

Energiministeriets Energiforskningsprogram 1992

Energianvendelse i bygninger

Solvægge i Danmark

Statusrapport vedr. forskning, udvikling og demonstration

Lars Dyreborg Christoffersen

Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole
Meddelelse nr. 236 September 1992

Forord

I denne rapport opgøres, hvad der er undersøgt og konkluderet i tidligere og igangværende solvægsprojekter. Denne status sammenfattes og vurderes, og der gives et forslag til en handlingsplan, som kan give solvægge et skub frem til et niveau, hvor det er naturligt at overveje brugen af solvægge i forbindelse med enhver facaderenovering og ethvert nybyggeri.

Rapporten indeholder således en samlet oversigt over den viden og erfaring, der findes på solvægsområdet i Danmark.

Dette projekt med titlen: *Status på solvægsområdet i Danmark* er støttet af Energi-styrelsen (journal nr. 1213/92-0006) gennem energiforskningsprogrammet EFP-92 under fagområdet: Energianvendelse i bygninger.

Projektet er udført på Laboratoriet for Varmeisolering med deltagelse af nedenstående medarbejdere:

Svend Aage Svendsen, civilingeniør, lic.techn. (projektleder)

Olaf Bruun Jørgensen, civilingeniør

Lars Dyreborg Christoffersen, civilingeniør

Indholdsfortegnelse

Indledning	1
1 Status på solvægsprojekter	4
1.1 Solvægge generelt	4
1.1.1 Enkeltprojekter	5
1.1.2 Overskudsvarme i solvægge	13
1.1.3 Uventilerede og ventilerede solvægge	14
1.2 Uventilerede solvægge i eksisterende muret byggeri	18
1.3 Ventilerede solvægge	27
1.3.1 Præfabrikerede ventilerede solvægge	27
1.3.2 Brytningslovsolvægge	31
1.3.3 Hybride systemer	34
1.4 Eksisterende faciliteter til forskning, undervisning, beregning og test af solvægge	38
1.4.1 Faciliteter til forskning, udvikling og test	38
1.4.2 Simulering af solvægge	45
1.4.3 Undervisning vedrørende solvægge	46
1.4.4 Projekteringsvejledninger	47
2 Sammenfatning	48
3 Handlingsplan	50
Konklusion	53
Referenceliste	54
Bilag 1: Skematisk oversigt over danske solvægsprojekter 1984 - 1992 (3 sider).	
Bilag 2: Referenceliste over solvægsrelaterede rapporter (2 sider).	
Bilag 3: Data på danske solvægsprojekter fra Nordisk Energi Indeks. Juli 1992 (34 sider).	

Indledning

Der er et stort potentiale for brugen af solvægge til såvel eksisterende som nyt byggeri. Der kan ved anvendelse opnås en kombineret effekt af energibesparelser og facade-renovering. Anvendelse af solvægge nedsætter energiforbruget ligesom anvendelse af isoleringsmaterialer; men solvægge konverterer også en del af energiforbruget fra fossile brændsler til vedvarende energi. Der er stigende interesse for at anvende solvægge; men et gennembrud på anvendelsen er endnu ikke sket.

En solvæg er en passiv foranstaltning til udnyttelse af solindfaldet på bygningers klimaskærm. Bygningers klimaskærm opfattes normalt på disse breddegrader som en bygningsdel, hvor igennem der tabes energi. Men ved anvendelse af solvægge kan klimaskærmen i perioder med tilstrækkeligt solindfald blive et energiproducerende element og således yde et tilskud til rumopvarmningen. Isoleringsevnen i solvægge med transparent isolering medvirker til at reducere energiforbruget, når der ikke er sol på væggen.

Konstruktionsprincippet i en solvæg er en mur, der fungerer som absorber for solindfald og som varmelager. For at forbedre murens absorptans kan den være sortmalet. Foran muren er et dæklagssystem, der kan have forskellige udformninger. Dæklaget består ofte af et eller flere lag glas, eventuelt med et eller flere lag teflonfolie. Der kan anvendes jernfrit glas for at forbedre transmittansen. Der kan desuden anvendes en transparent isolering og/eller en lavemissionsbelægning for at nedsætte varmetabet ud gennem dæklaget. Mellem dæklag og mur er der et luftmelletrum.

I en uventileret solvæg står varmelageret i umiddelbar forbindelse med solvæggen, og varmen tilføres rummet med en tidsforsinkelse svarende til væggenes varmelednings- og varmeakkumuleringssevne. Uventilerede solvægge er således særligt velegnede på uisolerede eller ringe isolerede vægge, idet de har en ringe tidsforsinkelse.

I velisolerede bygninger vil en udvendig efterisolering ikke betyde en væsentlig nedsættelse af energiforbruget til rumopvarmning.

I en ventileret solvæg transporteres varmen fra solvæggen til lageret eller direkte ind i rummet. Det er dermed af mindre betydning for den ventilerede solvægs funktion, om væggen er isoleret. I isolerede bygninger med mekanisk ventilation kan solvægge således anvendes med det formål at forvarme ventilationsluften.

Solvægge kan anvendes i både nybyggeri og i eksisterende byggeri. Den lave solhøjde i fyringssæsonen gør bygningers sydvendte lodrette flader særligt attraktive til placering af solvægge.

I nybyggeriet bør en solvæg som minimum medføre et lavere energiforbrug i boligen end en prismæssigt tilsvarende anvendelse af isolering; men solvæggen er mere fordelagtig, når den i længere perioder (forår og efterår) kan medvirke til opvarmningen af boligen. Solvægge i nybyggeriet skal således dels kunne medvirke til en forkortelse af fyringssæsonen og dels nedbringe energiforbruget i fyringssæsonen.

I det eksisterende byggeri gælder det, at en solvæg som minimum skal medføre et lavere energiforbrug i boligen end en prismæssigt tilsvarende efterisolering. Solvægge er særligt attraktive i det eksisterende byggeri, når de opføres i forbindelse med facaderenovering. Herved opnås mulighed for en minimering af renoveringsopgavens omfang, da en skrøbelig facade holdes tør og dermed ikke er udsat for fortsat nedbrydning. Da det ikke er muligt at placere solvægge, så de får sol på alle tider af dagen eller året, bør solvægge placeres optimalt i forhold til facadens orientering og de skygger, der kastes på facaden. På de områder af facaden, hvor det ikke er rentabelt at placere solvægge, kan der anvendes efterisolering. Kombinationer af solvægge og efterisolering er således en attraktiv løsning ved facaderenoveringer.

Der er endnu ikke deciderede myndighedskrav til solvægge; men solvægskonstruktionen kan henføres under de krav, der stilles til montering af en udvendig beklædning på en ejendom. Af hensyn til brand skal udvendige overflader være en klasse 1 beklædning. Desuden skal beklædningen være et klasse A materiale, hvis der er et hulrum mellem den nye beklædning og den gamle facade. Er bebyggelsen højere end 2 etager skal beklædningen inddeles i brandsektioner med lodrette og vandrette rigler. Anvendelse af glas kræver, at flugtveje sikres mod nedstyrtende glas enten ved et halvtag eller ved brug af hærdet glas lodret over flugtvejen.

Solvægges betydning for en bygnings arkitektoniske udtryk kan være betydelig. Solvægge kan opsættes i mindre moduler og derved ligne vinduer. De kan også opsættes som større sammenhængende flader og endog udgøre en totalinddækning. Det transparente dæklag giver mulighed for at spille med farverne og himlens og træernes spejlinger. Anvendelsen af solvægge giver mulighed for at trist byggeri kan friskes op med nye og spændende facader. Der er dog også risiko for, at et flot og stilrent byggeri skjules eller ødelægges.

Der er på nuværende tidspunkt i Danmark (aug. 1992) bevilget ca. 9 mill. kr. siden 1984 til forskning og udvikling af solvægge. Baggrunden nærværende projekt er Forskningsudvalgets ønske om at få en status på solvægsområdet i forbindelse med bevillingen af 3. fase af solvægsprojekterne, der startede under EFP-90.

Der er tidligere udgivet 2 statusopgørelser og handlingsplaner om solvægge [1,2].

Formålet med projektet er at udarbejde en samlet oversigt over den viden og erfaring, der findes på solvægsområdet i Danmark, og ikke at give en kritisk faglig vurdering af de enkelte projekter. Grundlaget for oversigten er afsluttede og igangværende danske projekter vedrørende forskning, udvikling og demonstration (FUD) på solvægsområdet.

Projektet sammenholder status på området (pr. august 1992) med det behov for viden og erfaringer, som kan gøre solvægge til et naturligt element i enhver bygningsrenovering og ethvert nybyggeri.

Målgruppen for projektet er primært beslutningstagerne, der styrer FUD-aktiviteterne på solvægsområdet. Men rapporten skal også give områdets aktører mulighed for at få overblik over hinandens aktiviteter, og derved får statusrapporten betydning for samarbejdet mellem forskningsinstitutioner og rådgivende ingeniører, arkitekter, fabrikanten og entreprenører.

Hvor der i rapporten er angivet procentsatser for effektivitet, menes der andelen af den indfaldne solstråling.

1 Status på solvægsprojekter

Dette kapitel er en status over den viden og de erfaringer der er gjort med solvægge indtil august 1992. Kapitlet er opbygget i 4 hovedafsnit.

1. afsnit betegnes *solvægge generelt*. Her fokuseres på detaljer i solvæggen og på de fysiske forhold omkring solvæggens virkemåde. Desuden er der afsnit om *uventilerede solvægge i eksisterende muret byggeri*, *ventilerede solvægge* og om *eksisterende faciliteter til forskning, undervisning, beregning og test af solvægge*. .

I omtalen af hvert projekt indledes med en informationsblok med *titel*, *bevillingsmodtager*, *projektleder*, *samarbejdspartner(e)* og *data*. Datalinien indeholder information om, hvilken støtteordning (Energiforskningsprogrammet (EFP), Teknologirådet (TR)/ordningen til Udvikling af vedvarende energi (UVE) eller EF) der finansierer projektet, og hvilket årstal bevillingen er givet. Der angives endvidere Energistyrelsens journalnummer. Datalinien indeholder også oplysning om det beløb, projektet er støttet med og den periode, projektet forløber.

Af denne statusopgørelse fremgår de enkelte projekters formål, som de oprindeligt er beskrevet (jvf. Nordisk Energi Indeks). Hvis projektet er afsluttet, gives der et referat af det udførte arbejde og konklusioner, der drages i det enkelte projekt. Endvidere henvises der til den rapport, der afslutter projektet. Er projektet endnu ikke afsluttet, er oplysningerne indhentet gennem samtaler med projektledere og/eller projektmedarbejdere.

For overskuelighedens skyld er der udarbejdet en skematisk oversigt over samtlige projekter, der beskrives i denne rapport (bilag 1). Bilag 2 er en liste af rapporter med et indhold der kan relateres til solvægge. Bilag 3 er data fra bibliotekssystemet Nordisk Energi Indeks om danske solvægsprojekter.

1.1 Solvægge generelt

Under dette afsnit gives en status over projekter, der ikke umiddelbart indgår i en større sammenhæng; men hvor der fokuseres på detaljer i solvæggen eller på de fysiske forhold omkring solvæggens virkemåde.

1.1.1 Enkeltprojekter

Titel: *Passiv solvarme, solvægge (fase 1).*
Bevillingsmodtager: *Laboratoriet for Varmeisolering*
Projektleder: *Lars Olsen*
Samarbejdspartner(e):
Data: *EFP84 j.nr. EM-2255-406 250.000 84.06 - 85.04*

Dette projekt er en del af det licentiatstudium som Lars Olsen har gennemført ved Laboratoriet for Varmeisolering. Resultatet af projektet indgår således i nedenstående rapport over licentiatarbejdet.

[3] Solvægge. Målt og beregnet. LFV-meddelelse nr. 167. Lars Olsen. Laboratoriet for Varmeisolering. Juli 1985.

Formålet med dette projekt er at undersøge forskellige typer solvægskonstruktioner. Der fokuseres specielt på solvægge med god isoleringsevne, når der ikke er solindfald. Anvendelsen af mobil isolering undersøges, og der foretages pris- og ydelsesberegninger.

Mulighederne for anvendelse af mobil isolering er undersøgt i dette projekt. Med mobil isolering kan der opnås ydelser på 60 - 145 kWh/m²/år svarende til en effektivitet på 21 - 33%. Uden mobil isolering vil ydelsen for de tilsvarende solvægge være 21 - 26%. Ydelsen vil imidlertid kunne forøges med ca 40% ved en forbedring af dæklaget, herunder ved anvendelse af transparent isolering.

Ved at ændre absorptionskoefficienten for absorberen fra 0,42 (hvid) til 0,97 (sort) øges ydelsen med 8 kWh/m²/år. Ved at anvende en selektiv belægning på absorberen nedsættes emissionstallet, og ydelsen forbedres.

For et betonvarmelager er den optimale tykkelse fundet til 20 - 40 cm. Hvis lageret var af vand af samme dimensioner, ville årsydelsen forbedres med 9%, og en massiv tung teglmur ville reducere ydelsen med 11%.

En lille horisontafskærmning har kun mindre betydning for ydelsen; men med stigende horisontafskærmning falder ydelsen betydeligt. 5° horisontafskærmning reducerer ydelsen med 4%, og 10° reducerer ydelsen med 14%.

Rapporten konkluderer, at der er realistiske muligheder for at anvende solvægge i Danmark; men at det om sommeren kan blive nødvendigt med afskæmning for at undgå overtemperaturer.

Projektet fortsættes i fase 2 hvor formålet er at videreudvikle solvæggene fra fase 1 samt at opføre den mest lovende solvægskonstruktion i et testhus, hvor der gennemføres et måleprogram, hvis resultat sammenlignes med de teoretiske beregninger.

Titel: Solvægge, fase 2.

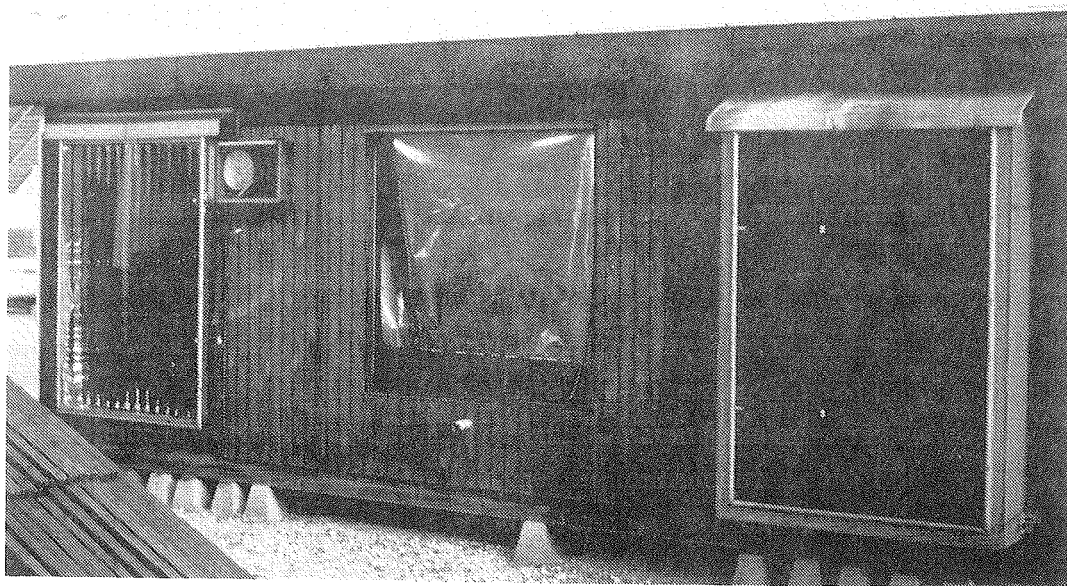
Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.

Projektleder: Lars Olsen.

Samarbejdspartner(e):

Data: EFP85 j.nr. EM-1353/85-5 250.000 85.02 - 86.06

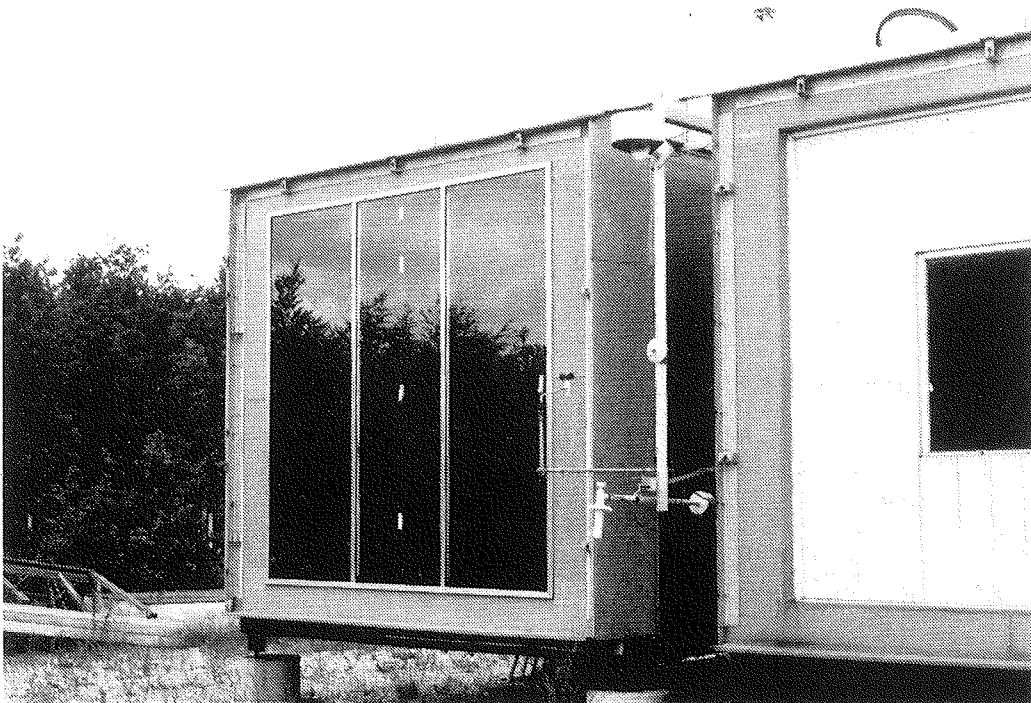
To solvægge blev opført på et testhus (figur 1), og der blev gennemført målinger. Målingerne har imidlertid vist sig at være vanskelige at anvende, idet den sandstensbagmur, der er brugt som varmelager i solvæggene indeholdt en del fugt.



Figur 1: Testhus med solvægge. Laboratoriet for Varmeisolering.

Projektet er oprindeligt bevilget til Lars Olsen, der også har gennemført dele af projektet. Behandlingen af måledata og rapporteringen er senere overgivet til Bjarne Saxhof og Søren Østergaard Jensen, Laboratoriet for Varmeisolering. Projektet afsluttes ultimo 1992.

En tilsvarende væg som en af dem der er prøvet i testhuset, er i et samarbejde med EF's PASSYS projekt (nærmere beskrevet på side 39) blevet prøvet i en PASSYS testcelle (figur 2) på Laboratoriet for Varmeisolering. På baggrund af disse prøve-resultater vil en simulering af væg og testcelle blive valideret med EF's referencemodel ESP (omtales på side 40). Solvægsmodellen vil derefter blive indbygget i en model af et referencehus. Den årlige energibesparelse kan da findes, ligesom et parameterstudium vil blive udført. Ved at sammenligne ESP-kørslerne med målingerne fra testhuset vil det også være muligt at udtale sig om besparelsen ved at indbygge den anden væg i et hus.



Figur 2: PASSYS testcelle til afprøvning af vægelementer. Laboratoriet for Varmeisolering.

Titel: Dagslysvægge
Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.
Projektleder: M.R. Byberg.
Samarbejdspartner(e):
Data: EFP84 j.nr. SBI 22411-401-05-01 400.000

Ved at udforme en del af klimaskærmen som dagslysvægge, kan der spares energi. Disse er lette, højsolerede ydervægge, hvor regnskærmen udgøres af glas med det formål at udnytte drivhuseffekten til at nedsætte varmetabet gennem væggen. Dagslysvægge kan muligvis fremstilles billigere end sædvanlige ydervægge og kan måske også anvendes i forbindelse med eksisterende ydervægges efterisolering. Der undersøges, hvor store varmebesparelser, der kan opnås ved at anvende dagslysvægge, både af teoretisk og eksperimentel vej.

Projektet er senere overgivet til Bjarne Saxhof og Søren Østergaard Jensen, Laboratoriet for Varmeisolering.

