



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

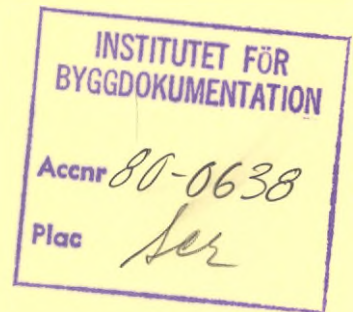
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Mångsidigt användbara förskolor och fritidshem

Förstudie till energi-experiment

Lennart Berndtsson
Ronald Colven
Arne Jönsson
Sören Lindgren



12/95

R48:1980

MÅNGSIDIGT ANVÄNDBARA FÖRSKOLOR & FRITIDSHEM

ENERGIBESPARING I FÖRSKOLOR OCH FRITIDSHEM

Förstudie till experimentbygge

Lennart Berndtsson
Ronald Colven
Arne Jönsson
Sören Lindgren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781576-3 från Statens råd för byggnadsforskning till Tekniska Högskolan i Stockholm, Sektionen för Arkitektur, Avd Formlära. Utredningsarbetet har bedrivits hos Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R48:1980

ISBN 91-540-3232-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 051839

INNEHÅLL

1	FÖRORD	5
2	SAMMANFATTNING	7
2.1	Utredningens målsättning	7
2.2	Verksamhet	7
2.3	Byggnad	8
2.4	Installationer	8
2.5	Energiförbrukning	9
2.6	Referensförskola	9
2.7	Generella åtgärder för energibesparing	9
2.8	Solvärmesystem	10
2.9	Återvinning av ventilationsvärme	11
2.10	Återvinning av kylkondensorvärme	11
2.11	Återvinning av spillvattenvärme	11
2.12	Värmepump för ytjordvärme	12
2.13	Byggnadstekniska egenskaper	12
2.14	Lönsamhetsbedömning	12
2.15	Förslag till utförande av nya förskolor	14
2.16	Förslag till energibesparande system i befintliga förskolor	15
2.17	Ökade krav på tillsyn och skötsel av installationerna	16
3	ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR	17
3.1	Verksamhet	17
3.2	Byggnadsteknisk utformning	18
3.3	Storlek	21
3.4	Sanitetsinstallationer	21
3.5	Kyltekniska installationer	21
3.6	Luftbehandlingsinstallationer	22
3.7	Värmeinstallationer	22
3.8	Energiförbrukning	24
3.8.1	Statistikunderlag	24
3.8.2	Energi för uppvärmning av lokaler	24
3.8.3	Energi för uppvärmning av ventilationsluft	25
3.8.4	Energi för belysning och motordrift	25
3.8.5	Energi för matlagning, disk och tvätt	26
3.8.6	Energi för kylning av livsmedel	26
3.8.7	Energi för uppvärmning av tappvarmvatten	26
3.8.8	Solvärme och personvärme	27
3.9	Referensförskola	27
3.10	Energibesparande åtgärder	28
4	SOLVÄRME	31
4.1	Allmänna förutsättningar för solvärme	31
4.2	Möjligheter till solfångarplacering	32
4.3	Solvärmetillämpningar	34
4.4	Kostnader	36
5	ENERGIÅTERVINNING	37
5.1	Allmänt	37
5.2	Återvinning av ventilationsvärme	37
5.3	Återvinning av kylkondensorvärme	39
5.4	Återvinning av spillvattenvärme	40
5.5	Utvärdering av de olika energibesparande åtgärderna	41

6	UPPVÄRMNING MED VÄRMEPUMP	45
6.1	Allmänt	45
6.2	Ytjordvärme	46
6.3	Utluftenergi	47
6.4	Utvärdering av värmepumpalternativen	47
7	BYGGNADSTEKNISKA EGENSKAPER	49
7.1	Allmänt	49
7.2	Värmelagringsegenskaper	49
7.3	Byggnadens utformning och orientering	50
7.4	Utvärdering av de byggnadstekniska egen- skaperna	50
8	LÖNSAMHETSBEDÖMNING	51
8.1	Energibesparing	51
8.2	Investeringskostnader	62
8.3	Lönsamhetsbedömning	64
9	FÖRSLAG TILL UTFÖRANDE AV ENERGISNÅLA FÖR- SKOLOR OCH FRITIDSHEM	69
9.1	Allmänt	69
9.2	Förslag till utförande av nybyggnader	69
9.2.1	Byggnad	69
9.2.2	Installationer	70
9.3	Förslag till energibesparande åtgärder i befintliga byggnader	71
9.3.1	Byggnad	71
9.3.2	Installationer	71
10	RESULTAT	73
11	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	77
12	LITTERATUR	79
BILAGA 1	Enkätundersökning av verksamheten i be- fintliga förskolor	81
BILAGA 2	Statistik över uppvärmningssätt för för- skolor och fritidshem. Statistiska Central- byrån	89

1 FÖRORD

Förskolor och fritidshem utgör inom de kommande åren en väsentlig andel av landets nybyggnadsvolym. Utbyggnaden har drastiskt accelererat sedan 1975 då regering och kommunförbund kom överens om en planmässig utbyggnadstakt. Det antal platser som hittills har anordnats (138.400 platser i daghem och fritidshem dec. -77) skall ytterligare fördubblas under de närmaste fem åren (290.000 platser 1982) enligt kommunernas barnomsorgsplaner (Socialstyrelsen 1978). Byggnadskostnaden per plats beräknas idag till ca 50.000 kr.

En stor del av kommunernas byggnadsprogram utgörs således idag av förskolor, fritidshem eller liknande byggnadsobjekt såsom låg- och mellanstadieskolor. Byggnadernas driftkostnader och speciellt då värmekostnaderna, är en tung post för stat och kommun. Det har därför bedömts som ytterst angeläget att de generella frågor som rör energibesparing och möjliga tillämpningar av förnyelsebara energikällor typ solvärme utreds för denna kategori av byggnader. Detta speciellt med hänsyn till storleken av den planerade utbyggnaden i dess helhet.

Målsättningen för forskningsprojektet MAFF (Mångsidigt Användbara Förskolor och Fritidshem) är att i förskolor och fritidshem studera samspelet mellan pedagogik, organisation, klimat och fysisk miljö för att skapa underlag för rekommendationer vid planering och projektering. Vidare skall undersökas de effekter som Svensk Byggnorms, SBN 75, bestämmelser angående värmehushållning har på inneklimatet. Dessa undersökningar genomförs av KTH i samarbete med forskargrupper från Statens Institut för Byggnadsforskning och Statens Naturvårdsverk. Dessutom skall inom projektets ram undersökas om dessa förskolor vid behov kan användas för andra aktiviteter, dels parallellt med förskolan i form av öppen verksamhet för de som bor i grannskapet, dels i form av kvällsaktiviteter för klubbverksamhet, ungdomsgårdar m m. På längre sikt kan det bli aktuellt att nyttja byggnaderna helt eller delvis för andra ändamål som t ex lågstadieskolor eller daglokaler för pensionärer.

I MAFF-projektet ingår 9 st försöksanläggningar som utgörs av förskolor projekterade som experimentbyggnader. Fem av dessa är belägna i Stockholms-regionen medan fyra ligger i Skåne.

Möjligheterna att pröva samspelet mellan förskoleverksamhet och fysisk miljö samt ett mångsidigt utnyttjande av lokaler och utemiljö ställer vissa krav på försöksanläggningarna. Dessa krav innebär bl a att flexibilitet och generalitet är viktiga faktorer som måste beaktas.

För att tillgodose forskningens krav på maximal flexibilitet inom projektets ekonomiska ramar har byggnaderna uppdelats i två tekniska zoner:

- Zon 1: Entré- och hygienavdelning som innehåller utrymmen med fasta installationer.
- Zon 2: En flexibel del för samtliga aktiviteter utan fasta eller specificerade funktionsavgränsningar. Inom denna del skall rumsindelningen kunna ändras inom modulsystemets ramar.

Generellt kan sägas att i MAFF:s experimentbyggnader är vvs-installationerna väl koncentrerade, och modulanpassade med en relativt hög grad av flexibilitet. Förberedelser har även gjorts för energi- och mediamätningar i de olika försörjningssystemen.

Denna rapport redovisar resultaten från en delutredning inom MAFF-projektet med syfte att undersöka förutsättningarna för solvärmesystem och andra energibesparande installationer i förskolor och fritidshem samt motsvarande byggnader. Härvid har bl a de lönsamhetsmässiga förutsättningarna för sådana system utretts med hänsyn till dessa byggnaders speciella utförande och användning.

Projektledare och samordnare för detta delprojekt har varit arkitekt Ronald Colven, KTH. Utredningsarbetet har utförts av Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd, under ledning av civilingenjör Sören Lindgren med civilingenjörerna Lennart Berndtsson och Arne Jönsson som utredningsmän.

Utredningen bygger på uppgifter som insamlats om verksamheten och energiförbrukningen vid förskolor och fritidshem. Dessa uppgifter har erhållits genom en enkätundersökning omfattande ca 90 förskolor samt genom telefonintervjuer med förskollärare och tjänstemän vid de sociala förvaltningarna i nio kommuner som är anslutna till MAFF-projektet. Vidare har Statistiska Centralbyrån (SCB) på uppdrag genomfört en särskild bearbetning för detta projekt av statistikmaterialet för nybyggda förskolor och fritidshem åren 1975-1978. Härvid har bl a typ av värmesystem vid olika anläggningsstorlekar och olika geografiskt läge undersökts. Resultaten av enkätundersökningen och SCB:s bearbetning redovisas i bilagor till rapporten.

Rapporten innehåller beräkningsexempel avseende de energitekniska och ekonomiska konsekvenserna av energibesparande installationer i en vald referensförskola. Här angivna energiflöden och kostnader gäller som grova riktvärden för förskolor i allmänhet och har framtagits för att få en inbördes jämförelse mellan olika energibesparande åtgärder.

Sammanfattningen har gjorts omfattande med avsikt att denna skall innehålla det viktigaste bakgrundsmaterialet och resultaten. I de fall beräkningsexemplen önskar studeras mer ingående hänvisas till respektive kapitel i utredningen.

2 SAMMANFATTNING

2.1 Utredningens målsättning

Förskolebyggandet, som har pågått under hela efterkrigstiden, har expanderat kraftigt under de senaste åren p g a det ökade behovet av daghemsplatser, varför de flesta förskolebyggnaderna är uppförda under 1970-talet. P g a det stora antalet byggnader har driftkostnaderna för förskolorna blivit en tung post för stat och kommun. Mot denna bakgrund är syftet med detta projekt att undersöka förutsättningarna för solvärmesystem och andra energibesparande installationer i förskolor och fritidshem.

2.2 Verksamhet

Förskola är den gemensamma benämningen för daghem och deltidsgrupp. En äldre benämning för denna verksamhet är barnstuga som även innefattar fritidshem.

Daghem kallas den förskoleform där barn i åldern 1/2 - 7 år regelbundet vistas minst 5 timmar per arbetsdag då föräldrarna förvärsarbetar eller studerar.

Deltidsgrupp eller lekskola pågår ca 3 timmar per arbetsdag med barn i åldern 4-7 år.

Fritidshem kallas den verksamhet som tar emot skolbarn i åldern 7-12 år under den skolfria delen av dygnet. Fritidshem förekommer ofta tillsammans med en förskola.

Normalt utgörs huvudverksamheten i en förskola av några daghemsgrupper. Vissa förskolor inrymmer dock även deltidsgupper eller fritidshem.

I experimentförskolorna inom MAFF-projektet liksom i vissa andra förskolor förekommer även en öppen verksamhet under dagen som vänder sig till dagbarnvårdare, hemmavarande föräldrar med barn, ungdomar och vuxna i grannskapet. På kvällarna används lokalerna ibland för klubb- och föreningsverksamhet.

Utredningen inleddes med en undersökning av verksamheten i förskolor och fritidshem. Uppgifter erhöles bl a genom en enkätundersökning till ca 240 förskolor belägna i Järfälla, Nacka Nynäshamn, Stockholm, Uppsala och Värmdö kommuner som ingår i MAFF-projektet. Av de inkomna 93 svaren framgick att verksamheten i en daghemsgrupp normalt följer följande dagschema:

Kl.	Aktivitet
6.30	Öppning
6.30- 8.00	Lek
8.00- 8.30	Barntvätt, frukost
8.30-11.00	Lek
11.00-12.00	Barntvätt, lunch
12.00-13.00	Vila
13.00-14.00	Lek
14.00-14.30	Barntvätt, mellanmål
14.30-18.30	Lek

Flertalet förskolor är öppna alla vardagar hela året. Endast ett mindre antal har stängt under en del av semesterperioden juni-augusti.

