



## KLIMAVENLIG FACADERENOVERING AF GÅRDHAVEHUSENE I ALBERTSLUND SYD - statusrapport ved projektafslutning juni 2021

## INDHOLD

### 1. Formål

### 2. Beboerinddragelse

### 3. Metode

### 4. Resultaterne

### 5. Det videre forløb

### 6. Tidsplan

### 7. Bilag



*Det renoveringsprojekt, der er under udførelse i perioden 2012-23, indeholder en total istandsættelse af boliger og vinduer, men ikke facaderenovering. Bebyggelsen fremtræder derfor nedslidt selv efter renoveringen.*



*Hele renoveringsprojektet omfatter 1001 gårdhavehuse fordelt på tre boligforeninger administreret af BoVest*

## 1. Formål

Projektet er initieret af beboerne i Albertslund Syd afdeling VA4 Nord og VA4 Syd i kølvandet på den renoveringssag, der pågår i perioden 2012-23, som ikke indeholder en facaderenovering. Beboerne ønsker at forberede den kommende facaderenovering for at fuldende moderniseringen af bebyggelsen. Forberedelsen ligger i både indeværende bæredygtighedsanalyse og i de kommende 1:1 prøvofacader, som der søges realiseringsstøtte til.

Analysen har vist, at der i boligafdelingerne er en vilje til at vælge bæredygtige løsninger. Det har ligeledes været et mål for projektet at få erfaring med at tale om bæredygtige løsninger i bredere forstand og få andre faktorer med i beslutningsprocesserne end f.eks. kun økonomi eller driftshensyn. Bæredygtighedsanalysen har således været interessant og vellykket for alle 4 parter: beboerudvalg, drift, administration og rådgiver.

## 2. Beboerinddragelse

### Omstændigheder

Der har været afholdt fire on-line workshops med et seks personers underudvalg til det byggeudvalg, der blev nedsat i forbindelse med renoveringssagen, samt et afsluttende fysisk møde, hvor det endelige resultat blev godkendt. Lederne af driften i begge foreninger har deltaget. Der foreligger referater af de 4 workshops. Det er således et erfarent udvalg, hvilket har kunnet mærkes i form af en generel stærk realitetssans og god forståelse af de ret komplicerede problemstillinger.

### Beslutningsproces

For hver workshop er materialepaletten blevet indsnævret, indtil der var tre materialer tilbage. Derefter har dialogen haft fokus på den designmæssige brug af materialerne - komposition, kombination, variation osv.

### Læring

Vi havde forventet at formidlingen til lægfolk af det komplekse og informationsmættede stof ville være en udfordring. Det viste sig at være mindre svært end forudset, idet spørgsmål og kommentarer fra udvalgte demonstrerede en rimelig god momentan forståelse af de dilemmaer og paradokser, der blev diskuteret. Vi har kendt udvalgsmedlemmerne på forhånd efter 8 års godt samarbejde om renoveringen. Derfor har vi ikke grund til at tro, at der er en generel underrapportering af manglende forståelse. I forhold til fremtidige dialoger med nye beboergrupper om bæredygtighed kan det dog vise sig at være behov for simple formidlingsredskaber som f.eks. 'TV-grafik'.



Facade på nyrenoveret bolig i nabobebyggelsen AB4 Syd. Her er de eksisterende cementfiberplader bevaret men opfrisket med rengøring og reparationer.

*I alle almene renoveringsprojekter er beboerdialogen i centrum for programmering og projektering. Det gælder således for klimavenlige renoveringer at en god formidling af klimakonsekvenser af de beslutninger der træffes, er en forudsætning for et bæredygtigt resultat. Ingen bæredygtighed uden et oplyst beboerdemokrati.*



### 3. Metode

#### Materialeanalyse

På workshopperne er beboerne blevet introduceret til de parametre, som vi måler bæredygtighed på – klimapåvirkning, levetid og pris. Indledningsvis har vi anvendt den let forståelige materialepyramide, som vi har udviklet i samarbejde med Center for Industrialiseret Byggeri, og senere har vi anvendt LCA og LCC bygs redskaber. I forbindelse med biobaserede materialer har vi suppleret med ÖkoBauDat og Ecolnvent, se analyseskemaet (bilag).

#### Analysespektrum

Der har været analyseret på et stort antal materialer – ca. 20. Vandkunsten medtog bevidst et antal materialer i analysen som beboerne ikke var interesseret i, men som vi anså for at være af betydning for vores og andres fremtidige praksis. Heriblandt var en nul-løsning, hvor man slet ikke renoverer, samt materialer, der ikke er afprøvet i tilstrækkelig grad til at kunne bringes i forslag til en fuld-skalarenovering, f.eks. hempcrete (blanding af hampefibre og kalkmørtel).

#### Overblik og sammenlignelighed

Beboerudvalget er blevet præsenteret for disse data. Vi har forsøgt at skabe overskuelighed i den store mængde data i meget store excel-ark ved at farvekode værdierne. Byggeudvalget havde tidligere havde valgt en cementfiberplade til facaderenovering i forbindelse med udbuddet af renoveringen – en løsning, der viste sig ikke at være økonomisk mulighed for. Denne løsning definerede vi som baseline i forhold til alternativerne for at etablere et velkendt sammenligningsgrundlag.

#### Lovability

Vi indførte desuden et kvalitets- / popularitetsparameter – lovability-faktoren, hvor byggeudvalgets medlemmer tog stilling til en række materialer i spørgeskema med tildeling af points. Pointene er indført excel-arket. Et udvalg af tegnestuens arkitekter har udfyldt samme skema for at skabe en professionel kontrolgruppe.



*Materialepyramiden udarbejdet af Det Kgl. Akademi, CINARK er med rette blevet kritiseret for at give et forsimplet billede af materialevalgets klimaeffekter. Til gengæld har projektføreren vist, at den tjener det formål som den var tiltænkt, nemlig at popularisere et svært emne til lægfolk.*



*Alle facadeløsninger med let beklædning projekteres med reversible fastgørelser. På billedet en tidligere uført prøvefacade, hvor cementfiberplader klemmes fast med små stålbeslag som alternativ til gennemborende skruer. Dette forlænger materialets levetid og gør det muligt at genbruge komponenterne.*