Projektet afsluttes ved en sammenligning af de foreliggende måledata med en ESP-simulering af dagslysvægge på et referencehus. Det undersøges, om der er overensstemmelse i reduktion af energiforbruget.

Titel: Undersøgelse af solvægge i indendørs prøvestand.
Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.
Projektleder: S. Svendsen.
Samarbejdspartner(e):
Data: EFP86 j.nr. EM-1353/86-10 200.000 86.05 - 87.06

Formålet med dette projekt er at benytte en indendørs prøvestand til eksperimentel undersøgelse af et par forskellige solvægskonstruktioner, der synes velegnede til eksisterende byggeri.

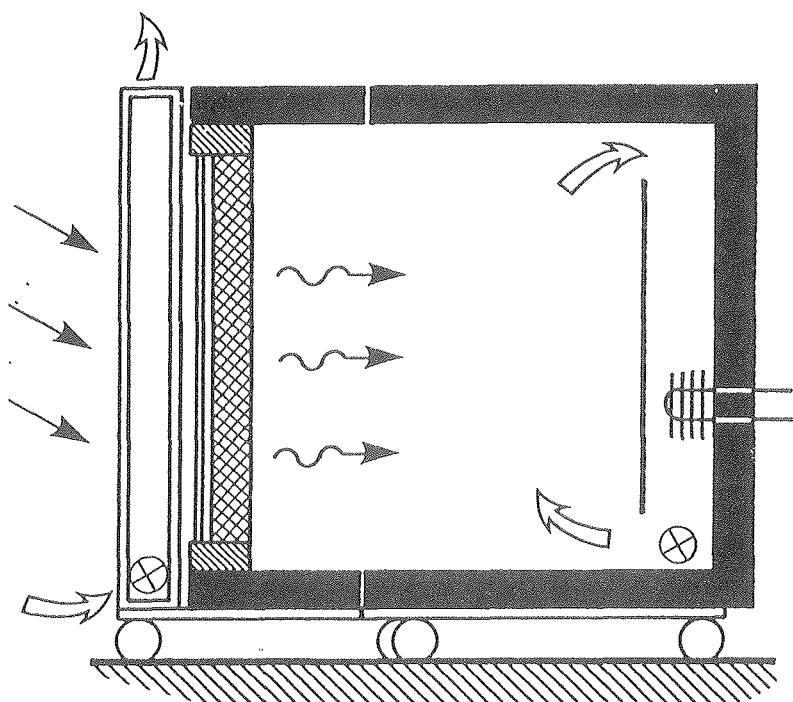
En sådan solvæg kan f.eks. fremkomme ved at sortmale muren og anbringe en transparent, isolerende dæklagskonstruktion foran. Der skabes herved mulighed for, at rumluften i solskinsperioder kan opvarmes i hulrummet mellem muren og dæklaget, idet den cirkulerer ved naturlig konvektion. Alternativt kan cirkulationen foregå inde i væggen, såfremt der er tale om en hulmur uden isoleringsgranulat. Ved hjælp af et edb-program beregnes den energibesparelse, der opnås for en given solvæg, og solvæggens rentabilitet vurderes.

Resultatet af dette arbejde er udgivet i rapporten:

[4] To forslag til udformning af solvægge - En undersøgelse baseret på indendørs målinger. LFV-meddelelse nr. 186. Casper Paludan-Müller, Laboratoriet for Varmeisolering. Oktober 1987.

To forskellige forslag til udformning af solvægge er blevet undersøgt. Den ene solvæg var en uventileret væg, hvor der i dæklagssystemet indgik et lag transparent silica aerogel og et lag glas. Varmelageret bestod af en massiv betonmur. Den anden solvæg var en ventileret væg bestående af to lag glas foran en uisoleret hulmur. Der var varmetransport mellem hulrummet foran absorberen og hulrummet i muren ved luftcirkulation gennem ventilationsåbninger øverst og nederst i formuren.

De to solvægge blev opbygget med realistiske dimensioner, hvorefter deres egenskaber blev målt i Laboratoriets indendørs prøvestand for solvægge (figur 3). Måleresultaterne blev sammenlignet med resultaterne fra de teoretiske beregninger, og der blev konstateret en rimelig god overensstemmelse.



Figur 3: Indendørs prøvestand for solvægge, Laboratoriet for Varmeisolering.
Prøvestanden placeres i Laboratoriets solsimulator.

Det kan endvidere konkluderes, at silica aerogel er energimæssigt særdeles velegnet til solvægge, omend det ville være ønskeligt med en monteringsklar evakueret termorude med silica aerogel i hele stykker.

Årsudbyttet af den uventilerede solvæg vil være 88 - 162 kWh/m²/år i nybyggeri og 163 - 213 kWh/m²/år i eksisterende byggeri. Energigevinsten afhænger dog meget af det anvendte design.

Den ventilerede solvæg med to lag glas vil ikke give anledning til nogen energibesparelse i nybyggeri, men ved anvendelse på eksisterende byggeri, vil der kunne forventes et årsudbytte på 75 kWh/m²/år. Yderligere 18 - 37 kWh/m² kan hentes ved udvikling af profilsystem og anvendelse af selektiv absorber.

Før solvæggene kan anvendes til andet end forsøg, bør forskellige byggetekniske detaljer klarlægges for at sikre konstruktionerne en rimelig levetid. Desuden bør der træffes foranstaltninger mod forringet termisk komfort som følge af uønsket varmetilførsel om sommeren.

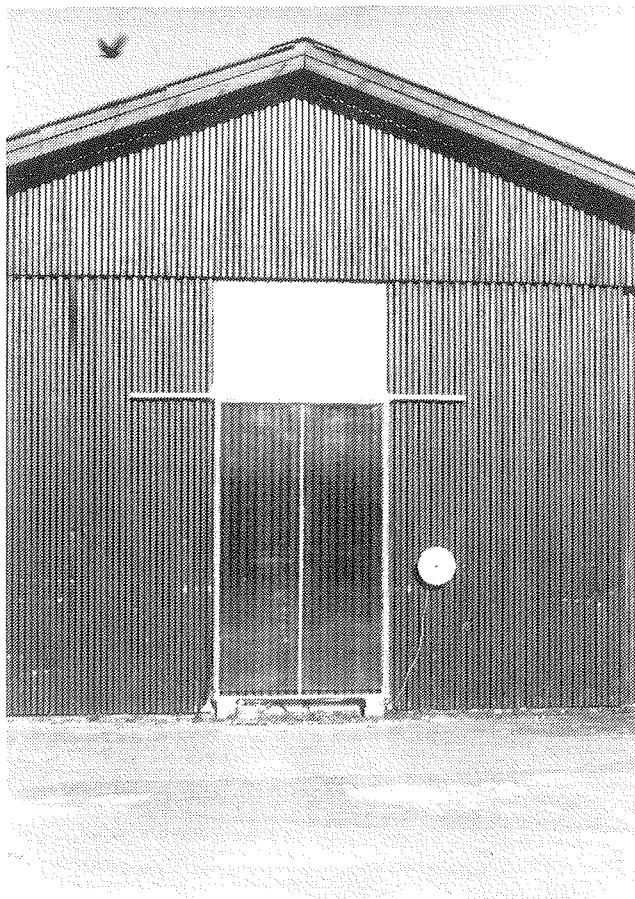
Titel: Multifunktions-facadeelement til energiindvinding.
Bevillingsmodtager: Arkitektfirmaet Arne Meldgaard ApS.
Samarbejdspartner(e): Laboratoriet for Varmeisolering og
Techline International Energy Systems.
Data: EFP87 EM-1213-702-05-01 + EM-1213/87-2
300.000 87.01 - 89.12

Et multifunktions-facadeelement (MF-element) er en kombineret ventileret solvæg og varmeveksler for ventilationsluft (figur 4). Ved at lade udeluft og afkastluft fra bygningen passere på hver sin side af en korrugeret metalplade, forvarmes udeluften på grund af elementets varmevekslervirkning. Elementet virker endvidere som ventileret solvæg, idet den korrugerede metalplade fungerer som absorber. Varmetabet fra den eksisterende mur mindskes som følge af, at afkastluften afgiver varme til både metalpladen og muren.

Formålet er at kunne dokumentere MF-elementets effektivitet som solvæg, varmeveksler og komponent til reduktion af væggens varmetab samt kombineret energibesparende foranstaltning.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[5] *Results from tests on a Multi-Function Solar Energy Panel*. LFV-meddelelse nr. 213. Søren Østergaard Jensen, Laboratoriet for Varmeisolering, Juni 1990.



Figur 4: Multifunktionsfacadeelement. En kombineret varmeveksler for ventilationsluft og ventileret solvæg. Laboratoriet for Varmeisolering.

MF-panelets effektivitet som solvæg måltes til 30 - 60% ved luftstrømninger på 30 - 100 m³/h. Effektiviteten som varmeveksler blev målt til ca. 30% næsten uafhængigt af luftstrømmen. Desuden blev det konstateret, at MF-elementet kunne reducere væggenes varmetab med ca. 11%.

Beregninger viser, at årsydelsen kan forventes at blive 225 - 1.350 kWh/m²/år afhængigt af MF-panelets størrelse og de faktiske luftstrømme.

Der er mulighed for at optimere designet af MF-panelet, hvis der udvikles en teoretisk model for MF-panelets virkemåde, idet der endnu ikke er fuldstændig klarhed over alle de termiske processer.

To dæklag i stedet for et vil have en negativ indflydelse på MF-elementets funktion som solvæg på grund af nedsat transmittans, men en positiv betydning for MF-elementets funktion som varmeveksler på grund af formindsket varmetab. Mulighed for afkastluftens kondensation i solpanelet vil ligeledes øge vekslerens effektivitet.

Titel: *tsbi3 til beregning af solvægge.*
Bevillingsmodtager: *Statens Byggeforskningsinstitut, Energi og indeklima.*
Projektleder: *Kim B. Wittchen.*
Samarbejdspartner(e): *Laboratoriet for Varmeisolering.*
Data: *EFP92 j.nr. ENS-1213/92-0005 600.000 92.01 - 94.12*

Den eksisterende version af tsbi3 kan kun med stor vanskelighed anvendes til simulering af solvægge. Formålet med dette projekt er at udvikle en detaljeret model til simulering af solvægge. Programmet skal kunne simulere ventilerede og uventilerede solvægge med eller uden transparent isolering. Programmet vil kunne simulere det dynamiske samspil mellem solvæg og bygning.

Projektet er netop påbegyndt.

Titel: *Profilsystem til solvægge*
Bevillingsmodtager: *Laboratoriet for Varmeisolering*
Projektleder: *S. Svendsen.*
Samarbejdspartner(e): *Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS, m.fl.*
Data: *UVE92 j.nr. ENS-51181-91.0050 300.000 92.01 - 92.12*

Formålet med dette projekt er at udvikle et nyt og prisbilligt profilsystem i samarbejde med interesserede producenter. Profilsystemet skal være velegnet i forbindelse med præfabrikation af solvægge og skal medvirke til, at solvægge gives et løft fra forskning til marked.

Projektet er igang, og det diskuteres i øjeblikket parterne imellem, hvilken last profilet skal kunne bære. Skal profilet bære over en etagehøjde, eller kan det fastgøres i facaden uafhængigt af etageadskillelsen ?

Profilet skal kunne samles til færdige elementer med glas, 1 eller 2 lag folie, tætning o.s.v. Endvidere skal modulerne kunne hænges op, og der skal være mulighed for tætning mellem modulerne. Der skal fremstilles en prototype af profilet i samarbejde med interesserede producenter.

1.1.2 Overskudsvarme i solvægge

Udenfor fyringsæsonen kan solvægge foranledige en uønsket forhøjelse af rumluft-temperaturen. For at undgå dette gives der i en række projekter forskellige løsninger på dette problem. Nedenstående 2 projekter behandler een måde til at undgå at der opstår overtemperaturer og samtidigt at udnytte overskudsvarmen.

Titel: *Demonstration af udnyttelse af overskudsvarme i solvæg til brugsvandsopvarmning.*
Bevillingsmodtager: *Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS*
Projektleder: *Svend Erik Mikkelsen*
Samarbejdspartner(e): *Dansk Teknologisk Institut, Byggeteknisk Institut.*
Data: *UVE91 j.nr. ENS-51181-91.0011 243.000 91.08 - 92.07*

Formålet med dette projekt er at bruge sommerens overskudsvarme fra en eksisterende solvæg til brugsvandsforvarmning. Herved forhindres overophedning af bygningen. Luft cirkuleres gennem solvæggen og gennem en luft/vand-varmeveksler til forvarmning af brugsvandet. Der gennemføres en kort teoretisk analyse og et måleprogram for energi-gevinsten.

I EFP91-projektet "Solvægge i forbindelse med facaderenovering og energibesparelser - fase 2" (j.nr. ENS-1213/90-0016) er der opført en 30 m² solvæg på en ejendom på Nørrebro i København. Solvæggen dækker en lejlighed i 4. sals højde (figur 7).

Solvæggen er monteret på en massiv muret og pudset mur (1 sten) orienteret mod syd-sydvest og opbygget af et rammesystem med et dæklag bestående af en teflonfolie og et lag glas med lavemissionsbelægning.

Forsøget med at udnytte overskudsvarmen fra solvæggen er igang. Luften føres fra solvæggen gennem en lang isoleret kanal til kælderen, hvor varmen overføres til brugsvandet via en luft/vand-varmeveksler og en varmtvandsbeholder. Da der ikke findes VA-godkendte luft/vand-varmevekslere på markedet, overføres varmen fra veksleren til brugsvandet via varmtvandsbeholderens varmeveksler.

Måleprogrammet, der har til formål at dokumentere effektiviteten af udnyttelsen af overskudsvarmen, fortsætter indtil først på vinteren, således at projektet kan af-rapporteres inden udgangen af 1992.

Projektet gennemføres i samarbejde med Dansk Teknologisk Institut - Byggeteknisk Institut, som har modtaget en mindre bevilling (jvf. nedenstående oplysninger) til supplerende målinger i forbindelse med udnyttelsen af overskudsvarmen.

Titel: *Demonstration af udnyttelse af overskudsvarme i solvæg*
Bevillingsmodtager: *Dansk Teknologisk Institut, Byggeteknisk Institut.*
Projektleder: *Lars Olsen.*
Samarbejdspartner(e): *Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS.*
Data: *UVE92 j.nr. ENS-51181/92-0043 14.000*

1.1.3 Uventilerede og ventilerede solvægge

Dette afsnit omhandler rapporter med et indhold om både uventilerede og ventilerede solvægge.

Titel: *Solvægge i den eksisterende boligmasse.*
Bevillingsmodtager: *Laboratoriet for Varmeisolering.*
Projektleder: *S. Svendsen.*
Samarbejdspartner(e):
Data: *EFP87 j.nr. EM-1353/87-6 400.000 87.07 - 89.12*

I den eksisterende boligmasse er der et stort potentiale for energibesparelser ved brug af solvægge. Endvidere vil der ofte være mulighed for at spare udgifterne til reparation af en nedbrudt ringe isoleret betonfacade, såfremt der tilføjes en solvægskonstruktion. Projektet har til formål at klarlægge hvilke udformninger af solvægge, der vil være fordelagtige. Blandt andet vil det blive undersøgt, hvilke dæklagskonstruktioner der kan tilrådes. Herunder vil der blive set på det transparente isoleringsmateriale silica aerogel. Mulighederne for at transportere og lagre den absorberede solvarme vil blive undersøgt.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[6] *Solvægge i den eksisterende boligmasse*. LFV-meddelelse nr 193.

Casper Paludan-Müller, Olaf Bruun Jørgensen, Lab. for Varmeisolering. September 1988.

Rapporten når frem til, at anvendelsen af solvægge i forbindelse med gunstige orienterings- og skyggeforhold giver bedre muligheder for energibesparelser end traditionel efterisolering. Kombinationer af facaderenovering, glastilbygninger, solvægge og efterisolering er økonomisk attraktive løsninger i forhold til de enkeltstående dele.

Solvæggens effektivitet kan øges væsentligt ved anvendelse af en selektiv absorber og ved anvendelse af transparent isolering i dæklaget. Den optimale tykkelse af Isoflex og evakueret silica aerogel er ca. 30 mm. Ved anvendelse af solvægge med transparent isolering opnås større besparelser end ved traditionel efterisolering med 75 mm mineraluld.

Eksisterende byggeri med isolering i ydervæggen kræver luftcirkulation mellem solvæg og rummet bag ved; men der mangler udvikling af effektive ventiler til sådanne konstruktioner. Beregninger viser god gevinst ved anvendelsen af ventilerede solvægge til forvarmning af udeluft til ventilation.

Det påpeges i rapporten, at en uønsket opvarmning af rumluften om sommeren ikke er af større betydning for det termiske indeklima. Beregninger viser, at der sker en forøgelse af rumtemperaturen på 0,5°C på en typisk sommerdag (hvis der kan opnås et rumluftskifte på 3 gange pr. time).

Ovenstående projekt behandler forholdene omkring uventilerede og ventilerede solvægge i det eksisterende byggeri, hvor nedenstående projekt beskriver mulighederne for anvendelsen af solvægge i nybyggeriet.

Titel: *Udvikling af solvæg til nybyggeri.*

Bevillingsmodtager: *Laboratoriet for Varmeisolering.*

Projektleder: *S. Svendsen.*

Samarbejdspartner(e):

Data: *EFP89 j.nr. ENS-1213/89-5 400.000 89.05 - 91.12.*

Formålet er at udvikle en solvæg, der kan anvendes i nybyggeri af især lave boliger. Da solvæggen udvikles til brug i nybyggeri, er der gode muligheder for at indbygge en passende stor varmelagringskapacitet. Ligeledes er der mulighed for at indbygge kanaler for naturlig cirkulation af luft, så varmetransporten kan forbedres og styres. Solvæggen skal udformes så den kan nedsætte transmissionstab i vintermånederne og tilføre huset varme i overgangsperioderne. Desuden skal den udnyttes til opvarmning af ventilationsluft. Solvæggen skal udformes, så den kan benyttes i alle husets ydervægge. Der udarbejdes forslag til solvægskonstruktioner baseret på forskellige transparente isoleringsmaterialer, herunder silica aerogel. På grundlag af beregninger af de foreslåede solvægges årsydelse i typisk nybyggeri udvælges et par af de mest lovende konstruktioner. Disse opbygges og afprøves i Laboratoriets indendørs prøvestand for solvægge.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[7] *Solvægge i nybyggeri*. LFV-meddelelse nr. 239 (foreløbig udgave) Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering. August 1992.

Med simuleringsprogrammet SUNCODE er der gennemført årsbaserede modelberegninger. Der er undersøgt 3 typer solvægge med forskellige dæklag og bagmure. Med hensyn til uventilerede solvægge er det konstateret, at det energimæssigt optimale dæklag er to lag glas med silica aerogel eller et lag glas med 100 mm honeycombs. Den energimæssige og økonomisk optimale bagmur er 150 mm beton. Der vil endvidere i den endelige rapport indgå en vurdering af den indeklimatisk optimale bagmur. Reduktion af overtemperaturer er nødvendig. Reduktionen kan ske med store udhæng, sæsonskyggegardiner, ventilation med udeluft bag dæklag eller med en indvendig isolering.

Ventilerede solvægge vurderes på basis af traditionelt betonbyggeri. Her er der gennemført simuleringer med forvarmning af ventilationsluft og simuleringer med varmelagring i huldæk. Forskellige typer dæklag er også undersøgt.

Titel: Modulbaseret produktserie til solvægge i kombination med højisolerede vinduer og facadeisolering.

Bevillingsmodtager: Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS

Projektleder: Svend Erik Mikkelsen

Samarbejdspartner(e): KHR AS Arkitekter og H.S. Hansens Fabrikker A/S

Data: Teknologirådet 1990 j.nr. TR-89.0605
432.000 90.02 - 90.10

Formålet med dette projekt er at udvikle en serie produkter til anvendelse i forbindelse med bygningsrenovering og nybyggeri. Serien skal indeholde ventilerede og uventilerede solvægge, højisolerede vinduer, isoleringsmoduler. Modulerne designes, fremstilles og testes. Hovedideen er at opnå en betydelig reduktion af energiforbruget i forbindelse med facaderenovering.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporterne:

[8,9] Modulsolvægge.

1. del - Teknisk økonomisk analyse. Slutrapport.

2. del - Eksempler. Slutrapport

Cowiconsult A/S, KHR A/S, H.S. Hansens fabrikker A/S. marts 1991.

