



Bæredygtig energirenovering af murede facader i etageejendomme

Case: Fælleshuset, Birkmosevej 32, Rødovre
Udførelse af demonstrationsprojekt



Titel:

Bæredygtig energirenovering af murede facader i etageejendomme
Case: Birkmosevej 32, Rødovre – Udførelse af demonstrationsprojekt

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

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Abelone Køster, aek@teknologisk.dk, tlf. 7220 3816
Godkendt af: Thea Bech-Petersen, tbe@teknologisk.dk, tlf. 7220 1009

Opgavenr. P2002857

Dato: 12-01-2017

Indhold

1.	Indledning	4
2.	Case: Birkmosevej 32. Bygningsbeskrivelse,	5
3.	Vurdering af egnethed for koncept	5
3.1.	Gennemgang af koncept – indledende undersøgelse	6
4.	Forundersøgelser og tilstandsbeskrivelse	8
5.	Projektering og planlægning.....	13
5.1.	Det valgte koncept	13
5.2.	Forudsætninger	19
6.	Udførelsen	20
6.1.	Klargøring og nedrivning	22
7.	Energiberegninger og -besparelser.....	34
8.	Konklusion og afrunding	35

1. Indledning

Nybyggeri udgør kun omkring 1 % af vores samlede bygningsmasse, mens størstedelen af byggeaktiviteterne ligger inden for renovering. En stor del af de fremtidige opgaver vil altså ligge i udviklingen og energioptimeringen af vores nuværende bygningsmasse gennem renovering og restaurering.

Etageejendomme fra perioden 1930-80 er dårligt isolerede sammenlignet med nye ejendomme og udgør således 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, Danakon, Enemærke og Petersen, 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.

Konceptet er nærmere beskrevet i dokumentet *Konceptbeskrivelse*.

Løsningen er ikke egnet til alle bygninger eller facader, og der findes en række alternativer. Det er derfor nødvendigt at vurdere, hvilken eller hvilke løsninger, der er bedst egnet for en renoveringssag.

For at kunne foretage den nødvendige vurdering, som skal afgøre den murede facades skæbne under en energirenovering, behøves en screening af bygningen/bygningerne samt grundige 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 indsamles, kan for en dels vedkommende vurderes teknisk og økonomisk, men for en stor del vil det også bero på subjektive vurderinger.

Der henvises derfor til de udarbejdede dokumenter *Vurderingsværktøj* til bygherre samt *Vejledning i forundersøgelser*. Der er ingen endelig facitliste for vurdering af egnethed samt forundersøgelser, men vejledningerne kan bidrage til at afklare de væsentlige problemstillinger.

Som en del af udviklingsprojektet er der gennemført en demonstrationscase. Her er såvel vurdering, forundersøgelser, projektering og praktisk udførelse af konceptet gennemført. Der henvises undervejs til dokumentations- og vejledningsmateriale (kan findes på murtag.dk), som omfatter:

- Konceptbeskrivelse, etageejendomme
- Vurderingsværktøj for bygherre
- Energirenovering af murede facader – beregningseksempel
- Projekteringsvejledning – energirenovering af muret etagebyggeri
- Metodevejledning om forundersøgelser i forbindelse med energirenovering af murede etageejendomme

2. Case: Birkmosevej 32. Bygningsbeskrivelse,

Udgangspunktet for afprøvning af konceptet er et beboerhus/fælleshus i 1½ plan med kælder. Den indledende gennemgang har vist, at bygningen har saddeltag med udhæng og er bygget delvist op imod en boligblok, se foto 1. Ejendommen er opmuret i krydsforbandt, og tykkelsen af facade- og gavlvægge i stueetagen er 1½-sten med puds på indvendig side, i alt ca. 36 cm. Bygningen er opført med facader i massive røde, blødstrøgne sten og er opført delvist med hulmur, delvist med massive partier. I bagmuren er der anvendt både røde og gule massive sten. Til opmuringen er benyttet ren (svag) kalkmørtel. Der er skjult kælder under terræn ud for gavlen.



Foto 1: Fælleshusets oprindelige udtryk.

De nævnte forhold er udgangspunktet for den indledende vurdering af konceptets egnethed, og kan fastlægges uden destruktive undersøgelser. Men for at få fuldstændig klarhed over murtykkelser, forbandter mv. kræves en egentlig forundersøgelse. Se afsnit 4.

3. Vurdering af egnethed for koncept

Som det første konstateres det, at fælleshuset på Birkmosevej ikke er klassificeret som bevaringsværdigt. 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 der ikke mulighed for at ændre væsentligt på facadeudseende og de originale materialer.

Da fælleshuset på Birkmosevej 32 i Rødovre desuden var omfattet af en renoveringssag, hvor Rødovre Boligselskab renoverede boligblokke i tre etager fra 1940'erne, var der mulighed for, at energiforbedringskonceptet kunne afprøves på fælleshuset og dermed kunne sammenlignes direkte med den igangværende renovering. Det skal dog her siges, at fælleshuset er atypisk i forhold til den øvrige bebyggelse.

Renoveringen af de øvrige bygninger skete ved at lime stenuld uden på den eksisterende facade, som herefter blev pudset. Uden på dette blev der monteret 20 mm teglskaller, som fugedes på traditionel vis, så facaden lignede den oprindelige.

Koncepter med skaller på isolering uden på den oprindelige facademur er behandlet i Vurderingsværktøjet,

3.1. Gennemgang af koncept – indledende undersøgelse

Konceptet er baseret på, at der nedrives $\frac{1}{2}$ sten, det vil sige 108 mm af den eksisterende formur. I nogle tilfælde er det nødvendigt at bevare præcis samme murtykkelse efter renoveringen, i andre tilfælde kan man med fordel øge med f.eks. 60 mm, og dermed få en "kold sokkel" isoleret.

Inden der blev foretaget destruktive undersøgelser, blev det forventet, at fælleshuset har såvel massiv $1\frac{1}{2}$ stens mur som $1\frac{1}{2}$ stens mur med faste bindere. Der ses ikke noget til hinder for at øge murtykkelsen med 60 mm, bortset fra i hjørne ind mod boligblok, på altansiden, hvor altanens yderside er tæt på fælleshusets gavl.

Forudsætning "før tilstand"	Anbefalet koncept for renovering af mur. Nedrivning 108 mm
Massiv $1\frac{1}{2}$ stens mur (35 cm). Sokkel er uisolaret.	A: Ny formur 78 mm + murens tykkelse øges med 60 mm Der vil være plads til ca. 10 cm ny isolering.
$1\frac{1}{2}$ stens mur med faste binderkolonner.	B: Ny formur 78 mm + murens tykkelse øges med 60 mm Der vil være plads til 220 mm isolering i hulmuren samt 90 mm ud for faste binderkolonner.

U-værdi af facademur (overslagsberegning)	W/m ² °C
B: 41 cm mur, heraf nyt hulrum 10 cm og 78 mm formur, Kingspan 10 cm	0,19
C: 41 cm mur, heraf hulrum 22 cm hhv. 9 cm, med Kingspan, middelværdi ca.	0,14

*) under forudsætning om optimal isolering. Ældre mure vil ofte være behæftet med fejl.

Når udgangspunktet er en $1\frac{1}{2}$ stens massiv mur uden isolering, er energibesparelsen selv sagt til at tage og føle på. U-værdien af selve muren kan blive reduceret med op mod 90 %, hvis man tillader tykkelsen at blive øget en smule. Men da der er tale om en ret omfattende renovering, vil energibesparelsen alene sjældent være argument nok for at gå i gang. De andre gevinster nævnt i konceptbeskrivelsen vurderes herefter:

- Øget komfort og sundhed. Kuldebroer elimineres, og det fjerner både skimmelrisiko og ubehagelige klimazoner i boligen. Punktet er særdeles relevant for casen, som har massivt murværk og massive udmuringer. Endvidere er der tale om et lokale, som kun opvarmes lejlighedsvist og kortvarigt, og her vil en massiv mur være langsom at opvarme.
- Udbedring af eksisterende mangler. Husene fra perioden kan lide af nedslidte facader, utætheder, dårligt udført isoleringsarbejde med mørtelspild etc. Da facaden

ikke er isoleret, er dette ikke relevant. Til gengæld er der mulighed for at forbedre U-værdien markant. Tætheden vurderes generelt at være i orden, da der dels er massivt murværk, dels er pudset indvendigt.

