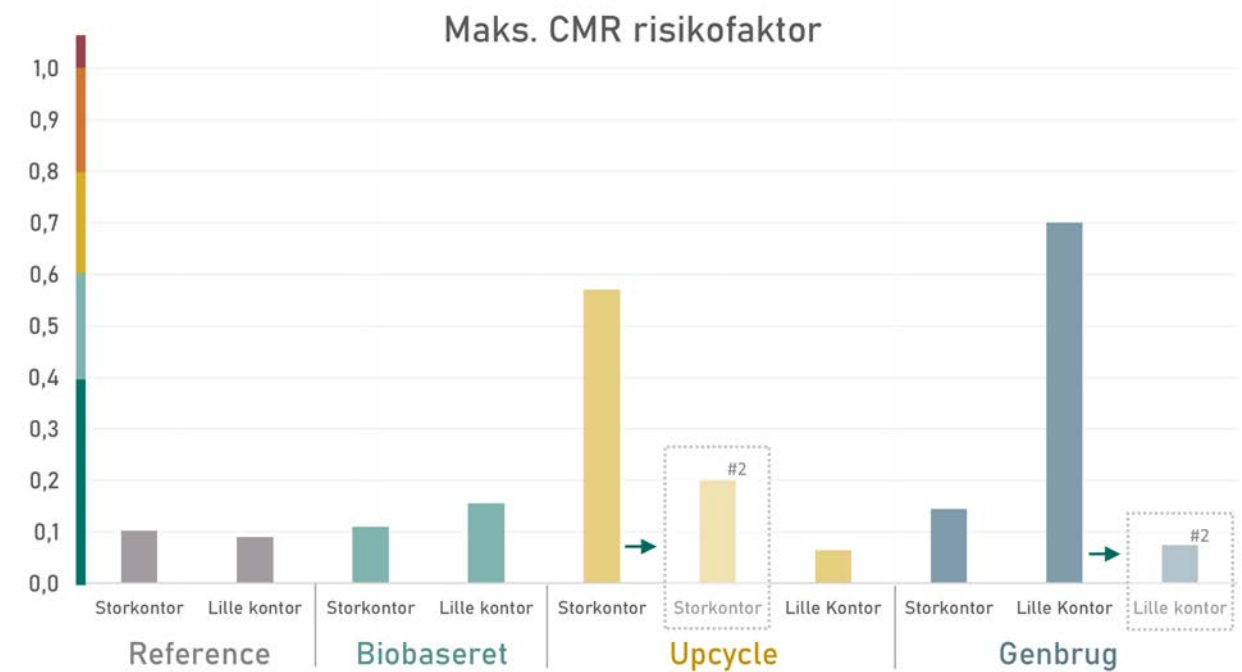
Den biobaserede etage var på måletidspunktet den etage, der havde den kraftigste lugt. Resultaterne fra afgasningsprøverne viser dog ikke tegn på at de biobaserede materialer har bidraget til øget afgasning af de undersøgte stoffer, sammenlignet med de øvrige etager.

Generelt skal der være anvendt samme fugeprodukter og kemiske gulvprodukter etagerne imellem, foruden afsluttende olie på rhombeparketgulvet på upcycle etagen.

## Konklusion

Den overordnede luftkvalitet iht. afgasninger vurderes til at være uproblematisk på samtlige etager.

På baggrund af resultaterne i målerunde #2 vurderes det, at der ikke er anvendt genbrugs- eller upcycledede materialer med varig problematiske afgasninger. De høje niveauer i den første måling skyldes formentlig nye produkter med høj initial afgasning.



Maks. CMR risikofaktor inkl. resultater fra anden målerunde foretaget i juni 2025. Anden målerunde er markeret med stiplede omrids.



Kontormiljø i TRÆ, foto: Anders Nymann Wejse, Velkendt

# Indeklima - akustik

Når der bygges med genbrugte og generelt ikke-standardiserede opbygninger, er det særlig relevant at gennemføre akustiske målinger. Standardløsninger har typisk veldokumenterede lydtekniske egenskaber, mens alternative løsninger ofte består af materialer med ukendt eller varierende lydisolering og -absorption. Der kan være forskelle i tæthed, overfladestruktur og samlingsdetaljer, som påvirker både luftlyd, trinlyd og efterklang.

Ved at måle akustikken ved disse ikke-standardiserede opbygninger skabes et vigtigt vidensgrundlag, der kan bruges til at udvikle og forbedre fremtidige byggeløsninger med alternative materialer. Samtidig bliver det muligt at vurdere, om der opstår uforudsete udfordringer med støj eller lydgener, som ellers ikke ville være opdaget før brugerne flyttede ind.

Det er derfor også interessant at sammenholde de tekniske resultater med brugernes oplevelse af rummene. Teknisk set kan en løsning godt være "under kravgrænsen", men alligevel opleves som støjende eller forstyrrende – og omvendt kan et rum, der ikke lever op til formelle krav, godt fungere i praksis. Det antropologiske studie kan belyse, hvordan rummene rent faktisk bliver brugt, hvilke støjkloder der opleves som generende, og hvilke strategier brugerne anvender for at opnå akustisk komfort. Denne tværfaglige tilgang giver en mere helhedsorienteret vurdering af, hvordan ikke-standardiserede løsninger fungerer i praksis – både målbart og menneskeligt.

**Luftlydisolation, R'w** måler hvor godt vægge og dæk dæmper lyd, der bevæger sig gennem luften fra ét rum til et andet. Det handler fx om, hvor godt man er skærmet fra tale og anden støj fra naboens kontor eller fra gangen.

**Trinlydniveau, L'nw** måler hvor meget lyd, der overføres gennem gulve, fx fra folk der går ovenpå (lodret), eller fra rummene ved siden af

(vandret). Det er vigtigt for at undgå forstyrrende trampelyde i kontorerne.

**Efterklangstid, T** måler hvor længe lyden bliver hængende i et rum, efter kilden er stoppet. Kort efterklangstid gør det nemmere at føre samtaler og koncentrere sig.

**Støjniveau fra tekniske installationer, S** måler støj fra bl.a. ventilation og andet teknisk udstyr. Det er vigtigt, at disse lyde er dæmpede, så de ikke generer bygningens brugere.

### Resultat

Generelt er luftlydisolationen og trinlyd igennem etagedækkene gode (lodret), og overholder krav.

Flere steder er der blevet registreret forhøjede niveauer af teknisk støj. Ventilationssystemet er efterfølgende blevet justeret, og disse tiltag forventes at have reduceret støjniveauet til et acceptabelt niveau, hvor der tidligere var overskridelser.

### Konklusion

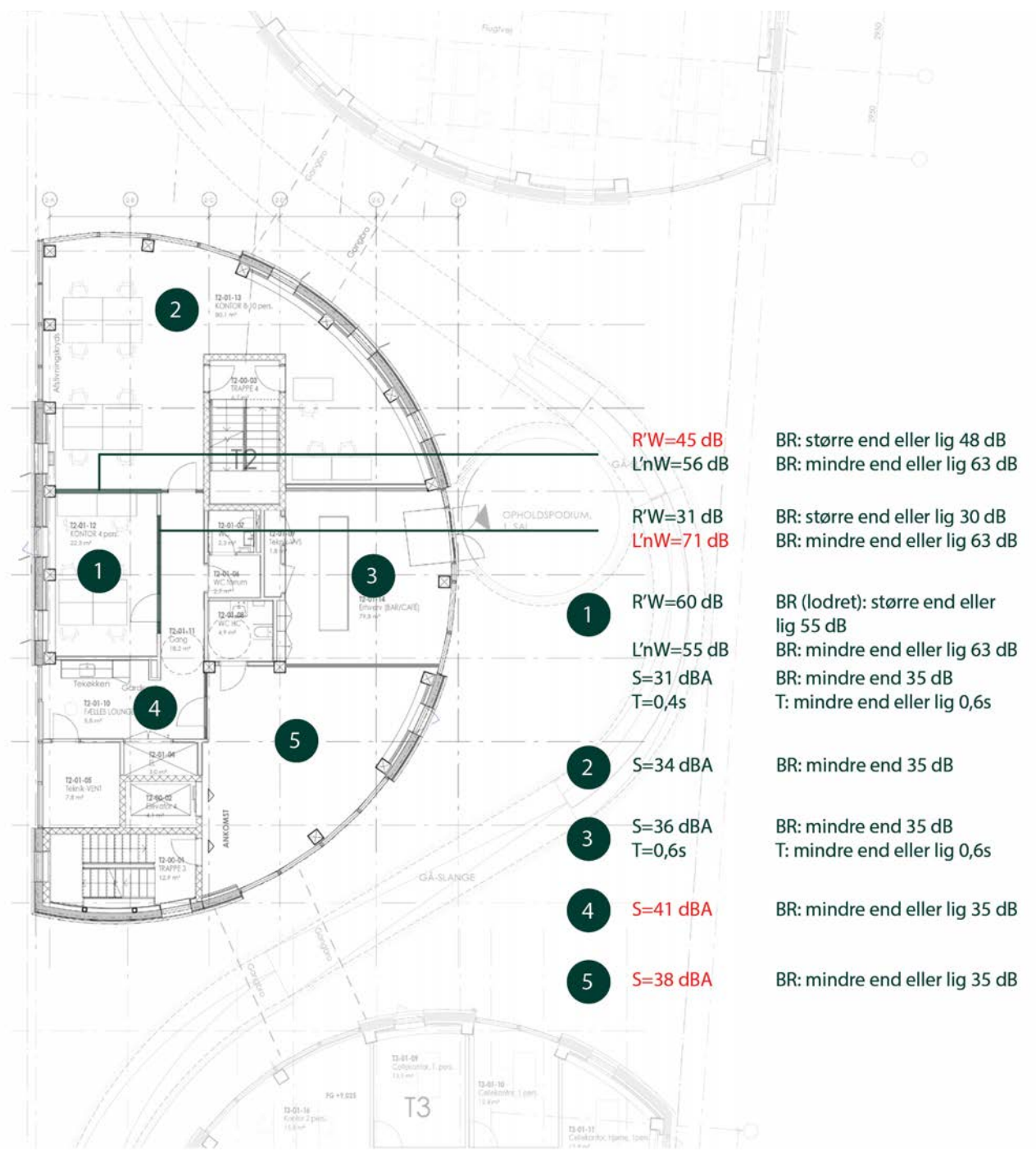
Flere af specialvæggene overholder ikke de stillede krav til luftlydisolation. Dette gælder for genbrugsvæggen med mineraluldsoverskud samt hempcrete-, TYSTØ- og lerpladevæggen.

