

BÆREDYGTIG- HEDS- ANALYSE

Afd. 108 Lindeparken
Afd. 109 Digtergangen



JUNI 2021

etos ingeniører

Udarbejdet af: Malte Kjer

Støttet af Realdanias projekt "Sammen om bæredygtigt byggeri"

Indhold

Konklusion	3
Formål	4
Metode	5
Baggrund	6
Projektbeskrivelse	6
Studier	7
Analyse	11
Materialers miljøpåvirkning	11
Forundersøgelse af facademurværk	12
A. Facade	13
B. Altaner	23
C. DGNB	33
Videre arbejde	35
Bilag	36
Bilag 1 – Materialers miljøbelastning	36
Bilag 2 – Bruttoliste for facaderenovering	40
Bilag 3 – Bruttoliste for altanrenovering	41
Bilag 4 – LCA-forudsætninger for facadeberegninger	42
Bilag 5 – LCA-forudsætninger for altanløsninger	44
Bilag 6 – Stabilitetsprincip for facade	47

Konklusion

Bæredygtighedsanalysen søger at fastlægge metode for renovering af AL2Boligs afdelinger i 8230 Åbyhøj: afd. 108 Lindeparken og 109 Digtergangen, så renoveringen bliver så bæredygtig som muligt.

Analysen består af tre dele:

- A. Facaderenovering
- B. Altanrenovering
- C. DGNB-certificering

Delkonklusion A:

Der er opsat en bruttoliste over mulige løsningsforslag for facaderenoveringen. Ud fra denne bruttoliste er 3 løsningsforslag udvalgt til nærmere analyse for sammenligning af bæredygtighed mht. miljømæssige, økonomiske og sociale aspekter. Analyserne og resultaterne er præsenteret i rapporten, og konklusionen er, at løsningsforslag 1, hvor hele facaden nedrives, murstenene renses og opsættes igen, med passende mængde isolering bagved overordnet set er den bedste løsning. Denne løsning sikrer en velisoleret klimaskærm, med lavest mulige miljøbelastning. Økonomien i dette forslag er sandsynligvis dyrere end at bygge en ny klimaskærm udenpå den eksisterende, men afstedkommer ikke udfordringer med at grave fundament i jorden, forlængelse af tag samt forringelse af dagslys i lejlighederne, som alternativet er.

Delkonklusion B:

På samme måde som for facaderenoveringen er der opsat en bruttoliste med løsningsforslag, hvoraf der er udvalgt 4 forslag til nærmere bæredygtighedsanalyse. Ud fra disse analyser anbefales det at gå videre i projektering og udførelse med løsningsforslag 2, hvor eksisterende altaner skæres af, og de nye betonaltaner bygges op af traditionel beton med fuldmuret brystning. Alternativt skal man undersøge, hvorvidt det er muligt at renovere altanerne uden at fjerne dem helt, da dette i et bæredygtigt lys er den bedste løsning, men forbundet med en del usikkerhed på nuværende stadie.

Delkonklusion C:

Renoveringen bliver ikke DGNB-certificeret, men projektet undergår bæredygtighedsledelse, hvorigennem bæredygtighedselementer udvælges i samarbejde med bygherre og realiseres i projekteringen og den efterfølgende udførelse. Denne tilgang giver bygherre større kontrol med at udvælge specifikke elementer, som der skal være fokus på, hvor en DGNB-certificering har en bredere tilgang til bæredygtighed.

Formål

Formålet med bæredygtighedsanalysen er følgende:

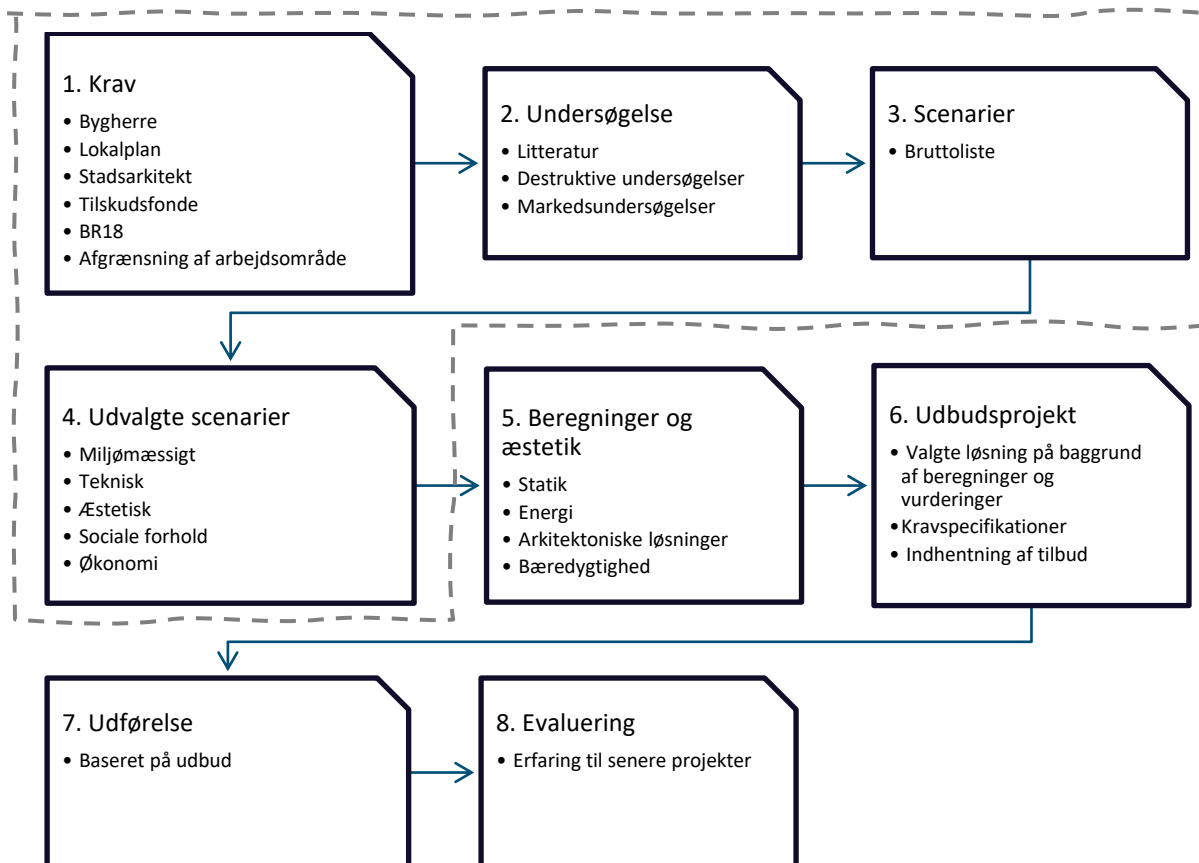
”Bæredygtighedsanalysen skal fokusere særligt på æstetikken, funktionaliteten og bæredygtigheden. Den skal undersøge muligheden for at genanvende den gamle facadesten samt muligheden for at opsætte nye altaner med en optimeret løsning af teglsten for at bevare bygningens arkitektoniske udtryk. Resultatet af bæredygtighedsanalysen er en metode, der er skalerbar til efterfølgende renoveringssager, og som andre boligorganisationer kan have glæde af.”

Bæredygtighedsanalysen er rekvireret af projektleder Kristina Rytter, AL2bolig, og støttet af Realdania i projektet ”COVID-19-indsats – Sammen om bæredygtigt byggeri”.



Metode

Bæredygtighedsanalyse tager udgangspunkt i en konkret problemstilling, hvor der undersøges løsningsmuligheder for renovering af murede facade og altaner baseret på både tekniske og æstetiske analyser. Ud fra dette løsningsrum laves en komparativ analyse på målbare parametre som f.eks. miljøbelastning (CO₂-udledning), indeklima (dagslys og termisk) samt genanvendelsesmuligheder ved udtjent facade. Som værktøj benyttes LCAByg til miljøbelastningerne, BIM-værktøjer til dagslys og eventuelt indeklimasimuleringsværktøjer til vurdering af termisk indeklima. Fokus vil være på både at verificere input, så grundlaget for sammenligninger er så korrekte som mulige, samt at udarbejde og beskrive en praktisk metode som kan benyttes, ikke blot på dette projekt, men også på andre projekter med lignende problemstillinger.



Figur 1 - Proces for renoveringsprojekt med afsæt i bæredygtighedsanalyse (stiplede ind)

Processen for bæredygtighedsanalysen, den stiplede del, tager udgangspunkt i principper beskrevet i DS/EN 15643¹ og lægger meget vægt på at data er i overensstemmelse med EN 15804.

¹ Under udarbejdelse af nærværende rapport er EN 15643 til afstemning under navnet DSF/FprEN 15643 og ikke endeligt godkendt. Normen erstatter EN 15643-1, EN 15632-2, EN 15643-3, EN 15643-4 og EN 15643-5

Baggrund

Projektbeskrivelse

Afd. 108, Lindeparken og 109, Digtergangen er 3-etagers boligblokke med gule facadesten og skråvendte murede altaner, som vender mod syd. Boligblokkene der er placeret tæt på Aarhus er populære, og en gennemgang med Aarhus stadsarkitekt har været med til at konkludere at udtrykket er bevaringsværdigt og meget karakteristisk for 1960'erne.

Boligblokkene har dog følgende udfordringer:

- Forældet tag med porøse og slidte tagplader
- Revner i murværk og bygningsdele som giver kulde og fugt
- Revner i altanmurværk og mursten som falder ned
- Slidte og forældede vinduer som ikke isolerer optimalt
- Begyndende rust samt tilstopning i brugsvandsinstallationer
- Forældede entrédøre med trækgener
- Manglende ventilation hvilket fører til indeklimaproblemer

For bl.a. at løse disse byggetekniske udfordringer med respekt for den arkitektoniske kulturarv er det planen at følgende gennemføres på mest bæredygtige vis:

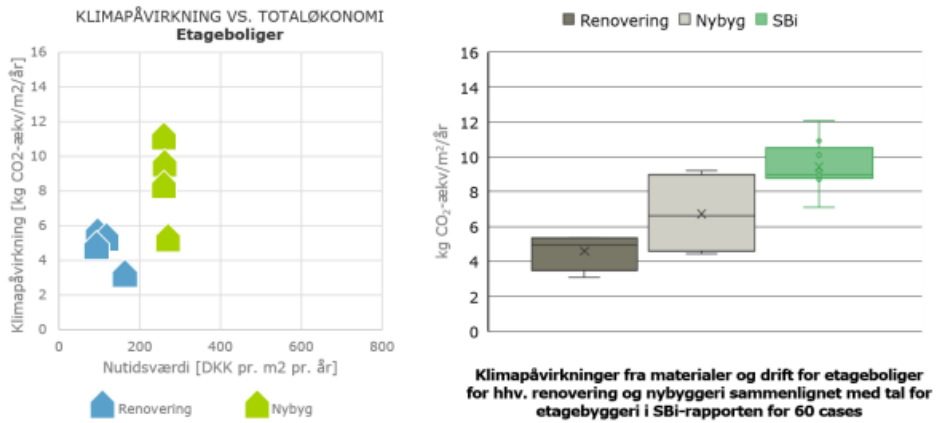
- Gennemgående facaderenovering, inkl. nye vinduer og entrédøre
- Nye altaner med samme udtryk
- Tilgængelighedsboliger
- Bedre udearealer
- Gennemgående renovering af installationer
 - Nyt varmeanlæg
 - Ny brugsvandsinstallation
 - Mekanisk ventilation



Figur 2 - Bebyggelsen med de karakteristiske murede altaner

Studier

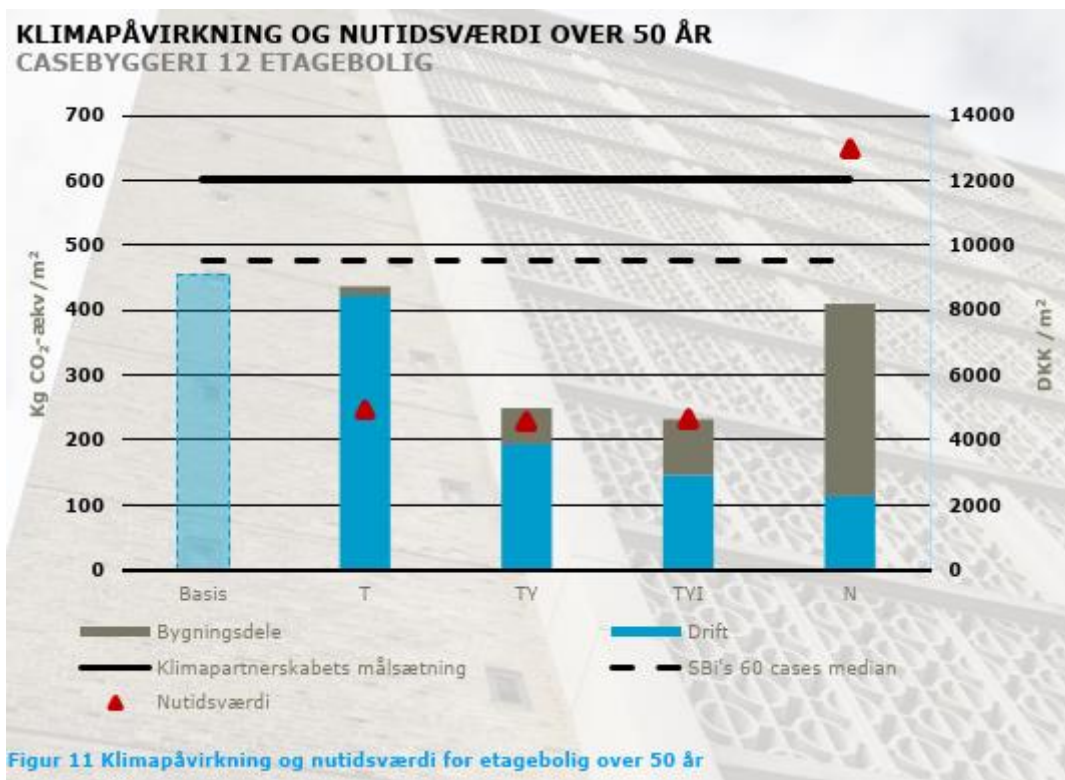
Realdanias udgivelse fra 2020 "Analyse af CO₂-udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg" viser, at det både klimamæssigt og totaløkonomisk bedst kan betale sig at renovere etageboliger.