- En smuk og moderne teglfacade. Der er mulighed for at vælge tegl fra hele den rige palet af farver og udformninger, som er tilgængelig på de danske teglværker. Her ønsker man at bevare det originale udseende.
- Det er muligt at anvende lokalerne *) under renoveringen, og det indvendige areal formindskes ikke. Da facadens tykkelse kun forøges med højst 6 cm, bevarer også lysindfaldet.
- Robusthed. Murens levetid er som en ny teglmur.

*) det viste sig dog i det senere forløb, at der måtte tages nogle forbehold for anvendelsen under renoveringen.

At nedrive en muret facade og opbygge en ny er selvfølgelig en forholdsvis radikal måde at energiforbedre facaden. Derfor bør alternativer med udvendig efterisolering, hvor facaden ikke nedrives, også vurderes.

Man kan ret groft set inddele dem i 3 typer:

1. Opførelse af ny skalmur uden på den eksisterende mur
2. Opsætte isoleringselementer, "Isoklink", med påsatte 20 mm teglskaller, direkte på gammel mur.
3. Opsætte isolering på den eksisterende mur, som efterfølgende tyndpudses. Facaden kan herefter også forsynes med teglskaller.

I nogle tilfælde kan alternativerne være udmærkede løsninger. Her skal opmærksomheden blot henledes på følgende:

Ad 1: Ny skalmur uden på eksisterende mur: Selv med ny slank facademur på 78 mm, vil den samlede tykkelse af muren blive øget, hvilket kan påvirke arkitekturen og lysindfaldet. Muren vil typisk blive ca. 20 cm tykkere.

Ad 2: 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. Envidere ønskede bygherre et identisk forbandt og samme detaljering med stik over vinduer etc., hvilket gjorde, at en standardløsning ikke var anvendelig.

Ad 3: Løsninger med puds: Facaden ændrer radikalt udseende. Eller der må opsættes teglskaller, hvilket fordyrer løsningen betydeligt.

Ved hulumursisolering 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 energirenovierung.

Konklusionen på den indledende del blev, at en egentlig forundersøgelse blev gennemført, med henblik på at gennemføre løsning med nedrivning og ny slank facade.

4. Forundersøgelser og tilstandsbeskrivelse

Forundersøgelserne følger udgivelsen "Vedledning om forundersøgelser". Der blev herunder foretaget en detaljeret gennemgang med destruktiv prøvning af murværkets forbandt og type. Dette var nødvendiggjort af, at fælleshuset var anderledes end boligblokkene.

I forbindelse med de destruktive undersøgelser blev der samtidigt udtaget mursten til trykprøvning og foretaget prøvning af fugestyrker med X-bor. X-bors-prøverne blev foretaget i bagmuren, hvor der også var udtaget sten fra facaden, for at sikre, at værdierne er retvisende for de fuger, som udgør det bærende murværk efter afskrælning.

Ved udtagning af sten i gavlen konstateredes, at murværket er massivt. Mellem vinduerne i gavlen kunne det ses, at kopskiftet er udført med $\frac{3}{4}$ -sten i hver side (foto 2), og bag disse $\frac{3}{4}$ -sten ligger en tilsvarende $\frac{3}{4}$ -sten på samme måde (som løber), se foto 3. Kopskifter i facaden er udført af hele sten, og bag løberskiftet er der hele sten som kopskifte i bagmuren, se foto 4. Krydskopper i løberskiftet er udført som knækket kop i facaden (foto 2).



Foto 2: Bag $\frac{3}{4}$ -sten ligger en tilsvarende $\frac{3}{4}$ -sten på samme måde som løber.



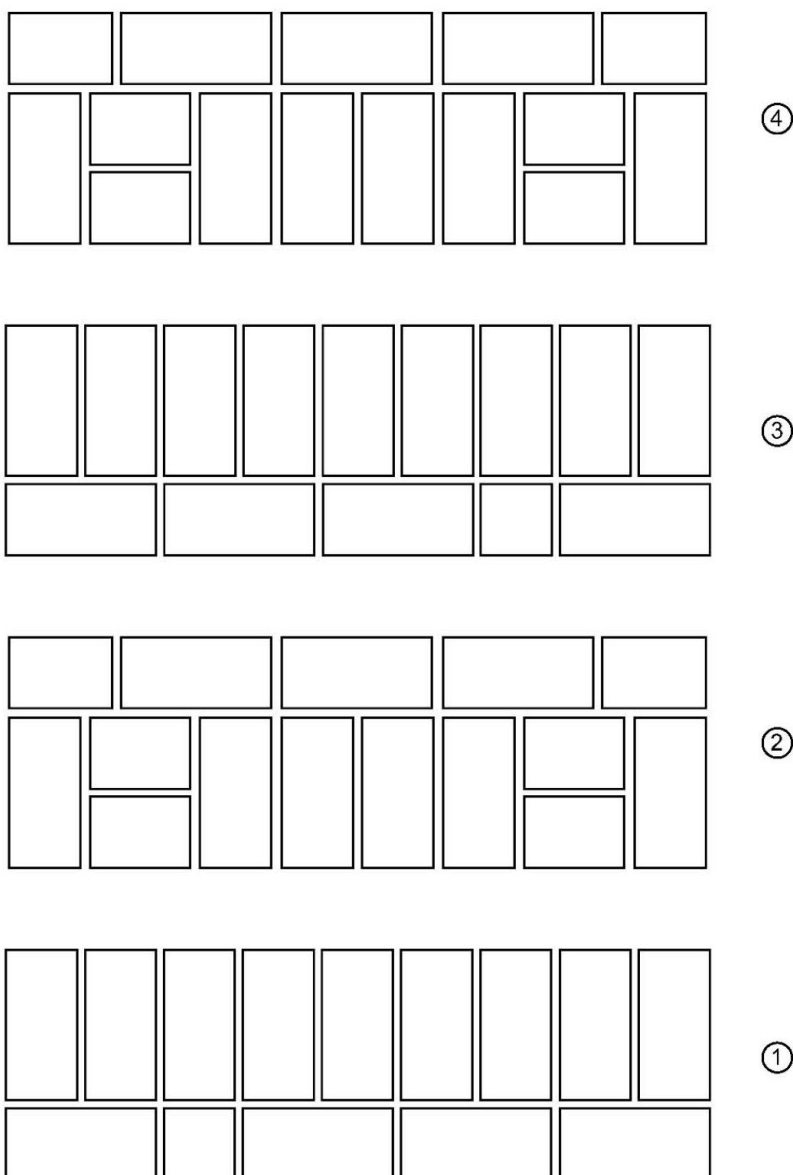
Foto 3: Bag løberskiftet er der hele sten som kopskifte i bagmuren.



Foto 4: Kopskiftet er udført med $\frac{3}{4}$ -sten i hver side.

Murværkets opbygning mellem vinduerne i stueetagen i gavlen er vist i figur 1.

Murværk mellem vinduer



Figur 1: Murværkets opbygning mellem vinduerne i stueetagen.

I det gennemgående murværk under vinduerne ses også et løberskifte midt i væggen, se foto 5. I det undersøgte skifte ligger der således tre løbere ved siden af hinanden.

Gavl og facade er understøttet af pladsstøbt jernbetondæk over både kælder og stue.



Foto 5: Løberskifte midt i væggen.