Det tekniske design af en solvæg er beskrevet i forhold til forskellige typer ejendomme, og der gives arkitektoniske eksempler. Der er gennemført beregninger af energibesparelser af forskellig typer solvægge med simuleringsprogrammet tsbi3. Beregningerne er gennemført ved at "snyde" programmet, som på dette tidspunkt ikke gearer til denne type beregninger.

Det konkluderes, at på rimeligt solbeskinnede mure vil solvægge ofte give en betydelig større energibesparelse end en efterisolering.

Uventilerede solvægge på ældre ejendomme med massive teglmure kan give en energigevinst på 125 - 200 kWh/m²/år, mens efterisolering med 75 mm mineraluld giver 75 - 110 kWh/m²/år.

Ventilerede solvægge kan give en energibesparelse på 125 - 200 kWh/m²/år, hvis de bruges til forvarmning af ventilationsluft.

Beregninger viser, at overskudsvarmen med fordel kan udnyttes til forvarmning af brugsvand.

1.2 Uventilerede solvægge i eksisterende muret byggeri

Dette kapitel er en opgørelse over afsluttede og igangværende projekter om uventilerede solvægge i det eksisterende murede byggeri.

Titel: Energirenovering af ældre boligblok med hovedvægt på udnyttelse af transparent isoleringsmateriale.
Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.
Projektleder: S. Svendsen.
Samarbejdspartner(e): Danbolind Rådgivning A/S.
Data: EFP88 j.nr. EM-151/88-65 300.000 88.12 - 89.12

Formålet med projektet er at beskrive hvorledes en energirenovering af en ældre boligblok kan foregå med optimal udnyttelse af solvægge med transparent isolerende dæklag og traditionel udvendig efterisolering.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[10] *Energirenovering af ældre boligblok med hovedvægt på udnyttelse af transparent isoleringsmateriale.* LFV-meddelelse nr. 212. Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering & Claus Schmidt, Danbolind Rådgivning A/S. Marts 1990.

Kraftige temperaturpåvirkninger af muren kan føre til revnedannelse i pudsede vægge og knækkede murbindere i hulmure. Dette kan medføre, at der skal laves dillatationsfuger omkring solvæggen, og at solvæggen skal forankres til bagmuren.

Af hensyn til mekanisk belastning og brand kan det forventes, at der fra myndighedernes side kræves udstrakt brug af hærdet glas.

Der bør udvikles bedre og billigere inddækningsprofiler, idet de nuværende (1990) montagesystemer ikke er specielt velegnede til solvægge. Ved at billiggøre montagesystemet forbedres solvæggens rentabilitet.

Solvægge er dyrere end 100 mm udvendig efterisolering, men tilbagebetalingstiden vil være kortere, da den relative forskel i energibesparelse er mellem 20 og 40% i solvæggens favør.

Med hensyn til indeklimaet vil der opnås et forbedret termisk indeklima i fyrings-sæsonen på grund af forhøjede indvendige overfladetemperaturer. Til gengæld vil der opstå en forhøjelse af rumtemperaturen om sommeren på op mod 1,9 °C. Det vurderes i rapporten, at det ikke vil medføre en uacceptabel forringelse af indeklimaet i form af overtemperaturer, da rumtemperaturen i forvejen er høj.

Fugt kan trænge ind i solvæggen eller diffundere gennem det eksisterende murværk og senere kondensere på de indvendige kolde flader. Herved kan der opstå fugtskader på solvæggen. Fugtskader kan undgås ved ventilering af hulrummet gennem profilerne.

Dette projekt er et udredningsprojekt der danner basis for de efterfølgende 2 projekter med titlen: "Fuldskalaforsøg på ældre boligblok i Helsingør" fase 1 og 2.

Titel: *Solvægge, fase 1. A: Fuldskalaforsøg på ældre boligblok i Helsingør, fase 1.*

Bevillingsmodtager: *Laboratoriet for Varmeisolering.*

Projektleder: *S. Svendsen.*

Samarbejdspartner(e): *Det sociale boligselskab i Helsingør, Danbolind Rådgivning A/S.*

Data: *EFP90 j.nr. ENS1213/90-0001 300.000 90.06 - 90.12*

Formålet er, på basis af ovenstående udredningsprojekt at projektere og opføre en solvæg på gavlen af en 3 etages pudset murstensejendom.

Der er projekteret og opført en ca. 80 m² solvæg på gavlen af en boligblok på Peder Skrams vej i Helsingør (figur 5).

Nedenstående delrapport vedrører projekteringen og opførelsen, samt en byggeteknisk vurdering ½ og 1 år efter opførelsen.

[11] Uventilerede solvægge. (Foreløbig udgave) Danbolind A/S, November 1991.

Fuldskalaforsøget - fase 1 og den efterfølgende fase 2 (jvf. nedenstående oplysninger) rapporteres sammen.

Titel: Solvægge, fase 2. A: Fuldskalaforsøg på ældre boligblok i Helsingør, fase 2.

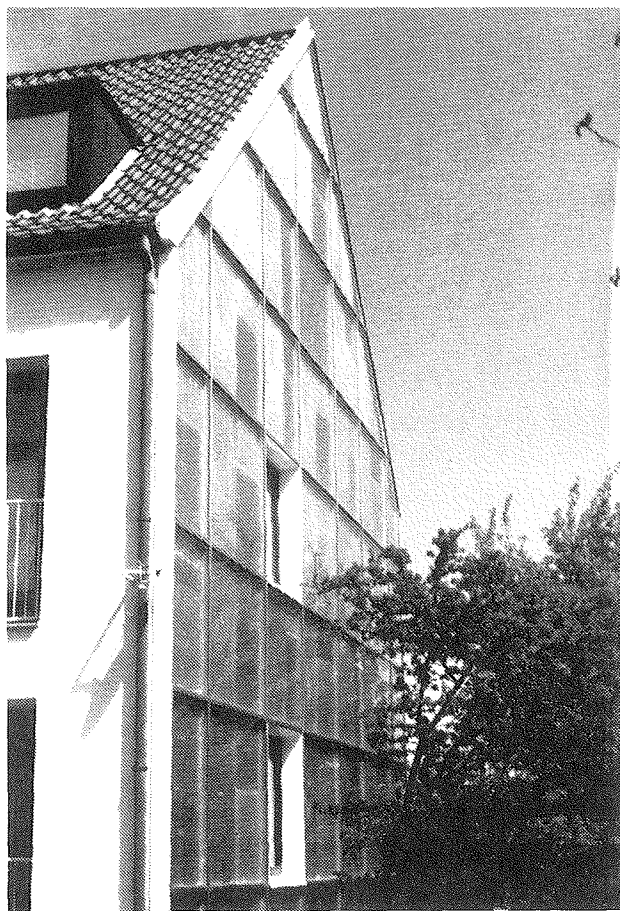
Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.

Projektleder: S. Svendsen.

Samarbejdspartner(e):

Data: EFP91 j.nr. ENS-1213/91-0001 200.000 91.07 - 92.12

Formålet med fase 2 er at gennemføre målinger samt at udarbejde en detaljeret analyse af energibesparelserne og det termiske indeklima baseret på målingerne. Erfaringer fra dette og tidligere projekter vil indgå i en evaluering af uventilerede solvægge i forbindelse med murstensbyggeri.



Figur 5: Solvægsgavl i Helsingør.

Hovedkonklusionerne af fase 1 og 2 er præsenteret på konferencen: TI₅ - Fifth International Meeting on Transparent Insulation Technology, Freiburg, Tyskland, 24 - 26 maj 1992 i artiklen:

[12] Results from retrofitting with transparent insulation on three different residential houses in Denmark. Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. 1992.

Målingerne er afsluttet, og en rapport med projektets resultater udkommer i efteråret 1992.

Projektet "Solvægge i Vibekevang" er også et fuldskalaforsøg, der omhandler uventilerede solvægge i det eksisterende murede byggeri.

<i>Titel:</i>	<i>Solvægge i Vibekevang</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>Beboerforeningen "Vibekevang"</i>
<i>Projektleder:</i>	<i>Ole Frydensberg.</i>
<i>Samarbejdspartner(e):</i>	<i>Kooperativ Byggeindustri A/S, Laboratoriet for Varmeisolering.</i>
<i>Data:</i>	<i>Teknologirådet j.nr. TR-89.0238 280.000 89.07 - 92.05</i>

Formålet er at gennemføre et fuldskalaforsøg med uventilerede solvægge på murstensbyggeri i bebyggelsen "Vibekevang" og at afprøve kendt solvægsteknik specielt med henblik på arkitektur, energibesparelser og indeklima.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[13] Solvægge i Vibekevang - energirenovering. Ole Frydensberg, Kooperativ Byggeindustri A/S & Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering. Juni 1992.

Projektet er desuden blevet præsenteret på TI₅ - Fifth International Meeting on Transparent Insulation Technology, Freiburg, Tyskland, 24-26 maj 1992 i artiklen:

[12] Results from retrofitting with transparent insulation on three different residential houses in Denmark. Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. 1992.

Solvæggene er opført på murede/pudsede øst- og vestvendte facader (figur 6). Muren er massiv (1½ sten), og solvæggen består af 1 lag glas og i forskellige felter yderligere

20 mm transparent isoleringsmateriale af typen Isoflex. Solvæggen er opført af håndværkere, men kan udføres som et selvbyggersystem.

Solvæggen har betydelig indflydelse på arkitekturen i bebyggelsen, og udseendet er blevet positivt modtaget af beboerne i området.

Der er i korte perioder i sommermånederne målt lidt forhøjede rumlufttemperaturer foranlediget af solvæggen; men det er ikke blevet kommenteret af beboerne.



Figur 6: Uventileret solvæg i bebyggelsen "Vibekevang". Østerbro, København.

Med solvæggen er der opnået maksimale overfladetemperaturer på murens yderside omkring 50 - 60 °C og maksimale døgnvariationer på ca. 30 °C. Det konkluderes, at disse temperaturforhold ikke giver anledning til en accelereret nedbrydning af puds og murværk. Tværtimod kan det forventes, at solvæggen vil medvirke til en bedre bevaring af muren, idet den vil være mindre fugtig, samt at der ikke vil forekomme så mange passager henover frysepunktet om vinteren.

Der er målt en gennemsnitlig energibesparelse på 43 kWh/m²/år, men det forventes, at der med en tætning af solvæggen, en forbedret absorptans og større anvendelse af transparent isolering kan opnås en forøgelse af energigevinsten til ca. 80 kWh/m²/år.

Tilbagebetalingstiden for de aktuelle solvægge er meget lang (ca. 50 år); men som selvbyggersystem kan tilbagebetalingstiden i gunstige tilfælde forkortes til ca. 10 år og derved være en økonomisk attraktiv løsning til nedbringelse af energiforbruget.

Følgende 3 projekter indeholder udredning og fuldskalaforsøg om uventilerede solvægge i det eksisterende murede byggeri. Fase 1 har til formål at vurdere fordele og ulemper ved solvægge kontra isolerede ydervægge. Desuden vurderes fugt- og kondensforholdene i solvægge. I fase 2 og 3 projekteres, fremstilles og opføres en 30 m² solvæg, og der gennemføres målinger, evalueringer og afsluttende rapportering.

<i>Titel:</i>	<i>Solvægge (fase 1). B: Solvægge i forbindelse med facade-renovering og energibesparelser, fase 1.</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>Dansk Teknologisk Institut, Byggeteknisk Institut.</i>
<i>Projektleder:</i>	<i>Lars Olsen.</i>
<i>Samarbejdsparter(e):</i>	<i>Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS.</i>
<i>Data:</i>	<i>EF90 j.nr. ENS-1213/90-0017 200.000 90.08 - 91.12</i>

Undersøgelsen af fugt- og kondensforholdene i solvægge er afsluttet og rapporteret som afsnit 4.6 i nedenstående rapport.

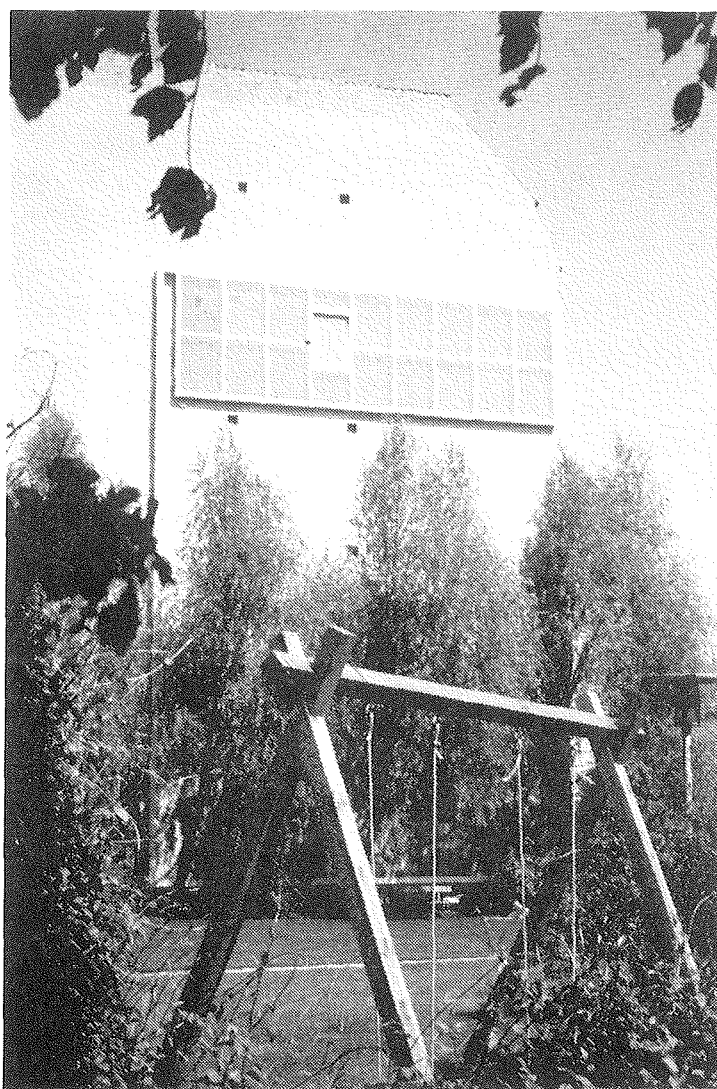
[8] Modulsolvægge. 1. del - Teknisk økonomisk analyse. Slutrapport. Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS, m.fl. Marts 1991.

En uventileret solvæg påvirkes af fugt fra udeklimaet og fra indeklimaet. Med hensyn til fugt fra indeklimaet anbefales det at anvende en diffusionsåben overfladebehandling af ydersiden af den mur, der indgår i solvæggen. Kondens på den indvendige side af solvæggen vil ikke forekomme; men da rumlufttemperaturen kan sænkes på grund af forhøjede overfladetemperaturer, vil der være en svagt forøget risiko for kondens på overflader, hvor isoleringsevnen ikke er forbedret. Med hensyn til risikoen for indtrængende slagregn bør hulrum i solvæggens glasdækningsdel være udført med dræn, der også kan fungere som ventilationshuller. En optimal ventilation opnås ved et 10 mm hul i top og bund pr. m² solvæg. Energitalbet hidrørende fra ventilationen vil i dette tilfælde være mindre end 5%.

Vurderingen af fordele og ulemper ved solvægge kontra hulmursisolering er endnu ikke afsluttet.

Titel: Solvægge, fase 2. B: Solvægge i forbindelse med facade-
renovering og energibesparelser, fase 2.
Bevillingsmodtager: Dansk Teknologisk Institut, Byggeteknisk Institut.
Projektleder: Lars Olsen.
Samarbejdspartner(e): Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS.
Data: EFP91 j.nr. ENS-1213/91-0016 300.000

Formålet med projektet "Solvægge i forbindelse med facaderenovering og energibesparelser, fase 2" er at projekttere, fremstille og opføre en 30 m² solvæg på en ejendom på Nørrebro i København. Solvæggen dækker en lejlighed i 4. sals højde (figur 7).



Figur 7: 30 m² uventileret solvæg. Nørrebro, København. Overskudsvarmen fra solvæggen bortventileres og anvendes til forvarmning af brugsvand.

Solvæggen er monteret på en massiv muret og pudset mur (1 sten) orienteret mod syd-sydvest og opbygget af et rammesystem med et dæklag bestående af en teflonfolie og et lag glas med lavemissionsbelægning.

3. fase af projektet "Solvægge i forbindelse med facaderenovering og energibesparelser" handler om gennemførelse af målinger og evalueringer samt rapportering af både 2. og 3. fase. Evalueringen baseres på sammenligninger mellem en facade med solvægge og en facade uden. Specielt vil indeklimaet og brugernes oplevelse blive vurderet.

Titel: Solvægge, fase 3. B: Solvægge i forbindelse med facade-
renovering og energibesparelser, fase 3.
Bevillingsmodtager: Dansk Teknologisk Institut, Byggeteknisk Institut.
Projektleder: Lars Olsen.
Samarbejdspartner(e): Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS.
Data: EFP92 j.nr. ENS-1213/92-0018 200.000

Målinger af solvæggens ydelse og fugtforhold er igang. Fase 2 og 3 forventes afsluttet medio 1993.

Titel: Totalenergiløsning med solvarme og energibesparelser til
boligkarré på Østerbro.
Bevillingsmodtager: AAB afd. 23.
Projektleder:
Samarbejdspartner(e): Fennet Consult, Cenergia ApS.
Data: EF's THERMIE-program 1990.

Udgangspunktet for dette projekt er en energirenovering af en ældre boligkarré med 80 lejligheder på Østerbro i København. Der er opnået økonomisk støtte til projektet gennem EF's THERMIE-program for 1990.

Man ønsker at udnytte lavtemperatur-fjernvarme, hvorfor en betydelig reduktion af energiforbruget er nødvendig. Dette opnås ved at gennemføre en facaderenovering med en kombination af højisolerede vinduer, facadeisolering og indpasning af en integreret solvarmeløsning med en kombination af transparent isolering og solfangerelementer i facaden, som sikrer mod overophedning om sommeren og samtidig dækker en stor del af behovet for varmt brugsvand.

Et af de meget vigtige punkter er at designe en arkitektonisk indbydende facadeløsning som kan tilføre bygningen et selvstændigt udtryk, der kan accepteres som alternativ til den murstensløsning, der findes i dag.

Der er opsat et solvægsprøvefelt (figur 8) på bygningen, og der foregår i øjeblikket målinger og test på prøvefeltet.



Figur 8: Solvægsprøvefelt med uventileret solvæg opsat på boligkarré på Østerbro i København. Prøvefeltet er et forstadie til en total energirenovering af bygningen.

1.3 Ventilerede solvægge

I forbindelse med ventilerede solvægge sker der en aktiv transport af varmen fra solvægge til bygningen eller til et lager. Formålet er således at opvarme indeluft, forvarme ventilationsluft eller at opvarme et lager for senere passiv eller aktiv afgivelse til bygningen.

1.3.1 Præfabrikerede ventilerede solvægge

I dette afsnit beskrives 2 projekter, der er opdelt i henholdsvis 2 og 3 faser. Begge projekter omhandler præfabrikerede ventilerede solvægge.

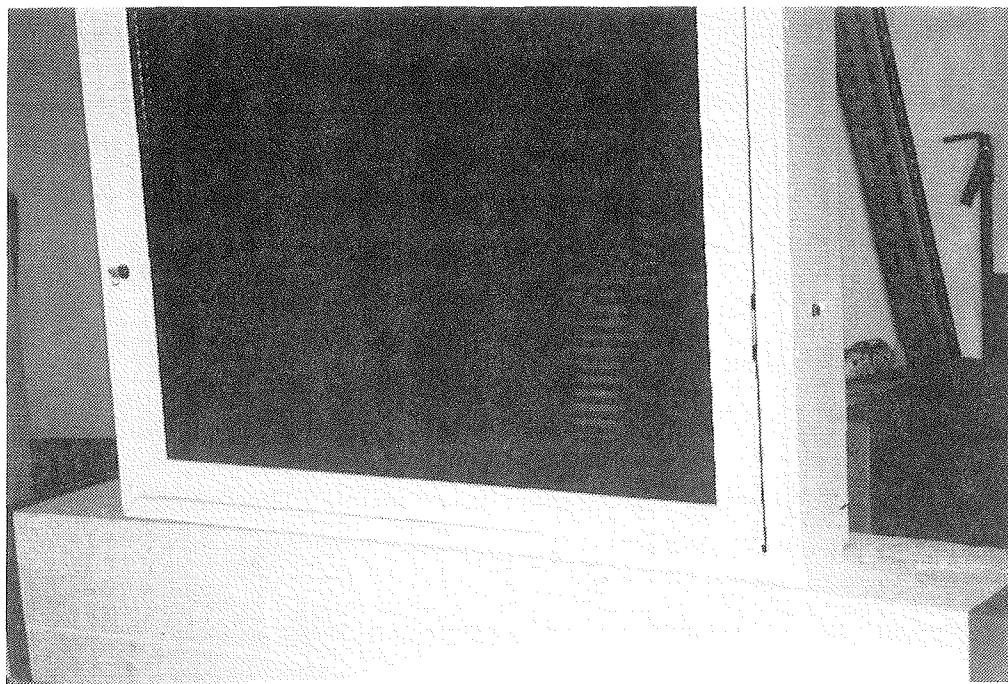
Formålet med nedenstående projekt er at udvikle en solvæg, der kan fremstilles og monteres billigt og med maksimal ydelse. Tilbagebetalingstiden forventes at blive 7 - 15 år. Solvæggen udvikles i samarbejde med en vinduesfabrikant. Derfor er der lagt særlig vægt på, hvad der er umiddelbart produktionsteknisk muligt hos fabrikanten.

