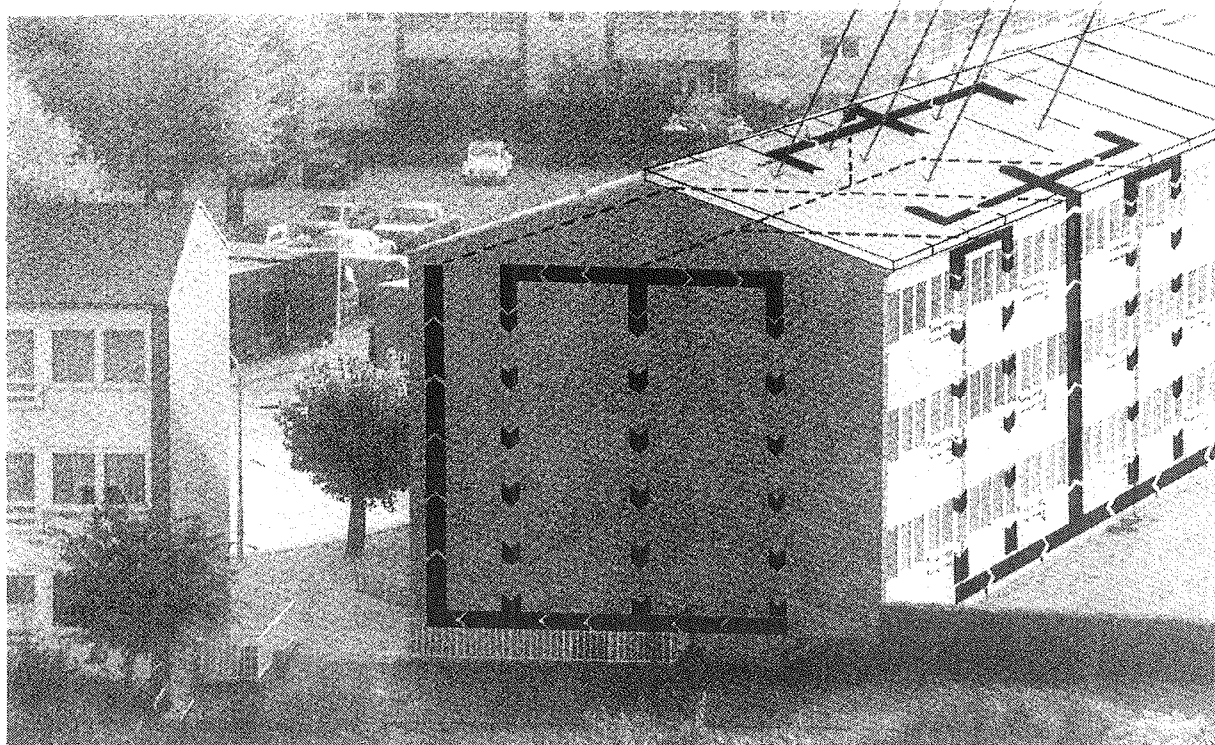


Projekt Solhus

Boligselskabet Lejerbo afd. 331

Ulkær 15 - 35, Rødovre



Danakon a/s
Rådgivende ingeniører F.R.I.



Meddelse nr. 258, November 1993
Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole

Projekt Solhus

Boligselskabet Lejerbo afd. 331

Ulkær 15 - 35, Rødovre

Bjarne Svendsen, Danakon a/s

Niels Kristian Vejen, Laboratoriet for Varmeisolering



Danakon a/s
Rådgivende ingeniører F.R.I.



Meddelse nr. 258, November 1993
Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	1
2.	Solvarmeanlæg	2
2.1	Beskrivelse af bebyggelsen	2
2.2	Beskrivelse af solvarmeanlægget	3
2.3	Testsolfanger	8
3.	Målesystem	10
3.1	Omgivelser	10
3.2	Luftsystem	11
3.3	Væskesystem	13
4.	Resultater	14
4.1	Væskesolfanger	14
4.2	Luftsolfanger	17
4.3	Energiforbrug til rumopvarmning	21
5.	Økonomi	26
5.1	Anlægspriser	26
5.2	Driftsøkonomi	26
6.	Praktiske driftserfaringer	28
6.1	Utætheder i luftsolfangeranlæg	28
6.2	Styring af luft- og væskesolfangeranlæg	30
6.3	Temperaturfordeling i facader og gavle	31
7.	Sammenfatning og konklusion	37
7.1	Sammenfatning	37
7.2	Konklusion	37
	Referencer	39

1. Indledning.

I forbindelse med en nødvendig facadeisolering og tagrenovering af Boligselskabet Lejerbo afd. 331 beliggende Ulkær 15-35 i Rødovre, blev det besluttet at etablere et hybridt solvarmeanlæg, som er nærmere beskrevet i de følgende afsnit.

Ideen til projektet er opstået i forbindelse med et svensk forsøgsprojekt, hvor man udtrykte sig meget optimistisk om løsningsmodellen.

En ansøgning til Energistyrelsen blev udformet på basis af de fra svensk side oplyste foreløbige erfaringer og omfattede først kun én opgang i Ulkær-bebyggelsen. Projektet blev efter Energistirelsens ønske udvidet til at omfatte hele den ene blok (fem opgange) og opnåede status af "Demonstrationsanlæg" med et tilskud på kr. 650.000,-.

Ulkær-modellen må betragtes som en forbedret udgave af det svenske koncept.

Projektet er desuden sponseret med kr. 150.000,- af Nykreditfonden.

Anlægget er projekteret af det rådgivende ingeniørfirma Danakon a/s som totalrådgiver i samarbejde med Laboratoriet for Varmeisolering, DTH og arkitektfirmaet Jensen + Jørgensen + Wohlfeldt.

Anlægget er udført af entreprenørfirmaet Enemærke & Petersen A/S, VVS-installatør Svend Breil ApS samt facadepladeleverandør Steni Danmark ApS.

Målinger er udført af Laboratoriet for varmeisolering, DTH.

Til udførelse og behandling af målingerne har Laboratoriet for Varmeisolering fået tilskud fra Energistyrelsen (UVE) på kr. 150.000,- til projektet "Resultater fra Solhus i Rødovre" J.nr. 51181/92-0078.

Nærværende rapport udgør også rapporten for dette projekt.

2. Solvarmeanlæg.

2.1 Beskrivelse af bebyggelsen

Lejerbo afd. 331 omfatter tre boligblokke, hvor den ene (blok T) er orienteret næsten øst-vest og således har en sydvendt tagflade, hvor solfangerne er placeret. Denne blok indeholder desuden varmecentralen, hvor brugsvandsproduktionen til alle tre blokke foregår.

De øvrige blokke (blok S og U) er orienteret nord-syd og mangler således en sydvendt tagflade til solvarme.

I Blok S er der ingen kælder, mens både blok T og U har fuld kælder. Sidstnævnte to blokke indeholder også 1-værelseslejligheder med mekanisk ventilation. Øvrige lejligheder har naturlig ventilation.

Der kan desuden oplyses følgende data for de tre blokke:

Blok S	18 lejligheder	1.448 m ² opvarmet areal
Blok T	45 lejligheder	2.377 m ² opvarmet areal
Blok U	27 lejligheder	1.448 m ² opvarmet areal

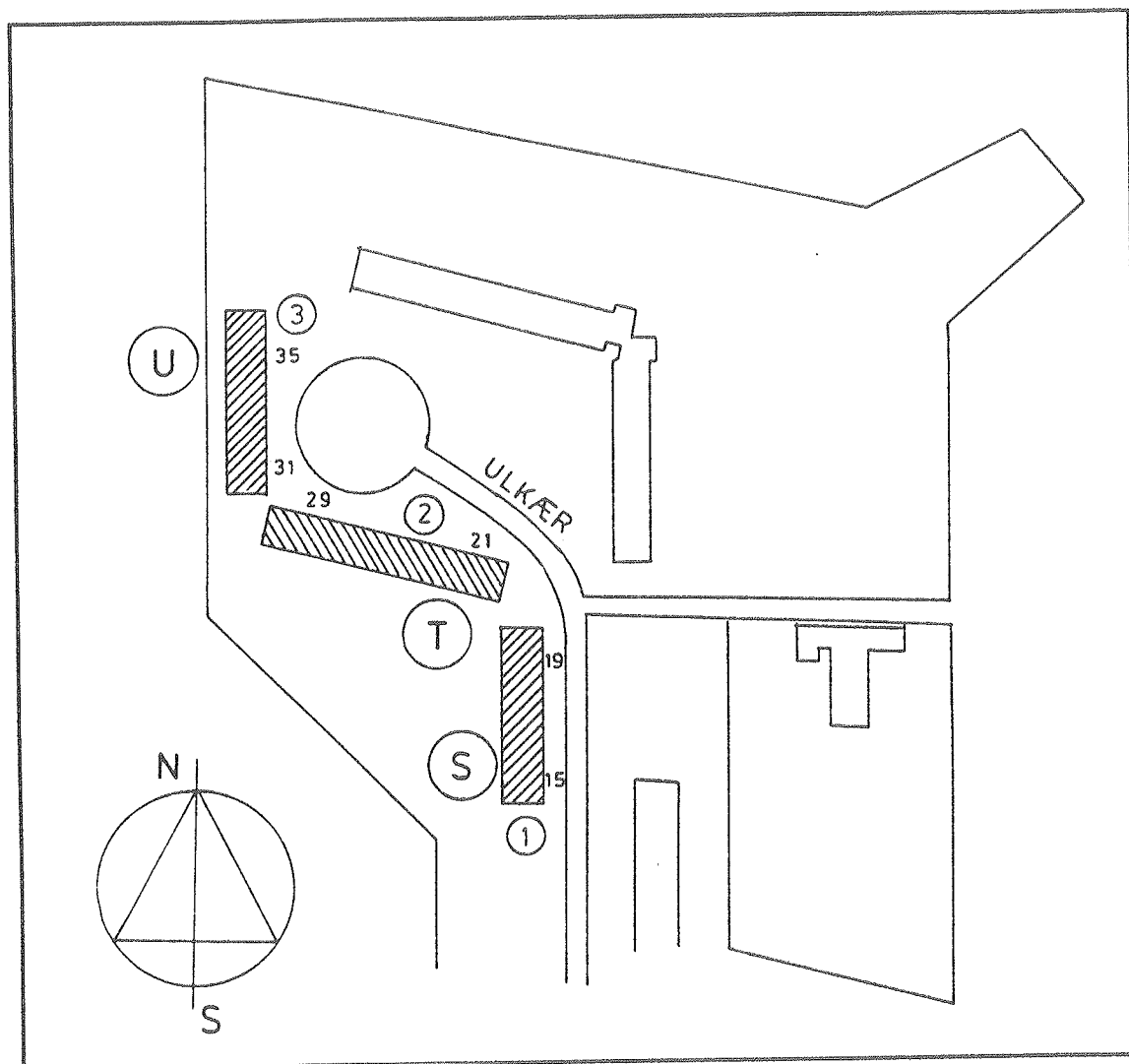
Opbygningsmæssigt er blok T og U mest sammenlignelige, mens blok S og U kan sammenlignes størrelsesmæssigt.

Alle tre blokke blev under projektet udvendigt efterisoleret med 100 mm mineraluld på gavle og facader samt forsynet med ny tagbeklædning.

Blok T har som den eneste af de tre blokke solfangere på taget og en luftspalte i ydervæggen til cirkulation af solopvarmede luft fra luftsolfangerne.

I forbindelse med den eksisterende varmecentral i Blok T er der opbygget et væskesolvarmeanlæg til forvarmning af det varme brugsvand.

Figur 1 viser en situationsplan af bebyggelsen. Varmecentralen befinder sig i kælderen under nr. 21.



Figur 1 Situationsplan for bebyggelsen Ulkær 15 - 35 i Rødovre

2.2 Beskrivelse af solvarmeanlægget

2.2.1 Generelt

Den sydvendte tagflade på blok T er helt dækket af en serie luftsolfangere - ialt 62 enheder. Disse er igen opdelt i 12 sektioner med 5 stk hhv 6 stk (i endesektionerne) solfangere i hver.