| netto list (12) | nr. | material                      | underkonstruktion type | beskrivelse + ekstra                                    | facademateriale tykkelse mm | GWP [kg CO2eq] / Solår faser A1-3, B4, C3/4 per m2 facade | miljøpåvirkning i forhold til fibercement i % | GWP [kg CO2eq] A1-3 per m2 facade | miljøpåvirkning i forhold til fibercement i % | GWP [kg CO2eq] D (recyclingpotentiale) per m2 facade | GWP [kg CO2eq] fuld livscyklus A-D per m2 facade | miljøpåvirkning i forhold til fibercement i % | Det næste liv              | kr. pr m2 | ny pris   | materialepris | arbejdstid | underkonstruktions pris |
|-----------------|-----|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|---------------|------------|-------------------------|
| x               | 0   | eksisterende - eternit og træ | -                      | gør ikke noget                                          | 0                           |                                                           |                                               |                                   |                                               | 0                                                    |                                                  |                                               | deponi                     | 0 kr.     |           |               |            |                         |
| x               | 0+  | eksisterende - eternit og træ | -                      | rengøring og genmontering                               | 0                           |                                                           |                                               |                                   |                                               |                                                      |                                                  |                                               | deponi                     | foreløbig |           |               |            |                         |
| x               | 1   | træ                           | A                      | berketræ: ubehandlet 1 på 2 + afstandslist              | 30                          | 15,9                                                      | -2,58%                                        | -20,3                             | -253,79%                                      | -9,5                                                 | 6,4                                              | -56,76%                                       | brændt                     | 695 kr.   | 1.320 kr. | 695 kr.       | 180 kr.    | 445 kr.                 |
| x               | 2   | brændt træ                    | A                      | kyrgran 1 på 2 + Shou Sugi Ban + afstandslist           | 30                          | 13,2                                                      | -14,84%                                       | -14,4                             | -209,09%                                      | -7,4                                                 | 5,8                                              | -60,81%                                       | brændt                     | 545 kr.   | 1.425 kr. | 750 kr.       | 230 kr.    | 445 kr.                 |
| x               | 5   | genbrugte mursten             | C                      |                                                         | 108                         | 6,1                                                       | -60,65%                                       | 5,0                               | -62,12%                                       | -0,1                                                 | 6,0                                              | -59,46%                                       | deponi                     | x         | 1.302 kr. | 527 kr.       | 530 kr.    | 245 kr.                 |
| x               | 8   | hempcrete + puds              | D                      | puds (for hempcrete se underkonstruktion D)             | 10                          | 16,0                                                      | 3,23%                                         | 6,2                               | 52,80%                                        | 0,0                                                  | 16,0                                             | 8,11%                                         | forbrændning + deponi      | 305 kr.   | 824 kr.   | 305 kr.       | 400 kr.    | 119 kr.                 |
| x               | 10  | fiberbeton plader             | E                      |                                                         | 25                          | 81,5                                                      | 425,81%                                       | 80,2                              | 507,58%                                       | -41,8                                                | 39,7                                             | 162,24%                                       | deponi                     | 1.000 kr. | 1.670 kr. | 1.000 kr.     | 200 kr.    | 470 kr.                 |
| x               | 11  | skærmtegl                     | E                      | skærmtegl med ophængssystem i alu                       | 26                          | 78,9                                                      | 409,93%                                       | 78,4                              | 493,94%                                       | -41,6                                                | 37,3                                             | -153,03%                                      | genbrugspotentiale         | 845 kr.   | 1.580 kr. | 845 kr.       | 265 kr.    | 470 kr.                 |
| x               | 13  | fibercementplade              | A                      | fibercementplader + afstandslister                      | 8                           | 15,5                                                      | 0,00%                                         | 13,2                              | 0,00%                                         | -0,8                                                 | 14,8                                             | 0,00%                                         | delvist genbrugspotentiale | 350 kr.   | 905 kr.   | 350 kr.       | 110 kr.    | 445 kr.                 |
| x               | 14  | fibercementplade + træ        | A                      | fibercementplader m. vandrette træbånd + afstandslister | 8                           | 15,6                                                      | 0,65%                                         | -3,5                              | -126,52%                                      | -8,4                                                 | 7,2                                              | 51,35%                                        | delvist genbrugspotentiale | 395 kr.   | 1.196 kr. | 626 kr.       | 125 kr.    | 445 kr.                 |
| x               | 15  | skiffer                       | A                      | naturskiffer + afstandslister                           | 8                           | 27,3                                                      | 76,13%                                        | 18,5                              | 40,15%                                        | -2,5                                                 | 27,3                                             | 84,46%                                        | deponi                     | 590 kr.   | 1.215 kr. | 590 kr.       | 180 kr.    | 445 kr.                 |
| x               | 17  | sortenstål                    | F                      |                                                         | 3                           | 84,0                                                      | 441,05%                                       | 83,7                              | 534,00%                                       | -47,7                                                | 36,3                                             | -145,27%                                      | delvist genbrugspotentiale | 250 kr.   | 2.170 kr. | 1.500 kr.     | 200 kr.    | 470 kr.                 |
|                 | 21  | underkonstruktion A           |                        | afstandslist m. vindpærner og afstandslister            |                             |                                                           |                                               |                                   |                                               |                                                      |                                                  |                                               |                            | 445 kr.   |           |               |            |                         |
|                 | 23  | underkonstruktion C           |                        | afstandslist m. vindpærner og afstandslister + mursten  |                             |                                                           |                                               |                                   |                                               |                                                      |                                                  |                                               |                            | 245 kr.   |           |               |            |                         |
|                 | 24  | underkonstruktion D           |                        | afstandslist m. vindpærner                              |                             |                                                           |                                               |                                   |                                               |                                                      |                                                  |                                               |                            | 470,00    |           |               |            |                         |
|                 | 25  | underkonstruktion E           |                        | afstandslist m. vindpærner                              |                             |                                                           |                                               |                                   |                                               |                                                      |                                                  |                                               |                            | 470,00    |           |               |            |                         |
|                 | 26  | underkonstruktion F           |                        | afstandslist m. vindpærner                              |                             |                                                           |                                               |                                   |                                               |                                                      |                                                  |                                               |                            | 470,00    |           |               |            |                         |

81,00

## facadeløsning

## klimapåvirkning på kort og lang sigt

## pris og levetid

Alle vurderingsparametre er samlet i ét regneark. Farvekoderne indikerer forskellen mellem en konkret facadeløsning og baseline-løsningen (cementfiberplader)



54

Tegnestuen Vandkunsten

De forskellige løsningers performance blev visualiseret på skalaer med naturalistisk repræsentation af materialerne.

