



Energirenovering af murede facader i etageejendomme

Vurderingsværktøj



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Februar 2017

Titel:

Energirenovering af murede facader i etageejendomme
Vurderingsværktøj

Konceptet er udviklet i projektet

"Bæredygtig energirenovering af murede facader i etageejendomme"
Støttet af EUDP

Projektsamarbejde mellem:

Teknologisk Institut, SBI, Danakon A/S, Enemærke og Petersen A/S, Strøjer Tegl A/S, NOVA5
Arkitekter og Pålsson Arkitekter

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Tlf. 7220 2000
Byggeri og Anlæg
Murværk
Abelone Køster og Thea Bech-Petersen

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Abelone Køster, tlf. 7220 3816, aek@teknologisk.dk

Godkendt af: Thea Bech-Petersen, tlf. 7220 1009, tbe@teknologisk.dk

Opgave nr.: P2002857

Version nr.: 01

Dato: 22. februar 2017

Indhold

1.	Indledning.....	4
2.	Præsentation af målgruppen af bygninger	4
2.1.	Energiforhold og økonomi	6
3.	Scenarier for energirenovring af murede facader	6
3.1.	Scenarie 1. Urørt udvendig facade	6
3.2.	Scenarie 2. Udvendig efterisolering med teglskaller på eksisterende facade.....	6
3.3.	Scenarie 3. Ny selvstændig skalmur uden på eksisterende facade	7
3.4.	Scenarie 4. Ny teglmur med nedrivning fra facaden	7
3.5.	Pris for udførelse af renovering	10
3.6.	Arkitektur, æstetik	10
3.7.	Potentiel energibesparelse	11
3.8.	Indeklima og komfort	11
3.9.	Robusthed, fremtidigt vedligehold og levetid	11
3.10.	Samlet værdi, bemærkninger	12
4.	Vurdering af den konkrete bygning og facader	12
4.1.	Spørgeramme	12
4.2.	Bygningens geometri.....	13
4.3.	Konstruktive og tekniske forhold.....	14
4.4.	Merværdi og arkitektoniske overvejelser	15
4.5.	Komfort og energi.....	16
5.	Hvordan tæller man sammen og vurderer	17
5.1.	Finansiering og økonomi	18
6.	Vurdering af bæredygtighed	18
6.1.	Scenarie 1.....	19
6.2.	Scenarie 2.....	19
6.3.	Scenarie 3.....	19
6.4.	Scenarie 4.....	19
6.5.	Livscyklusanalyse.....	19
6.6.	Bæredygtighedsparametre	22
6.7.	Sociale faktorer	24
6.8.	Bruttoliste sociale faktorer	24
6.9.	Vurdering af sociale faktorer.....	25
6.10.	Opsamling på bæredygtighedsvurdering	26
	Bilag A: Eksempel på anvendelse af vurderingsskemaerne.....	27

1. Indledning

Murede facader i etageejendomme opført fra 1930-80 udgør en energimæssig udfordring. Facaderne har samtidig en række kvaliteter, så det langt fra er ligegyldigt, hvordan man energirenoverer. I projektet "Bæredygtig energirenovering af murede facader i etageejendomme", medfinansieret af EUDP, har Teknologisk Institut i samarbejde med SBi, Enemærke og Petersen, Danakon, Strøjer Tegl, NOVA5 Arkitekter og Pålsson Arkitekter udviklet et nyt renoveringskoncept. Det går i korthed ud på at nedrive ½ sten (108 mm) fra facaden og efterisolere, hvorpå der opføres en ny 78 mm muret facade. Det nye koncept er nærmere beskrevet i dokumentet "*Konceptbeskrivelse*".

Konceptet er ikke egnet til alle bygninger eller facader, og der findes egnede alternativer.

Nedenfor beskrives en metode til at foretage den nødvendige vurdering, som skal afgøre den murede facades skæbne under en energirenovering. Vurderingen er et værktøj for bygherrer og bygherrerådgivere. Der er ingen endelig facitliste for denne vurdering, men værktøjet kan bidrage til at afklare de væsentlige problemstillinger.

Vurderingsværktøjet består af følgende dele:

- Kort præsentation af etageejendomme 1930-1980
- Scenarier for energirenovering af murede facader
- Vurderingsværktøj i form af en spørgeramme og vejledning i endelig vurdering
- Bæredygtighedsvurdering ift. livscyklusanalyse, bæredygtighedsparametre og sociale faktorer.

Desuden findes en "*Vejledning i forundersøgelser*".

Den indledende vurdering skal afklare, om det i forhold til bevaringshensyn og rent teknisk er muligt at anvende konceptet på bebyggelsen, og dernæst anskueliggøre, om renoveringen er en fordel. Her skal energi, komfort, æstetik/arkitektur, konstruktion, teknik og merværdi vurderes samlet. De oplysninger, der skal indsamles, kan for en dels vedkommende vurderes teknisk og økonomisk, men for en stor del vil det også bero på subjektive vurderinger.

2. Præsentation af målgruppen af bygninger

Fra 1930 til 1980 blev der opført rigtig mange m² boliger i etageejendomme i Danmark, og frem til 1960 var næsten alt opført i murværk. Murede facader udgør fortsat en væsentlig del af bygningerne fra 1960 til 1980, selv om "kransporsbyggeriet" baseret på sandwich-betonelementer i facaderne vandt kraftigt frem i perioden.

I samme periode, 1930-1980, foregik der kraftig udvikling af byggeteknik og materialevalg, fra 1930'ernes massive murværk opført i kalkmørtler, over den hule mur med murede bindere til den hule mur med trådbindere – ofte med bagmur i andre materialer end tegl.

Konstruktions- og samlingsdetaljer omkring dæk, tag, altaner vinduer etc. er også i udvikling i perioden, og der eksperimenteres med nye materialer i form af beton og letklinkerbeton med mere.

Valg af konstruktionsprincipper og materialer ændres løbende, og forskellige principper ses anvendt i samme bebyggelse – ja endda i samme bygning.

Dette nødvendiggør en grundig forundersøgelse og gennemgang af hvert enkelt projekt, før der træffes beslutninger. Dette værktøj hjælper til at foretage gennemgang og vurderinger på en systematisk måde, mens det ikke er muligt at give generelle anvisninger, blot ud fra en bygnings opførelsesår. Følgende publikationer kan bidrage til indsigt og til at få et overblik over et konkret projekt:

- SBI-anvisning 221, Efterisolering af etageboliger, SBI, 2008
- Kend dit etagehus, Dansk Bygningsarv, 2010
- Det murede etagebyggeri fra 1920 til 1960, Dansk Arkitektur Center, 2011
- Kvaliteter i almene bebyggelser fra 1940'erne og 1950'erne, Bygningskultur Danmark, 2013.

Bygningens bevaringsværdi er en væsentlig overordnet faktor. Der findes forskellige skalaer til vurdering af denne. Nedenstående figur er hentet fra "Det murede etagebyggeri fra 1920 til 1960", Dansk Arkitektur Center, 2011:

KULTURARVSVÆRDI		ÆNDRINGSMULIGHEDER	
			
A FREDET OG HØJ BEVARINGSVÆRDI	B BEVARINGSVÆRDIGT	C ENKELTSTÅENDE KVALITETER	D ANONYMT
Helheden og de enkelte detaljer har arkitektonisk og bygningskulturel værdi.	Arkitektonisk og bygningskulturel værdi i kraft af sin helhed eller sine detaljer.	Arkitektonisk eller bygningskulturel detaljering, som er svær at opnå ved nybyggeri.	Ingen særlig arkitektonisk værdi, men har i form af sin konstruktion og opbygning en nytteværdi.

Figur 1

Generelt er udvendig efterisolering mere velegnet for bygninger, som ikke er vurderet som meget bevaringsværdige, derfor er dette et afgørende punkt for en videre vurdering. Ved bygninger af høj bevaringsværdi er det ikke en mulighed at ændre væsentligt på facadeudseende og de originale materialer. Fredede bygninger (A) er altså ikke relevante for renoveringskoncepter, hvor den murede facade ændres, mens der for de øvrige klasser B til D kan være forskellige muligheder. Her skal man ikke mindst være åben over for, at det kan give mening at vælge forskellige koncepter til bygningens facader og bygningens gavle.