Figur 10 Renovering vs. nybyg af etageboliger

Figur 3 - Udklip fra undersøgelse af Realdania

Følgende graf viser et forsøg på at undersøge klimapåvirkning og totaløkonomi ved forskellige grader af renovering kontra nybyg. Resultatet er, at det bedste resultat er ved både at renovere tag, ydervæg og installationer (TYI).



Figur 11 Klimapåvirkning og nutidsværdi for etagebolig over 50 år

Figur 4 - Klimapåvirkning og nutidsværdi for etagebolig over 50 år

I 2013 fik Miljøstyrelsen udarbejdet en rapport der skulle undersøge LCA af genbrug af mursten, se "Møller, J., Damgaard, A., & Astrup, T. F. (2013). LCA af genbrug af mursten. Miljøstyrelsen. Miljøprojekter Nr. 1512"). Denne undersøgelse viste entydigt at genbrug af mursten var miljømæssigt en god idé. En del resultaterne af denne undersøgelse viste at genbrug af mursten til nybyggeri med substitution af facadesten i en potentiel miljøbesparelse på 103,6 kg CO₂-eq/ton murstensaffald.

Af tidligere lignende projekter, blev der i 2015 i Tingbjerg lavet et demonstrationsprojekt med navnet "Energirenovering af det murede boligbyggeri med genbrug af de oprindelige mursten".



Figur 5 - Renoveringsprojekt fra Tingbjerg i 2015

Ideen bag projektet var at finde en metode til at energirenovere facaderne på ældre murede byggerier, der står i blankt murværk, samtidig med at man bevarer det arkitektoniske udtryk med den værdi det har for kulturarven. Projektet blev udført af fsb, Danakon og Erik Møller Arkitekter. Omfanget var én enkelt gavl i en boligafdeling, hvilket ikke er så omfangsrigt. Den valgte metode blev, at tage den yderste ½-sten ned, afrense murstenene eksternt hos Gamle Mursten i Hedehusene, støbe ny sokkel, isolere med mineraluld-batts og til sidst opmure ny skalmur af både genbrugssten og nye standardsten med indborede bindere.

Konklusionen var:

- Der æstetisk blev opnået et meget fint resultat, og løsningen er et godt alternativ til en traditionel ny skalmur.
- Nedrivningen af den yderste ½-sten blev udført for ca. 300 kr/m² ekskl. moms, og er i praksis ukompliceret at udføre. Tidsforbrug i projektet er ikke kommenteret.
- Løsningen i demonstrationsprojektet var prisneutralt ift. en traditionel skalmur med nye sten, dvs. nedrivning og genopbygning med genbrugssten ift. at sætte en ny skalmur med nye sten
- Renoveringsmetoden eliminerer alle kuldebroer
- Genbruget af mursten er bæredygtigt og giver en stor CO₂- besparelse
- Beboerne vil opleve et forbedret indeklima og få en besparelse på varmeregningen
- At bruge genbrugssten i stedet for nye sten blev 44% dyrere. Der er dog mange faktorer der spillede negativt ind. Så i et andet projekt skal man overveje at rense stenene lokalt, i stedet for at

transportere dem, sikre at der bliver genbrugt mange sten ved at specificere hvornår stenen er genbrugsegnede,

Et andet projekt, støttet af EUDP, blev i 2017 udført under titlen "Bæredygtig energirenovering af murede facader i etageejendomme" af et samarbejde mellem Teknologisk Institut, SBi, Danokon, E&P, NOVA5 m.fl.



Foto 22: Opmuring i gang ud for EPS-søjle i hulmuren. Bemærk der mures vådt i vådt med lim på EPS-søjlen.

Figur 6 - Renoveringsprojekt fra 2017

Projektet udviklede et renoveringskoncept, som kort fortalt gik ud på at nedrive $\frac{1}{2}$ sten (108 mm) fra facaden, efterisolere og mure en ny 78 mm facade på. Konceptet blev afprøvet på en case, hvor et beboerhus i 1 $\frac{1}{2}$ plan blev renoveret med metoden. Demonstrationsprojektet viste, at renoveringen kan gennemføres med kendte håndværksmæssige løsninger, er bygbart, og ikke frembyder større vanskeligheder end sædvanlige ombygninger og renoveringer. Opmuringen af den nye facademur skete med gængs murerteknik, herunder fugtspærre, bindere og opmuring, hvor kun udførelsen af EPS-søjler var en relativt ny teknik. Af konceptet fremgår også en stillingtagen til bæredygtige aspekter i form af en bæredygtighedsvurdering for 4 udvalgte scenarier fordelt på livscyklusanalyse iht. EN15804, sociale aspekter jf. DS/EN 15643-3 samt øvrige bæredygtighedsparametre.

Opsummering på studier

De teoretiske beregninger viser, at det er en fordel at energirenovere gamle murstensfacade, da det giver bedre indeklima og mindre energiforbrug.

De praktiske eksempler på genbrug af facademursten er kun udført i lille skala, og dermed ikke renovering af hele etagebyggerier. Resultaterne har været positive, med en konklusion af, at det eksisterende byggeri skal undersøges nøje inden igangsættelse, for at finde den rigtige løsningsmodel, men at det grundlæggende ikke giver anledning til flere udfordringer end en almindelig renoveringsopgave.

Udfordringen med valg af metode bygger meget på kompleksiteten, og det må derfor også forventes, at ved at renovere en hel etageejendom med altaner osv. vil der opstå mange komplekse sammenhænge og derfor er et grundigt forarbejde ifbm. valg af metode særlig vigtig.

Ift. bæredygtighedsaspektet, er det CO₂-mæssige aspekt kort behandlet i EUDP-projektet fra 2017, men ikke særlig omfattende. Dette aspekt mangler behandling.

Valg af facadesten er også væsentligt, da dette er en stor del af udtrykket af en bygning. Derfor er det væsentligt at tage stilling til om facadesten genbruges i så stort omfang som muligt, blandes med nye sten, opdeles i sektioner, eller om facadestenen helt erstattes med nye sten, som giver et helt nyt udtryk.

Analyse

Materialers miljøpåvirkning

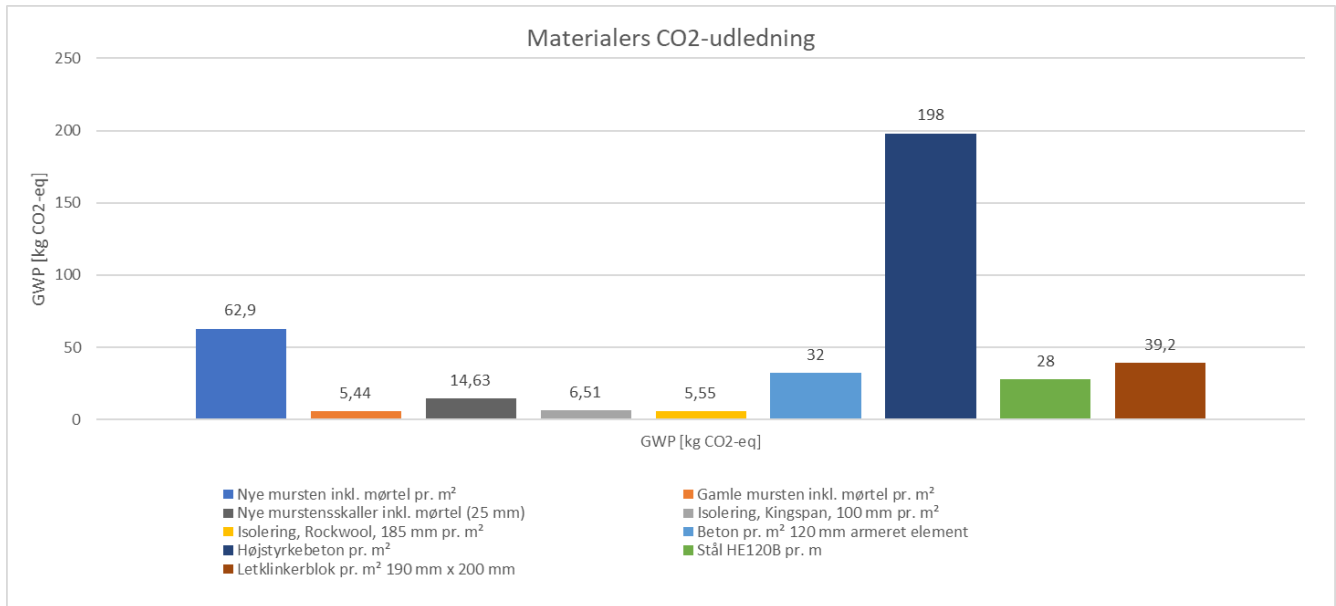
Miljøpåvirkningen fra relevante materialer undersøges, ved at gennemgå EPD'er iht. EN15804. Ud fra disse EPD'er undersøges materialerne i beregningsprogrammet LCAByg.

CO₂ er valgt som primær miljøparameter for analysearbejdet. Der kunne medtages andre parametre som forsurening, ozon-udledning, brug af primærenergi, brug af jomfruelige materialer mv., men for overskuelighedens skyld er CO₂ valgt som parameter. Erfaringen viser også at der *ofte* er kohærens mellem de forskellige miljøparametre. Derudover har Aarhus Kommune, hvor renoveringsprojekterne er placeret i, en politik om at nedsætte CO₂-niveauet, og dermed stemmer dette godt overens med valget af CO₂ som primære miljøparametre til sammenligning af løsningerne.

Resultatet af denne undersøgelse resulterer i følgende CO₂-regnskab:

Emne	Kilde	CO ₂ -belastning	
Nye mursten inkl. mørtel	Ökobau (stemmer med f.eks. Petersen tegl EPD)	62,9	kg CO ₂ /m ²
Gamle mursten inkl. mørtel	EPD MD-16007-DA af Gamle Sten	5,44	kg CO ₂ /m ²
Nye murstensskaller inkl. mørtel (25 mm)	Ökobau	14,63	kg CO ₂ /m ²
Isolering, Højeffektiv isolering, 120 mm	EPD-KSI-20190072-IBC1-EN	7,812	kg CO ₂ /m ²
Isolering, Mineraluld, 240 mm	EPD-RWI-20190050-CBD1-EN	7,2	kg CO ₂ /m ²
Beton pr. m ² 120 mm armeret element	Ökobau	32	kg CO ₂ /m ²
Letklinkerblokke 190 mm x 200 mm	MD-20023-DA	196	kg CO ₂ /m ³
Højstyrkebeton, ca. 70 mm tykke elementer, se Bilag 5 – LCA-forudsætninger for altanløsninger for nærmere beskrivelse	HiCon EPD	198	kg CO ₂ /m ²
Stål HE120B pr. m.	EPD-MD-20042-EN	28	kg CO ₂ /m

Tabel 1 - CO₂-regnskab for materialer



Figur 7 - Materialers CO₂-udledning. OBS på at stål er angivet pr. m., øvrige pr. m²

For mere dybdegående gennemgang af de forskellige materialers miljøpåvirkning henvises til "Bilag 1 – Materialers miljøbelastning".