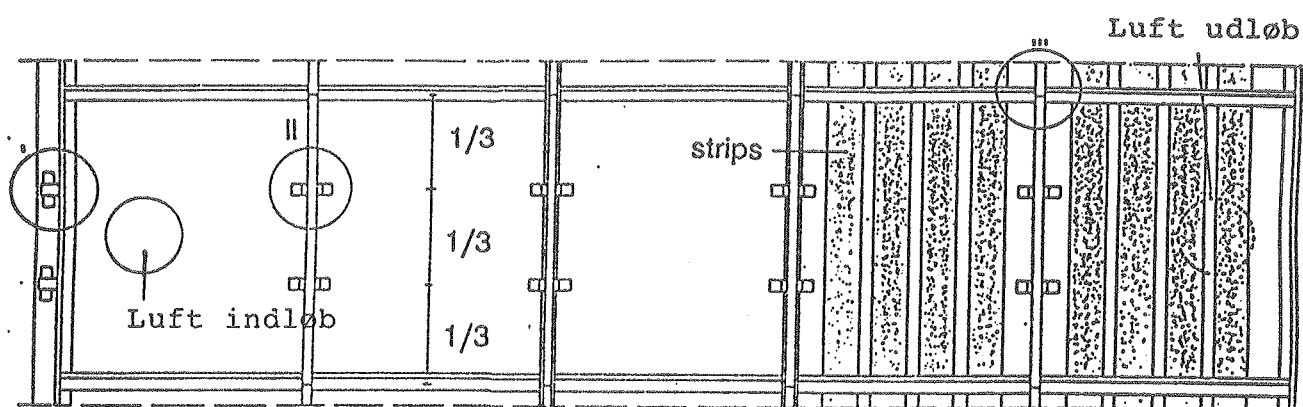
Til at cirkulere luften fra disse i et lukket kredsløb i gavl- og facadespalter er der i alt monteret 5 stk ventilatorer, som hver betjener 2 eller 3 solfangersektioner.

I toppen af hver solfangersektion er der integreret 8 stk vandretliggende sunstrips fabr. Batec i et væskebaseret system. Stripsene er udlagt med mellemrum mellem de enkelte strips af luftstrømningsmæssige hensyn.

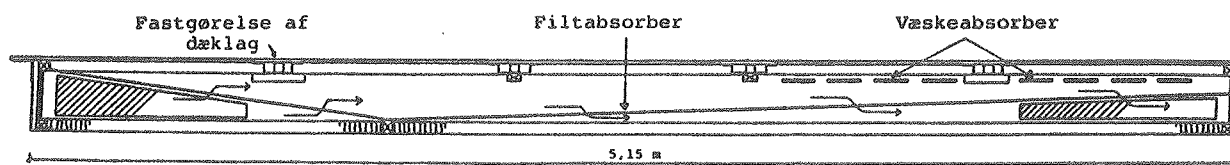
Disse strips forvarmer det varme brugsvand på traditionel vis via en varmeveksler i solvarmecentralen.

Luft- og væskesystemerne kan fungere uafhængigt af hinanden.

2.2.2 Opbygning af solfangere



Plan af solfanger



Lodret snit i solfanger

Figur 2 Opbygning af solfangere

Ovenfor er vist hvordan solfangeren er opbygget. Den porøse absorber er lagt som vist, fordi den i den nederste del af solfangeren er benyttet som en slags fordelingskammer for luften ind i solfangeren og for at maksimere arealet af absorberen.

Luftsolfangeren er tætnet med en silikonefuge mod taget overalt i solfangerens ydre periferi. Der er ikke tætnet mellem de enkelte solfangersektioner.

Luftsolfangeren er konstrueret på en sådan måde, at den er gjort så tæt som muligt mod de ydre omgivelser.

Tagfladen har en hældning fra vandret på ca. 20 grader, og bygningen er drejet ca. 6 grader mod vest fra syd.

Solfangeren, som er vist på figur 2, er opbygget direkte på det eksisterende tag som en 310 mm høj kasse. Siderne er isoleret med 20 mm Rockwool. Den eksisterende tagbeklædning er eternitskifer med en tagpapbelægning. Oven på det eksisterende tag er lagt 50 mm Rockwool A-batts, som udgør solfangerens bund. Herover er som nævnt en sort filtabsorber af polyester nålefilt udspændt mellem to lag hønsenet. I den øverste ende af solfangerne over filtabsorberen er der monteret 8 vandretliggende parallelle sunstrips med 50 mm afstand.

Som dæklag er der anvendt en 10 mm klar PC-ribbeplade, der er tætnet mod kassen med et RIAS alu-skinnesystem.

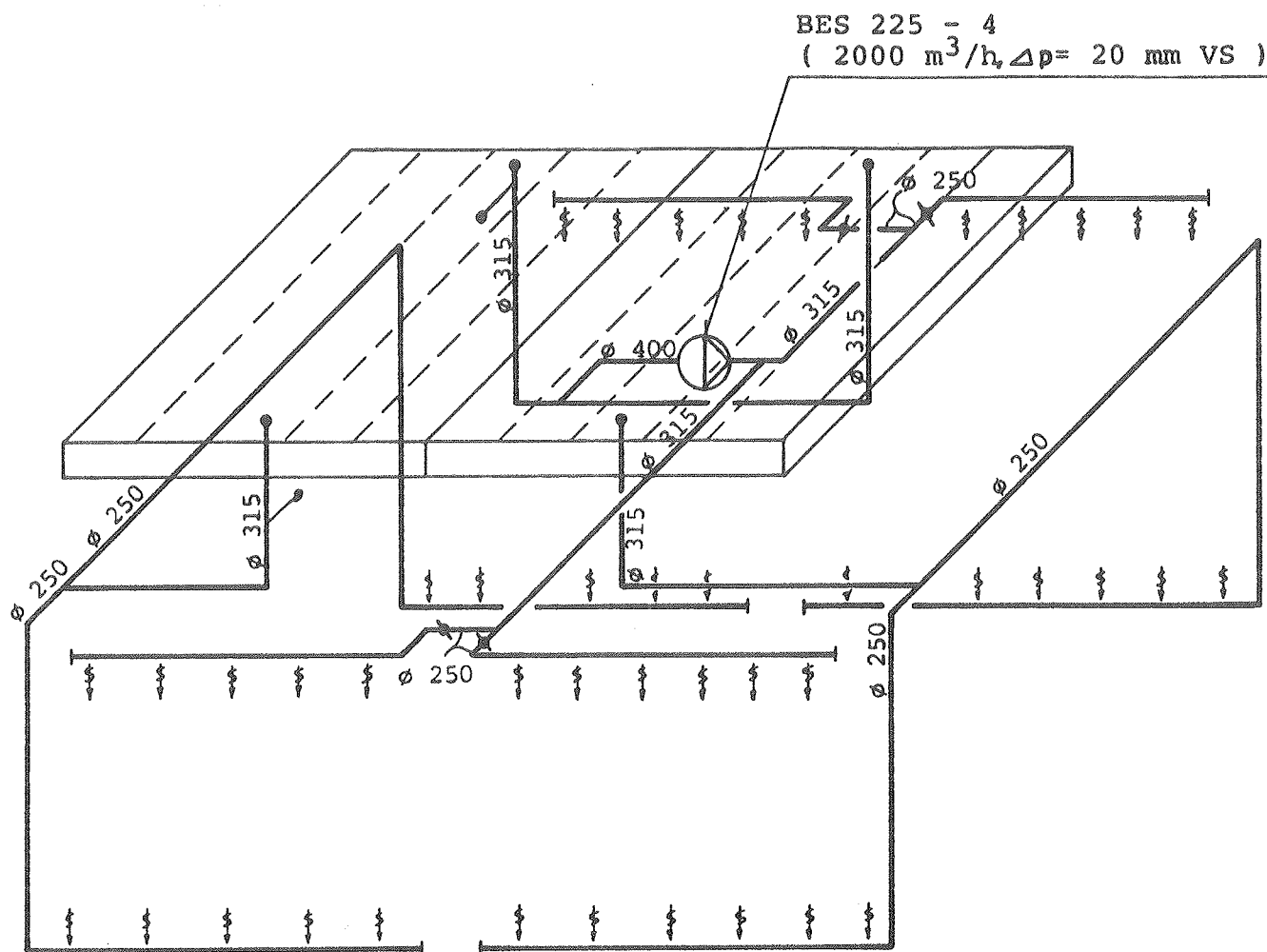
Ribbepladens længdeudvidelse foregår mod tagfod.

Absorberarealet udgør i alt ca. 362 m² for luftsolfangeren og ca. 82 m² for væskesolfangeren.

2.2.3 Luftsystemet

Luftsolfangeren opvarmer via et kanalsystem facader og gavle i blok T.

I forbindelse med den nye udvendige isolering er der mellem denne og den eksisterende ydervæg etableret et hulrum, hvor den solopvarmede luft kan cirkulere. Luften blæses ind langs tagfoden og trækkes tilbage til solfangeren i et system af ventilationskanaler, jf. figur 3.



Figur 3 Principdiagram, ventilationsanlæg for 2 solfangersektioner

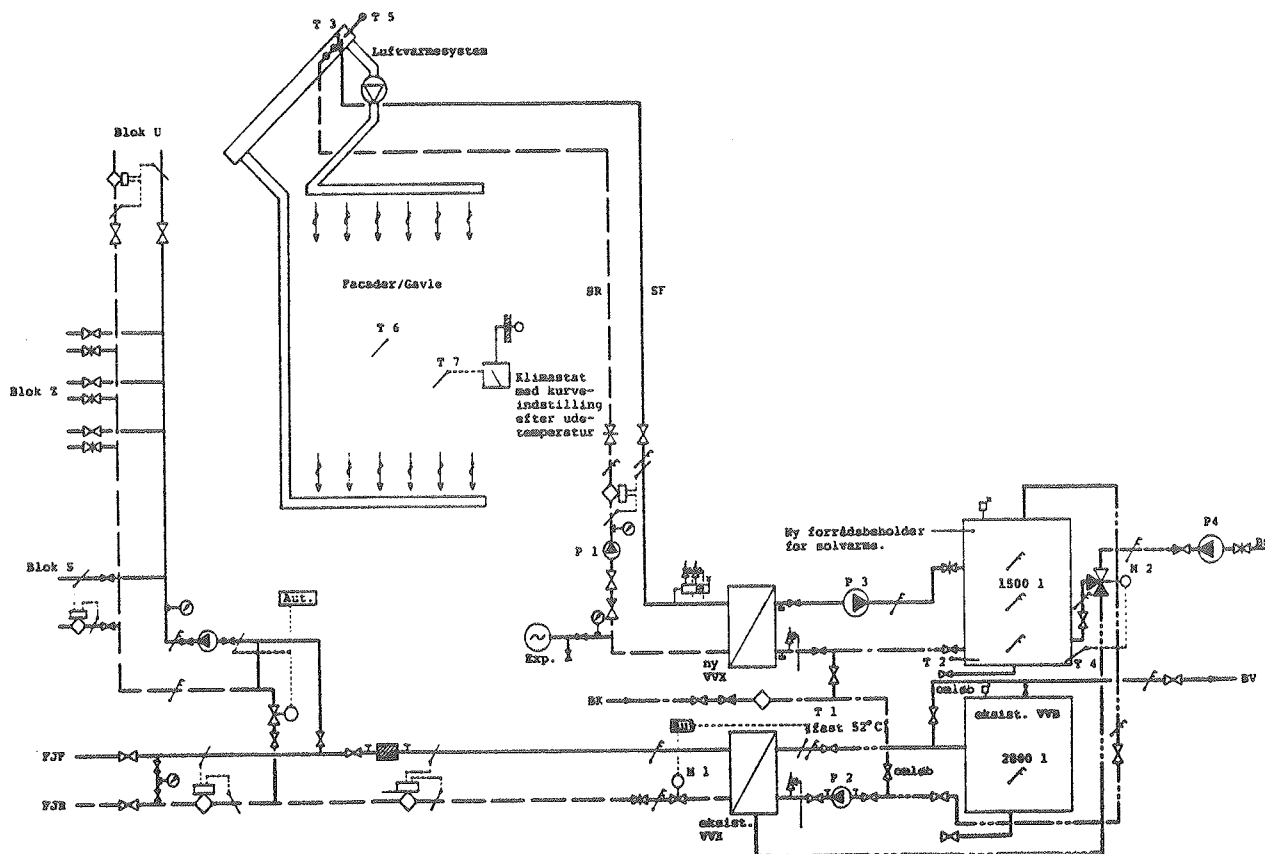
De eksisterende ydervægge består af 19 cm gasbeton. Gavle og trappeopgange er dog opbygget som en isoleret hulmurskonstruktion.