2.3 Byggnad

Förskolebyggnaderna som uppförts på senare tid är huvudsakligen utformade som sammanbyggda enplanshus av trä med sadeltak med lutningen 15-25°.

I många fall har husdelarna placerats så att gårdar bildats antingen helt kringbyggda eller öppna åt ett håll.

Byggnadernas väderstrecksorientering varierar. Ibland är sålunda ekonomidelen sydligt orienterad medan i andra fall lekdelen har denna orientering.

Storleken på de friliggande förskolebyggnaderna har undersökts genom en bearbetning av Statistiska Centralbyråns lånestatistik för förskolor och fritidshem. Resultatet visar att ca hälften av de under 1975-1978 uppförda förskolorna har en golvyta mellan 500 och 1000 m². Endast i medeltal 13 % har större yta än 1000 m².

2.4 Installationer

Sanitetsinstallationerna utgörs huvudsakligen av diskbänkar, utslagsbackar, badkar, duschar, tvättställ, vattenklosetter samt tvätt- och diskmaskiner.

Livsmedelsförvaring sker i kyl- och avsvälningsskåp, frysskåp samt i svalrum. Konventionella kyl- och frysskåp nyttjas i vissa fall men normalt används skåp av restaurangköksmodell som ansluts till en centralkylanläggning med luftkyld kondensor placerad utomhus. Till centralkylanläggningen ansluts svalrummet och ibland även soprummet.

Luftbehandlingsanläggningen i byggnader uppförda under 1970-talet är i de flesta fall en konventionell FT-anläggning med balanserad ventilation. Äldre byggnader är endast utrustade med F-anläggning och saknar sålunda kontrollerad tillufttillförsel.

Av uppgifter från Statistiska Centralbyrån framgår vilka uppvärmningssystem som är installerade i förskolor uppförda 1975-1978. Resultatet visar att den vanligaste uppvärmningsformen är direktelvärm. Andelen direktelvärmda förskolor minskar dock medan uppvärmning med fjärrvärme och elpanna med vattenburen värme blir allt vanligare. Andelen förskolor med oljepanna eller gemensam värmecentral med andra byggnader är ungefär lika stor under de betraktade åren. Vidare framgår att fjärrvärme är vanligare vid stora förskolor medan direktelvärm är vanligare vid mindre anläggningar. Förekomsten av egen panna visar sig däremot vara oberoende av storleken. Inga påtagliga olikheter i uppvärmningsform kan konstateras inom riket. Fjärrvärmenät förekommer dock endast i större tätorter varför denna uppvärmningsform är koncentrerad till sådana delar av länen. Både vid vattenburen värme och direktelvärm är i de flesta fall radiatorerna placerade under fönstren. Vid elvärm förekommer dock ibland elektrisk takvärm eller elekt-

riska strålningsvärmare över fönster.

2.5 Energiförbrukning

Enligt uppgifter från kommuner i mellansverige är den totala energiförbrukningen för nybyggda förskolor ca 250 kWh/m², år. En fördelning av energiförbrukningen har givit följande resultat.

Uppvärmning av lokaler	ca 20 %
Uppvärmning av ventilationsluft	ca 15 %
Uppvärmning av tappvarmvatten	ca 45 %
Belysning och motordrift	ca 10 %
Matlagning, disk och tvätt	ca 5 %
Kylning av livsmedel	ca 5 %

Energiförbrukningen avser förskolor byggda i enlighet med Svensk Byggnorm 1975. Den stora energiförbrukningen för tappvarmvatten är en följd av att vattenlek och personlig hygien, tvättning före mat m m, ingår som viktiga pedagogiska aktiviteter i förskolor. Detta samt verksamhet i kök, lekkök och tvättstuga medför att verksamheten i sin helhet blir mycket varmvattenkrävande. På senare tid utrustas förskolorna med särskilda vattenlekrum vilket innebär att vattenlekverksamheten får större omfattning och därmed ökad varmvattenförbrukning.

2.6 Referensförskola

För att undersöka effekten av olika energibesparande åtgärder har som referens en förskola valts med följande data:

Byggnadsteknisk utformning: Sammanbyggda enplans trähus med sadeltak, lutning 20°.

Storlek: Total golvyta 700 m².

Antal barn: 45 st

Antal personal: 15 st

För att få en uppfattning om vilken betydelse förskolans storlek har för lönsamheten vid olika installationer o d studerades även konsekvenserna för en mindre förskola med ytan 500 m² och antalet barn 30 st samt för en större med ytan 1000 m² och antalet barn 65 st.

2.7 Generella åtgärder för energibesparing

För förskolor som uppfyller kraven på värmeisolering och täthet mot luftläckage i Svensk Byggnorm 1975 är det ej motiverat att ytterligare förbättra klimatskärmens värmeushållningsförmåga. Däremot kan väsentlig energibesparing uppnås i några äldre för-

skolor genom tilläggsisolering och tätningåtgärder.

Ventilationsanläggningarnas uteluftflöden i äldre förskolor överstiger oftast de enligt Svensk Byggnorm 1975 gällande minimiflödena. Betydande energibesparing kan därför uppnås genom att man minskar luftomsättningen eller minskar uteluftflödet genom installation av ett återluftsystem. Härvid måste dock de lufthygieniska synpunkterna nog beaktas.

Andra åtgärder som kan medföra besparingar är knutna till anläggningarnas drift och skötsel. Begränsning av drifttiden hos ventilationsanläggningen och torkskåpen är härvid av stor betydelse. Vidare kan besparingar uppnås genom rationellt utnyttjande av hushållsmaskinerna, genom att undvika belysning i ej använda rum och genom att undvika fönstervädning vintertid samt genom hushållning med varmvatten.

Minskning av varmvattenförbrukningen vid den nya formen av vattenlek bör vara möjlig genom installation av vattensåla duschblandare och genom att om möjligt ändra verksamheten så att vattenförbrukningen minskar.

För att åstadkomma ytterligare energibesparingar erfordras energibesparande installationer av olika slag.

2.8 Solvärmesystem

Genom installation av en solvärmeanläggning kan en betydande energibesparing göras.

För svenska förhållanden är s k plana solfångare i de flesta fall lämpligast för mottagning av solvärme. Utredningen visar att det är möjligt att placera ca 0,2 m² plana solfångare på förskolornas tak per m² golvyta. Denna yta är tillräcklig för en solvärmeanläggning för tappvarmvatten. En anläggning för byggnadsuppvärmning kräver ca tre gånger så stor yta.

Större solfångaryta erhålls om även markyta tas i anspråk för placeringen. Alternativt kan andra takytor exempelvis skärmtak nyttjas såsom tak över förrådsutrymmen, cykelparkering, lekhus m m. För att dessa solfångarplaceringar skall vara av intresse måste förutom goda förhållanden för solvärmemottagning även möjligheterna vara gynnsamma att förlägga rörsystemet från solfångarna till värmecentralen i förskolebyggnaden. Långa markkulvertar medför, särskilt vid behov av sprängning, sådana anläggningskostnader att solvärmeanläggningens lönsamhet avsevärt försämras.

För närvarande är det ej motiverat från lönsamhetssynpunkt att installera säsongsvärmelager för solvärme. P g a att lagringsvolymerna blir mycket stora är det dessutom för befintliga byggnader i de flesta fall omöjligt att genomföra installationen av utrymmesskal.

Korttidslagring av värme för tappvarmvattenvärmning är däremot intressantare. Det årliga energitillskottet som kan erhållas från en solvärmeanläggning med 0,2 m² solfångare per m² golvyta bedöms uppgå till ca 40 kWh/m² golvyta, år vilket motsvarar en täckningsgrad på ca 35 %. En "optimal" anläggning skulle ge ca 55 kWh/m², år, vilket motsvarar täckningsgraden ca 50 %.

2.9 Återvinning av ventilationsvärme

Möjligheterna att tillvarata värme ur frånluften för värmning av tappvatten eller tilluft har undersökts. Även möjligheterna att tillvarata överskottsvärme ur frånluften genom återluftventilation har studerats. Den effektivaste återvinningen av värme ur frånluften uppnås genom installation av en värmeåtervinningsanläggning för förvärmning av tilluft. Värmeåtervinning sker härvid kontinuerligt så länge värmebehov föreligger. Värmelager erfordras ej.

Olika principutföranden förekommer för dessa återvinningsystem.

Vilken av principerna som väljs är bl a beroende på byggnadens och kanalsystemens utformning. I vissa fall krävs att både till- och frånluftskanalerna passerar aggregatet. Detta gäller värmeväxlare för direkt värmeöverföring genom avskiljande vägg, värmeväxlarkropp eller tvåfasmedium.

I de fall kanaldragningen skulle kompliceras avsevärt genom denna återvinningsinstallation väljs istället tvådelad värmeväxlare där värmetransporten sker via ett rörsystem med vatten eller värmeväxling med värmepump där värmetransporten sker via ett rörsystem med köldmedium.

Det årligen återvunna frånluftsvärmet varierar något mellan de olika principerna. En rimlig årsverkningsgrad för värmeåtervinningsanläggningen är ca 85 %.

2.10 Återvinning av kylkondensörvärme

Kylkondensörvärme kan tillvaratas för värmning av tilluft eller tappvatten varvid det senare alternativet är fördelaktigast. Ca 50 % av kylkondensörvärmten kan återvinnas om en tappvarmvattenackumulator installeras för lagring av kylkondensörvärmten som återvinnas nattetid för förbrukning nästföljande dag.

2.11 Återvinning av spillvattenvärme

Möjlighet finns att återvinna en del av det värme som bortförs från byggnaden genom spillvattennätet. Detta sker genom att installera en spillvattenvärmeväxlare som överför värme till tappvarmvattnet. Det största problemet med sådana installationer i spillvattennätet utgörs av föroreningarna. De värmeöverförande ytorna blir lätt försmutade vilket försämrar värmeövergången.

Problemet med föroreningarna minskar om man avleder spillvatten från WC separat förbi värmeåtervinningsutrustningen och endast tar tillvara värme från tvättställ, badkar, duschar och kök. En ytterligare fördel med denna separering är att temperaturen på det utnyttjade spillvattnet blir högre, eftersom det kalla spillvattnet utgår, vilket höjer anläggningens verkningsgrad.

Med anledning av de stora besparingsmöjligheterna denna återvinningsform erbjuder pågår utvecklingsarbete med avsikt att finna lämpliga konstruktioner för tillvaratagande av spillvattenvärme. Det är därför sannolikt att det inom ett par år finns färdiga produkter att installera exempelvis i förskolor.

Återvinningsgraden uppgår till ca 30 %.

2.12 Värmepump för ytjordvärme

Möjligheter finns att reducera behovet av betald energi för uppvärmning av lokaler och tappvarmvattenberedning genom att installera en värmepump som tillför gratisenergi. Två alternativ har utretts dels värmepump för uteluftenergi dels för ytjordvärme varvid endast det senare bedömts intressant.

Värmepumpen överför värme från en lägre till en högre temperaturnivå. För detta krävs att man tillför högvärdig drivenergi, i de flesta fall elenergi. När värmepumpen används för uppvärmning tar den värme ur omgivningen och för upp den till en temperatur som möjliggör utnyttjande till uppvärmning av lokaler och tappvarmvatten. Den avgivna energin består dels av den av värmepumpen upptagna lågvärdiga gratisenergin dels av den tillförda högvärdiga betalda drivenergin.

Ett ytjordvärmesystem innebär att en värmepump installeras i byggnaden vars kondensator avger uppvärmningsenergi. Förångaren får sin energitillförsel ur marken via en nedgrävd slang med ett cirkulerande medium, oftast vatten-glykol-blandning. Slangen placeras 1 - 1,5 m under markytan och upptar härigenom solvärme som till största delen tillförts marken under sommaren. Förångningstemperaturen varierar ganska lite under året vilket är en stor fördel för värmepumpdriften.

För en förskola är ytjordvärme av intresse för värmning av lokaler och tappvarmvatten. Däremot är ventilationsvärmebehovet efter värmeåtervinning för litet för att motivera en värmepumpinstallation.

För att täcka värmebehovet för lokalvärmning och tappvarmvattenvärmning krävs ca 3500 m² markyta för slangförläggningen för en anläggning av referensförskolans storlek. Eftersom tomtytan brukar vara 4000-6000 m² är det vid gynnsamma markförhållanden möjligt att genomföra en sådan installation. Energibesparingen blir ca 60 % av värmebehovet för lokaluppvärmning och tappvarmvattenvärmning.