### Kortsigtet vision

det værste

det bedste



### Langsigtet vision

det værste

det bedste



Tegnestuen Vandkunsten

7

### Lovability

det værste

det bedste



10

Tegnestuen Vandkunsten

| LCA livstid (år)    | SUM kr.    | meromkostning i forhold til fibercement (%) | Nudtidsværdi | meromkostning i forhold til fibercement (%) | DFD designed for disassembly | Regionelt vedligeholdelse | passer til nordsiden | passer til sydsiden | loveability | opsummering                   | vægtning |         |       | vægtning |         |      | overall ranking  |        |         |      |
|---------------------|------------|---------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|-------------|-------------------------------|----------|---------|-------|----------|---------|------|------------------|--------|---------|------|
|                     |            |                                             |              |                                             |                              |                           |                      |                     |             |                               | fase 1   |         |       | fase 1   |         |      |                  | fase 1 |         |      |
|                     |            |                                             |              |                                             |                              |                           |                      |                     |             |                               | miljø    | økonomi | fase  | miljø    | økonomi | fase |                  | miljø  | økonomi | fase |
| ca. 14 tilbage (50) | -          | -100,00%                                    | -            | -100,00%                                    | -                            | -                         | -                    | -                   | -           | eksisterende - eternit og træ | -100,00% | 0,00%   | 0,00% | -100,00% |         |      |                  |        |         |      |
| ca. 14 tilbage (50) | 840.000    | -96,90%                                     | 19.255.756   | -40,45%                                     | ✓                            | ✓                         | ✓                    | ✓                   | ✓           | eksisterende - eternit og træ | -96,90%  | 0,00%   | 0,00% | -40,45%  |         |      |                  |        |         |      |
| 30                  | 39.600.000 | 45,86%                                      | 57.742.468   | 78,56%                                      | ✓                            | ✓                         | delvist              | ✓                   | 22          | træ                           | 253,79%  | 45,86%  | 1     | -56,76%  | 78,56%  | 1    | træ              |        |         |      |
| 30                  | 42.750.000 | 57,46%                                      | 72.960.452   | 125,62%                                     | ✓                            | ✓                         | delvist              | delvist             | 20          | brændt træ                    | -209,09% | 57,46%  | 2     | -60,81%  | 125,62% | 2    | brændt træ       |        |         |      |
| 120                 | 39.060.000 | 43,87%                                      | 44.666.337   | 38,13%                                      | delvist                      | x                         | ✓                    | ✓                   | 13          | genbrugte mursten             | -62,12%  | 43,87%  |       | -59,46%  | 38,13%  | 2    |                  |        |         |      |
| 50                  | 24.720.000 | -8,95%                                      | 30.382.649   | -6,04%                                      | ✓                            | x                         | delvist              | delvist             | 14          | hempcrete + puds              | 52,80%   | -8,95%  |       | 8,11%    | -6,04%  | 3    |                  |        |         |      |
| 80                  | 50.100.000 | 84,53%                                      | 57.290.924   | 77,17%                                      | ✓                            | x                         | ✓                    | ✓                   | 15          | fiberbeton plader             | 507,58%  | 84,53%  |       | 160,24%  | 77,17%  |      |                  |        |         |      |
| 120                 | 47.400.000 | 74,59%                                      | 54.209.389   | 67,62%                                      | ✓                            | ✓                         | ✓                    | ✓                   | 15          | silikemegl                    | 493,94%  | 74,59%  |       | -153,03% | 67,62%  | 1    |                  |        |         |      |
| 50                  | 27.150.000 | 0,00%                                       | 32.337.109   | 0,00%                                       | ✓                            | x                         | ✓                    | ✓                   | 20          | fibercementplade              | 0,00%    | 0,00%   |       | 0,00%    | 0,00%   |      |                  |        |         |      |
| 50                  | 27.510.000 | 1,33%                                       | 36.027.453   | 11,41%                                      | delvist                      | x                         | ✓                    | ✓                   | 19          | fibercementplade + træ        | -126,52% | 1,33%   | 3     | 51,35%   | 11,41%  | 3    | fibercementplade |        |         |      |
| 120                 | 17.700.000 | -34,81%                                     | 20.240.506   | -37,41%                                     | ✓                            | ✓                         | ✓                    | ✓                   | 17          | skiffer                       | 40,15%   | -34,81% |       | 84,46%   | -37,41% |      |                  |        |         |      |
| 120                 | 65.100.000 | 130,78%                                     | 77.537.597   | 130,78%                                     | ✓                            | ✓                         | ✓                    | ✓                   | 14          | korstenstegl                  | 534,09%  | 130,78% |       | 145,27%  | 130,78% |      |                  |        |         |      |
| 120                 |            |                                             |              |                                             |                              |                           |                      |                     |             |                               |          |         |       |          |         |      |                  |        |         |      |
| 120                 |            |                                             |              |                                             |                              |                           |                      |                     |             |                               |          |         |       |          |         |      |                  |        |         |      |
| 50                  |            |                                             |              |                                             |                              |                           |                      |                     |             |                               |          |         |       |          |         |      |                  |        |         |      |

## økonomi på kort og lang sigt

## vægtning

forklaring / metode:

miljøpåvirkninger vurderes på 3 niveauer: fase A1-3 (anlægsfasen), faser A1-4, B4/6, C3/4 (DGNB/FBK), eller fuld livscyklus A-D økonomi vurderes på 2 niveauer: anlægssum (dvs. "her-og-nu" omkostninger) og nutidsværdi over 50år (totaløkonomisk betragtning)

vægtning: der er mange forskellige måder at vægte forskellige parametre mod hinanden. Dette kan/skal diskuteres med brugerne.

1. vægtning af miljø mod økonomi

2. vægtning af kortsigtet perspektiv mod langsiget perspektiv

Der er anvendt en "faktormetode" dvs. værdier bliver ganget med hinanden  
Det er altid de laveste 3 værdier som udpeges



### Facade # 4.01

Tegnestuen Vandkunsten

55

materiale: skiffer

Alle 17 facadeløsninger blev visualiseret i opstalt og perspektiv for at beboerudvalget kunne tage stilling til udtrykket i forbindelse med udvælgelsen af prøvfacader til realisering.



Tegnestuen Vandkunsten

45

## Vægtning

Alle dataparametre er sat i relation til hinanden i et excel-ark, således at der ud fra prioriterede kriterier kan findes de optimale løsninger. Det er en velkendt problemstilling, at særlig livscyklusbetragtninger er stærkt afhængige af indbyrdes vægtning af usammenlignelige faktorer. Vægtningforskydning fører til ret forskellige resultater. Dog har det været muligt at finde et par materialer med tilhørende underkonstruktion, som ikke under-performede på nogle af parametrene.