Luftsolfangeranlægget kan reducere varmetabet fra boligerne, når temperaturen i luftsolfangeren er højere end i luftspalten i ydervæggen. I fyringssæsonen er temperaturen i ydervægsspalten normalt en del lavere end rumtemperaturen. Dvs. anlægget kan fungere ved solfangertemperaturer, der er lavere end rumtemperaturen.

Når soltilførslen er rigelig tilføres lejlighederne varme og der vil desuden akkumuleres varme i den eksisterende ydervæg, men for at undgå uønskede overtemperaturer i lejlighederne stoppes ventilatorerne automatisk, når temperaturen i væggen overstiger en fastsat årstidsafhængig maksimumstemperatur. Denne automatik er i det følgende benævnt "komfortautomatik".

2.2.4 Væskesystemet

Væskesystemet til forvarmning af det varme brugsvand er opbygget helt traditionelt, jf. figur 4.



Figur 4 Principdiagram af solvarme- og fjernvarmecentral

Øverst i hver af de 12 solfangersektioner er der monteret en stripsektion på ca. 6 meters længde med 8 parallelle strips. Mellem stripsene er der en afstand på 50 mm. Stripsene er fastgjort til et fordelerrør i begge sider. Stripsene er monteret 70 mm under undersiden af dæklaget og er isoleret fra skillevæggene mellem luftsolfangerne. Stripsektionerne er seriekoblede i serier af 4 som igen er parallelkoblede. Rørene til og fra væskeabsorberne og ned til solvarmecentralen ligger i et hulrum i tagryggen og er herfra ført ned i østgavlen. Rørene er isoleret med 50 mm i hulrummet i tagryggen og 20 mm i gavlen.

Væsken i væske-solfangersystemet er en 40% propylenglycol blanding. Varmetilførselen til væskeabsorberne sker dels ved direkte og diffus stråling og dels ved tvungen eller naturlig konvektion alt efter om luftsolfangeren er i drift eller ej.

Som det fremgår af figur 4 ledes solvarmen fra absorberen ned til en varmeveksler som igen via et ladekredssystem med en 1500 liter forrådsbeholder forvarmer det varme brugsvand inden det - om nødvendigt - eftervarmes i det eksisterende fjernvarmeopvarmede brugsvandsanlæg.

Brugsvandscirkulationen ledes til solvarmesystemet, når solvarmebeholderens temperatur er højere end cirkulationsledningens (ca. 43°C). Ellers opvarmes cirkulationsvandet i den eksisterende varmeveksler.

2.2.5 Styresystem for solfangerne

Både væske- og luftsolfangerne styres via differenstermostater.

I luftsolfangeren er placeret en føler, som giver signal om opstart af ventilatorerne, hvis temperaturen i solfangeren er mere end 3 - 4°C højere end i luftspalten (føler placeret midt på nordfacade).

Endvidere afbrydes ventilatorerne automatisk såfremt temperaturen i gasbeton-væggen mod lejlighederne bliver uønsket høj dvs 20°C ved en udetemperatur på 20°C og 30°C ved en udetemperatur på $+12^{\circ}\text{C}$ og proportionalt mellem disse temperatursæt via et komfortautomatikanlæg.

I væskesolfangerens top er placeret en føler som starter pumperne i solvarme- og ladekreds såfremt temperaturen i solfangeren er mere end $2 - 3^{\circ}$ højere end brugsvandstemperaturen i bunden af solvarmebeholderen.

2.3 Testsolfanger

I samarbejde mellem Danakon a/s og Lab. for Varmeisolering er der udviklet og opbygget en kombineret luft- og væskesolfanger, der har dannet grundlag for den prototype, der senere er opsat på Lejerbo afd. 331, Ulkær.

Laboratoriet har udført effektivitetsmålinger på både luft og væskedelen af solfangeren ved separat drift af de to systemer. Der er ikke foretaget målinger ved kombineret drift.

Effektivitetsmålingerne er foretaget udendørs på en dag med konstant solbe-strålingsstyrke på ca. 950 W/m^2 og en udetemperatur på ca. 20°C .

Under målingerne var testsolfangeren placeret med en hældning på 45° og orienteret direkte mod syd.

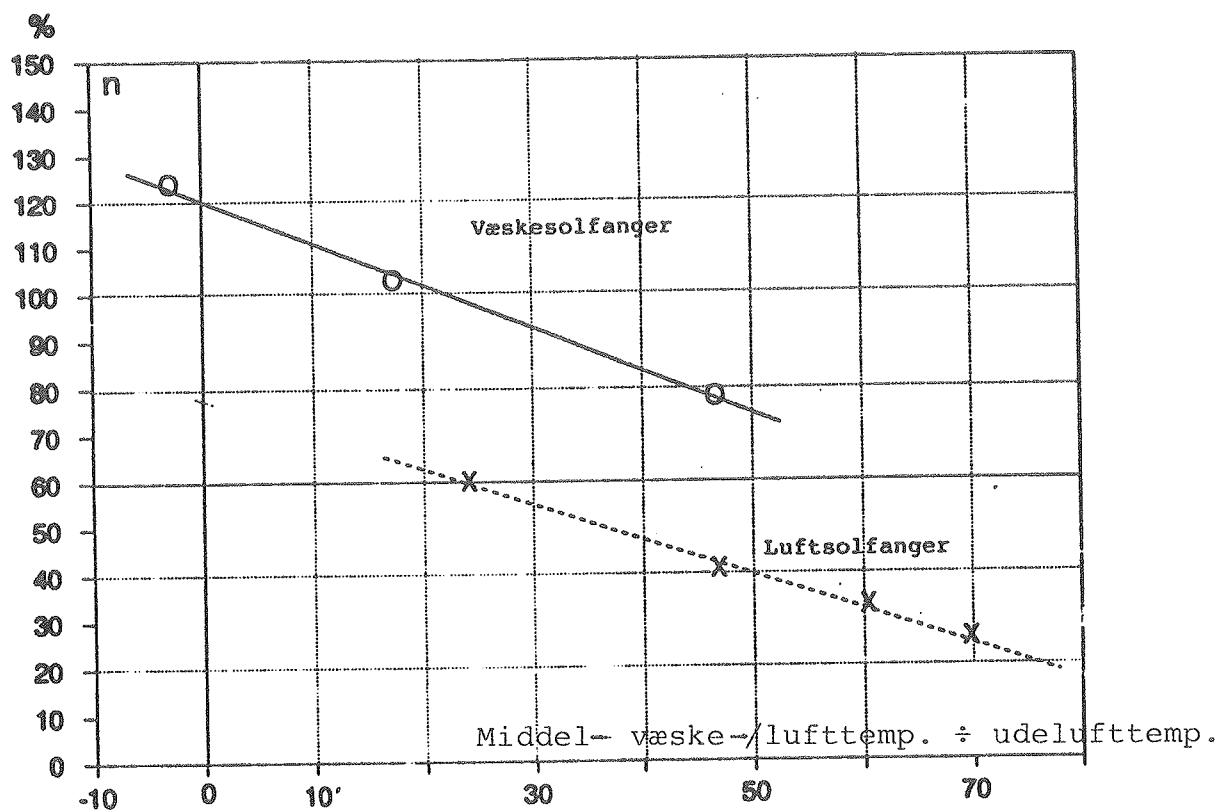
Referencearealerne for de to systemer er forskellige. For væskesystemet er absorberarealet på $4,2 \text{ m}^2$ benyttet som referenceareal. For luftsyste-met er arealet af dæklaget minus arealet af stållægterne og inddækning benyttet som referenceareal. Dette areal er $18,5 \text{ m}^2$.

Under målingerne er der for væskedelen benyttet en væskestrøm på ca. $0,9 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ og for luftdelen en luftstrøm på $500 - 600 \text{ m}^3/\text{h}$ svarende til $27 - 32 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$.

For væskesolfangeren uden luftcirkulation ligger effektiviteten noget højere end for traditionelle solfangere. En traditionel solfanger med ribbeplade som dæklag har en begyndelseseffektivitet omkring 70% . Begyndelseseffektiviteten for den kombinerede solfanger er omkring 120% . Forøgelsen skyldes, at varm luft stiger op omkring væskeabsorberen og bidrager til opvarmningen af væsken.

For luftsolfangeren uden væskecirkulation ligger effektiviteten i et område, som må betegnes som acceptabelt. Den højeste effektivitet som er målt er 60% ved en middeltemperatur af luften i solfangeren på 40°C og en udelufttemperatur på 20°C .

Resultatet af effektivitetsmålingerne er givet i figur 5.



Figur 5 Effektivitetskurver for væske- og luftsolfanger, målt ved en solfangerhældning på 45° og en solbestrålingsstyrke på ca. 950 W/m².

Desuden er der foretaget trækprøvning på dæklaget. Trækprøvningen medførte, at inddækningsprofilerne fra toppen til bunden af solfangeren mellem dæklagspladerne blev ændret fra plastprofiler til profiler af aluminium.

Trækprøven med aluminiumsprofilerne viste at dæklaget kunne modstå et træk på 1,5 kPa, hvilket er mere end det maksimale vindsug der forekommer i Danmark, som er omkring 1 kPa.

Endelig er tryktabet gennem filtabsorberen målt og fundet mindre end 10 Pa, ved en luftstrøm på ca. 27 m³/h*m².

3. Målesystem.

I forbindelse med udførelsen af energirenoveringen på solhuset i Ulkær, er der installeret et målesystem. Formålet med målesystemet har været at kontrollere, om luft- og væskesystemet har fungeret efter hensigten, samt at indsamle erfaringer fra et fuldskala projekt til brug ved fremtidige projekter af lignende art. Derudover er måleresultaterne brugt til beregning af ydelsen fra luftsolfangerne.

Som måleudstyr er der anvendt en HP datalogger.
(HP 3497A DATA ACQUISITION/CONTROL UNIT)

Temperaturmålingerne er foretaget med termoelementer af kobber/konstantan tråd.

3.1 Omgivelser.

På nordsiden af solhuset er der monteret en temperaturføler, som måler udelufttemperaturen i skyggen.

Solbestrålingsstyrken måles med et pyranometer placeret på toppen af solfangeren og med samme orientering og hældning som solfangeren.

Udelufttemperaturen og solbestrålingsstyrken bliver registreret hvert minut, hvis enten væske- og/eller luftsolfangeren er i drift, ellers hvert 10. minut.

Fra fjernvarmenettet leveres energi til rumopvarmning og opvarmning af brugsvand. Energimålerne på fjernvarmen er af typen HG100 med Pt100 følere og type HG20 med Pt500 følere.

Den totale energimængde der leveres fra fjernvarmenettet til bebyggelsen Ulkær 15-35, bliver aflæst. Energimængden til rumopvarmning i blok S og blok U samt energimængden til opvarmning af varmt brugsvand bliver ligeledes hver for sig aflæst. Ved at trække sidstnævnte tre aflæsninger fra det totale forbrug kan energiforbruget til rumopvarmning i solhuset bestemmes.

Desuden aflæses en el-måler (Type F4), der angiver el-forbruget til pumper og ventilatorer samt en drifttimetæller, som viser, hvor mange timer ventilatorerne kører.

Aflæsningerne foretages to gange om ugen af varmemesteren for bebyggelsen.

Pr. 1. april '93 er der opsat en el-måler (Type F10), der separat måler el-forbruget til ventilatorene.

3.2 Luftsysten

Der er monteret temperaturfølere på hver luftsolfangersektion. Disse har registret lufttemperaturerne til og fra solfangerne i kanalerne ca. $\frac{1}{2}$ m fra ind- og udløbet af solfangerne.

