

Energibesparelse ved vinduesudskiftning

- erfaringer fra et forsøg med
vinduesforbedring

af Mogens Nørregaard, Dominia A/S og
Alice Kjær, Statens Byggeforskningsinstitut

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

30 DEC. 1992

Erstatningsopl.
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
nr. 4
16 JAN. 1987

Energibesparelse ved vinduesudskiftning

- erfaringer fra et forsøg med vinduesforbedring

af Mogens Nørregaard, Dominia A/S og Alice Kjær, Statens Byggeforskningsinstitut

Mange vinduer forbedres i disse år for at spare energi til opvarmning. I denne artikel redegøres for et projekt med vinduesudskiftning i en boligblok, hvor det har været muligt ikke blot at sammenligne energiforbrug før og efter vinduesudskiftningen, men også at sammenligne med energiforbruget i en tilsvarende blok uden vinduesudskiftning. Der er endvidere redegjort for de observationer, som er gjort over en femårsperiode, hvad angår holdbarheden af de anvendte plastvinduer og fugetætningsmaterialer. Den beskrevne undersøgelse er et led i energiministeriets forskningsprogram EFP-80.

I 1980 blev det såkaldte »Glumsøprojekt« afsluttet med udgivelse af tre SBI-rapporter (1), (2), (3). Heri blev beskrevet de energibesparelser, som blev opnået ved et forsøg med en gennemgribende isolering af en boligblok fra 1942 med 24 lejligheder. Måling af energibesparelsen viste, at en så gennemgribende indsats kun undtagelsesvis kunne anses for økonomisk forsvarlig, hvis alene tilbagebetalingstiden for foranstaltningerne blev lagt til grund for udregning af rentabiliteten. Andre forhold, som fx øget komfort, indgår ikke i de økonomiske beregninger.

Efter forsøgenes afslutning ønskede beboerne at gennemføre udskiftning af de ret medtagne vinduer i endnu en boligblok i bebyggelsen.

Da der fra boligelskabets side også var interesse for i praksis at

sammenligne de tidligere målte energibesparelser med de besparelser, som kunne opnås alene ved vinduesudskiftning, blev det besluttet at genoptage målingerne og inddrage en blok, hvor alene vinduesudskiftning havde fundet sted. Samtidig blev det besluttet at følge vinduerne og fugerne omkring vinduer og have- og altandøre, ligesom man siden 1977 havde gjort for den tidligere varmeisolerede boligblok.

Projektets formål

Det var projektets formål at undersøge den energibesparende effekt ved alene at montere nye vinduer i en af blokkene i bebyggelsen. Den valgte blok 6 er tidligere indgået i måleserien, men da som såkaldt referenceblok. Målingerne af energiforbruget blev genoptaget i fuldt omfang.

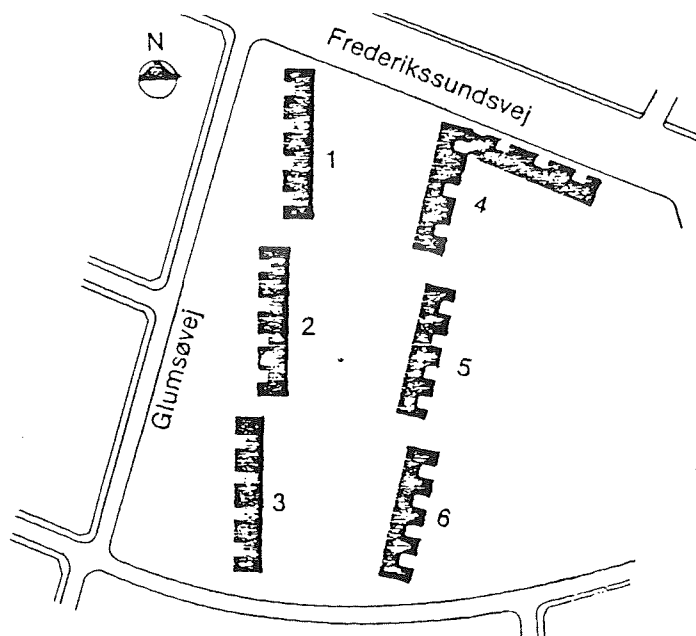


Fig. 1. Plan af bebyggelsen »Glumsøparken« med angivelse af bloknumrene. Blok 5 er tidligere blevet »totaliseret«, dvs. bl.a. forsynet med nye vinduer og indvendig isolering. Blok 6 er alene forsynet med nye vinduer.