Hempcrete- og TYSTØ-væggen overholder heller ikke krav til dæmpning af trinlyd (vandret).

Genbrugsvæggen med mineraluld er opbygget efter standard indervægsopbygning, hvor mineraluldslaget er erstattet af med overskudsmaterialuld fra en anden byggeplads. Den manglende lydisolation kan være fremkommet ved uhen-sigtsmæssige samlinger af mineralulden, hvis det ikke har været store, samlede stykker, der har været anvendt.

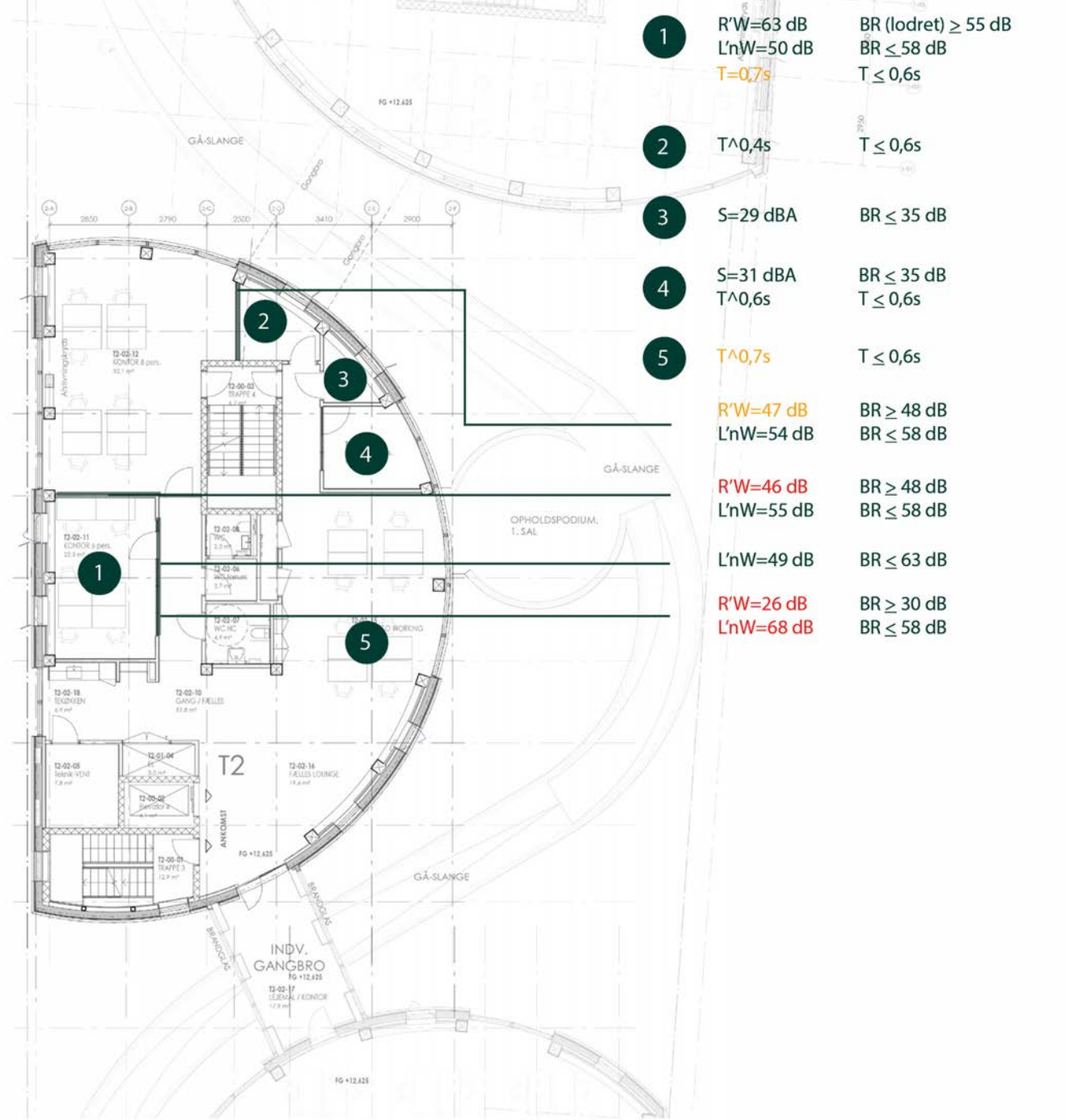
TYSTØ glasvæg er under forbedring hos a:gain, da de er bevidste om den manglende lydisolation.