<i>Titel:</i>	<i>Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet.</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>A/S Samfundsteknik, Rådgivende Ingeniører</i>
<i>Projektleder:</i>	<i>Jørgen Lilholm.</i>
<i>Samarbejdspartner(e):</i>	<i>Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi og Hvidbjergvinduet A/S.</i>
<i>Data:</i>	<i>Teknologirådet 1991 j.nr. TR-89.0619/ENS-UVE-90.0220 420.000 90.01 - 90.10</i>

Resultatet af 1. fase af projektet er udgivet i rapporten:

[14] Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet - fase 1: Udvikling af prototype. Målinger og ydelsesberegninger. Dansk Teknologisk Institut, Hvidbjergvinduet A/S og A/S Samfundsteknik. April 1991.

Der er udviklet en ventileret solvæg, som kan præfabrikeres, og som passer i modulbyggeriet (figur 9). Solvæggen er optimeret med hensyn til dens egnethed til fabriksproduktion og holdbarhed. Målinger og beregninger viser, at ydelsen kan forventes at blive 125 - 155 kWh/m²/år. Den optimale spaltebredde (af hensyn til varmeoverføringen) er fundet til 40 mm, men varmeoverføringen kan forbedres ved en forøgelse af det varmeoverførende areal eller ved modifikation af absorber og dæklag.



Figur 9: Prototype af præfabrikeret ventileret solvæg.

Der er beregnet en simpel tilbagebetalingstid på 7 - 13 år, under forudsætning af at solvæggen kan opnå en systemgodkendelse, der gør den tilskudsberettiget. Ved en egentlig serieproduktion kan rentabiliteten forbedres med 10 - 15%.

<i>Titel:</i>	<i>Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet, fase 2.</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>A/S Samfundsteknik, Rådgivende Ingeniører.</i>
<i>Projektleder:</i>	<i>Jørgen Lilholm.</i>
<i>Samarbejdspartner(e):</i>	<i>Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi og Hvidbjergvinduet A/S.</i>
<i>Data:</i>	<i>Teknologirådet 1991 j.nr. ENS-51181-91-0006 280.000 91.09 - 92.12</i>

Projektet fortsættes i 2. fase, hvor formålet er at vise, hvorledes præfabrikerede ventilerede solvægge fungerer på en eksisterende bygning. Solvæggens ydelse fastlægges, og brugernes oplevelse vurderes.

Der er igangværende forhandlinger med et boligselskab om at finde en egnet ejendom til at opføre solvæggen på.

I det næste projekt er det overordnede formål at vise, at solvægge kan fremstilles så billigt, at de er et alternativ til andre energibesparende foranstaltninger. Prisen for solvægselementer skal ved præfabrikation kunne reduceres, svarende til den relative differens mellem enkeltfremstilling og præfabrikering af vinduer og døre. Herved vil præfabrikerede solvægselementer kunne anvendes i både eksisterende byggeri og i nybyggeri.

Titel: Solvægge (fase 1). A: Præfabrikerede ventilerede solvægge, fase 1.

Bevillingsmodtager: Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi.

Projektleder: Nick Bjørn Andersen.

Samarbejdspartner(e): A/S Samfundsteknik, Rådgivende Ingeniører og Hvidbjergvinduet A/S.

Data: EFP90 j.nr. ENS-1213/90-017
300.000 90.08 - 91.12

I fase 1 undersøges hvorledes solvægge kan integreres i bygningen med speciel opmærksomhed på energiforhold og termisk komfort. Der skal endvidere udvikles et spjæld- og reguleringssystem dels til den solvæg, der er udviklet i det producent-orienterede projekt (ovenstående projekt), dels til generel anvendelse.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[15] *Præfabrikerede ventilerede solvægge. Styring af spjæld.* Andersen, N.B. & Genborg, Th. Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi. Maj 1992.

Der er udviklet et selvvirkende spjældstyringssystem til ventilerede solvægge. Spjældstyringens primære funktion er at sikre, at solvæggen yder et varmetilskud til det tilstødende lokale ved tilstrækkeligt solindfald. Desuden skal spjældstyringen sikre solvæggens isoleringsevne, når den ikke kan yde et bidrag til rumopvarmningen. Den sekundære funktion er at sikre, at solvæggen ophører med at bidrage til rumopvarmningen, når temperaturen i det tilstødende lokale overstiger den ønskede rumtemperatur. Der er gennemført målinger og funktionskontrol af spjældstyringssystemet.

Spjældstyringen består af voksbaserede drivhuscylindre, stålwirer, trisser og fjedre. Forsøgene viser, at sådanne drivhuscylindre er velegnede til ventilerede solvægge, og at den temperaturhysterese, der forekommer, ikke har nævneværdig betydning for solvæggens ydelse. Solvæggens isoleringsevne kan imidlertid forbedres ved at reducere spjældarealet. Spjældstyringen har vist sig at være en effektiv måde at styre driften på.

I projektets 2. fase arbejdes der på udvikling af præfabrikerede ventilerede solvægge. I udgangspunktet indgår den viden og erfaring, der er opbygget i det producent-orienterede projekt og i dette projekts 1. fase. Der vil endvidere blive udarbejdet en konstruktionsbeskrivelse for præfabrikation med generelle regler for dimensionering af ventilerede solvægge.

Titel: Solvægge, fase 2. A: Præfabrikerede ventilerede solvægge, fase 2.
Bevillingsmodtager: Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi.
Projektleder: Nick Bjørn Andersen.
Samarbejdspartner(e):
Data: EFP91 j.nr. ENS-1213/91-0016
350.000 91.08 - 92.10

På basis af det videreudviklede koncept fremstilles en ny prototype af en præfabrikeret ventileret solvæg.

Formålet med 3. fase er at gennemføre målinger på den nye prototypesolvæg under praktiske forhold og at rådgive entreprenører i opbygningen og brugen af solvægge.

Titel: Solvægge, fase 3. A: Præfabrikerede ventilerede solvægge, fase 3.
Bevillingsmodtager: Nick Bjørn Andersen, Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi.
Samarbejdspartner(e):
Data: EFP92 j.nr. ENS-1213/92-0018
250.000 92.06 - 93.10

1.3.2 Brystningssolvægge

At placere solvægge på vinduesbrystningerne er arkitektonisk set mindre dominerende end at placere dem midt på en væg. Det er desuden en energimæssig fordel at placere solvægge her, da vinduesbrystningerne, især i ældre byggerier, er den dårligst isolerede del af facaden. Solvægge på altanbrystninger forekommer også arkitektonisk naturligt i forbindelse med inddækning af altaner. Desuden er det et praktisk sted at placere dem, idet de kan beskytte de ofte beskadigede brystninger mod fortsat nedbrydning.

Titel: Driftserfaringer med brystningssolvægge
Bevillingsmodtager: Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi.
Projektleder: Nick Bjørn Andersen.
Samarbejdspartner(e): Ulla Falck, arkitekt m.a.a.
Data: UVE91 j.nr. ENS-51181-91.0007 130.000 91.04 - 92.06

Projektet har til formål at udbrede resultater og erfaringer med brystningssolvægge til forvarmning af ventilationsluft, herunder erfaringer vedrørende konstruktion, styring, effektivitet og brugeroplevelser.

Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporterne:

[16,17] Driftserfaringer med brystningssolvægge.

Delrapport 1: Målinger på forbedret konstruktion. Duevej i Struer.

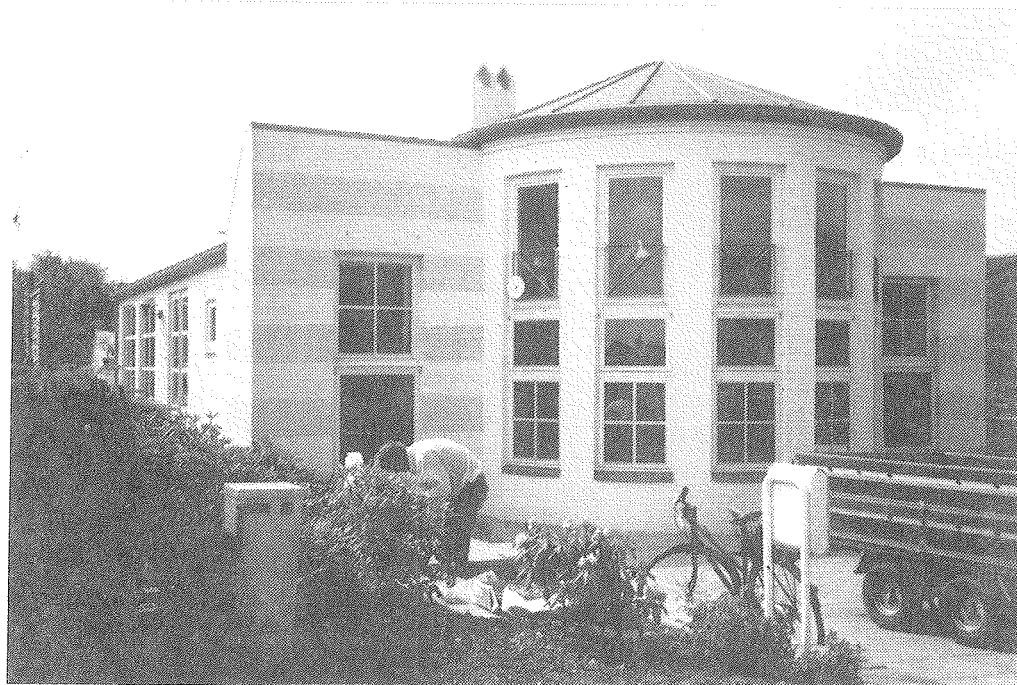
Delrapport 2: Vurdering af ydelse for solvæg til forvarmning af friskluft.

Nick Bjørn Andersen og Thomas Genborg, Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi samt Ulla Falck, arkitekt m.a.a. Maj 1992.

Resultaterne formidles endvidere i en særlig publikation for arkitekter og ingeniører.

I projektet er forskellige typer absorbermaterialers egnethed vurderet, blandt andet er materialerne undersøgt med hensyn til afgivelse af lugt ved typiske temperaturer i solvægge. I det beskrevne eksempel fra Struer (figur 10) er der anvendt en absorber bestående af en 2 mm sort filtdug på en 2 mm aluminiumsplade. For at undgå overtemperaturer er der anvendt en termostat fra en bils kølesystem og en spalteventil, der sikre bortventilering af overskudsvarme til det fri. Der er gennemført målinger af luftskifte og temperaturer, og beboernes bemærkninger til systemet er vurderet. Det konstateres, at der når solvæggen er i drift, forekommer en svag lugt af varmt træ. Det kan ligeledes konstateres, at overhedningssikringen fungerer; men at det udfra de givne

omstændigheder ikke er muligt at fastslå om spjældudformningen og åbningsarealet er optimal. Overhedningsventilerne åbner ved 79 og 85 °C, og det vurderes, at de i stedet for burde åbne ved ca. 65 °C, da der i perioder forekom for høje rumtemperaturer.



Figur 10: Brystningssolvægge til forvarmning af ventilationsluft. Struer.

Simulering af de givne forhold med simuleringsprogrammet WALL viser, at 5 m² solvæg har en årlig ydelse på 1.075 kWh svarende til 15% af ventilationstabet ved et luftskifte på 0,5 gange pr time.

Dette projekt omhandler således solvægge i forbindelse med vinduer, hvor nedenstående projekt omhandler erfaringer med solvægge i forbindelse med renovering af altanbrystninger.

<i>Titel:</i>	<i>Glas-altaninddækning med høj udnyttelse af passiv solvarme.</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>Arbejdernes Boligselskab i Gladsaxe.</i>
<i>Projektleder:</i>	<i>Arne Nørregaard.</i>
<i>Samarbejdspartener(e):</i>	<i>Danakon a/s, Rådgivende Ingeniører F.R.I., Laboratoriet for Varmeisolering, Arkitekterne Jensen, Jørgensen og Wohlfeldt.</i>
<i>Data:</i>	<i>Teknologirådet 1989 j.nr. 1989-144/001-890100 300.000</i>

Formålet med projektet er gennem et fuldskaforføg at få afprøvet forskellige ideer til udformning af glas-altaninddækninger med solvægge specielt med hensyn til at undersøge inddækningens betydning for energiforbruget i boligen og fugt i betonbrystningerne samt kondens på ruderne.

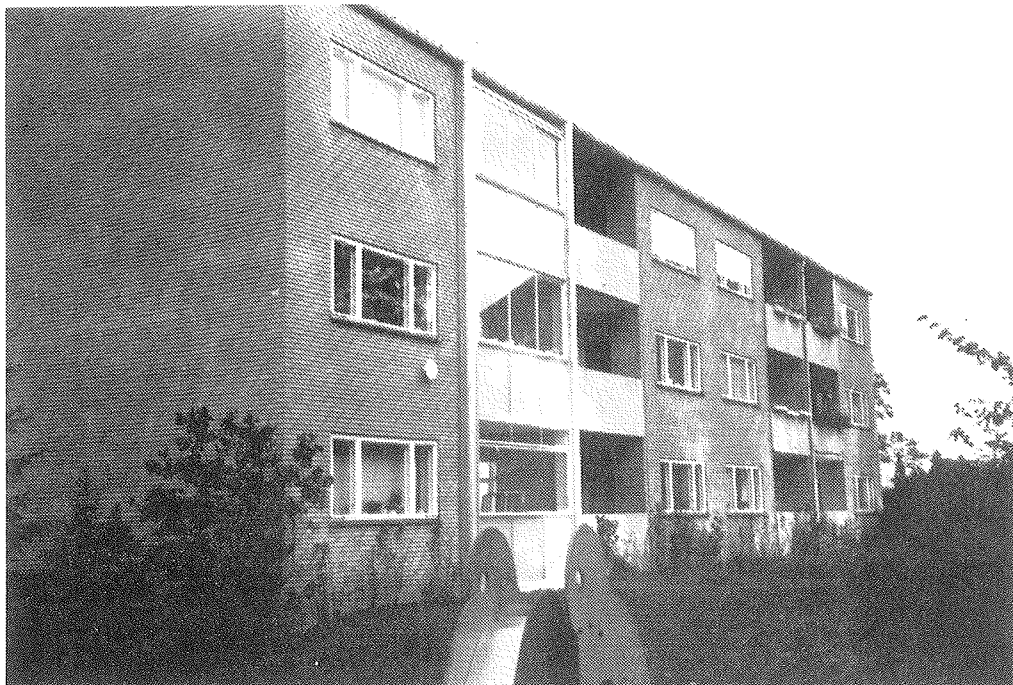
Resultatet af arbejdet er udgivet i rapporten:

[18] Glas-altaninddækning med høj udnyttelse af passiv solvarme. Arne Nørregaard, Danakon a/s og Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 228, Laboratoriet for Varmeisolering. Januar 1992.

Projektet er desuden blevet præsenteret på TI₅ - Fifth International Meeting on Transparent Insulation Technology, Freiburg, Tyskland, 24-26 maj 1992 i artiklen:

[12] Results from retrofitting with transparent insulation on three different residential houses in Denmark. Olaf Bruun Jørgensen, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. 1992.

Der er gennemført en glas-altaninddækning med ventilerede brystningssolvægge af tre lejligheder i bebyggelsen Kildeparken II i Gladsaxe (figur 11). De indeliggende altaner har et opholdsareal på 5 m², et åbningsareal på 5 m² og solvæggens areal er 3 m².



Figur 11: Glas-altaninddækning med ventilerede brystningssolvægge i bebyggelsen Kildeparken II, Gladsaxe.

Der er gennemført detaljerede målinger af temperaturer og luftskifte i solvægge og lejligheder samt fugtforholdene i betonbrystningerne.

Det har vist sig, at der er en meget begrænset risiko for kondens på ruderne, og at betonen tørrer ud, hvilket forbedrer mulighederne for at bevare brystningerne. Der er ingen byggetekniske forhold der begrunder, at de forhøjede temperaturer på brystningerne kan medføre skader. Der er ikke målt nogen betydende varmeakkumulering i betonbrystningerne, som derfor kan erstattes med billigere materialer.

Der er i projektet anvendt spørgeskemaer for systematisk indsamling af beboernes meninger. Beboerne har ikke følt trækgener eller overtemperaturer forårsaget af inddækningen og er tilfredse med den øgede brugsværdi af altanerne.

Inddækningen af altanerne giver en energigevinst på 2.060 kWh/år pr. lejlighed, hvilket betyder, at inddækningen er økonomisk rentabel.

Det konkluderes, at det udfra en teknisk og økonomisk synsvinkel er fornuftigt at anvende inddækninger med ventilerede solvægge i forbindelse med altanrenoveringer.

Når solvægge indgår i en altaninddækning eller en glastilbygning er der i virkeligheden tale om et hybridt system.

1.3.3 Hybride systemer

Energigevinsten fra hybride systemer fremkommer ved et samspil mellem de enkelte elementer.

<i>Titel:</i>	<i>Anlægstilskud til etablering af et luftsolvarmeanlæg (solvægge) i bebyggelsen "Ulkær".</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>Lejerbo.</i>
<i>Projektleder:</i>	
<i>Samarbejdspartner(e):</i>	<i>Danakon a/s, Rådgivende Ingeniører F.R.I., Laboratoriet for Varmeisolering</i>
<i>Data:</i>	<i>Teknologirådet 1990 j.nr. ENS-51121-0025 650.000 90.09 - 91.12</i>

Dette projekt er med i denne status, da den tagintegrerede luftsolfanger fungerer som en ventileret solvæg med porøs absorber. Der er desuden indbygget en aktiv væskesolfanger til brugsvandsopvarmning.

Projektets formål er at udvikle og afprøve et system til udnyttelse af solindfaldet på taget til opvarmning af luft, hvor luften cirkuleres langs facadernes yderside i en spalte mellem den oprindelige facade og en udvendig efterisolering. Luften bruges således til rumopvarmning. Både solfanger og ventilationskanaler integreres i husets konstruktioner. Udenfor fyringssæsonen udnyttes kun væskesolfangeren.

Projektet gennemføres i et tæt samarbejde mellem boligselskabet Lejerbo, Danakon A/S og Laboratoriet for Varmeisolering.

Laboratoriet for Varmeisolering har udviklet og testet en ca. 20 m² stor solfanger af den omtalte type. Udfra disse resultater og i samarbejde med Danakon er systemets endelige udformning fastlagt.

Anlægget er etableret og har været i funktion siden april '92.

Der foretages målinger på anlægget over en periode på 12 måneder. Måleperioden er påbegyndt i starten af '92 og afsluttes i '93. Installation af måleudstyr og gennemførelse af målingerne udføres af Laboratoriet for Varmeisolering.

Ultimo '93 udsendes en rapport over projektets forløb, herunder erfaringer med udførelse, drift, energibesparelser og økonomi.

Nedenstående projekt i 3 faser omhandler projektering, opførelse og målinger på et testhus til afprøvning af samspillet mellem ventilerede solvægge og et stenlager.

<i>Titel:</i>	<i>Solvægge, fase 1. B: Solvægshus med integreret varmeanlæg, fase 1.</i>
<i>Bevillingsmodtager:</i>	<i>Laboratoriet for Varmeisolering.</i>
<i>Projektleder:</i>	<i>S. Svendsen.</i>
<i>Samarbejdspartner(e):</i>	
<i>Data:</i>	<i>EFP90 j.nr. ENS1213/90-0001 200.000 90.06 - 90.12</i>

Et solvægshus, der er fuldstændigt dækket af solvægge, projekteres. Solvæggene er uden lager og baseret på luftcirkulation. Under huset findes et 20 m² stort stenlager

(døgnlager). Varmesystemet er baseret på luftcirkulation i en 100 mm bred luftspalte i vægge, loft og gulv.