Blokkene, der indgår i projektet, kan karakteriseres på følgende måde:

- Blok 1 og 2, uisolerede, men med termostatventiler,
- Blok 3, uisoleret uden termostatventiler,
- Blok 5, indvendig isolering af tag og kælderdek, nye vinduer samt termostatventiler (totaliseret),
- Blok 6, nye vinduer, men i øvrigt uisoleret og uden termostatventiler (fungerede tidligere som referenceblok sammen med blok 3).

Da det var muligt at udnytte det eksisterende måleudstyr til måling af energiforbruget i blok 6, var det enkelt at vurdere den opnåede energibesparelse, idet energiforbruget i blok 6 tidligere var målt i to varmesæsoner. Det var også muligt at sammenligne

med den totaliserede blok 5's energiforbrug.

Den viden, der på denne måde blev indhentet, skulle gøre det muligt at give retningslinier for en mere sikker prioritering mellem forskellige energibesparende foranstaltninger. Den omhyggelige kontrol af plastvinduerne tilstand skulle belyse disses holdbarhed, samt om de viste tegn på at trænge til vedligeholdelse umiddelbart eller på lidt længere sigt.

Forsøgsblokken

Bebyggelsen er opført i 1942 som traditionelt murstensbyggeri i 3 etager med fuld kælder og uudnyttet loft. I forsøgsblok nr. 6 findes 24 to-værelses lejligheder, der opvarmes med centralvarme fra en fælles blokcentral i blok 2. Bortset fra en efterisolering af lofterne i hele bebyggel-

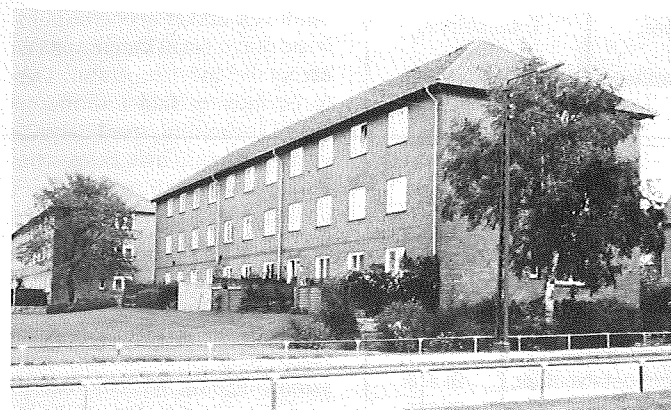


Fig. 2. Udsnit af bebyggelsen Glumsøparken.

sen i 1974 med 100 mm mineraluld, var der ikke udført nogen form for energibesparende foranstaltninger. Vinduerne, der arealmæssigt svarer til 15 pct. af etagearealet, var forsynet med 1 lag glas. Der var dog forsatsrude for ca. halvdelen af vinduet i opholdsrummene. Have- og altandøre havde 2 lag glas i koblede dørfløje. Udover at være i dårlig stand var vinduer og døre meget utætte, og behovet for en renovering var påtrængende.

En detaljeret beskrivelse af bebyggelsen findes i (1).

Vinduesudskiftning

Vinduesudskiftningen blev gennemført i sommeren 1980, og trævinduerne blev erstattet med hvide PVC-vinduer med 3 lags isoleringsruder. Den oprindelige opdeling af vinduerne blev kun ændret ved at ventilationsruder foroven blev fjernet. Erfaringerne fra den totaliserede blok 5 viste, at også nye ventilationsriste af aluminium er vanskelige at betjene. I blok 6 blev vinduerne derfor forsynet med et stillebeslag, der gjorde det muligt at fastholde rammen i kipstilling med en meget lille åbningsvinkel. Udeladelsen af ventilationsristen forbedrede samtidig vinduerne gennemsnitlige k-værdi.

De eksisterende betonsålbænke var meget nedbrudte af vejrliget, og de blev derfor samtidig med vinduesudskiftningen afdækket med aluminiumsålbænke.

Havedørspartiet, der oprindeligt bestod af dør og sideparti med brystning og fast glas, blev nu udført med indadgående dørfløj og en indadgående side-bundhængt vinduesramme. Brystningen blev isoleret med 100 mm mineraluld. Ændring af

det faste glas til en oplukkelig ramme skyldtes beboernes ønske om at få bedre ventilationsmuligheder.