## 1. sal - genbrug



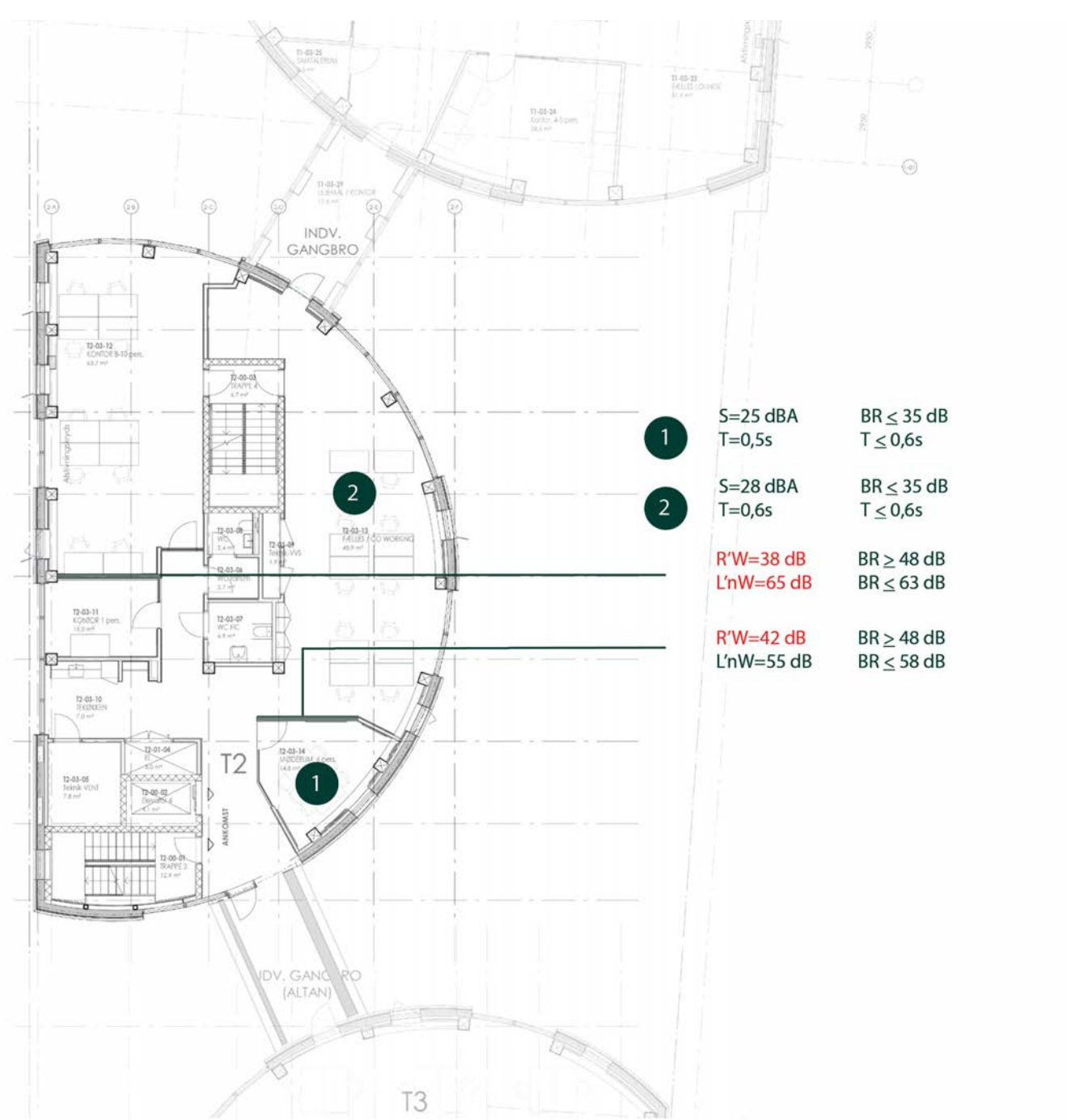
| 1. SAL                  | GENBRUG                                                                                                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Luftlydisolation        | Væg mellem storrumskontor og kontorlokale overholder ikke BR krav. Denne væg er en standard-væg med mineraluldsoverskud fra en anden byggeplads |
| Trinlydniveau (vandret) | Trinlydsniveau overholdes mellem storrumskontor og kontor, men trinlydsniveau mellem gang og kontor (ved glasvæg) overholder ikke krav          |
| Efterklangstid          | Generelt god og kort efterklang i kontorrum og mødelokale                                                                                       |
| Installationsstøj       | For høj støj fra ventilation i café og køkken – overskrider grænseværdier. Overholder i kontorområder                                           |

2. sal - upcycling



| 2. SAL                  | UPCYCLING                                                                                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Luftlydisolation        | Glasvæg overholder ikke krav - lyd spredes mellem kontorer og gang. Woodtube væggen performer som foreskrevet af laboratorieprøver. |
| Trinlydniveau (vandret) | Trindlydsniveau overholdes generelt, men ikke mellem gang og kontor ved glasvæg                                                     |
| Efterklangstid          | Rummene har generelt fin efterklangstid, ingen krav er overskredet                                                                  |
| Installationsstøj       | Støjniveauet fra ventilation er generelt lavt                                                                                       |

3. sal - biogen



| 3. SAL                  | BIOGEN                                                                               |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Luftlydisolation        | Lyden dæmpes ikke tilstrækkeligt hverken gennem hempcretevæggen eller lerpladevæggen |
| Trinlydniveau (vandret) | Trinlyd overholdes ved lerpladevæggen, men ikke ved hempcretevæggen                  |
| Efterklangstid          | God i både møderum og fællesarealer – inden for krav                                 |
| Installationsstøj       | Meget lav baggrundsstøj fra ventilation – inden for krav                             |

# Brugeroplevelse

## Indledning og metode

I forbindelse med Living Lab projektet i TRÆ er der lavet en kvalitativ Post Occupancy Evaluation (POE), som skal bidrage med indsigter om brugernes oplevelse af byggeriet efter det er taget i brug; herunder hvad brugerne selv lægger vægt på, når de spørges ind til deres oplevelse og brug af huset og de tre Living Lab etager.

Undersøgelsen er gennemført i perioden maj 2025 – september 2025, med otte observationsdage i alt (to i maj, fire i august og to i september), fem semistrukturerede interviews med medarbejdere og lejere i huset, samt kortere samtaler med folk rundt omkring i lounges og tekøkkener i huset. En stor tak skal lyde til de mennesker, der har taget sig tid til at fortælle om deres erfaringer med TRÆ.

I forbindelse med undersøgelsen, blev vi bedt om ikke at banke på eller gå ind på de aflukkede konterer på de tre Living Lab etager. Undersøgelsen fokuserer derfor primært på de åbne kontorområder, loungemiljøerne, mødelokaler, muteboxes og tekøkkener, men forholder sig stadig til huset i sin helhed.

På baggrund af den indsamlede empiri er der lavet en tematisk analyse, der er sammenfattet i rapporten her, ud fra de fire følgende overordnede indsigter:

- Huset er stadig i "indflytningsmode"
- De enkelte Living Lab tiltag er ikke i fokus
- Living Lab er en del af en større fortælling
- Naturlige materialer opleves sundere

En POE som gennemføres på nuværende tidspunkt, hvor TRÆ stadig er i gang med at blive taget i brug, og der måned for måned flytter nye lejere ind, skal ses som et øjebliksbillede, der kan give en indikation af nogle centrale temaer, men som ikke giver et fuldt billede af huset i brug. For at give et fyldestgørende billede af den gennemførte POE, beretter følgende afsnit fra observationsdagene:

## Beretning fra et hus i "indflytningsmode"

På første besøg i TRÆ i maj måned er der mange tomme kontorer. Der har været åbnet for udlejning siden november 2024, men der er først officiel indvielse af huset d. 5. maj 2025, og på observationsdagene i maj er der stadig mange tomme pladser og områder, der bærer præg af ikke at være kommet helt på plads, med flyttekasser og klargøring af kontorer til indflytning.

Folk i huset fortæller, at der hen over forår og sommer har været udfordringer med bl.a. elevatorer og ventilation, og at der også en overgang var noget lugt fra kælderen, men at de ting er der kommet styr på nu.

Hen over sommeren bliver der mere fyldt op, så der er ret stor forskel mellem maj og september, hvilket flere lejere også bemærker:

"I starten var her lidt tomt, men der begynder at komme mere stemning og man ser flere folk på gangene"

Flere lejere kommer til at flytte ind hen over efteråret, så der er efterhånden ved at være fyldt op, i hvert fald i den del af huset Companyons\* administrer og som Living Lab etagerne er en del af. Nogle lejere giver udtryk for, at huset nok vil opleves anderledes, når her er helt fyldt op:

"Der er jo fin plads nu, men jeg er da lidt spændt på, hvordan det bliver, når der også bliver fyldt i de store kontorer her på etage"

## FAKTABOX

\*Companyons administrer co-working områderne i TRÆ og udbyder forskellige pakkeløsninger, hvor man som lejer kan vælge mellem forskellige typer af medlemsskaber, der giver adgang til faciliteterne i huset.



Indflytningsklare møderum på upcycle etagen

## Begrænset kendskab til Living Lab etagerne

De fleste brugere i huset har ikke stor viden om de tre Living Lab etager eller de enkelte tiltag på hver af dem. Dette tyder på, at det ikke er noget, der tillægges den store betydning i det daglige. I starten af et af de første interviews spørger en lejer eksempelvis undrende:

"Hvad er der særligt ved. 1. salen? Er den ikke bare som de andre etager?"

Living Lab etagerne bliver fremhævet, når potentielle lejere og gæster vises rundt i bygningen. Der er særligt fokus på de synlige elementer på etagerne, som lerpuds og korkvæg på den biogene etage, det særlige loft og gulvene på upcycling etagen eller genbrugsgulve fra Gellerup på genbrugsetagen. Tiltage er en del af fortællingen om TRÆ. Folk synes materialerne er spændende, men de er ikke i sig selv afgørende

for, hvorvidt nogen ender med at blive lejere og fylder ikke særlig meget i deres oplevelse af huset i hverdagen.

Det virker som om historien om materialerne sættes ind i en overordnet fortælling om TRÆ, frem for at blive en fortælling om oplevelsen af det individuelle tiltag.

## Ved første øjekast er etagerne ret ens

Det man umiddelbart mødes med på alle tre Living Lab etager er Companyons New Nordic loungestemning. De bløde loungemøbler, tæpper, stemningsbelysning, friske blomster og kunst på væggene, er det man først lægger mærke til, når man bevæger sig rundt i huset.

Det, der oftest lægges vægt på, når talen falder på oplevelsen af TRÆ, er også i langt overvejende grad aspekter, der kan ledes tilbage til indretningen og konceptet: loungeområderne, stemningen eller den gode kaffe.