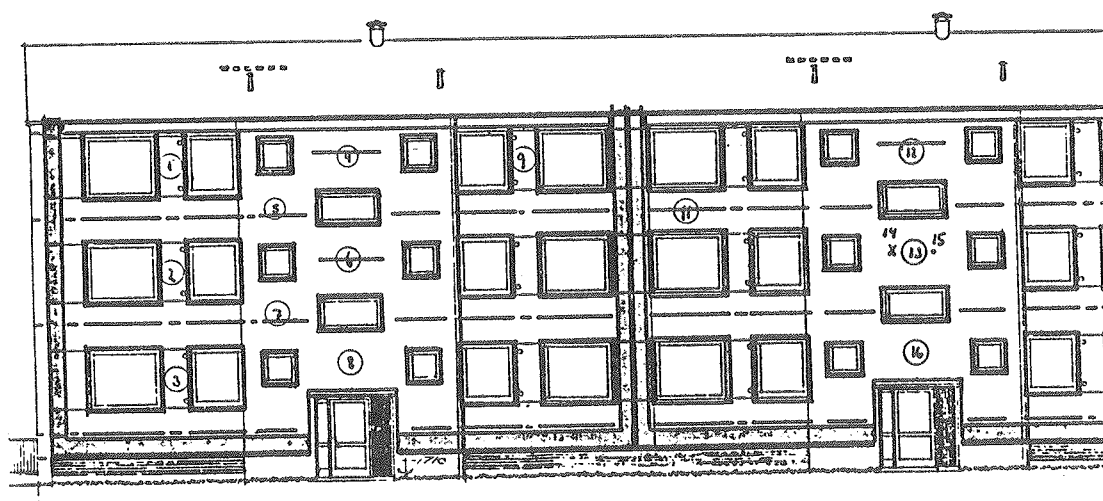
Disse temperaturer blev registreret hvert minut, når luft- og/eller væskesolfangeren var i drift ellers hvert 10. minut.

I luftspalterne imellem de oprindelige ydermure og efterisoleringen er der forskellige steder placeret temperaturfølere, som har registret temperaturen af luften i luftspalten.

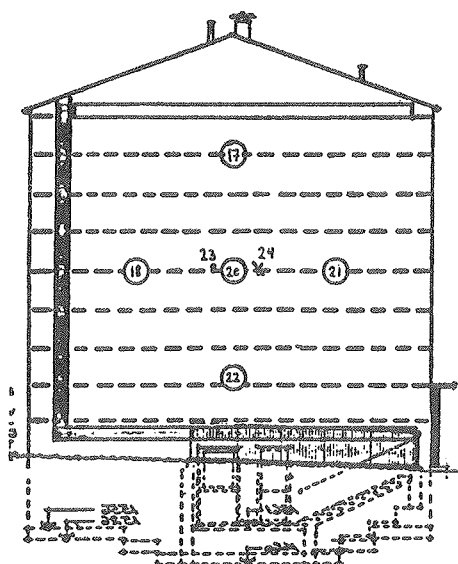
Temperaturfølerne er anbragt midt i luftspalten på en lille træpind, der er fastgjort til muren. Der er også nogle temperaturfølere, der er anbragt på de oprindelige ydermures overflade og 5 cm inde i muren. De har henholdsvis registreret murens overfladetemperatur og temperaturen 5 cm inde i muren.

Disse temperaturer er registreret hvert 10. minut.

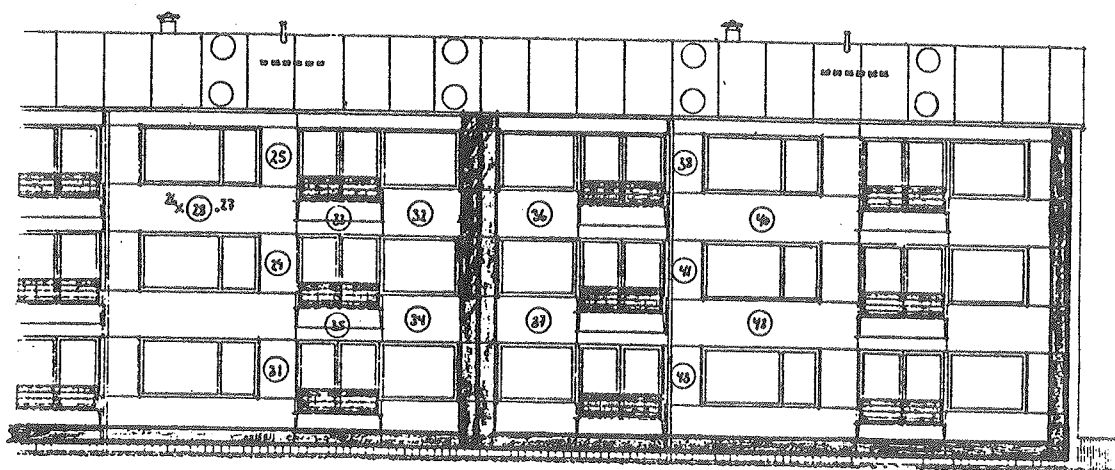
Af nedenstående figurer kan placeringen af målepunkterne ses.



Figur 6 Målepunkternes placering på nord-facaden



Figur 7 Målepunkternes placering på øst-gavlen



Figur 8 Målepunkternes placering på sydfacaden

3.3 Væskesystem.

Til måling af den energi væskesolfangeren leverer til opvarmning af varmt brugsvand, er der opsat en energimåler (HG20 med Pt500 følere der er kalibreret til 40% propylenglykol og lille Δt). Energimåleren er placeret lige før varmeveksleren i solvarmecentralen og viser altså den energi, solfangeren har optaget fra solen minus varmetabet i rørene fra solfangeren til solvarmecentralen. Den er blevet aflæst to gang om ugen. Samme sted er der foretaget en måling af temperaturerne til og fra varmeveksleren. Målingen er blevet registreret hvert minut, når væskesolfangeren var i drift ellers hvert 10. minut.

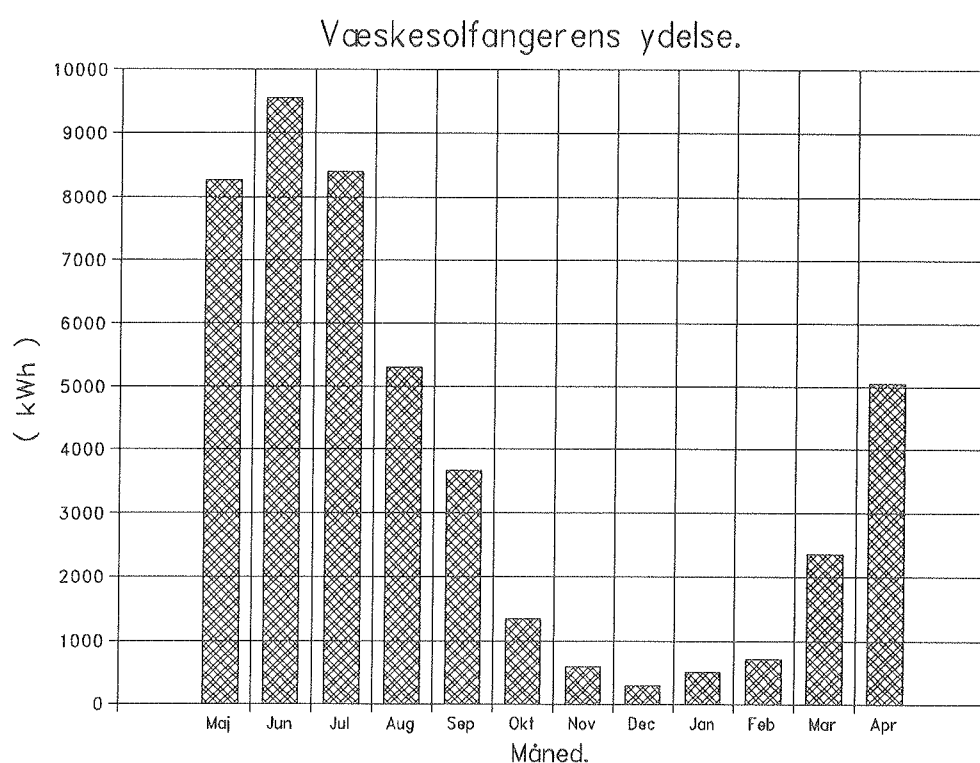
4. Resultater

I dette kapitel er resultaterne af målingerne angivet, og der er foretaget en vurdering af resultaterne. Først for væskesolfangersystemet og dernæst for luftsolfangersystemet. Solbestrålingsstyrken i måleperioden har været lidt større end i referenceåret, hvilket der dog ikke er korrigeret for.

4.1 Væskesolfanger

Væskesolfangerens bidrag til opvarmning af varmt brugsvand er beregnet på månedsbasis ud fra aflæsningen af energimåleren på solfangerkredsen.

Af figur 9 ses de månedlige ydelser fra væskesolfangeren.

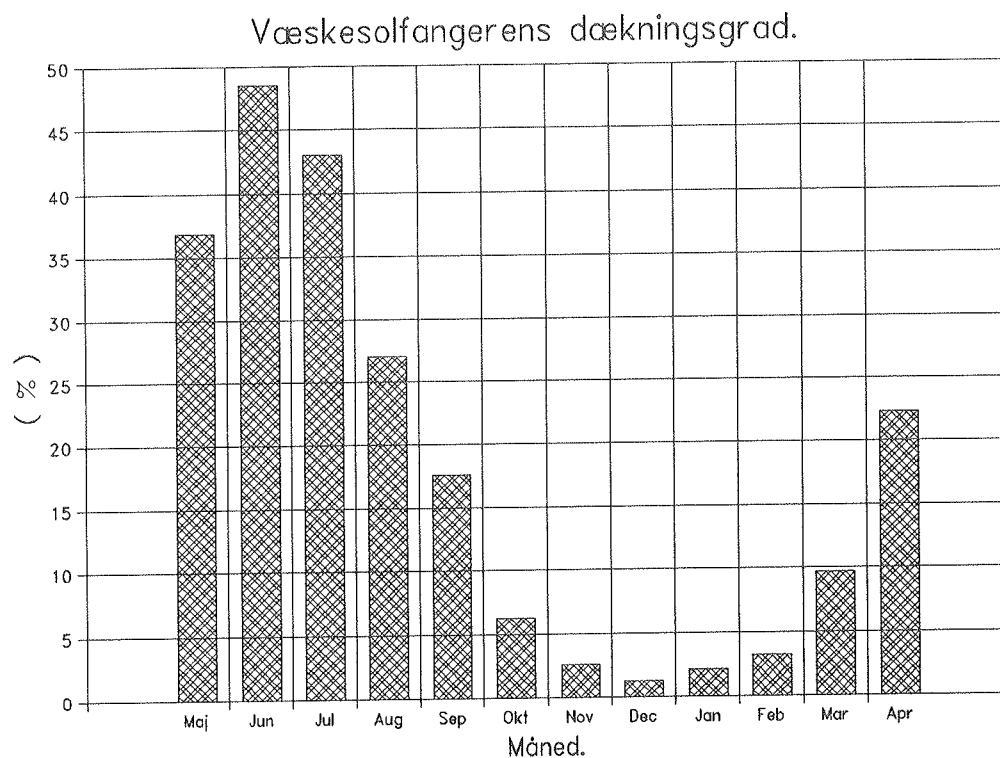


Figur 9 Væskesolfangerens månedsydelse i perioden maj '92 til april '93.

Års-ydelsen (maj '92 - april '93) for væskesolfangeren er 46.025 kWh, hvilket svarer til ca. 562 kWh pr. m² væskeabsorber. I samme periode har væskesolfangeren været i drift i ca. 2283 timer og el-forbruget til drift af væskesolfangeren været ca. 1500 kWh.

Forbruget af fjernvarme til opvarmning af brugsvand inkl. cirkulationstab har i samme periode været 217.555 kWh. Dvs. at solvarmeandelen har udgjort ca. 17% af det totale energibehov til opvarmning af brugsvand inkl. cirkulationstab i de tre boligblokke i perioden.

På figur 10 ses den månedlige dækningsgrad med solvarme til opvarmning af brugsvand inkl. cirkulationstab.



Figur 10 Væskesolfangerens dækningsgrad af varmt brugsvand inkl. cirkulationstab i perioden maj '92 til april '93.