Ved licitationen var det billigste tilbud baseret på anvendelse af 115 mm dybe karmprofiler af plast, der herved blev introduceret på det danske marked. Tilbudet tilfredsstillende i øvrigt et arkitektonisk ønske om at bryde de

Energiforbrug MWh	Uisoleret, uden termostatventiler Blok 3	Uisoleret, med termostatventiler Blok 1 Blok 2	Nye vinduer, uden termostatventiler Blok 6	Totaliseret, med termostatventiler Blok 5
Sæson 81/82	175*	175 155	131	97

Tabel 1. Energiforbrug i samtlige forsøgsblokke i sæson 81/82 MWh.

*) Korrigeret på grund af uregelmæssigheder i måleresultaterne i sidste halvdel af perioden.



Fig. 3. Oprindeligt havedørsparti. Ventilation igennem traditionel trækrude.

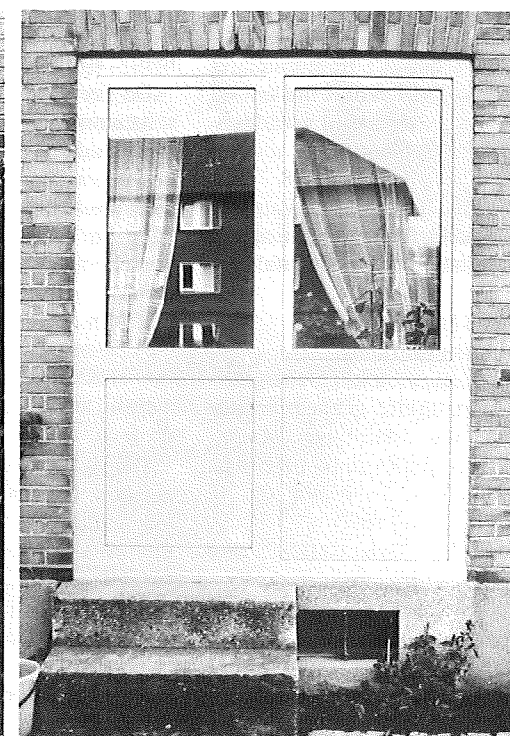


Fig. 4. Nyt havedørsparti i blok 6. Ventilation opnås ved en åbning af vinduet i kipstilling.

normalt ret brede plastprofilers overflade i vinduets plan.

På fig. 5 og 6 ses et vindue fra henholdsvis blok 5 og 6. Det ses, hvorledes vinduet med den store karmdybde på grund af profille-ring kommer til at virke lettere end det mere »massive« vindue fra blok 5.

Vinduer og døre blev fastgjort på traditionel vis. Fugen mellem vindue og ydervæg blev stoppet med mineraluld, og der blev fuget udvendigt med en elastisk fugemasse mod et egnet fugeunderlag. Indvendig blev fugen lukket med polyurethanskum.

Pudsreparationerne i vindueslysningen var minimale på grund af det dybe karmprofil, som dækkede det samme areal i vindueslysningen som de gamle vinduer.

Måleprogrammet

Fra de tidligere målinger fandtes energimålere opsat i blokkene 1, 2, 3, 5 og 6. Der er tale om

elektroniske målere, påbygget normale vandmålere og monteret således at de registrerer energiforbruget til rumopvarmning. Det var forudsat i projektet, at disse målere skulle aflæses jævnligt med ca. 1 uges intervaller over varmesæsonen 1980/81, hvorefter energiforbruget skulle sammenlignes med de tilsvarende målinger fra 1977/78 og 78/79.

Ved et uheld i varmecentralen sidst på året 1980 trængte der imidlertid relativt store mængder brændselolie ind i centralvarmesystemet. De efterfølgende rensningsarbejder, der blandt andet betød en periodevis kraftig hævnning af fremløbstemperaturen, gjorde det umuligt at gennemføre måleprogrammet som planlagt. Desuden måtte nogle af vandmålerne til eftersyn og rensning, hvilket gjorde måleprogrammet ufuldstændigt. Målingerne i varmesæsonen 1980/81 blev derfor opgivet. De blev

Energi- forbrug MWh	Uisoleret, uden termostatventiler	Uisoleret, med termostatventiler		Nye vinduer, uden termostatventiler 1980	Totaliseret, med termostatventiler
	Blok 3	Blok 1	Blok 2	Blok 6	Blok 5
1977/78	202	188	172	163	98
1978/79	211	188	184	178	100
1981/82	176	176	156	132	98

Tabel 2. De målte energiforbrug er henført til normalåret. Bemærk at blok 1, 2 og 3 er noget større end 5 og 6.