Delkonklusion på materiales miljøpåvirkning

Konklusionen på analysen af materialernes miljøpåvirkning er, at den mest miljørigtige løsning, at bruge genbrugssten, uanset om der medregnes ekstra miljøbelastning til transport eller ej, da produktionen af murstenen er så relativt stor en miljøbelastning. Derudover har højstyrkebeton en væsentlig højere miljøbelastning end traditionel beton, så mængden af højstyrkebeton skal være en faktor 6 lavere end traditionel beton før det kan svare sig miljømæssigt. Er der stål i konstruktionen vil det fylde meget i den samlede miljøbelastning, så mængden af stål vil være meget relevant at fokusere på at nedbringe.

Forundersøgelse af facademurværk

I forbindelse med nærværende projekt er der blevet udarbejdet en rapport af Teknologisk Institut "Forundersøgelse af facademurværk, Lindeparken og Digtergangen, 8230 Åbyhøj", dateret den 27. april 2021. Denne rapport fastlagde omfanget af fordelingen af massivt murværk og murværk med hulrum, antal bindere, mørteltype, kvaliteten af facadestenen samt andre bebyggelsespecifikke karakterer. Derudover blev der givet anbefalinger mht. genbrug af facadestenen. Denne anbefaling var overordnet positiv, så længe nedrivningen udføres nænsomt, og fremgangsmetoden i rapporten følges.

A. Facade

Introduktion

Den eksisterende mur består af massiv mursten uden isolering med faste murbindere. Dog er der i gavlene hulmur med faste stenbindere med isolering imellem.

Murstenen er muret op med kalkmørtel som udgangspunkt, men der er steder, hvor der er efterfuget med cementmørtel.



Figur 8 - Billede af undersøgelse af murværk ved Digtergangen. Lindeparken er meget tilsvarende.

Løsningsforslag

Ud fra bruttolisten over løsningsforslag, se Bilag 2 – Bruttoliste for facaderenovering, er der udvalgt 3 løsninger der analyseres nærmere.

Nr.	Beskrivelse	Valg
A1	Efterisolering med mineraluld + ny skalmur med nye mursten	Fravalgt
A2	Efterisolering med mineraluld + ny skalmur med genbrugte mursten	Fravalgt
B1	Efterisolering med mineraluldisolering + ny skalmur med nye mursten	Valgt som sammenligningsgrundlag
B2	Efterisolering med højeffektiv isolering + ny skalmur med genbrugte mursten	Fravalgt
C1	Nedrive formur (helsten) kælder til 2. sal, isolere med mineraluld og ny formur med genbrugte mursten	Fravalgt
D1	Nedrive formur (helsten) kælder til 2. sal, isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten	Valgt til videre undersøgelse (Løsningsforslag 1)
E1	Nedrive formur (1/2-sten) kælder til 2. sal, isolere med både højeffektiv isolering og mineraluld og ny formur med genbrugte mursten	Valgt til videre undersøgelse (Løsningsforslag 2)
F1	Hybridløsning. Indvendig isolering i kælder- og stueplan, På 1. og 2. sal nedrives formur (helsten), isoleres med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten	Valgt til videre undersøgelse (Løsningsforslag 3)

Løsningerne er udvalgt ud fra at de er mulige at udføre i forskellige grader, at de i større eller mindre grad indebærer genbrug af facadesten samt at de i øvrigt opfylder de kriterier der er sat i projektet.

Løsningsforslagene er beskrevet nærmere i detaljere senere i rapporten. Følgende afsnit opsummerer analyserne fordelt på de tre hovedområder inden for bæredygtighed: Miljømæssig-, økonomisk- og social bæredygtighed. Det er vigtigt at se det hele i en sammenhæng, da CO₂-regnskabet f.eks. blot koncentrerer sig om det miljømæssige aspekt, og ikke omhandler de økonomiske og sociale aspekter. For at kunne tage et kvalificeret valg skal alle parametre derfor vægtes ift. ønsker og værdier for det pågældende projekt.

CO₂-regnskab for løsningsforslag

Nedenstående tabel og illustration er en opsummering af CO₂-regnskabet for de valgte løsninger.

Forudsætninger for livscyklusvurderingerne der ligger til grund for resultaterne fremgår af Bilag 4 – LCA-forudsætninger for facadeberegninger.

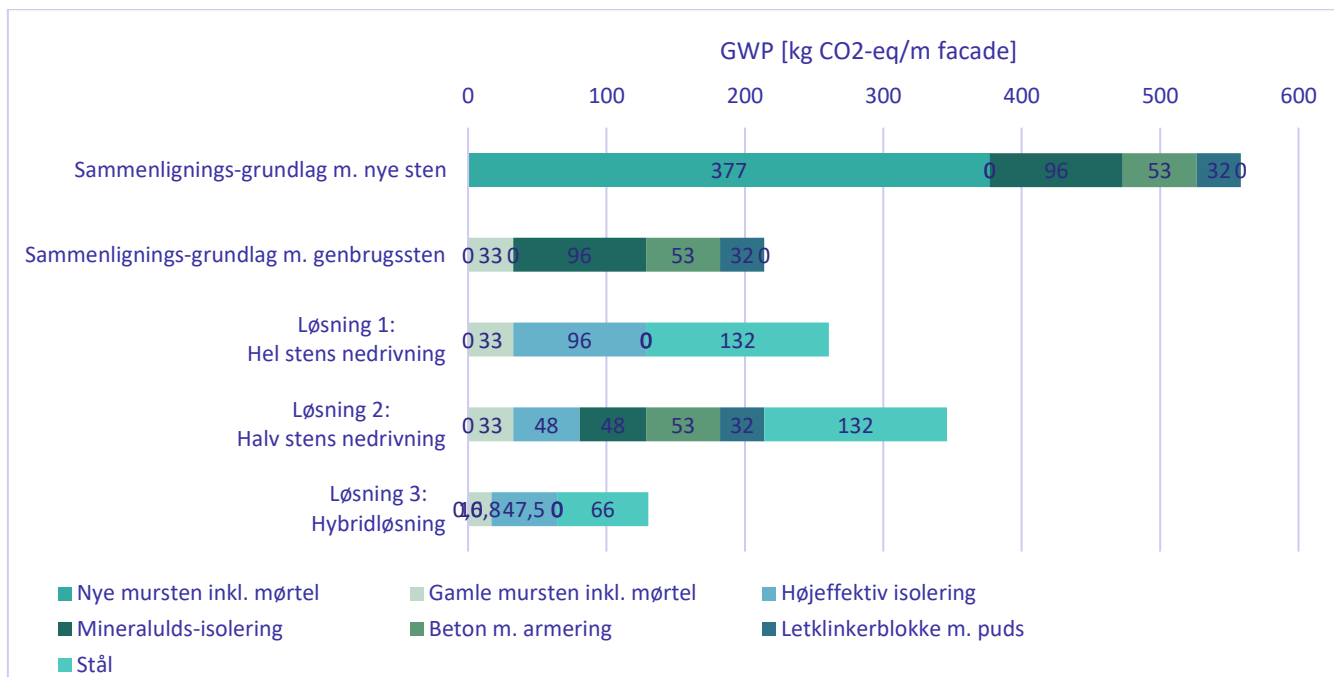
Miljø					
<i>GWP [kg CO₂-eq]/m facade</i>	Sammenligningsgrundlag m. nye sten	Sammenligningsgrundlag m. genbrugssten	Løsning 1: Hel stens nedrivning	Løsning 2: Halv stens nedrivning	Løsning 3: Hybridløsning
Nye mursten inkl. mørtel	377	0	0	0	0,0
Gamle mursten inkl. mørtel	0	33	33	33	16,8
Højeffektiv isolering	0	0	96	48	47,5
Mineralulds-isolering	96	96	0	48	0
Beton m. armering	53	53	0	53	0
Letklinkerblokke m. puds	32	32	0	32	0
Stål	0	0	132	132	66
SUM	558	214	261	346	130,3
<i>CO₂-besparelse ift. sammenligning</i>	-	62%	53%	38%	77%

Tabel 2 - CO₂-regnskab for løsningsforslag – opgjort pr. løbende meter facade.

Der er ca. 764 m facade, hvilket betyder at sammenligningsgrundlaget m. nye sten har en samlet CO₂-udledning på 426 t CO₂, og løsningsforslag 1 vil kunne reducere dette med 226 t CO₂.

CO₂-forbruget kan sammenlignes med opførelsen af et almindeligt parcelhus, hvor der kan regnes med ca. 5 kg CO₂/m²/år². Regnes der med en tidshorisont på 50 år (standard i DGNB) og 150 m² hus, svarer dette til 37,5 t CO₂ for opførelsen af et nyt parcelhus. Dvs. at der for sammenligningsgrundlaget m. nye sten går 11 parcelhuse, og der kan således spares ca. 6 parcelhuse ved løsningsforslag 1.

² <https://realdania.dk/projekter/mini-co2-husene-de-vedligeholdelsesfri-huse-traditionen>



Figur 9 - CO2-regnskab for løsningsforslag – opgjort pr. løbende meter facade.

Som det fremgår af ovenstående tabel og graf, så udleder sammenligningsgrundlaget mest CO₂, hvor de nye mursten udgør størstedelen af miljøbelastningen. Et alternativ er derfor sat ind, hvor nye mursten er udskiftet med genbrugstegl, så vidt det er muligt at skaffe disse i den rigtige farve mv. ift. at opfylde æstetiske krav. Ved at vælge genbrugstegl vil dette potentielt nedbringe sammenligningsgrundlaget til kun 214 kg CO₂-eq/m facade i stedet for 558 kg CO₂-eq/m facade.

Den bedste miljømæssige løsning af de tre løsninger er løsning 3, men denne er forbundet med en del usikkerheder omkring udførelsen. Derfor anbefales det ift. miljø, enten at sætte en ny facade udenpå den eksisterende, hvor der benyttes genbrugstegl eller løsning 1, hvor hele facaden nedrives og genopbygges.

Økonomi for løsningsforslag

Der er vurderet økonomi på de tre løsningsforslag samt sammenligningsgrundlaget. Da bæredygtighedsanalysen udføres på et meget tidligt tidspunkt i processen, er der ikke sat en endelig sum på løsningerne, da dette vil være forbundet med meget stor usikkerhed. Ligeledes forholder økonomien sig ikke til projektspecifik økonomibudget i helhedsplanen, men til sammenligning af løsningerne imellem. Overvejelser omkring økonomi for de 3 løsningsforslag samt sammenligningsgrundlaget er opsummeret i følgende tabel.

Økonomien er angivet ved en indbyrdes vurdering ved stjerner, hvor flere stjerner betyder billigere løsning.

Økonomi					
	Sammenligningsgrundlag m. nye sten	Sammenligningsgrundlag m. genbrugssten	Løsning 1: Hel stens nedrivning	Løsning 2: Halv stens nedrivning	Løsning 3: Hybridløsning
Pris	★★★★	★★	★★★	★★★	★★★★
Nedrivning	Ingen nedrivning	Samme som ved nye sten	Kompliceret nedrivning	Halv-kompliceret nedrivning	Ingen nedrivning
Mursten	Nye mursten er billigst	Alle genbrugssten skal købes dyrere end nye sten. Alternativt vælges nye sten med lavt CO ₂ -aftryk, hvis de kan findes i rigtig nuance.	Mange genbrugssten giver høj genbrugsgrad og dermed lidt indkøb	Genbrugssten giver høj genbrugsgrad og dermed lidt indkøb	Lille del af facaden genbruges. Resten skal renoveres.
Fundament	Nyt fundament er risikobetonet, da gravearbejde kan medføre mange uforudsete udgifter	Samme som ved nye sten	Ikke behov for nyt fundament	Udbygning af fundament er risikobetonet, da gravearbejde kan medføre mange uforudsete udgifter	Ikke behov for nyt fundament
Stabilitet	Da eksisterende mur bevares skal der ikke gøres ekstra	Samme som ved nye sten	Dyr stål-afstivning	Dyr stål-afstivning	Nemmere afstivning end 1 og 2
Tidsforbrug	Selve opbygning af ny mur er ukompliceret, men følgevirkninger såsom fundament, tag, vinduer og tilretning vil kræve tid	Samme som ved nye sten	Nedrivningen, afrensning og evt. transport vil tage tid, men ellers få følgevirkninger	Nedrivning, afrensning og evt. transport samt fundament vil være relativt tidskrævende	Selve facaderenoveringen vil være relativt ukompliceret, men forberedelse af indvendig isolering vil være tidskrævende.
Øvrigt	Tag-udhæng skal muligvis forlænges grundet tykkelsen på ny mur				Indvendig isolering kræver at bad og køkken flyttes, og andre følgevirkninger vil betyde mange både kendte og uforudsete udgifter.

Tabel 3 - Vurdering af økonomiske perspektiver for løsningsforslagene

Af ovenstående tabel fremgår det at sammenligningsgrundlaget eller løsning 1 umiddelbart er de bedste løsninger.