2.13 Byggnadstekniska egenskaper

Utredningen har bl a visat att byggnaden bör ha stor värmekapacitet, d v s vara "tung" för att nattetid kunna tillgodogöra sig överskottsvärme från dagen och därigenom reducera energiförbrukningen.

2.14 Lönsamhetsbedömning

En kombination av olika energibesparande installationer för att reducera behovet av energi för värmning av tappvarmvatten påverkar energiutbytet och lönsamheten för de enskilda installationerna. Återvinning av värme från spillvattnet och kylkondensorn medför en minskning av energibehovet som ändrar dimensioneringsförutsättningarna och energitillskottet från solvärme- och ytjordvärmesystemen.

Då både solvärme- och ytjordvärmesystem nyttjas för tappvarmvattenvärmning nyttjas solvärme i första hand eftersom denna energiform är gratis. Ytjordvärmeenergin inkluderar alltid betald drivenergi och används därför som komplement till solvärmens. Dessa förhållanden blir avgörande för hur energitillförseln sker till tappvattnet.

Utredningen har visat att återvinning av kylkondensorvärme i kombination med andra installationer för tappvarmvattenvärmning ger marginellt energitillskott eftersom tillskottet från solvärme- eller ytjordvärmesystemet samtidigt minskar. Därför bedöms denna återvinningsform ej intressant i detta sammanhang.

Nedan anges de installationer som enligt utredningen ger bästa energiutbytet med minsta omfattning på installationerna.

	Total besparing %
1. Installera ytjordvärmesystem	ca 35
2. Komplettera med ventilationsvärmeåtervinning	ca 50
3. Komplettera med solvärmesystem	ca 55
4. Komplettera med spillvattenvärmeåtervinning	ca 60

Om man istället installerar systemen i den ordning som ger största lönsamheten (lägsta besparingskostnad) gäller istället:

	Total besparing %	Genomsnittlig besparingskostnad kr/kWh
1. Installera ytjordvärmesystem	ca 35	0,08
2. Komplettera med ventilationsvärmeåtervinning	ca 50	0,08
3. Komplettera med spillvattenvärmeåtervinning	ca 55	0,08
4. Komplettera med solvärmesystem	ca 60	0,23

De tillkommande installationernas besparingskostnad är i fall 2 och 3=0,10 kr/kWh och i fall 4=0,78 kr/kWh.

Med besparingskostnad (kr/kWh) menas:

$$\frac{\text{invest. (kr)} + P1 \times \text{årl. und. h. kostn. (kr)} + P2 \times \text{årl. driftkostn. exkl. energi (kr)}}{P3 \times \text{årlig energibesparing (kWh)}}$$

P1, P2 och P3 utgör faktorer för beräkning av nuvärde av årliga kostnader och energibesparingar. Besparingskostnaden skall vid lönsamhetsbedömningen jämföras med aktuellt energipris.

De föreslagna åtgärderna medför kostnader för dess drift och underhåll. I samtliga fall är dock denna kostnad låg varför den ej bedöms påverka bedömningen som ju huvudsakligen gäller en jämförelse mellan åtgärderna.

Brukstiden för samtliga åtgärder bedöms vara 20 år.

Faktor P3 beräknas som exempel för en realränta på 4 %. Med realränta avses skillnaden mellan nominell ränta (låneränta) och årlig inflation. Den årliga ökningen av energikostnaden har antagits vara 2 % per år i fast penningvärde.

Förutsättningarna ger $P3 = 16,7$

Besparingskostnad:
$$\frac{\text{Investeringskostnad (kr)}}{16,7 \times \text{årlig energibesparing (kWh)}}$$

Solvärmesystemet ger den högsta besparingskostnaden av de behandlade installationerna. Förutsättningarna för sådana system förväntas dock bli gynnsammare till följd av stigande energipriser, billigare komponenter och ändrade lönsamhetsvärderingar. En stor fördel är att dessa kan installeras i de flesta byggnader, även befintliga, utan större ingrepp i installationerna. Om man bortser från erforderlig pumpenergi o d, som är av liten storleksordning, levererar solvärmesystemet sin energi gratis vilket ej är fallet i värmepumpsystem.

2.15 Förslag till utförande av nya förskolor

Vid nybyggnad finns stora möjligheter att påverka byggnadens energiförbrukning utöver de krav som byggnormen ställer på byggnaden. Härvid gäller som begränsningar de lokala förutsättningarna för byggnadens placering och orientering, funktionskraven samt de ekonomiska förutsättningarna.

Klimatskärmens yta bör om möjligt minimeras. Detta kan t ex ske genom att förse innergårdar med lättmanövrerade tak som enkelt kan dras för vid behov. Förutom den energibesparing som erhålls fås härvid ett rum som vid dåligt väder kan tjänstgöra som utelekplats. Vidare bör de utrymmen i byggnaden som har stora värmeöverskott exempelvis kök, tvättstuga, tvättrum förläggas mot norr medan lekutrymmena ges sydlig orientering. Genom att förse lekutrymmen med större fönsterytor än övriga delar av byggnaden kan passiv solvärmeupptagning ske samtidigt som lokalerna får stort dagsljusstillskott.

Dessa riktlinjer för byggnadens planlösning och funktion bör beaktas vid utformningen liksom att byggnaden om möjligt förläggs till en plats med gynnsamt mikroklimat.

Vid val av byggnadsmaterial skall stor värmekapacitet eftersträvas. Detta minskar värmeförlusterna dagtid och minskar uppvärmningsbehovet nattetid.

Förutom generella energibesparande åtgärder har utredningen visat att energibesparande system i de flesta fall kan ge avsevärda energibesparingar. Vid projektering av en nybyggnad bör man i första hand utforma värmesystemet så att alternativa energislag kan nyttjas. Lokaluppvärmningen bör sålunda ske med vatten- eller luftburen värme av lågtemperaturtyp med framledningstemperatur på ca +50°C vilket möjliggör värmepumpapplikationer. I övrigt bör följande beaktas:

1. Undersök möjligheterna att installera ett ytjordvärmesystem med hänsyn till markens beskaffenhet och tillgängliga ytor. En förskola med golvytan 700 m^2 kräver ca 3500 m^2 markyta för slangförläggning. Värmesystemet skall vara av lågtemperaturtyp.
2. Ventilationsanläggningen förses med återvinningssystem för värmning av tilluften.
3. Spillvattensystemet utformas så att spolvatten från WC dras separat och övrigt spillvatten samlas till en punkt där värmeväxlare för förvärmning av tappvatten kan installeras. Om lämpliga värmeväxlare ej finns på marknaden görs förberedelser för framtida montage.
4. Takplan utformas så att solfångare enkelt kan installeras. Målsättningen är härvid $0,3 \text{ m}^2$ solfångare per m^2 golvyta. Utrymme för värmeackumulator reserveras. För en förskola på 700 m^2 erfordras ca 9 m^3 vattenvolym.

2.16 Förslag till utförande av energibesparande system i befintliga byggnader

Byggnader som uppförts innan Svensk Byggnorm 1975 trädde i kraft har i allmänhet något sämre isolerad och avtätad klimatskärm och därmed större förluster till följd av transmission och ofrivillig ventilation. För sådana byggnader skall möjligheterna till förbättring av värmegenomgångstal och täthet undersökas.

Möjligheterna att förbättra byggnadens värmekapacitet genom installation av termokemiska plattor bör undersökas.

Då generella åtgärder för att minska energiförbrukningen undersökts återstår möjligheten till följande kompletterande installationer:

1. Installation av ytjordvärmesystem för lokaluppvärmning och tappvarmvattenvärmning. Andelen direkteluppvärmda byggnader är stor vilket medför att ytjordvärme för lokaluppvärmning endast är aktuellt för ett begränsat antal förskolor.
2. Ventilationsanläggningen förses med återvinningssystem för förvärmning av tilluften. Förutsättningarna för denna installation varierar på olika utformning av kanalsystemet m m. Detta medför att endast vissa typer av återvinningsaggregat kan nyttjas.
3. Möjligheten att tillvarata spillvattenvärme undersöks. Dessa bedöms dock vara små i de flesta fall eftersom ledningarna ej är åtkomliga och ej är separerade för spolvatten från WC.
4. Möjligheterna att installera ett solvärmesystem för tappvarmvattenvärmning utreds.

2.17 Ökade krav på tillsyn och skötsel av installationerna

De kompletterande energibesparande installationerna medför krav på ökad tillsyn och skötsel av vvs-anläggningarna. Detta innebär att utbildad driftpersonal erfordras i större utsträckning än tidigare för att de kompletterande installationerna skall fungera tillfredsställande och ge avsedd energibesparing.

3 ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Verksamhet

Förskola är den gemensamma benämningen för daghem och deltidsgrupp. Tidigare användes benämningen barnstuga för denna verksamhet, som även innefattar fritidshem.

Daghem kallas den förskoleform där barn i åldern 1/2-7 år regelbundet vistas minst 5 timmar per arbetsdag då föräldrarna förvärvsarbetar eller studerar. Daghemsbarnen indelas i småbarnsgrupper som omfattar 10-12 barn i åldern 1/2-3 år och i syskongrupper som omfattar 10-20 barn i åldern 3-7 år. Ytbehovet för verksamheten är 10-12 m²/barn, d v s ca 100-250 m² per grupp. Varje grupp har 2-4 förskollärare eller barnskötare.

Deltidsgrupp eller lekskola pågår ca 3 timmar per arbetsdag med barn i åldern 4-7 år. Grupperna innehåller maximalt ca 20 barn.

Fritidshem kallas den verksamhet som tar emot skolbarn i åldern 7-12 år under den skolfria delen av dygnet. Fritidshem förekommer ofta tillsammans med en förskola.

Normalt utgörs huvudverksamheten i en förskola av några daghemsgrupper. Vissa förskolor inrymmer dock även deltidsgupper eller fritidshem.

I experimentförskolorna inom MAFF-projektet liksom i vissa andra förskolor förekommer även en öppen verksamhet under dagen som vänder sig till dagbarnvårdare, hemmavarande föräldrar med barn, ungdomar och vuxna i grannskapet. På kvällarna används lokalerna ibland för klubb- och föreningsverksamhet.

För att inhämta uppgifter om den nuvarande verksamheten i förskolor och fritidshem företogs en enkätundersökning. Bilaga 1 visar bl a en frågelista som distribuerades till ca 240 st förskolor belägna i Järfälla, Nacka, Nynäshamn, Stockholm, Uppsala och Värmdö kommuner som ingår i MAFF-projektet. Svar inkom från 93 st.

Av enkätsvaren framgår bl a att verksamheten i en daghemsgrupp normalt följer följande dagsschema:

Kl.	Aktivitet
6.30	Öppning
6.30- 8.00	Lek
8.00- 8.30	Barntvätt, frukost
8.30-11.00	Lek
11.00-12.00	Barntvätt, lunch
12.00-13.00	Vila
13.00-14.00	Lek
14.00-14.30	Barntvätt, mellanmål
14.30-18.30	Lek

Flertalet förskolor är öppna alla arbetsdagar (ca 250 st) hela året. Antalet timmar per år som verksamheten pågår uppgår således till ca 3000.

Ett mindre antal har stängt under en del av semesterperioden juni-augusti.

3.2 Byggnadsteknisk utformning

Flertalet förskolor är uppförda under 1970-talet. Dessa är huvudsakligen utformade som sammanbyggda enplanshus av trä med sadeltak med lutningen 15-25°.

I många fall har husdelarna placerats så att gårdar bildats antingen helt kringbyggda eller öppna åt ett håll.

MAFF:s experimentbyggnader innehåller en stor grad av planflexibilitet för att uppfylla projektets ramprogram. Detta har bl a resulterat i koncentrerade planformer innehållande kringbyggda gårdar.

Byggnadernas väderstrecksorientering varierar. I bland är sålunda ekonomidelen sydligt orienterad medan i andra fall lekdelen har denna orientering.

Figur 3.1 visar ett exempel på en typisk byggnadsutformning. Figur 3.2 visar utformningen av en av MAFF-projektets experimentförskolor.