Energi- forbrug MWh	Uisoleret, uden termostatventiler	Uisoleret, med termostatventiler		Nye vinduer, uden termostatventiler 1980	Totaliseret, med termostatventiler	Blok 6 minus Blok 5
	Blok 3	Blok 1	Blok 2	Blok 6	Blok 5	
1977/78	180	167	158	163	98	65
1978/79	188	167	169	178	103	75
1981/82	157	157	144	132	98	34

Tabel 3. Energiforbrug korrigeret for blokstørrelse i henhold til (2).

genoptaget i varmesæsonen 1981/82, selv om der stadig var små olierester i systemet. Målingerne blev dog gennemført uden afbrydelser, og såvidt det kan bedømmes har den forudgående forurening af systemet ikke haft indflydelse på målingerne.

Det målte energiforbrug

Det målte akkumulerede energiforbrug for varmesæsonen 1981/82 i MWh er vist på fig. 7. Resultaterne, der er korrigeret for mindre perioder med funktionsvigt og uregelmæssigheder er angivet i tabel 1.

Vurdering af energibesparelsen

I tabel 2 er blokernes energiforbrug henført til normalåret (1901-40) ved middel mellem sol og skygge, dvs. med graddøgntallet 2830. Samtidig er resultaterne fra 1977/78 og 1978/79 angivet (jf. 2), heri er også angivet en metodik for korrektion af måleresultater for graddøgntal.

Blok 6 før og efter vinduesudskiftning

Betragtes blok 6' energiforbrug før og efter gennemførelsen af vinduesudskiftningen, ses det, at der er opnået en besparelse på henholdsvis 31 MWh og 46 MWh efter montering af de nye vinduer. I gennemsnit 38,5 MWh, hvilket svarer til en energibesparelse på ca. 22%.

Blok 6 sammenlignet med øvrige blokke

For at sammenligne blok 6 med de øvrige blokke korrigeres varmekonsumet på grund af for-

skelle i blokstørrelse. Forbruget fratrækkes 11% for blok 1 og 3's vedkommende og 9% for blok 2 (se tabel 3). Denne korrektion er nærmere omtalt i (2).

Det kan udregnes fra tabellen, at for fyringssæsonen 81/82 opnås en besparelse for blok 6's vedkommende i forhold til de uisolerede blokke på henholdsvis 25 MWh, 25 MWh og 12 MWh, i gennemsnit 21 MWh hvilket svarer til en besparelse på ca. 14%, hvilket er betydeligt mindre end de ca. 22%, der blev sparet i blok 6 efter vinduesudskiftningen. En del af forklaringen er, at der i dette talmateriale ikke som i (2) er korrigeret for forskelle i blokernes gennemsnitstemperaturer.

Da der kun er målt gennemsnitstemperaturer i 1977/78, skønnes det at være et for spinkelt materiale til at kalkulere gennemsnitstemperaturer for både 78/79 og 81/82. Bruges korrektionsmetoden i (2) og de gamle gennemsnitstemperaturer, kan energibesparelsen for blok 6 sammenlignet med de andre blokke udregnes til i gennemsnit at være 25 MWh svarende til ca. 16%.

Da vinteren 81/82 indeholdt perioder med meget koldt vejr, må det antages, at det fald i varmekonsumet, der er konstateret for alle de uisolerede blokke, skyldes, at der ikke er korrigeret for gennemsnitstemperaturer i blokkene.

Da der ikke er radiatorer i soveværelserne, står døren almindeligvis åben ind til opholdsstuen, men i perioder med meget

koldt vejr lukker beboerne imidlertid døren for at kunne opnå en acceptabel indetemperatur. Dette bevirker et fald i varmekonsum i forhold til, hvad der ville være forbrugt, hvis begge rum kunne opvarmes tilstrækkeligt. I de bedre isolerede blokke 5 og 6 har det været muligt at holde en konstant behagelig indetemperatur overalt.

Det er derfor rimeligt at lægge større vægt på den umiddelbare sammenligning mellem forbrugene før og efter foranstaltningernes gennemførelse i blok 6 end på sammenligningen mellem varmekonsumet i vinteren 81/82 for blok 6 og de uisolerede blokke.