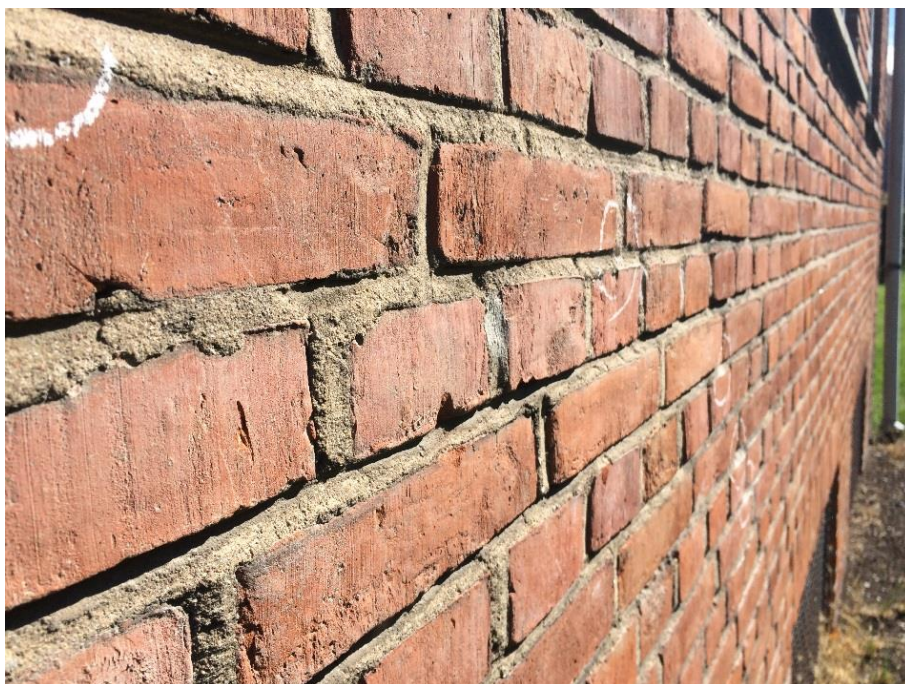


Foto 6: Eksisterende murværksmaterialer, facade. Krydsforbandt med vandfaldsfuge.



Foto 7: Eksisterende murværk, facade.



Foto 8: Gavlparti mod vest.

Både dæk og bjælke forudsættes at have vederlag på den inderste sten, dvs. 108 mm. Dækket regnes at være udstøbt på alle 4 facader/gavle. Tykkelsen af betondæk oven på væggene er 100 mm.

5. Projektering og planlægning

På baggrund af observationerne gjort under forundersøgelserne vurderes det, at murværket, der er muret i ægte krydsforbandt, er velegnet til energiforbedring, der indebærer fjernelse af den yderste 1/2-sten. Løberskifter kan umiddelbart fjernes, og ved overskæring/overhugning af de hele sten i kopskifterne efterlades 1/2-sten i den resterende 1/1-stens mur.

Det vil være nødvendigt med fugning af murværket efter fjernelse af den yderste sten, idet der er konstateret dårlig mørtelfyldning bag de udtagne sten, se foto 3 og 4. Der er endvidere risiko for, at der efter afskrælningen af yderste 1/2-sten fremstår en 1/1-stens mur, hvor der er lodrette fuger over hinanden i tre skifter eller mere. Ved renoveringen skal dette undersøges, og i stenene, der ikke er i forbandt, indbores renoveringsbindere pr. 720 mm.

I princippet vil der være problemer de steder, hvor der findes et løberskifte bag løberskiftet i facaden. Ved hyppigt forekommende områder med lodrette fuger over hinanden foretages en vurdering af antal af renoveringsbindere.

På baggrund af igangværende renovering på bebyggelsen samlet set, tilstandsvurderingen og mulige energibesparelser samt opgradering af bygningen rent komfortmæssigt, vurderes bygningen velegnet til konceptet.

5.1. Det valgte koncept

Projektet på Boligselskabets fælleshus omfattede renovering af facader og gavle med nedrivning af en halv sten fra den delvist massive mur. Herefter er der isoleret med stenuld og opført ny slank facademur med EPS-søjler iht. til projektets koncept (EPS står for ekspanderet polystyren; hård, men fleksibel isolering). Forundersøgelser og projektering voldte nogen vanskelighed, da der var mange overraskelser under nedrivning, f.eks. var omfanget af massiv mur meget mindre end forventet, idet det viste sig, at store dele af facaderne var udført med faste bindere i kolonner.

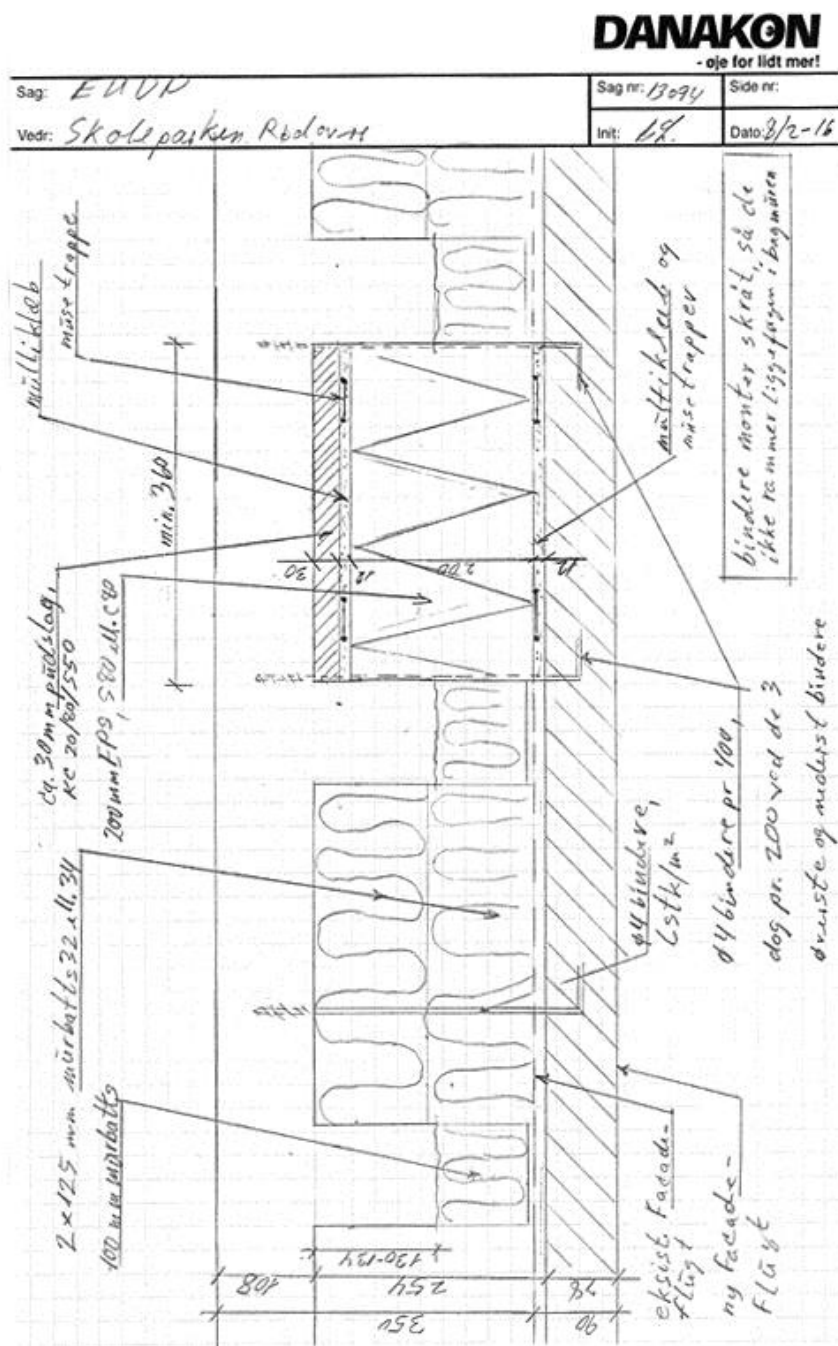
Dette understreger behovet for grundige forundersøgelser. Man bør også præcist beskrive de forudsætninger, der gælder for projekteringen og sikre sig, at entreprenøren under nedrivningen dokumenterer, at disse forudsætninger er overholdt overalt.

Det valgte koncept og opbygningen af facademuren er illustreret i figur 2.