Solvægshuset er projekteret.

Formålet med 2. fase er at opføre det solvægshus på 25 m², der blev projekteret i projektets fase 1.

Titel: Solvægge, fase 2. B: Solvægshus med integreret varmeanlæg, fase 2.

Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.

Projektleder: S. Svendsen.

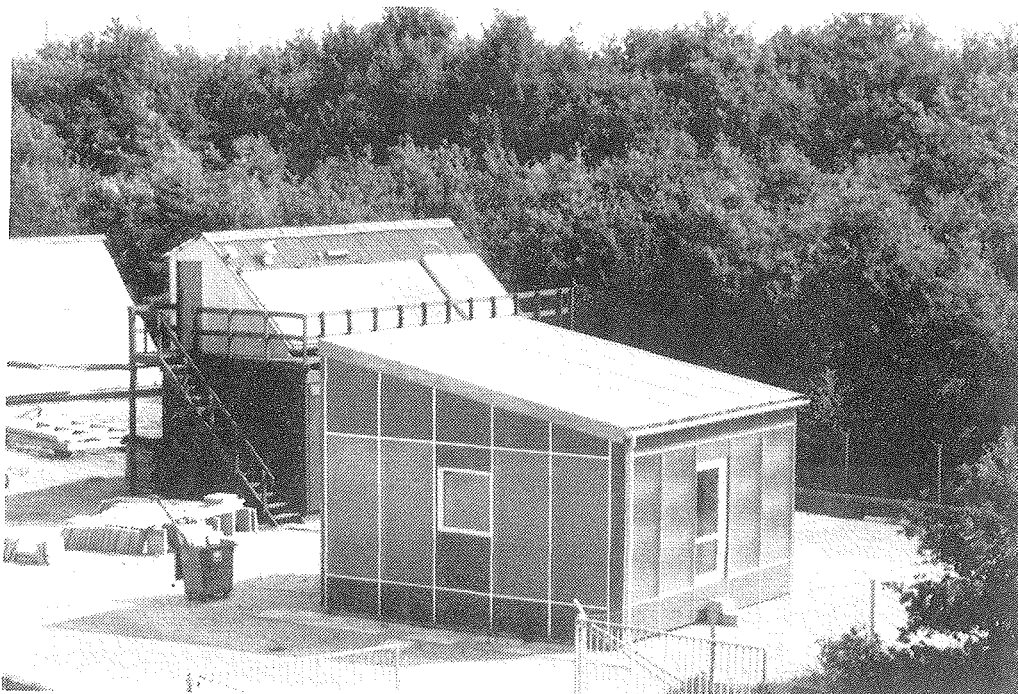
Samarbejdspartner(e):

Data: EFP91 j.nr. ENS-1213/91-0001 150.000 91.07 - 92.12

Solvægshuset er opført (figur 12) og er klar til, at måleprogrammet (fase 3) kan iværksættes.

Hovedkonklusionerne af fase 1 og 2 er præsenteret på konferencen NORTH SUN '92: Solar Energy at High Latitudes, Trondheim, Norge, 24 - 26 juni 1992 i artiklen:

[19] *A Solar Heated House*. Olaf Bruun Jørgensen & Svend Aage Svendsen, Laboratoriet for Varmeisolering, 1992.



Figur 12: Solvægshus. Laboratoriet for Varmeisolering, DtH.

Nedenstående projekt drejer sig om 3. fase af "Solvægshus med integreret varmeanlæg". Her er der gennemført målinger på det solvægshus, der blev projekteret i fase 1 og opført under fase 2.

Titel: Solvægge, fase 3. B: Solvægshus med integreret varmeanlæg, fase 3.

Bevillingsmodtager: Laboratoriet for Varmeisolering.

Projektleder: S. Svendsen.

Samarbejdspartner(e):

Data: EFP92 j.nr. ENS-1213/92-001 250.000 92.05 - 93.11

De indledende procedurer i forbindelse med måleprogrammet er netop iværksat. Fase 1, 2 og 3 afrapporteres samlet i efteråret 1993.

1.4 Eksisterende faciliteter til forskning, undervisning, beregning og test af solvægge

1.4.1 Faciliteter til forskning, udvikling og test

Laboratoriet for Varmeisolering og Dansk Teknologisk Institut er i besiddelse af en række faciliteter som blandt andet anvendes til forskning, udvikling og test af solvægge.

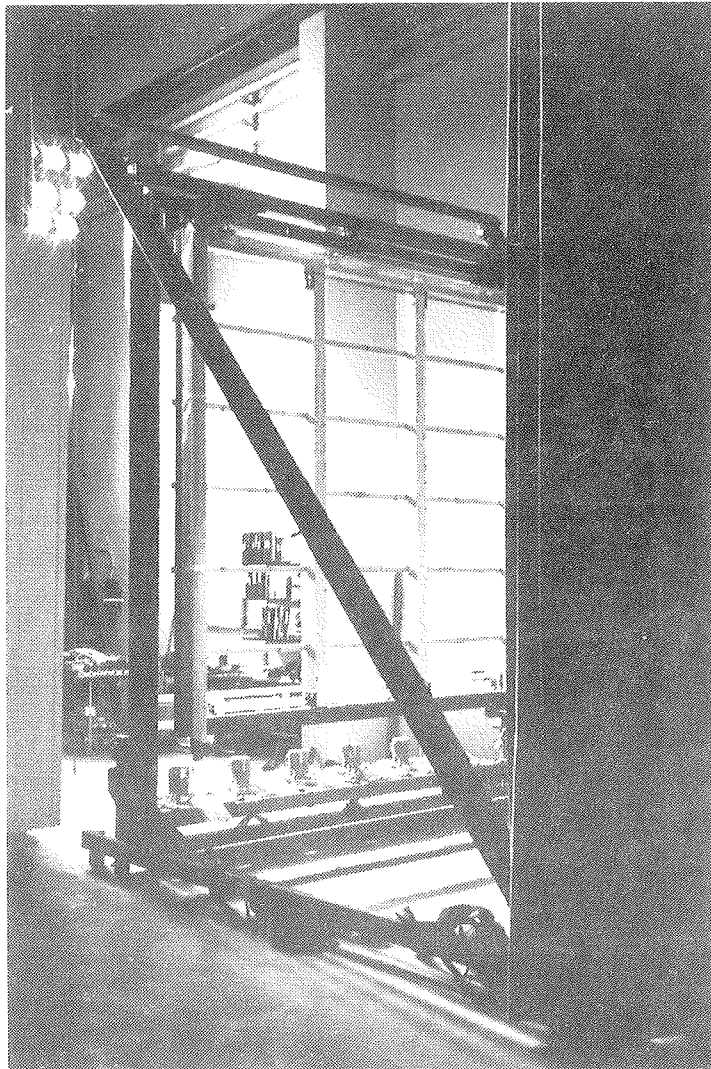
Kold og varm boks

Forsøgsopstillingen består af en isoleret ramme, hvori solvæggen monteres. En "varm boks", der simulerer de indendørs klimaforhold, placeres bagved solvæggen. En tilsvarende "kold boks" placeres på den udvendige side af solvæggen, således at de udendørs klimaforhold kan simuleres. Den "kolde boks" kan erstattes af et transparent element (figur 3), så der kan gennemføres målinger i solsimulatoren.

En kold og varm boks er en almindelig forsøgsopstilling (uden transparent element) til afprøvning af vindues- og vægkomponenter. En sådan opstilling forefindes flere steder.

Solsimulator

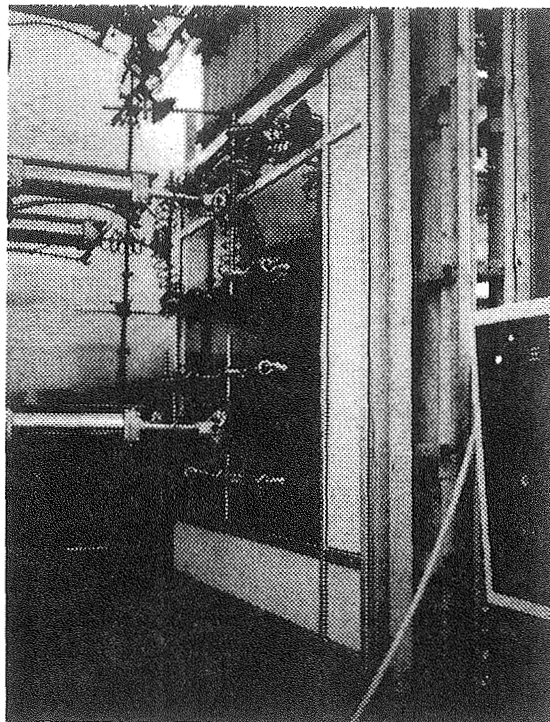
Solvægges og solfangeres effektivitet måles indendørs ved hjælp af en solsimulator, som består af en række lamper, der er opsat i et stativ (figur 13). Lamperne udsender kortbølget varmestråling, således at strålingens styrke og spektralfordeling foran solfangeren/solvæggen svarer til de virkelige forhold på en typisk solskinsdag.



Figur 13: Solsimulator. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH.

Slagregnsapparat

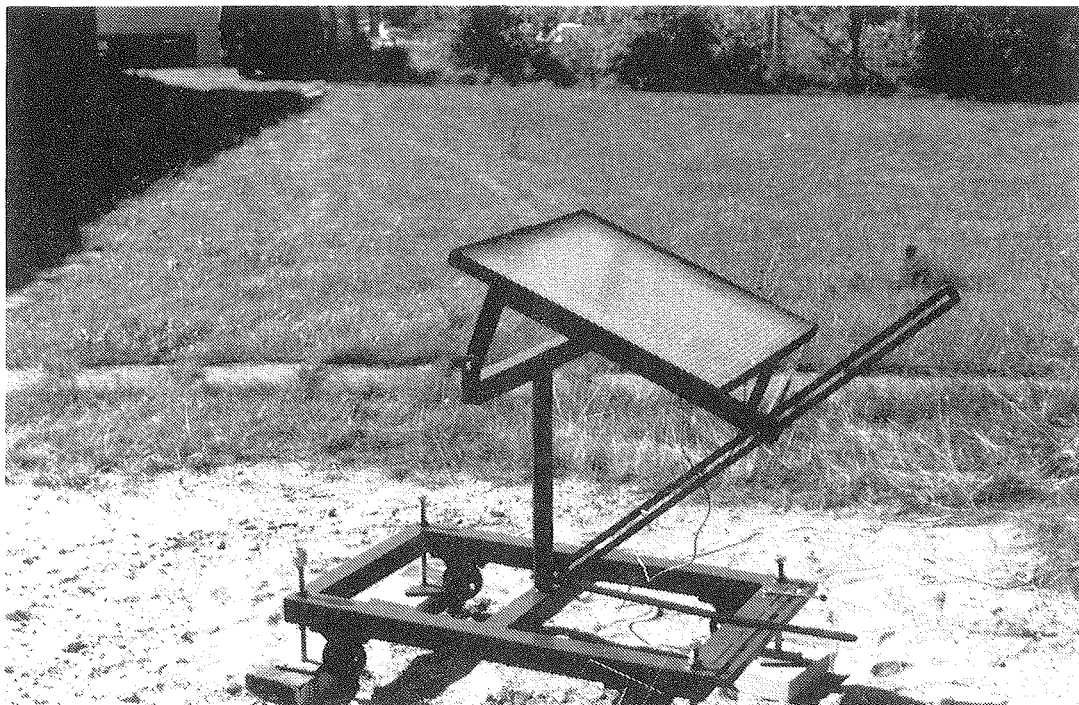
I slagregnsapparatet simuleres varierende tryk og sug svarende til varierende vindpåvirkning af solfangeren/solvæggen kombineret med slagregn (figur 14). Herved er det muligt at vurdere dæklagssystemets og komponentens egnethed til udendørs placering.



Figur 14: Slagregnsapparat (lodret position). Laboratoriet for Varmeisolering, DTH.

Måleapparat til undersøgelse af dæklags soltransmittans

I denne måleopstilling bestemmes en række af de fysiske parametre, der er afgørende for et dæklags egnethed i forbindelse med solfangere og solvægge (figur 15).



Figur 15: Måleapparat til undersøgelse af dæklags soltransmittans. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH.

PASSYS-testceller

"PASSYS" er et EF-projekt, der er gennemført i perioden 1986 - 1992. I dette projekt er der udviklet afprøvningsmetoder og opbygget udendørs prøvestande til undersøgelse af energistrømme i facadeelementer og vinduer. Prøvestandene består af rumstore, højisolerede testceller (figur 2), hvor sydvæggen - prøvefeltet - kan skiftes ud. Hver testcelle er forsynet med varme/køleanlæg til styring af indetemperaturen i testcellen. Afprøvningsresultater og edb-simuleringer af en opbygning, hvori komponenten indgår, kan kobles sammen og anvendes til optimering og produktudvikling samt beregning af komponentens indflydelse på rummets varmekonsum.

Solvægshus

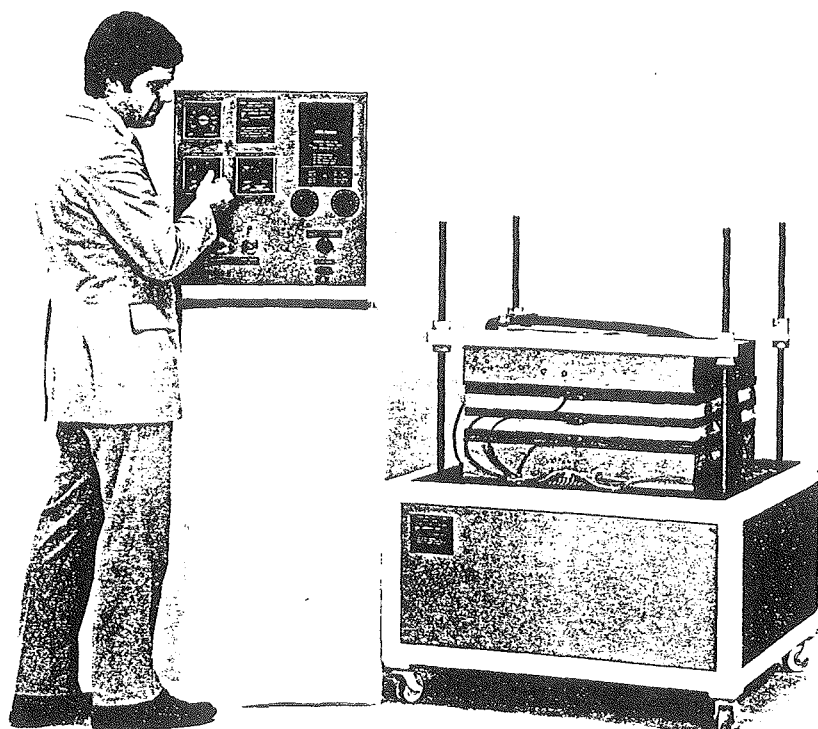
Når de nuværende målinger i solvægshuset (figur 12) (jvf. siderne 33 - 35) er afsluttet, vil det fremover kunne anvendes til udendørs test af solvægge.

Laboratoriet for Varmeisolering har stor erfaring med årsydelsesberegninger for solvægge ved hjælp af simuleringsprogrammerne SUNCODE og ESP. Desuden kan Laboratoriet for Varmeisolering udføre vurderinger af kuldebroer i solvægges rammer og dæklag, dels ved termografi, dels ved detaljerede beregninger med KOBRU86. KOBRU86 er et program til beregning af 2-dimensionale varmestrømme.

Dansk Teknologisk Institut (DTI) er ligeledes i besiddelse af en række faciliteter til forskning, udvikling og test af solvægge.

Bestemmelse af U-værdi for dæklag

DTI, Energiteknologi er i besiddelse af et lambda-apparat, hvor der kan foretages en autoriseret måling under Dansk Akkrediteringsordning af varmeledningsevne (figur 16).



Figur 16: Guarded Hot Plate til måling af varmeledningsevne. Dansk Teknologisk Institut.

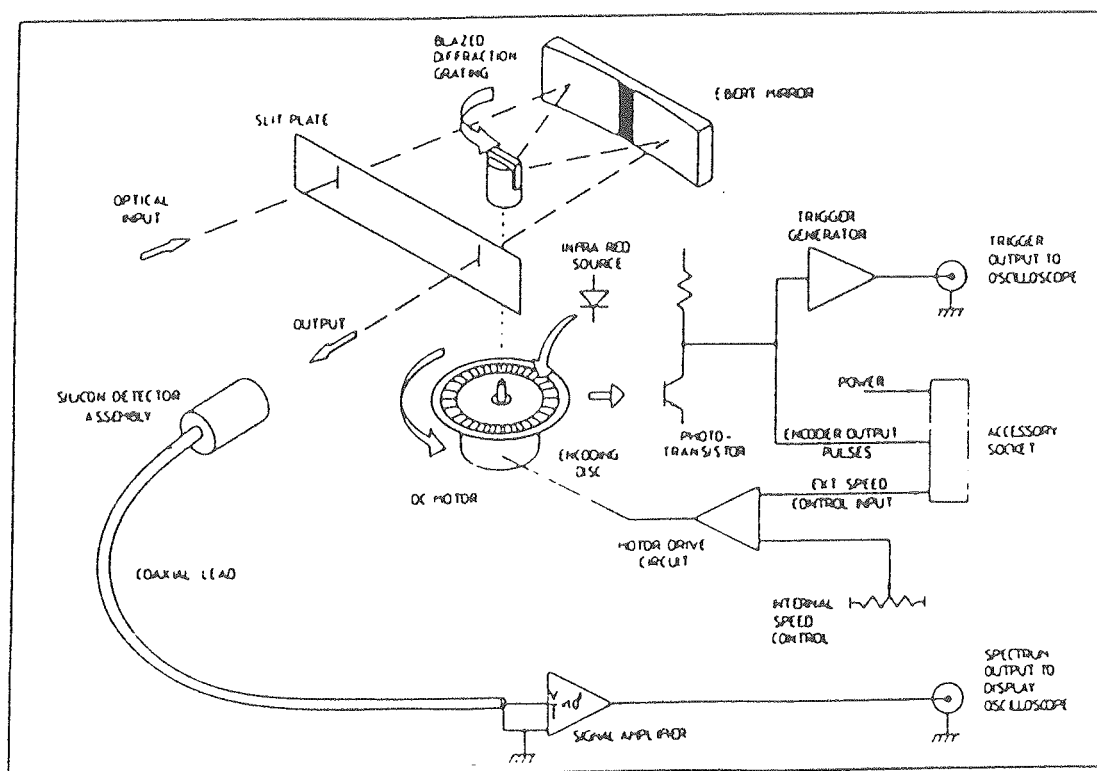
DTI, Byggeteknisk Institut har en prøvestand, hvor der foretages autoriseret måling under Dansk Akkrediteringsordning af U-værdier for vindueskonstruktioner. Her indgår også indvendigt og udvendigt varmeovergangstal, samt den konkrete udformning af ramme/karm.

Måling af soltransmittans for dæklag

DTI, Energiteknologi foretager måling af transmittans for solstråling for dæklag m.v. Målingen foretages dels som en total måling ved hjælp af en kunstig sol eller med den naturlige sol som funktion af indfaldsvinklen, dels som en måling af spektralfordelingen for den transmitterede stråling.

Måling af transmissionsspektrum

DTI, Energiteknologi foretager måling af spektral transmittans for dæklag i solspektrets område ved hjælp af en opstilling med monokromatorer (figur 17).



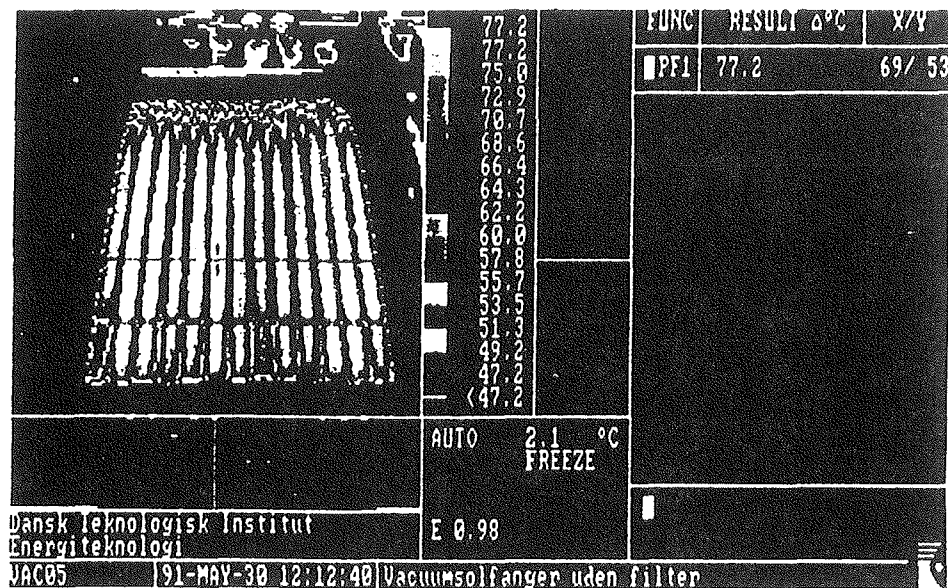
Figur 17: Principdiagram for monokromatormåling. Dansk Teknologisk Institut.