|             |                               | miljø                                         |  |  | økonomi                                     |  |         | fase    |  |  | miljø                                         |  |         | økonomi                                     |  |  | fase    |  |  |         |  |  |  |  |  |
|-------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|--|--|---------------------------------------------|--|---------|---------|--|--|-----------------------------------------------|--|---------|---------------------------------------------|--|--|---------|--|--|---------|--|--|--|--|--|
|             |                               | 1                                             |  |  | 1                                           |  |         | 1       |  |  | 1                                             |  |         | 1                                           |  |  | 1       |  |  |         |  |  |  |  |  |
| vægtning    |                               |                                               |  |  |                                             |  |         |         |  |  |                                               |  |         |                                             |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |
|             |                               | fase A1-3 (anlægsfase)                        |  |  |                                             |  |         |         |  |  | fase A1-D (fuld livscyklus)                   |  |         |                                             |  |  |         |  |  | overall |  |  |  |  |  |
| loveability | opsummering                   | miljøpåvirkning i forhold til fibercement 1 % |  |  | meromkostning i forhold til fibercement 1 % |  |         | ranking |  |  | miljøpåvirkning i forhold til fibercement 1 % |  |         | meromkostning i forhold til fibercement 1 % |  |  | ranking |  |  | ranking |  |  |  |  |  |
| -           | eksisterende - eternit og træ |                                               |  |  | -100,00%                                    |  |         | 0,00%   |  |  | 0,00%                                         |  |         | -100,00%                                    |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |
| -           | eksisterende - eternit og træ |                                               |  |  | -96,90%                                     |  |         | 0,00%   |  |  | 0,00%                                         |  |         | -40,45%                                     |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 22          | træ                           |                                               |  |  | -253,79%                                    |  | 45,86%  | 1       |  |  | -56,76%                                       |  | 78,56%  |                                             |  |  | 1       |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 20          | brændt træ                    |                                               |  |  | -209,09%                                    |  | 57,46%  | 2       |  |  | -60,81%                                       |  | 125,62% |                                             |  |  | 2       |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 13          | genbrugte mursten             |                                               |  |  | -62,12%                                     |  | 43,87%  |         |  |  | -59,46%                                       |  | 38,13%  |                                             |  |  | 2       |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 14          | hempcrete + puds              |                                               |  |  | 52,80%                                      |  | -8,95%  |         |  |  | 8,11%                                         |  | -6,04%  |                                             |  |  | 3       |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 15          | fiberbeton plader             |                                               |  |  | 507,58%                                     |  | 84,53%  |         |  |  | 168,24%                                       |  | 77,17%  |                                             |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 15          | skærmtegl                     |                                               |  |  | 493,94%                                     |  | 74,59%  |         |  |  | -152,03%                                      |  | 67,62%  |                                             |  |  | 1       |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 20          | fibercementplade              |                                               |  |  | 0,00%                                       |  | 0,00%   |         |  |  | 0,00%                                         |  | 0,00%   |                                             |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 19          | fibercementplade + træ        |                                               |  |  | -126,52%                                    |  | 1,33%   | 3       |  |  | 51,35%                                        |  | 11,41%  |                                             |  |  |         |  |  | 3       |  |  |  |  |  |
| 17          | skiffer                       |                                               |  |  | 40,15%                                      |  | -34,81% |         |  |  | 84,46%                                        |  | -37,41% |                                             |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |
| 14          | cortenstål                    |                                               |  |  | 534,09%                                     |  | 139,78% |         |  |  | 145,27%                                       |  | 139,78% |                                             |  |  |         |  |  |         |  |  |  |  |  |

De samlet set bedste løsninger rangeres som guld, sølv og bronze.

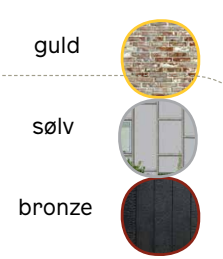
## Vægtning

Hvis er økonomi og miljø lige så vigtige:

|  |                               | miljø                                         |  |  | økonomi                                     |  |         | miljø   |  |  | økonomi                                       |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|--|-------------------------------|-----------------------------------------------|--|--|---------------------------------------------|--|---------|---------|--|--|-----------------------------------------------|--|---------|---------------------------------------------|--|--|---------|--|--|
|  |                               | 1                                             |  |  | 1                                           |  |         | 1       |  |  | 1                                             |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|  |                               |                                               |  |  |                                             |  |         |         |  |  |                                               |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|  |                               | fase A1-3 (anlægsfase)                        |  |  |                                             |  |         |         |  |  | fase A1-D (fuld livscyklus)                   |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|  | opsummering                   | miljøpåvirkning i forhold til fibercement 1 % |  |  | meromkostning i forhold til fibercement 1 % |  |         | ranking |  |  | miljøpåvirkning i forhold til fibercement 1 % |  |         | meromkostning i forhold til fibercement 1 % |  |  | ranking |  |  |
|  | eksisterende - eternit og træ |                                               |  |  | -100,00%                                    |  |         | 0,00%   |  |  | 0,00%                                         |  |         | -100,00%                                    |  |  |         |  |  |
|  | eksisterende - eternit og træ |                                               |  |  | -91,99%                                     |  |         | 0,00%   |  |  | 53,97%                                        |  |         | 0,00%                                       |  |  | 53,97%  |  |  |
|  | træ                           |                                               |  |  | -253,79%                                    |  | 98,57%  | 1       |  |  | -56,76%                                       |  | 143,10% |                                             |  |  | 1       |  |  |
|  | brændt træ                    |                                               |  |  | -209,09%                                    |  | 55,71%  |         |  |  | -60,81%                                       |  | 123,13% |                                             |  |  | 2       |  |  |
|  | genbrugte mursten             |                                               |  |  | -62,12%                                     |  | -30,00% |         |  |  | -59,46%                                       |  | -32,79% |                                             |  |  | 3       |  |  |
|  | hempcrete + puds              |                                               |  |  | 52,80%                                      |  | -12,86% |         |  |  | 8,11%                                         |  | -10,08% |                                             |  |  | 4       |  |  |
|  | fiberbeton plader             |                                               |  |  | 507,58%                                     |  | 185,71% |         |  |  | 168,24%                                       |  | 174,31% |                                             |  |  | 5       |  |  |
|  | skærmtegl                     |                                               |  |  | 493,94%                                     |  | 141,43% |         |  |  | 152,03%                                       |  | 131,80% |                                             |  |  | 6       |  |  |
|  | fibercementplade              |                                               |  |  | 0,00%                                       |  | 0,00%   |         |  |  | 0,00%                                         |  | 0,00%   |                                             |  |  | 7       |  |  |
|  | fibercementplade + træ        |                                               |  |  | -126,52%                                    |  | 19,86%  |         |  |  | 51,35%                                        |  | 24,31%  |                                             |  |  | 8       |  |  |
|  | skiffer                       |                                               |  |  | 40,15%                                      |  | 68,57%  |         |  |  | 84,46%                                        |  | 61,85%  |                                             |  |  | 9       |  |  |
|  | cortenstål                    |                                               |  |  | 534,09%                                     |  | -28,57% |         |  |  | 145,27%                                       |  | -28,57% |                                             |  |  | 10      |  |  |