Det første punkt, man bør afklare, er således byggeriets bevaringsværdi, og dermed hvilke muligheder man har for indgreb. I det nedenstående betyder farverne følgende:

- Rød: Problematisk at løse/fordyrende element
- Gul: Kan anvendes/udfordringer kan løses ifm. detaljebearbejdning
- Grøn: Velegnet til denne løsning/giver energi- og komfortmæssig gevinst

Hvilken bevaringskategori tilhører bygningen?	A	B	C	D
---	---	---	---	---

2.1. Energiforhold og økonomi

For etageejendomme opført i perioden 1930-80 anslås U-værdien at ligge mellem 0,50 og 2,00 W/m²K. Der er altså store variationer i bebyggelserne imellem, og for nogle vil der således være meget at hente ved en renovering og mindre for andre. Men fælles er, at energigevinsten ikke alene kan forsvare en så gennemgribende renovering. Men den merværdi, der genereres for beboerne, fx den øgede komfort pga. eliminering af kuldebroer og mindsket risiko for skimmel, bør naturligvis også indgå i vurderingen.

3. Scenarier for energirenovering af murede facader

Udgangspunktet for vurderingsværktøjet er følgende scenarier for energirenovering af murede facader. Alle scenarier resulterer i bevarelse af en facade i tegl, men med forskellige teknikker og kvaliteter.

3.1. Scenarie 1. Urørt udvendig facade

- 1.1 Der foretages ingen renovering. Facadekonstruktionen bibeholdes uden ændringer.
- 1.2 Hultursisolering af eksisterende hulrum i muren, og i øvrigt som 1.1.
- 1.3 Indvendig efterisolering, og i øvrigt som 1.1.

3.2. Scenarie 2. Udvendig efterisolering med teglskaller på eksisterende facade

Der tilføjes udvendig isolering samt en teglskal (20 mm) på den eksisterende facade.

- 2.1 Teglskaller opklæbes i hånden på et underlag af "puds-på-isolering" og fuges på traditionel vis. Der fremstilles efter behov specielle skaller til stik og hjørner mv.

2.2 Teglskaller integreres i en færdig isoleringsløsning, og der udføres ingen specielle tilfælgninger.

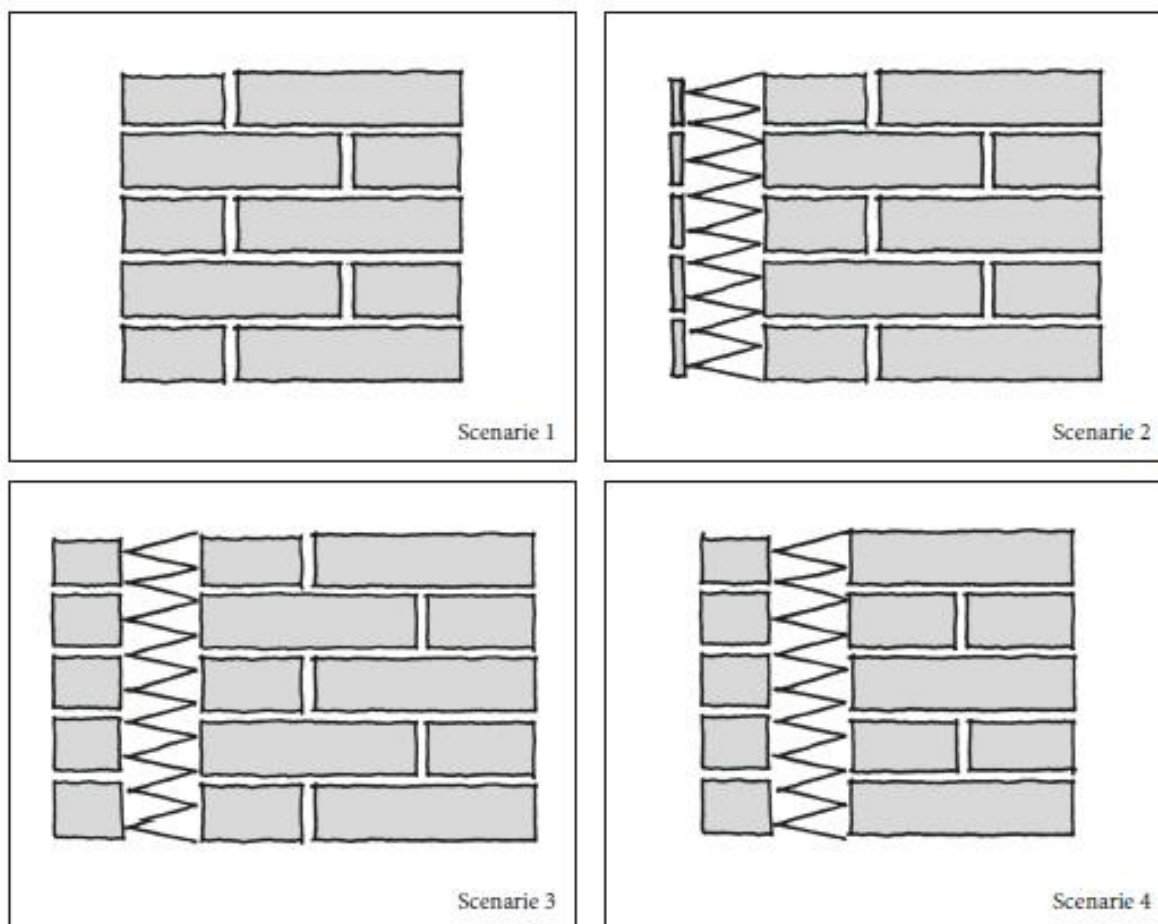
3.3. Scenarie 3. Ny selvstændig skalmur uden på eksisterende facade

Uden på den eksisterende ydervæg opsættes fx 100 til 250 mm isolering af valgfri type, samt minimum 78 mm teglsten, på selvstændig sokkel.

3.4. Scenarie 4. Ny teglmur med nedrivning fra facaden

Der nedrives murværk svarende til $\frac{1}{2}$ sten (108 mm) fra facaden. Herpå opsættes isolering i en tykkelse, der er afpasset efter isoleringstype, ønske om opnået isoleringseffekt samt pladskrav, samt en 78 mm teglsten.

Scenarierne er illustreret nedenfor.



Figur 2

Scenarie 4 repræsenterer den løsning, som er udviklet i EUDP-projektet. Den statiske løsning indebærer dimensionering af et antal EPS-søjler for den aktuelle bygning. Nærmere beskrivelse af konceptet findes i "Konceptbeskrivelse" og vejledning i dimensionering i "Vejledning i dimensionering".

Generelt er konceptet mere velegnet for bygninger, som ikke er vurderet som meget bevaringsværdige, derfor er dette et afgørende punkt for en videre vurdering.

Når dette er sagt, så vil der også være facader i tegl, som fremstår lidt anonyme, og hvor man eventuelt kan tilføje nye karaktertræk med en ny muret facade via scenarie 3 eller 4.

Nr.	Scenarie	Pris	Arkitektur, æstetik	Potentiel energi-besparelse	Indeklima	Robust	Bemærkninger
1.1	Ingen ændring	0 kr.	Uændret	Ingen	Uændret – potentielt dårligt	Afhænger af tilstand	Kan blive dyr i vedligehold og er dyr i energi
1.2	Hulmursisolering	Lav	Uændret	Lav/Middel	Skimmelrisiko	Frostfasthed af sten må vurderes	Bevarer facaden intakt
1.3	Indvendig efterisolering	Medium	Uændret	Middel	Risiko for kuldebro/skimmel	Frostfasthed af sten må vurderes	Indvendig efterisolering kræver nøje planlægning og tager af det anvendelige areal. Desuden nødvendigt at beboerne fraflytter lejlighederne i en periode
2.1	Isolering m. skaller på puds + fuger	Høj	God til meget god	Stor	Lille risiko for kuldebroer	Ukendt	Håndværk
2.2	Skumisolering med skaller (præfab)	Lav	Kan være ringe	Stor	Lille risiko for kuldebroer	Ukendt	Løsning af detaljer, hjørner etc.
3	Ekstra skalmur	Høj	God til meget god	Stor	Godt, dog med risiko for nedsat lysindfald	Ja	Kræver nyt fundament
4	Ny skalmur med nedrivning	Høj	Meget god	Stor	Godt	Ja	Nedrivning, statik. Mulighed for genanvendelse af mursten

3.5. Pris for udførelse af renovering

De fire scenarier varierer i pris for etableringen, men set i et levetidsperspektiv kan en billig etablering resultere i øgede vedligeholdelsesudgifter eller en begrænset eller ukendt levetid. Disse forhold er behandlet under nedenstående afsnit.