RUMSFÖRTECKNING

VAKANT 01, 03, 32-40, 53-60, 75-80

PASSAGE 02

KÖK 04

KYL FÖRRÅD 05

FÖRRÅD 06, 29, 52, 72

TOAL 07, 15, 31, 42, 43, 62, 63, 82, 83

EXP. 08

PERSONALRUM 09

ELCENTRAL 10

VILRUM 11, 22, 46, 66, 86

OMKL. RUM 12, 14

DUSCHRUM 13

STÄD 16

TVÄTTRUM 17, 44, 64, 84

CENTRALFÖRRÅD 18

KYL SOPRUM 19

UNDERCENTRAL 20

GROVENTRÉ 21, 41, 61, 81

HEMRUM 23, 24, 27, 28

KAPPRUM 25, 45, 65, 85

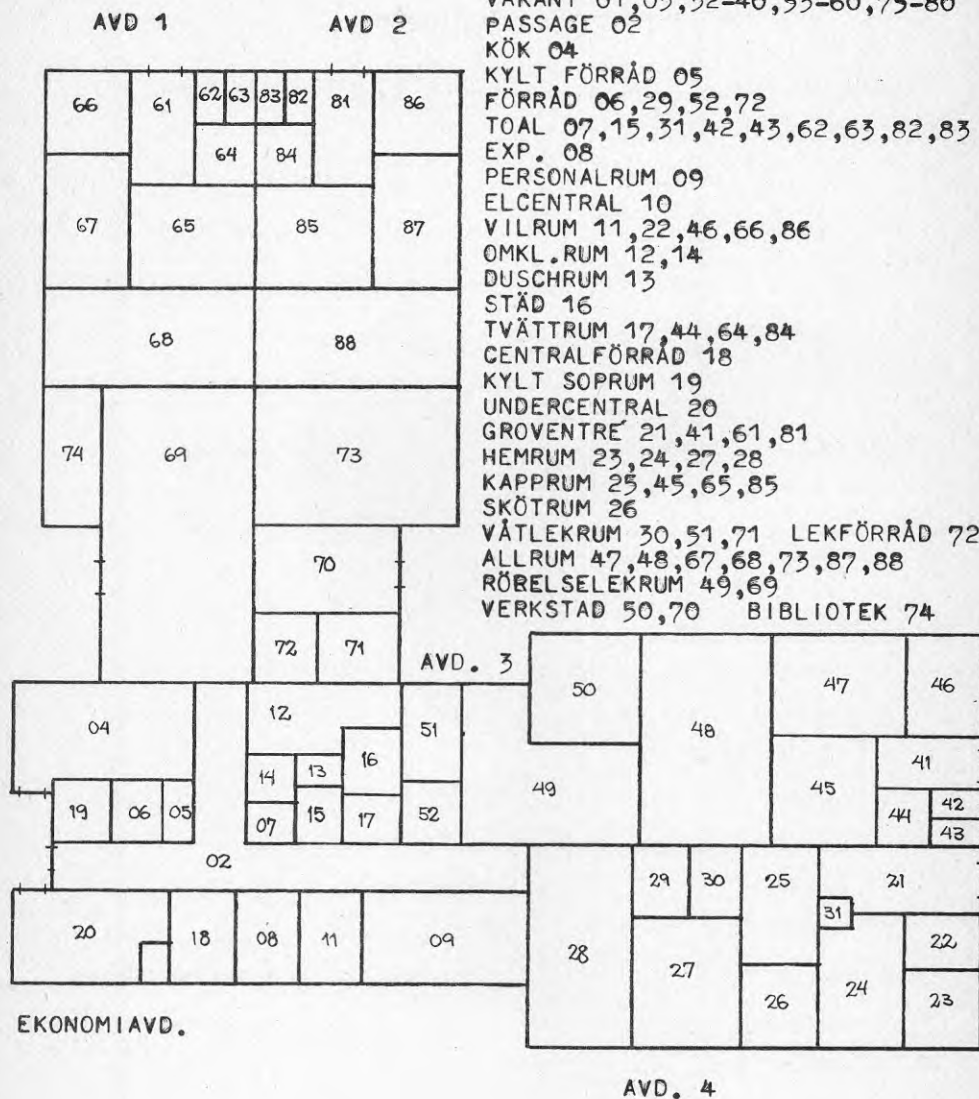
SKÖTRUM 26

VÄTLEKRUM 30, 51, 71 LEKFÖRRÅD 72

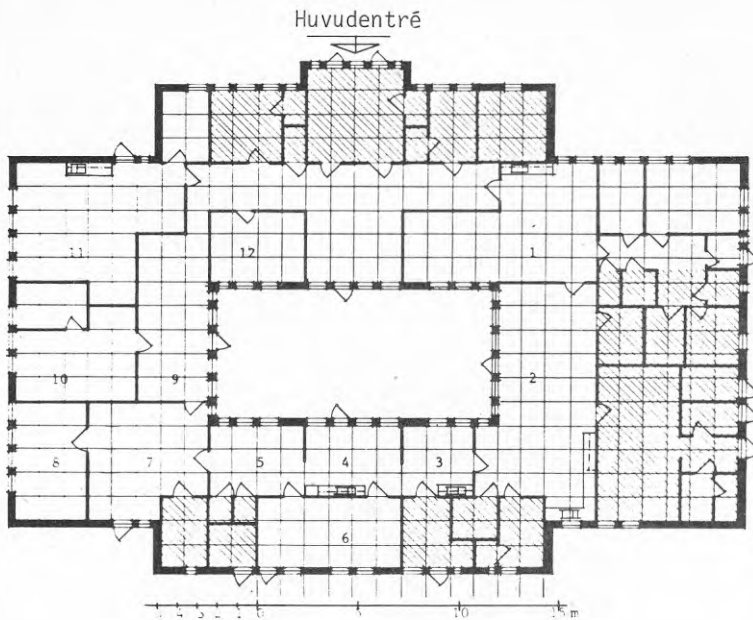
ALLRUM 47, 48, 67, 68, 73, 87, 88

RÖRELSELEKRUM 49, 69

VERKSTAD 50, 70 BIBLIOTEK 74



Figur 3.1 Typisk byggnadsutformning för förskola uppförd under 1970-talet.








Rumsförteckning

- | |
|-----------------------|
| 1 hemvist - bibliotek |
| 2 hemvist - allrum |
| 3 lerverkstad |
| 4 målarum |
| 5 textilverkstad |
| 6 snickeri |
| 7 rörelselek |
| 8 musik |
| 9 bygglek |
| 10 expedition |
| 11 hemvist |
| 12 vilrum |

BARNSTUGA, MAFF

JÄRFÄLLA KOMMUN

- | | |
|---|-------------------------|
|  | fast zon |
|  | flexibel zon |
|  | ooo frånluft (F) |
|  | tilluft (T) |
|  | från- eller tilluftsdon |

Figur 3.2 Byggnadsutformning för en experimentförskola inom MAFF-projektet.

3.3 Storlek

I Statistiska Centralbyråns (SCB) statistikmaterial för olika lokalkategorier ingår sedan 1975 förskolor och fritidshem som en separat kategori, vilket möjliggör detaljstudier av dessa byggnaders data. Statistikmaterialet härrör från låneunderlaget. Detta material har på uppdrag bearbetats av SCB. Resultatet redovisas i bilaga 2. Ur detta resultat har bl a storleksfördelningen på byggnaderna framtagits, vilket framgår av tabell 3.1.

Tabell 3.1 Storlek hos förskolor uppförda 1975-1978. Hela riket.

Byggnadsår	Fördelning med avseende på golvytans storlek			Totalt antal byggnader
	< 500 m ²	500 m ² - 1000 m ²	>1000 m ²	
1975	54 %	40 %	6 %	101
1976	26 %	54 %	20 %	334
1977	32 %	57 %	11 %	368
1978	43 %	48 %	9 %	310
1975-1978	35 %	52 %	13 %	1113

Som framgår av tabellen har ca hälften av de under 1975-1978 uppförda förskolorna en golvyta mellan 500 och 1000 m². Endast i medeltal 13 % har större yta än 1000 m².

3.4 Sanitetsinstallationer

Förskolornas sanitetsinstallationer utgörs normalt av diskbänkar, utslagsbackar, badkar och tvättställ med blandare, vattenklosetter, duschblandare, golvbrunnar, tvättmaskiner samt diskmaskiner. Tappvattenledningarna är utförda av koppar eller plast-rör medan spillvattenledningarna består av gjutjärns- eller plast-rör.

3.5 Kyltekniska installationer

Förvaring av livsmedel sker normalt i kyl-, avsvalnings- och frysskåp samt i svalrum. Avfall förvaras i ett avfallsrum. Förvaringsutrymmena har olika kylteknisk utrustning i olika kommuner. Den enklaste lösningen utgörs av konventionella kyl- och frysskåp samt ej kylda sval- och avfallsrum. Den mest avancerade lösningen innebär att förskolan utrustats med en centralkylanläggning gemensam för kyl- och frysskåp samt för sval- och avfallsrum. Kompressor-kondensorenheten brukar härvid placeras på yttertak eller i torpargrunden. Avfallsrummet ansluts ibland ej till centralkylanläggningen.

Komfortkylanläggning förekommer ej.

3.6 Luftbehandlingsinstallationer

I enlighet med kraven i Svensk Byggnorm är de flesta förskolorna idag utrustade med FT-system för ventilation. Detta innebär att lokalerna tillförs filtrerad och - vid behov - värmd uteluft via ett kanalsystem utrustat med fläkt. De enskilda lokalerna är försedda med både till- och frånluftdon utom toaletter, duschrum m m som får sin tilluft genom överluft från intilliggande lokaler. Frånluften evakueras via ett eller flera kanalsystem. Kanalsystemen är utrustade med frånluftsfläktar.

Fuktning av luften förekommer ej.

Byggnader som uppförts i enlighet med Svensk Byggnorm 1975 är i stor utsträckning utrustade med återluftskanaler eller värmeåtervinningsaggregat.

3.7 Värmeinstallationer

Av SCB:s statistikunderlag, bilaga 2, framgår bl a fördelningen på olika uppvärmningsformer. En sammanställning av detta material visas i tabell 3.2-3.5. I tabell 3.2 framgår uppvärmningsformen utan hänsyn till byggnadsstorlek. I tabell 3.3, 3.4 och 3.5 visas uppvärmningsformen vid byggnader med golvyta mindre än 500 m², mellan 500 och 1000 m² respektive större än 1000 m². I tabell 3.2 framgår vilken typ av panna som förekommer i byggnaderna antingen olje- eller elpanna. I tabell 3.3, 3.4 och 3.5 anges om panna förekommer i huset alternativt om värmning sker från gemensam värmecentral eller med fjärrvärme eller med direktel.

Tabell 3.2 Uppvärmningsform för förskolor och fritidshem oberoende av storlek. Byggnadsår 1975-1978. Hela riket

Byggnadsår	Fördelning med avseende på uppvärmningsform					Totalt antal byggnader
	Oljepanna	Elpanna	Gemensam värme-central	Fjärrvärme	Direktel-värme	
1975	1 %	0 %	4 %	23 %	72 %	101
1976	2 %	3 %	7 %	18	71 %	334
1977	4 %	2 %	8 %	18 %	68 %	368
1978	3 %	16 %	7 %	25 %	48 %	310
1975-1978	3 %	6 %	7 %	20 %	64 %	1113

Tabell 3.3 Uppvärmningsform för förskolor och fritidshem med golvyta mindre än 500 m². Byggnadsår 1975-1978. Hela riket

Byggnadsår	Fördelning på uppvärmningsform				Totalt antal byggnader
	Panna i huset	Gemensam värme-central	Fjärrvärme	Direktel-värme	
1975	2 %	0 %	13 %	85 %	55
1976	0 %	8 %	6 %	86 %	87
1977	6 %	5 %	10 %	79 %	118
1978	18 %	7 %	15 %	60 %	133
1975-1978	8 %	6 %	11 %	75 %	393

Tabell 3.4 Uppvärmningssystem för förskolor och fritidshem med golvyta mellan 500 och 1000 m². Byggnadsår 1975-1978. Hela riket

Byggnadsår	Fördelning på uppvärmningsform				Totalt antal byggnader
	Panna i huset	Gemensam värme-central	Fjärrvärme	Direktel-värme	
1975	0 %	8 %	30 %	62 %	40
1976	6 %	6 %	19 %	69 %	180
1977	6 %	9 %	22 %	63 %	210
1978	18 %	8 %	30 %	44 %	149
1975-1978	9 %	8 %	23 %	60 %	579

Tabell 3.5 Uppvärmningsform för förskolor och fritidshem med golvyta större än 1000 m². Byggnadsår 1975-1978. Hela riket

Byggnadsår	Fördelning på uppvärmningsform				Totalt antal byggnader
	Panna i huset	Gemensam värme-central	Fjärrvärme	Direktel-värme	
1975	0 %	17 %	66 %	17 %	6
1976	7 %	7 %	31 %	55 %	67
1977	8 %	12 %	20 %	60 %	40
1978	31 %	7 %	48 %	14 %	28
1975-1978	12 %	10 %	32 %	46 %	141

Som framgår av tabellsammanställningen ovan är direktelvärmde den vanligaste uppvärmningsformen för nyproducerade förskolor. Andelen direktelvärmde förskolor minskar dock medan uppvärmning med fjärrvärme och elpanna med vattenburen värme blir allt vanligare. Andelen förskolor med oljepanna eller gemensam värmecentral med andra byggnader är ungefär lika stor under de betraktade åren.