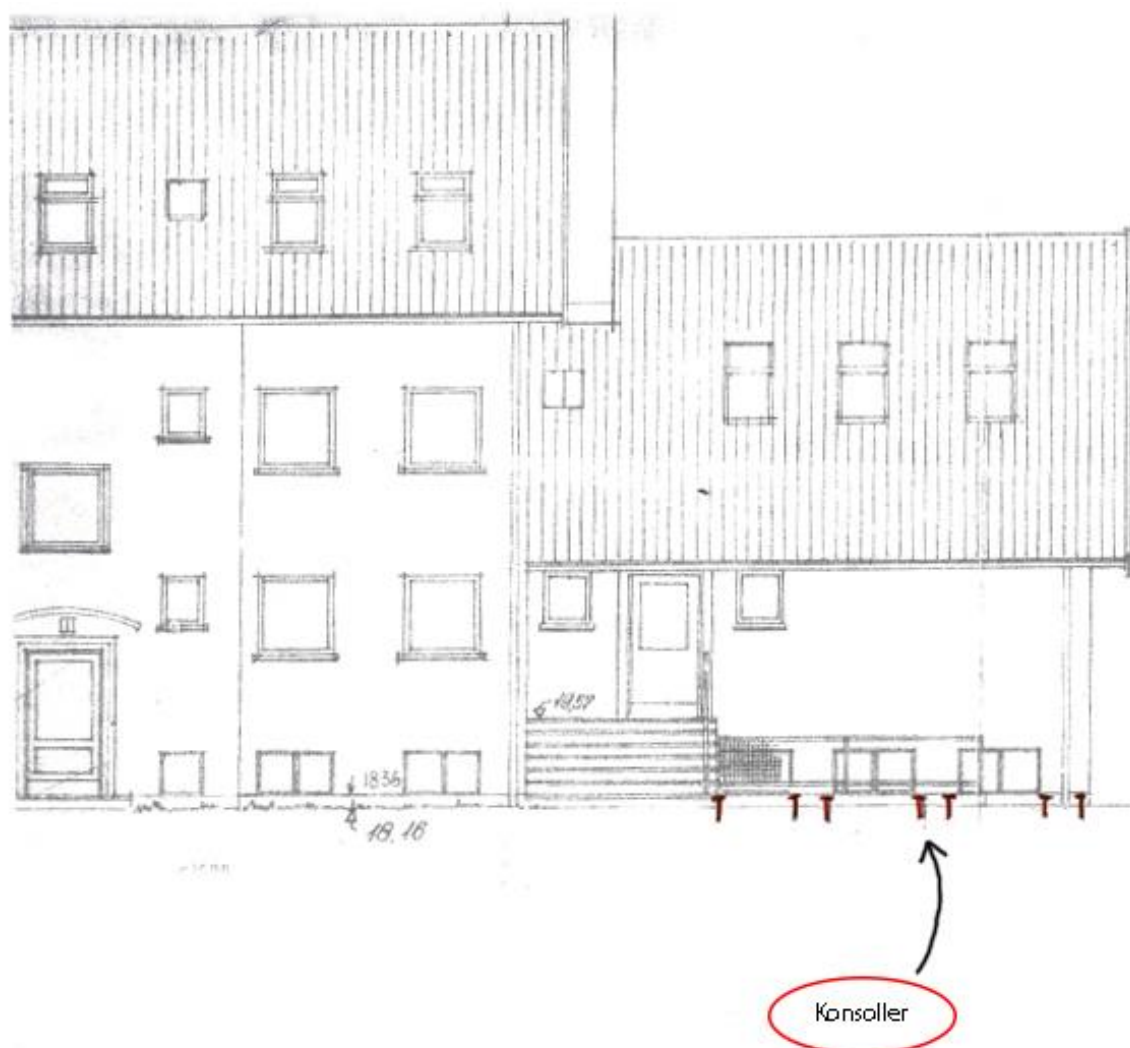
Isoleringsmaterialer og -koncept blev drøftet indgående. Det blev nøje overvejet, om høj-isolerende phenolskum skulle anvendes for at sikre den lavest mulige U-værdi. Til sidst blev det dog besluttet at anvende traditionel mineraluld af følgende årsager:

- Med den valgte udvidelse af murens tykkelse kunne der opnås tilfredsstillende U-værdi.
- Murene viste sig at være meget uregelmæssige, og kolonnerne af faste bindere var bestemt ikke lodrette. Mineraluldsbats er da langt lettere at tilpasse, så hele hulrummet udnyttes til isolering.

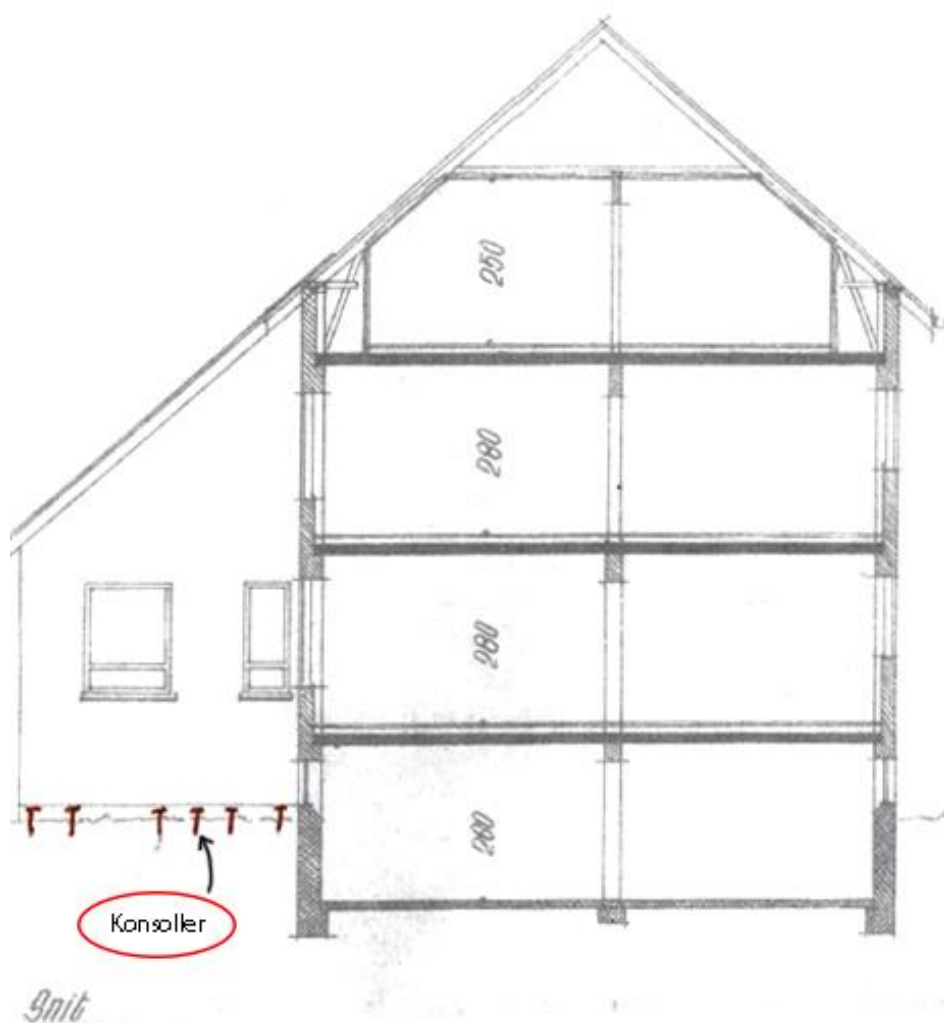
- Phenolskums-isolering var allerede afprøvet i et tidligere projekt med energireno-
vering af et parcelhus.