Sociale indvirkninger for løsningsforslag

De sociale forhold for de forskellige løsningsforslag er sat op med baggrund i DS/EN 15643-3

"Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – vurderinger af bygninger – Del 3: Rammer for vurdering af social kvalitet", og omhandler dels æstetik, indeklima og sundhed.

I følgende graf er fordele og ulemper summeret op.

De 3 løsninger samt sammenligningsgrundlaget er vurderet ved relativ pointgivning, hvor de er vurderet i forhold til hinanden, efter følgende skala:

- +++ Meget godt/meget tilfredsstillende
- ++ Godt/tilfredsstillende
- + Middelgodt/kan accepteres
- ÷ Middeldårligt
- ÷÷ Dårligt/utilfredsstillende
- ÷÷÷ Meget ringe/helt utilfredsstillende

Social				
	Sammenligningsgrundlag	Løsning 1: Hel-stens nedrivning	Løsning 2: Halv-stens nedrivning	Løsning 3: Hybridløsning
Arkitektur				
Bevaring af æstetikken i bebyggelsen	÷÷	+++	++	++
Sundhed og komfort				
Visuel komfort (daglys)	÷	+++	++	÷
Termisk indeklima (kuldebroer)	+++	+++	+++	+
Påvirkninger på nabolaget ifbm. byggeriet				
Støj	++	÷	÷	+
Sikkerhed "Tryghed"				
Genhusning	+++	+++	+++	÷÷
I alt +	8	12	10	4
I alt ÷	3	1	1	3

Tabel 4 - Vurdering af sociale aspekter for løsningsforslagene

Af de sociale kvaliteter er løsning 1 dermed overordnet set den bedste løsning.

Gennemgang af løsningsforslag

Sammenligningsgrundlag: Efterisolering med mineraluldsisolering + ny skalmur med nye mursten

Som sammenligningsgrundlag er valgt en løsning, hvor facaden efterisoleres med mineraluldsisolering, og der opbygges en ny skalmur med nye mursten. Denne løsning er velkendt, og anvendt andre steder, som den "nemme" løsning.

Ift. de tre bæredygtighedsaspekter, miljømæssig-, økonomisk- og social bæredygtighed påvirker denne løsning følgende:

Miljø

Der nedbrydes ikke noget af den eksisterende mur, så dette bruges der ikke energi på. Af materialer er det isoleringsmaterialer samt nye mursten, og under den nye skalmur skal der etableres et nyt fundament. De nye mursten har stor miljøbelastning. Men der kan også vælges enten genbrugssten eller nye sten med lavt CO₂-aftryk.

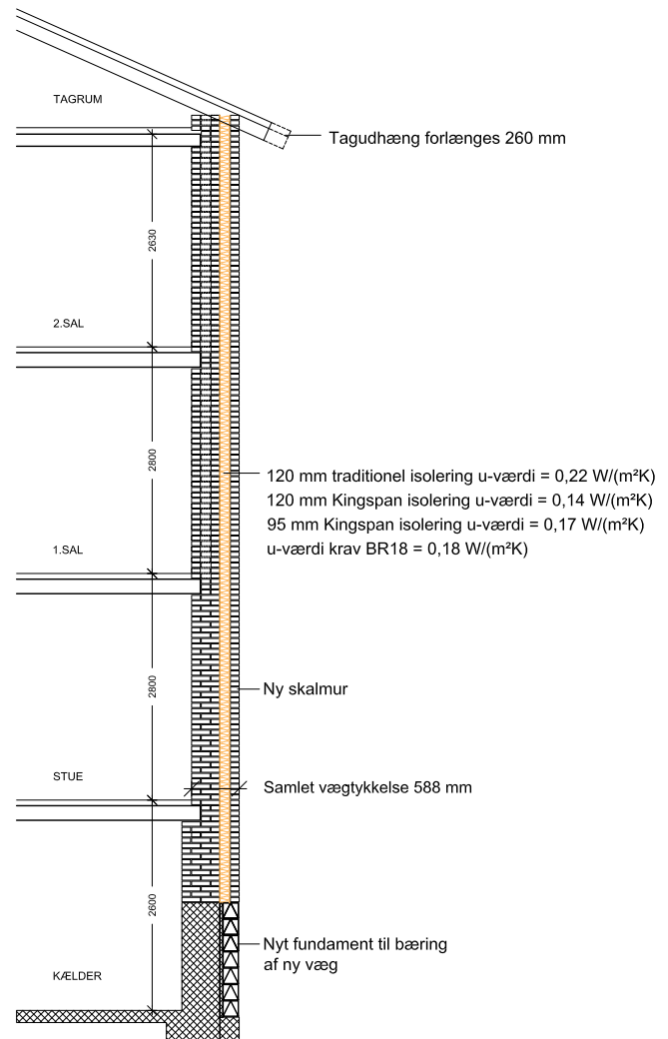
Økonomi

Nye mursten er valgt som sammenligningsgrundlag, da det er ca. 70% billigere ift. at indkøbe genbrugssten. Som nævnt ovenfor kan en mellemvej være at købe nye sten med lavt CO₂-aftryk, hvilket vil være en middelvej både mht. CO₂ og økonomi.

Denne løsning har den udfordring, at den nye skalmur kræver et nyt fundament under, hvilket medfører betydelige arbejder i jorden umiddelbart uden for den eksisterende ydervæg.

Social

Ved at tilføje 200 mm ydervæg vil vinduerne skulle tilpasses den nye ydervægstykkelse, hvilket alt andet lige vil forringe dagslystilgangen til lejlighederne.



Efterisolering med ny skalmur
(sammenligningsgrundlag)

Løsningsforslag 1: Nedrive formur (helsten) kælder til 2. sal, isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten

Ved at nedrive hele formuren (helsten) kan man tilpasse den nye isolering og skalmur til eksisterende ydervægstykkelse, og derved genbruge fundamentet. Derudover vil en betydelig del af murstenen kunne genbruges, hvilket genanvendelsesmæssigt vil være det mest fordelagtige valg af løsning.

Ift. de tre bæredygtighedsaspekter, miljømæssig-, økonomisk- og social bæredygtighed påvirker denne løsning følgende:

Miljø

En stor del af de mursten der nedtages kan genbruges. Forventeligt, jf. rapport fra Teknologisk Institut s. 13, vil genanvendelsesprocenten være mellem 70 og 90 %, men ift. markedsundersøgelser vil det være realistisk at regne med 50%.

Den mineraluld man finder i muren vil skulle deponeres.

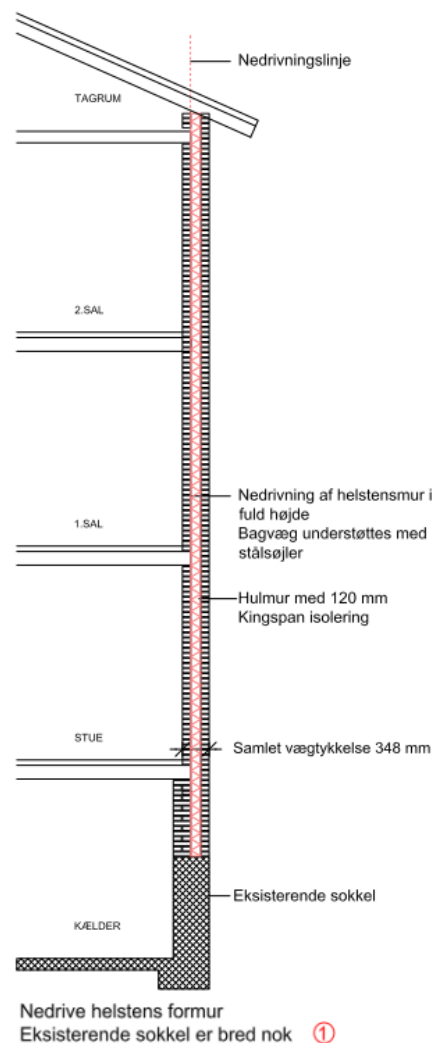
For at genoprette stabiliteten i ydervæggen er det nødvendigt med stål eller lignende, hvilket miljømæssigt er negativt.

Økonomi

Nænsom nedrivning, rensning af sten samt afstivning vil være de betydelige poster ved denne løsning. Dog spares alt gravearbejde i jorden, da man holder sig inden for det eksisterende fundament, og vinduer mv. vil være lette at tilpasse.

Social

Der vil være gener for beboerne ifbm. nedtagning af formuren. Det vil dog være begrænset, da muren er opbygget af kalkmørtel, og en nænsom nedtagning for at maksimere genbrug af murstenene vil betyde mindre brug af el-værktøjer.



Løsningsforslag 2: Nedrive formur (1/2-sten) kælder til 2. sal, isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten

Dette løsningsforslag nedriver kun en ½ sten i formuren. Derved bevarer man en del af stabiliteten i bagmuren. Det giver mulighed for at isolere, men skalmuren har ved denne løsning behov for en konsol eller sokkel under, som kan etableres i umiddelbar forlængelse af eksisterende fundament.

Ift. de tre bæredygtighedsaspekter, miljømæssig-, økonomisk- og social bæredygtighed påvirker denne løsning følgende:

Miljø

En stor del af de mursten der nedtages kan genbruges. Forventeligt, jf. rapport fra Teknologisk Institut s. 13, vil genanvendelsesprocenten være mellem 70 og 90 %, men ift. markedsundersøgelser vil det være realistisk at regne med 50%.

Den mineraluld man finder i muren vil skulle deponeres. For at genoprette stabiliteten i ydervæggen kan det være nødvendigt med stål eller lignende, hvilket miljømæssigt er negativt, men måske ikke i samme grad som ved løsning 1.

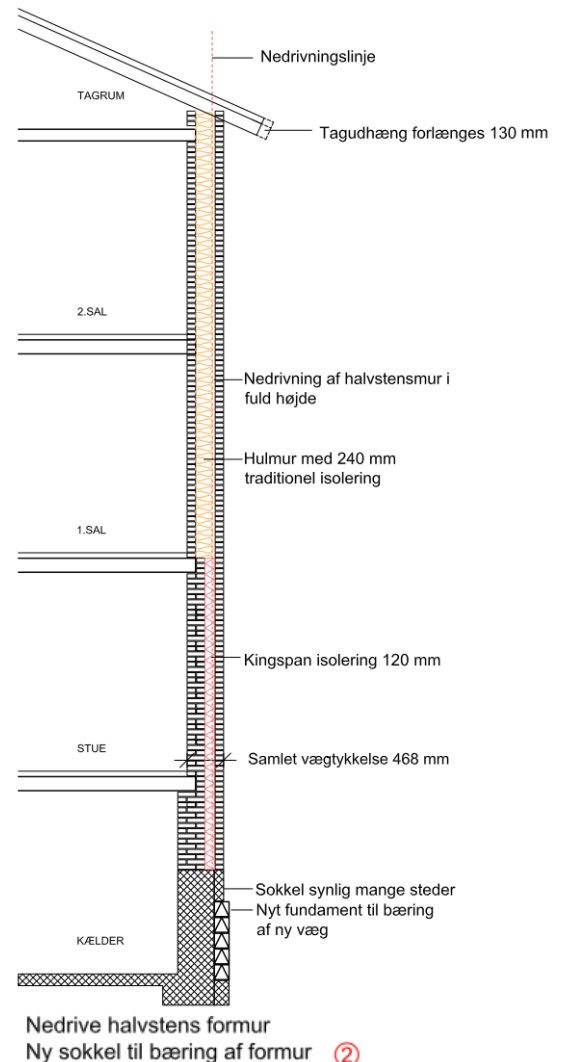
Økonomi

Nænsom nedrivning, rensning af sten, afstivning samt konsol med gravearbejde vil være de betydelige poster ved denne løsning.

Social

Der vil være gener for beboerne ifbm. nedtagning af formuren. Det vil dog være begrænset, da muren er opbygget af kalkmørtel, og en nænsom nedtagning for at maksimere genbrug af murstenene vil betyde mindre brug af el-værktøjer.

Ydervæggen bliver ca. 82 mm tykkere, hvilket vurderes at have en lille negativ indvirkning på dagslyset i lejlighederne.



Løsningsforslag 3: Hybridløsning, Kælder-stue: Indvendig isolering 1.-2. sal: Nedrive formur (helsten), isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten

Den tredje valgte løsning er en kompromis-løsning, eller en såkaldt hybrid-løsning, hvor en del af muren nedrives, dvs. fra 1.-2. sal, men muren i kælder- og stueniveau bevarer. For at imødekomme indeklima-udfordringer som følge af den massive ydervæg vil der skulle isoleres indvendigt i kælder- og stueniveau. Denne løsning vil betyde at murstens-ydervæggen kan bevares, der genbruges sten i den halvdel af facaden som nedrives, men kompromiset er at der tages areal indvendigt i lejlighederne, samt at der vil være udfordringer med at løse kuldebro-problematikken ved skillevægge samt etageadskillelser. Desuden ligger køkkener og badeværelser ud til facaden, så der vil være udfordringer med at flytte badekar samt forkorte skabe mv.