Enkelte lejere, der med deres egne ord er "super-nørdede", er mere vidende om og interesserede i detaljerne i de enkelte tiltag på Living Lab etagerne. De fremhæver, hvordan tiltagene bidrager til at skabe en særlig stemning:

"Altså jeg er jo nok lidt miljø-skadet, fordi det også er noget jeg arbejder med, så det er da helt klart noget jeg lægger mærke til. Der er en anden taktilitet i materialerne [på den biogene etage], man får lyst til at røre ved dem og det er med til at skabe en særlig stemning"

De udgør dog et fåtal. For de fleste falder tiltagene hurtigt i baggrunden og det er ikke noget, der fylder noget særligt for dem i hverdagen.

# Brugeroplevelse

## Der købes ind på huset som helhed

Living Lab etagerne blander i høj grad ind i den store fortælling om TRÆ. Lejerne i huset synes det er fedt, at huset er med til at skubbe på en (i deres optik) nødvendig udvikling – men det har ikke været afgørende for dem, om de kom til at sidde på genbrugs-etagen, upcycling-etagen, den biogene etage - eller i et af de andre co-working områder i huset:

"Jeg har en flex plads, så jeg kan sidde forskellige steder i huset. Jeg sidder her[på den specifikke plads], fordi jeg synes det er en af de bedste pladser, hvor der er ikke så meget gennemgang og du har det lidt lange kig ud mod vandet..."

Det er den samlede pakke i TRÆ, der betyder noget og den service Companyons tilbyder, der købes ind på i første omgang.

Her er det mere lavpraktiske og hverdagsagtige overvejelser, der er afgørende: selve kontorpladsen og kontorområdet, den service der tilbydes, adgang til mødelokaler og placering i byen, tæt på banegård og som en del af det nye Syd-havns kvarter:

"Det er vigtigt for mig at have et sted, hvor jeg er stolt af at invitere gæster indenfor, og hvor det hele bare spiller og jeg ikke selv skal forholde mig til altmulig praktik"

Det afgørende for mange er faciliteter og service, snarere end konkrete tiltag på de enkelte etager.

## En flot bygning med en stærk profil

Living Lab etagerne opleves og fortolkes ind i det overordnede koncept og den samlede fortælling om TRÆ som et sted, hvor der er fokus på at træffe bevidste valg, der kan skubbe byg-

gebranchen i en mere bæredygtig retning.

Her er tiltagene på de tre Living Lab etager med til at understøtte fortællingen om TRÆ som et innovativt byggeri, der tør gå nye veje og gøre ting på en ny måde:

"Jeg synes det er megafedt, at TRÆ på den måde går forrest og viser, hvordan man også kunne bygge, hvis man i højere grad turde udfordre "plejer."

Flere fremhæver direkte den stærke bæredygtighedsprofil som noget, der har haft betydning for deres valg af TRÆ som det sted de skulle have kontorplads, fordi man som virksomhed gerne vil identificeres med den profil:

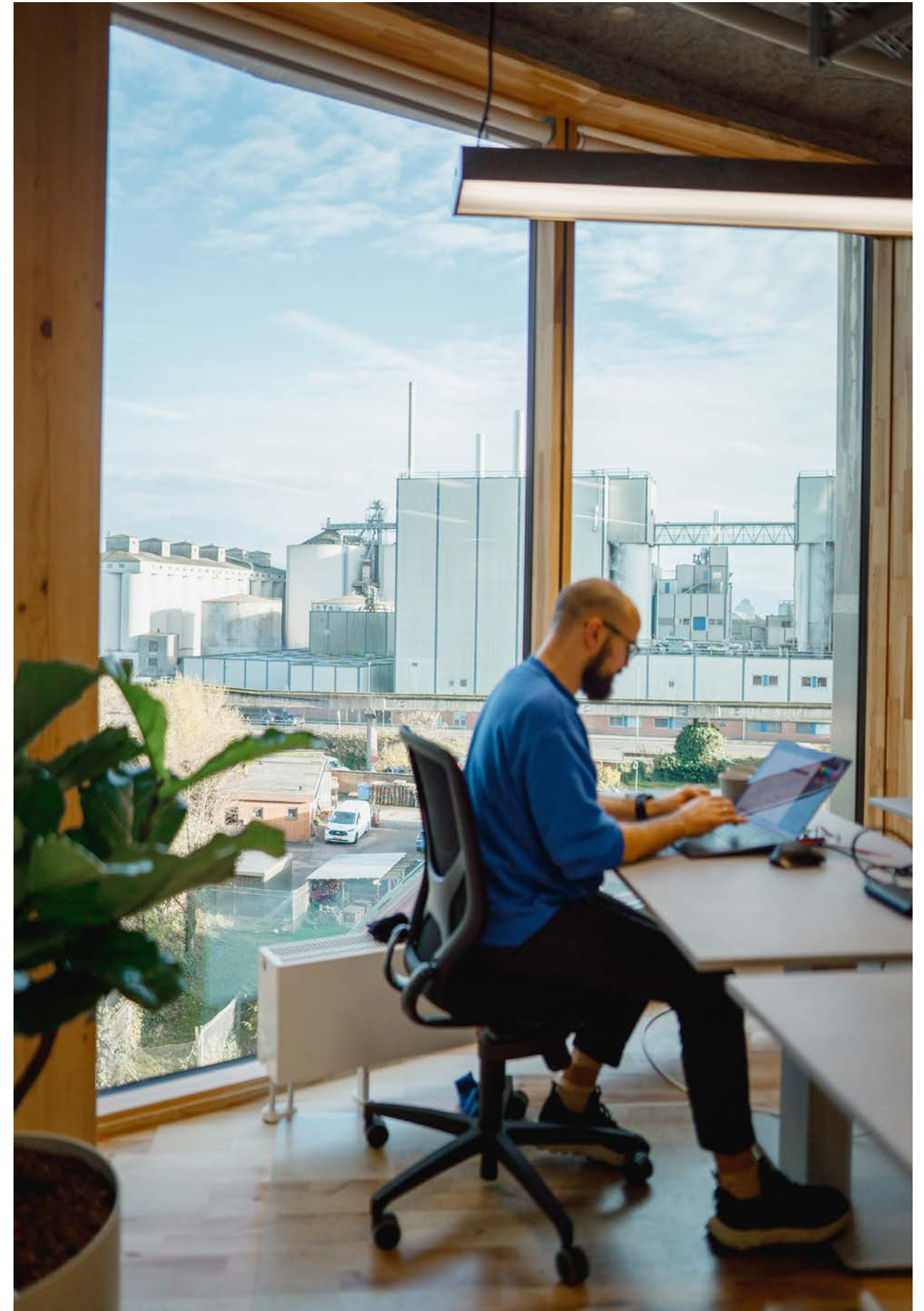
"Det matcher vores brand og værdier godt – det er en grundfortælling, der understøtter det vi gerne vil som virksomhed."

Endelig lægger en del også vægt på, at huset kan imponere. Det er et sted, man gerne vil vise frem for kunder og samarbejdspartnere:

"Jeg synes det er et flot hus. Det er et sted, hvor man er stolt af at invitere kunder med indenfor."



Rhombe parketgulv på upcycle etagen, foto: Rasmus Hjortshøj



Kontormiljø i TRÆ, foto: Anders Nymann Wejse, Velkendt

# Brugeroplevelse

## Det føleles som et sundt hus

Selvom de enkelte tiltag på de tre Living Lab etager ikke er noget lejerne umiddelbart mener de mærker i det daglige, så er det alligevel noget, der bringes i spil mere indirekte i relation til deres oplevelse af huset. De interviewede giuer udtryk for, at de naturlige materialer giver en følelse af et sundt indeklima:

"Luften virker ren - men jeg ved ikke, om det også føles sådan fordi der er brugt naturlige materialer."

Der laves ikke en 1:1 kobling til de enkelte tiltag, men der er en overordnet følelse af, at huset er sundt og rart at opholde sig i og at der er lavere risiko for at blive udsat for skadelige stoffer:

"It feels like there is a low risk of bad substances."

Tiltagene på Living Lab etagerne bidrager i høj grad til den oplevelse, selvom de måske mere fungerer som en slags showcase end som noget, der i sig selv har mærkbar betydning for det oplevede indeklima:

"Jeg synes det er fedt at man gør noget for at vise et alternativ - men jeg ved ikke om jeg som sådan føler det anderledes i hverdagen - end jeg ellers ville have gjort - altså hvor stor en forskel det gør i forhold til de overordnede greb i huset."