Måling af emissionstal og reflektans

DTI, Energiteknologi foretager måling af emissionstal for dæklag og absorbere ved hjælp af et Emissometer og reflektansen ved hjælp af et Alphanometer.

Visualisering af varmetab (termografi)

DTI, Energiteknologi har et meget følsomt termografisk udstyr, der kan anvendes til visualisering af overfladetemperaturer, varmetab, kuldebroer m.m. (figur 18).



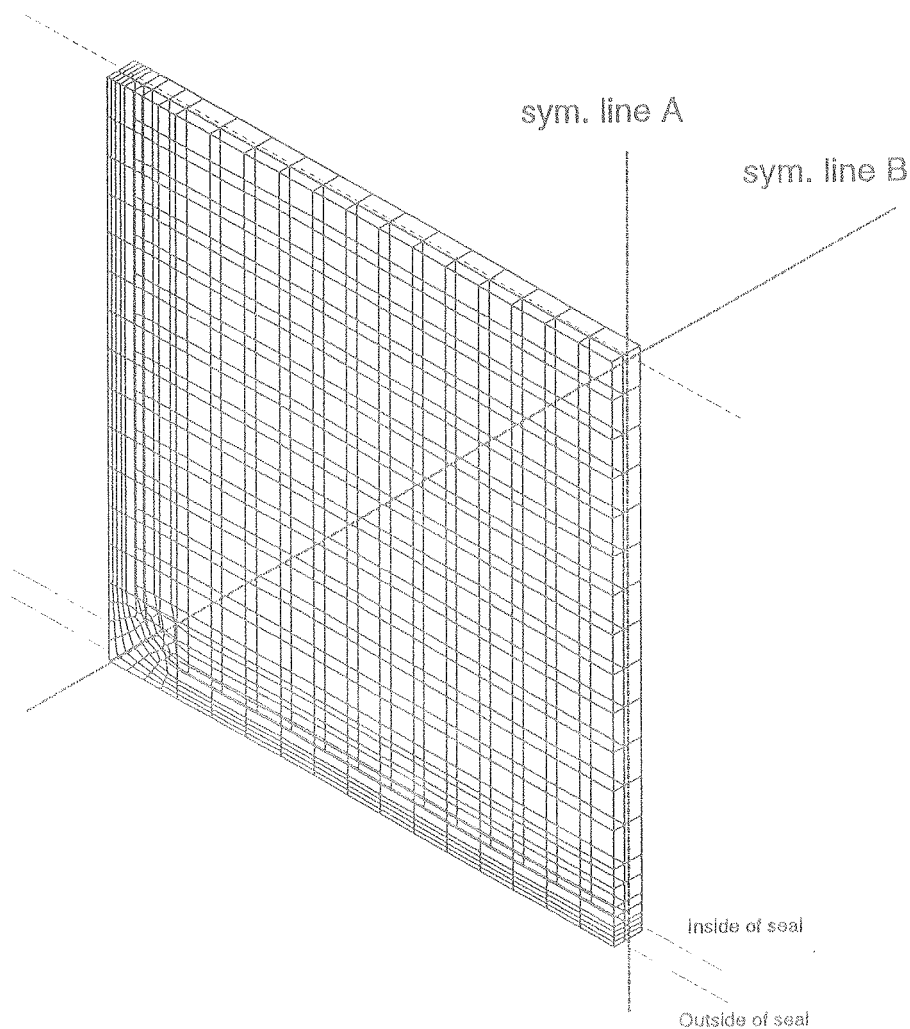
Figur 18: Billede af solfanger, optaget med thermovisionsudstyr (Kopi af farvebillede). Dansk Teknologisk Institut.

Finite-element beregninger på detailkonstruktioner

Varmetransport i komplekse emner kan beregnes med finite-element beregningsprogrammer. DTI, Energiteknologi har erfaringer med finite-element beregning af termiske felter og er i besiddelse af programmet ANSYS, der bl.a. er anvendt til beregninger på vakuumruder (figur 19).

Målinger på solvægge i laboratorium og i drift

DTI, Energiteknologi foretager målinger på solvægge og komponenter til solvægge (delkonstruktioner) i laboratorium og har erfaringer med målinger på installerede solvægge i praksis.



Figur 19: Figur fra Finite Element-beregning på del af vakuumrude. Dansk Teknologisk Institut.

1.4.2 Simulering af solvægge

Der eksisterer i dag (aug. 1992) 5 edb-programmer der, i forskelligt omfang, anvendes i Danmark til simulering af solvægge og deres samspil med bygningen.

tsbi3 (Termisk Simulering af Bygninger og Installationer) kan i sin nuværende udformning ikke anvendes til simulering af solvægge, men projektet "Videreudbygning af tsbi3 til beregning af solvægge" j.nr. ENS-1213/92-0005 har til formål at

videreudvikle tsbi3, så programmet kan simulere det dynamiske samspil mellem solvæg og bygning.

SUNCODE kan simulere solvægge med et dæklagssystem af et givet antal homogene lag af glas eller plast. Men der opstår problemer med beskrivelsen af transmittansen, når der i dæklaget indgår folier og transparente isoleringsmaterialer. Desuden er det ikke muligt at lave beregninger med temperaturafhængige U-værdier.

ESP (Environmental Systems Performance) er et simuleringsprogram, der også kan regne på solvægge. I forbindelse med EF-projektet "PASSYS" er der foretaget evalueringer og forbedringer på ESP. ESP beskriver alle fysiske parametre indenfor stråling, konvektion og ledning. ESP er således et særdeles omfattende simuleringsværktøj, der er for omfattende at bruge til årssimuleringer på almindelige konstruktioner; men som er godt til korttidssimuleringer på specielle komponenter eller konstruktioner.

TRNSYS er et simuleringsprogram, der modellerer samspillet mellem aktive, passive og hybride solvarmesystemer. TRNSYS anvendes i meget begrænset omfang til simulering af solvægge i Danmark.

WALL er et program til beregning af luftsolvarmesystemers ydelse [17]. Beregninger kan foretages på solfangere, som der foreligger en model eller en ydelseskurve for. Solfangeren kan også fungere som forvarmer for ventilationsluft. Der kan indgå et stenlager i systemet.

1.4.3 Undervisning vedrørende solvægge

I forbindelse med civilingeniøruddannelsen ved Danmarks Tekniske Højskole udbydes et kursus ved Laboratoriet for Varmeisolering i Passiv Solvarme (Termisk Bygningsskole, kursus nr. 6407). I kurset undervises i den fysiske modelformulering for transient varmetransport ved ledning, konvektion og stråling i bygningskonstruktioner med sigte på at opstille en samlet matematisk modelbeskrivelse for en bygning. Der gennemgås typiske konstruktioner, der anvendes i forbindelse med udnyttelsen af passiv solvarme. Desuden indøves brugen af eksisterende simuleringsprogrammer.

1.4.4 Projekteringsvejledninger

Til vejledning om passiv solvarme, herunder solvægge, er der udarbejdet to håndbøger. Den ene [21: Passiv solvarme - Projekteringsvejledning] er udarbejdet i et samarbejde mellem Teknologisk Institut's afdeling for Varmeteknik og Laboratoriet for Varmeisolering i 1985. Den anden [22: European passive solar handbook. Basic principles and concepts for passive solar architecture] er udarbejdet på foranledning af EF-kommis-sionen af en gruppe sammensat af repræsentanter fra alle EF-lande.

2 Sammenfatning

Det kan konkluderes udfra alle projekter, at det er realistisk at anvende solvægge i Danmark. Men ligeledes konkluderes det [3,4], at der kan være behov for solafskærmning eller lignende foranstaltning, når der ikke er behov for et varmetilskud. I enkelte projekter negligeres overtemperaturproblemet under henvisning til, at et par graders temperaturstigning i rummet ikke er et problem, hvis der i forvejen er for varmt. Det skal bemærkes, at hvis temperaturstigningen sker fra en rumtemperatur nær den øvre grænse for termisk komfort, vil der opstå et overtemperaturproblem.

I forskellige forskningsprojekter udtrykkes en vis optimisme med hensyn til rentabiliteten af solvægge. Det har vist sig, at disse økonomiske betragtninger i flere tilfælde er for optimistiske, da anlægsomkostningerne til prototyper/fuldskalaforsøg overskrider de forventede, samt at ydelserne bliver mindre end de fra beregningerne forventede. I forbindelse med opførelsen er der imidlertid tale om en for håndværkerne ukendt teknologi, hvilket fordyrer anlægsomkostningerne (arbejdsløn). Samtidig er det i fuldskalaforsøgene ikke altid muligt at udforme og placere solvæggene optimalt, hvorfor ydelserne bliver mindre end de fra udviklingsprojekterne forventede energibesparelser.

Før solvæggene kan anvendes til andet end forsøg bør forskellige byggetekniske detaljer klarlægges, for at sikre, konstruktionerne en rimelig levetid.

Uventilerede solvægge.

Målinger på, og simuleringer af en uventileret solvæg på muret byggeri baseret på et selvbyggerkoncept [13] viser en energibesparelse på 43 kWh/m²/år. Men ved en bedre tætning af solvæggen og en forbedring af absorptansen kan der forventes en ydelse på ca. 80 kWh/m²/år. De registrerede temperaturforhold giver ikke anledning til en nedbrydning af puds og murværk, tværtimod, da muren nu er mindre fugtig, og der vil forekomme færre passager af frysepunktet.

En uventileret solvæg påvirkes af fugt fra udeklimaet og fra indeklimaet. Det anbefales [10,8], at murens yderside gives en diffusionsåben overfladebehandling. På de indvendige overflader, hvor isoleringsevnen ikke er forbedret, kan der være en svagt forøget risiko for kondens. Solvæggen bevirker en forøget indvendig overfladetemperatur, hvorved der kan holdes en lavere rumlufttemperatur, og herved opstår risikoen for kondens. Den uventilerede solvægs glasdækningsdel bør være udført med dræn af hensyn til indtrængende slagregn.

Det kan på nuværende tidspunkt konkluderes [6,8,9], at uventilerede solvægge på massive teglmure er dyrere end en traditionel 100 mm efterisolering, men tilbagebetalingstiden er kortere på grund af den relativt større energibesparelse (20 - 40%) [10].

Ventilerede solvægge

For en præfabrikeret ventileret solvæg er der fundet en ydelse på 125 - 155 kWh/m²/år [14]. Den optimale spaltebredde for ventilerede solvægge er fundet til 40 mm, men varmeoverføringen og dermed ydelsen kan forbedres ved et større varmeoverførende areal eller ved en forbedring af absorberen og dæklaget.

Det vurderes, at serieproduktion kan forbedre rentabiliteten med 10 - 15% [14].

For at opnå den optimale udnyttelse af denne ventilerede solvæg er der udviklet et spjældstyringssystem [15], der sikrer varmetilskud til rummet, når der er solindfald på væggen, og som forbedrer solvæggens isoleringsevne, når der ikke er solindfald. Desuden sikrer systemet, at der ikke tilføres rummet unødvendig varme. Spjældstyringssystemet, der består af voksbaserede drivhuscylindre, stålwire, trisser og fjedre er således et "aktivt" system, der fungerer uden manuel betjening. Det vurderes [15], at spjældstyringssystemet er velegnet til brug i solvægge, og at den hysteres, der forekommer i systemet ikke har væsentlig indflydelse på solvæggens effektivitet.

Ventilerede brystningssolvægge viser gode muligheder for at opnå energigevinster. Målinger og ydelsesberegninger på solvægge på vinduesbrystninger [16,17] giver en energibesparelse på 215 kWh/m²/år, svarende til 15% af ventilationstabet i det aktuelle hus. Solvægge på altanbrystninger i kombination med altanlukninger viser ved målinger og ydelsesberegninger, at der kan opnås en årlig energibesparelse på 2.060 kWh pr. lejlighed [18] i det aktuelle byggeri. Målinger viser endvidere at betonbrystningerne tørrer ud og at korrosionen stadses. Derved bedres mulighederne for at bevare brystningerne. At kombinere altanlukninger med glasinddækning af altanen og ventilerede solvægge er således en attraktiv mulighed for at forbedre boligstandarden og energiøkonomien.

3 Handlingsplan

Dette forslag til handlingsplan for den fortsatte forskning og udvikling vedrørende solvægge, er baseret på resultaterne af de projekter, der hidtil er gennemført på området. Handlingsplanen er en beskrivelse af den forsknings- og udviklingsmæssige indsats, der er nødvendig for at "skubbe" solvægge frem til et niveau, hvor det er naturligt, at overveje brugen af solvægge i forbindelse med enhver facaderenovering og ethvert nybyggeri.

Pris/ydelses-forholdet

Forholdet mellem en solvægs pris og ydelse i relation til omkostningerne til det aktuelle energiforbrug er af stor betydning for, hvor attraktiv en solvæg er som energibesparende foranstaltning.

Der er gennemført en del projekter med det formål at forbedre solvægges pris/ydelses-forhold. For at opnå den nødvendige ekstra forbedring af pris/ydelsesforholdet for solvægge kræves der en forstærket indsats på følgende områder:

- Optimal anvendelse af profilsystemer og dæklag, der kan gøre montagen lettere og billigere.
- Vurdering af nye/alternative system- og materialeløsninger til renovering af eksisterende byggeri. Specielt bør der forskes bredt i samspillet mellem solvægge og tillægsisolering og vinduer. Et eksempel på en sådan idé er en solvæg, der fungerer som energidiode, hvor besparelsen udgøres af et bidrag fra isoleringsdelen om natten og et bidrag fra soldelen om dagen.
- Vurdering af nye/alternative system- og materialeløsninger til nybyggeri. Specielt er der behov for mere viden om samspillet mellem lavenergiteknik og solvægge.
- Udvikling af simple selv- og medbyggersystemer.

Driftssikkerhed og levetid

Anvendelsen af solvægge i nybyggeri og ved renoveringsopgaver vil gøre solvæggen til en integreret del af bygningen. Dette stiller særlige krav til konstruktionens driftssikkerhed og levetid. Derfor bør der udarbejdes prøvnings- og godkendelsesrutiner samt udføres prøvninger af komponenter med henblik på kvalitetssikring, men også for at kunne dokumentere ydelsen.

Overskudsvarme og termisk komfort

Mulighederne for anvendelsen af solvægge deler sig i to retninger:

1. Der anvendes billige lavtydende solvægge, hvor en stor del af facaden dækkes, eller højtydende, hvor en mindre del af facaden dækkes. Herved er ydelsen så lav, at der i sommerperioden ikke er risiko for termisk diskomfort.
2. Der anvendes dyrere højtydende solvægge, hvor en stor del af facaden dækkes ind. Solvæggene er forsynet med indbygget temperaturreguleringssystem (passivt/aktivt) således, at der opnås maksimal ydelse i fyringssæsonen og reduceret ydelse med sikring af termisk komfort udenfor fyringssæsonen.

Med udviklingen af højtydende solvægge baseret på transparente isoleringsmaterialer øges behovet for temperaturreguleringssystemer, der, særligt i solrige perioder uden opvarmningsbehov, sikrer den indendørs termiske komfort. Der skal derfor udvikles pålidelige og billige temperaturreguleringssystemer, således at anvendelsen af de høj-effektive solvægge forbliver attraktiv. Det kan desuden være fordelagtigt, at udvikle mere avancerede temperaturreguleringssystemer eller nye solvægstyper, hvis eventuelle merudgift indvindes ved udnyttelse af overskudsvarmen til f.eks. forvarmning af varmt brugsvand.

Fuldskalaforsøg

Der skal fortsat foretages fuldskalaforsøg med forskellige solvægskonstruktioner på typiske bygninger, idet det er vigtigt at solvæggen og bygningen vurderes sammen for en samlet energioptimering. Anvendelsen af solvægge i forbindelse med renovering af eksisterende betonbyggeri er et område, der kræver fuldskalaforsøg.

Bygningsreglement

Da solvægge ikke omtales selvstændigt i Bygningsreglementet må konstruktionen henføres under de krav, der stilles til montering af en udvendig beklædning på en ejendom. Dette nødvendiggør ofte en dispensation fra den eksisterende lovgivning. Derfor skal det fastlægges, hvilke krav der i Bygningsreglementet bør stilles til solvægge især med hensyn til mekanisk belastning og brand.

Projekteringsvejledning

I den kommende revision af Bygningsreglementet vil der blive stillet skærpede krav til bygningers energiforbrug. Dette vil føre til et øget behov for, at udbrede kendskabet til passiv solvarme, herunder solvægge. Der skal udarbejdes retningslinier, komponentoversigter og projekteringsvejledninger, der gør det muligt at analysere investeringen i forhold til besparelserne. Derfor må der udvikles et simpelt og brugervenligt beregningsværktøj til arkitekter, bygherrer og boligforeninger (f.eks. baseret på SBI-148, som det foreslås i BR-93, kombineret med den fotobaserede metode til skyggevurdering).

Demonstrationsprojekter

Hvis handlingsplanen følges, vil solvægge indenfor få år være udviklet, så der kan gennemføres egentlige demonstrationsprojekter. Det er vigtigt, at der ikke gennemføres demonstrationsprojekter på et tidspunkt, hvor solvægges funktion fortsat kan udvikles med hensyn til pris, kvalitet, ydelse og brugerkomfort. Herved undgås at solvægge kommer i miskredit, netop som markedsføringen kan begynde.

Det vil i forbindelse med demonstrationsprojekter være af stor betydning, at solvægge er arkitektonisk tilpasset bygningen for at opnå en positiv indstilling hos bygherrer og brugere.

Konklusion

Det kan konkluderes, at der gode muligheder for at anvende solvægge i Danmark og at anvendelsen er særlig attraktiv ved facaderenoveringer i kombination med efterisolering og altaninddækninger. Der er i Danmark et stort behov for byfornyelse og bygningsrenoveringer. Her vil der være gode muligheder for at anvende passiv solvarme og især solvægge for at nedbringe energiforbruget.

Før solvægge er et markedsmodent produkt, mangler der på nuværende tidspunkt en forbedring af pris/ydelses-forholdet, en sikring af driftssikkerheden og kvaliteten samt projekteringsvejledninger.

Når solvægge er et markedsmodent produkt, skal der gennemføres prøvninger, der sikrer kvaliteten og dokumenterer ydelsen.

Referenceliste

- [1] "Solvægge. Rammebeskrivelse for den fremtidige udvikling". Teknologisk Institut, Byggeteknik og Varmeteknik; Laboratoriet for Varmeisolering, DTH og Esbensen, Rådgivende Civilingeniører, F.R.I. Marts 1989.
- [2] S. Svendsen. "Solvægge. Status og plan for forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter". Rapport nr. 91-17. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. Juni 1991.
- [3] Olsen, L. "Solvægge, målt og beregnet". Meddelelse nr. 167. laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. Juli 1985.
- [4] Paludan-Müller, C. "To forslag til udformning af solvægge - En undersøgelse baseret på indendørs målinger". Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr. 42. Meddelelse nr. 186. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. Oktober 1987.
- [5] Jensen, S.Ø. "Results from tests on a Multi-Function Solar Energy Panel". Meddelelse nr. 213. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. Juni 1990.
- [6] Paludan-Müller, C.; Jørgensen, O.B. "Solvægge i den eksisterende boligmasse". Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr. 47. Meddelelse nr. 193. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. September 1988.
- [7] Jørgensen, Olaf Bruun. "Solvægge i nybyggeri" Meddelelse nr. 239. Laboratoriet for Varmeisolering. 1992 (Foreløbig udgave).
- [8] Energistyrelsen "Modulsolvægge. 1. del - Teknisk økonomisk analyse. Slutrapport". Marts 1991.