I sommermånederne juni, juli og august er dækningsgraden med solvarme til opvarmning af brugsvand og dækning af cirkulationstab henholdsvis 49 %, 43 % og 27 %.

Væskesolfangerens drifttid er beregnet ud fra målingerne på anlægget. På basis af resultater fra april '93 er effekten på pumperne på væskesolfangersystemet fundet.

El-forbruget til drift af pumperne de øvrige måneder er beregnet ud fra den fundne effekt på pumperne og ganget med drifttiden for væskesolfangeren den pågældende måned.

Resultaterne for væskesolfangeren er givet i nedenstående skema 1.

Måned	Fjernvarme til brugsvand (kWh)	Solvarme til brugsvand (kWh)	Total til brugsvand (kWh)	Solvarmeandel til brugsvand (%)	Drifttid (h)	El-forbrug (kWh)
Maj. '92	14.133	8.263	22.396	37	308	202
Jun. '92	10.137	9.547	19.684	48	373	245
Jul. '92	11.150	8.400	19.550	43	342	225
Aug. '92	14.310	5.290	19.600	27	286	188
Sep. '92	17.173	3.667	20.840	18	230	151
Okt. '92	20.402	1.358	21.760	6	111	73
Nov. '92	22.210	590	22.800	3	66	43
Dec. '92	23.510	290	23.800	1	35	23
Jan. '93	23.380	510	23.890	2	58	38
Feb. '93	21.560	710	22.270	3	60	39
Mar. '93	21.950	2.350	24.300	10	147	97
Apr. '93	17.640	5.050	22.690	22	266	175
Maj-Apr	217.555	46.025	263.580	17	2283	1499

Skema 1 *Leveret fjernvarme hhv solvarmeenergi, det totale energiforbrug til opvarmning af brugsvand inkl. tab i cirkulationsledning, samt solvarmens procentvise andel af dette energiforbrug. Endvidere drifttid og el-forbrug for pumpedrift på væskesolfangersystemet. Alt er opgjort på månedsbasis og summeret for perioden maj '92 til april '93.*

4.2 Luftsolfanger

Luftsolfangeranlægget er som tidligere nævnt etableret som 5 indbyrdes uafhængige anlæg. Ydelsen af hvert af disse anlæg er beregnet ud fra målte temperaturstigninger og målingerne af luftstrømmene. Målingerne af luftstrømmene er foretaget den 26. maj '92 samt den 9. og 10. februar '93.

Resultaterne af målingerne af luftstrømmene er givet i afsnit 6.1.

Luftmængderne er reduceret i forbindelse med luftmålingen den 9. og 10. februar '93.

Ydelsesberegningerne før den 10. februar '93 er foretaget under den forudsætning, at utæthederne udgør samme procentvise størrelse i forhold til volumenstrømmen af luft ud af luftsolfangerne som luftmålingerne den 9. og 10. februar '93 viste.

Ydelsen af hvert anlæg er beregnet på følgende måde

$$Q = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \sum_{\text{Tid}} [V_{\text{ud}} \cdot \rho(T_{\text{ud}}) \cdot C_p(T_{\text{ud}}) \cdot T_{\text{ud}} - V_{\text{ind}} \cdot \rho(T_{\text{ind}}) \cdot C_p(T_{\text{ind}}) \cdot T_{\text{ind}} - (V_{\text{ud}} - V_{\text{ind}}) \cdot \rho(T_{\text{ude}}) \cdot C_p(T_{\text{ude}}) \cdot T_{\text{ude}}] \cdot \Delta t$$

hvor	Q	er ydelsen.	[kWh]
	V_{ud}	er volumenstrømmen af luft ud af luftsolfangerne.	[m ³ /s]
	V_{ind}	er volumenstrømmen af luft ind i luftsolfangerne.	[m ³ /s]
	T_{ud}	er temperaturen ud af luftsolfangeren.	[°C]
	T_{ind}	er temperaturen ind i luftsolfangeren.	[°C]
	T_{ude}	er temperaturen af udeluften.	[°C]
	$\rho(T_i)$	er massefylden af luft ved temperaturen T_i .	[kg/m ³]
	$C_p(T_i)$	er varmekapaciteten af luft ved temperaturen T_i .	[J/kg/°C]
	Δt	er tidsintervallet mellem to målinger, (60 s).	[s]

I ydelsesberegningerne er det antaget, at temperaturene er konstante i tidsintervallet mellem to målinger. Målingerne blev foretaget med et minuts interval. Bidragene fra hvert tidsinterval er summeret over den tid luftsolfangerne har været i drift. Det er også antaget at volumenstrømmene er konstante.

I de følgende skemaer er resultaterne af beregningerne af de månedlige ydelser af luftsolfangersystemet vist for perioden september '92 til april '93. Ydelsesberegninger før september '92 har ikke været mulig, da registreringen af luftsolfangerenes drift ikke har været korrekt. Ydelsen i sommermånederne vurderes dog at være relativt små pga komfortautomatikken og ansættes i det følgende til i alt 10 - 15 MWh i de fire måneder.

Skema 2 viser ydelsesberegningerne for hvert af de 5 anlæg for sig.

Måned	Ydelse Anlæg 1	Ydelse Anlæg 2	Ydelse Anlæg 3	Ydelse Anlæg 4	Ydelse Anlæg 5
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep '92	1393	745	802	908	1321
Okt '92	1196	655	706	803	1183
Nov '92	333	175	193	214	325
Dec '92	61	31	35	38	58
Jan '93	289	155	156	183	270
Feb '93	429	314	261	332	504
Mar '93	1544	1175	1012	1135	1867
Apr '93	2244	1746	1403	1826	2648

*Skema 2 Ydelsen af luftsolfangeranlæggene.
Beregningerne er foretaget på grundlag af måledata.*

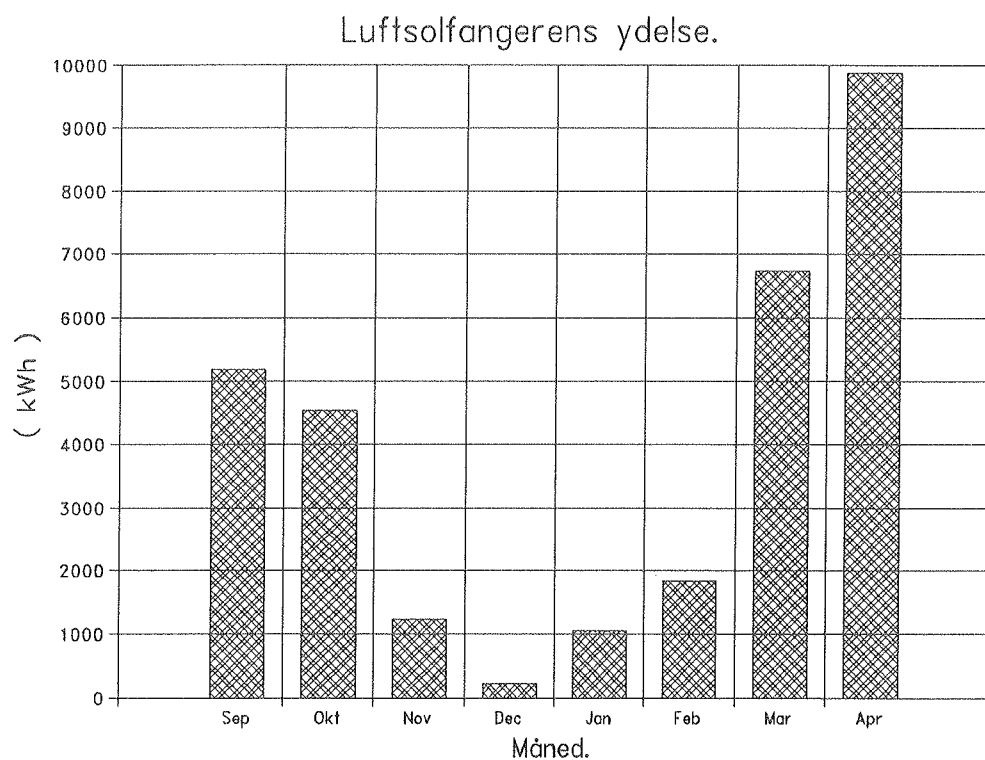
I skema 3 er drifttiden for luftsolfangerne (alle luftsolfangerne er idrift / ikke idrift samtidigt), el-forbruget til drift af ventilatorerne, den totale ydelse af luftsolfangeren samt bestrålingsstyrken på hele luftsolfangeren i den periode, den har været i drift, angivet.

Måned	Drifttid	El-forbrug til ventilatorer	Ydelse Totalt	Bestrålingsstyrke
	h	kWh	kWh	kWh
Sep '92	122	506	5169	17130
Okt '92	97	347	4543	14478
Nov '92	31	134	1240	4047
Dec '92	9	36	222	645
Jan '93	24	63	1052	3426
Feb '93	43	162	1840	6763
Mar '93	124	381	6733	22182
Apr '93	169	506	9867	35925

Skema 3 *Drifttid, el-forbrug til ventilatorene, den totale ydelse af luftsolfangerne og bestrålingsstyrken på luftsolfangeren når den er i drift.*
Beregningerne er foretaget på grundlag af måledata.

Virkningsgraden for luftsolfangeren, bestemt ved luftsolfangerens ydelse divideret med bestrålingsstyrken på luftsolfangeren, er ca. 30 %.

Ydelsen af luftsolfangeren er tydeliggjort i figur 11.



Figur 11 Luftsolfangerens månedsydelse i perioden september '92 til april '93.

Det ses at ydelsen af luftsolfangeren er mindst i vintermånederne, hvor opvarmningsbehovet er størst. Til gengæld er ydelsen stor i slutningen af fyringssæssonen i marts og april og i begyndelsen af fyringssæssonen i september og oktober.

4.3 Energiforbrug til rumopvarmning

Energiforbruget til rumopvarmning i de tre boligblokke er beregnet ud fra det totale årsforbrug af fjernvarme minus forbruget af fjernvarme til opvarmning af brugsvand. Det er forudsat, at energiforbruget til opvarmning af brugsvand er stort set konstant fra år til år. Energiforbruget til opvarmning af brugsvand er i afsnit 4.1 beregnet til 263.580 kWh pr. år.

Forbruget af fjernvarme til opvarmning af brugsvand før energirenoveringen er sat til de 263.580 kWh/år mens fjernvarmeforbruget til opvarmning af brugsvand efter energirenoveringen er sat til 263.580 kWh/år, minus den energi væskesolfangeren leverer til opvarmning af brugsvand.

Årstal	Totalt fjernvarme forbrug. (kWh)	Fjernvarme-forbrug til rum-opvarmning. (kWh)	Fjernvarme-forbrug til rumopvarmning. Korrigeret. * ** (kWh) (%)		Fjernvarme-forbrug til opvarmning af brugsvand. (kWh)
1989	675.400	411.820	565.308	20	263.580
1990	713.900	450.320	674.950	33	263.580
1991					
1992	612.500	394.945	449.026	-	217.555

* Korrigeret m.h.t. graddagetallet i sol. Kilde DTI.

** Beregnet fjernvarmebesparelse i forhold til 1992.

Skema 4 Det totale årsforbrug af fjernvarme i bebyggelsen Ulkær 15 - 35 samt årsforbruget af fjernvarme til rumopvarmning og opvarmning af brugsvand.

Af skemaet fremgår det, at energirenoveringen har medført en reduktion i det samlede fjernvarmeforbrug til rumopvarmning i de tre boligblokke i Ulkær på 20 % i forhold til '89 og 33 % i forhold til '90.

Det skal erindres, at energirenoveringen ud over solfangeranlægget omfatter en udvendig isolering af alle tre boligblokke.

Da der kun foreligger separate opgørelser af en måneds varighed af energiforbruget til rumopvarmning for de tre bolig blokke før energirenoveringen, har vi valgt kun at tillægge denne opgørelse en mindre betydning.

I skema 5 er resultaterne af aflæsningerne af energimålerne på fjernvarmenettet og væskesolfangeranlægget vist sammen med resultaterne af aflæsningerne af elmåleren, der viser hvor meget strøm, der er brugt til drift af ventilatorene på luftsolfangeranlægget og pumperne på væskesolfangeranlægget, og antallet af timer ventilatorene har været i drift.