## Et rart sted at være

Selvom de enkelte tiltag ikke spiller en stor rolle i hverdagen, så har de alligevel betydning for den samlede oplevelse af huset og det er i hvert fald ikke noget, der afskrækker folk fra at leje sig ind i TRÆ. Tværtimod har det en positiv betydning for oplevelsen af huset som et sundt og rart sted at være, selvom de fleste har svært ved præcist at sætte en finger på, hvad det er der gør det:

"Jeg ved ikke helt hvad det er, der gør det, men jeg synes bare det er rart at være her"

Det er mere en overordnet følelse end noget konkret målbart, men flere laver alligevel en mere eller mindre direkte kobling til lyset, farverne og materialerne, som noget der har en betydning:

"De der store træbjælker og jordfarverne kan noget. Der er på en eller anden måde sådan en ro over det -og så er lyset jo fantastisk."

De ovenstående citater viser, at oplevelsen af sundhed og trivsel ikke alene er knyttet til målbare faktorer i indeklimaet, som temperatur, lux eller ppm, men også til æstetik, materialitet og atmosfære. Brugen af træ og jordfarver fremkalder en følelse af ro, mens lysindfaldet giver rummene en kvalitet, der er svær at sætte præcise ord på, men som alligevel har stor betydning for den overordnede oplevelse og daglige trivsel.



Træbjælker i TRÆ, foto: Rasmus Hjortshøj

## Opsamling og konklusion

Alt i alt er der stor tilfredshed med TRÆ og med de tre Living Lab etager blandt brugerne af huset. Det har været svært at opnå meget konkret viden om de enkelte tiltag, da disse ikke umiddelbart er noget brugerne oplever som afgørende for deres hverdag i huset.

De forskellige Living Lab tiltag er ikke noget de selv bringer på banen i interviews, og selv når de spørges meget direkte ind til dem, er det ikke noget de har en stærk fornemmelse af eller holdning til. Det er mere den overordnede fortælling og tankerne bag, der betyder noget.

På den anden side betyder det også, at man i hvert fald ikke kan konkludere, at de alternative materialevalg på de tre Living Lab etager er noget, der afskrækker potentielle lejere eller trækker ned i den samlede oplevelse af huset. Living Lab etagerne opleves ikke som skrabede eller ufærdige men snarere naturlige og ærlige.

Living Lab etagerne opleves og fortolkes ind i den overordnede fortælling om TRÆ som et sted, hvor der er fokus på at træffe bevidste valg, der kan skubbe byggebranchen i en mere bæredygtig retning.

Der er en oplevelse af, at det er rart at have sin daglige gang i huset. Her spiller materialevalg også ind, særligt de synlige trækonstruktioner, lyset og jordfarverne nævnes, men mere som en følelse end som en konkret målbar forskel.

Det er med til at skabe en særlig atmosfære i TRÆ, og bidrager med kvaliteter, der kan være svære at sætte præcise ord på, men som alligevel har stor betydning for brugernes overordnede oplevelse og daglige trivsel.



Den biogene etage i TRÆ, foto: Rasmus Hjortshøj

# GenDør

## Resumé

Genbrug af byggematerialer er et af de mest effektive tiltag i arbejdet for et mere cirkulært byggeri. Men i takt med at kravene til byggeri er blevet skærpet – særligt i forhold til brandsikring – er det blevet det vanskeligere at dokumentere og genanvende produkter, som ikke længere har deres oprindelige certifikater. Projektet GenDør satte sig for at vise, hvordan man kan genanvende branddøre i selv de mest krævende byggerier, helt op til brandklasse 4.

Med Sydhavnen TRÆ som eksempelbyggeri blev det muligt at afprøve ideerne i praksis. Her blev tre genbrugte branddøre monteret og testet i et moderne boligbyggeri, hvilket gjorde Sydhavnen TRÆ til den første reelle demonstrationsplatform for brandsikret genbrug af byggekomponenter i denne kategori.

### Projektets mål og tilgang

Formålet med GenDør var at udvikle **en metode og praksis for genbrug af branddøre** i byggerier med høje krav til dokumentation og sikkerhed. Projektet arbejdede med følgende nøglespørgsmål:

- Hvordan kan man dokumentere ydeevnen af genbrugte branddøre uden at ødelægge dem?
- Hvilken rolle spiller ansvar og garantier i et genbrugsscenario?
- Hvordan kan man etablere en skalerbar model, der kan udbredes i hele branchen?

Tilgangen var praksisorienteret og involverede både test, inspektion og samarbejde med aktører som DBI, brandrådgivere, producenter og nedrivere.

### Udfordringer i praksis – og de redskaber, der blev udviklet

Det stod hurtigt klart, at en række tekniske og organisatoriske barrierer skulle overvindes. Mange genbrugte døre havde enten fysiske skader

eller manglende dokumentation, hvilket gjorde dem uegnede til direkte genbrug uden omfattende verifikation.

Derfor blev der i GenDør udviklet flere konkrete værktøjer, herunder:

- Tjekliste til visuel inspektion af branddøre (baseret på DBI's vurderingsprincipper)
- Vejledning til korrekt nedtagning og transport, så dørene ikke beskadiges
- Montagevejledning, der tager højde for ændrede forhold i genbrugsbyggerier
- Metoder til kompenserende brandsikring, fx ABA-anlæg eller lokal placering

### Demonstration i Sydhavnen TRÆ

I TRÆ-byggeriet blev tre genbrugte branddøre installeret ind til teknikrum, hvor brandbelastningen og personrisikoen er lavere. Disse døre blev suppleret med kompenserende tiltag såsom automatiske brandalarmer (ABA) og placering uden flugtvejskrav.

Demonstrationen afslørede dog også centrale udfordringer:

- **Ansvarsforskydning:** Ingen aktør ønskede at påtage sig ansvar for en brugt dørs brandmodstandsevne, hvilket er særligt problematisk i forhold til projektets skalbarhed.
- **Certificering vs. destruktion:** DBI pegede på, at sikkerhed kun kunne opnås gennem destruktive tests – hvilket modarbejder ideen om genbrug.
- **Producentens rolle:** Flere producenter udtrykte interesse for at oprette en take-back-ordning, hvor de selv re-certificerer og sælger genbrugte produkter. På denne måde kan ansvarsforskydningen undgås, eftersom producenterne kan give et produktansvar.

### Perspektiver og næste skridt

Selvom projektet ikke nåede frem til en fuldt operationel og skalerbar model, blev der opnået vigtige resultater:

- Et konkret proof-of-concept for, at genbrug af branddøre kan lade sig gøre i praksis.
- En række værktøjer og procedurer, som kan anvendes bredt i andre projekter.
- Et styrket fokus på ansvarsfordeling og dokumentationskrav i cirkulært byggeri.

De næste skridt bør inkludere:

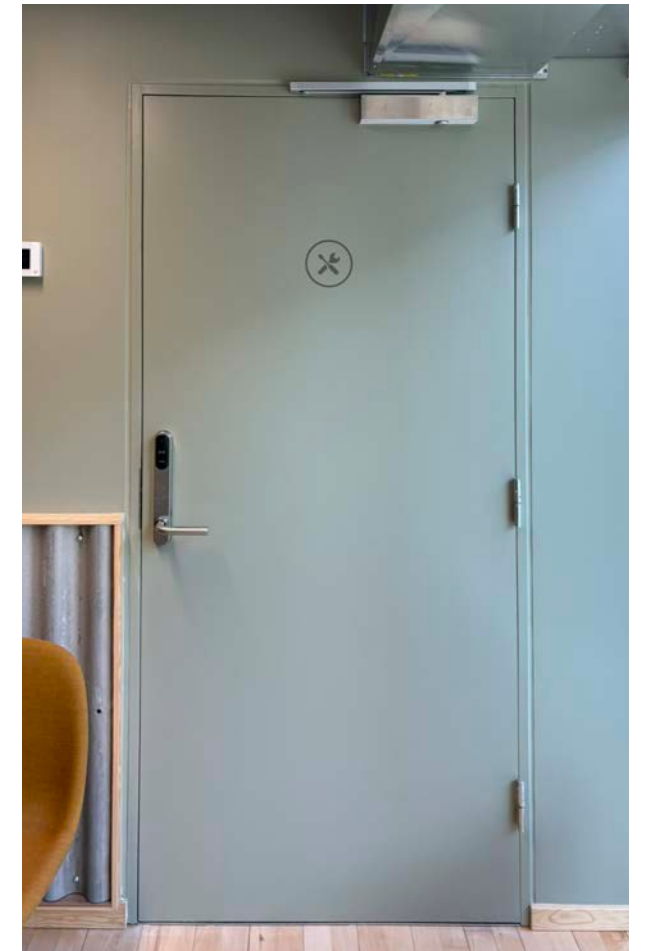
- Udvikling af certificeringssystemer for genbrugte branddøre, i samarbejde med producenter.
- Digitalisering af tjeklister og dokumentation for at sikre sporbarhed.
- Dialog med myndigheder om at inkludere genbrug i præ-accepterede løsninger i BR.
- Brandtest af eksempelvis 20 genbrugte branddøre for at danne grundlag for worst-case scenarier og dermed give brandrådgivere en test-case at læne sig op ad.