Scenarie 1.1 har ingen direkte omkostninger, da der ikke foretages nogen renovering.

Scenarie 1.2 er billig at etablere, da der ikke gribes dybere ind i konstruktionen. Billig er også 2.2, men kun for så vidt, at man benytter sig af præfabrikerede isoleringselementer, og den individuelle tilpasning er begrænset. Her bliver modsat 2.1 en dyr løsning pga. det store håndværksmæssige arbejde.

Både ekstra skalmur (3) og ny skalmur med nedrivning (4) er klart dyre løsninger pga. de ret omfattende arbejder. Ved nedrivning er der en del omkostninger til dette inklusive afstivning, samt ikke mindst en del projekterings- og beregningsomkostninger, men den selvstændige nye mur (3) kommer også op i store omkostninger pga. det nye fundament, som kræver udgravning tæt på den eksisterende bygning.

3.6. Arkitektur, æstetik

Scenarier 1.1, 1.2 og 1.3 lader facaden helt urørt, hvilket selvfølgelig er en æstetisk fordel, hvis bygningen i forvejen har et bevaringsværdigt udtryk. Imidlertid kan bygninger i klasse D eller bygninger med meget slidte facader vinde ved en udvendig renovering, så bedømmelsen er ikke entydig, men må tage udgangspunkt i bygningens oprindelige arkitektur, materialer og tilstand.

Scenarie 2.1 og 2.2 er overordnet set ret ens, men under 2.1 tages der udgangspunkt i det oprindelige murværk, og den håndværksmæssige tilgang giver mulighed for at opnå et smukt resultat, hvor endog forbedringer af bygningen vil være mulige. For 2.2 må man nøje vurdere, om bygningen kan bære den mere industrielle finish. Et eksempel på scenarie 2.2 er Isoklink-elementer: Her vil man få en facade, som ligner en traditionel mur. Man skal dog være opmærksom på, at den type, som er på markedet, ikke er med en brandsikker isoleringstype. Der skal foretages særlige tiltag, hvis elementet skal anvendes andre steder end på en vinduesløs gavl.

Scenarie 3 og 4 minder ret meget om hinanden, idet man får en ny muret facade, i 78-108 mm murværk. Her skal man være opmærksom på, at man ved scenarie 3 ikke kommer uden om en forøgelse af murtykkelsen på 200+ mm, eller mere hvis der vælges mineraluld, og man ønsker en god energiforbedring. I scenarie 4 er der dels mulighed for at minimere udvidelsen af murtykkelsen samt mulighed for at genbruge en del af de oprindelige teglsten som nedrives. Man må ved genbrug overveje, om de gamle sten skal skæres ned til 78 mm, eller man vil bevare dem i fuldt format, med den ekstra vægt for facaden, som det vil medføre.

Det vil i scenarie 4 i højere grad end 2 og 3 være muligt at tage hensyn til arkitektoniske detaljer og bygningens proportioner.

3.7. Potentiel energibesparelse

Den potentielle energibesparelse varierer med valg af isoleringstype og isoleringstykkelser. Dog er der i scenarie 1.2 og 1.3 begrænsede muligheder for optimering af energibesparelsen. For scenarie 1.2 er der ikke mulighed for at eliminere kuldebroer ved faste udmuringer, ligesom det ofte ses, at hulmuren kan være fuld af mørtelspild. Ved scenarie 1.3 indvendig efterisolering kan der endvidere opstå kuldebroer, specielt ved dæk og skillevægge, som støder til ydermuren, ligesom isoleringstykkelser påvirker det anvendelige areal.

3.8. Indeklima og komfort

Indeklima og komfort påvirkes især af muligheden for at eliminere kuldebroer og dermed også skimmelrisici. Risiko for dårligt indeklima og ringe komfort ses primært i 1.1, 1.2 og 1.3. Lydmæssigt ses en lille fordel for de to scenarier med hhv. ekstra skalmur eller 78 mm teglskal, idet lyddæmpningen vil være væsentligt bedre for disse end for løsningerne med skaller.

Scenarie 3 kan resultere i væsentligt mindre lysindfald og begrænset udsyn, hvis man i en facade med ret små vinduer øger murtykkelsen med mere end 200 mm.

Skimmelreovering

Skimmelreoveringer undgås fremadrettet i scenarie 2-4. Renovering vil fjerne kuldebroer. Lave overfladetemperaturer kan meget nemt forårsage kondens og dermed skimmelproblemer.

Energibesparelser kan kun i begrænset omfang betale for de mere omfattende koncepter (scenarie 2-4). I almene boligforeninger er det ikke ualmindeligt, at beboerne allerede har skruet så langt ned for varmekonsumet, at den beregnede energibesparelse ikke realiseres ved reoveringen. Til gengæld ser man ofte, at udgifterne til skimmelreovering reduceres, i og med at bygningerne ved reoveringen opnår et væsentligt bedre indeklima til gavn for både bygninger og beboere. Da udgifterne til skimmelreovering i nogle afdelinger løber op i millioner, kan der altså være andre besparelser end energibesparelser at gå efter.

3.9. Robusthed, fremtidigt vedligehold og levetid

Robustheden anses for størst i løsninger med traditionelt murværk, idet erfaringen for løsninger med skaller dog er begrænsede. Rigtigt udført og vedligeholdt anses det dog muligt at opnå en fornuftig levetid. Løsning med skalmur på 78 mm er testet af Teknologisk Institut mht. opmuring og tæthed overfor slagregn, hvor det har vist sig, at den kan udføres med lige så stor tæthed og robusthed som 108 mm mur, når der mures med slæde studser og dermed fyldte studsfiger.

Ved hulmursisolering og indvendig efterisolering skal man være opmærksom på, at det radikalt ændrer forholdene for teglstenene i facaden, som vil få et mere koldt og fugtigt miljø. Man skal derfor altid vurdere holdbarheden af materialerne i facaden, før der foretages denne form for energireovering.

3.10. Samlet værdi, bemærkninger

Vurdering af den samlede værdi beror naturligvis på udgangspunktet og kan ikke gives helt generelt. Hvis den eksisterende facade er slidt, og bygningen ikke har et attraktivt udseende, kan værdien øges ved energirenovering med tegl, og dette gælder altså scenarie 2-4. Især ved scenarie 4 kan der arbejdes med at øge de arkitektoniske/æstetiske kvaliteter og dermed værdien. En bedre energiklasse forbedrer ligeledes husets salgsværdi (se i øvrigt SBI-rapport 2013:06 "Sammenhæng mellem energimærkning og salgpris"). Energirenovering vil derudover skabe merværdi for brugeren, da komfort forbedres væsentligt, ligesom det for scenarie 3 og 4 gælder, at holdbarheden af facaden øges.

4. Vurdering af den konkrete bygning og facader

Ved vurdering af den konkrete bygning og dens facader skal man forsøge at få et overblik over, hvordan de beskrevne scenarier med deres fordele og ulemper vil virke i det aktuelle tilfælde. Beskrivelsen af scenarierne giver allerede et fingerpeg om, hvilke kriterier der er væsentlige for vurderingen.

Det indledende spørgsmål i bygningsgennemgangen: "Er bygningen bevaringsværdig?" er helt afgørende for, hvilket scenarie der er relevant. En ny facademur muret i tegl er med til at bevare arkitekturen og de murede facader, som er karakteristiske for de danske byer. Men der er ejendomme, hvor arkitektur og materialer er af en sådan kvalitet, at 1/2-stens afskrælning af formuren ikke kan anbefales. Det kan også være bygninger, der statisk er af en beskaffenhed, så det bliver for dyrt at gennemføre eller vanskeligt at eftervise.