- [9] Energistyrelsen "Modulsolvægge. 2. del - Eksempler. Slutrapport". Marts 1991.
- [10] Jørgensen, O.B.; Schmidt, C. "Energirenovering af ældre boligblok med hovedvægt på udnyttelse af transparent isoleringsmateriale". Meddelelse nr. 212. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole. Marts 1990.
- [11] Schmidt, Claus; Andersen, Niels. "Uventilerede solvægge. Vedr projektering og udførelse af 80 m² solvæg på boligblok beliggende Peder Skramsvej, Helsingør" Danbolind A/S. November 1991.
- [12] Jørgensen, O.B. Results from retrofitting with transparent insulation on three different residential houses i Denmark. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. 1992.
- [13] Frydensberg, O.; Jørgensen, O.B. Solvægge i Vibekevang - energirenovering. Kooperativ Byggeindustri A/S & Laboratoriet for Varmeisolering. Juni 1992.
- [14] Teknologirådet. "Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet. Fase 1: Udvikling af prototype. Målinger og ydelsesberegninger". April 1991.
- [15] Andersen, N.B.; Genborg, Th. "Præfabrikerede ventilerede solvægge. Styring af spjæld." Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi. Maj 1992. (Foreløbig udgave)
- [16] Andersen, N.B.; Genborg, Th.; Falck, U. "Driftserfaringer med brystnings-solvægge. Delrapport 1: Målinger på forbedret konstruktion, Duevej i Struer" Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi. Maj 1992.
- [17] Andersen, N.B.; Genborg, Th.; Falck, U. "Driftserfaringer med brystnings-solvægge. Delrapport 2: Vurdering af ydelse for solvæg til forvarmning af friskluft" Dansk Teknologisk Institut, Energiteknologi. Maj 1992.

- [18] Nørregaard, A; Jørgensen, O.B. "Glas-altaninddækning med høj udnyttelse af passiv solvarme." Meddelelse nr. 228. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. Januar 1992.

- [19] Jørgensen, O.B.; Svendsen, S. A Solar Heated House. Laboratoriet for Varmeisolering, 1992. Artikel; Præsenteret og publiceret på konferencen: NORTH SUN '92, Solar Energy at High Latitudes. June 24 - 26 1992. Trondheim, Norway.

- [20] Paludan-Müller, C. "Undersøgelse af solvægge ved hjælp af en indendørs forsøgsopstilling" Meddelelse nr. 179. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. Oktober 1987.

- [21] Passiv solvarme - Projekteringsvejledning. Teknologisk Institut, Varmeteknik og Laboratoriet for Varmeisolering. 1985.

- [22] European passive solar handbook. Basic principles and concepts for passiv solar architecture. Commission of the European Communities. Directorate-General XII for Science, Research and Development.

BILAG 1 (3 sider)

Skematisk oversigt over danske solvægsprojekter 1984 - 1992.

Skema I: Danske solvægsprojekter 1984 - 1986		
1984	1985	1986
Komponent- og systemudvikling samt fuldskalaforseg		
EFP84 LFV-250 EM-2255-406 Passiv solvarme, solvægge 84.06 - 85.04	EFP85 LFV-250 EM-1353/85-5 Solvægge, fase 2 85.02 - 86.06	EFP86 LFV-200 EM-1353/86-10 Undersøgelse af solvægge i indendørs prøvestand 86.05 - 87.06

Skema II: Danske solvægsprojekter 1987 - 1989		
1987	1988	1989
Komponent- og systemudvikling samt fuldskalaforseg		
EFP87 LFV-400 EM-1353/87-6 Solvægge i den eksisterende boligmasse 87.07 - 89.12	EFP88 LFV-300 EM-151/88-65 Energirenovring af ældre bolig- blok med hovedvægt på udnyttelse af transparent isoleringsmateriale 88.12 - 89.12	TR Vibekevang-280 TR-89.0238 Solvægge i Vibekevang 89.07 - 92.05
EFP87 Meldgaard-300 EM-1213-702-05-01, EM-1213/87-2 Multifunktions-facadeelement til energiindvinding 87.01 - 89.12		EFP89 LFV-400 ENS-1213/89-5 Udvikling af solvæg til nybyggeri 89.05 - 91.12
		TR DANAKON-280 TR-89.0100 Glas-altaninddækning med høj udnyttelse af passiv solvarme Forprojekt 89.05 - 91.01

Skema III: Danske solvægsprojekter 1990 - 1992		
1990	1991	1992
Komponent- og systemudvikling samt fuldskaforføg		
EFP90 DTIE-300	EFP91 DTIE-350	EFP92 DTIE-250
ENS-1213/90-0017 Præfabrikerede ventilerede solvæge. Fase 1 90.08 - 91.12	ENS-1213/91-0016 Præfabrikerede ventilerede solvæge. Fase 2 91.08 - 92.10	ENS-1213/92-0018 Præfabrikerede ventilerede solvæge. Fase 3 92.06 - 93.12
EFP90 LfV-200	EFP91 LfV-150	EFP92 LfV-250
ENS-1213/90-0001 Solvægshus med intereret varmeanlæg. Fase 1 90.06 - 90.12	ENS-1213/91-0001 Solvægshus med integreret varmeanlæg. Fase 2 91.07 - 92.12	ENS-1213/92-001 Solvægshus med integreret varmeanlæg. Fase 3 92.05 - 92.11
EFP90 LfV-300	EFP91 LfV-200	
ENS-1213/90-0001 Fuldskaforføg på ældre boligblok i Helsingør. Fase 1 90.06 - 90.12	ENS-1213/91-0001 Fuldskaforføg på ældre boligblok i Helsingør. Fase 2 91.07 - 92.12	
EFP90 DTIB-200	EFP91 DTIB-300	EFP92 DTIB-200
ENS-1213/90-0017 Vurdering af fugt- og kondens- forhold i solvæge og vurdering af fordele/ulempes ved solvæge kontra hulmursisolering	ENS-1213/91-0016 Solvæge i forbindelse med facaderenovering og energi- besparelser. Fase 1	ENS-1213/92-0018 Solvæge i forbindelse med facaderenovering og energi- besparelser. Fase 2
TR Samfundsteknik-420	UVE Samfundsteknik-280	UVE LfV-300
TR-89.0619 ENS-UVE-90.0220 Præfabrikerede ventilerede solvæge i boligbyggeriet 90.01 - 90.10	ENS-51181-91.0006 Præfabrikerede ventilerede solvæge i boligbyggeriet Fase 2 91.09 - 92.12	ENS-51181-91.0050 Profilsystem til solvæge 92.01 - 92.12
ENS Lejerbo-650		EFP92 LfV-300
ENS-51121-0025 Anlægstilskud til etablering af et luftsolvarmeanlæg (solvæge) i bebyggelsen Ulkær 90.09 - 91.12		ENS-1213/92-0006 Status på solvægområdet i Danmark 92.02 - 92.12
TR Cowiconsult-432		EFP-92 SBI-600
TR-89.0605 Modulbaseret produktserie til solvæge i kombination med høj- isolerede vinduer og facade- isolering 90.02 - 90.10		ENS-1213/92-0005 Tsb3 til beregning af solvæge 92.01 - 94.12

1990	1991	1992
Demonstrationsprojekter		
EF THERMIE 1990 ABB	EFP91 Cowiconsult-243	UVE DTIB-14
Totalenergiløsning med solvarme og energibesparelser til boligkarre på Østerbro	ENS-51181-91.0011 Demonstration af udnyttelse af overskudsvarme i solvæg til brugsvandsopvarmning 91.08 - 92.07	ENS-51181/92-0043 Demonstration af udnyttelse af overskudsvarme i solvæg
	UVE DTIE-130	
	ENS-51181-91.0007 Driftserfaringer med brystnings- solvægge 91.04 - 92.06	

BILAG 2 (2 sider)**Solvægsrelaterede rapporter.**

Falck, U.; Andersen, N.B.; Hansen, C.H. Passiv solvarme. Eksempler og komponenter. DTI, Energiteknologi og Ulla Falck's tegnestue. 1992.

Furbo, S. Smeltevarmelagre baseret på salthydrater placeret i plastslanger. Rapport nr. 23. Laboratoriet for Varmeisolering. August 1987.

Jensen, K.I. Vinduer og solvægge med monolitisk silica aerogel. LFV-meddelelse nr. 220. Laboratoriet for Varmeisolering, September 1991.

Jensen, S.Ø. Tagrumssolfanger. Målinger på eksperimenthus. LFV-meddelelse nr. 211. Laboratoriet for Varmeisolering. Februar 1990.

Jensen, S.Ø. Luft-til-vand varmevekslere til tagrumssolfangere. LFV-meddelelse nr. 218. Laboratoriet for Varmeisolering. Januar 1991.

Jensen, S.Ø. Simulering af tagrumssolfangeranlæg til forvarmning af friskluft og brugsvand samt dækning af en del af rumopvarmningsbehovet i et flerfamiliehus. Projekt BO-90. Laboratoriet for Varmeisolering. Juli 1991.

Jensen, S.Ø. Trombe Wall. Laboratoriet for Varmeisolering. Januar 1992.

Jensen, S.Ø. Tests on an uncovered solar collector with Decra roof sheets. Rapport 92-5. Laboratoriet for Varmeisolering. Februar 1992.

Jensen, S.Ø. Status Report - MF-demonstration project at Wewers Brickyard in Helsingør. Rapport nr. 92-12. Laboratoriet for Varmeisolering. Maj 1992.

Olsen, L.; Paludan-Müller, C. Transparent insulation for thermal storage walls. LFV-meddelelse nr. 142. Laboratoriet for Varmeisolering. Juli 1983.

Paludan-Müller, C. Konvektionsdreven hydrofil solfanger. Rapport nr. 43. Laboratoriet for Varmeisolering. 1987.

Petersen, E.; Hansen, C.H. Passiv solvarme i bebyggelsesplanen. DTI, Energiteknologi. 1992

BILAG 3 (34 sider)

Data på danske solvægsprojekter fra Nordisk Energi Indeks. Juli 1992.

I beskrivelsen fra Nordisk Energi Indeks anvendes følgende koder:

TI Engelsk og original titel

AU Forskere

CS Institution(er)

FO Bevilgende myndighed

MO Monitor

CN Kontraktnummer

PO Periode - start og slutdato

TC Total bevilling

PE Personaleressourcer

NO Noter

PU Publikationer

AB Abstract på engelsk

OA Abstract på originalsproget

DI Diverse informationer: Inputland, forskningstype, projektstatus, institutionstype.

Solvægsprojekter 1984

TI Passive solar energy, solar walls.
 Passiv solvarme, solvægge.
 AU Olsen, L. (civ.ing.)
 CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118,
 DK-2800 Lyngby, Tel. 45934477
 FO Energiministeriet, Copenhagen (Denmark)
 CN EM-2255-406
 PO 8406; 8504
 TC DKK 250
 PE 8; 4
 NO EFP-84
 AB The purpose of the project is to investigate different solar wall configurations. In the
 project is the possibilities of using elements with large thermal resistance in periods
 without solar gain investigated. Some of the possibilities are movable insulation,
 honeycomb or heat pipes. Calculations of their performance are done. The cost is
 estimated and the possibilities of using the different types of systems are evaluated
 DI DK D F CU 8400189

Solvægsprojekter 1985

TI Solar walls, phase 2.
 Solvægge, fase 2.
 AU Olsen, L. (civ.ing.)
 CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118,
 DK-2800 Lyngby, Tel. 45934477
 FO Energiministeriet, Copenhagen (Denmark)
 CN EM-1353/85-5
 PO 8502; 8606
 TC DKK 250
 PE 7; 3
 NO EFP-85. Continuation of project EM-2255-406. Continues in EM-1353/86-10
 AB The purpose of the project is to investigate different solar wall configurations. In the
 project the possibilities of using elements with large thermal resistance in periods
 without solar gain are investigated. Some of the possibilities are moveable insulation,
 honeycomb or heat pipes. Calculations of their performance will be done. The cost
 will be estimated, and the possibilities of using the different types of systems will be
 evaluated. The most promising designs will be built into a testhouse. The performance
 will be monitored and compared with calculations
 DI DK D F CU 8500014

Solvægsprojekter 1986

- TI Investigation of solar walls in an indoor test facility.
Undersøgelse af solvægge i indendørs prøvestand.
- AU Svendsen, S. (lektor, civ.ing.); Paludan-Müller, C. (civ.ing.)
- CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118,
DK-2800 Lyngby, Tel. 45934477
- FO Energiministeriet, Copenhagen (Denmark)
- CN EM-1353/86-10
- PO 8605; 8706
- TC DKK 400
- PE 4; 3
- NO EFP-86. Continuation of EM-1353/85-5
- PU Paludan-Müller, C. (1987). To forslag til udformning af solvægge. En undersøgelse
baseret på indendørs målinger. Energiministeriets solvarmeprogram - rapport nr. 42.
66 p.
- OA En indendørs prøvestand vil blive benyttet til eksperimentel undersøgelse af et par
forskellige solvægskonstruktioner, der synes velegnede til eksisterende byggeri. En
sådan solvæg kan f.eks. fremkomme ved at sortmale muren og anbringe en transparent
isolerende dæklagskonstruktion foran. Der skabes herved mulighed for, at rumluften
i solskinsperioder kan opvarmes i hulrummet mellem muren og dæklaget, idet den
cirkulerer ved naturlig konvektion. Alternativt kan luftcirkulationen foregå inden i
væggen, såfremt der er tale om en hulmur, som ikke er udfyldt med isolerings-
granulat. Ved hjælp af et edb-program, i hvilket de målte egenskaber indlæses,
beregnes de energibesparelser, som kan opnås med en given solvæg, i afhængighed
af solvægsareal, bygningens isoleringsgrad m.v. Endelig vil solvæggens rentabilitet
blive vurderet
- DI DK B F CU 8600106

Bem.: Af det bevilgede beløb på DKK 400.000 var de DKK 200.000 forbeholdt PASSYS-
projektet.

Solvægsprojekter 1987

- TI Solar walls for the existing houses.
Solvægge i den eksisterende boligmasse.
- AU Svendsen, S. (lektor, civ.ing.)
- CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118,
DK-2800 Lyngby, Denmark, Tel. 45934477
- FO Energiministeriet, Copenhagen (Denmark)
- CN EM-1353/87-6
- PO 8707; 8912
- TC DKK 400
- PE 10; 6
- NO EFP-87
- PU Paludan-Müller, C.; Bruun Jørgensen, O. (1988). Solvægge i den eksisterende
boligmasse. 107 p.
- OA I den eksisterende boligmasse er der et stort potentiale for energibesparelse ved brug
af solvægge. Endvidere vil der ofte være mulighed for at spare udgifterne til
reparation af en nedbrudt betonfacade, såfremt der tilføjes en solvægkonstruktion.
Projektet har til formål at klarlægge, hvilke udformninger af solvægge, der vil være
fordelagtige. Blandt andet vil det blive undersøgt hvilke slags dæklagskonstruktioner,
der kan tilrådes. Herunder vil der blive set på det transparente, isolerende materiale
silica aerogel. Mulighederne for at transportere og lagre den absorberede solvarme vil
blive undersøgt
- DI DK B C CU 8700084

TI	Multi-function facade energy panels. Facadeelement til energiindvinding.
AU	Engell-Nielsen, S. (ing.); Meldgaard, A. (arkit.); Olsen, L. (civ.ing.); Østergaard Jensen, S. (civ.ing.); Damm, P. (arkit.)
CS	Meldgaard (Arne) ApS, Gøngehusvej 2, DK-2950 Vedbæk, Denmark, Tel. 42894300
FO	Energiministeriet, Copenhagen (Denmark)
CN	EM-1213-702-05-01; EM-1213/87-2
PO	8701; 8912
TC	DKK 300
PE	7; 2
NO	EFP-87. In cooperation with Laboratoriet for Varmeisolering at Danmarks Tekniske Højskole Continuation of EM-1213-602-13-01
PU	Østergaard Jensen, S. (1990). Results from tests on a multi-function solar energy panel. DTH-LV-213. 81 p.
OA	Multi-Funktions facade- (eller tag-) elementet (herefter MF-elementet) er en konstruktion, hvor en i erhvervslivet ofte anvendt facadeudformning med korrugerede metalplader, tilpasses til at tjene flere forskellige formål. Systemet er yderst opbygget af en plan plade - enten en mørk, mat metalplade eller et transparent dæklag. Bagved denne plade er anbragt en trapezprofileret metalplade, der igen er anbragt udvendigt på en normalt isoleret ydervægskonstruktion. I toppen og evt. i bunden af elementet er der anbragt kasseformede manifold. Herved er det muligt at tilføre og fordele luft til de to sæt luftspalter, som trapezpladen danner. MF-elementet har således flere funktioner: Ved at lade friskluft til og afkastluft fra bygningen passerer på hver sin side af trapezpladen forvarmes friskluften. Ved solindfald tilføres en ekstra energimængde til friskluften, idet MF-elementet fungerer som solfanger. Da afkastluften føres ned langs overfladen af den isolerede væg mindskes varmetabet gennem denne, idet afkastluften som regel vil have en højere temperatur end udeluften. Effektiviteten af MF-elementet, når det arbejder udelukkende som solfanger, er målt til mellem 30 og 60% ved luftgennemstrømninger på mellem 30 og 100 m ³ /m ² h. Når elementet udelukkende arbejder som varmeveksler, er effektiviteten målt til omkring 30% næsten uafhængig af luftgennemstrømningen. De målte effektiviteter er anvendt i simuleringer til at beregne den årlige ydelse fra et MF-element installeret i en bygning. Simuleringerne viser ydelser på mellem 250 og 1350 kWh/m ² pr. år, hovedsagelig afhængig af størrelsen af elementet. Panelet kan på denne måde dække 23-44% af bygningens energitab til ventilation
DI	DK D F IN 8700109

- TI Energy renovation of older apartment blocks with emphasis on the utilization of transparent insulating materials.
Energirenovering af ældre boligblok med hovedvægt på udnyttelse af transparent isoleringsmateriale.
- AU Svendsen, S. (lektor, civ.ing.)
- CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118, DK-2800 Lyngby, Denmark, Tel. 42-883511
- FO Energiministeriet, Copenhagen (Denmark)
- CN EM-151/88-65
- PO 8812; 8912
- TC DKK 300
- NO EFP-88. In cooperation with Danbolind-Rådgivning A/S
- PU Bruun Jørgensen, O.; Schmidt, C. (1990). Energirenovering af ældre boligblok med hovedvægt på udnyttelse af transparent isoleringsmateriale. 144 p.
- AB 1. Purpose and results: The aim of this project has been to describe how an energyretrofitting of an older built-up area can be carried out with advantage using solar walls with transparent insulation material and conventional exterior opaque insulation. Calculations of the expected energy savings show that a reduction of the energy consumption for space heating of more than 40% is possible by means of a rational combination of solar walls and opaque insulation. Analyses of the thermal comfort have shown that application of solar walls because of higher indoor surface temperatures, will, during the heating season, contribute to an increased improvement of the indoor climate compared to an opaque insulation. During the summer period the increase of the indoor air temperature will be so small, that the use of solar walls will not lead to an unacceptable aggravation of the thermal indoor climate. 2. Experience: When using solar walls in Denmark it has til now been necessary to have dispensations from the building regulations. The reduced extension of solar walls also means that different expenses for material are so high that the use of solar walls will only be profitable when subsidized by the Government. 3. Applications: Solar walls, as described in this work, can be used in a great part of the older building stock where an energy retrofitting is still needed
- DI DK U F CU 8900077

Solvægsprojekter 1989

- TI Solar walls in Vibekevang.
Solvægge i Vibekevang.
- AU Frydenberg, O. (Vibekevang, ing.) (Kooperativ Byggeindustri, ing.);
Bruun Jørgensen, O. (LfV-DTH, ing.);
- CS Beboerforeningen Vibekevang, v. Frydensberg, O. Gyritegade 14, DK-2100
København Ø, Denmark.
- FO Teknologirådet, Copenhagen (Denmark)
- CN TR-89.0238
- PO 8907; 9205
- TC DKK 280
- NO In cooperation with Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for
Varmeisolering og Kooperativ Byggeindustri
- AB Based upon calculations on solar walls made by LfV (Laboratoriet for
Varmeisolering, DTH) the community "Vibekevang" wants a scetch project
for solar walls to be implemented on typical facades within the compound.
Facades are partly out of solid brickwork. Detailing should be based upon
already known solar wall solutions and tenant participation, this full
scale project provides the opertunity for the LfV to execute measurements
on solar walls in existing buildings. The project will seriously consider
architectural as well as indoor-climatic aspects
- DI DK D C NP 8900220