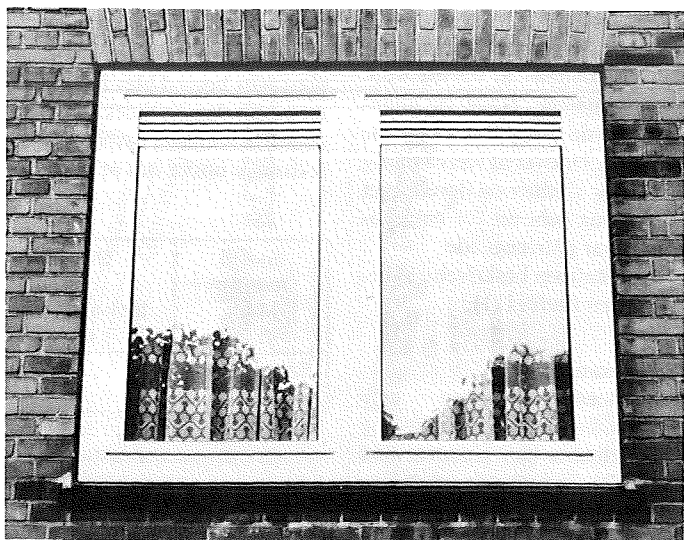


Fig. 5. Vindue fra blok 5. Her er anvendt ventilationsriste af aluminium.



Fig. 6. Vindue fra blok 6. Profileringen giver et mindre massivt udseende end for vinduet vist på figur 5.

Energibesparelsen er måske endda større end kalkuleret her, idet blok 6, som ligger længst væk fra varmecentralen, før vinduesudskiftningen var den blok, der havde den laveste gennemsnitstemperatur, og varmekonsumet for 1977/78 burde have været korrigeret 7% op.

Vurderes den totaliserede blok 5's forbrug i forhold til blok 6's forbrug i perioden 1977/79, altså før vinduesudskiftningen, findes en besparelse på hhv. 65 og 75 MWh, i gennemsnit 70 MWh. Sammenholdes dette med de opnåede besparelser ved vinduesudskiftningen (38,5 MWh), ses det, at vinduesisoleringen alene tegner sig for godt og vel 50% af energibesparelsen ved totalisoleringen.

Ifølge de teoretiske beregninger ((2) s. 20) burde energibesparelserne have været en del større.

Sammenligning af beregnet og målt varmekonsum

På basis af (2) kan energibesparelsen ved vinduesudskiftningen på grundlag af en traditionel varmetabsberegning beregnes til $\Phi_{32} = 13700$ Watt. Beregnes besparelsen på basis af graddøgntallet 2830 fås en teoretisk årlig besparelse på 29 MWh eller ca. 18% af varmekonsumet inden isoleringen.

Findes besparelsen på grundlag af et korrigeret graddøgntal, hvor gratisvarmen og den tilhørende basistemperatur beregnes, fås en besparelse på omkring 45 MWh eller ca. 25%.

Betragtes blok 6' forbrug før og efter vinduesudskiftningen fås en årlig besparelse i gennemsnit på 38,5 MWh eller ca. 22% af energiforbruget til rumopvarmning.

Måleresultaterne er ud fra de ovenfor anførte betragtninger i rimelig overensstemmelse med de teoretiske beregninger, især når det tages i betragtning, at varmeanlægget ikke var indreguleret eller forsynet med termostatventiler. Disse er i sig selv at betragte som en energibesparende foranstaltning, idet gratisvarmen udnyttes bedre. Der er tidligere i denne bebyggelse målt en besparelse på grund af termostatventilerne på ca. 6%. Måleresultaterne og beregningerne findes i (2).