Før man vælger koncept og metode, skal enhver ejendom derfor vurderes i forhold til:

- Det lokale bymiljø og den sammenhæng, som ejendommen indgår i.
- Arkitektur og historie – har ejendommen særlige umistelige værdier? Bør facaden lades urørt?
- Materialer: Ældre teglsten kan have en unik æstetik, som gør dem bevaringsværdige.
- Tilstand og patina: Hvis murværket fremstår i god stand, er det næppe en god idé at nedrive facaden – det bør vurderes, om en ny facade virkelig øger kvaliteten og holdbarheden af facaden.
- Forhold vedr. statik, afstivning, affald.
- Robusthed, udførelse, nye stentyper?
- Kan det "betale" sig? Ambitionsniveau for U-værdi og energibesparelse: Ofte HAR beboerne skruet ned for varmen – det drejer sig om at bringe bygningen i balance med beboeradfærd (skimmel).

4.1. Spørgeramme

I det følgende gennemgås bygning/bebyggelse inden for fire temaer, der giver den første indikation af egnethed for konceptet. For hvert tema er der angivet med farver, hvor kritiske de enkelte udsagn er for en samlet vurdering.

Er svarene overvejende afkrydset som røde/gule, indikerer det, at konceptet er mindre relevant, mens overvejende grønne/gule tilsiger, at konceptet er relevant for en given bygning/bebyggelse. En udelukkende gul vurdering konkluderer ikke, at løsningen ikke er anvendelig, men det må da bero på en nærmere skønsmæssig vægtning af de enkelte punkter i situationen. Signaturforklaringen nedenfor er generel. Betydningen er nærmere uddybet i noter for hvert punkt i spørgerammen.

Signaturforklaring rød – gul – grøn:



Forholdet er problematisk at løse og/eller det bevirker en fordyrelse af løsninger.



Forholdet kan løses ifm. detaljebearbejdning og vurderes ikke at give væsentlige ulemper.



Forholdet giver ingen særlige problemer og understøtter, at den vurderede løsning bør vælges.

4.2. Bygningens geometri

Både den fritliggende bygning og karréstrukturen kan være relevant for renoveringskonceptet; her er det mest afgørende, hvordan de konstruktive og tekniske forhold er for hver facade.

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
1	Bygningen har tagudhæng							
	Bygningen har muret gesims ved tag							
2	Der er kældernedgange							
3	Der er fremspring eller udsmykninger i facaden				?		?	?
4	Der er altaner							
5	Der er behov for at begrænse murtykkelsen							
6	Andelen af murværk i facaden er lille til medium							
	Andelen af murværk i facaden er medium til stor							
7	Vinduer er generelt små, lille lysindfald							
	Vinduer er generelt store, godt lysindfald							

Noter:

Nr. 1, tagudhæng/gesims: Et tagudhæng giver mulighed for at øge murtykkelsen uden at gribe ind i tagfodens konstruktioner. Hvis der ikke er noget tagudhæng, eller der er en muret gesims, kan det være en udfordring at øge murtykkelsen, medmindre man i 2.1, 3 og 4 er indstillet på at udføre en tilsvarende ny konstruktion. Giver også mulighed for at forbedre isoleringsforhold i tagfoden.

Nr. 2, kældernedgange: Øget murtykkelse, dvs. 2.1, 2.2 og især 3 giver udfordringer, mens uændret facade og nr. 4 kan løse udfordringen.

Nr. 3 og 4: Jo flere hindringer i facaden for udvendig isolering, jo større udfordringer. Men husk også, at der i nogle tilfælde kan være mulighed for at "løfte" en lidt intetsigende facade, med en ny detaljering, forbandter eller farver. Her er specielt scenarie 4 en særlig mulighed.

Nr. 5: Der kan være forskellige grunde til, at murtykkelsen ikke ønskes forøget. Det kan fx være, at facaden er i skel, ud til et fortov eller andre fysiske eller æstetiske grunde. Murtykkelsen påvirker også lysindfaldet ved små vinduer, men dette er medtaget under punkt 7 nedenfor.

Nr. 6, areal af murværk: Jo mere murværk, jo mere interessant at energirenovere det.

Nr. 7, vinduer: Små vinduesarealer kan være en udfordring, hvis murtykkelsen øges kraftigt reduceres lysindfaldet.

4.3. Konstruktive og tekniske forhold

For at kunne vurdere de konstruktive og tekniske forhold kan det være nødvendigt at foretage mindre, destruktive undersøgelser for kort at kunne beskrive:

- Hvordan er det eksisterende statiske system?
- Murtype kan variere, i alle etager og facader
- Hvordan ligger dækkene og hvilke dæk er det?
- Beskriv vinduers alder, stand og placering
- Kloaker – er der forhold, man skal være opmærksom på?

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
8	Murværket er massivt, minimum 1½ sten							
	Murværket er massivt, 1 sten eller derunder							
	Der er hulmur med faste binderkolonner							
	Der er hulmur med trådbindere							
9	Der er faste udmuringer omkring åbninger							
10	Bygninger har revner, tegn på instabilitet							
11	Facaden/gavlen er bærende							
12	Murværkets generelle tilstand og kvalitet høj							
	Mursten og fuger er nedbrudte							
13	Indvendigt pudsede overflader							

Noter:

Nr. 8: Jf. afskrælningsforsøg i projektet kan fjernelse af faste bindere helt ind til ½-stens bagmuren ikke anbefales, når disse er gennemgående i højden. Stabiliteten vil blive kraftigt reduceret, og de indvendige skader for omfattende.

Nr.9: Faste udmuringer omkring vinduer, etagedæk og lignende kan evt. fjernes, såfremt der påregnes indvendigt renoveringsarbejde.

Nr. 10: Revner og andre tegn på instabilitet er en udfordring i forbindelse med nedrivning af facaden, da det giver tvivl om den eksisterende konstruktions statiske bæreevne.

Nr. 11: En bærende facade er ikke et problem i sig selv, men det stiller nogle krav til beregning af bæreevnen under nedrivning og til afstivning.

Nr. 12: Vurdering af murværkets generelle tilstand, vinduers tilstand mm. må indgå som en væsentlig faktor i bedømmelse af bygningens egnethed for renovering, da nedslidte facader mindsker bygningens værdi og vil kræve vedligehold af et vist omfang under alle omstændigheder.

Dårlige fuger eller nedbrudte/forvitrede teglsten vil være argumenter for at udføre ny muret facade. Vurdér også den æstetiske kvalitet af mursten, forbandt og fuger.

Man bør især kræve god kvalitet af sten og fuger ved hulmursisolering eller indvendig efterisolering.

Nr. 13: Indvendig puds kan tage skade ved nedrivning af ½ sten, og det kan blive nødvendigt med indvendig reparation, især ved nedrivning fra massiv mur.

4.4. Merværdi og arkitektoniske overvejelser

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
14	Udearealer ønsket omlagt ifm. renovering	?	?	?	?	?	?	?
15	Lette facadepartier ønskes ændret til tegl							
16	Tagrenovering ønskes							
17	Der ønskes ændringer i bygningens udtryk							
18	Der er behov for at reducere vedligehold							
19	Den æstetiske og tekniske kvalitet af mursten er høj							

Noter:

Nr. 14: Udearealerne kan i nogle tilfælde påvirke valget af løsning, men det kan ikke umiddelbart angives, om det er en fordel eller ej.

Nr. 15: Eksisterende facadepartier i træ kan eventuelt ændres til murværk, hvilket også øger holdbarheden og mindsker vedligeholdet.

Nr. 16: En tagrenovering behøver ikke at gribe ind i facaderenoveringen. Men der vil ofte være en kuldebro ved tagfoden, som bedst kan elimineres, når facaden isoleres i en integreret løsning. Derfor repræsenterer den urørte facade en vis udfordring ved en tagrenovering.

Nr. 17: En bebyggelses eksisterende udtryk kan i stor udstrækning bibeholdes ved brug af renoveringskonceptet, men løsningen giver samtidig mulighed for at ændre detaljer, som fx at lave sålbænke med rulleskifte i tegl, lave stik over vinduer, udskifte forbandt eller andet, som rent arkitektonisk kan være relevant og fungere som forbedring af bygningens udtryk.

Nr. 18: Vedligeholdet reduceres bedst ved at vælge en robust løsning.

Nr. 19: Vurder den æstetiske kvalitet af mursten, forbandt og fuger. Selv om renoveringskonceptet muliggør en bevaring af facadernes udtryk, er der i høj grad også mulighed for at kombinere nye facadeløsninger og eventuelt udbedre tidligere mindre gode renoveringer.

4.5. Komfort og energi

Få et overblik over:

- Hvilken type varmforsyning forefindes?
- Hvad er det årlige varmeforbrug pr. m²?
- Hvad er den forventede energigevinst?
- Hvad er den forventede belastning for beboerne ved renovering?