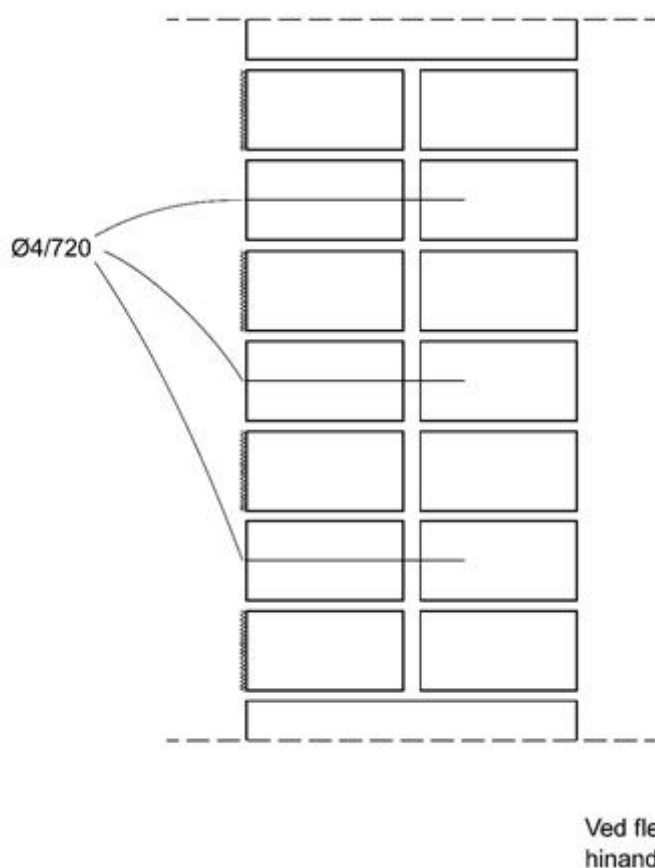
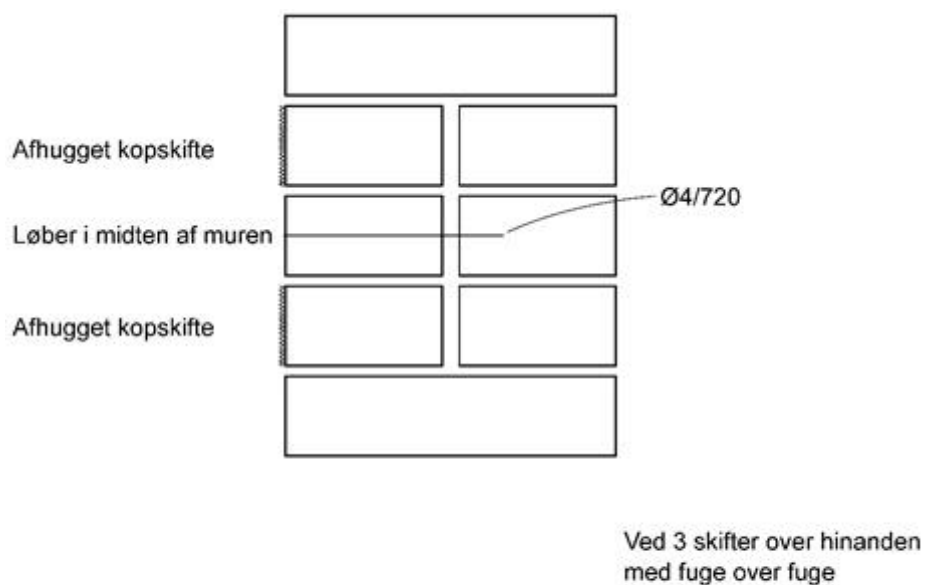
Figur 2: Opbygning af facademur med EPS-koncept. Vandret snit i mur.



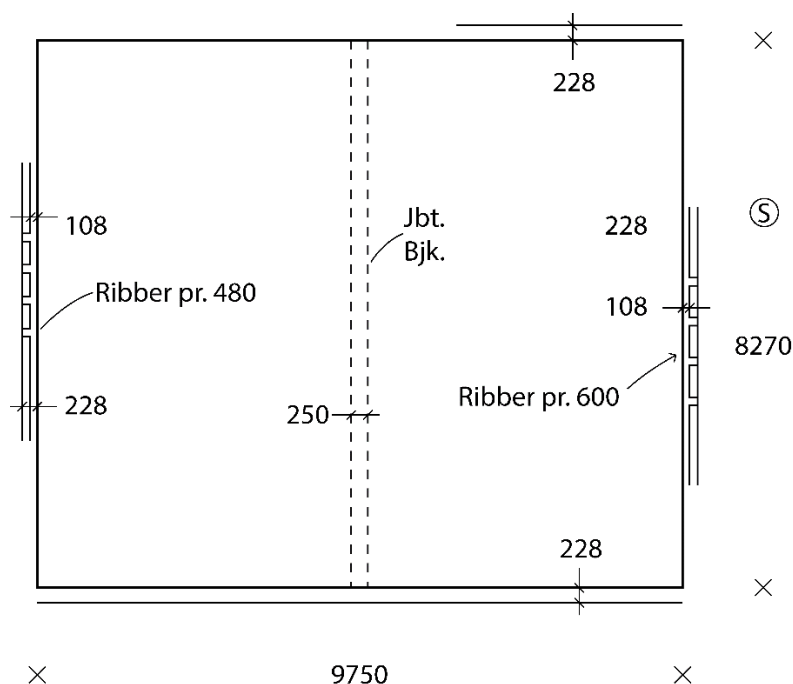
Figur 3: Placering af konsoller.



Figur 4: Placering af konsoller.



Figur 5: Princip for iboring af renoveringsbindere ved fuge over fuge i bagmur efter afhugning af facadesten.



Alle mål i mm.
Længder på vægge til centerlinje.

Figur 6: Plan efter afskrælning, som viser dels mur med faste bindere og massiv mur.

I løbet af projekteringen ændres den planlagte udførelse på flere punkter. Det viser nedenstående:

Planen er, at der sker en fremrykning på ca. 50 mm, og den nye skalmur bæres på konsoller (50 mm), som er vist på figur 7 herunder. Der var til en begyndelse enighed om at anvende hård phenolskum (Kingspan-isolering). Dette skulle være løsningen i de to facader, samt østgavlen. I vestgavlen er den eksisterende gavl over hanebånd 1/1 sten massiv, som ikke vil være mulig at skrælle.

Stabilitet regnes ikke som værende kritisk. Ydermuren på 108 mm bliver udskiftet med en 78 mm mur, hvorved egenvægten af muren til gunst reduceres med 30 mm. For det aktuelle byggeri vurderes dette ikke som værende kritisk, pga. byggeriets 2 jbt.dæk, ringe geometri og gunstige beliggenhed.

5-døgnsvejrudsigten må ikke indeholde prognoser for vindhastigheder på $v_{b0} \geq 14,7$ m/s, som 10 minutters middelvindhastighed (dette svarer til hård vind).

Skulle renoveringen ikke være tilendebragt efter 5 døgn, skal der dagligt følges med i vejrudsigten og såfremt prognosen overstiger "Hård vind" skal der på de ikke-færdige vægge (1/2-stens bagvægge) påmonteres afstivninger (blå-drenge eller lignende) iht. Byg-Erfa blad (21) 01 12 28. Ifm. projektet skal der derfor foreligge et "afstivningsprojekt" således, at de fornødne materialer, placeringer, etc. er parate.

Der opsættes inden nedrivning afstivning i form af stålsøjler forankret ind til bagmuren med limankre. Disse monteres, så både nedrivning og opmuring kan pågå. De afstivende søjler fjernes først, når fuld styrke af det nye murværk er opnået.

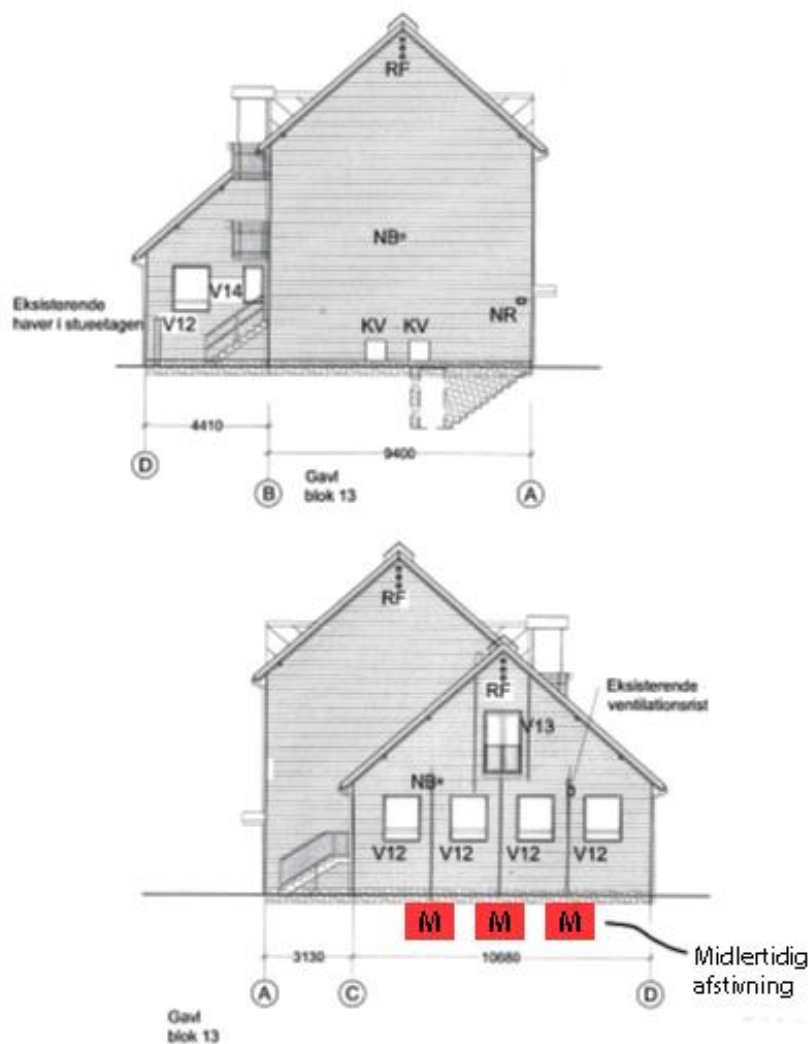
6. Udførelsen

Selve udførelsen af energirenoveringen tilpasses løbende, idet selve udførelsen af det eksisterende byggeri viser sig ikke at være som forventet.