Resultaterne er fra perioden marts '92 til april '93, hvor solvarmeanlægget har været i drift.

Måned	A	B	C	D = A-B-C-E	E	F	G	H
	Fjernvarme totalt (kWh)	Fjernvarme Blok S (kWh)	Fjernvarme Blok U (kWh)	Fjernvarme Blok T (kWh)	Fjernvarme brugsvand (kWh)	Solvarme brugsvand (kWh)	El til pump. + vent. (kWh)	Drifttid ventilator (h)
Mar. '92	68.650	13.290	17.127	15.760	22.473	1.760	425	90
Apr. '92	55.720	10.240	13.380	12.420	19.680	3.120	714	147
Maj '92	31.560	4.710	6.323	6.394	14.133	8.263	765	142
Jun. '92	16.420	1.500	2.267	2.516	10.137	9.547	418	45
Jul. '92	16.600	1.360	2.040	2.050	11.150	8.400	414	43
Aug. '92	14.340	170	240	** -380	14.310	5.290	692	53
Sep. '92	33.290	4.287	5.520	6.310	17.173	3.667	657	55
Okt. '92	56.385	9.783	* 12.620	13.580	20.402	1.358	420	89
Nov. '92	69.075	12.830	* 16.551	17.484	22.210	590	177	34
Dec. '92	81.480	16.230	* 20.937	20.803	23.510	290	59	9
Jan. '93	84.200	17.250	* 22.252	21.318	23.380	510	101	17
Feb. '93	73.810	14.270	* 18.408	19.572	21.560	710	201	48
Mar. '93	74.140	14.570	* 18.795	18.825	21.950	2.350	478	124
Apr. '93	50.740	9.260	12.510	11.330	17.640	5.050	681	173

Skema 5 Resultater fra de aflæste værdier af energimålere, elmåler og driftmetæller.

* Værdierne er beregnet som 1,29 x blok S (marts 92), da målingerne i perioden har været fejlbehæftede

** Må bero på måleusikkerheden ved små flow

Ud fra skema 5 på foregående side kan forholdene mellem fjernvarmeforbruget til rumopvarmning i solhuset (Blok T) i forhold til fjernvarmeforbruget til rumopvarmning i Blok S og Blok U beregnes.

Måned	Solhus i forhold til blok S		Solhuset i forhold til blok U	
	%	% pr. m ² opv. areal	%	% pr.m ² opv. areal
marts '92	119	72	92	56
april '92	121	74	93	57
maj '92	136	83	101	62
juni '92	168	102	111	68
juli '92	151	92	100	61
aug '92 *	-	-	-	-
sept '92	147	90	114	70
april '93	122	75	91	55

Skema 6 *Fjernvarmeforbrugssammenligning (opvarmning)*
 * *Solhuset har "negativt forbrug" pga måleusikkerheden*

Perioden fra okt. '92 til marts '93 er udeladt i skema 6, da værdierne i skema 5 i denne periode er beregnede og derfor usikre.

Det fremgår af skema 6, at fjernvarmeforbruget til rumopvarmning i solhuset er forholdsvis mindre i marts og april i forhold til Blok S og Blok U.

Det er netop de måneder, hvor luftsolfangeren er meget i drift og har en høj ydelse.

Dette viser, at luftsolfangeranlægget bevirker en reduktion i varmetabet fra solhuset, udover det efterisoleringen medfører.

Hvis fjernvarmeforbruget pr. m² opvarmet areal betragtes, er solhuset markant bedre end de øvrige blokke, hvor blok U opbygningsmæssigt burde være den bedst sammenlignelige med Blok T, jf. afsnit 2.1.

Imidlertid kan tallene ikke direkte sammenlignes, da solindfald gennem vinduer, forbrugsvaner og lignende også spiller ind.

For renoveringen er der foretaget en måling af ca. en måneds varighed med et fjernvarmeforbrug svarende nogenlunde til maj '92.

Disse målinger indicerer, at før energirenoveringen var fjernvarmeforbruget i Blok T pr. m² opvarmet areal også relativt, mindre end de øvrige blokke og udgjorde 97% i forhold til blok S og 83% i forhold til Blok U.

På grund af målingernes sparsomhed skal man dog ikke tillægge dem for stor betydning, men de sandsynliggør at der har været en noget større besparelse på

fjernvarmeforbrugt til opvarmning i blok T end i de øvrige blokke, hvilket primært må tillægges luftsolfangeranlægget.

Lab. for Varmeisolering har udført en simulering af luftsolfangersystemet (1). Ud fra denne fremgår det, at under halvdelen af den producerede varme nyttiggøres til rumopvarmning.

Lidt af solvarmen går tabt som varmetab fra luftkanalerne, som forbinder luftsolfangerne med luftspalten i ydermurene, og noget går tabt til omgivelserne som øget varmetab fra bygningen. Endelig går en del tabt som følge af utætheder dels i luftsolfangeren og dels i luftspalten i ydermurene. Sidstnævnte er omfattet af beregningerne, da dette er måleligt.

Simuleringen er dog baseret på et tilnærmet forudsætningsgrundlag, som må vurderes at være pessimistisk.

I det følgende er der regnet med at max. ca. 50% af den årligt producerede varmemængde nyttiggøres til opvarmningsformål.

Dvs. ca. 50% af ca. 45.000 kWh = 22.500 kWh

5. Økonomi.

5.1 Anlægspriser

Solfangeranlæggets anlægspris er i det følgende betragtet som en meromkostning i relation til facade- og tagrenoveringen. Teknikerhonorar og tilskud er beregnet svarende til et "normalt" projekt.

Nedenfor er delpriserne for solvarmeanlæggets enkelte bestanddele angivet.

Luftsolfangere	ca kr. 426.000,-
Kanalarbejde	ca kr. 357.000,-
VVS-arbejde inkl. sunstrips	ca kr. 230.000,-
Automatik	ca kr. 34.000,-
El-arbejder	ca kr. 61.000,-
Isoleringsarbejde	<u>ca kr. 92.000,-</u>
I alt solfangeranlæg excl. moms	ca kr. 1.200.000,-
Meromkostninger facade	ca kr. 150.000,-
Besparelse i tagarbejde	ca ÷ kr. 125.000,-
Teknikerhonorar	ca kr. 200.000,-
Solvarmetilskud	<u>ca ÷ kr. 465.000,-</u>
Bygherreomkostninger i alt excl. moms	ca kr. 960.000,-
Moms 25%	<u>ca kr. 240.000,-</u>
Bygherreomkostninger i alt inkl. moms	<u>ca kr. 1.200.000,-</u>

5.2 Driftsøkonomi

I det følgende er foretaget en vurdering af anlæggets tilbagebetalingstid ud fra måleresultaterne i de foregående afsnit.

Årlig varmebesparelse i måleperioden:

Brugsvandsanlæg	ca. 46.000 kWh
Luftvarmeanlæg	<u>ca. 22.500 kWh</u>
I alt varmebesparelse	ca. 68.500 kWh

Årlig udgift til el i måleperioden:

Brugsvandsanlæg	ca. 1.500 kWh
Luftvarmeanlæg	<u>ca. 3.200 kWh</u>
I alt	ca. 4.700 kWh

Der er regnet med følgende energipriser inkl. moms:

Fjernvarme:	0,55 kr/kWh
El:	1,00 kr/kWh

Årlig besparelse:	68.500 kWh x 0,55 kr/kWh =	ca kr. 37.700,-
	+ 4.700 kWh x 1,00 kr/kWh =	<u>ca ÷ kr. 4.700,-</u>
I alt årlig besparelse inkl. moms		ca kr. 33.000,-

Direkte tilbagebetalingstid, hvor statstilskud er indregnet:

$$\frac{1.200.000}{33.000} = \text{ca } \underline{\underline{36 \text{ år}}}$$

Til sammenligning vurderes det at tilbagebetalingstiden alene for brugsvandssiden, hvis denne kunne udskilles, ville være ca. 10 - 15 år.

6. Praktiske driftserfaringer.

6.1 Utætheder i luftsolfangieranlæg.

I forbindelse med indreguleringen af luftsolfangieranlægget er der foretaget målinger af luftmængderne ud af luftsolfangerne.

I skema 7 er resultatet af luftmålingerne, der er foretaget den 26. maj 1992 vist.

	A	B
	Projekteret Luftmængde ud af luft- solfangerne [m ³ /h]	Målte Luftmængde ud af luft- solfangerne [m ³ /h]
Anlæg 1	3.000	2.465
Anlæg 2	2.000	1.335
Anlæg 3	2.000	1.555
Anlæg 4	2.000	1.547
Anlæg 5	3.000	2.200
Total	12.000	9.102

*Skema 7 Projekterede og målte luftmængder ud af luftsolfangerne.
Målingerne er foretaget den 26. maj 1992.*

Den 9. og 10. februar er luftmængderne igennem luftsolfangeren ændret til ca. det halve af hvad luftmængden har været tidligere. Dette er gjort for at begrænse den uønskede luftudskiftning i anlægget, hvilket kun lykkedes i begrænset omfang.

Der er foretaget målinger af luftmængderne i kanalsystemet før og efter solfangerne.

Ved at trække den luftmængde, der strømmer ind i hvert anlæg fra den luftmængde, der strømmer ud af hvert anlæg kommer man frem til den mængde udeluft der trænger ind i luftsolfangerne gennem utætheder.

I skema 8 er luftmængden ind i luftsolfangerne og luftmængden ud af luftsolfangerne både før og efter ventilatorerne angivet for hvert luftsolfangeranlæg for sig og for hele anlægget tilsammen. Samt den mængde udeluft der utilsigtet strømmer ind i luftsolfangerne

	A	B	C = B - A	D = C / B
	Luft ind i luft- solfangerne	Luft ud af luft- solfangerne	Udeluft der strømmer ind i luft- solfangerne	Udeluft der strømmer ind i luft- solfangerne
	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[%]
Anlæg 1	1.188	1.672	484	29
Anlæg 2	735	985	250	25
Anlæg 3	744	934	190	20
Anlæg 4	777	1.005	228	23
Anlæg 5	1.106	1.641	535	33
Total	4.550	6.237	1.687	27

Skema 8 Målte luftmængder ind og ud af luftsolfangerne, samt den beregnede mængde udeluft der strømmer ind i luftsolfangeren gennem utætheder i luftsolfangerne. Målingerne er foretaget den 9. og 10. februar 1993.

Det ses at luftmængden der kommer ud af luftsolfangerne består af 20 - 33 % udeluft for hver anlæg for sig og 27 % for hele luftsolfangeren.

Udeluften er trængt ind i luftsolfangerne som følge af utætheder i luftsolfangerne.

Hvis denne uønskede luftudskiftning kunne reduceres ville ydelsen fra anlægget især i de koldeste måneder kunne øges en del.

Der er i den forbindelse foretaget ekstra tætningsarbejder langs solfangernes bundtætning og ved kanalgenneføringerne, da der ved røgprøver havde vist sig utætheder her, før ovennævnte målinger blev foretaget.

6.2 Styling af luft- og væskesolfangeranlæg

Der stilles store krav til stylingen af solvarmeanlæg således at anlæggene bliver så effektive som muligt.

For væskesolfangeranlæg er stylingen i dag kendt teknik som kun kræver indregulering af systemet og som ellers fungerer godt.

Styling af et luftsolfangeranlæg, som det i Ulkær, er derimod noget nyt med mange mulige principper for styresystemer og placeringer af følere til at styre efter.

I Ulkær har der været nogle problemer med stylingen af luftsolfangeren. Luftsolfangeren har i en periode fortsat med at køre for længe om aftenen selv efter solen var gået ned. Derved skete der en nedkøling af ydervæggene. Fejlen er blevet rettet, men det viser at man skal være meget omhyggelig med udformning af styresystemet, og man skal kontrollere at styresystemet virker efter hensigten også under forskellige vejrbetingelser.

Problemet var i dette tilfælde et fejlsignal fra føleren i solfangeren.