### Konklusion

GenDør-projektet demonstrerede, at genbrug af branddøre i brandklasse 4 er muligt, men at det kræver nytænkning, samarbejde og systematik. Der er behov for at udvikle nye værktøjer og ansvarssystemer, hvis branchen skal realisere sit cirkulære potentiale uden at gå på kompromis med brandsikkerheden.

Sydhavnen TRÆ var det første skridt – og viste vejen frem.

Se [link](#) for mere information.



# Konklusion

## En branche i forandring

TRÆs Living Lab står i dag som resultatet af flere års hårdt arbejde fra et ambitiøst team af både bygherre, udvikler, rådgivere og entreprenører. Selvom de implementerede materialer i nogles øjne måske allerede kan virke udbredte, er samlingen af så mange uafprøvede materialer på denne måde det første af sin slags. Det er et projekt der har været flere år undervejs grundet dets størrelse, og vi kan allerede i dag se, at branchen har flyttet sig betydeligt fra, hvor vi startede. Vi ser endda løsninger implementeret i Living Lab, som optræder i andre projekter eller hos leverandører i 2. eller 3. iteration, med forbedringer baseret på de erfaringer Living Lab har ført med sig. Dette er en udvikling, vi er stolte af at have været med til at skubbe til.

## 20 innovative materialer i Living Lab

Projektet har resulteret i tre særlige etager, hvor der er gået de ekstra skridt for at få så mange innovative, genbrugte, upcycledede og biogene materialer ind som muligt i et kommercielt kontorhøjhus bygget i træ. Projektets målsætning var først og fremmest at kunne være katalysator for at få flere innovative materialer ind i byggeri generelt, og efter projektets afslutning ser vi genbrugte, biogene og upcycledede løsninger implementeret i langt højere grad.

I TRÆs Living Lab er vi lykkedes med at implementere 21 særlige materialer på Living Lab-etagerne. De fordeler sig med 9 genbrugte, 5 upcycledede og 7 biogene materialer, som hver og en er kommet gennem projektets nåleøje af krav for at kunne indgå i et kontorbyggeri af denne størrelse. På upcycle-etagerne er der implementeret færre forskellige materialer, men til gengæld fordeler de sig i stor udstrækning på næsten hele etagen. På den biogene og genbrugte etage er der arbejdet flere forskellige materialer ind, og i nogle tilfælde har det været nødvendigt at have en mere helhedsorienteret tilgang for at kunne indarbejde specifikke materialer.

## Levende Laboratorie i et innovativt byggeri

De 20 materialer, der er implementeret i TRÆs Living Lab, er i høj grad en del af TRÆs stolthed, som ofte vises frem til kommende lejere og besøgende. Byggeriet TRÆ rummer mange innovative indsatser med genbrugte facadeplader på alle tre tårne, kasserede ruder i vinduerne i et miljø med høj sprængfare og genbrugte vindmøllevinger som solafskærmning. Dette bidrager til, at ikke kun Living Lab men hele TRÆ opleves som et sted med høj innovationshøjde. De anvendte materialer i Living Lab skal derfor i højere grad kæmpe om rampelyset fra beboere og besøgende, end hvis de havde været implementeret i et mere almindeligt byggeri. Dette kan være medvirkende til, at de indsamlede brugerbetraktninger i stor grad drejer sig om TRÆ i sin helhed. Living Lab passer dog godt ind i den større fortælling om TRÆ, hvor flere lejere ser en særlig værdi i at kunne have kontormiljø et sted der stemmer overens med eget brand og bæredygtige værdier.

## Arbejdsmiljøet i TRÆ - de målte resultater

Alle tre etager viser upåklagelige resultater på det målte indeklima. Dette gælder både målinger på afgangninger, CO2-niveau og relativ luftfugtighed. Der ses en smule mere stabil fugtighed på den biogene etage, hvilket stemmer godt overens med teorien om, at de biobaserede materialer har fugtstabiliserende egenskaber. Der ses en smule udsving på temperaturerne etagerne imellem - men det er ikke noget der som udgangspunkt kan tilskrives de valgte materialer, men nærmere at solindfaldet stiger i takt med højden af bygningen.

Der ses i nogle få tilfælde, at nogle skille vægge ikke overholder akustikkrav, men det påpeges ikke som problematisk af brugerne. Dette taler for mulighederne for at lempe på fx akustikkrav for at kunne tilvejebringe flere cirkulære løsninger i fremtidens byggeri.

## Det oplevede arbejdsmiljø i TRÆ

Der er generelt god respons i det oplevede arbejdsmiljø i Living Lab. Umiddelbart har det været svært for nogle af de adspurgte lejere at se forskellene på Living Lab og resten af TRÆ, men oplevelserne har ikke desto mindre fortsat været positive. Rummene opleves som et rart og sundt sted at være, og generelt er flere brugere stolte af at have kontor i TRÆ - et hus der matcher deres egne værdier.

## Ikke alle drømme gik i opfyldelse

I bagklogskabens lys har flere af de involverede projektaktører udtrykt drømme om at have fået endnu flere innovative materialer med. Som et resultat af, at materialernes pris blot bliver dyrere per m2, jo færre m2 der opføres, og at flere materialer viste sig enten at være svære at fremskaffe eller ikke havde tilstrækkelig dokumentation, er projektet endt med "kun" 20 implementerede materialer. Denne præmis er på sin vis forventelig og bør betragtes som en

processuel erfaring. De fravalgte leverandører kan med denne opsamling forhåbentligt lære af de barrierer, de blev mødt af, og hvad der blev afgørende for de materialer, der rent faktisk blev implementeret i Living Lab. Herunder ligger dokumentation, som er omkostningstungt for nyopstartede virksomheder, men ikke desto mindre vil få afgørende betydning i deres kommende indtog i flere skalerede byggerier.

## Tætte branchesamarbejder i fremtidens cirkulære byggebranche

Vi håber at denne rapport kan ses som et bidrag til en branche i konstant forandring. Mange af de implementerede løsninger står allerede i dag med opdaterede og forbedrede udgaver, som et resultat af tætte samarbejder med leverandører, der har leveret til Living Lab-etagerne. Måske skal netop disse tætte samarbejder tænkes strukturelt ind i fremtidens arbejde med innovative materialer.



TRÆ, foto: Anders Nymann Wejse, Velkendt

# Fra Living Lab til branchepotentiale

*Skalerbarheden af cirkulære løsninger handler ikke alene om at øge andelen af klassiske genbrugsmaterialer som beton og tegl, men i stigende grad også om at integrere biobaserede og upcycledede materialer i større skala. Disse materialer repræsenterer et væsentligt supplerende potentiale, fordi de både kan reducere afhængigheden af nyproducerede og potentielt knappe ressourcer og samtidig lagre CO2 over bygningens levetid.*

*Et særligt perspektiv findes i de biobaserede byggematerialer, hvor halm, hamp, træ og andre restprodukter fra landbruget kan indgå i væg- og isoleringssystemer. Denne form for cirkularitet skaber nye synergier mellem landbrug, energi og byggeri, og kan skaleres i takt med at teknologierne modnes.*

*De upcycledede materialer, hvor restprodukter fra andre industrier (fx plast, tekstiler, glas eller metal) omdannes til nye byggematerialer, rummer ligeledes et voksende potentiale. Upcycling kan bidrage til at skabe unikke materialer med høj æstetisk og teknisk værdi, samtidig med at affaldsstrømme reduceres. Når det gælder LCA, skal upcycledede produkter dog anskues på lige fod med nyproducerede byggematerialer og har derfor ikke altid samme fordele som genbrugte byggevarer har. Alligevel kan de være med til at vise vejen for, hvordan vi i større grad kan skalere produktioner med hvad der ellers ville være endt som affald.*

## Genbrugskonceptet

Genbrug af byggematerialer rummer et potentiale, fordi ressourcerne allerede findes i den eksisterende bygningsmasse, og nogle kan tilvejebringes i store mængder. Skalerbarheden afhænger primært af etablering af effektive logistiksystemer, sorteringsmetoder samt klare standarder for dokumentation, ansvar og forsikring. Når disse elementer er på plads, kan genbrug i princippet skales hurtigt, da råmaterialerne er tilgængelige og kvaliteten teknisk set kan matche nye produkter. I situationer hvor mængderne er mindre, kan der i skaleringsøjemed også arbejdes med reducerede funktionelle krav, der kan testes efter og samles til bunke fra flere donorer - et princip der kendes fra bl.a. Gamle Mursten.