Den samlede energibesparelse afhænger både af den nye U-værdi af facademuren og eliminering af kuldebroer omkring vinduer og døre samt ved sokkel. Hvis man fra starten har en hulmur i dårlig stand med dårligt fyldte fuger, vil en øget tæthed af klimaskærmen også få væsentlig indflydelse på energibesparelsen ved renovering. Der er tale om en gennemgribende renovering, og energibesparelsen alene kan ikke finansiere renoveringen. Derfor skal der peges på en række andre væsentlige fordele.

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
21	Der er konstateret kuldebroer							
22	Der er skimmelproblemer							
23	Der er trækgener							
24	Der er støjproblemer (udefra)							
25	U-værdien ønskes nedsat mest muligt							
26	Beboerne skal have mindst mulig gene af renoveringen							
27	Varmeudgiften er stor							

Noter:

Nr. 21: Kuldebroer elimineres mest effektivt ved udvendig efterisolering.

Nr. 22: Skimmelproblemer hænger ofte sammen med tilstedeværelsen af kuldebroer og vil derfor have samme effekt eller forstærket i forhold til vurdering af koncept (forstærket da skimmel er et værre problem end kuldebroen i sig selv).

Nr. 23: Trækgener kommer i ældre murede bygninger oftest fra utætte vinduer eller vinduesfuger. Derfor er en vinduesudskiftning den mest betydende parameter. Markeringsen ud for nr. 23 er baseret på en vurdering af trækgener alene fra murværket – hvis der er nogle.

Nr. 24: Som det gælder for træk, vil indtrængende støj primært relatere sig til vinduer med dårlig støjisolering, eller utætheder vedr. disse. En ekstra støjdemper opnås selvfølgelig ved yderligere isolering af facaden.

Nr. 25: Er der krav til en specifik U-værdi, skal det undersøges, hvorvidt kravet til U-værdi vil få isoleringstykkelsen til at overstige et acceptabelt niveau.

Nr. 26: De største gener opstår ved indvendig renovering. Men også udvendig nedrivning forårsager gener med støj og risiko for indtrængning af støv.

Nr. 27: Når varmeudgiften er stor, vil der være en tilsvarende stor gevinst ved at energirenovere. Størst for de mest effektive metoder.

5. Hvordan tæller man sammen og vurderer

Som nævnt flere gange er der ingen "facitliste" til vurderingen, men for at skabe overblik, kan nedenstående skema anvendes til at tælle "røde" – "gule" og "grønne" point for sin bygning og evt. give dem sin egen vægtning.

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
	Bygningens geometri. 7 spørgsmål							
	Antal røde							
	Antal gule							
	Antal grønne							
	Konstruktive/tekniske forhold. 6 spørgsmål							
	Antal røde							
	Antal gule							
	Antal grønne							
	Merværdi og arkitektur. 7 spørgsmål							
	Antal røde							
	Antal gule							
	Antal grønne							
	Komfort og energi. 7 spørgsmål							
	Antal røde							
	Antal gule							
	Antal grønne							
	Total							
	Antal røde							
	Antal gule							
	Antal grønne							

Et eksempel på anvendelse af bæredygtighedsvurderingen kan ses i bilag A.

5.1. Finansiering og økonomi

Det murede etagebyggeri fra 1940'erne og 1950'erne repræsenterer noget af det bedste i dansk arkitektur af toneangivende arkitekter som bl.a. Kay Fisker, C.F. Møller og Svenn Eske Kristensen. Disse byggerier er – blandt andet på grund af krigstidens og efterkrigstidens materialeknaphed – kendetegnet ved enkelhed, præcision og høj arkitektonisk kvalitet i både den fysiske fremtræden og i boligens funktioner. Men når bebyggelserne skal renoveres, oplever bygherrerne i de almene boligorganisationer ofte, at de finansieringsmæssige vilkår bliver udfordret.

Traditionelt kan de almene boligafdelinger søge om renoveringsstøtte i Landsbyggefonden til arbejder, der fx omhandler renoveringer af facader, udbedring af byggetekniske problemer mv. Det er altså renovering, som Landsbyggefonden støtter – ikke vedligeholdelse, energirenovering og forbedringsarbejder.

Men netop facade- og gavlmurværket i periodens etagebyggeri er generelt velbevaret og bærer kun i begrænset omfang præg af slidte og udfaldne fuger, frostsprængninger, sætningsskader eller misfarvninger. Men der ses en del kuldebroer i facader og gavle, hvilket dog er almindeligt for periodens byggerier. Kuldebroerne ses ofte på radiatorbrystninger samt områder omkring gavle, altaner og altandæk. At en bygningsdel ikke lever op til "dagens standard og byggeskik eller bygningsreglement mv.", er ikke et svigt, hvis bygningsdelen er udført som beskrevet i de regler og normer, som var gældende på opførelsestidspunktet, samt hvad der i øvrigt var god byggeskik. Derfor har Landsbyggefonden sjældent mulighed for at yde renoveringsstøtte til renovering af det murede kvalitetsetagebyggeri fra 1940'erne og 1950'erne. Det efterlader de almene boligafdelinger med en økonomisk udfordring, da det som udgangspunkt er lejerne selv, der skal betale for renoveringen som privatfinansierede arbejder. Det anbefales dog, at boligorganisationen tager en indledende dialog med Landsbyggefonden for at afklare, om der kan opnås en form for økonomisk støtte til renoveringen.

6. Vurdering af bæredygtighed

Vurdering af bæredygtighed er foretaget for 4 udvalgte scenarier og foretages i 3 etaper:

- Livscyklusanalyse iht. EN15804 – miljøvaredeklarationer
- Bæredygtighed vurderet i forhold til bæredygtighedsparametre
- Sociale aspekter jf. DS/EN 15643-3 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygninger – Del 3: Rammer for vurdering af social kvalitet.

Udgangspunktet for bæredygtighedsvurderingen er følgende scenarier for energirenovering af murede facader. Alle scenarier resulterer i bevarelse af en facade i tegl, men med forskellige teknikker. Af hensyn til sammenlignelighed er der fastlagt samme isoleringstykkel og -materiale i scenarier med efterisolering.

6.1. Scenarie 1

Der foretages ingen renovering. Facadekonstruktionen bibeholdes uden ændringer.

6.2. Scenarie 2

Der tilføjes 90 mm PUR-isolering samt en teglskal (20 mm) på den eksisterende facade (der er taget udgangspunkt i en ISO-klink standardløsning).

6.3. Scenarie 3

På den eksisterende ydervæg opsættes 90 mm PUR isolering samt 78 mm teglsten.

6.4. Scenarie 4

Der fjernes murværk svarende til ½ sten (108 mm). Herpå opsættes 90 mm PU-isolering samt en 78 mm teglsten.

6.5. Livscyklusanalyse

Forbehold og forudsætninger

Der er foretaget en livscyklus (LCA) vurdering af 4 scenarier som beskrevet og illustreret ovenfor.

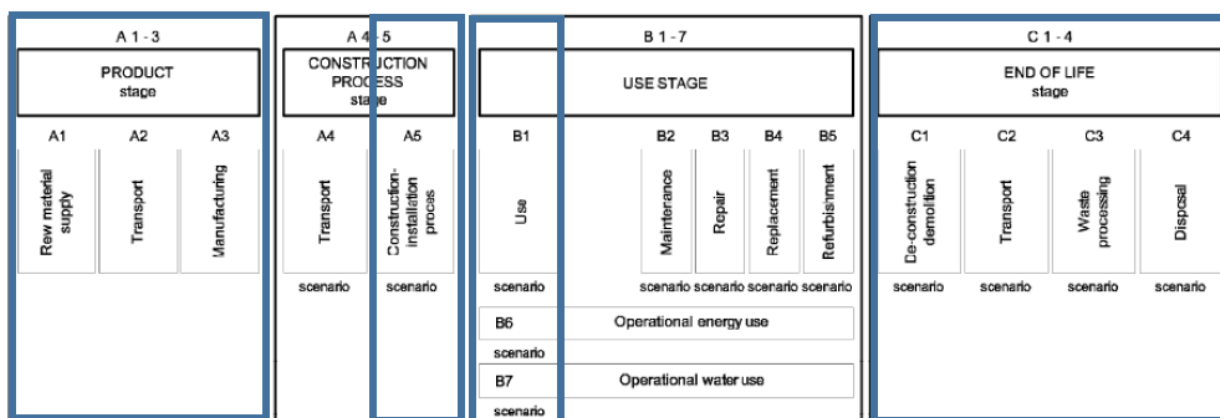
LCA-analysen tager udgangspunkt i EN 15804 – miljøvaredeklarationer – grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer og de livscyklusstadier og moduler, der angives for byggevarer.