eks. Hvis er økonomi 1,5 gange vigtigere end miljø

|  |                               | miljø                                         |  |  | økonomi                                     |  |         | miljø   |  |  | økonomi                                       |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|--|-------------------------------|-----------------------------------------------|--|--|---------------------------------------------|--|---------|---------|--|--|-----------------------------------------------|--|---------|---------------------------------------------|--|--|---------|--|--|
|  |                               | 1                                             |  |  | 1.5                                         |  |         | 1       |  |  | 1.5                                           |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|  |                               |                                               |  |  |                                             |  |         |         |  |  |                                               |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|  |                               | fase A1-3 (anlægsfase)                        |  |  |                                             |  |         |         |  |  | fase A1-D (fuld livscyklus)                   |  |         |                                             |  |  |         |  |  |
|  | opsummering                   | miljøpåvirkning i forhold til fibercement 1 % |  |  | meromkostning i forhold til fibercement 1 % |  |         | ranking |  |  | miljøpåvirkning i forhold til fibercement 1 % |  |         | meromkostning i forhold til fibercement 1 % |  |  | ranking |  |  |
|  | eksisterende - eternit og træ |                                               |  |  | -100,00%                                    |  |         | 0,00%   |  |  | 0,00%                                         |  |         | -100,00%                                    |  |  |         |  |  |
|  | eksisterende - eternit og træ |                                               |  |  | -91,99%                                     |  |         | 0,00%   |  |  | 53,97%                                        |  |         | 0,00%                                       |  |  | 53,97%  |  |  |
|  | træ                           |                                               |  |  | -253,79%                                    |  | 98,57%  | 1       |  |  | -56,76%                                       |  | 143,10% |                                             |  |  | 1       |  |  |
|  | brændt træ                    |                                               |  |  | -209,09%                                    |  | 55,71%  |         |  |  | -60,81%                                       |  | 123,13% |                                             |  |  | 2       |  |  |
|  | genbrugte mursten             |                                               |  |  | -62,12%                                     |  | -30,00% |         |  |  | -59,46%                                       |  | -32,79% |                                             |  |  | 3       |  |  |
|  | hempcrete + puds              |                                               |  |  | 52,80%                                      |  | -12,86% |         |  |  | 8,11%                                         |  | -10,08% |                                             |  |  | 4       |  |  |
|  | fiberbeton plader             |                                               |  |  | 507,58%                                     |  | 185,71% |         |  |  | 168,24%                                       |  | 174,31% |                                             |  |  | 5       |  |  |
|  | skærmtegl                     |                                               |  |  | 493,94%                                     |  | 141,43% |         |  |  | 152,03%                                       |  | 131,80% |                                             |  |  | 6       |  |  |
|  | fibercementplade              |                                               |  |  | 0,00%                                       |  | 0,00%   |         |  |  | 0,00%                                         |  | 0,00%   |                                             |  |  | 7       |  |  |
|  | fibercementplade + træ        |                                               |  |  | -126,52%                                    |  | 19,86%  |         |  |  | 51,35%                                        |  | 24,31%  |                                             |  |  | 8       |  |  |
|  | skiffer                       |                                               |  |  | 40,15%                                      |  | 68,57%  |         |  |  | 84,46%                                        |  | 61,85%  |                                             |  |  | 9       |  |  |
|  | cortenstål                    |                                               |  |  | 534,09%                                     |  | -28,57% |         |  |  | 145,27%                                       |  | -28,57% |                                             |  |  | 10      |  |  |





## Mock-ups og materialeprøver

Mockups og materialeprøver er almindeligvis vigtige beslutningsredskaber, men har ikke været anvendt i dialogen med beboerne, som følge af den coronaforårsagede nedlukning. Ligeledes har det ikke været muligt at afholde eks-kursioner med udvalget, hvilket ellers er en del af vores praksis.

## Konfigurator

I forbindelse med dialogen om design og kombinationsmuligheder har vi anvendt 3D-modellering med konfigurationsredskaber så materialerne repræsenteret af hver sit grafiske lag har kunnet monteres på facaderne som en tænd/sluk-funktion. Dette har hjulpet beboerne til at forstå, hvordan de forskellige løsninger vil se ud.

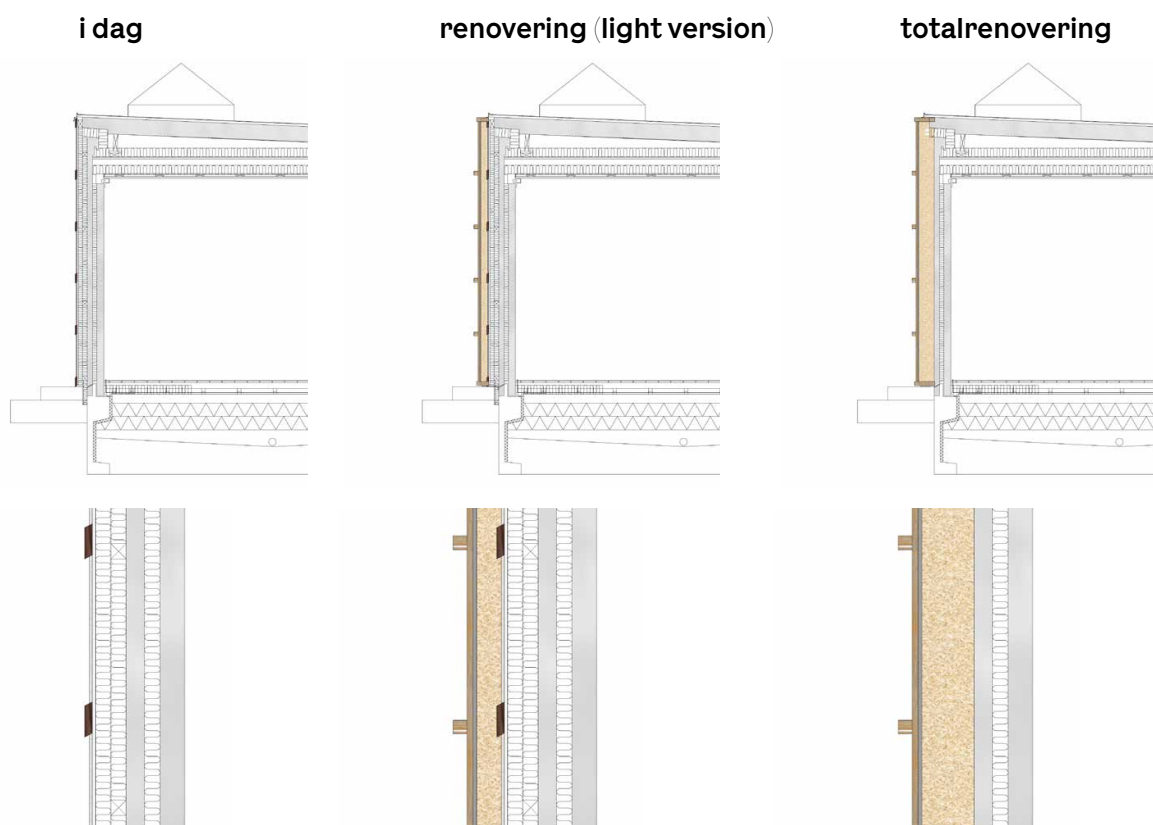
## Efterisolering

Der er regnet på den klimamæssige virkning af efterisoleringen, idet der først er analyseret tre forskellige renoveringsløsninger: 1. bevarelse af den eksisterende isolering. 2. Påføring på den eksisterende isolering og 3. Udskiftning af den eksisterende isolering. Den sidste løsning blev valgt som den teknisk og totaløkonomisk bedste løsning, som demed er et fælles grundlag for alle løsninger.