På den anden side er der en faglig diskussion om, hvorvidt genbrug vil forblive en relevant løsning på længere sigt. Hvis byggeriet i fremtiden bliver bedre til at bevare og transformere eksisterende bygninger, vil affaldsstrømmene na-

turligt falde, og behovet for genbrug mindskes. I dag er situationen dog en anden: som Social- og Boligstyrelsen peger på i BOU Alm.del – Bilag 12 (Boligudvalget 2024-25), er affaldsstrømmene fortsat meget store, mens kun en brøkdel reelt genbruges. Dermed er genbrug et vigtigt sted at sætte ind, og der bør fortsat tænkes nyt for at etablere flere løsninger der kan skalere genbrugte materialer. For nuværende er der også fortsat incitament når det kommer til LCA, da disse materialer indgår som 0 og kan være en vigtig brik i at reducere en bygnings klimapåvirkning for at kunne overholde bygningsreglementets krav.

## Det biobaserede koncept

I dag er anvendelsen af biobaserede materialer allerede en etableret del af byggeriet. Træ er et af de mest udbredte biobaserede materialer i konstruktioner, både som bærende elementer, facadebeklædning og interiør, og materialer som cellulosefibre, træuld og papiruld anvendes bredt til isolering. Også linoleum, kork og biobaserede kompositter har fundet vej til gulvbe-

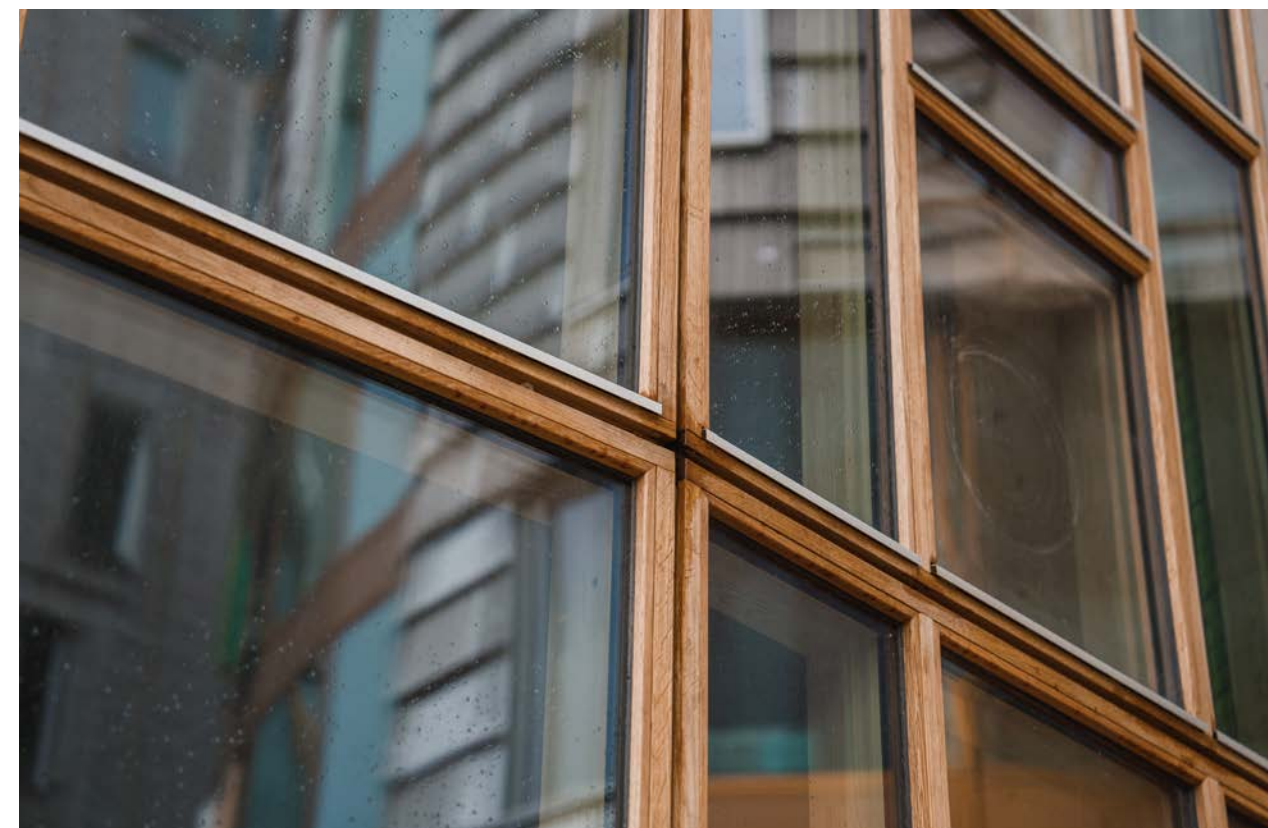
lægninger og overfladeløsninger, mens hamp og halm i stigende grad anvendes i nicheprojekter og bæredygtighedscertificerede byggerier. Disse eksempler viser, at biobaserede materialer ikke længere er et fremtidsscenarie, men allerede indgår i byggeriets materialepalet på mange niveauer – om end stadig primært som supplement til konventionelle løsninger.

Anvendelsen af biobaserede materialer kan imidlertid skales yderligere i takt med, at landbrugets ressourcer kobles tættere til byggebranchen. Der ses et potentiale i at skabe en ny værdikæde, hvor landbrugsarealer udnyttes tredobbelt: til energiproduktion (fx lodrette solceller), til fødevaredyrkning og til levering af biomasse som halm, hamp og træ til byggematerialer. Skalerbarheden er derfor stærkt afhængig af strukturel integration mellem sektorerne. Fordelen er, at biomasse er en fornybar ressource, der samtidig kan lagre CO2. Udfordringen er at sikre stabil forsyning, håndtere sæsonvariationer

og opnå den nødvendige dokumentation for fx brand- og fugtegenskaber. Og det bør selvfølgelig sikres, at byggeriet bliver aftager for affaldsstrømme, der ikke kunne anvendes bedre andetsteds. Dermed kræver skalering en kombination af teknologisk udvikling, landbrugsmæssige partnerskaber og politisk opbakning. Flere bygherrer har allerede bygget med nye variationer af biobaserede byggematerialer, men mange flere er i gang med diverse forsøgsbygninger. Der kan findes eksempler i blandt andet "Fra 4 til 1 planel" -projektet eller "Veje til biobaseret byggeri".

## Upcycling konceptet

Upcycling af affaldsstrømme fra andre industrier rummer et innovativt potentiale, men har udfordringer i sin definition, da der kan argumenteres for, at anvendelse af restmaterialer i produktioner burde være en integreret del af alle byggevareproducenters almene praksis. Sandheden er desværre, at det ikke altid er tilfældet, og at der fortsat er materialeproducenter der



Upcycledede vinduer i TRÆ, foto: Anders Nymann Wejse, Velkendt

# Fra Living Lab til branchepotentiale

har alt for store mængder affald, der rummer et stort potentiale for at blive anvendt. Og vi må anerkende vigtigheden i at hæve bundniveauet for producenter, så upcycling af industriaffald implementeres som et minimum. Derudover rummer upcycling et stort potentiale i at undervise forbrugere i at kunne acceptere mindre fejl på "nyproducerede" produkter. At bruge upcycling i sin kommunikation om produktets tilbliven kan spille en afgørende rolle i denne undervisning.

Netop fordi upcycling ofte stammer fra industriaffald, skal upcycledede produkter regnes på lige fod med nye materialer i LCA-beregninger. Materialerne vil typisk betragtes som en forlængelse eller udvidelse af deres oprindelige produktion, og rummer derfor ikke lige så store fordele når det kommer til LCA. Dette kan hæmme incitamentet til at opskalere upcycledede produkter i stor skala.

Imidlertid findes der også eksempler på upcycledede produkter, som bliver en hybrid mellem genbrug og frasorterede materialer - som fx a:gain's og Dekos skillevægge af genbrugte ruder fra vinduesrenoveringer i rammer af frasorteret træ. En måde hvorpå et affaldsprodukt finder vej ind i en skaleret produktion og på denne måde har bedre adgang til at kunne producere dokumentation om produktet. Her viser upcycling, hvordan affaldsstrømme kan indgå i eksisterende virksomheders produktion ved at øge værdien af ruderne, som blot var affald, og dermed langt hurtigere kan opnå stordriftsfordele og skaleres - et element, der måske inspirerer bredere til at skalere genbrug.