Miljø

Der nedtages i denne løsning ikke så mange mursten, men en stor del af de mursten der nedtages kan genbruges. Forventeligt, jf. rapport fra Teknologisk Institut s. 13, vil genanvendelsesprocenten være mellem 70 og 90 %, men ift. markedsundersøgelser vil det være realistisk at regne med 50%.

Den mineraluld man finder i muren vil skulle deponeres.

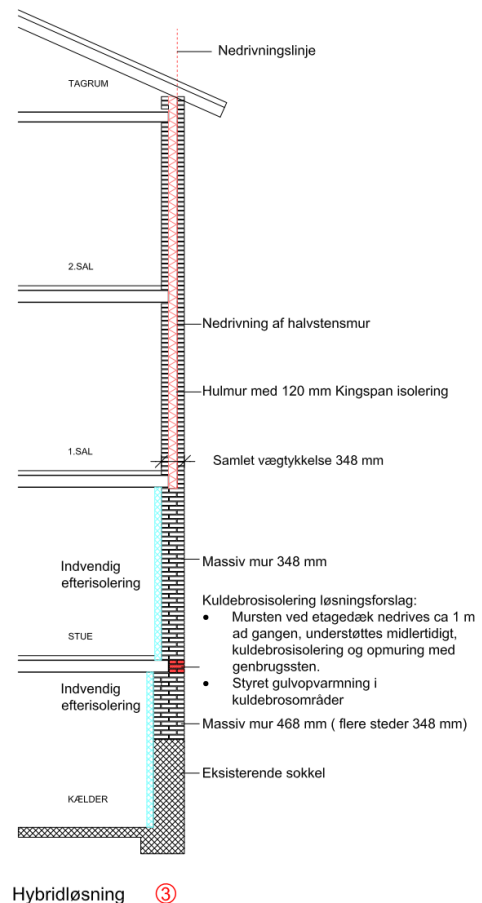
Økonomi

Det økonomiske i dette løsningsforslag er udførelsen af den indvendige isolering, som formentlig vil kræve genhusning og det tager areal indvendigt, hvilket er svært at prisfastsætte for bygherre. Facaden vil være en betydeligt mindre post end de øvrige løsninger.

Det er usikkert om der kan forventes fremtidige reparationer og renoveringer ved den indvendige isolering.

Social

Der vil være betydelige gener for beboerne ifbm. genhusning og at acceptere at de beboere der bor i stueetagen mister plads. Selve m²-antallet der skal afgives vil dog være minimalt, da facaden for hver lejlighed er forholdsvis lille og det er kun ca. 145 mm indvendig isolering + 2 x 13 mm gips = ca. 170 mm der inddrages.



B. Altaner



Introduktion

For at løse problematikker med kuldebroer og altaner i generelt dårlig stand, er det nødvendigt at skære den eksisterende altan fra etagedækket. Dette medfører at de murede dele af altanen også nedtages. Grundet stort ønske om at bibeholde æstetikken i de murede facader, undersøges det, hvorvidt det er muligt at lave en løsning, som både æstetisk og miljømæssigt er forsvarlig sammenlignet en "nemmere" betonværnsløsning.

De eksisterende dæk er støbt hele vejen med ud i altanerne. Denne kuldebro skal afbrydes.

Løsningsforslag

Ud fra bruttolisten over løsningsforslag, se "Bilag 3 – Bruttoliste for altanrenovering", er der udvalgt 3 løsninger der analyseres nærmere.

Nr.	Beskrivelse	Valg
A1	Højstyrkebeton med teglskaller som murede værn	Valgt (Løsningsforslag 1)
A2	Fiberbeton med teglskaller som murede værn	Fravalgt
B1	Højstyrkebeton med betonværn	Valgt som sammenligningsgrundlag
B2	Fiberbeton med betonværn	Fravalgt
C1	Traditionel beton med fuldmuret værn	Valgt (Løsningsforslag 2)
C2	Fiberbeton med fuldmuret værn	Fravalgt
D	Stålramme med konsol og fuldmuret væg	Valgt (Løsningsforslag 3)
E	Renovering af altaner	Valgt (Løsningsforslag 4)

Løsningerne er udvalgt ud fra at de er mulige at udføre i forskellige grader, at de i større eller mindre grad indebærer facadesten samt at de i øvrigt opfylder de kriterier der er sat i projektet.

CO₂-regnskab for løsningsforslag

Nedenstående tabel og illustration er en opsummering af CO₂-regnskabet for de valgte løsninger.

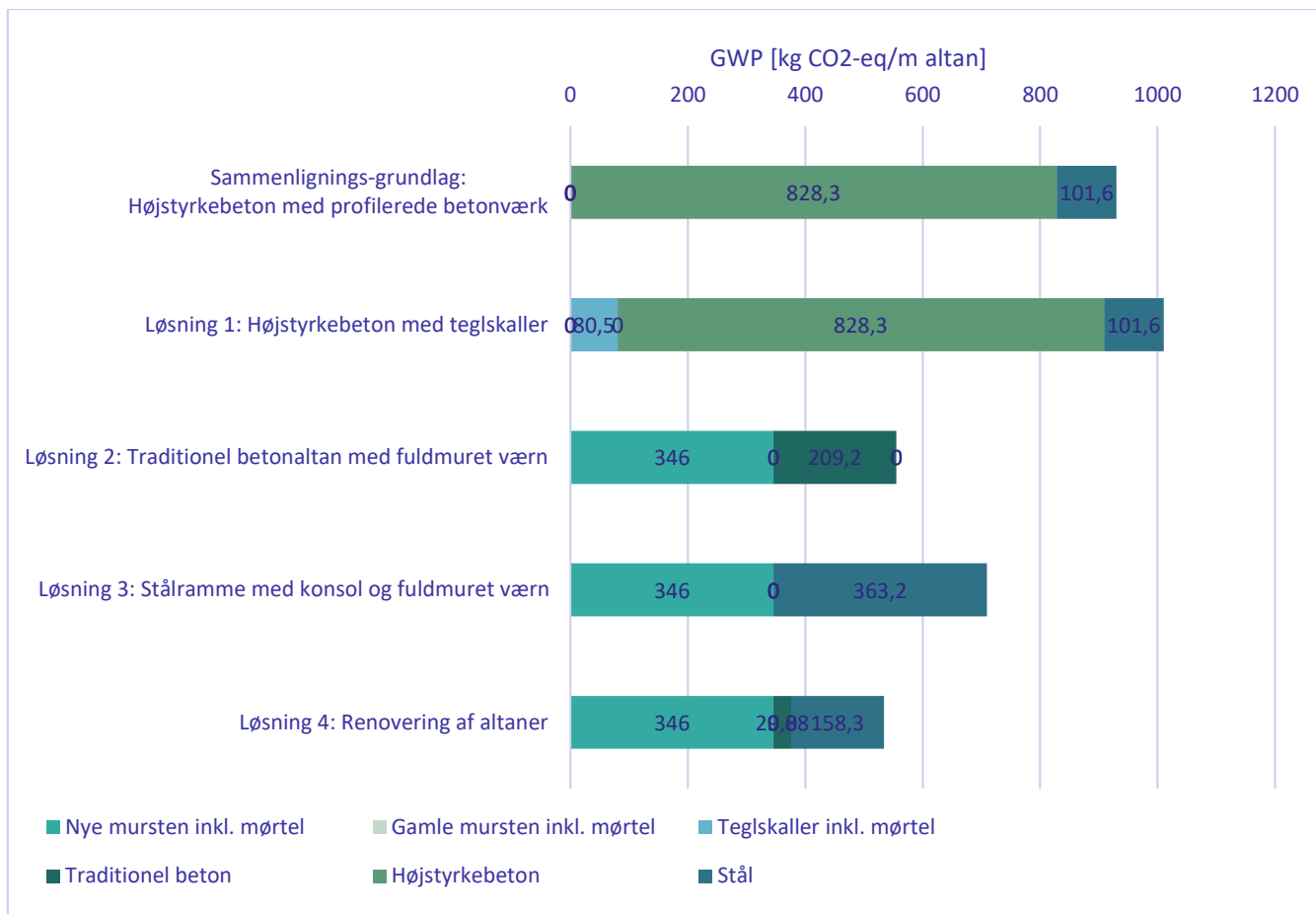
Forudsætninger for livscyklusvurderingerne der ligger til grund for resultaterne fremgår af Bilag 5 – LCA-forudsætninger for altanløsninger.

Miljø					
<i>GWP [kg CO₂-eq]/altan</i>	Sammenligningsgrundlag: Højstyrkebeton med profilerede betonværk	Løsning 1: Højstyrkebeton med teglskaller	Løsning 2: Traditionel betonaltan med fuldmuret værn	Løsning 3: Stålramme med konsol og fuldmuret værn	Løsning 4: Renovering af altaner
Nye mursten inkl. mørtel	0	0	346	346	346
Gamle mursten inkl. mørtel	0	0	0	0	0
Teglskaller inkl. mørtel	0	80,5	0	0	0
Traditionel beton	0	0	209,2	0	29,88
Højstyrkebeton	828,3	828,3	0	0	0
Stål	101,6	101,6	0	363,2	158,3
SUM	929,9	1010,4	555,2	709,2	534,18
<i>CO₂-besparelse ift. sammenligning</i>	-	-9%	40%	24%	43%

Tabel 5 - CO₂-regnskab for altaner. Obs. Løsning 1 giver højere CO₂-udledning end sammenligningsgrundlaget grundet de tilføjede teglskaller

Der er ca. 159 altaner, hvilket giver en samlet CO₂-belastning for sammenligningsgrundlaget på 150 t CO₂. Vælges løsning 2 kan der spares ca. 60 t CO₂.

Sammenlignes med CO₂-belastningen for parcelhuse, med samme forudsætninger som for facaden, svarer sammenligningsgrundlaget til opførelsen af 4 parcelhuse, og der kan således spares ca. 2 parcelhuse, hvis løsningsforslag 2 vælges.



Figur 10 - CO₂-regnskab for altaner illustreret

Som det fremgår af ovenstående tabel og graf, så udleder løsning 1 med højstyrkebeton og teglskaller mest CO₂, hvor de højstyrkebetonen udgør størstedelen af miljøbelastningen. Grunden til at sammenligningsgrundlaget er valgt uden teglskaller er, at dette vil være den billigste løsning, og derfor også umiddelbart det letteste valg.

Den bedste miljømæssige løsning er løsning 4, hvor altanerne renoveres, men denne er forbundet med en del usikkerheder omkring udførelsen. Derfor anbefales det ift. miljø, at enten at vælge løsning 4, hvor altanerne renoveres eller alternativt at vælge løsning 2 med traditionel beton med fuldmuret værn.

Økonomi for løsningsforslag

Der er vurderet økonomi på de tre løsningsforslag samt sammenligningsgrundlaget. Da bæredygtighedsanalysen udføres på et meget tidligt tidspunkt i processen, er der ikke sat en endelig sum på løsningerne, da dette vil være forbundet med meget stor usikkerhed.

Overvejelser omkring økonomi for de 4 løsningsforslag samt sammenligningsgrundlaget er opsummeret i følgende tabel.

Økonomien er angivet ved en indbyrdes vurdering ved stjerner, hvor flere stjerner betyder billigere løsning.

Økonomi					
	Sammenligningsgrundlag: Højstyrkebeton med profilerede betonværk	Løsning 1: Højstyrkebeton med teglskaller	Løsning 2: Traditionel betonaltan med fuldmuret værn	Løsning 3: Stålramme med konsol og fuldmuret værn	Løsning 4: Renovering af altaner
Pris	★★	★★	★★★	★★★	★★★★
Nedrivning	Enkel	Enkel	Enkel	Enkel	Usikkert med løsningen omkring fritskæring
Tidsforbrug	Kort arbejdstid da altanerne leveres færdigstøbte	Som for sammenligningsgrundlaget, men tilføjes opmuringstid	-	-	-
Materialer	Specialløsning - få leverandører. Højstyrkebeton er 3 gange så dyrt som traditionel beton	Som for sammenligningsgrundlaget	Standardbeton - er billigt - traditionel løsning - god mulighed for indstøbning af klinker på underside	Mange potentielle leverandører = stor konkurrence	Lavt materialeforbrug - simpelt
Mursten	Ingen mursten	Ved nedrivning af altanerne og facaden kan der muligvis laves teglskaller til påmuring, alternativt købes nye	Genbrug af mursten eller indkøb af nye	Genbrug af mursten eller indkøb af nye	Genbrug af mursten eller indkøb af nye
Stabilitet	Obs på stål under altanbund som erstatning for eksisterende	Obs på stål under altanbund som erstatning for eksisterende	Stålbjælke indstøbes	-	Usikker på løsning af stabilitet
Øvrigt					Usikkerhed omkring reparationer og løsning af kuldebro

Tabel 6 - Økonomiske aspekter af altan-løsningerne

Økonomisk vurderes renoveringen at være den billigste, men også den mest usikre løsning. Økonomisk anbefales det derfor at vælge enten løsning 2 eller løsning 3.