For at kunne sammenligne de 4 scenarier med hensyn til energiforbrug i driftsfasen, er scenarierne opbygget med samme type og tykkelse af isolering, ligesom der er regnet med samme type af tegl, og samme tykkelse af tegl i scenarier 3 og 4.

Det skal understreges, at LCA-analysen tager udgangspunkt i samme levetid for alle løsningerne, og at en større robusthed af nogle af løsningerne, eller en mindre vedligeholdelse, således ikke indgår i denne isolerede betragtning.

Endvidere er der regnet på 1 m² mur som renoveret, og der er således ikke taget hensyn til behov for nyt fundament, ved scenarie 3, og at der således er set helt bort fra alle de kriterier, som vurderes i de foregående afsnit.

I denne analyse er de markerede stadier medtaget.



Figur 3

Stadierne A1-A3 (Produktfasen – udvinding af råstoffer, transport og materialeproduktion), A5 (Byggeprocesfasen – installation) samt C2 og C3 (Endt levetid – transport og affaldsbehandling) er modelleret i GaBi. I brugsfasen er kun medtaget B1, energiforbrug, som er beregnet via en simpel graddøgnsbetragtning.

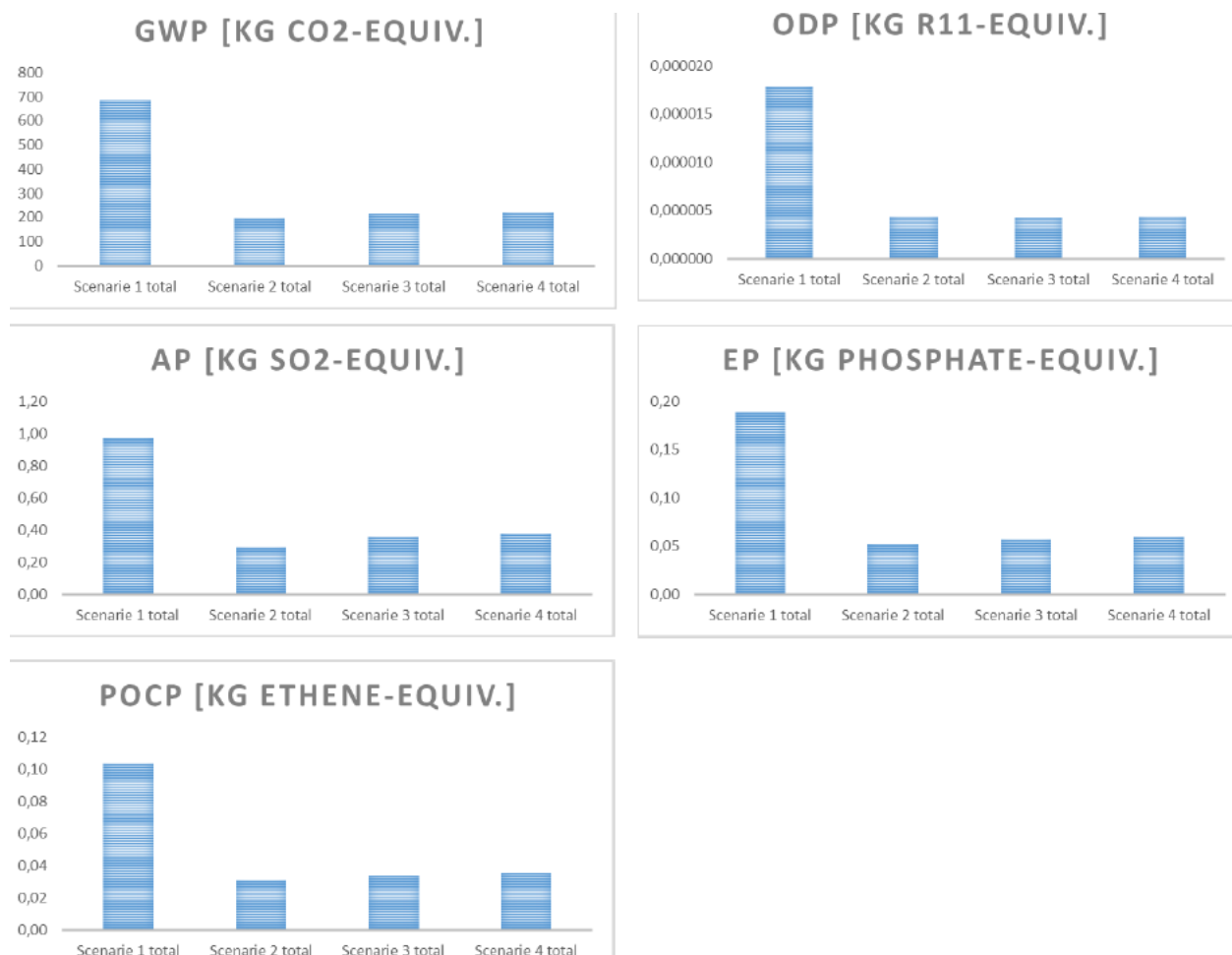
Alle beregninger udføres på 1 m² ydervæg udelukkende bestående af murværk.

Scenarie 1 er det eneste scenarie, som adskiller sig ift. bygningens energiforbrug, dvs. at de øvrige 3 scenarier vil have tilnærmelsesvist samme energimæssige forhold. Dette er bevidst tilstræbt ved at vælge samme isoleringstype og -tykkelse i evalueringen.

Iht. Tabel 3, EN 15804. For drift (B1) forudsættes opvarmning via fjernvarme, og der konverteres til miljøpåvirkninger via en gennemsnitsbetragtning for fjernvarme på nationalt niveau.

LCA-analysen resulterer i mål for scenariernes påvirkning af følgende parametre:

Forkort.	Betydning / enhed	Problem
GWP	Global opvarmning / kg CO ₂ -ækvivalenter	Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.
ODP	Ozonlagsnedbrydning / kg R11-ækvivalenter	Nedbrydning af det stratosfæriske ozonlag, som beskytter flora og fauna mod solens skadelige UV-A og UV-B-stråler.
AP	Forsuring / kg SO ₂ -ækvivalenter	Reagerer med vand og falder som "sur regn", der bl.a. medvirker til at nedbryde rodsystemer og udvaske planternes næringsstoffer.
EP	Næringssaltbelastning / kg fosfat-ækvivalenter	For høje tilførsler af næringsstoffer fremmer uønsket plantevækst i sarte økosystemer, fx algevækst med fiskedød til følge.
POCP	Fotokemisk ozondannelse / kg ethen-ækvivalenter	Bidraget i forbindelse med UV-stråler til at danne jordnær ozon (sommersmog), som bl.a. er skadelig for luftvejene.



Figur 4

Figurforklaring: Af resultaterne fremgår det, at tendensen for de enkelte scenarier er den samme uanset hvilken LCA-parameter der betragtes. Resultaterne viser, at det ud fra et miljømæssigt perspektiv i første omgang har god effekt at foretage en renovering. Den tilførte miljøpåvirkning fra materialernes produktion og bortskaffelse er langt mindre end reduktion i miljøpåvirkningerne fra driften. Set over en 50-årig periode er det altså en fordel for miljøet at foretage en renovering.

Ser man på de enkelte scenarier for renoveringen, giver scenarie 2 (løsning med skaller) det marginalt bedste resultat med undtagelse af miljøpåvirkningen fra ozonlagnedbrydende stoffer (ODP), hvor scenarie 3 og 4 er marginalt bedre end 2. Miljøpåvirkningen fra driften er i scenarie 2 marginalt større end for scenarie 3 og 4, men det opvejes på alle øvrige miljøparametre end ODP af den mindre miljøpåvirkning fra materialerne grundet den reducerede isoleringstykkelse samt den smallere teglskal.