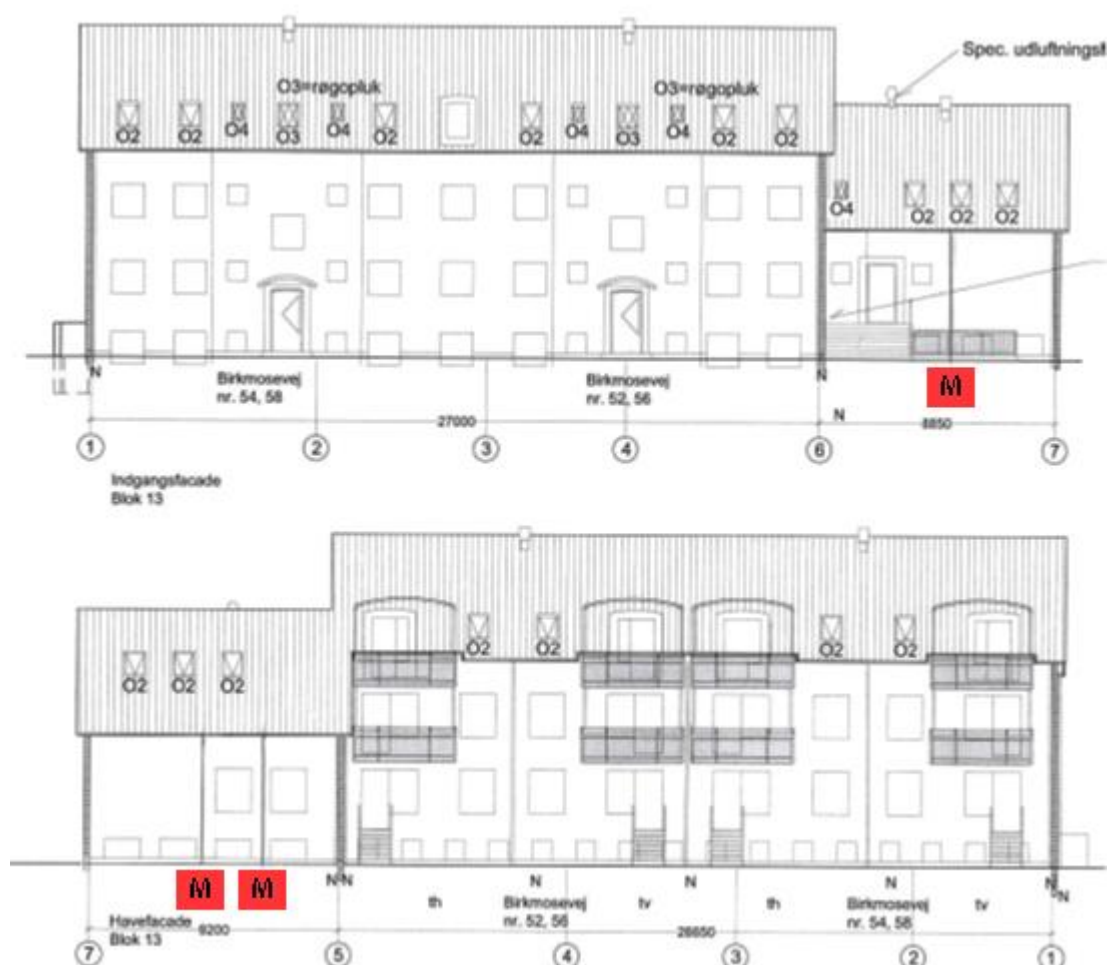
Energirenoveringen planlægges udført efter følgende procedure:

- Indledningsvis monteres midlertidige afstivninger med stålsøjler fremrykket udvendig på facaden, så den nye facade kan opmures bag om. Disse er vist på figur 8 og 9. *Her er de markeret med M. Tillige er i bilaget EPS-søjlerne markeret med E.*
- Nye bindere indskrues indledningsvis i de yderste gavlspær og muren forankres i spærhovedet og hanebånd ved begge gavle, hvor disse er eksponeret for vindlast. Der indskrues Ø4 RF bindere (AISI 304) pr. 300 mm, såfremt den fri afstand vandret er mellem: 60-400 mm. Ved andre afstande foretages fornyet beregning.
- Formuren nedbrydes af den eksisterende hulmur således, at den eksisterende murs tykkelse ændres fra en tykkelse på 348 mm til 228 mm*.
- Det skal løbende undersøges, om der er lodrette fuger over hinanden i 3 fuger (eller mere) for at sikre forbandtet i murværket. I nødvendig omfang indbores renoveringsbindere i hvert 2. skifte pr. 720 mm vandret mål (= 3. sten). Se figur 2.
- Revnede sten i bagmuren udskiftes og fugerne udbedres med KC 50/50/700 umiddelbart efter afskrælningen. Fyldningsgraden skal være minimum 85 % jf. murerhåndbogen 2016.
- Ny og bedre isolering placeres i hulrum og kritiske områder afstives med EPS-søjler efter koncept. Se figur 2 for illustration.
- Ny formur opføres med tykkelse = 78 mm. Den nye facade er fremrykket 90 mm længere frem end eksisterende murværk.
- Ny formur bæres på konsoller, se figur 3 og 4.
- Midlertidige afstivninger fjernes efter 28 døgn.

*) Facaderne, der er udført med faste bindere, står dog blot med ribber som vist i figur 3.



Figur 8: Placering af midlertidige afstivninger.



Figur 9: Placering af midlertidige afstivninger.

6.1. Klargøring og nedrivning

Inden opstart bør bygningen og omgivelserne i videst muligt omfang klargøres.

Er der kabler udvendigt på bygningen der er i brug, skal disse omlægges. Ellers fjernes de umiddelbart. Tilstødende gelændere eller lignende, der ikke længere er plads til ved evt. udvidelse af murtykkelser, tilpasses eller fjernes. Altanerne på den tilstødende boligblok demonteres, og det må beslutes, om trapper skal bibeholdes eller nye udføres ifm. projektet.

Skal der, som her, udføres konsoller til bæring af en fremrykket formur, bør belægning mm fjernes i nødvendigt omfang inden opsætning af stillads. Nedløb demonteres, og der udføres midlertidige nedløb. Dette blev ikke udført i nærværende sag, idet tagudskiftning blev udført samtidig under totalinddækning.

Som det fremgår af foto 9, blev belægning heller ikke fjernet inden opsætning af stillads, og trappen blev bevaret.



Foto 9: Opsætning af stilladser.



Foto 10: Nedrivning af formur opstartes. Der nedrives en facade/gavl ad gangen.

Det er ofte nødvendigt at fastgøre vinduer/døre til bagmuren under nedrivning, så huset kan tilgås/bebos under projektets realisering.

Vinduer kan om nødvendigt monteres til bagmuren med vinkelbeslag. Der tættes/stoppes omkring vinduer, så det ikke kan støve ind. Dette skal gøres meget omhyggeligt, da nedrivning af formur giver meget støv.



Foto 11: Vindue sidder i under nedrivning og fastgøres til bagmur, hvor dette er nødvendigt.