Av tabellerna framgår även att fjärrvärme är vanligare vid stora förskolor medan direktelvärmde är vanligare vid mindre anläggningar. Förekomsten av egen panna visar sig däremot vara oberoende av storleken.

Statistiska Centralbyråns statistikunderlag är uppdelat länsvis som framgår av bilaga 2. Utifrån detta material kan inga påtagliga olikheter i uppvärmningsform konstateras inom riket. Fjärrvärmenät förekommer dock endast i större tätorter varför denna uppvärmningsform är koncentrerad till sådana delar av länen.

Både vid vattenburen värme och direktelvärmde är i de flesta fall radiatorerna placerade under fönstren. Vid elvärme förekommer dock ibland elektrisk takvärme eller elektriska strålningsvärmare över fönster.

3.8 Energiförbrukning

3.8.1 Statistikunderlag

Lättillgängliga uppgifter om energiförbrukning vid förskolor och fritidshem saknas. Därför har uppgifter inhämtats genom enkätundersökningen, samt genom intervjuer med representanter för de kommunala förvaltningarna i Göteborg, Järfälla, Lund, Nacka, Ny-näshamn, Stockholm, Uppsala, Värmdö och Örebro. Det tillgängliga statistikmaterialet omfattade dock endast den totala årsförbrukningen av el, fjärrvärme eller olja. Uppdelning på ventilationsvärme, tappvarmvattenvärme, belysningsenergi m m saknades sålunda. För fjärrvärmeanslutna respektive oljeeldade förskolor erhöles dock uppgifter om total värmeenergiförbrukning och total elenergiförbrukning vilket kunde nyttjas som kontroll vid fördelningen på olika energiförbrukningsposter. Denna uppdelning baserades på de uppgifter beträffande drifttider och verksamheten i övrigt som erhöles vid enkätsvaren och framgår av det följande.

Förbrukningarna relateras till förskolans golvyta. Härvid har som ett genomsnittligt riktvärde antagits att varje barn disponerar 15 m² golvyta inklusive biutrymmen. Vid värmebehovsberäkningarna har förutsatts att förskolan är byggd i enlighet med Svensk Byggnorm 1975. Förbrukningsvärdena nedan redovisas med noggrannheten $\pm 0,5$ kWh/m² golvyta, år och ingår i en teoretisk energibalans för en förskola. De enskilda energiposternas storlek kan dock variera kraftigt i praktiken varför de redovisade uppgifterna endast kan gälla som riktvärden.

3.8.2 Energi för uppvärmning av lokaler

Som tidigare påpekats är förskolorna normalt utformade som ett antal sammanbyggda enplanshus. En transmissionsberäkning för denna byggnadstyp har resulterat i ett årligt transmissionsvärmebehov på ca 65 kWh/m² golvyta, år i Stockholmstrakten.

Värmesystemet för uppvärmning av lokalerna skall dels täcka transmissionsvärmeförlusterna dels de värmeförluster som uppstår p g a ofrivillig ventilation. Den ofrivilliga ventilationen har förutsatts uppgå till ca 0,2 luftomsättningar per timme vilket innebär ett årsvärmebehov på ca 20 kWh/m². Summan av värmeförlusterna till följd av transmission och ofrivillig ventilation blir således ca 85 kWh/m², år.

På grund av ofrivillig övertemperering av lokalerna till följd av ej styrd intern värmeutveckling såsom belysningsvärme, tappvarmvattenvärme, personvärme samt inläckande solvärme ökar de sammanlagda värmeförlusterna genom transmission och ofrivillig ventilation från ca 85 kWh/m², år till ca 90 kWh/m², år. Se figur 3.3. Värmeförluster från lokalerna uppstår även genom värmetransmission genom väggarna till de kylda utrymmena, ca 7 kWh/m², år. Härvid förutsätts att kylkondensatorerna ej är placerade inne i byggnaden.

Till lokalerna måste således $90 + 7 = 97$ kWh/m², år tillföras. Av denna värmeförsörjning utgör dock den betalda värmeenergin (radiatorenergin) endast ca 50 kWh/m², år. Resterande ca 47 kWh/m²/år antas härröra från intern värmeutveckling från belysning, köks- och tvättutrustning, tappvarmvatten, personvärme samt från inläckande solenergi med uppdelning enligt nedan.

3.8.3 Energi för uppvärmning av ventilationsluft

Uteluftflödet för en förskola uppgår till ca 0,8 l/s, m² då luftbehandlingsanläggningen är i drift vilket motsvarar en luftomsättning på ungefär en omsättning per timme. Värmebehovet för ventilation blir, om förskolan är belägen i Stockholmstrakten, ca 35 kWh/m², år. Härvid förutsätts att luftbehandlingsanläggningen är i drift 12 timmar per dygn under 250 av årets dagar.

Till följd av intern värmeutveckling och solinläckning på totalt ca 38 kWh/m², år, med uppdelning enligt nedan, uppgår däremot frånluftens energiflöde till ca 73 kWh/m², år. Se figur 3.3.

3.8.4 Energi för belysning och motordrift

Den genomsnittligt installerade belysningseffekten uppgår normalt till ca 20 W/m². Belysningen antas vara påslagen under en tredjedel av årets öppethållandetid. Förskolorna är öppna 12 timmar per dygn under ca 250 dygn per år vilket innebär 1000 timmar per år. Den totala belysningsenergin blir således 20 kWh/m², år.

Fläktarnas elmotorer har en energiförbrukning av storleksordningen 1,5-2,0 W/m². Med en årlig drifttid av 3000 timmar blir energiförbrukningen således ca 5 kWh/m², år.

Den totala energiförbrukningen för belysning och motordrift uppgår således till ca 25 kWh/m², år. Se figur 3.3.

Energien omsätts i värmeförluster som antas bidra till övertemperering av ventilationsluft med ca 9 kWh/m², år och lokaluppvärmning med ca 16 kWh/m², år.

3.8.5 Energi för matlagning, disk och tvätt.

Av de installerade hushållsapparaterna spisar, disk- och tvättmaskiner samt torkskåp har torkskåpen den största elenergiförbrukningen. Av enkätsvaren framgår att ett torkskåp nyttjas ca 0,1 timme per barn och dag. Torkskåpets effekt kan i genomsnitt antas vara ca 6 kW. Energiförbrukningen blir således $0,1 \cdot 6 \cdot 250/15 = 10 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ eftersom enligt förutsättningarna varje barn disponerar ca 15 m^2 golvyta och antalet öppethållandedagar är 250 per år.

Tvättmaskinerna används mycket sällan enligt enkätsvaren varför denna energiförbrukning kan försummas i detta sammanhang.

För matlagning och disk antas elenergiförbrukningen uppgå till ca $5 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$, med hänsyn till uppgifter om verksamheten från enkäten. Den totala elenergiförbrukningen för matlagning, disk, tvätt och torkskåp blir sålunda ca $15 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Se figur 3.3.

Värmeförlusterna från denna verksamhet antas fördelas på ventilationsluften, ca $5 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$, varmvattnet som avleds till spillvattennätet, ca $4 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ samt lokaluppvärmning ca $6 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$.

3.8.6 Energi för kylning av livsmedel

En vanligt förekommande kylinstallation i medelstora förskolor utgörs av kyl- och avsvälningsskåp, frysskåp samt ett mindre kylrum för rotfrukter o d. Totalt installerad eleffekt för kylanläggningen uppgår härvid till ca 1,8 kW. Den genomsnittliga elförbrukningen är ca 1,2 kW vilket innebär ca $15 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Från kylutrymmena och därmed från omgivande lokaler bortförs ca $7 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Detta innebär att den luftkylda kondensorn avger ca $22 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ till uteluften. Se figur 3.3.

3.8.7 Energi för uppvärmning av tappvarmvatten

Tappvarmvatten förbrukas i förskolorna för personlig hygien, matberedning, tvätt och vattenlek. Vattenlek och personlig hygien såsom tvättning före mat ingår som en viktig pedagogisk aktivitet i förskolorna. I enkäten har vissa uppgifter om förbrukningen erhållits men osäkerheten är mycket stor. Mätningar erfordras för att få tillförlitligare uppgifter. Under augusti har sådana mätningar påbörjats i tre förskolor, som bör ge ett första resultat vid årsskiftet 1979-1980 beträffande varmvattenförbrukningen.

För denna utredning har varmvattenförbrukningen uppskattats på basis av enkätsvaren och uppgifterna om de totala årsenergiförbrukningarna.

Av enkätsvaren framgår att varje barn handtvättas i genomsnitt sex gånger per dag. Vid varje handtvätt förbrukas ca 10 l vatten med temperaturen ca $+40^\circ\text{C}$. Om kallvattentemperaturen antas vara $+10^\circ\text{C}$ erhålls ett energibehov av ca 2 kWh/barn, dag , vilket enligt tidigare förutsättningar motsvarar ca $35 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$.

Diskmaskiner samt övriga varmvattenförbrukare för matberedning och disk förbrukar ca 30 l 55° -varmvatten per barn och dag. Detta ger ett energibehov av ca $25 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$.

Varmvattenförbrukningen för vattenlek varierar mest. Förskolor som är byggda tidigare än ca 1977 saknar normalt vattenlektrum med duschar. I dessa förskolor sker vattenlek oftast i balja eller i disklådor. Denna verksamhet ger ingen större varmvattenförbrukning i synnerhet som verksamheten dessutom förekommer ganska sällan.

De moderna förskolorna med speciella vattenlektrum ger förutsättningar för en helt annan typ av vattenlek vilken har nackdelen att den medför stor vattenförbrukning. Till följd av att denna vattenlekform med rinnande duschar är mycket populär hos barnen förekommer den i flera fall som ett dagligt inslag i verksamheten vilket ytterligare ökar varmvattenförbrukningen i förhållande till förskolorna utan vattenlektrum.

Energiförbrukningen i form av tappvarmvatten för vattenlek varierar därför mellan 0 och ca 60 kWh/m²,år. Det högre värdet motsvarar ca 100 l 40^o-igt vatten per barn och dag.

Den totala energiförbrukningen för tappvarmvatten varierar sålunda mellan ca 60 kWh/m²,år och ca 120 kWh/m²,år.

De uppgifter om total energiförbrukning i förskolor som erhållits vid intervjuer med kommunernas representanter pekar på att denna normalt uppgår till ca 250 kWh/m²,år. Efter reduktion av ovan beräknade energiposter återstår för tappvarmvatten ca 110 kWh/m²,år. Se figur 3.3. Detta innebär att vattenleken förbrukar ca 50 kWh/m²,år, vilket enligt ovan motsvarar en ganska omfattande vattenlekverksamhet.

Tappvarmvattenenergin bortförs från byggnaden som spillvattenvärme ca 80 kWh/m²,år medan ca 34 kWh/m²,år avges till byggnaden från rör, apparater och fria vattenytor varav 20 kWh/m²,år antas värma ventilationsluft och 14 kWh/m²,år värma lokaler. Ett tillskott på 4 kWh/m²,år till tappvattnet erhålls från disk- och tvättmaskinernas värmebatterier.

3.8.8 Solvärme och personvärme

Ett tillskott på ca 15 kWh/m²,år från solvärme och personvärme antas fördela sig på 4 kWh/m²,år för värmning av ventilationsluft och 11 kWh/m²,år för värmning av lokaler.

3.9 Referensförskola

På basis av ovanstående uppgifter om storlek, verksamhet och barnantal antas följande genomsnittliga data gälla för den referensförskola på vilken den fortsatta utredningen baseras.

Byggnadsteknisk utformning: Sammanbyggda enplans trähus med sadeltak, lutning 20^o.

Storlek: Total golvyta 700 m².

Antal barn: 45 st, varav 2 st syskongrupper med vardera 17 barn och en småbarnsgrupp med 11 barn.

Antal personal: 15 st varav 12 förskollärare eller barnskötare och 3 ekonomipersonal.

För att få en uppfattning om vilken betydelse förskolans storlek har för lönsamheten vid olika installationer o d studeras även konsekvenserna för en mindre förskola med ytan 500 m² och antalet barn 30 st samt för en större med ytan 1000 m² och antalet barn 65 st.