Eksempler fra konfiguratorer

Alternative efterisoleringsløsninger, hvor totalrenovering vælges som den bedste løsning



|   |                        | GWP                   | λ-værdi | Tykkelse                      | Pris***              | LCA<br>livstid<br>(år) |                                | Tykkelse          | Pris***               |
|---|------------------------|-----------------------|---------|-------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
|   |                        | kg CO <sub>2</sub> eq | W/mK    | mm*                           | kr./m <sup>2</sup>   |                        |                                | mm*               | kr./m <sup>2</sup>    |
|   |                        |                       |         | renovering _ light<br>version |                      |                        |                                | totalt renovering |                       |
| 1 | Træfiberisolering      | -173.1                | 0,038   | 70                            | 71 kr/m <sup>2</sup> | 60                     | pris fra Bygmax                | 145               | 141 kr/m <sup>2</sup> |
| 2 | Papiruld               | +6.2                  | 0,039   | 100                           | 52 kr/m <sup>2</sup> | 60                     | pris fra Bygmax                | 230               | 120 kr/m <sup>2</sup> |
| 3 | Hør- og hampeisolering | +19.2                 | 0,037** | 80                            | 60 kr/m <sup>2</sup> | 50                     | pris fra Egen Vinding & datter | 150               | 119 kr/m <sup>2</sup> |
| 4 | Glasuld                | +21.6                 | 0,037   | 70                            | 20 kr/m <sup>2</sup> | 80                     | pris fra Bygmax                | 150               | 46 kr/m <sup>2</sup>  |
| 5 | Stenuld                | +70.4                 | 0,037   | 70                            | 22 kr/m <sup>2</sup> | 80                     | pris fra Bygmax                | 145               | 46 kr/m <sup>2</sup>  |
| 6 | EPS isolering          | + 80,4                | 0,031   | 75                            | 82 kr/m <sup>2</sup> | 80                     | pris fra Bygmax                | 125               | 144 kr/m <sup>2</sup> |

\*mm der skal lægges til for at give 0,18 W/m<sup>2</sup>K\* (nærmeste pladetykkelse rundet op) jf. BR18, Bilag 2:

Tabeller til kapitel 11 - Energiforbrug, Tabel 3 - Mindstekrav til klimaskærm ved ombygninger og andre forandringer i bygningen, ydervægge ([https://bygningsreglementet.dk/Bilag/B2/Bilag\\_2](https://bygningsreglementet.dk/Bilag/B2/Bilag_2))

\*\* Hæmpeisolering har ifølge producenten samme lambdaværdi som mineraluld.

\*\*\* Fordi vi sammenligner isoleringsmaterialer der ikke alle er med i V&S er alle priserne listepreiser hentet fra byggemarkeder og lign for at sikre at priserne er sammenlignelige. De er uden konstruktion og mængderabatter, mm. og bør derfor ikke bruges til andet end sammenligning.

#### Kilder

BR18 ([https://bygningsreglementet.dk/Bilag/B2/Bilag\\_2](https://bygningsreglementet.dk/Bilag/B2/Bilag_2))  
DS 418\_2011 + Till.1\_2020

#### GWP

<https://www.materialepyramiden.dk>

#### I-værdier

DS 418\_2011 + Till.1\_2020  
[https://hunton.dk/wp-content/uploads/sites/15/2018/11/Ytelseserklæring\\_Hunton-Nativo-Trefiberisolasjon-Plater\\_no.pdf](https://hunton.dk/wp-content/uploads/sites/15/2018/11/Ytelseserklæring_Hunton-Nativo-Trefiberisolasjon-Plater_no.pdf)  
<https://egenvinding.dk/baeredygtig-isolering>