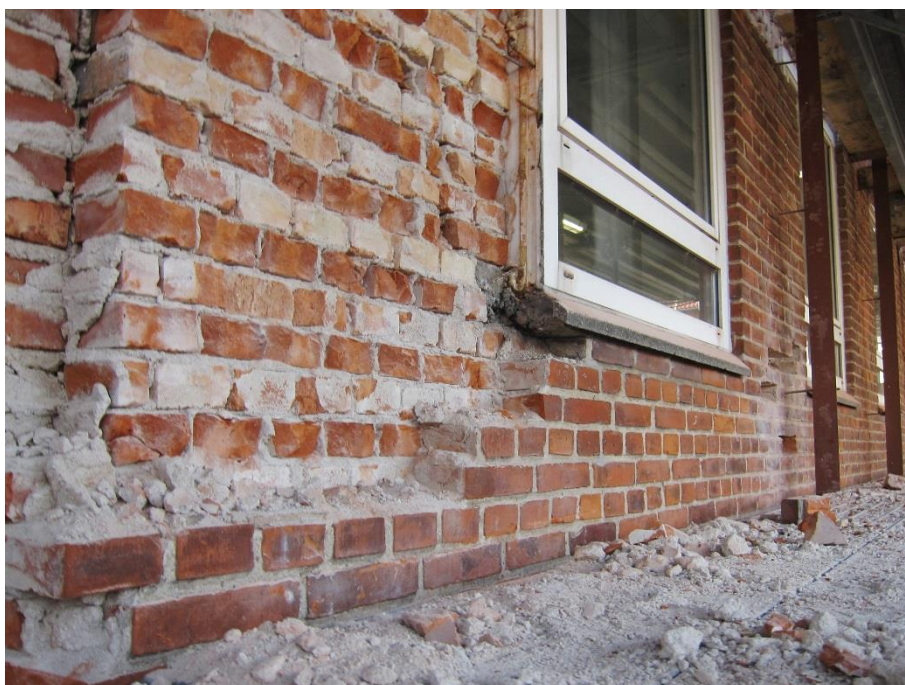


Foto 12: Bygningen under nedrivning af formur.

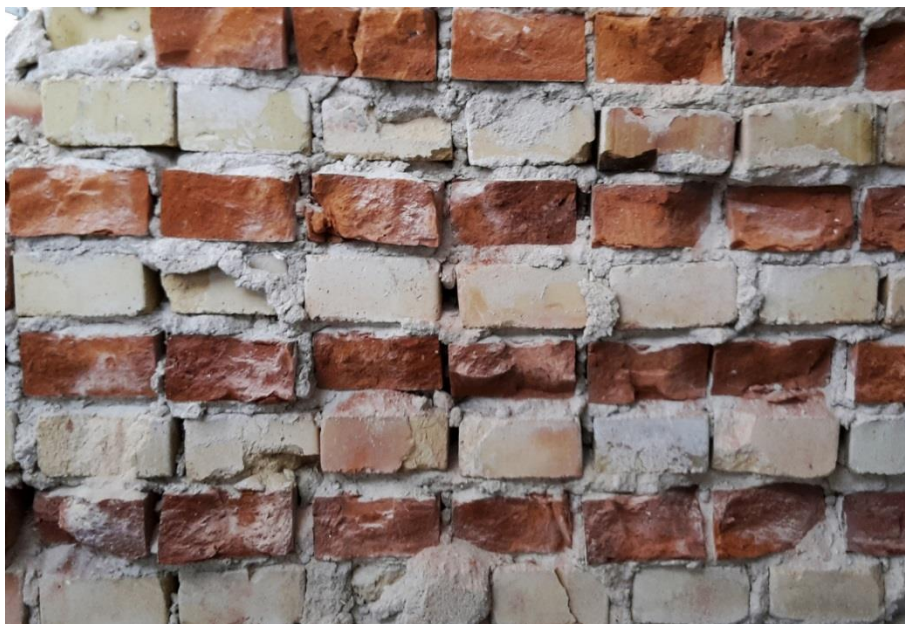


Foto 13: I bagmuren i gavlen er murværket ikke i forbandt, og man ser fuge over fuge.



Foto 14: Formur er nedrevet, og afstivning etableret.

Bagmurene eftergås herefter. Manglende/mangelfuldt fyldte fuger udfyldes, og løse sten/partier i bagmuren ommures/udbedres – både af hensyn til stabilitet, men også for øget tæthed. Mørtelpølser og andre ujævnheder fjernes, så bagmuren har en rethed på +/- maks. 15 mm. over en retskede på 200 cm. I dette tilfælde blev bagmuren pudset/berappet.



Foto 15: Bagmuren eftergås og pudses/berappes i dette tilfælde.

Det tjekkes, at skillevægge er muret i forbandt med bagmur. Det tjekkes, at tagkonstruktion er tilstrækkelig forankret til fundamentet.

Da der skal laves nyt tag, demonteres tagrender, nedløb og udhæng. Der laves afdækning af bygningen med totaloverdækning under renoveringen.



Foto 16: Taget pillet af, og formuren nedrevet.



Foto 17: Totaloverdækning etableret.

Da det er besluttet at udvide hulmuren 90 mm for bedre isoleringstykkelse, monteres der vinkelskinne båret af konsoller på soklen.



Foto 18: Konsoljern og vinkelskinne med nymuret facade.

Fugtspærre etableres ved sokkel. Generelt skal fugtspærre i den nye skalmur monteres på helt sædvanlig vis ved sokkel og over vinduer og døre. Vejledning herom kan findes på www.mur-tag.dk.

Der udføres EPS-søjle til stabilisering af facadefelter mod syd. Det er beregnet, at EPS-søjle skal være 360 mm bred. EPS-søjler udføres iht. den generelle anvisning herom (www.mur-tag.dk, hvor der findes en udførelsesvejledning med fotos, såvel som detaljetegninger). Husk, at den sidste del af EPS-søjlen, nemlig sammenklæbning med formuren, først kan udføres i takt med opmuring, idet klæberen skal udføres vådt-i-vådt med formuren.



Foto 19: Udførelse af EPS-søjle.

Så er der klar til montering af ny hulmursisolering og bindere. Til dette projekt blev der valgt mineraluldsisolering, som nemt optager ujævnheder i bagmur. Der monteres nye bindere, der bores ind i bagmur. Der anvendes i dette projekt 8-10 bindere pr. m². Antallet af bindere projekteres på sædvanlig vis, hvor minimum er 4 stk. pr. m². Langs alle åbninger placeres bindere per minimum 400 mm. Ved alle hjørner skal friholdes 1000 mm for bindere.

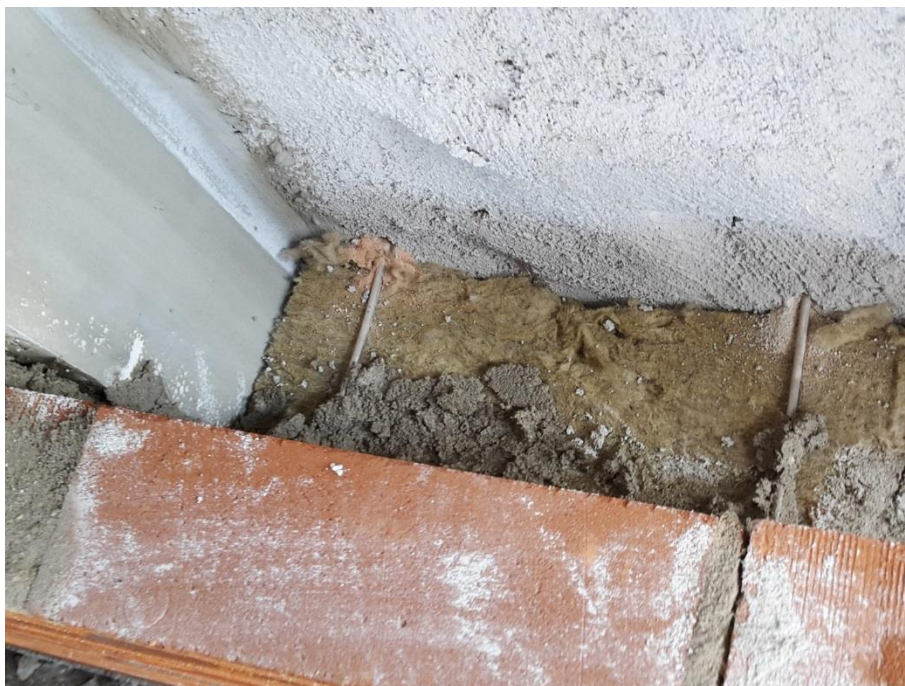


Foto 20: Montering af bindere og opmuring af ny formur påbegyndt.



Foto 21: Hjørne armeres. Der er anvendt tilskårne hjørnestein, så der kan mures med normale murmål.