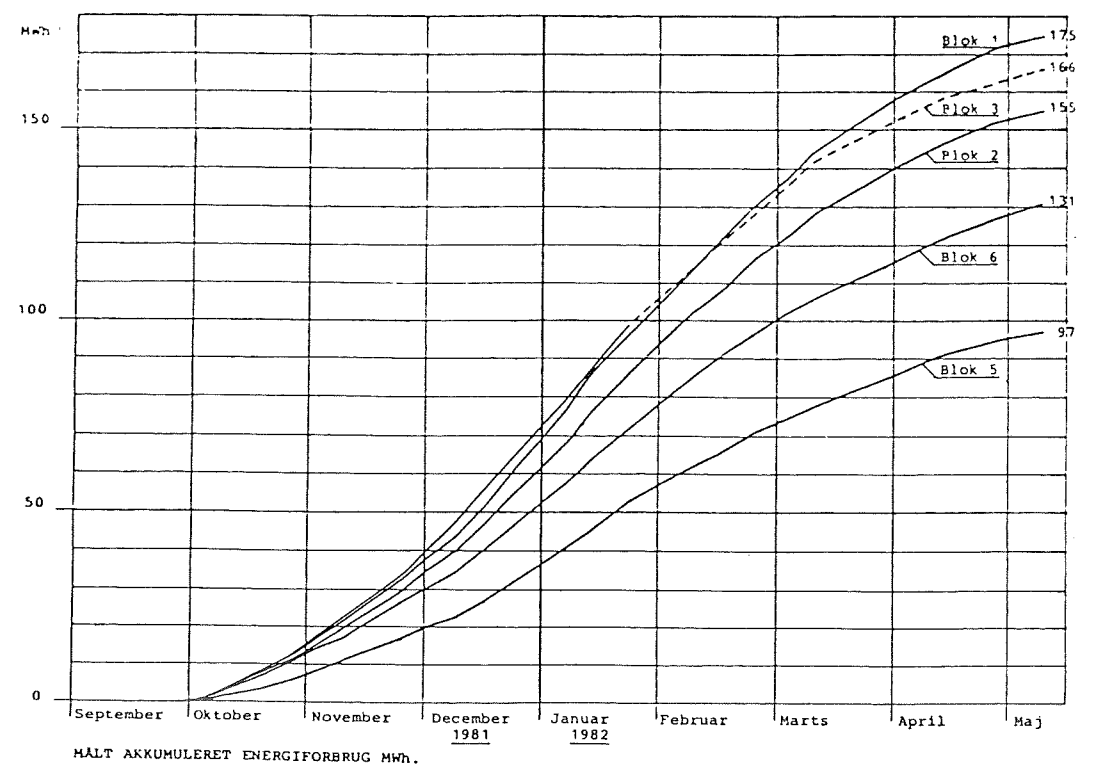


Fig. 7. Målt akkumuleret energiforbrug i MWh i varmesæsonen 1981/82.

Økonomi

Boligselskabet finansierede selv udgifterne til vinduesudskiftningen, idet der dog blev ydet tilskud fra energiministeriet på kr. 50.000,- for at få projektet iværksat så hurtigt som praktisk muligt.

Hvis der ses bort fra dette tilskud, men medregnes det energitilskud på kr. 2.000,- der kunne opnås for hver af de 24 lejligheder efter den daværende tilskudsordning, androg håndværkerudgifterne kr. 372.000 minus kr. 48.000, dvs. kr. 324.000.

Regnes med en MWh-pris på kr. 450,- (let brændselsolie) fås en tilbagebetalingstid på:

$$T = \frac{324.000}{38,5 \times 450} \approx 19 \text{ år.}$$

Vurdering af plastvinduer og fugematerialer ud fra besigtigelser

Blok 5

Vinduerne, se figur 5, har gennem de 5 forløbne år stort set bevaret deres udseende. De fleste er kun lidt tilsmudsede.

Der er i 1982 sket udskiftning af terrasse- og altanpartier til den type, der kan stå i kipstilling, og som også findes i blok 6 (figur 4).

Der er også foretaget en ændring af sølbænkene, idet de ligeledes i 1982 er blevet afdækket

med aluminiumsølbænke som i blok 6.

De udvendige fuger, der er udført med en 2-komponent Bostic urethanfugemasse, er gennemgående omhyggeligt udført. Vedhæftningen til teglet er god, men mindre god til mørtelfugene, der nogle steder ikke er afrettede inden fugningen, se figur 8.

Den ydre fugefuger fungerer nærmest som en regnskærm, medens den indvendige fuger, der er udført med plastisk fugemasse, yder den fornødne vindtæthed. Eventuelt indtrængende slagregn er formentlig blevet bortledt via teglet, da der ikke er konstateret nogen form for fugt-

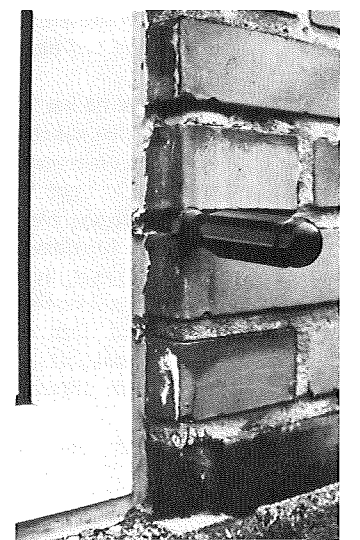


Fig. 8. Fugeslip ved mørtel (blok 5).