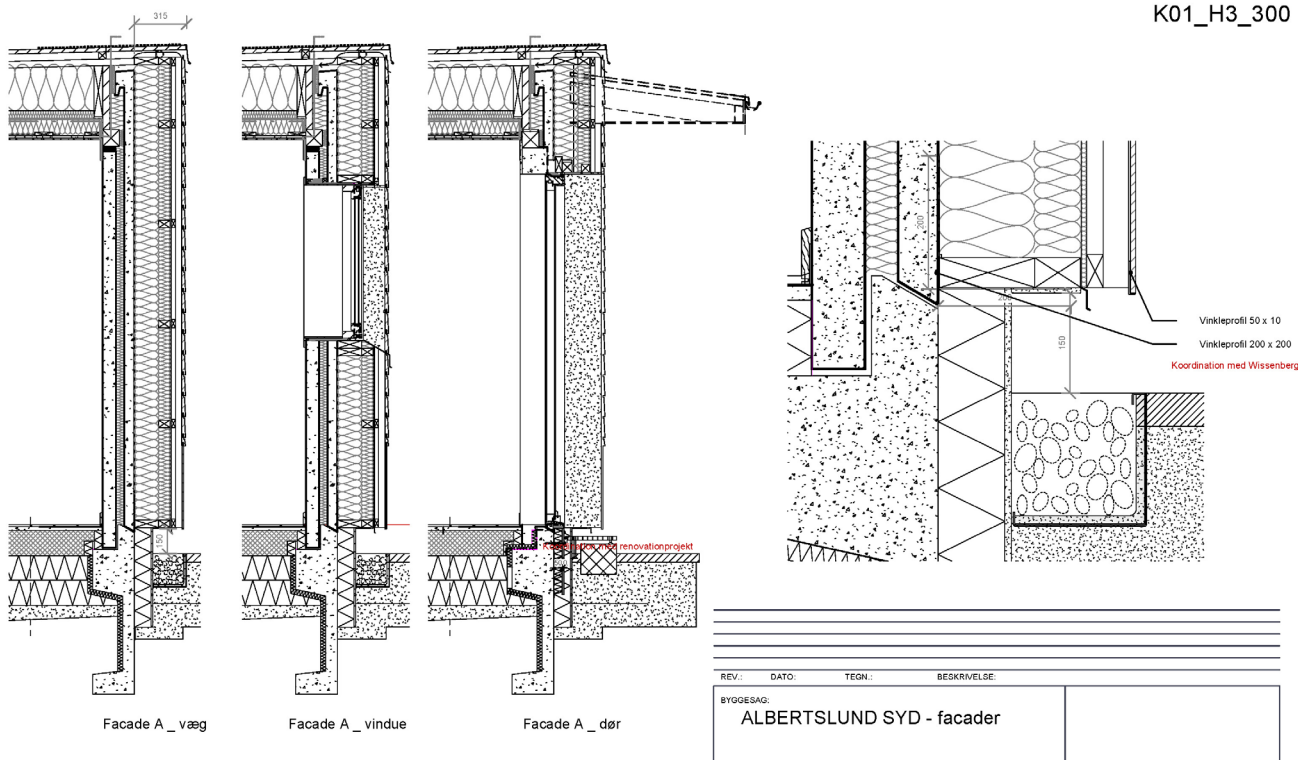
#### Priser

<https://www.bygmax.dk/sundolitt-climate-c80f-tg-75x585x1185-mm-4-85-m2-pk.html>  
[https://www.bygmax.dk/byggematerialer/isolering/steico-isolering-1.html?gclid=Cj0KCQIAvbiBBhD-ARisAGM48bytxQp4lwsAxocngErRE8-MlwiU2Ud0-nsdtFAeUTDowiesLmbs1laATHEALw\\_wcB](https://www.bygmax.dk/byggematerialer/isolering/steico-isolering-1.html?gclid=Cj0KCQIAvbiBBhD-ARisAGM48bytxQp4lwsAxocngErRE8-MlwiU2Ud0-nsdtFAeUTDowiesLmbs1laATHEALw_wcB)  
<https://www.bygmax.dk/iso-let-papiruld-isolering-10-kg-pk-15-pk-palle.html>  
<https://www.bygmax.dk/iso-ver-37-formstykker-70x600x960-mm-1-palle.html>  
<https://www.bygmax.dk/rockwool-flexibatts-70x570x960mm-20-pk-palle.html>  
<https://egenvinding.dk/priser-isolering>  
<https://www.bygmax.dk/steico-flex-traefiber-batts-145x565x1220-mm-2-76-m2-pk.html>  
<https://www.bygmax.dk/rockwool-flexibatts-145x570x980mm-25-pk-palle.html>  
<https://www.bygmax.dk/iso-ver-37-formstykker-145x600x960mm-1-palle.html>  
<https://www.bygmax.dk/sundolitt-climate-c80f-tg-125x585x1185-mm-2-77-m2-pk.html>

Alternative isoleringsmaterialers klimapåvirkning og pris er beregnet. Glasuld vælges som det samlet set mest fordelagtige materiale.

Alle beklædningsalternativer monteres på det samme underlag og med samme isoleringstype. Der projekteres modulært, hvilket giver mulighed for at udføre kombinationskompositioner både i projekterings- og driftsfasen.

K01\_H3\_300



# Espalier

espalier som tegnet  
efter vækstmønster



espalier på.....

shinglefacade

brændt træ

træ

lys og mørk fibercementplade

(mulig) hegn design  
harmonerer med espalier  
(med mulighed for lukning)

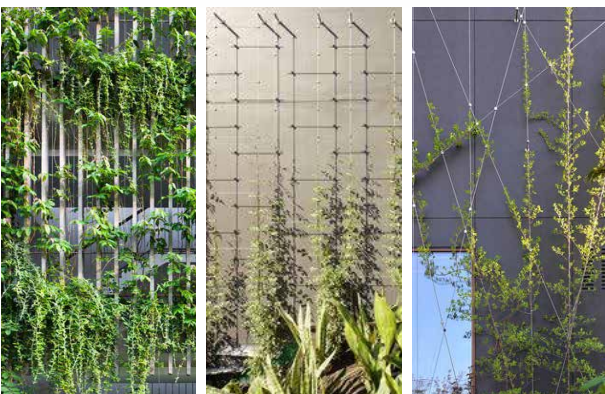
Tegnestuen Vandkunsten

11

f

## Biodiversitetsstrategier

I forløbet udvikledes et antal måder at beplante facaderne på uden at beskadige facadematerialerne eller medføre driftsomkostninger af betydning. Således aftales beplantningstyper, let demonterbare espalierer, samt muligheden af zoner med intensiveret begrønning, hvor driftens arbejde med fordel kunne koncentreres geografisk. Endvidere foreslås fugletårne, der samtidigt kan fungere som orienteringspunkter i den labyrintiske bebyggelse.



| nr. | material                      | kortsigtet vision                                        |                                              |                                   |                                              | langsigtet vision                                    |                                                  |                                              |
|-----|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|     |                               | GWP [kg CO2eq] / 50år faser A1-3, B4, C3/4 per m2 facade | miljøpåvikning i forhold til fibercement i % | GWP [kg CO2eq] A1-3 per m2 facade | miljøpåvikning i forhold til fibercement i % | GWP [kg CO2eq] D (recyclingpotentiale) per m2 facade | GWP [kg CO2eq] fuld livscyklus A-D per m2 facade | miljøpåvikning i forhold til fibercement i % |
| 0   | eksisterende - eternit og træ |                                                          |                                              |                                   |                                              | 0                                                    |                                                  |                                              |
| 0+  | eksisterende - eternit og træ |                                                          |                                              |                                   |                                              |                                                      |                                                  |                                              |
| 1   | træ                           | 15,9                                                     | -2,58%                                       | -20,3                             | -253,79%                                     | -9,5                                                 | 6,4                                              | -56,76%                                      |
| 2   | brændt træ                    | 13,2                                                     | -14,84%                                      | -14,4                             | -209,09%                                     | -7,4                                                 | 5,8                                              | -60,81%                                      |
| 5   | genbrugte mursten             | 6,1                                                      | -60,65%                                      | 5,0                               | -62,12%                                      | -0,1                                                 | 6,0                                              | -59,46%                                      |
| 8   | hempcrete + puds              | 16,0                                                     | 3,23%                                        | 6,2                               | 52,80%                                       | 0,0                                                  | 16,0                                             | 8,11%                                        |
| 10  | fiberbeton plader             | 81,5                                                     | 425,81%                                      | 80,2                              | 507,58%                                      | -41,8                                                | 39,7                                             | 168,24%                                      |
| 11  | skærmtegl                     | 78,9                                                     | 409,03%                                      | 78,4                              | 493,94%                                      | -41,6                                                | 37,3                                             | -152,03%                                     |
| 13  | <b>fibercementplade</b>       | <b>15,5</b>                                              | <b>0,00%</b>                                 | <b>13,2</b>                       | <b>0,00%</b>                                 | <b>-0,8</b>                                          | <b>14,8</b>                                      | <b>0,00%</b>                                 |
| 14  | fibercementplade + træ        | 15,6                                                     | 0,65%                                        | -3,5                              | -126,52%                                     | -8,4                                                 | 7,2                                              | 51,35%                                       |
| 15  | skiffer                       | 27,3                                                     | 76,13%                                       | 18,5                              | 40,15%                                       | -2,5                                                 | 27,3                                             | 84,46%                                       |
| 17  | cortenstål                    | 84,0                                                     | 441,94%                                      | 83,7                              | 534,09%                                      | -47,7                                                | 36,3                                             | 145,27%                                      |

Alternativ 1



Alternativ 2



Alternativ 3



have facade med mørk cementfiberplade

have facade med lys cementfiberplade

Regnerstuen Vandkunderen

Alternativ 4



Regnerstuen Vandkunderen

## 4. Resultaterne

### Performance

Ganske overraskende har det været at konventionelle renoveringsmaterialer performer ret godt. Således ligger cementfiberplader næsten lige så godt som træ på trods af cementens høje klimabelastning, hvilket alene skyldes pladernes ringe tykkelse. Ligeledes overraskede det at glasuld som isoleringsmateriale belaster klimaet mindre end et biofiber materiale som hørisolering.

### Beboernes valg

Der kvalificeredes tre facadeløsninger baseret på to materialer, der begge prismæssigt er i den lave ende, begge anvender træskelet som baggrundskonstruktion og som begge har en lav klimabelastning. Der valgtes i alt fire facadetyper til udførelse som prøve i 1:1:

1. Træbeklædning, ubehandlet sibirisk lærk, vandret på klink og sokkel af mørk cementfiberplade.
2. Træbeklædning, ubehandlet sibirisk lærk, opsat i store modulelementer som 'gigant-klink'.
3. Mørke cementfiberplader med lodret domineret lægemønster af ubehandlet sibirisk lærk, der kan anvendes som espalier
4. Lodret beklædning af grantræ med brændt (kulsort) overflade.