## Det miljømæssige perspektiv

I dette projekt har vi forsøgt at se stort på det miljømæssige perspektiv, når det gælder udvælgelse af materialer. Dette grundet både i tilgængeligheden af data men også i stor grad bevidstheden om, at der ligger en række bagvedliggende perspektiver, der bør nuanceres ud over hvad en konventionel EPD kan bidrage med.

Ultimativt bør en man i vurderingen af biogene, upcycledede og genbrugte materialer se på den bredere samfundsmæssige påvirkning, hvis der skal tales skalering. Consequential LCA er af denne årsag blevet et omdiskuteret værktøj, da det giver mulighederne for at se mere holistisk på de samfundsmæssige påvirkninger af forskellige løsninger. På den måde vil man bedre kunne opnå indsigt i, om biogene affaldsressourcer fx kan anvendes bedre andetsteds. Det samme gælder industriaffald, som måske kunne have en bedre anvendelse.

Dette projekt og dets analyser har ikke omfattet consequential LCA, men dette vil være et naturligt næste skridt i overvejelserne om fremtidig skalering af de implementerede løsninger.

## Fremtidens Living Labs

Med et vellykket Living Lab i bogen kan man være tilbøjelig til at spørge, hvordan fremtiden for Living Labs ser ud. Vi står tilbage med en lang række erfaringer og vigtig viden, der allerede er diffunderet ud i branchen som konkrete løsninger og tiltag. Selvom nogle af de søsatte ambitioner kun delvist er lykkedes, bør vi måske i højere grad betragte dem som en præmis for Living Labs - snarere end en fejlbehæftet proces.

Nye, innovative løsninger skal prøves af for at finde ud af, om det giver mening at skalere genbrugte, upcycledede, biogene eller en helt fjerde type produkter. Dette har været en central pointe med netop dette projekt.

TRÆs Living Lab kan på sin vis anskues som en mikro-inkubator, hvor producenter får lov at komme i betragtning og prøves af - selvom de ikke har det hele på plads - netop for at give muligheden for at pege i retning af, hvad der er mest kritisk for producenternes fremtidige skalering.

Living Labs skal i sin natur være et sted, hvor der er plads til at slække på nogle krav eller

egenskaber for at kunne optimere og forbedre på andre. Hvis ikke vi får nye og uafprøvede materialer ind i vores byggeri, får de aldrig chancen for at vise deres værd og fremtidige potentialer. Set i det lys, vil der bestemt være behov for levende laboratorier i fremtiden - og de kan forhåbentligt være med til at sætte tonen for en mere cirkulær byggbranche.

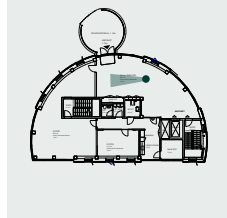
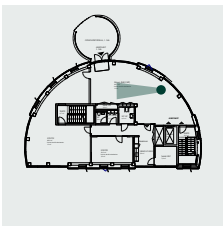


TRÆs facade, foto: Anders Nymann Wejse, Velkendt

# Visualiseringer fra skitseprojekt - genbrugsetagen



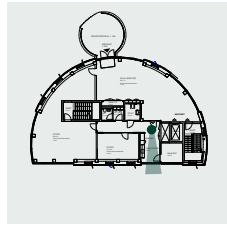
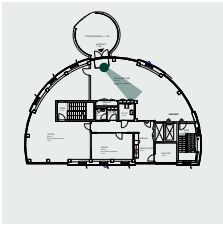
Visualisering af café (udviklingsfasen).



Visualisering af kontor (udviklingsfasen).



Visualisering af café (udviklingsfasen).

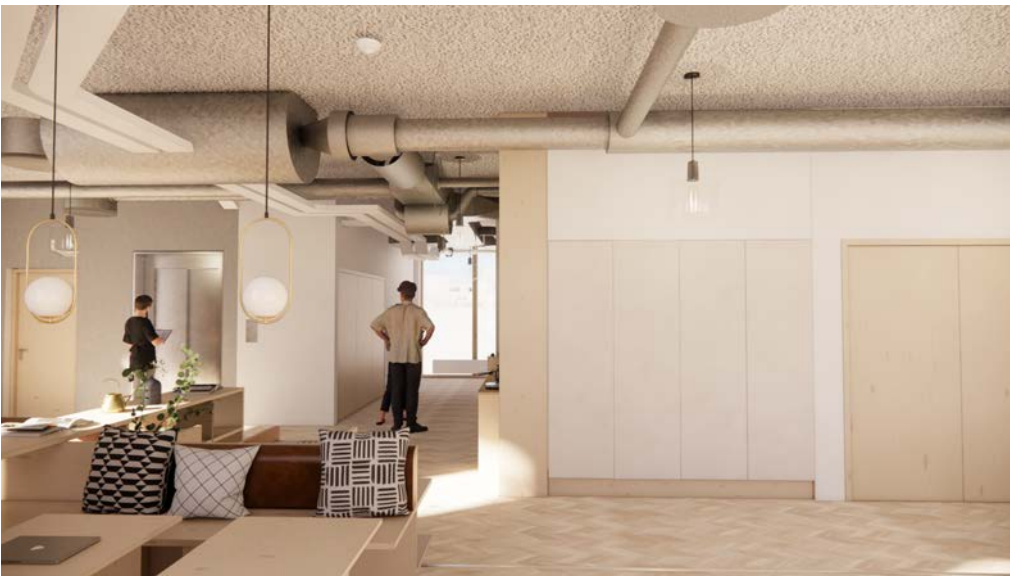
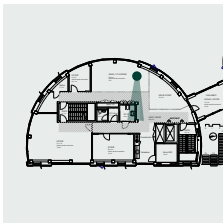
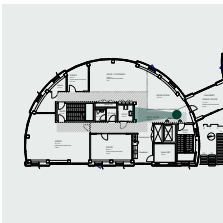


Visualisering af køkken (udviklingsfasen).

# Visualiseringer fra skitseprojekt - upcycleetagen



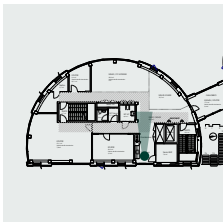
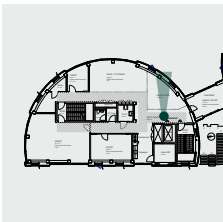
Visualisering af storrumskontor (i udviklingsfasen).



Visualisering af storrumskontor (i udviklingsfasen).



Visualisering af storrumskontor (i udviklingsfasen).

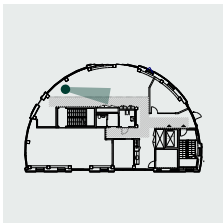
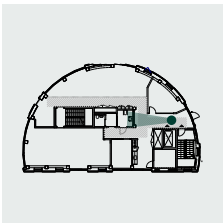


Visualisering af køkken (i udviklingsfasen).

# Visualiseringer fra skitseprojekt - den biogene etage



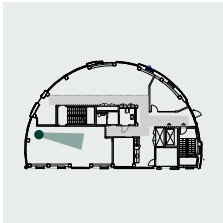
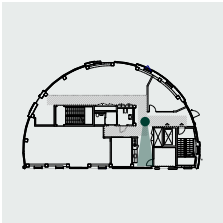
Visualisering af gang ved elevator (i udviklingsfasen).



Visualisering af storrumskontor (i udviklingsfasen).



Visualisering af køkken (i udviklingsfasen).



Visualisering af storrumskontor (i udviklingsfasen).

# Firmaer der blev kontaktet

*Følgende er en oversigt over de firmaer som enten kontaktede os ifm. Open Call eller som vi tog til kontakt til igennem forløbet.*

**Grøn** indikerer dem der endte med at blive anvendt.

## GENBRUGSMATERIALER

Bewi  
Climate Recovery  
Genbyg  
**Greendozer**  
J Jensen  
**JDH Byg**  
Loudliving  
Steni facadeplader

## UPCYCLEDE MATERIALER

**Deko/Again**  
**Again**  
Re.Felt  
Dewdrop tiles  
Foresso  
Eco Silicate Systems  
Kvadrat Softcells  
Modulex  
Nordic Tiles  
JBO Studio  
Recoma  
Rumett  
**Sonaspray**  
The Upcycl  
Træls  
Venge  
Volume Orange  
**WoodTube**  
Wehlers  
**Whynature**  
**Fischer Lighting**

## BIOBASEREDE MATERIALER

**Biomason**  
Stykka  
Durrapanel

Fagerhult  
**Havnens Hænder**  
Hemboo  
Jonas Edward  
Mogu  
NatureLoop Cocoaboard  
Rexcon  
Squarely  
Én Jord  
**Søuld**  
Woodfiber DK  
**Auro**