3.10 Energibesparande åtgärder

Förskolor som är konstruerade i enlighet med Svensk Byggnorm 1975 uppfyller krav på god värmeisolering och lufttätethet. Tidigare uppförda förskolor liksom andra byggnader av samma ålder har betydligt sämre värmeisolering och lufttätethet. Detta innebär att den förbrukade energin för värmning av dessa lokaler i många fall kan vara ungefär dubbelt så stor jämfört med förbrukningen i de hus som byggs idag. Från energibesparingssynpunkt är det därför ofta motiverat att genomföra tätnings- och tilläggsisoleringsarbeten av äldre förskolor. Åtgärder av detta slag är dock av generell karaktär och alltså ej direkt knutna till förskolor varför de ej behandlas närmare i denna utredning.

Även energibehovet för uppvärmning av ventilationsluft är mindre i förskolor byggda enligt Svensk Byggnorm 1975 jämfört med tidigare uppförda byggnader. Det minskade energibehovet är en följd av att uteluftflödena begränsas. För att uppnå erforderlig luftomsättning med ett minimum av uteluft nyttjas ibland återluftventilation, d v s en del av frånluften från "rena" lokaler inblandas i uteluften som tillförs lokalerna.

I vissa fall nyttjas dessutom värmeåtervinningssystem som tillvaratar värme ur frånluften för att värma den uteluft som tillförs byggnaden via tilluftskanalerna.

Möjligheterna att minska energibehovet för värmning av ventilationsluft i förskolor är beroende av ventilationssystemets utformning och tillgången på disponibelt utrymme för kompletterande installationer. Av kostnadsskäl bör i första hand uteluftflödet om möjligt reduceras eventuellt i kombination med installation av ett återluftsystem. I andra hand installeras någon typ av värmeåtervinningsutrustning för att minska värmeinnehållet i den bortförda ventilationsluften. De praktiska och ekonomiska konsekvenserna av en sådan installation behandlas i kapitel 5.2.

Av stor betydelse för ventilationsvärmebehovet och även för energibehovet för uppvärmning av lokaler är att reglerutrustning finns installerad som anpassar luftflöden och temperaturer till de verkliga behoven. Det största energislöseriet inträffar om ventilationsanläggningen är i drift, då värmebehov föreligger, under tider då byggnaden ej nyttjas.

Energibehovet för belysning och motordrift av fläktar, pumpar m m kan endast begränsas genom att personalen ser till att belysningen ej är påslagen i outnyttjade rum samt genom att ventilations- och värmeanläggningarnas drifttider minimeras. Dessutom kan viss energivinst uppnås genom att energisnåla belysningsarmaturer nyttjas.

Energi för matlagning, disk och tvätt kan begränsas genom att spisar, disk- och tvättmaskiner samt torkskåp nyttjas rationellt. Energisnåla hushållsapparater, särskilt spisar bör eftersträvas vid nyinstallationer. Torkskåpen har den största energiförbrukning av de angivna apparaterna. Det är därför värdefullt om värmeenergin i torkskåpens frånluft kan återvinnas i ventilationsanläggningen.

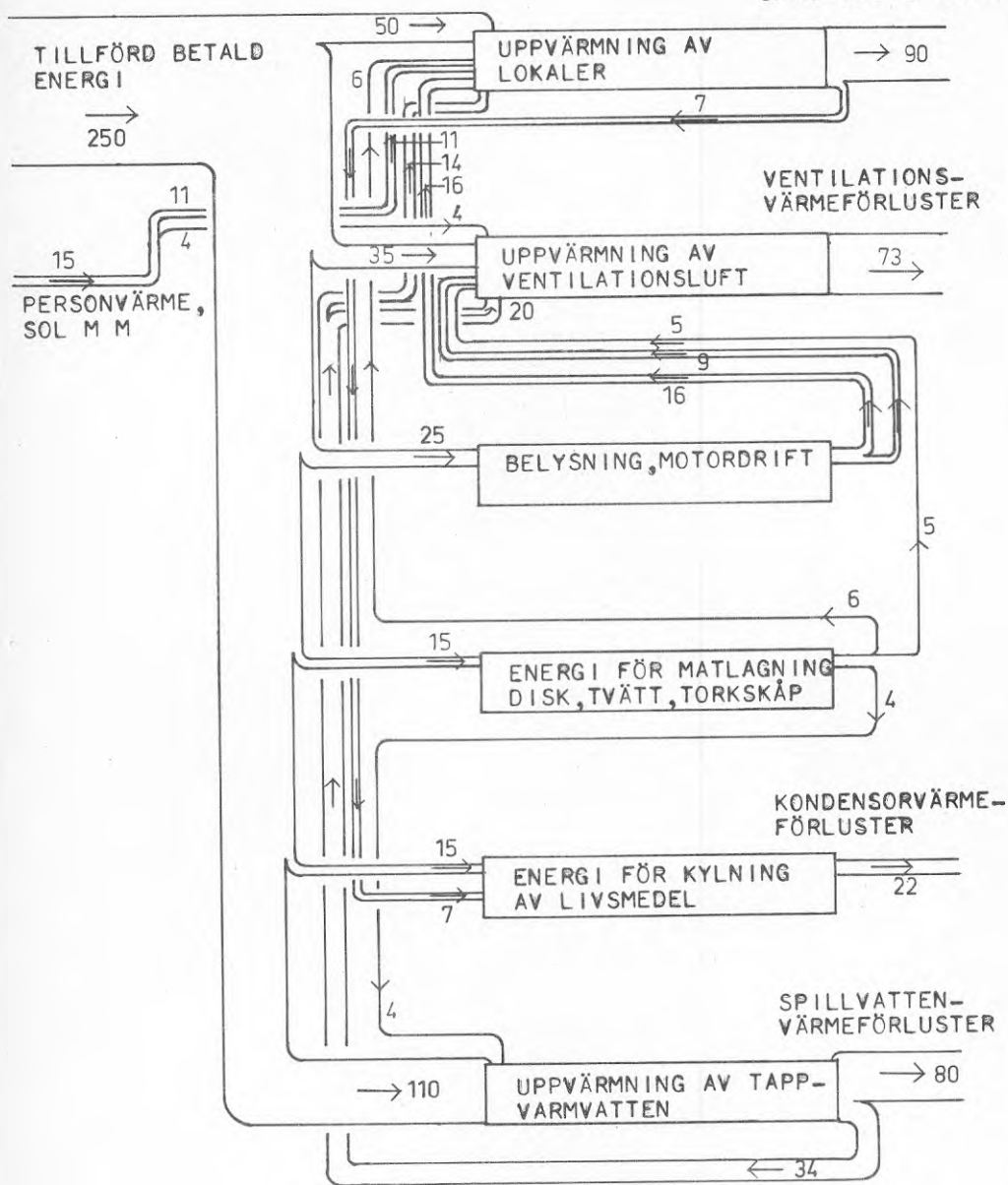
Energiförbrukningen för kylning av livsmedel kan endast begränsas genom att tillvarata kondensorvärmeförlusterna, t ex för värmning av tappvatten eller ventilationsluft. Detta behandlas i kapitel 5.3.

Energiförbrukningen för tappvarmvatten kan begränsas genom att verksamheten i förskolan särskilt vid vattenlek inriktas på sparsamhet med varmvattenförbrukning. Även vattensnåla tappventiler och blandare exempelvis självstängande varianter kan vara av betydelse för att reducera varmvattenförbrukningen.

För övrigt finns möjligheter att återvinna energi från spillvatten som lämnar byggnaderna, vilket behandlas i kapitel 5.4.

En annan möjlighet att spara betald energi är att delvis ersätta den med gratisenergi. Detta kan ske exempelvis genom installation av ett solvärmesystem eller genom olika värmepumpapplikationer. Dessa möjligheter behandlas i kapitel 4 respektive 6.

FÖRLUSTER GENOM
TRANSMISSION OCH
OFRIVILLIG VENT.



SKALA: 0 100 200 300 kWh/m² GOLVYTA, ÅR

Figur 3.3. Energiflöde i referensförskolan med golvytan 700 m² före installation av energibesparande system.

4 SOLVÄRME

4.1 Allmänna förutsättningar för solvärme

Solenergin tillförs jordatmosfären huvudsakligen som kortvågig strålning med en effekt motsvarande ca $1,35 \text{ kW/m}^2$. Till följd av reflexion och absorption i vattenånga (moln), koldioxid, föroreningar m m når endast i genomsnitt ca 60 % av energiflödet jordytan. Mot ett plan, vinkelrätt mot solinstrålningen, motsvarar den infallande solenergin således ca $0,8 \text{ kW/m}^2$.

Den solenergi som når jordytan utgörs dels av direkt strålning dels av s k diffus strålning (himmelstrålning).

Ca 40 % av den solenergi som årligen når jordytan i Sverige kommer från den diffusa strålningen. Vintertid, då solen står lågt, kan den diffusa strålningen mot jordytan molniga dagar t o m vara större än den direkta solstrålningen under klara dagar.

Principen för aktiva solvärmesystem bygger på att den instrålade solenergin insamlas med s k solfångare (solkollektorer, solvärme-mottagare) i vilka solenergin omvandlas till värme. Det finns två huvudtyper av solfångare, nämligen plana och koncentrerande (fokuserande).

Plana solfångare innehåller en absorbatör med cirkulerande värmebärare. Absorbatorn är ytbehandlad för att ge god energiupptagning. Bästa verkningsgraden uppnås med s k selektiva ytskikt som har lågt emissionstal och därmed liten reflexion av den mottagna solenergin. Sådant ytskikt medför dock högre solfångarkostnad. Framsidan av absorbatören är täckt med ett eller flera glas medan baksidan och kanterna är isolerade. Glasen minskar värmeförlusterna till omgivande luft men har bl a den nackdelen att en del av den inkommande strålningen reflekteras.

Värmebäraren är i de flesta fall vatten, med eller utan frysskyddsmedel (glykol). Även system med luft eller olja som värmebärare förekommer. Verkningsgraden hos solfångarna sjunker vid låga utetemperaturer till följd av värmeförlusterna. Maximalt kan ca 500 kWh/m^2 , år upptas i solfångare, vilket innebär att stora ytor erfordras.

De koncentrerande solfångarna är avsedda för den direkta solstrålningen som reflekteras i en vanligtvis parabolisk yta mot en absorbatör utförd exempelvis som ett rör. Glasning och isolering erfordras ej. Temperaturer på betydligt över 100°C kan erhållas på värmemediet. De koncentrerande solfångarna utförs oftast rörliga så att solens bana kan följas. Detta är av betydelse eftersom endast den direkta solstrålningen kan tillgodogöras. Härvid erhålls dessutom goda regleringsmöjligheter för att bl a undvika kokning vid energiöverskott, eftersom solfångaren kan stoppas så att solvärmemottagningen minskar. På grund av utformningen kräver dessa solfångare något mindre uppställningsyta än de plana solfångarna.

Plana solfångare kan tillgodogöra sig både direkt solstrålning och diffus solstrålning och är därför enligt ovan lämpliga i Sverige som har förhållandevis stor andel diffus solstrålning. Möjligheterna att installera denna typ av solfångare i förskolor studeras därför närmare.

4.2 Möjligheter till solfångarplacering

Plana solfångare kan placeras på byggnadernas tak, fasader eller på en ställning på marken. Fasadplacering har den nackdelen att lutningen mot horisontalplanet blir 90° , vilket ger förhållandevis liten solvärmemottagning per m^2 solfångaryta. Risken för skuggning från träd och angränsande byggnader är också stor vid detta monterings sätt. Markplacering möjliggör optimalt vald lutning och väderstrecksorientering. Däremot begränsar skuggor ofta solinstrålningen. Detta montagesätt kräver stor markyta, och rörkulvert till byggnaden. Det är dessutom en estetiskt mindre tilltalande lösning. Den lämpligaste placeringen av solfångare utgörs därför i de flesta fall istället av byggnadernas tak. Härvid erhålls normalt den skuggfriaste placeringen samtidigt som värdefull markyta ej tas i anspråk för installationerna.

Solfångarnas orientering är av stor betydelse för effektiviteten. Riktvärden för väderstrecksorienteringens inverkan för plana solfångare visas i tabell 4.1 nedan.

Tabell 4.1 Solfångarnas effektivitet vid olika orientering

Orientering	Relativ effektivitet
O	0,81
SO	0,95
S	1,00
SV	0,97
V	0,85

Orsaken till den något sämre effektiviteten vid östlig orientering jämfört med västlig orientering är att lufttemperaturen är lägre på förmiddagen än på eftermiddagen vilket ger högre värmeförluster från solfångarna.

Solfångarnas lutning mot horisontalplanet skall om möjligt väljas så att maximalt tillgodogjord energi erhålls under den del av året då anläggningen är i drift. Vid året-runt-drift ger, som framgår av tabell 4.2, lutningen i intervallet $30-60^\circ$ det bästa energiutbytet för en anläggning i Sverige.