Sociale indvirkninger for løsningsforslag

De sociale forhold for de forskellige løsningsforslag er sat op med baggrund i DS/EN 15643-3

"Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – vurderinger af bygninger – Del 3: Rammer for vurdering af social kvalitet", og omhandler dels æstetik, indeklime og sundhed.

I følgende graf er fordele og ulemper summeret op.

De 3 løsninger samt sammenligningsgrundlaget er vurderet ved relativ pointgivning, hvor de er vurderet i forhold til hinanden, efter følgende skala:

- +++ Meget godt/meget tilfredsstillende
- ++ Godt/tilfredsstillende
- + Middelgodt/kan accepteres
- ÷ Middeldårligt
- ÷÷ Dårligt/utilfredsstillende
- ÷÷÷ Meget ringe/helt utilfredsstillende

Social					
	Sammenligningsgrundlag: Højstyrkebeton med profilerede betonværk	Løsning 1: Højstyrkebeton med teglskaller	Løsning 2: Traditionel betonaltan med fuldmuret værn	Løsning 3: Stålramme med konsol og fuldmuret værn	Løsning 4: Renovering af altaner
Arkitektur					
Bevaring af æstetikken i bebyggelsen	÷÷	++	+++	++	+++
Tegl på underside af altaner	÷	÷	+	÷	++
Sundhed og komfort					
Termisk indeklime (kuldebroer)	+++	+++	+++	+++	++
Påvirkninger på nabolaget ifbm. byggeriet					
Støj	+++	++	++	++	++
I alt +	6	7	9	7	9
I alt ÷	3	1	0	1	0

Tabel 7 - Vurdering af sociale aspekter i løsningsforslagene for altanrenoveringen

Af de sociale kvaliteter er løsning 2 og 4 dermed overordnet de bedste løsninger.

Gennemgang af løsningsforslag

Løsning 1: Højstyrkebeton med teglskaller som murede værn



Figur 11 - Illustration fra helhedsplanen

Måden, hvormed dette kan løses er, ved at opsætte færdigstøbte højstyrke-altaner støbt i grå CRC, hvorpå der påmures murstensskaller. På undersiden af altanerne kan ligeledes monteres murstensskaller, f.eks. som ophængte på plader.

Referencebilleder fra lignende projekt:



Figur 12 – Referencebilleder fra HiCon (Skolegade). Til venstre er altanerne sat op rå, til højre er murskaller påmuret

Miljø

Højstyrkebeton har en forholdsvis høj miljøbelastning ift. traditionel beton. Det afhænger derfor meget af, hvor lidt tykkelse man har brug for ift. traditionel beton, om denne løsning er holdbar.

For beregning af miljøbelastning fra højstyrkebetonløsningen henvises til Bilag 5 – LCA-forudsætninger for altanløsninger.

Økonomi

Prisen for højstyrkebeton er ca. 3 gange højere end traditionel beton. Der gælder derfor det samme som for miljøhensynet, at det afhænger af tykkelsen på dækket ved højstyrkebeton.

Derudover er højstyrkebeton et produkt, som man ikke kender langtidsvirkningerne af, da det ikke har været på markedet i så lang tid.

På undersiden af altandækket vil der skulle indlægges en bjælke på tværs som erstatning for den eksisterende bjælke der bærer ifbm. ydervæggen.

Social

Ved at vælge denne slanke løsning, forventes at der kommer mest muligt plads på altanen, og det vil derfor have en gavnlig social faktor.

Løsning 2: Traditionel beton med fuldmuret værn

Ved denne løsning bortskæres de eksisterende altaner, og erstattes med nye støbte altandæk, hvor der er indarbejdet kuldebrosafbrydelse. Ovenpå altandækket mures nye brystninger op i genbrugstegl. Denne løsning har mulighed for at indarbejde ny bjælke i undersiden som erstatning for den der i dag ligger som bærende i bunden af altanerne.

Miljø

Ny beton har en ikke uvæsentlig miljøbelastning, så for at minimere miljøbelastningen kan der vælges såkaldt "grøn beton", som har lavere miljøbelastning end traditionel beton, men som er en smule dyrere.

Økonomi

Dette er en kendt og afprøvet løsning, hvor der kan indhentes tilbud fra mange leverandører, og mange firmaer kan tilbyde at udføre opgaven fordelt på hhv. støbning og opmuring. Det må derfor forventes at denne løsning totaløkonomisk set er forholdsvis godt stillet. Desuden er drift og vedligehold også kendt for denne løsning.

Der er mulighed for at variere prismæssigt imellem miljøklasser inden for beton samt nye eller genbrugstegl.

Social

Ingen indflydelse.

Løsning 3: Stålramme med konsol og fuldmuret væg

Betonaltanerne kan bortskæres og erstattes med en stålramme med konsol og fuldmuret væg.

Miljø

Stål udleder meget CO₂, og miljømæssigt vil denne løsning derfor være problematisk.

Økonomi

Ligesom forrige løsning er dette en kendt og afprøvet løsning, hvor der kan indhentes tilbud fra mange leverandører, og mange firmaer kan tilbyde at udføre opgaven fordelt på hhv. stålobygning og opmuring. Det må derfor forventes at denne løsning totaløkonomisk set er forholdsvis godt stillet. Desuden er drift og vedligehold også kendt for denne løsning.

Der er mulighed for at variere prismæssigt imellem nye eller genbrugstegl.

Social

Ingen indflydelse.

Løsning 4: Renovering af altaner

Hvis man vil undgå at nedtage de eksisterende altaner, er en løsning også at renovere altanerne. Her vil det være nødvendigt at fraskære altanerne, således at der kan indsættes kuldebrosafbrydelse til det eksisterende dæk. Denne løsning skal være gennemgået ift. tidligere skader, således at disse skader udbedres ifbm. renoveringen. Det skal også sikres at de skader der er på altanerne, er mulige at udbedre, således at man ikke om få år er nødsaget til at gentage renoveringen, hvis der f.eks. er stål der er korroderet yderligere eller lignende.

Miljø

Ift. miljø kan denne løsning være meget gavnlig, da man kun i lille grad skal bruge ressourcer på at producere nye produkter til altanerne. Der vil skulle repareres på skaderne, og indsættes kuldebrosafbrydelse, men ellers afhænger miljøbelastningen meget af, hvordan man sikrer stabiliteten i dækket efter kuldebrosafbrydelsen. Hvis der skal bruges meget stål til beslag eller lignende kan det være miljøbelastende.

Økonomi

Denne løsning er muligvis den billigste løsning, men der er en risiko forbundet med renoveringen, da man ikke kan garantere at der opstår eller udvikler sig nye skader efterfølgende. Der vil derfor sandsynligvis være mere drift og vedligehold forbundet med denne løsning.

Økonomien i denne løsning ligger i at bortskære etagedækket og genskabe stabiliteten, og derudover den efterfølgende drift og vedligehold som forventes at være større end hvis der etableres nye altaner med en af de andre løsningsmodeller.

Social

Hvis skaderne ikke til fulde repareres, vil det kunne have gener for beboerne at de i fremtiden skal igennem en renovering.

C.DGNB

Delformål: Det undersøges, hvorvidt det er muligt, samt om det er relevant at DGNB-certificere renoveringen af afd. 108+109.

Delanalyse:

Hvorfor DGNB-certificere?

- En god ramme for beboerne ift. at forstå bæredygtigheden
- Tjekliste, der sikrer man tager stilling i tide
- Fejl og mangler kan måske minimeres ved grundigt projekt og udførelseskontrol

Hvor kan DGNB bidrage til denne renovering?

Proces:

- Planlægning, bæredygtighedsmål, brugerinddragelse, information til offentligheden, bæredygtighedsaspekter i udbud, vejledning om vedligehold, inspektion og drift, opdateret tegningsmateriale, byggeplads/byggeproces, dokumentation af kvalitet i udførelsen, funktionsafprøvning, brugerkommunikation,

Miljø:

- LCA, minimering af miljøbelastninger, miljøfarlige materialer, FSC-mærket træ, biodiversitet på matrikel

Økonomi:

- Totaløkonomi, fleksibilitet (f.eks. af tekniske installationer), robusthed

Social:

- Termisk indeklima (simuleringer/vurderinger -> ændret brugeradfærd gennem brugerhåndbog + optimering og valg af ventilationsløsning), Afgasning fra materialer, ventilation, radon, akustik, dagslys, kvalitet af udearealer, tilgængelighed, plandisponering

Teknisk:

- Klimaskærmens kvalitet, tekniske systemers tilpasningsevne, design for vedligehold og rengøring, Nedtagning og genanvendelse (herunder renoveringsdel), EPD'er, Mobilitetsinfrastruktur (cykelparkering mv.)

Med DGNB kan der flyttes noget på processen, på udførelsesfasen, på biodiversiteten, på materialerne, på at minimere fejl og mangler. Der kan findes mange tiltag, som er med i DGNB, som man kunne få ind i projektet, fordi det giver værdi. Kunne man opnå dette uden selve certificeringen men ved at tage udgangspunkt i certificeringen og de krav der stilles? Ja, ved at indføre bæredygtighedsledelse.

Delkonklusion:

Det blev anbefalet *ikke* at DGNB-certificere projektet, da fokus i renoveringen er på meget specifikke punkter, såsom facaden, taget og altanerne. DGNB-certificeringen er mere helhedsorienteret, og ville være mere relevant i forbindelse med en mere omfattende renovering af boligblokkene.

Det blev i stedet anbefalet at lave bæredygtighedsledelse, hvor bæredygtighedslederen i samarbejde med bygherre kan udvælge de elementer, f.eks. fra DGNB-certificeringen, som der findes væsentligt for projektet.

Ved nærværende analyses aflevering er bæredygtighedsledelsen kun lige kommet i gang, men der er mange mulige emner der overvejes implementeret i renoveringsprojektet:

- Bevaring af elementer f.eks. facadepartier
- Bæredygtig byggeplads med miljøvenlig transport (f.eks. el-køretøjer der ikke støjer)
- End-of-life-scenarier for renoveringen, dvs. tænke fremad på næste renovering ved f.eks. at bruge kalkmørtel
- Bæredygtige elementer i udearealer
- Miljøpåvirkning af nærmiljøet tilknyttet transport af byggematerialer
- Alternative genbrugsscenarier for f.eks. altaner som opholdssteder i udearealer
- Krav til at materialer er sunde og certificerede, som f.eks. malingen
- Valg af tagmaterialer
- Bæredygtighedsanalyse af ventilationsprincip
- Opsamling og brug af regnvand til vanding

Videre arbejde

Nærværende bæredygtighedsanalyse er udført tidligt i processen for renoveringen af afd. 108 og 109 i 8230 Åbyhøj. Det videre arbejde som forløber ind i projekteringen, udførelsen og evalueringen er vigtige ift. at mindske miljøbelastningen. I dette afsnit er udvalgt enkelte punkter, som det anbefales at arbejde videre med, for netop at sikre så lav miljøbelastning som muligt.

Transportabelt rensningsanlæg

- I bilaget omkring materialernes miljøbelastning er angivet, at transporten til og fra byggepladsen kun udgør en lille del af miljøbelastningen for nye mursten, men en stor del af genbrugsmurstenene. Det bør derfor undersøges, om der bæredygtighedsmæssigt er en gevinst i at arbejde videre med om der skal etableres et transportabelt sorteringsanlæg på byggepladsen for nærværende projekt. I denne henseende skal der både tages hensyn til miljø, materialespild ved transport, logistik, mandskab, tid, økonomi samt sociale kvaliteter som støj og forurening af lokalmiljø.

Statik

- Såfremt en af løsningerne med at nedrive facaden, eller dele heraf, vælges, anbefales det til det videre arbejde, at der er fokus på at optimere på stålkonstruktionen, da meget af miljøbelastningen er bundet op på mængden af stål.
- Behov for midlertidig afstivning af konstruktioner ved renovering af altaner.