- TI Development of solar wall for use in new houses.
Udvikling af solvæg til nybyggeri.
- AU Svendsen, S. (lektor, civ.ing); Jørgensen, O.B. (civ.ing.)
- CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118,
DK-2800 Lyngby,
Tel. 45934477
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-1213/89-5
- PO 8905; 9112
- TC DKK 400
- PE 6; 4
- NO EFP-89
- OA Formålet er at udvikle en solvæg, der kan anvendes i nybyggeri af især lave boliger. Da solvæggen udvikles til brug i nybyggeri er der gode muligheder for at indbygge en passende stor varmelagringskapacitet. Ligeledes er der mulighed for at indbygge kanaler for naturligcirkulation af luft så varmetransporten kan forbedres og styres. Solvæggen skal udformes så den kan nedsætte transmissionstabet i vintermånederne og tilføre huset varme i overgangsperioderne. Desuden skal den udnyttes til opvarmning af friskluft. Om sommeren kan den eventuelt benyttes til opvarmning af brugsvand. Solvæggen skal udformes så den kan benyttes i alle husets ydervægge. Der udarbejdes forslag til solvægskonstruktioner baseret på forskellige transparente isoleringsmaterialer, herunder også silica aerogel. På grundlag af beregninger af de foreslåede solvægges årsydelser i typisk nybyggeri udvælges et par af de mest lovende konstruktioner. Disse opbygges og afprøves i Laboratoriets indendørs prøvestand for solvægge.
- DI DK B C CU 8900205

- TI Glass-covered balconies with very efficient utilization of the passive insulation. Pilot project.
Glas-altaninddækning med høj udnyttelse af passiv solvarme. Forprojekt.
- AU Nørregaard, A. (Civ.ing.); Wohlfeldt, K.F. (Ark.,m.a.a.); Bruun Jørgensen, O. (Civ.ing., DTH)
- CS Danakon A/S, Koegevej 22, DK-2630 Taastrup, Denmark, Tel. 42 992277
- FO Teknologirådet, Copenhagen (Denmark)
- CN TR-89.0100; ENS-UVE-90.0068
- PO 8905; 9101
- TC DKK 280
- PE 3; 2
- NO In cooperation with Danmarks Tekniske Højskole, Laboratoriet for Varmeisolering
- AB The purpose of the project is to investigate the efficiency and to make an estimate of the cost effectiveness of a cheap glass coverage of balconies that can be used instead of a complete renovation of crumbling balconies in apartment blocks. This can be obtained by energy savings and making the renovation of the concrete parapet less expensive. An investigation of possible methods of energy savings by different glass coverings with due consideration to condensation will therefore be undertaken. The project comprises 4 stages: 1) A project will be made for the proposed glass coverings of balconies. 2) The proposed solutions will be carried out during the autumn 1989. 3) Measurements are made of the various projects during the heating season 1989 - 1990. At the same time interviews will be made with the occupiers of the appartments concerned to throw light on the utility value of the glass covered balcony. 4) A report of the results of the project will be made giving a description of which form of glass covering for balconies can be recommended according to the examination and giving an evaluation of the energy saving and of the surplus costs by covering the balconies. The project will make a better basis for resolving how to make the right glass coverings as far as energy is concerned, and and other resources
- DI DK D C IN 8900223

Solvægsprojekter 1990

- TI Solar wall development.
Solvægge.
- AU Andersen, N.B. (civ.ing.); Olsen, L. (civ.ing, lic. tech.); Clausen, I.-L. (teknikumingeniør); Lilholm, J.
- CS Dansk Teknologisk Institut. Energiteknologi, Postboks 141, DK-2630 Tåstrup, Denmark, Tel. 42996611
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-1213/90-0017
- PO 9008; 9112
- TC DKK 500
- PE 6; 0
- NO EFP-90; In cooperation with Samfundsteknik A/S, Cowiconsult, H.S. Hansens Fabrikker A/S and Krohn og Hartvig Rasmussen. Continues in ENS-1213/91-0016.
- AB The purpose of the project is to demonstrate that solar walls can be constructed so cheaply that they become an alternative to other measures for saving energy. This price reduction is achieved by pre-fabricating the solar walls so that they can be used as building elements in the same way as window sections and facade elements. It will thus be possible to use them both in new buildings and in renovation projects. Phase 1: examining how the solar wall can be integrated in the building with special regard both to energy conditions and thermal comfort. Here special attention is paid to weighting between the solar wall and the area of masonry fill insulation. Evaluation of humidity and condensation conditions. Development of louvre and regulation systems for a pre-fabricated solar wall.
- DI DK D C NP 9000187

TI Solar walls.
 Solvægge.
 AU Svendsen, S. (lektor)
 CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning
 118, DK-2800 Lyngby, Denmark, Tel. 42 88 35 11
 FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
 CN ENS-1213/90-0001
 PO 9006; 9012
 TC DKK 500
 PE 2; 1
 NO EFP-90. Continues in ENS-1213/91-0001
 AB The project is a combination of two projects: 1. UNVENTED SOLAR WALLS IN
 AN OLD BLOCK OF FLATS. A part of a three-story plastered (pudset) brick
 building covered with glazing and transparent insulation (Arel or Isoflex). The project
 is expected to give valuable information on solar walls used on old brickbuildings.
 2. HOUSE WITH SOLAR WALLS AND INTEGRATED HEATING SYSTEMS. A
 section of a futuristic house completely covered with solar walls is planned and built.
 The solar walls are without storage and based on air circulation. The storage is a
 pebble bed in the semi basement. The heating system is based on air circulating in
 a air gab on the inside of the walls, ceiling and floor.
 DI DK D F CU 9000123

- TI Prefabricated ventilated solar walls in the house-building.
Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet.
- AU Lilholm, J. (afd.leder); Petersen, E. (afd.leder); Svendsen, B. (ing.);
Andersen, N. (ing.); Clausen, I. (ing.)
- CS Samfundsteknik A/S. Køge Bugt, Drejergangen 1B, DK-2690 Karlslunde,
Denmark, Tel. 42-150144
- FO Teknologirådet, Copenhagen (Denmark)
- CN TR-89.0619; ENS-UVE-90.0220
- PO 9001; 9010
- TC DKK 420
- PE 3; 1
- NO In cooperation with Teknologisk Institut. Afdelingen for Varme- og
Installationsteknik and Hvidbjerg Vinduet A/S
- PU Andersen, N.; Clausen, I.-L.; Lilholm, J. Madsen, J.B. (1991).
Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet. 44 p.
- AB Development of a prototype prefabricated, ventilated, profitable, solar
wall by working out the design in detail. The aim is to develop a solar
wall which results in economic manufacturing and mounting as well as a
maximum solar energy conservation. The investment is expected to pay in 7
- 15 years time. The solar wall will be designed to fit into window- and
dooropenings in existing modular systems
- DI DK D F IN 9000037

TI Establishment of an air solar heating system (solar walls) used in the building project "Ulkær". (Denmark).
Anlægstilskud til etablering af et luftsolvarmeanlæg (solvægge) i bebyggelsen Ulkær.

CS Lejerbo, Godthåbsvej 22, DK-2000 Frederiksberg, Denmark, Tel. 31862600

FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)

CN ENS-51121-0025

PO 9009; 9112

TC DKK 650

DI DK D C IN 9100054

- TI Series of products with solar walls in combination with highly insulated windows and insulation of facades.
Modulbaseret produktserie til solvægge i kombination med højisolerede vinduer og facadeisolering.
- AU Mikkelsen, S.-E. (civ.ing.); Hummelshøj, R.M. (akademiing.)
- CS Cowiconsult Rådgivende Ingeniører, Teknikerbyen 45, DK-2830 Virum, Tel. 45-972111
- FO Teknologirådet, Copenhagen (Denmark)
- CN TR-89.0605
- PO 9002; 9010
- TC DKK 432
- NO In cooperation with Krohn og Hartvig Rasmussen, H S Hansens Fabrikker A/S and Scanglas A/S
- PU Cowiconsult A/S; KHR A/S; H.S. Hansens Fabrikker A/S (1991).
Modulsolvægge. 1. del - Teknisk økonomisk analyse. Slutrapport. 88 p.
- AB The ambition with the project is to develop a series of products for restoration of buildings and possibly also for new buildings. The series should consist of modules to be fixed on the exterior of the building, including: Solar Walls (ventilated and unventilated). High insulated windows. Modules for insulation. High insulated windows. The modules will be designed and samples of some of them produced and tested with respect to function. The main idea is to achieve a tremendous reduction in energy consumption in combination with facade renovation for the building as a whole with new architectural possibilities. The project is therefor a team work between engineers, architects and manufactures
- DI DK D F IN 9000038

- TI Glass-covered balconies with very efficient utilization of the passive insulation. Pilot project.
Glas-altaninddaekning med hoej udnyttelse af passiv solvarme. Forprojekt.
- AU Noerregaard, A. (Civ.ing.); Wohlfeldt, K.F. (Ark.,m.a.a.); Bruun Joergensen, O. (Civ.ing. DTH)
- CS Danakon A/S, Koegevej 22, DK-2630 Taastrup, Denmark, Tel. 42 992277
- FO Teknologiraadet, Copenhagen (Denmark)
- CN TR-89.0100; ENS-UVE-90.0068
- PO 8905; 9101
- TC DKK 280
- NO In cooperation with Danmarks Tekniske Hoejskole, Laboratoriet for Varmeisolering
- PU Noerregaard, A.; Bruun Joergensen, O. (1992). Glas-altaninddaekning med hoej udnyttelse af passiv solvarme. DTH-LV-MEDD-228. 48 p.
- AB The purpose of the project is to investigate the efficiency and to make an estimate of the cost effectiveness of a cheap glass coverage of balconies that can be used instead of a complete renovation of crumbling balconies in apartment blocks. This can be obtained by energy savings and making the renovation of the concrete parapet less expensive. An investigation of possible methods of energy savings by different glass coverings with due consideration to doncensation will therefore be undertaken. The project comprises 4 stages: 1) A project will be made for the proposed glass coverings of balconies. 2) The proposed solutions will be carried out during the autumn 1989. 3) Measurements are made of the various projects during the heating season 1989 - 1990. At the same time interviews will be made with the occupiers of the appartments concerned to throw light on the utility value of the glass covered balcony. 4) A report of the results of the project will be made giving a description of which form of glass covering for balconies can be recommended according to the examination and giving an evaluation of the energy saving and of the surplus costs by covering the balconies. The project will make a better basis for resolving how to make the right glass coverings as far as energy is concerned, and the results will thus contribute to a better exploitation of the energy and other resources
- DI DK D F IN 8900223

Solvægsprojekter 1991

TI Solar Walls Phase 2. Phase 2.
Solvægge Fase 2. Fase 2.

AU Andersen, N.B. (civ. ing.); Olsen, L. (civ. ing., lic. tech.)

CS Dansk Teknologisk Institut. Energiteknologi, Postboks 141, DK-2630
Tåstrup, Denmark, Tel. 42996611

FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)

CN ENS-1213/91-0016

PO 9108; 9210

TC DKK 650

PE 1; 0

NO EFP-91; Continuation of ENS-1213/90-0017; In cooperation with Dansk
Teknologisk Institut. Byggeteknik; Samfundsteknik A/S; Cowiconsulu
Rådgivende Ingeniører; Hansen (H S) Fabrikker; Krohn og Hartvig
Rasmussen

AB The overall purpose of the project is to demonstrate that pre-fabricated
solar wall systems can be constructed so cheaply that they are an
alternative to other energy-saving methods in new buildings and facade
renovations. The solar walls will fit into the buildings both as regards
windows and facade elements and can thus be used both in new
constructions and existing buildings: In practice, the project will be
carried out through two sub-projects, for both of which application is
being made for the second phases. A: Prefabricated, ventilated solar
walls: constructing a pre-fabricated, ventilated prototype solar wall,
since the concepts developed in phase 1 will be further developed so that
a construction description can be drawn up, to enable pre-fabrication.
This will also comprise general instructions for dimensioning ventilated
solar walls. B: Solar walls in connection with renovation of facades for
energy savings: Phase 2, which this application covers, will comprise
projection, product development regarding fixing, as well as production
and erection of a solar wall bank on a residential building, using special
profiles

DI DK D C NP 9100161

TI Solar walls.
 Solvægge.
 AU Svendsen, S: (civ.ing., lektor); Bruun Jørgensen, O. (civ.ing.);
 Dandanell, M. (maskinarb.)
 CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning
 118, DK-2800 Lyngby, Denmark, Tel. 45934477
 FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
 CN ENS-1213/91-0001
 PO 9107; 9212
 TC DKK 350
 NO EFP-91. Continuation of ENS-1213/90-0001
 AB The project is a combination of two projects. The first is a full scale
 test with unvented solar walls in older houses. The project contains a
 detailed analysis of the energy savings and the thermal comfort based on
 the measured data from a full scale test of unvented solar walls placed on
 a house in Helsingør. These results will be compared with calculations
 from an earlier project. On the basis of the test results and the
 practical experiences during the test period an evaluation of unvented
 solar walls in older brick houses will be made. The aim of the second
 project is to develop and carry out a full scale test of a house with self
 supplying integrated heating systems. The thermal envelope of the house is
 made of lightweight highly insulating constructions which on the exterior
 side are built as solar walls with air as heat carrying media. The
 interior side the house is equipped with an air gap for circulating hot
 air as a heating system. The storage of the solar energy is in a rock bed
 beneath the floor. The solar walls are constructed with a cover system of
 two layers of glass. A model of such a house of appr. 25 m² will be
 erected at the test site of the laboratory during the summer of 1991.
 Measurements will be made for a period of one year
 DI DK D C CU 9100119

- TI Prefabricated ventilated solar walls in the housebuildings. Part 2.
Præfabrikerede ventilerede solvægge i boligbyggeriet. Fase 2.
- AU Lilholm, J. (afdelingsleder); Madsen, J.B. (ing.); Lang Gamborg, L.
(ing.); Andersen, N.B. (ing.); Genborg, T. (ing.)
- CS Samfundsteknik A/S. Køge Bugt, Drejergangen 1B, DK-2690 Karlslunde,
Denmark, Tel. 42150144, Fax. 42150344
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-51181-91.0006
- PO 9109; 9212
- TC DKK 280
- AB The purpose is to show how prefabricated, ventilated solar walls function
in an actual building. The solar wall will be tested for actual production
of energy and the observations of the occupiers of the flats will be
described
- DI DK E C IN 9100187

- TI Demonstration of utilization of excess heat from solar walls for heating of domestic hot water.
 Demonstration af udnyttelse af overskudsvarme i solvæg til brugsvandsopvarmning.
- AU Mikkelsen, S.E. (civ. ing.); Olsen L. (civ.ing., DTI)
- CS Cowiconsult Rådgivende Ingeniører. Energiteknisk Afdeling, Teknikerbyen 45, DK-2830 Virum, Denmark, Tel. 45972111
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-51181-91.0011
- PO 9108; 9207
- TC DKK 243
- AB In an EFP-91 project (Ministry of Energy) a demonstration project with a 30 m² solar wall with storage in the brick wall construction is established. The idea is to demonstrate the utilization of excess heat, during summer, for heating domestic hot water and thereby also reduce the overheating of the building. Air is circulated through the solar wall and via an air/water heat exchanger connected for preheating of the domestic hot water. The project includes a short theoretical analysis, measurements of the thermal output and a report
- DI DK D C IN 9100171

- TI Experience on window wall solar walls.
Driftserfaringer med brystningssolvægge.
- AU Andersen, N.B. (ing.); Falck, U. (arkitekt)
- CS Dansk Teknologisk Institut. Energiteknologi, Postboks 141, DK-2630
Tåstrup, Denmark, Tel. 44996611
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-51181-91.0007
- PO 9104; 9206
- TC DKK 130
- AB Dissemination of results and experience from window wall solar Walls which
preheat ventilation air, including experience on construction, control
devices, efficiency and user experience. The solar walls, which are
already in use, will be modified to get information on adequate controls
and absorber materials. The project report will include photos, drawings
and recommendations for architects and consulting engineers
- DI DK D C NP 9100081

- TI Solar Walls. Phase 3.
Solvægge. Fase 3.
- AU Andersen, N.B. (civ. ing.); Olsen, L. (civ. ing., lic. tech.)
- CS Dansk Teknologisk Institut. Energiteknologi, Postboks 141, DK-2630
Tåstrup, Denmark, Tel. 42996611, Fax. 42995436
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-1213/92-0018
- PO 9206; 9312
- TC DKK 450
- PE 1; 0
- NO EFP-92; Continuation of ENS-1213/91-0016; In cooperation with Dansk Teknologisk
Institut. Byggeteknik; Samfundsteknik A/S; Cowiconsult Rådgivende Ingeniører;
Hansen (H S) Fabrikker; Krohn og Hartvig Rasmussen.
- AB The overall purpose of the project is to demonstrate that pre-fabricated solar wall
systems can be constructed so cheaply that they are an alternative to other energy-
saving methods in new buildings and facade renovations. The solar walls will fit into
the buildings both as regards windows and facade elements and can thus be used both
in new constructions and existing buildings. The project will be carried out in two
sub-projects, for both of which application is being made for the third phase. A:
Prefabricated, ventilated solar walls: measurements on prototype under actual
circumstances and advices for building constructors on the implementation and use of
prefabricated solar walls. B: Solar walls in connection with renovation of facades for
energy savings: measurements, evaluation and report. The evaluation is based on
comparison between the solar wall facade and a dummy wall, and will take into
account the indoor climate and the responses of the people living in the houses.
- DI DK E C NP 9200085

- TI Profile system for solar walls.
 Profil system til solvægge.
- AU Svendsen, S. (lektor, civiling.); Bruun Jørgensen, O. (civiling.)
- CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning
 118, DK-2800 Lyngby, Denmark, Tel. 45934477, Fax. 45931755
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-51181-91.0050
- PO 9201; 9212
- TC DKK 300
- AB The aim of the project is to develop a new profile system for solar walls
 with a lower price (production and installation) than for existing
 systems. The idea is to assemble the glass in frames at the factory and
 mount the frames on fixtures on the walls of the house. In this way the
 installation cost should be reduced. The project is carried out in
 cooperation with interested manufacturers of profile systems
- DI DK D C CU 9100195

- TI Computer model for solar-walls. (Simulation programme).
Tsbi3 til beregning af solvægge.
- AU Wittchen, K.B. (civ.ing.)
- CS Statens Byggeforskningsinstitut. Energi og Indeklima, Postboks
119, DK-2970 Hørsholm, Denmark, Tel. 42865533
- FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
- CN ENS-1213/92-0005
- PO 9201; 9412
- TC DKK 600
- PE 1; 0
- NO EFP-92
- AB The aim of the project is to develop a detailed model for simulation of solar walls. The program will include models for the most commonly used solar walls (ie ventilated and non-ventilated solar walls as well as Trombe walls) and will be able to simulate the dynamic interaction between solar wall and building. It is important for an accurate simulation of the solar wall that an angle-dependent description of the solar transmittance for different types of transparent insulation materials can be defined. Of equal importance is the variation of the U-value depending on the temperature and air velocity (through the solar wall). The project will give better possibilities for engineers and architects to calculate and evaluate solar walls in connection with buildingrenovation and new building design. Further, researchers and developers of solar walls will be able to evaluate the efficiency of new types of solar walls as well as transparent insulation materials (eg silica aerogel).
- DI DK B C ST 9200110

TI State of affairs within the field of solar walls in Denmark.
 Status på solvægsområdet i Danmark.
 AU Svendsen, S. (lektor, civ.ing.); Dyreborg Christoffersen, L. (civ.ing.)
 CS Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning
 118, DK-2800 Lyngby, Denmark, Tel. 45934477
 FO Energistyrelsen, Copenhagen (Denmark)
 CN ENS-1213/92-0006
 PO 9202; 9212
 TC DKK 300
 PE 1; 0
 NO EFP-92
 AB The aim of this project is to make an entire survey of the knowledge and experience
 in the field of solar walls in Denmark. The basis for this survey is Danish projects,
 terminated or in progress, related to research, development and demonstration
 (RDD-activity) in the field of solar walls. The purpose of the project is to make a
 comparison of the state of affairs and the need for further knowledge and to make an
 estimate of the need for further development and work within the field of solar walls.
 The project will be divided into fields with relation to: field of application (existing,
 new, brickwork. concrete buildings), type of solar wall (unventilated, ventilated) and
 RDD-activity (calculations, full scale projects, demonstration, price reduction)
 DI DK U C CU 9200072