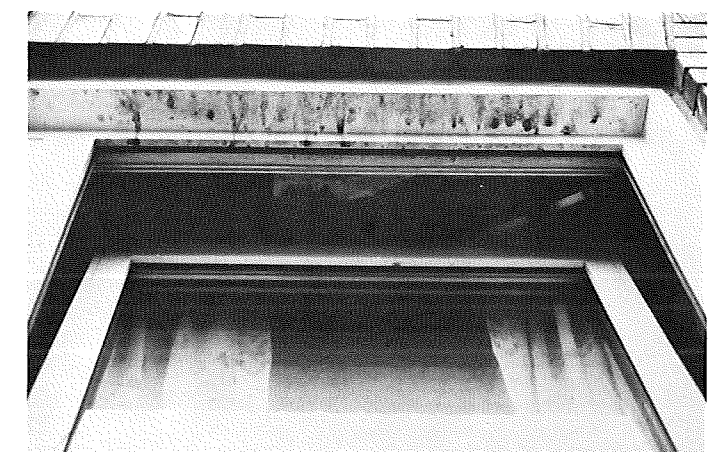


Fig. 9. Misfarvninger på overkarm (blok 6).

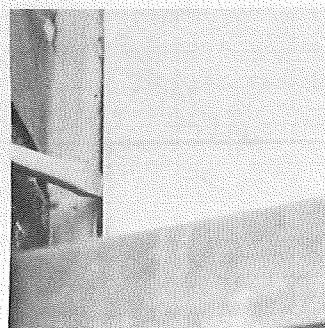


Fig. 10. Fugeslip ved vedhæftning til plast (blok 6).

problemer omkring vinduerne.

Hvor de nye sålbænke er indsat, ses nogle steder lettere beskadigelser af fugernes hjørner (se figur 12).

Blok 6

Denne blok er blevet besigtiget med jævne mellemrum i en periode på ca. 2½ år. Vinduerne er arkitektonisk bedre end på blok 5 (se figur 5 og 6), idet plastoverfladerne ikke virker så massive.

Karmdybden på 115 mm tillader også en bedre udformning af en 2-trins-tætning end ved blok 5.

De fleste af vinduerne har et uændret udseende, men enkelte steder kunne der dog observeres nogen misfarvning, se figur 9. Der er tale om en olieagtig, pletvis belægning, der fortrinsvis sidder på overkarmstykket, dvs. på steder, hvor regnen ikke kan skylle belægningen af. Den er forholdsvis nem at vaske af — hvilket nogle beboere allerede har gjort.

Belægningen sidder dog ret

utilgængeligt for rengøring inde fra.

Misfarvningerne forekom mest ved køkken, bad og trappe- rum, men fandtes også ud til havsiden, omend ikke i så kraftigt et omfang. Misfarvningerne af plastprofilerne fandtes kun på blok 6.

Disse misfarvninger er opstået efter besigtigelsen i december 1981.

De elastiske fuger i blok 6 er udført af Tremcosyntomer. De så rimeligt pæne ud, idet det dog skal bemærkes, at de ikke var udført med samme omhyggelighed som i blok 5 — den oprindelige forsøgsblok. Der ses flere mindre fugeslip, også andre steder end ved mørtelfuger, der heller ikke her er fornødent afrette- de, se figur 10. Ved sålbænke er fugen på grund af arbejdspro- cessen udført i to omgange (se figur 11) i modsætning til blok 5, hvor sålbænken er muret fast, (se figur 12). Vedhæftningen mellem de to fuger er ikke så god som det kunne ønskes, og en sådan lø- sning bør nok undgås i fremtidige projekter. Der er i den forløbne periode ikke konstateret nogen form for fugtproblemer omkring vinduerne.

Konklusion

Selv om de gennemførte må- linger er behæftet med nogen usikkerhed, viser forsøgsresulta- terne, at den opnåede energibe- sparelse er i god overensstem- melse med de teoretiske bereg- ninger. Det må dog antages, at den målte besparelse på ca. 22% af rumvarmeforbruget vil være

større, når det pågældende var- meanlæg er korrekt indreguleret og forsynet med termostatventi- ler eller tilsvarende automatik.

Ud fra en energiøkonomisk vurdering er denne foranstalt- ning, hvor tilbagebetalingstiden er ca. 20 år, ikke attraktiv, men en sådan betragtning er for ensi- dig. Hvis de gamle vinduer er i meget dårlig stand, kan dette væ- re af betydning, når der skal træffes beslutning om en ud- skiftning. Udover energibespa- relsen må de mindre fremtidige vedligeholdelsesomkostninger med i vurderingen. Endelig bør det forbedrede indeklima og de brugsmæssige fordele tages med ved en vurdering.