Såfremt scenarie 2 viser sig at have en kortere levetid eller øget vedligeholdelsesomkostninger pga. den smalle teglskal, vil det selvfølgelig væsentligt påvirke miljøbelastningen i form af nyt materialeforbrug.

6.6. Bæredygtighedsparametre

De 4 scenarier er vurderet ved relativ pointgivning, hvor de er vurderet i forhold til hinanden, efter følgende skala (se tabel):

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

Vurdering af bæredygtighedsparametre for de fire scenarier

Parameter	Scenario	1	2	3	4
Energi					
Energiforbrug (kun opvarmning)		+++	++	+++	+++
Materialer		+++	+++	+++	+++
End-of-life		÷	+++	÷	÷
Arkitektur					
Bevaring af bygningsudtryk			+++	+++	++
Forbedringsmuligheder			+	+	+++
Indeklima					
Partikler		+++	+++	+++	+++
Allergigener		+++	+++	+++	+++
Skimmelsvamp		+++	+++	+++	+++
Luftkvalitet		+++	+++	+++	+++
Fugt		+++	+++	+++	+++
Temperatur		+++	++	+++	+++
Træk		+++	+++	+++	+++
Lyd og vibrationer		+++	+++	+++	+++
Lys		+++	++	+	+++
Udsyn		+++	+++	+++	+++
Elektriske/elektrostatisk		+++	+++	+++	+++
Ioniseret/radioaktiv stråling		+++	+++	+++	+++
Tæthed		+	+	+++	++
Økonomi					
Levetid		+++	++	+++	+++
Whole life value		+	+	+++	+++
LCC - Life Cycle Cost		+++	+++	+++	+++
Cost of building		+++	++	+++	+++
Maintenance cost		+++	++	+++	+++
Operation cost		+++	++	+++	+++
End-of-life cost		+++	++	+++	+++

Resultat, sammentælling, uden vægtning af parametre

Bæredygtighedsparametre	1	2	3	4
I alt +	20	49	62	67
I alt ÷	34	12	7	4

6.7. Sociale faktorer

Foruden de tekniske forhold kommer nogle sociale aspekter af bæredygtighed, som bør vurderes. Der tages udgangspunkt i DS/EN 15643-3 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygninger – Del 3: Rammer for vurdering af social kvalitet.

Det bemærkes, at standarden er beregnet for projektering og opgørelsen af nye bygninger og dermed ikke nødvendigvis er relevant i alle aspekter ved bedømmelse af en renoveringssag. For langt de fleste punkter vil der ingen forskel være, men de sociale aspekter er medtaget som bruttoliste for fuldstændighedens skyld. De forhold, som det er fundet relevant at vurdere for de 4 scenarier, er medtaget i tabel til slut.

6.8. Bruttoliste sociale faktorer

Tilgængelighed

Dette gælder bygningen selv, dele af bygningen og områder med redskaber og lignende (fx skure).

- Adgang for personer med særlige behov
- Adgang til bygningsteknik /teknikrum.

Tilpasningsevne

- Tilpasningsevne til individuelle brugerbehov
- Tilpasningsevne til ændrede brugerbehov
- Tilpasningsevne til tekniske ændringer
- Tilpasningsevne til ændret anvendelse.

Sundhed og komfort

- Akustik
- Luftkvalitet indendørs
- "Visuel komfort" – formentlig dagslys – og andre lysforhold
- Vandkvalitet
- Elektromagnetiske forhold
- Rumlige forhold
- Temperaturforhold.

Påvirkninger på nabolaget

- Støj
- Udledninger til udendørs luft, jord og vand
- Blæending og skygge
- Stød og vibrationer
- Lokale vindpåvirkninger.

Vedligehold

Her vurderes det nødvendige vedligehold i levetiden i forhold til sundhed og komfort for brugerne af bygningerne samt påvirkninger på nabolaget.

Sikkerhed, "tryghed"

- Modstandsevne mod klimaforandringer, herunder regn, vind, sne, oversvømmelser, solstråling, temperatur
- Modstandsevne mod uforudsete hændelser og ulykker, herunder jordskælv, eksplosioner, brand, trafikpåvirkninger
- Personlig sikkerhed mod indbrud og vandalisme
- Sikkerhed mod afbrydning af forsyninger
- Indkøb af materialer og service, herunder sporbarhed
- Bedømmelsen skal inkludere: ansvarligt indkøb og sporbarhed af materialer og service.

Involvering af interessenter

Bedømmelsen skal inkludere interessenternes mulighed for at blive inddraget i beslutningsprocessen for realiseringen af bygningen.

6.9. Vurdering af sociale faktorer

I nedenstående skema er der foretaget en relativ vurdering af de sociale faktorer, som vurderes at falde forskelligt ud i de 4 scenarier.

	1	2	3	4
Sundhed og komfort				
Akustik	*	**	***	***
Luftkvalitet indendørs	÷	**	***	***
"Visuel komfort" Formentlig dagslys – og andre lysforhold	***	**	*	**
Temperaturforhold	÷	**	***	***
Påvirkninger på nabolaget 1)				
Støj	**	***	***	** 1)
Udledninger til udendørs luft, jord og vand	?	?	?	?
Stød og vibrationer 1)	***	***	***	÷
Vedligehold Her vurderes det nødvendige vedligehold i levetiden i forhold til sundhed og komfort for brugerne af bygningerne samt påvirkninger på nabolaget	*	*	***	***
Sikkerhed "tryghed"				
Modstandsevne mod klimaforandringer, herunder regn, vind, sne, oversvømmelser	*	**	***	***
Solstråling, temperatur	*	***	***	***
Modstandsevne mod uforudsete hændelser og ulykker, herunder jordskælv, eksplosioner, brand, trafikpåvirkninger	***	*	***	***
Personlig sikkerhed mod indbrud og vandalisme	***	*	***	***
Sikkerhed mod afbrydning af forsyninger	**	***	***	***
I alt *	20	25	34	31
I alt ÷	2	0	0	1

1) Under renovering

6.10. Opsamling på bæredygtighedsvurdering

For så vidt som det overhovedet er muligt at foretage en samlet, generel vurdering af bæredygtigheden af de 4 scenarier, baseret på de standardiserede metoder og parametre, er ovenstående vurderinger samlet op i nedenstående skema.

Hvert scenarie er tildelt fra 1 til 4 point, relativt til hinanden, for henholdsvis LCA, bæredygtighedsparametre og sociale faktorer. Point er tildelt på den måde, at hvis det er muligt at rangere scenarierne i forhold til hinanden, så får det ringeste 1 point og det bedste 4 point. Hvis 3 scenarier er nogenlunde ens, men væsentligt bedre end det sidste, så får de 3 4 point hver og det sidste 1 point.

Scenarier:	1	2	3	4
Livscyklusanalyse	1	4	4	4
Bæredygtighedsparametre	1	3	4	4
Sociale faktorer	3	3	4	4
Point i alt	5	10	12	12

Uden at foretage vægtning af de forskellige parametre, ser det altså ud til, at det overordnet set er det værste scenarie ingen energirenovering at foretage, set i forhold til bæredygtighed.

De bedste scenarier er de to med murværk i 78 mm tykkelse, men skaller er meget tæt på at være lige så godt. Det skal dog understreges, at holdbarhed eller behov for ekstra vedligeholdelse af den slankere regnskærm kun er begrænset bedømt.

Bilag A: Eksempel på anvendelse af vurderingsskemaerne

Der er taget udgangspunkt i projektets demonstrationscase, Rødovre Boligselskab. Selve casen er beskrevet i rapporten "Case: Fælleshuset, Birkmosevej 32, Rødovre – udførelse af demonstrationsprojekt".

Demonstrationsprojektet, det vil sige fælleshuset, herefter betegnet med "D", bestod i koncept nr. 4, nedrivning med opførelse af 78 mm ny mur. Sideløbende blev der foretaget energirenovering af boligblokkene efter koncept 2.1, teglskaller på puds og isolering, herefter kaldet "E".



Figur 5. Fælleshus, indgangsfacade



Figur 6. Fælleshus, facade mod haveareal

Bygningens geometri

Både den fritliggende bygning og karréstrukturen kan være relevant for renoveringskonceptet. Her er det mest afgørende, hvordan de konstruktive og tekniske forhold er for hver facade. Når et forhold er relevant for bygningen, angives det med D hhv. E i feltet. Ikke relevante forhold streges over. Til sidst sammentælles antallet af røde, gule og grønne forhold.