På driftens opfordring designes et fælles modul- og montage-system for alle løsninger, idet man så kan skabe variation i den meget ensartede bebyggelsen over tid ved at bytte rundt på facadetyperne.

### CO2-effekten

Projektets formål er at reducere facaderenoveringens klimaefekt. Konklusionen er - på baggrund af skemaet herunder - at det ikke er lykkedes at nedbringe klimaeffekten i anlægsfasen, eftersom den valgte baseline har et relativt lavt CO2-fodaftryk. Havde baseline været en facade af ny-producerede tegl eller fiberbeton ville resultatet være blevet helt anderledes.

Den egentlige effekt opnås på lang sigt igennem reversible montageprincipper og materialer, der kan genbruges i stort omfang. Her er resultaterne til gengæld næsten en halvering for alle de valgte alternativer (de grønne tal). Det skal nævnes, at usikkerhedsfaktoren i forhold til livscyklusscenerierne er dog meget stor.

### Projektets CO2 effekt i absolutte tal

|                                                            | ANLÆG              |                       | FULD LIVSCYKLUS    |                        |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| GWP kgCO <sub>2</sub> eq                                   | pr. m <sup>2</sup> | fuldskala             | pr. m <sup>2</sup> | fuldskala              |
| Samlet facadeareal i de to boligafdelinger, m <sup>2</sup> |                    | 184.947               |                    |                        |
| Baseline: traditionel løsning med fibercement skruet       | 15,5               | 2.866.681             | 14,8               | 2.737.218              |
| Valg 1: Lærketræ med sokkel af cementfiber<br>CO2 effekt   | 15,7               | 2.903.670<br>- 36.989 | 7,2                | 1.331.619<br>1.405.598 |
| Valg 2: Lærketræ på klink<br>CO2 effekt                    | 15,9               | 2.940.660<br>- 73.979 | 6,4                | 1.183.662<br>1.553.556 |
| Valg 3: Kombination af cementfiber og træ<br>CO2 effekt    | 15,6               | 2.885.176<br>- 18.495 | 7,2                | 1.331.619<br>1.405.598 |
| Valg 4: Overfladebrændt træ<br>CO2 effekt                  | 13,2               | 2.441.302<br>425.378  | 5,8                | 1.072.693<br>1.664.524 |

## Kombinationer \_ modular system 01



### Prisfaktoren

Prisen har for beboerne fungeret som en væsentlig årsag til fravalg. Således er det mest miljøvenlige isoleringsmateriale, nemlig træfiber, også flere hundrede procent dyrere end det kun lidt mere CO2-forurenende glasulds. Den miljømæssige forskel på træfiber og glasuld er derfor ikke tilstrækkelig til at gøre den bedste løsning meningsfuld, når huslejekonsekvensen tages i betragtning.

### Kombinationspotentiale

En væsentlig læring er, at der kan opnås klimamæssige fordele ved at kombinere materialer. Således kan en sokkelløsning med beklædning af cementfiberplader kombineres med en træbeklædning, så træet ikke er i kontakt med jordbakterier. Cortenstål afslørede i analysen som et materiale med høj klimabelastning, men hvis man anvender en lille mængde til at lave hjørnebeskyttere på facaderne, opvejes effekten igennem færre skader på f.eks. cementfiberbeklædningen. Samtidig optræder corten-hjørnerne som en identitetsgivende udsmykning.

### Træ

Det er således – måske ikke overraskende – materialet træ, der dominerer de valgte løsninger, både hvad angår beklædningen og den bagved liggende konstruktion. Træ er billigt, holder længere end det oftest antages, er regenererende og udgør et karbondepot. Ofte anbefales træ i den akutte klimakrise, fordi man får CO2 reduktionen straks. Når det gælder facader fås effekten dog desværre ikke her og nu, da den større tykkelse i forhold til cementfiberplader neutraliserer den mindre belastning pr. kg..

## 5. Det videre forløb

### Realiseringsstøtte

Beboerudvalget besluttede at søge realiseringsstøtte til de ovenstående prøvofacader. Derfor forberedes nu ansøgningen til Realdania til august. Hvis der gives tilsagn, vil vi lade NCC, som udfører renoveringen, prissætte vores projekt med henblik på at prøvofacaderne kan indarbejdes i det pågående arbejde. Der indhentes kontroltilbud fra et lokalt tømrerfirma.

### Prisoverslag

Til brug for ansøgningen udarbejder vi et revideret prisoverslag på baggrund af de specifikt valgte løsninger, håndtering af grænsefladen til den pågående renovering, samt de rådgivningsydelser der er forbundet med udbud og udførelse heraf.

### Evaluering

Prøvofacaderne placeres omkring én af bebyggelsens mange små pladser. Dermed bliver den valgte plads en slags uden-dørs galleri. Det er planen at have facaderne færdige i starten af december, sådan at afdelingerne kan lave et lokalt event ud af det med gløgg, æbleskiver og evalueringsskemaer, for at indhente beboernes mening om facaderne. Bagtanken er at sætte facaderenoveringen på dagsordenen.

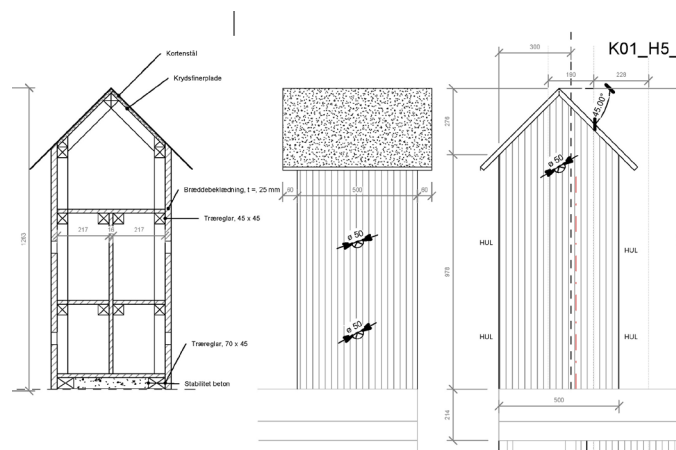
## 6. Tidsplan

Takket være beboerudvalgets evne og villighed til at gennemføre møderne on-line er det lykkedes at undgå corona-relaterede forsinkelser på nær et corona-udbrud internt i teamet. Projektet er derfor færdigt til tiden.

Det forventes at udførelsesprojektet kan bydes ud to uger efter eventuelt støttetilsagn, idet detailprojektet allerede er gennemarbejdet på udførelsesniveau, og skal blot suppleres af beskrivelse og tilbudslistes.

## 7. Bilag

- Materiale til workshops 1-4
- Udførelsesprojekt
- Excelark med vægtningsmekanik
- Analysekema





# Vandkunsten