Tabell 4.2 Solfångarnas effektivitet vid olika lutning

Lutning	Relativ effektivitet
0°	0,85
15°	0,93
30°	0,98
45°	1,00
60°	0,99
75°	0,95
90°	0,87

Vid enbart sommar drift minskar den optimala vinkeln till ca $20-40^\circ$.

Det lämpligaste monterings sättet vid takmontage är att placera solfångarna mot befintlig takyta. Vid montage på stativ fås nämligen problem med snöröjning och vindpåkänning m m och dessutom en sämre lösning från estetisk synpunkt. Vid montage mot takytan erhålls dock i de flesta fall en från solstrålningssynpunkt ogynnsammare lutning vilket reducerar det möjliga solvärmeutnyttjandet.

För att undersöka hur stor solfångaryta som är möjlig att utnyttja vid placering på förskolor har fem anläggningar med normal byggnadsutformning studerats. Takytor med riktning mot O-S-V är enligt ovan lämpliga att nyttja för solfångarplacering. Dessa ytor har uppmätts i de fem fallen. Med hänsyn till solfångarnas standardmått, övriga takinstallationer såsom takluckor, skorstenar, avloppsventilationsrör, stegar och bryggor måste den totala uppmätta ytan som är orienterad mot O-S-V reduceras med ca 50 % för att erhålla den för solfångare disponibla ytan.

För att kunna jämföra de fem förskolornas solfångarytor som har olika lutning och orientering har de disponibla ytorna omräknats med hjälp av tabell 1 ovan till motsvarande ytor med sydlig orientering. Dessa ytor har därefter omräknats enligt tabell 4,2 ovan till motsvarande takytor med lutningen 45° mot horisontalplanet. Resultatet av dessa beräkningar framgår av tabell 4.3 nedan.

Tabell 4.3 Solfångarytor som är möjliga att placera på de fem förskolornas tak.

nr	FÖRSKOLA		TAKYTA		SOLFÅNGARYTA MED OPTIMAL ORIENTERING	
	golvyta	bruttoyta	orientering	lutning	totalt per m ² golvyta	
1	740 m ²	380 m ²	VSV	27°	170 m ²	0,23 m ²
2	900 m ²	390 m ²	SV	15°	180 m ²	0,20 m ²
3	650 m ²	250 m ² 40 m ²	SO	10°	130 m ²	0,20 m ²
			SV	10°		
4	650 m ²	190 m ² 70 m ² 50 m ²	SO	22°	140 m ²	0,22 m ²
			SO	30°		
			SV	24°		
5	700 m ²	30 m ² 320 m ²	SO	22°	160 m ²	0,23 m ²
			SV	22°		

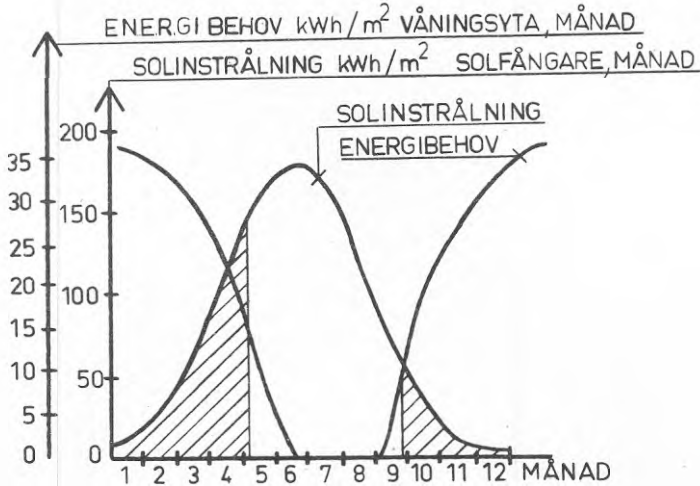
Av tabellen framgår att det är möjligt att placera solfångare på förskolornas tak motsvarande ca 0,2 m² solfångare med optimal orientering per m² golvyta.

Större solfångaryta erhålls om även markyta tas i anspråk för placeringen. Alternativt kan andra takytor nyttjas såsom tak över förrådsutrymmen, cykelparkering, lekhus m m. För att dessa solfångarplaceringar skall vara av intresse måste förutom goda mottagningsförhållanden för solvärme även möjligheterna vara gynnsamma att förlägga rörsystemet från solfångarna till värmecentralen i förskolebyggnaden. Långa markkulvertar medför, särskilt vid behov av sprängning sådana anläggningskostnader att solvär-

meanläggningens lönsamhet avsevärt försämras.

4.3 Solvärmertilämpningar

Solvärme är lämpligast att nyttja för tappvarmvattenvärmning. Orsaken är att tappvarmvattenbehovet är ungefär lika stort hela året varför endast dygnslagring av värme erfordras för att få ett gott energiutbyte. Om solvärme däremot skall nyttjas för byggnadsuppvärmning måste värme lagras avsevärt längre tid för att man skall uppnå god täckningsgrad. För att täcka hela uppvärmningsbehovet med solvärme krävs säsongslagring. Se figur 4.1.



Figur 4.1 Energibehovet för uppvärmning jämfört med total solinstrålning mot horisontell yta i Stockholm. (Skraferad del antas medverka till energibalansen). /3/

Solvärme kan t ex lagras i välisolerade vatten- eller stenlager som man sommartid värmer till maximalt ca 90°C. Då värmebehov uppstår tappas värme ur värmelagret via byggnadens värmesystem. Härvid kan i konventionella anläggningar ett temperaturfall ned till ca +50°C nyttjas. Vid lägre temperatur än ca 50°C innehåller värmelagret så lågvärdig värmeenergi att värmepump krävs för att man skall kunna tillgodogöra sig denna för annat uppvärmningsändamål än förvärmning av tappvatten.

Ett annat sätt att lagra solvärme är termokemisk värmelagring varvid värmelagringsmediets smältvärme eller reaktionsvärme nyttjas. Härvid sker värmeupptagning och värmeavgivning vid konstant temperatur, vilket är en fördel för energiutbytet. Om denna temperatur är nära rumstemperaturen blir dessutom värmeförlusterna mycket små. Denna form av värmelagring kan förväntas få stor betydelse i framtiden.

Tabell 4.4 visar vikt och volym hos värmelager av olika typ som innehåller samma mängd nyttig lagrad värmeenergi som förbränningsenergin i 1 m³ eldningsolja.

Tabell 4.4

Lagertyp	Vikt ton	Volym m ³
Sten $\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$	1100	400 (700 vid stenlager med porositet ca 40 %)
Vatten $\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$	200	200
Salhydratsmälta $\Delta t = 0^{\circ}\text{C}$	180	150
Kemisk värmepump $\Delta t = 0^{\circ}\text{C}$	30	30
Olja	1	1

För närvarande är det mycket kostsamt att installera värmelager för långtidslagring. P g a att lagringsvolymerna blir mycket stora är det dessutom för befintliga byggnader i de flesta fall mycket svårt att genomföra installationen av utrymmeskäl.

För referensförskolan gäller att energibehovet för uppvärmning är ca 140 MWh/år. Antag att ca 100 MWh solvärme måste kunna lagras för att täcka hela värmebehovet. Den tillgängliga temperatur-differensen mellan laddad och urladdad tank uppgår till ca 40°C. Detta innebär att en vattenvolym på drygt 2000 m³ erfordras för värmelagringen, exempelvis en kubisk tank med sidan ca 13 m. Den totala byggnadsvolymen för förskolan uppgår också till ca 2000 m³ varför värmelagret således skulle bli lika stort som förskolebyggnaden. Den erforderliga solfångarytan skulle bli ca 400 m².

Under mycket gynnsamma markförhållanden från hydrogeografisk och geologisk synpunkt är det möjligt att lagra solvärme säsongvis i mark i en anläggning med jordvärmepump. Denna form av värmelagring är ännu ej färdigutvecklad varför möjligheterna att tillämpa metoden idag är mycket små /9/.

Dygnslagring av värme för tappvarmvattenvärmning är således enklare att genomföra. I förskolorna sker ingen varmvattenförbrukning under veckohelger. Detta medför att, i de fall under sommaren då även fredagen, förutom lördagen och söndagen, har stor solvärmestrålning, veckohelgens solvärme ej kan ackumuleras p g a att värmelagret är fullt. För att noggrant utreda dimensionsproblematiken erfordras beräkningar där hänsyn tas bl a till anläggningens verkningsgrad vid olika ackumuleringsvolymmer och lika energipriser. Utökning av värmelagret av denna anledning bedöms dock ej motiverad p g a att den extra volymen endast utnyttjas vid ett fåtal tillfällen under året.

Solvärmeanläggningar med gynnsamt orienterade solfångare kan ge ett energitillskott som motsvarar 40-50 % av den årliga tappvarmvattenenergin vid bostäder. Bostädernas tappvarmvattenförbrukning sker till stor del på kvällstid. Detta innebär att energiuttaget endast till en mindre del sker under solperioden.

I förskolor sammanfaller däremot förbrukningen väl med solvärmetillförseln vilket är gynnsamt eftersom lagringsförluster och solfångartemperatur blir lägre. Den lägre solfångartemperaturen medför högre verkningsgrad hos solfångarna. Av dessa anledningar

är det rimligt att anta att åtminstone 50 % av årsbehovet för tappvarmvattenvärmning kan täckas med solenergi om anläggningen dimensioneras som en solvärmeanläggning för bostäder.

Om man som förenkling antar att anläggningen dimensioneras som för ett bostadshus innebär detta att en ackumulatorvolym på ca 30 l krävs per dagligen förbrukad kWh. Detta motsvarar för förskolan ca 13 l/m² golvyta. Vidare bör varje liter ackumulatorvolym motsvaras av 0,023 m² solfångaryta varför den för förskolorna önskvärda solfångarytan uppgår till ca 0,3 m²/m² golvyta.

I avsnitt 4.2 konstaterades att det var möjligt att placera endast ca 0,2 m² solfångare per m² golvyta på förskolornas tak. Den erforderliga ytan för att få en gynnsamt dimensionerad anläggning för tappvarmvatten kan erhållas genom att andra placeringsmöjligheter än takytor nyttjas för solfångare.

Det årliga energitillskottet som kan erhållas från en solvärmeanläggning med 0,2 m² solfångare per m² golvyta bedöms uppgå till ca 40 kWh/m², år vilket motsvarar en täckningsgrad på ca 35 %. Den "optimala" anläggningen ger ca 55 kWh/m², år, vilket motsvarar täckningsgraden ca 50 %.

4.4 Kostnader

Anläggningskostnaden för solvärmeanläggningar i bostadshus för tappvarmvatten uppgår till 10-15 kr per kWh under ett år inbesparad betald energi /2, 4/. Den högre kostnaden motsvarar härvid installation i befintlig byggnad.

Som ett riktvärde nyttjas i denna utredning 13 kr/kWh, eftersom kostnaden för en solvärmeinstallation i en förskola bör överensstämma ganska väl med kostnaden för motsvarande installation i ett bostadshus.

5 ENERGIÅTERVINNING

5.1 Allmänt

I det följande behandlas olika metoder att tillvarata energi som bortförs från byggnaden med ventilationsluften och spillvattnet samt från kylanläggningens kondensor.

I samtliga fall gäller förutsättningarna för referensförskolan enligt kapitel 3.

5.2 Återvinning av ventilationsvärme

Som tidigare redovisats uppgår uteluftflödet i en förskola minst till ca $0,8 \text{ l/s, m}^2$. Motsvarande luftflöde bortförs från byggnaden som uppvärmd frånluft, vilken till följd av intern värme- och fukttilförsel har högt energiinnehåll. Som framgår av kapitel 3 tillförs ventilationsluften ca $35 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ betald energi. Den avgående frånluften innehåller totalt ca $73 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$.

Frånluftens värmeinnehåll kan delvis tillvaratas för värmning av uteluft som skall tillföras byggnaden eller för förvärmning av tappvarmvatten. Enligt Svensk Byggnorm 1975 krävs sådana åtgärder om den bortförda frånluftens värmeinnehåll överstiger uteluftens värmeinnehåll med mer än 50 MWh/år under den del av året då värmebehov föreligger.

En möjlighet att tillvarata värme ur frånluften är att installera ett återluftssystem varvid en del av frånluften återförs och inblandas i tilluften. Om frånluftens temperatur överstiger $+20^\circ\text{C}$ erhålls nämligen på detta sätt uppvärmning av tilluftens uteluft-del. Eftersom endast temporärt överskottsvärme kan tillvaratas anses dock denna installation ej motsvara ett återvinningssystem enligt kraven i Svensk Byggnorm.