Opmuring sker på helt normal vis ved anvendelse af murhjørner der er fastgjort i bagmuren (foto 22). Fordi der isoleres med mineraluld, kan der på sædvanlig måde isoleres tæt mod bagsiden af formuren.



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

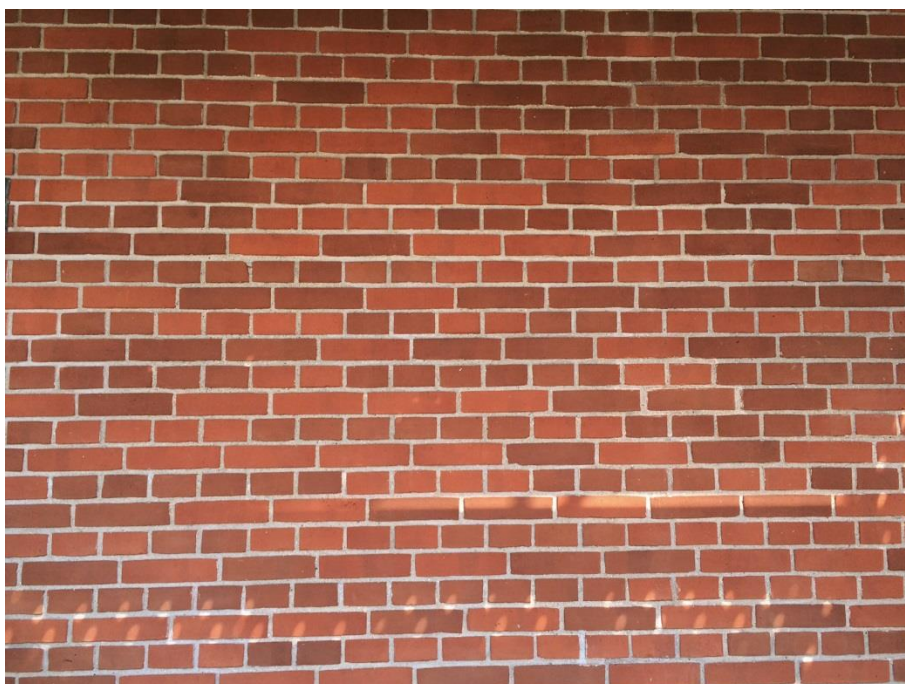


Foto 23: Færdigt murfelt udført i krydsforbandt som oprindeligt murværk.

Ny formur opmures og udføres i krydsforbandt som det oprindelige murværk. Der er fokus på, at den nye slanke formur er opmuret med 100 % fyldte fuger for styrke, holdbarhed og tæthed. Dette opnås bedst ved at mure med slåede studser. De nye 78 mm slanke facadesten er bestilt med skårne hjørnesteen til hjørner og false, så der kan mures efter sædvanlige murmål.



Foto 24: Vinduesstik udføres som oprindeligt.

Omkring vinduer kan der mures med 78 mm sten eller skårne vinkelsten, alt efter hvor dybt i falsen vinduer og døre ønskes placeret.



Foto 25: Vinduerne ligger tilbage i facaden.

Placering af de nye vinduer og døre i falsen bør tilpasses husets stil. Der stoppes, renses, primes og fuges omhyggeligt omkring vinduer og døre for 100 % tæthed.

Når vinduer og døre rykkes frem, skal nye vinduer enten være udført med påforingskarme for at dække hulmur, eller der skal udføres nye indvendige kuldebroisolerende til-sætninger og nye bundplader.

Sålbænke kan udføres valgfrit – med klinker, rulleskifte, zink, skifer osv.

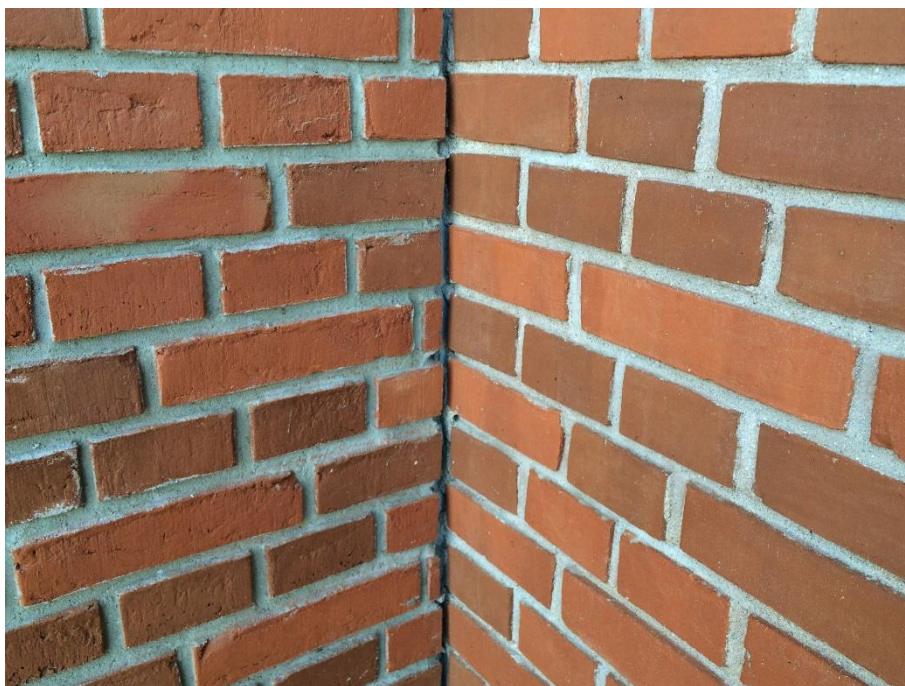


Foto 26: Hjørne, hvor fælleshuset støder op mod boligblok, som er renoveret med teglskaller. Murværk med teglskaller ses til venstre.



Foto 27: Færdigt resultat

7. Energiberegninger og -besparelser

Renovering efter den udviklede metode giver både en betragtelig energibesparelse samt forbedret indeklima. Reduktionen i energiforbrug og forbedringen af indeklima er naturligvis afhængig af bygningen tilstand før renoveringen.

Renoveringen vil give mere ensartede temperaturer, hvilket minimerer kuldestråling og træk. Af særlig betydning er også de forøgede indvendige overfladetemperaturer, som giver markant større sikkerhed imod skimmelvækst. I det givne byggeri er der tale om periodisk opvarmning, da det er et fælleshus, der kan lejes til private arrangementer samt huser nogle af aktiviteterne i boligforeningen, derfor må målinger af effekt pågå over lang tid og med det forbehold, at brugen af huset ikke er konstant som i en boligbebyggelse.

I boligbebyggelser generelt kan energibesparelser kun i begrænset omfang betale for omfattende koncepter som dette. I almene boligforeninger er det ikke ualmindeligt, at beboerne allerede har skruet så langt ned for varmekonsumet, at den beregnede energibesparelse ikke realiseres ved renoveringen. Til gengæld ser man, at udgifterne til skimmelrenovering reduceres i og med, at bygningerne ved renoveringen tilpasses beboernes adfærd.

Da udgifterne til skimmelrenovering i nogle afdelinger løber op i millioner, er der tilsvarende besparelser at gå efter.

Robustheden anses for størst i løsninger med traditionelt murværk, idet erfaringen for løsninger med skaller er begrænset. 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 slåede studser og dermed fyldte studsfiger.

8. Konklusion og afrunding

Formålet med projektet har været at udvikle og dokumentere et koncept, som ikke alene reducerer energitab, men også skaber merværdi for bygherren, og dette mål er nået. Den nye teglfacade giver mulighed for at bibeholde husets kvaliteter og/eller opdatere huset rent æstetisk, samtidig med at energiomkostningerne til opvarmning vil reduceres, og komforten i bygningen forbedres ved eliminering af kuldebroer og trækgener. Hvis man, som i denne case, har en hulmur uden isolering og med stor utæthed, vil en øget tæthed af klimaskærmen også få væsentlig indflydelse på energibesparelsen ved renovering.

Demonstrationsprojektet har vist, at renoveringen kan gennemføres med kendte håndværksmæssige løsninger, og håndværkerne har konstateret, at konceptet er bygbart og ikke frembyder større vanskeligheder end sædvanlige ombygninger og renoveringer. Opmuring af den nye facademur sker med gængs murerteknik, herunder vedrørende fugtspærre, bindere og opmuring, hvor kun udførelse af EPS-søjler er en relativt ny teknik.