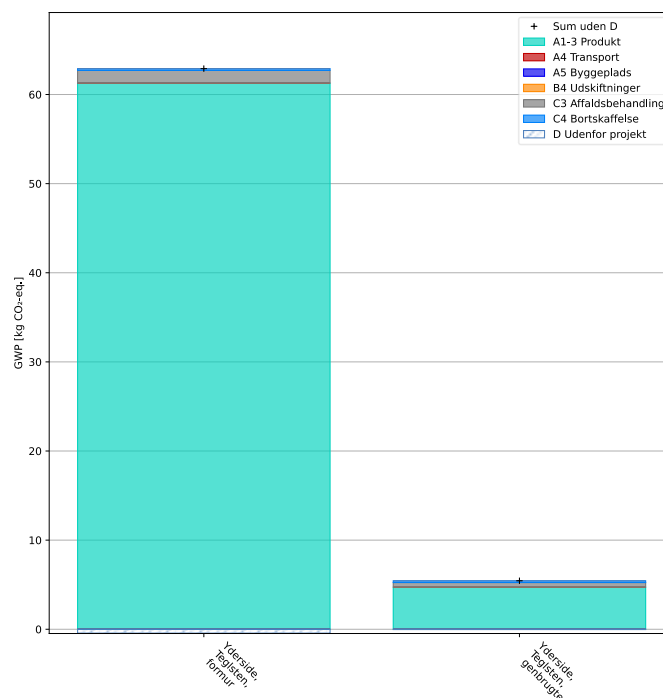
Tag

- Hvis facaderenoveringen udføres med "sammenligningsgrundlaget", hvor der påbygges en ny mur skal der tages hensyn til taget, om den nye mur kan være under udhænget.

Bilag

Bilag 1 – Materialers miljøbelastning

En simpel sammenligning af 1 m² nye mursten med 1 m² "Gamle mursten" giver det følgende billede:



Emne	Kilde	GWP [kg CO ₂ -eq]
Nye mursten inkl. mørtel	Ökobau (stemmer med f.eks. Petersen tegl EPD)	62,9 kg CO ₂ /m ²
Gamle mursten inkl. mørtel	MD-16007-DA	5,44 kg CO ₂ /m ²

Dvs. at nye mursten udleder 11,5 gange så meget CO₂ som gamle mursten.

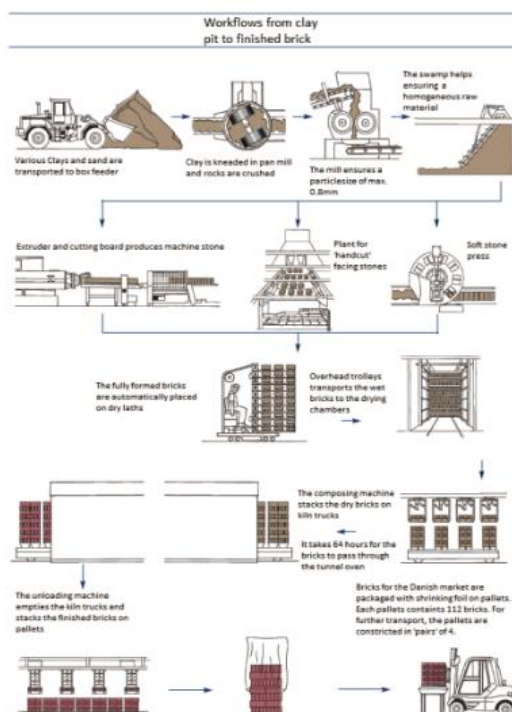
Beton udleder for 120 mm armeret element ca. 32 kg CO₂-eq/m², hvilket er et sted midt imellem udledningen for nye og gamle mursten.

Mineraluld udleder for 300 mm tykt lag inkl. fastgørelse ca. 20 kg CO₂-eq/m².

Dette giver overordnet set en god grund til at undersøge muligheden for genbrugstegl. For at kunne vurdere muligheden for optimering af CO₂-forbruget, underopdeles CO₂-udledningen i de forskellige processer, som murstenen gennemgår som hhv. ny sten og genbrugssten.

CO₂-udledning fra mursten opdelt i faser.

Nye sten, 1600-2050 kg/m ³			
Fase		Proces	kg CO ₂ -eq pr. ton ³
A1	Udvinding og processering af råmateriale		303
A2	Transport til produktionssted		
A3	Produktionsfase		
A4	Transport til byggeplads	Diesel-dreven Euro 4, 20 - 26t bruttovægt / 17,3t nyttelastkapacitet på 50 km, med 55% kapacitetsudnyttelse inkl. tomkørsel. 1600-2050 kg/m ³ bruttodensitet	4,18
A5	Opsætning	30 kg spildmateriale, 0,75 kg indpakning.	3,02
SUM			310,2 kg CO ₂ -eq pr. ton

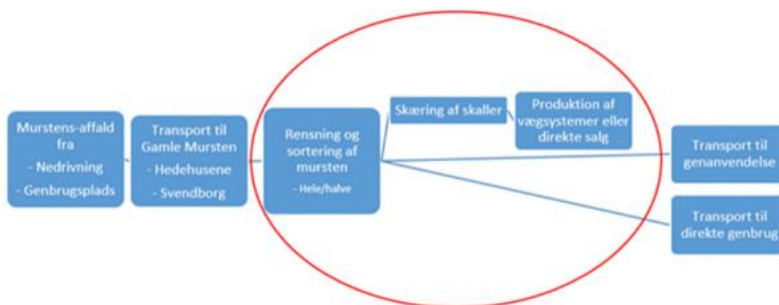


³ Jf. EPD MD-16007-DA af Gamle Sten

Genbrugssten			
Fase		Proces	CO ₂ -eq-udledning ⁴
A1- A3	Nedbrydning	Der er ikke medregnet belastning fra nedrivning og sortering	2,70
	Sortering		
	Transport til rensningsanlæg	Det er ikke angivet, hvor langt der transporteres	
	Rensning og sortering		
A4	Transport til byggeplads	Ikke angivet – sættes til samme som nye	
A5	Opsætning	Ikke angivet – sættes til samme som nye	
SUM			9,9 kg CO ₂ /ton

Flowdiagram

Flowdiagram for produktfasen af genbrugte mursten. Aktiviteter indenfor cirklen foregår hos Gamle Mursten i Hedehusene og i Svendborg.



MD-16007-DA | Gamle Mursten ApS | Side 4 af 8

Sammenligning:

Fase	Nye sten CO ₂ -eq-udledning/ton mursten	Genbrugssten CO ₂ -eq-udledning/ton mursten
A1-A3	303	2,70
A4	4,18	4,18
A5	3,02	3,02
SUM	310,2	9,9
Difference		300,3 kg CO ₂ /ton

⁴ Jf. MD-19006-EN af Petersen Tegl A/S

Der går ca. 5,14 m² på et ton mursten ved 1800 kg/m³ og 0,108 m. Dvs. divideres der med 5,14 fås tallet pr. m² svarende til en CO₂-difference på 58,4 kg CO₂-eq pr. m².

Heraf fremgår at den største klimabelastning for nye sten ligger i produktionen og for genbrugssten er det faktisk mere transporten fra produktionsstedet til byggeplads. Det sidste giver dog ikke mening, da den samme mængde energi må skulle gå til transporten fra byggepladsen til produktionsstedet. Det vurderes derfor at transportbelastningen er undervurderet i EPD'en.

Desuden er dette tal noget større end angivet i LCA-rapporten fra Miljøstyrelsen fra 2013 som resulterede i en miljøbelastning på 103,6 kg CO₂-eq pr. ton for genbrug af mursten. Det kan konstateres at der er stor forskel på EPD'en fra Petersen tegl (303 kg CO₂-eq/ton for fremstillingen (fase A1-A3)) ift. Miljøstyrelsens rapport (203 kg CO₂-eq pr. ton). Egernsund er på nuværende tidspunkt ved at udarbejde nye EPD'er, men deres bud er et sted mellem 200-300 kg CO₂-eq/ton.

Alt i alt er den mest miljørigtige løsning, at bruge genbrugssten, uanset om der medregnes ekstra miljøbelastning til transport eller ej, da produktionen af murstenen er så relativt stor en miljøbelastning.

Bilag 2 – Bruttoliste for facaderenovering

FACADE		AL2Bolig Afd. 108+109						
		Sammenligningsgrundlag			Løsningsforlag 1		Løsningsforlag 2	Løsningsforlag 3
Løsninger	A1 Efterisolering med Mineraluldsisolering + ny skalmur med nye mursten	A2 Efterisolering med Mineraluldsisolering + ny skalmur med genbrugte mursten	B1 Efterisolering med traditionel isolering + ny skalmur med nye mursten	B2 Efterisolering med Højeffektiv isolering + ny skalmur med genbrugte mursten	C1 Nedrive formur (helsten) kaldet til 2. sal, isolere med Mineraluldsisolering og ny formur med genbrugte mursten	D1 Nedrive formur (helsten) kaldet til 2. sal, isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten	E1 Nedrive formur (H2-ten) kaldet til 2. sal, isolere med mineraluld og ny formur med genbrugte mursten	F1 - Hybridløsning Kaldet-stue: Indvendig isolering 1.-2. sal: Nedrive formur (helsten), isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten
Materialer								
Isolering - almindelig	✓	✓	✓				✓	✓
Isolering - højeffektiv			✓	✓			✓	✓
Nye mursten	✓		✓					
Gamle mursten		✓		✓	✓		✓	✓
Mursten kan evt. udværes som 78 mm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Æstetik								
Tykkelse på mur	350 mm eksist. + 145 mm isolering + 108 mm sten = 250 mm ekstra	350 mm eksist. + 145 mm isolering + 108 mm sten = 250 mm ekstra	350 mm eksist. + 95 mm isolering + 108 mm sten = 200 mm ekstra	350 mm eksist. + 95 mm isolering + 108 mm sten = 200 mm ekstra	108 mm eksist. + 145 mm isolering + 108 mm sten = 361 mm	350 mm som eksisterende	228 mm eksist. + 95 mm isolering + 108 mm sten = 431 mm = 81 mm ekstra	1.-2. sal: 350 mm som eksisterende Stue: 350 mm eksist. + 145 mm indv. isolering + gips? Kælder: 480 mm eksist. + 145 mm indv. isolering
Facadeudtryk			**	**	***	****	***	**
Økonomi								
Pris (Indsættes som stjerner der indbyrdes vurderer økonomien, da et reelt tal ikke kan sættes på nuværende tidspunkt)			****	****		***	***	****
Nedrivning			Ingen nedrivning af eksisterende mur Ny sokkel/risikobetone + lag			Kompliceret nedrivning Dyr afstivning	Risikobetone at grave ud til ny sokkel Nedrivningsteknik velkendt	Mindre og billigere nedrivning Mindre opmuring Konsekvens ved indv. isolering?
Genbrugssten		25-40% dyrere?	x	25-40% dyrere?		300 kr./m² for nedrivning	25-40% dyrere(?) end nye	
Isolering					Højeffektiv isolering 100% dyrere end Mineraluldsisolering			
Tidsforbrug								
Miljø								
CO2-belastning	Høj		Høj					Lav?
Omlang af genbrug			Ingen				70-90%	
Nedrivning			Ikke relevant				Ja	
Teknik								
Vinduesplacering - dagslysforhold			Udfordring					Udfordring i stueplan?
Vinduesplacering - Termisk indeklima								
Nedrivning			Nej				Ja	
Stabilitet			Nyt fundament?		Stål eller anden stabilitet bygges ind i stedet for faste murbindere		Ny sokkel/konsol + stabilitet i væggen	Lettere at klare stabilitet end for C og D
I jorden			Mange følgevirkninger med ledninger mv.					
Tag			Er udbæret langt nok til at efterisolering og murerik kan være under det?					
Energi					Forbedret			Kuldebroer ved skillevægge - findes der teknisk løsning til at undgå det?
Indeklima					Forbedret			Generelt udfordringer med indv. isolering
Reparationer								Reparationer af facade i kælder- og stueplan
Øvrigt								
Støj for beboere			Næsten ingen				Kan give gener	
Arbejds miljø for nedrivere?			Ikke relevant				Vurderes ikke at være et problem	
Indgangsparti: Buen og døren			Passer arkitekturen?				Horan integreres/kuldebroer/aftryk/genbruges?	
Areal								Beboere mister plads i stueplan