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
1	Bygningen har tagudhæng	x	x	x	E	x	x	D
	Bygningen har muret gesims ved tag							
2	Der er kældernedgange	x	x	x	E	x	x	D
3	Der er fremspring eller udsmykninger i facaden	x	x	x	E	x	x	D
4	Der er altaner	x	x	x	E	x	x	
5	Der er behov for at begrænse murtykkelsen							
6	Andelen af murværk i facaden er lille til medium							
	Andelen af murværk i facaden er medium til stor	x	x	x	E	x	x	D
7	Vinduer er generelt små, lille lysindfald	x	x	x	E	x	x	D
	Vinduer er generelt store, godt lysindfald							

Nr. 3: Der er murede stik over vinduer samt detaljer ved opgangsdøre. Detaljeringen er udført som forbandt.

Nr. 4: Der er ikke altaner på fælleshuset (D).

Konstruktive og tekniske forhold

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
8	Murværket er massivt, minimum 1½ sten	x	x	x	E	x	X	D
	Murværket er massivt, 1 sten eller derunder	x	x	x	x	x	x	D
	Der er hulmur med faste binderkolonner	x	x	x	E	x	x	D
	Der er hulmur med trådbindere							
9	Der er faste udmuringer omkring åbninger	x	x	x	E	x	x	D
10	Bygninger har revner, tegn på instabilitet							
11	Facaden er bærende	x	x	x	E	x	x	E
12	Murværkets generelle tilstand og kvalitet høj	x	x	x	E	x	x	D
	Mursten og fuger er nedbrudte							
13	Indvendigt pudsede overflader	x	x	x	E	x	x	D

Nr. 8: Massivt murværk udelukker i sagens natur 1.2 hulmursisolering, men scenariet er alligevel vurderet for alle punkter for eksemplets skyld.

Nr. 10 og 12: Forholdet er ikke vurderet for hele bebyggelsen.

Merværdi og arkitektoniske overvejelser

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
14	Udearealer ønsket omlagt ifb med renovering	?	?	?	?	?	?	?
15	Der er lette facadepartier ønskes ændret til tegl							
16	Tagrenovering ønskes	x	x	x	E	x	x	E
17	Der ønskes ændringer i bygningens udtryk							
18	Der er behov for at reducere vedligehold	x	x	x	E	x	X	E
19	Den æstetiske og tekniske kvalitet af mursten er høj	x	x	x	E	x	x	E

Komfort og energi

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
21	Der er konstateret kuldebroer	x	x	x	E	x	x	D
22	Der er skimmelp problemer							
23	Der er trækgener							
24	Der er støjproblemer (udefra)							
25	U-værdien ønskes nedsat mest muligt	x	x	x	E	x	x	D
26	Beboerne skal have mindst mulig gene af renoveringen.	x	x	x	E	x	x	D
27	Varmeudgiften er stor							

Nr. 22, 23 og 24 er ikke nærmere vurderet for bebyggelsen. Skimmel og træk kan således forekomme i nogle tilfælde.

Sammentælling og vurdering

Felter med skråstreg / tælles ikke med. Derfor opnås ikke samme totalsum for alle scenarier.

Nr.		Urørt facade			Skaller		Ny	Riv
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3	4
	Bygningens geometri. 7 spørgsmål							
	Antal røde	0	0	0	0	1	2	0
	Antal gule	1	0	0	4	3	3	1
	Antal grønne	5	6	6	2	2	1	3
	Konstruktive/tekniske forhold. 6 spørgsmål							
	Antal røde	0	2	0	0	0	0	2
	Antal gule	3	2	3	1	1	1	2
	Antal grønne	4	3	4	6	6	6	3
	Merværdi og arkitektur. 7 spørgsmål							
	Antal røde	0	1	1	1	1	1	0
	Antal gule	2	1	1	1	1	0	1
	Antal grønne	1	1	1	1	1	2	2
	Komfort og energi. 7 spørgsmål							
	Antal røde	1	1	1	0	0	0	0
	Antal gule	1	1	2	1	1	0	1
	Antal grønne	1	1	0	2	2	3	2
	Total							
	Antal røde	1	3	2	1	2	3	2
	Antal gule	6	4	5	7	6	4	5
	Antal grønne	11	11	11	10	10	11	10

Når man ser på den totale vurdering ud fra antal røde, gule og grønne forhold, er det vigtigt at gøre sig klart, at alle forhold ikke vægter ens. For eksempel gælder det for scenarie 1.2 hulmursisolering, at røde felter vedr. massive murfelter helt udelukker løsningen, mens forhold markeret med rødt i andre tilfælde blot indikerer forhold, som kræver en særlig håndtering.

Som udgangspunkt bør man se på, om de røde eller gule forhold findes under fx konstruktive og tekniske forhold, eller under "merværdi og arkitektur". Et rødt felt under konstruktive forhold kan jf. eksemplet helt umuliggøre et scenarie, mens det forhold, at

murstenene har en høj æstetisk værdi ikke er en egentlig hindring for at rive dem ned eller pakke dem ind i isolering.

Neden for kommenteres vurderingen af hvert scenarie:

Scenarie 1.1. Ingen ændring

Resultatet markerer sig som ret uproblematisk med kun 1 rødt felt og 6 gule. Det er selvfølgelig konstruktivt og æstetisk uproblematisk at lade murværket urørt, når der er tale om bygninger i god kvalitet og vedligeholdelsestilstand. Det enlige røde felt angiver, at der ingen energiforbedring sker. Så hvis man ønsker energiforbedring, kan scenariet ikke anbefales.

Scenarie 1.2. Hultursisolering

For dette scenarie er der 3 røde felter, og når der er massivt murværk, kan løsningen ikke anvendes.

Scenarie 1.3. Indvendig efterisolering

Indvendig efterisolering scorer 2 røde felter. Det skyldes, at beboerne vil blive generet under udførelsen, og at vedligehold kan blive øget. Årsagen til dette er, at ydermuren vil blive udsat for mere afkøling, og man skal i givet fald sikre sig, at facaden kan holde til dette. Hvis der forekommer skimmel, er indvendig efterisoleringen desuden problematisk, da det kan være vanskeligt at eliminere kuldebroer. Disse er de væsentligste årsager til ikke at anbefale indvendig efterisolering.

Scenarie 2.1. Isolering m. teglskaller på puds + fuger (valgt)

I dette scenarie er skallerne monteret i hånden og fuget på traditionel vis. Al detaljering i form af forbandter og stik i facaden er således genskabt. Dette giver en høj æstetisk værdi, men de originale mursten bliver skjult, hvilket giver anledning til et rødt felt. Herudover er det primært bygningens geometri, der giver anledning til gule felter. Dette er forhold, som kan løses i detaljeringen. Scenariet kan anbefales, når der tages hensyn til, at levetiden ikke er velkendt og der evt. skal foretages mere vedligehold end på en traditionel muret facade

Scenarie 2.2. Præfabrikeret skumisolering med teglskaller

Dette scenarie har 2 røde forhold vedr. facadens detaljering (geometri) og æstetik. Det er ikke muligt at bevare facadens detaljering med en præfab-løsning som de findes på markedet i dag, og dette er den væsentligste årsag til at fravælge løsningen og foretrække 2.1 trods den højere pris.

Scenarie 3. Ekstra skalmur

Ved en ekstra skalmur er der for det aktuelle byggeri hele 3 forhold, der markeres med rødt. Det er forhold vedr. geometri, hvor den kraftigt øgede facadetykkelse giver ulemper i forhold til vinduesstørrelse og kældernedgange samt æstetik. Pris og ulemper vedr. evt. nyt fundament er ikke medtaget i denne vurdering, men vil også trække ned.

Scenarie 4. Nedrivning af ½ sten og ny slank facademur (valgt som demo)

Dette scenarie har 2 røde markeringer, som vedrører de konstruktive forhold. Dette er forhold, som har været relativt dyre at løse, og havde det ikke drejet sig om et demonstrationsprojekt, så ville metoden næppe være valgt. I forhold til scenarie 2.2, som ganske vist også var temmelig kostbar at udføre, så har man her opnået en løsning, som er kendt som robust. Men der var store udfordringer med projektering og beregning pga. nedrivningen. I et større projekt med en gentagelseeffekt ville dette betyde mindre.