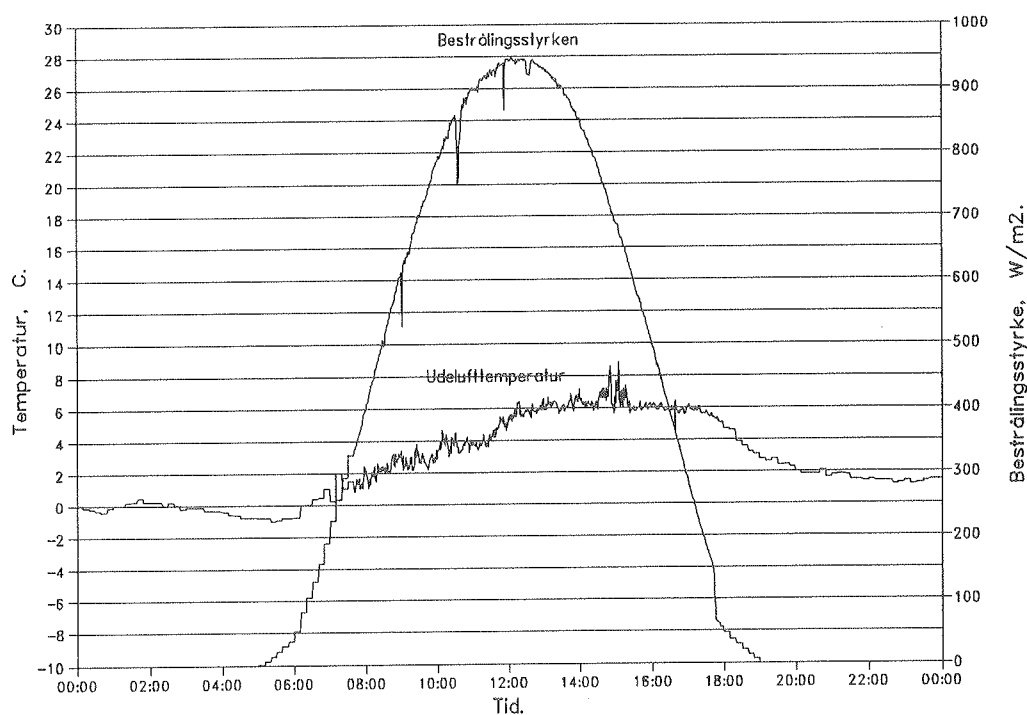
Det gælder om at udforme styresystemet, så solfangeren ikke starter for tidligt og standser for sent, så der sker nedkøling af ydervæggene. På den anden side gælder det om, at solfangeren er i drift så lang tid som muligt, så man får så stort et udbytte af solfangeren som muligt.

6.3 Temperaturfordeling i facader og gavle.

I dette afsnit vises temperaturfordelingen i luftspalten mellem de oprindelige ydermure og efterisoleringen.

Ud fra temperaturfordelingen i luftspalten kan det ses hvorledes luften strømmer i luftspalten.

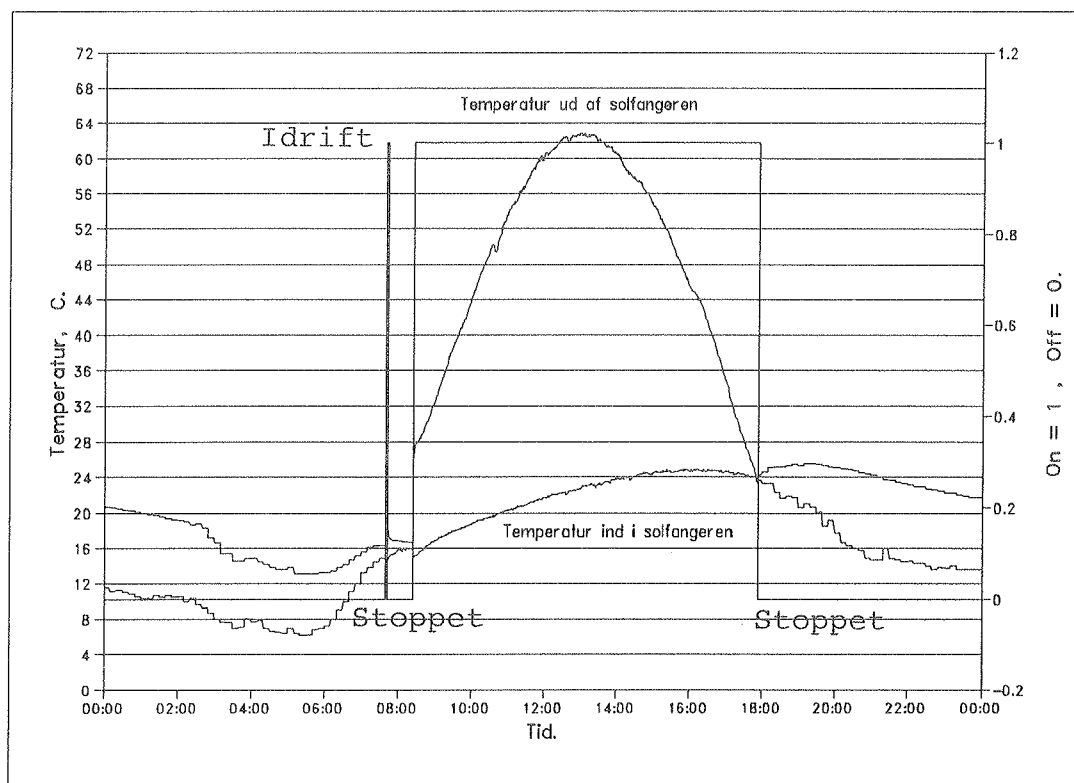
Efterfølgende figurer er lavet ud fra målinger fra den 11. april, hvor der har været godt med sol og udelufttemperaturen har været forholdsvis lav, hvilket fremgår af figur 12 hvor solbestrålingsstyrken på solfangeren er vist sammen med udeluftens temperatur.



Figur 12 Udelufttemperatur og bestrålingsstyrke den 11. april '93.

Figur 13 viser temperaturen ind i og ud af luftsolfangeren sammen med driften af luftsolfangeren.

Luftsolfangeren har kørt i en længere periode, 9 timer og 53 minutter.



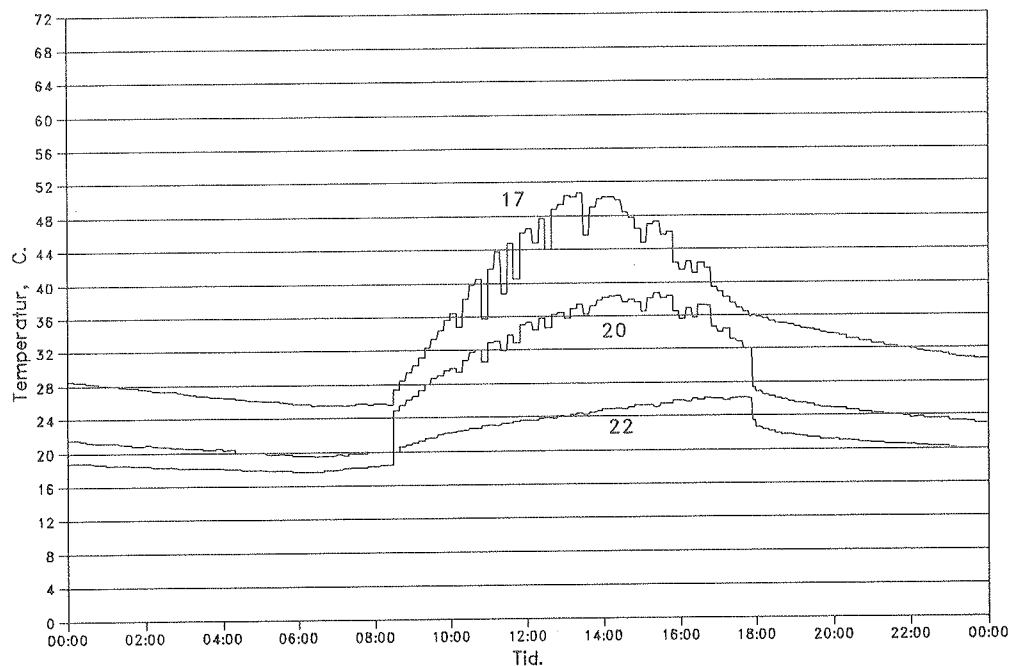
Figur 13 Lufttemperaturen ind og ud af luftsolfangeren den 11. april '93.

Det fremgår af figuren at lufttemperaturen ud af luftsolfangeren når op på 63 °C.

På andre dage er der konstateret temperaturer ud af luftsolfangen på over 70 °C.

Af den firkantede graf, som angiver driften af luftsolfangeren, ses det at der er en start og stop klokken ca. 7:50. Klokken ca. 8:10 starter luftsolfangeren igen og er i drift til klokken ca. 18:00. Det ser ud til at luftsolfangeren burde have kørt allerede fra den første start, hvor temperaturen ud af luftsolfangeren er ca. 19 °C, da den stopper. Dette er højere end temperaturen af luften i luftspalten. Det viser som tidligere nævnt at der stilles store krav til styringen af et luftsol-fangersystem som dette.

De følgende figurer viser temperaturen forskellige steder i luftspalten i yder-murerne. Tallene på graferne angiver numrene på målepunkterne, som er vist på figurerne 5 til 7.



Figur 14 Temperaturer i luftspalten i gavlen den 11. april '93.

I luftspalten i gavlen bliver luften jævnt fordelt over hele gavlens bredde og kan strømme frit fra top til bund, uden at der er forhindringen og indsnævring. Af figur 14 ses det, at der er et jævnt temperaturfald fra toppen og ned til bunden af gavlen, når luftsolfangeren er drift.

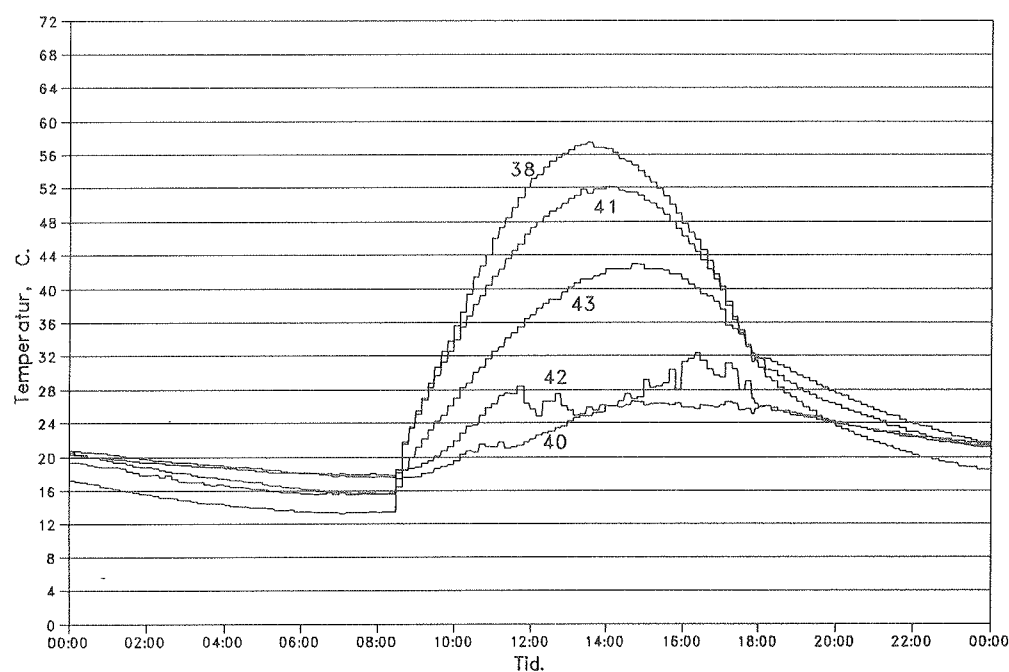
Det samme ses på de følgende fire figurer, at der er et jævnt temperatur fald, hvor luften kan strømme frit. Det fremgår også, at temperaturen i de områder i luftspalten, hvor luften ikke strømmer frit er lavere. Det ses tydeligst på figurerne af temperaturer i luftspalten i sydfacaden.

Hvis lignende projekter bliver gennemført i fremtiden bør man forsøge at tvinge luften ind i "døde" områder f.eks. ved anvendelse af ledeblade eller lignende.