Bilag 3 – Bruttoliste for altanrenovering

ALTANLØSNINGER

Løsninger	Løsningsforslag 1		Sammenligningsgrundlag		Løsningsforslag 2		Løsningsforslag 3	Løsningsforslag 4
	A1 Højstyrkebeton med teglskaller som murede værn	A2 Fiberbeton/stål med teglskaller som murede værn	B1 Højstyrkebeton med betolværn	B2 Fiberbeton/stål med betolværn	C1 Traditionel betonalternativ med fuldmuret værn	C2 Fiberbeton/stål med fuldmuret værn	D Ståtramme med konsol og fuldmuret væg	E Renovering af altaner
Materialer								
Fiberbeton		✓		✓		✓		
Traditionel beton					✓			✓
Højstyrkebeton	✓		✓					
Fuldmuret tegl		✓			✓	✓	✓	
Teglskaller	✓							
Stål		✓		✓		✓	✓	
Æstetik								
Stadsarkitekten	✓	✓	x	x	✓	✓	✓	✓
Æstetik	*** Obs på tegl indvendig				****		***(*) Hvordan udføres tegl på undersiden?	****
Økonomi								
Pris (indsættes som stjerner der indbyrdes vurderer økonomien, da et reelt tal ikke kan sættes på nuværende tidspunkt)	** Specialløsning - få leverandører				*** Standardbeton - er billig - traditionel løsning - god mulighed for indstøbning af klinker påunderside		*** Mange potentielle leverandører = stor konkurrence	****
Prisvariation	3x traditionel beton							
Miljø								
CO2-belastning		Dårlig?		Dårlig?		Dårlig?	Obs på ståls miljøbelastning	God, hvis kuldebro afbrydes og der ikke skal tillægges stål
Teknik								
Langtidsvirkninger	Ukendte langtidsvirkninger af højstyrke-/fiberbeton						Kendt løsning	
Landsbyggefonden	Ønsker ikke teglskaller?							OBS på støtte.
Murstensfacade	✓				✓		✓	✓
Brystringer					Obs på holdbarhed ved fuldmuret brystring			
Konstruktion					Obs på forbandt			
Bærende betonbjælke	Ny bjælke under		Ny bjælke under		Ny bjælke integreres		Obs på samlinger	Obs på kuldebro + forbandt
Øvrigt							Ny bjælke integreres	Umiddelbart ingen behov, men obs på kuldebro
Leverandører	Få leverandører				Mange leverandører		Mange leverandører	

Bilag 4 – LCA-forudsætninger for facadeberegninger

Det forudsættes at alle løsninger indebærer samme energibesparelse, da der regnes med samme u-værdi for alle løsninger. Det er derfor ikke indregnet, hvis der skulle være forskellige varmetab forbundet med løsningerne.

Generelle forudsætninger

Løsningerne angives som murpiller á 1 meters bredde med 10 meters højde, svarende til 10 m² facade.

Afd. 108:	10,7 m	Målt
Afd. 109:	10 m	Målt
Højde	10 m	Vedtaget
Bredde	1 m	Vedtaget
Vindue/altanandel	40%	

Samlet bredde	
Afd. 108 Lindeparken	334 m
Afd. 109 Digtergangen	430 m
Sum	764 m

Arealenhed **6 m²**

Sammenligningsgrundlag: Efterisolering med mineraluld + ny skalmur med nye mursten

Den mest ligetil løsning, som typisk vil blive brugt, hvis ikke miljø havde fokus.

- Der tilføjes 240 mm mineraluld (lambda 37) så resulterende U-værdi bliver 0,18 W/m²K.
- Der opføres ny skalmur i gule teglsten med stålbindere
- Der opbygges nyt fundament med 5 stk. 190 mm letklinkerblokke samt sokkel på ydersiden af eksisterende fundament. Linjefundament består af letklinkerblokke på 120 mm. Bloklim bruges til blokken, samt 1 mm sokkelpuds med kalcementmørtel (2 kg/m²). Herunder 500 mm dybt betonfundament (b=400, C35/45) med armeringsstål (25 kg/m³ beton).
- Taget forlænges muligvis

Løsning 1: Nedrive formur (helsten) kælder til 2. sal, isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten

Den mest omfattende løsning, hvor det meste af muren nedtages, så tykkelsen af muren er som eksisterende, hvorved fundament kan genbruges.

- Formuren nedrives inkl. teglbindere

- Stabiliteten sikres ved at indsættes HE120B-stålbjælker iht. konstruktionsoverslag, svarende til bjælke pr. 2,0 m i fuld højde hvis der medregnes altaner og vinduer, jf. Bilag 6 – Stabilitetsprincip for facade
- Der isoleres med 120 mm højeffektiv isolering ($\lambda 18$) så resulterende U-værdi bliver 0,18 W/m²K
- Der opføres ny skalmur med 50% direkte genbrugte teglsten fra nedrivningen og 50% indkøbte genbrugssten

Løsning 2: Nedrive formur (1/2-sten) kælder til 2. sal, isolere med en kombination af mineraluldisolering og højeffektiv isolering samt ny formur med genbrugte mursten

En lidt mere kompromisløsning, hvor kun den yderste del af formuren nedtages, så soklen skal forlænges.

- Formuren nedrives
- Stabiliteten sikres ved at indsættes HE120B-stålbjælker iht. konstruktionsoverslag, svarende til bjælke pr. 2,0 m i fuld højde hvis der medregnes altaner og vinduer, jf. Bilag 6 – Stabilitetsprincip for facade
- Der isoleres med 120 mm højeffektiv isolering ($\lambda 18$) i kælder og stueplan samt 240 mm så resulterende U-værdi bliver 0,18 W/m²K
- Der opføres ny skalmur med 50% direkte genbrugte teglsten fra nedrivningen og 50% indkøbte genbrugssten
- Der opbygges nyt fundament med 5 stk. 190 mm letklinkerblokke samt sokkel på ydersiden af eksisterende fundament. Linjefundament består af letklinkerblokke på 120 mm. Bloklim bruges til blokken, samt 1 mm sokkelpuds med kalkcementmørtel (2 kg/m²). Herunder 500 mm dybt betonfundament (b=400, C35/45) med armeringsstål (25 kg/m³ beton).

Løsning 3: Hybridløsning Kælder-stue: Indvendig isolering 1.-2. sal: Nedrive formur (helsten), isolere med højeffektiv isolering og ny formur med genbrugte mursten

Denne hybridløsning skal give anledning til at udforske alternative løsninger, da den konstruktivt er lettere at have med at gøre, da formuren kun nedrives på 1. og 2. sal. Kuldebroer i kælder og stueplan løses ved indvendig isolering.

- Formuren på 1. og 2. sal nedrives
- Stabiliteten sikres ved at indsættes HE120B-stålbjælker iht. konstruktionsoverslag, svarende til bjælke pr. 2,0 m på 1. og 2. sal hvis der medregnes altaner og vinduer, jf. Bilag 6 – Stabilitetsprincip for facade
- Der isoleres med 120 mm højeffektiv isolering ($\lambda 18$) så resulterende U-værdi bliver 0,18 W/m²K
- Der opføres ny skalmur med 50% direkte genbrugte teglsten fra nedrivningen og 50% indkøbte genbrugssten

Bilag 5 – LCA-forudsætninger for altanløsninger

Det forudsættes at alle løsninger indebærer samme energibesparelse.

Sammenligningsgrundlaget og løsning 1

Disse løsninger baseres på højstyrkebetonløsninger fra producenten Hicon.

Løsning B1/sammenligningsgrundlag: Betonværn



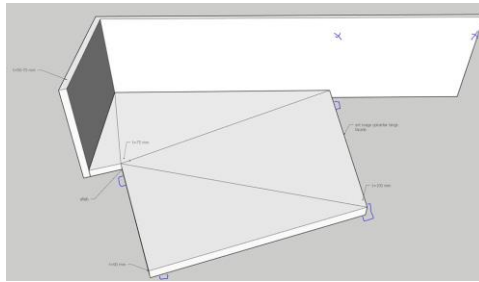
Figur 13 - Illustration fra projektet

Ved denne løsning benyttes der ligeledes fiberbeton støbt i hvid CRC med sinusformede brystninger.

Referencebillede fra lignende udseende:



Figur 14 – Referencebillede fra HiCon (Ved Volden 2)



Figur 15 - Altanudformning

HiCon er producent af højstyrkebetonløsninger, og de har fået udarbejdet en EPD på de højstyrkebeton-altaner der producerer. Af denne EPD fremgår det, at miljøbelastningen er ca. 1050 kg CO₂/m³ færdigt element når elementerne forlader porten. Medregnes transport, montage og beslag giver dette 1320 kg CO₂/m³, hvor specielt beslag udgør en væsentlig del af belastningen.

Alt efter udformningen af altanerne beregnes det, hvor mange m² altan man får pr. m³ element. Sammenlignes med lignende projekter vurderes det at der kan komme ca. 5-6 m²/m³ for nærværende projekt. Altanerne er ca. 3,5 m² i grundareal. Brystningen er ca. 3,9+1,1 m bred gange 1,1 m høj, svarende til 5,5 m². Dette giver for betonen et volumen, med forudsætning af gennemsnitligt 60 mm brystning og 85 mm gulv, på: Brystning: 5,5 m² gange 0,06 m = 0,33 m³. Gulv: 3,5 m² gange 0,085 m = 0,2975 m³. Samlet: 0,6275 m³/altan. Dette stemmer godt overens med at det bliver til 5,6 m² altan/m³ beton.

Denne løsning vil kunne have 2 udformninger;

- Ren betonløsning med betonbrystning (sammenligningsgrundlag)
- Betonløsning, men med påmurede murstensskaller (løsning 1)

Miljømæssigt er forskellen være den ekstra miljøbelastning som murstensskallerne, der skal påmures de færdigstøbte altaner, vil bidrage med. Murstensskaller med en tykkelse på 25 mm bidrager med 14,63 kg CO₂-eq pr. m² inkl. mørtel, hvis man tager udgangspunkt i miljøbelastningen fra en 108 mm sten og reducerer til 25 mm. Dette tal kan dog godt være lidt højere, da brændingen af teglskaller skal være hårdere end almindelige teglstørrelser. Brystningen der skal mures er ca. 3,9+1,1 m bred gange 1,1 m høj, svarende til 5,5 m².

Der indlægges en HE120B bjælke som erstatning for den eksisterende bjælke. Længden vurderes at være 3,85 m.

Alt i alt giver dette en miljøbelastning på følgende:

GWP [kg CO ₂ -eq-udledning/altan]	Sammenligningsgrundlag: Betonværn	Løsning 1: Teglskaller som murede værn
Fiberbeton inkl. transport, montering mv.	828,3	828,3
Teglskaller	0	80,5

Stålbjælke	101,6	101,6
SUM	929,9	1010,4
Difference		80,5 kg CO₂/altan eller 9 % mere

Der kan være en smule forskel på den rene betonløsning, da denne løsning indebærer at der skal profileres i brystningen. Dette er ikke indregnet som ekstra beton eller miljøbelastning.

Løsning 2: Traditionel betonaltan med fuldmuret værn

Ved denne løsning udskiftes højstyrkebetonen med traditionel armeret beton, ligesom altanerne er i dag. Derudover er brystningen udformet som traditionel fuldmuret teglmur.

- Betonbund består af en armeret betonplade (350 kg/m²) og armering (150 kg/m³ beton)
- Brystning opmures som traditionel murstensmur med enten nye teglsten eller genbrugstegl i 108 mm

Løsning 3: Stålramme med konsol og fuldmuret værn

Denne løsning indsætter i stedet for betonaltan en altan af stål.

- Stålbund består af en stålramme i varmgalvaniseret stål (80kg/m²),
- En underbeklædning med 6mm fibercementplade
- Gulv af 27 mm fiberbetonplade
- Brystning opmures som traditionel murstensmur med enten nye teglsten eller genbrugstegl i 108 mm

Løsning 4: Renovering af altaner

Renovering af altaner er en lidt mere usikker løsning, da det ikke vides, hvordan det løses i praksis. Derfor er forudsat følgende:

- Stålbjælke til understøtning af altanerne, når de skæres fri for at udbedre kuldebroer, svarende til 6 m HE120B stålbjælke
- Armeret beton svarende til 0,5 m² pr. altan
- Ny brystning opmures som traditionel murstensmur med enten nye teglsten eller genbrugstegl i 108 mm

Bilag 6 – Stabilitetsprincip for facade

For at kunne få løsningen med at udskifte eksisterende facade med en $\frac{1}{2}$ sten + hulrum + $\frac{1}{2}$ sten, så tages der i klimaberegninger udgangspunkt i følgende, som rent statisk ikke er beregnet på nuværende tidspunkt. Systemet med stålsøjler er at disse skal fungere som erstatning for den nu svagere mur, samt afstivende for den midlertidige væg, hvor formuren fjernes.

Min. dimension for stålsøjle er HE 120 B for at kunne agere afstivende søjle i murværk jf. Teknologisk Institut. Dette for at der ikke sker revner i murværket.

1 stk. HE 120 B søjle pr. murpille med længde på op til 1,0 m.

2 stk. HE 120 B søjle pr. murpille med længde større end 1,0 m og mindre end 2,0 m (dvs. én i hver ende)

1 stk. HE 120 B søjle pr. 2,0 m for murværk længere end 2,0 m.

Ovenstående søjler vil nok også kunne bruges til evt. bæring af nye altaner.