Resultaterne viser, at en for- bedring af vinduerne — her opnået ved en udskiftning — er den enkeltforanstaltning, der giver den største energibesparelse, 38,5 MWh.

Den totaliserede blok 5 spa- rede yderligere 34 MWh, hvilket viser, at alle yderligere foran- staltninger såsom merisolering af loft, isolering af ydervægge, vægge mod trapper og kælder- dæk samt montering af termo- statventiler, tilsammen giver en mindre besparelse end den, der opnås ved vinduesforbedringen alene.

Størstedelen af plastvinduerne ser ud til at have et uændret udse- ende, og der er ikke tegn på ned- brydning af overfladen. Der kan dog konstateres en tilsmudsning af vinduernes plastprofiler, der kan gøre det nødvendigt fra tid til anden at vaske dem.

Årsagen til misfarvningen

kunne ikke fastslås med sikker- hed, men en teori går ud på, at blødgørere fra PVC-materialet migrerer ud på overfladen, hvor- efter forureninger fra omgivel- serne let opfanges.

Med hensyn til fugerne synes de konstaterede fugeslip i blok 5 og 6 ikke at have givet anledning til fugtskader. Dette formodes at skyldes murværkets evne til at optage og borttransportere mindre mængder af vand fra slagregn.

Der er ikke konstateret brud, revner eller nedbrydning hver- ken på vinduer eller fugemasser.

Da der kun er foretaget besig- tigelser udefra, kan beslag og vinduets øvrige funktionsdygtig- hed ikke bedømmes, men oplys- ninger fra ejendommens admini- stration tyder ikke på, at der fin- des væsentlige problemer på dis- se områder.

Litteratur

- (1) Indvendig efterisolering af en etageejendom. Byggeteknik, priser og erfaringer. Mogens Nørregaard, Georg Christensen, Ole Jensen. SBI-rapport 113. SBI Hørsholm 1978.
- (2) Indvendig efterisolering af en etageejendom. Beregning og måling af energibesparelser. Mogens Nørregaard, Nils Erik Andersen, Georg Christensen. SBI-rapport 122. SBI Hørsholm 1980.
- (3) Beboererfaringer ved indvendig efterisole- ring af en etageejendom. Ole Jensen. SBI-rapport 120, SBI Hørsholm 1980.

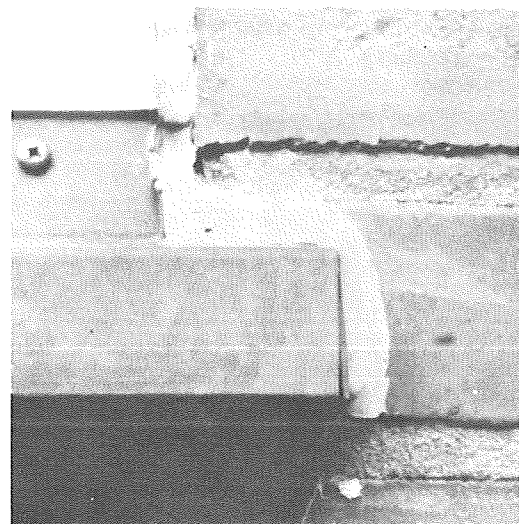


Fig. 11. Sålbænk fuget til mur (blok 6).

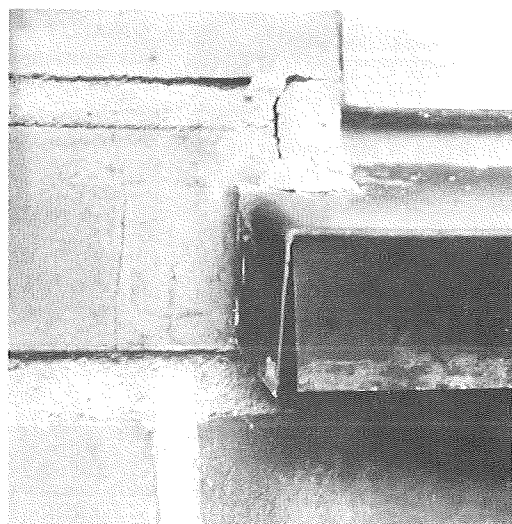


Fig. 12. Sålbænk muret fast (blok 5).