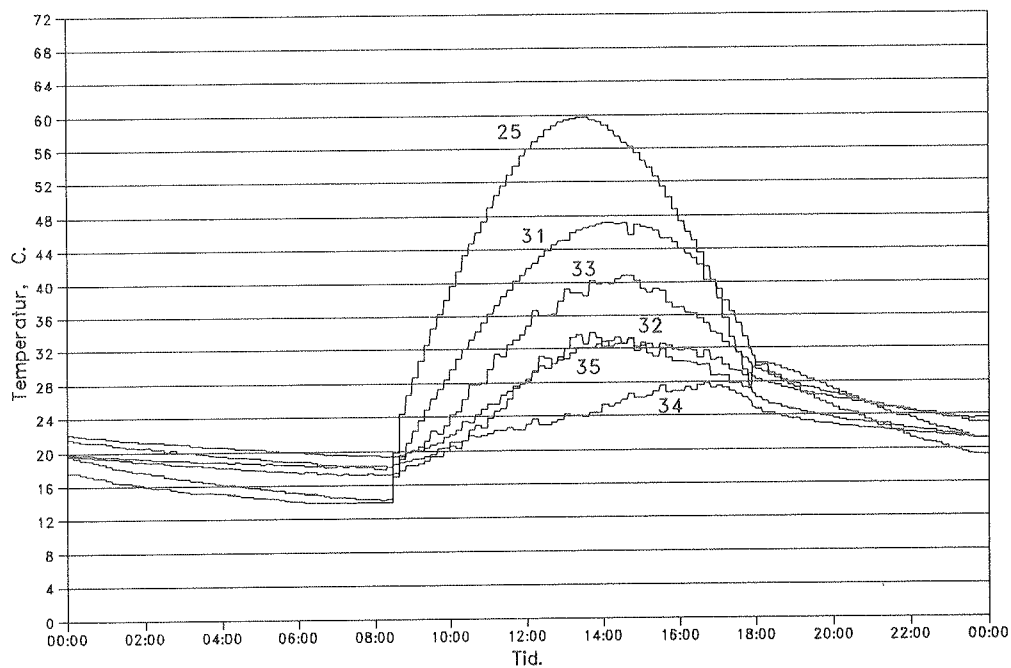
Det ses desuden at temperaturniveauet i luftspalten bliver hævet, så temperaturen bliver højere, end den ville have været, hvis der ikke var tilført solopvarmet luft. Temperaturen falder godt nok når luftsolfangeren ikke er i drift men temperaturniveauet er højere specielt i toppen af luftspalten.

Der er ikke, ud fra temperaturmålingerne i luftspalten, konstateret indtrængning af kold udeluft når luftsolfangeren er i drift.

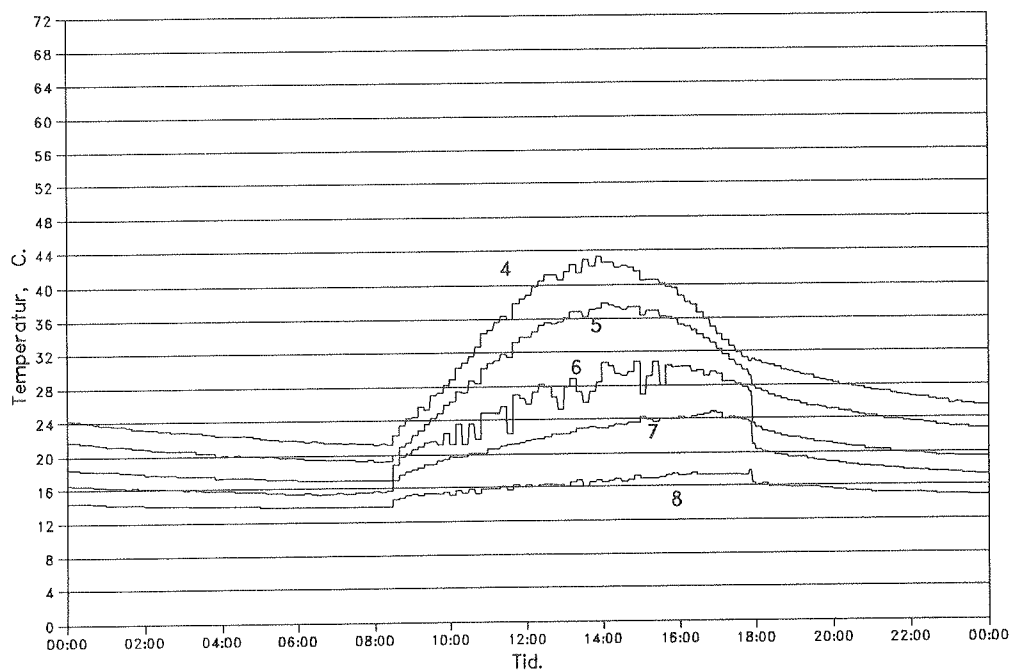
Det er vigtigt at der ikke trænger kold udeluft ind i luftspalten, når luftsolfangeren ikke er i drift, for derved mister isoleringen den varmeisolerende effekt.



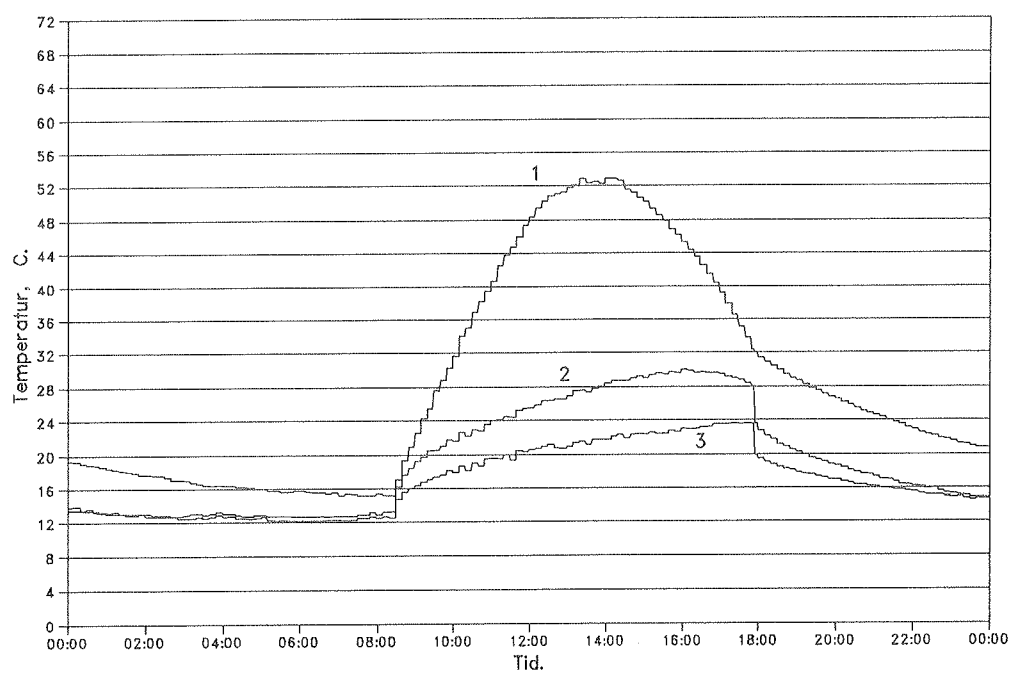
Figur 15 Temperaturer i luftspalten i sydfacaden den 11. april '93.



Figur 16 Temperaturer i luftspalten i sydfacaden den 11. april '93.



Figur 17 Temperaturer i luftspalten i nordfacaden ud for trappeopgangen, 11. april '93.



Figur 18 Temperaturen i luftspalten i nordfacaden den 11. april '93.

7. Sammenfatning og konklusion

7.1 Sammenfatning

Rapporten omhandler etableringen af et hybridt solvarmeanlæg i forbindelse med en generel tag- og facaderenovering af tre boligblokke.

Solvarmeanlægget består af to styringsmæssigt uafhængige systemer, et luftsolvarmesystem til bygningsopvarmning og et væskesolvarmesystem til forvarmning af brugsvand.

Væskesolfangerabsorberne er integreret i luftssolfangeren.

Luftssolfangeranlægget er opbygget således, at solopvarmet luft fra luftssolfangerne cirkuleres ned langs gavle og facader i en spalte mellem eksisterende ydervæg og den ny facadeisolering. Herved reduceres varmetabet fra lejlighederne, eller der tilføres varme til lejlighederne, alt efter temperaturen i spalten.

Væskesystemet er traditionelt opbygget.

Anlægsprisen for hele hybridsystemet beregnet som meromkostning i forhold til de øvrige renoveringsarbejder er inkl. moms og med statstilskud indregnet opgjort til:

ca. kr. 1.200.000,-

Energibesparelsen pr. år er beregnet til:

ca. kr. 33.000,-

Anlæggets samlede direkte tilbagebetalingstid er herefter beregnet til ca. 36 år.

Såfremt der kun var udført et forvarmningsanlæg til det varme brugsvand vurderes dette at ville have en direkte tilbagebetalingstid på ca. 10 - 15 år.

7.2 Konklusion

Det må konkluderes, at luftdelen af solvarmsystemet ikke helt har levet op til forventningerne, mens væskedelen har fungeret særdeles tilfredsstillende.

Den totale energibesparelse inkl. energigevinsten ved facadeisoleringen lever imidlertid stort set op til det forventede, dvs en besparelse på ca. 30% af energiforbruget, men fordelingen på de enkelte deltiltag er forrykket i forhold til det oprindeligt forventede.

Oprindeligt påregnede vi følgende fordeling af de enkelte deltiltag i forhold til hele besparelsen:

Væskesolvarme:	ca. 20%
Luftsolvarme:	ca. 30%
Isolering:	ca. 50%

Den rigtige fordeling har imidlertid vist sig at blive ca.:

Væskesolvarme:	ca. 20%
----------------	---------

Luftsolvarme:	ca. 10%
Isolering:	ca. 70%

Luftvarmedelen af solvarmeanlægget kan imidlertid forbedres, således at der kan opnås en bedre ydelse på solfangerne og en forøget varmetilførsel til boligerne.

Man skal i den henseende primært fokusere på at gøre varmeovergangen fra luftspalten til boligerne bedre, at tætnes luftsolfangerne bedre samt at sikre en bedre bestrygning af hele facade- og gavlpartiet, end der er opnået i dette forsøg.

En større taghældning end de ca. 20° vil også forbedre luftvarmeanlæggets ydelse.

Endelig må prisniveauet sænkes markant på luftdelen, hvis denne skal blive økonomisk attraktiv.

For at anskueliggøre ovenstående kan det anføres, at luftvarmedelen optimalt set vil kunne fordoble sin ydelse under de mest gunstige betingelser, dvs. med en næsten 100% udnyttelse af solenergien til opvarmning, således at den nogenlunde tilsvarende væskedelen i ydelse.

Anlægsprisen for luftvarmedelen har skønsmæssigt været ca. tre gange større end anlægsprisen for væskedelen af forsøgsanlægget.

Det vil sige, at anlægsprisen for luftsolfangeranlægget skal tredieles for at opnå samme tilbagebetalingstid som væskedelen samtidig med at de optimale driftsforhold skal være til stede.

Ovenstående forbedringer og besparelser vil efter vor opfattelse næppe være mulige at opnå i forbindelse med eksisterende bygninger, selvom anlægspriserne og anlægsudformningen på Ulkær naturligvis er påvirket af at være på forsøgsstadiet.

Efter vor opfattelse kan det imidlertid ikke udelukkes, at man i forbindelse med et nybyggeri kan opnå ovenstående forbedrede betingelser både hvad angår anlægsydelsen og anlægsprisen.

Altså kan vi afsluttende konkludere, at hvis denne løsningsmodel skal gentages andre steder, vil vi anbefale at se bort fra eksisterende bygninger og koncentrere sig om nybyggeri og kun i sådanne tilfælde, hvor det er muligt at lade solvarmen indgå som styrende element i bygningsudformningen.

Referencer.

- [1] Analyse af hus med væske- og luftsolfanger.
 Eksamensprojekt af Niels Kristian Vejen, LfV., DTH 1993.
- [2] Hybridvärmehus i Göteborg, Mätning och utvärdering, Chalmers tekniske
 Högskola.