Genom att variera återluftsgraden från 0 % till 75 % erhålls följande fördelar:

- Energibesparing som under gynnsamma omständigheter klarar hela ventilationsvärmebehovet. Detta inträffar exempelvis under tider då utelufttemperaturen är högre än ca $\pm 0^\circ\text{C}$ och den interna värmeutvecklingen till följd av belysningen är hög.
- Övertemperaturer i rummen undviks utan fönstervädring, särskilt sommartid eftersom uteluftflödet blir stort vid liten eller ingen återluftkörning.

Nackdelar med återluftssystemet är:

- Stora luftflöden skall omsättas vilket kan ge dragproblem i vissa fall.
- Fläktarnas energibehov ökar.
- Risk för återföring av föroreningar.

Energibesparingen är helt beroende av samtidigheten hos värmeöverskottet och ventilationsvärmebehovet. Det största värmeöverskottet

kommer från belysningsanläggningen. Eftersom utelek är en viktig del av verksamheten kommer sålunda energiåtervinningen med återluft att huvudsakligen begränsas till de tider då barnen vistas inne och belysningen är påslagen.

En annan möjlighet att tillvarata energi ur frånluften är att installera ett system för värmeåtervinning. Härvid sker värmeåtervinning kontinuerligt så länge värmebehov föreligger.

Återvinning av värme för värmning av uteluften är gynnsammare än tappvarmvattenvärmning. Dels finns flera sådana system på marknaden vilket ej är fallet för tappvattenförvärmningssystem. Dels krävs inget värmelager eftersom till- och frånluftflödena är samtidigt, vilket däremot ej är fallet för det konstanta frånluft- och det varierande tappvarmvattenflödet.

Följande principutförande av systemen förekommer då frånluftens värmeinnehåll nyttjas för värmning av ventilationssystemets uteluft:

- Motströms eller korsströms värmeväxlare där värmnet överförs genom en vägg av exempelvis aluminiumplåt.
- Korsströms värmeväxlare där värme och fukt överförs genom att frånluft respektive tilluft med hjälp av ett spjällarrangemang växelvis passerar ett lamellpaket.
- Värmeväxlare med roterande värmeväxlarkropp i form av ett hjul genom vilket från- och uteluft leds axiellt. Den halva av hjulet som befinner sig i frånluften värms och, om hjulet är uppbyggt av hygroskopiskt material, upptar den även fukt. Värme- och fuktavgivning sker därefter till uteluften då hjulet roterar.
- Värmeväxlare med tvåfasmedium. Frånluften värmer och förångar ett hermetiskt inneslutet medium. Uteluften leds genom den del av värmeväxlaren som innehåller gasfasen varvid kondensation och återvinning av ångbildningsvärme sker.
- Tvådelad värmeväxlare med indirekt värmeöverföring. Värme upptas i ett i frånluften placerat kylbatteri och avges via ett värmebatteri i uteluften. Värmetransporten mellan batterierna sker medelst vatten med frostskyddande tillsats, varvid ett rörsystem med cirkulationspump erfordras.
- Värmeväxling med värmepump. Värme upptas i ett i frånluften placerat kylbatteri och avges via ett värmebatteri i uteluften. Värmetransporten sker med köldmedium.

Vilken av ovanstående principer som bör väljas i det enskilda fallet är bl a beroende på byggnadens och ventilationskanalernas utformning. Vissa lösningar kräver att både till- och frånluftskanalerna passerar återvinningsaggregatet. Detta gäller värmeväxlare för direkt värmeöverföring genom avskiljande vägg, värmeväxlarkropp eller tvåfasmedium.

I de fall kanaldragningen skulle kompliceras avsevärt genom denna återvinningsinstallation kan istället tvådelad värmeväxlare väljas där antingen värmetransporten sker via ett rörsystem med vatten eller värmeväxling sker med värmepump via ett rörsystem

med köldmedium.

Återvinning med värmeväxlare med roterande värmeväxlarkropp kan i vissa fall medföra problem genom hög halt av föroreningar ex formaldehyd i rumsluften. Detta har konstaterats vid ett antal förskolor och skall uppmärksammas vid val av installationssystem och byggnadsmaterial.

Det årligen återvunna frånluftsvärmet varierar något mellan de olika principerna. En rimlig årsverkningsgrad för värmeåtervinningsanläggningen är ca 85 %, vilket innebär att ca 30 kWh/m²,år tillvaratas ur frånluften varvid endast 5 kWh/m²,år betald energi måste tillföras. Med årsverkningsgrad menas här den under året ur frånluften återvunna värmeenergin dividerad med det totala behovet av betald energi för värmning av tilluften.

Kostnaden för installation av en värmeväxlare med roterande värmeväxlarkropp i referensförskolan uppgår till ca 35.000 kr om kanalsystemet möjliggör en enkel installation. Motsvarande installation av värmeåtervinningsutrustning med värmepump uppgår till ca 80.000 kr. Eftersom energibesparingen blir ungefär lika stor i båda fallen är värmepumpalternativet ej intressant. Den möjlighet till komfortkyla sommartid som värmepumpen medger kan ej till fullo nyttjas i denna typ av byggnader, eftersom verksamheten sommartid är förlagd utomhus.

Investeringskostnaden dividerad med den årliga inbesparade betalda energin uppgår till ca 1,7 kr/kWh vid återvinning av värme ur frånluften som nyttjas för förvärmning av tilluften. Härvid har installation av en värmeväxlare med roterande värmeväxlarkropp enligt ovan förutsatts.

Som tidigare påpekats är värmeåtervinning ur frånluften för att förvärma tappvarmvatten ej lönsamt i jämförelse med förvärmning av tilluft p g a att flödena ej är simultana och att färdigutvecklade system saknas.

5.3 Återvinning av kylkondensorvärme

Kylanläggningen i referensförskolan omfattar kylt förråd, kyl- och avsvälningsskåp samt frysskåp i köket. Anläggningen förbrukar enligt kapitel 3.8.6 i genomsnitt 15 kWh/m²,år elenergi för att klara nettokyleffekten ca 7 kWh/m²,år. Kylanläggningens kondensor avger således ca 22 kWh/m²,år.

Kylkondensorvärme kan delvis tillvaratas för värmning av ventilationsluft eller tappvarmvatten. Figur 5.1 och 5.2 visar exempel på principkopplingar.

Återvinning av kondensorvärme för värmning av tilluften i ventilationssystemet nyttjas i bl a varuhus, och datorhallar. En sådan anläggning skulle för referensförskolan ge en återvinning på ca 20 % vilket innebär ca 4,0 kWh/m²,år. Den relativt låga återvinningsgraden beror dels på att ventilationsvärmebehov endast föreligger ca 1950 h/år, dels på att återvinning av reglertekniska skäl endast kan ske under de tidsperioder då hela kondensorvärmeeffekten kan tillvaratas av det i ventilationsluftströmmen placerade batteriet. Luftens temperaturhöjning i batteriet blir ca 3°C. Se figur 5.1.

I det fall både system för värmeåtervinning ur frånluften, enligt kapitel 5,2, och kylkondensorvärmeåtervinning installeras för värmning av tilluften minskar återvinningsgraden för vardera systemet. Denna kombination bör därför undvikas. Kostnaden för kylkondensorvärmeåtervinningen uppgår för referenshuset till ca 15.000 kr, vilket dividerat med den årliga energibesparingen blir 5,4 kr/kWh.

En högre värmeåtervinningsgrad än ovan erhålls om kylkondensorvärmnet istället återvinns för förvärmning av tappvarmvatten enligt figur 5.2. Om en värmeackumuleringsstank med volymen endast ca 100 l installeras kan återvinningsanläggningen utnyttjas ca 3000 h/år. Ackumuleringsstanken "rymmer" en timmes kylkondensorvärme utan varmvattentappning innan maximalt ca +25°C har uppnåtts. Den återvunna energimängden blir för referensförskolan ca 7 kWh/m², år vilket motsvarar en återvinningsgrad av ca 30 %.

Ett alternativt utförande med en ackumuleringsstank på ca 1,2 m³ skulle ge en ökning av den årligen nyttiggjord energin till ca 12 kWh/m², år, vilket motsvarar återvinningsgraden ca 55 %. Härvid kan det under nattetid avgivna kondensorvärmnet lagras i tappvarmvatten som tappas påföljande dag.

System för förvärmning av tappvarmvatten med kylkondensorvärme finns endast installerad i ett fåtal anläggningar dock ej förskolor. Kostnaden för installation i referensförskolan med en ackumulator på 100 l, bedöms uppgå till ca 15.000 kr, vilket ger en kostnad av 3,1 kr för varje årlig inbesparad kWh.

Kostnaden för denna anläggningsvarianten med en tank på 1,2 m³ ligger i storleksordningen 20.000 kr eller 2,4 kr/kWh, vilket pekar på att en stor tank bör väljas vid återvinning av kylkondensorvärme.

5.4 Återvinning av spillvattenvärme

Den största delen av den tillförda betalda energin till en förskola nyttjas för värmning av tappvarmvatten, se figur 3.3. Som framgår av de allmänna förutsättningarna, kapitel 3, är möjligheterna att minska varmvattenförbrukningen begränsade eftersom bl a vattenlek utgör ett allt viktigare inslag i förskolornas verksamhet. Ca 30 % av tappvarmvattenvärmnet avges direkt som värmeförluster till byggnaden, varför eventuell återvinning avser de ca 70 % av den tillförda energin som återstår vilket motsvarar ca 80 kWh/m², år.

Genom att installera en spillvattenvärmeväxlare kan en del av spillvattnets värmeinnehåll tillvaratas för förvärmning av tappvarmvatten. Föroreningarna utgör ett problem med sådana installationer i spillvattennätet. De värmeöverförande ytorna blir lätt försmutsade vilket försämrar värmeövergången. Av denna anledning har denna princip för värmeåtervinning hittills endast utnyttjats för det relativt rena spillvatten som avledds från badanläggningars duschar o d.

Problemet med föroreningarna minskar om man avleder spillvatten från WC separat förbi värmeåtervinningsutrustningen och endast tar tillvara värme från tvättställ, badkar, duschar och kök. En ytterligare fördel med denna separering är att temperaturen på

det utnyttjade spillvattnet blir högre, eftersom det kalla spolvattnet avleds vilket höjer anläggningens verkningsgrad. Även köksvattnet medför dock problem med föroreningar p g a fettinnehållet.

I förskolor är normalt våtrummen samlade i ett par grupper vilket är en fördel då separata ledningar med spillvatten av olika typ skall byggas, eftersom rörledningslängden begränsas. Separeringen bör dock ske redan vid projekteringen eftersom komplettering av spillvattensystemet i en färdig byggnad i de flesta fall är mycket kostnadskrävande.

Med anledning av de stora besparingsmöjligheterna denna återvinningsform erbjuder pågår utvecklingsarbete med avsikt att finna lämpliga konstruktioner för tillvaratagande av spillvattenvärme. Det är därför sannolikt att det inom ett par år finns färdiga produkter att installera exempelvis i förskolor.

Återvinningsgraden uppgår till ca 30 % i befintliga badvattenvärmväxlare vilket sannolikt även bör gälla för de färdigutvecklade spillvattenvärmväxlarna, Besparingen blir då ca 25 kWh/m^2 , år.

Kostnaden för en värmväxlare för en duschanläggning med maximalt spillvattenflöde 4 l/s uppgår till ca 30.000 kr. För referensskolan blir det dimensionerande flödet ca 2 l/s men med hänsyn till det mer förorenade vattnet kommer sannolikt kostnaden för en värmväxlarinstallationen ändå att uppgå till minst duschvärmväxlarens kostnad, d v s 30.000 kr. Kostnaden per årlig inbesparad kWh blir då av storleksordningen 1,7 kr/kWh.

Tappvattnets temperaturhöjning blir ca 10°C .

Ett tänkbart alternativ till denna återvinningsanläggning är att installera en anläggning med värmepump som klarar hela värmebehovet. Med en värmefaktor hos värmepumpen på ca 3,0 återvinns ca 90 % av spillvattenvärmet. Kostnaden för en sådan anläggning är för närvarande svår att uppskatta då ingen liknande anläggning finns utförd.

5.5 Utvärdering av de olika energibesparande åtgärderna

Av de behandlade återvinningsformerna utgör värmeåtervinning ur ventilationsluften den fördelaktigaste installationen. Härvid sparas ca 30 kWh/m^2 , år betald energi, vilket för referensförskolan motsvarar 21.000 kWh/år. Investeringskostnaden uppgår till ca 1,7 kr/kWh för under ett driftår inbesparad energi. En stor fördel med denna återvinningsform är att färdigutvecklade komponenter finns att tillgå på marknaden.

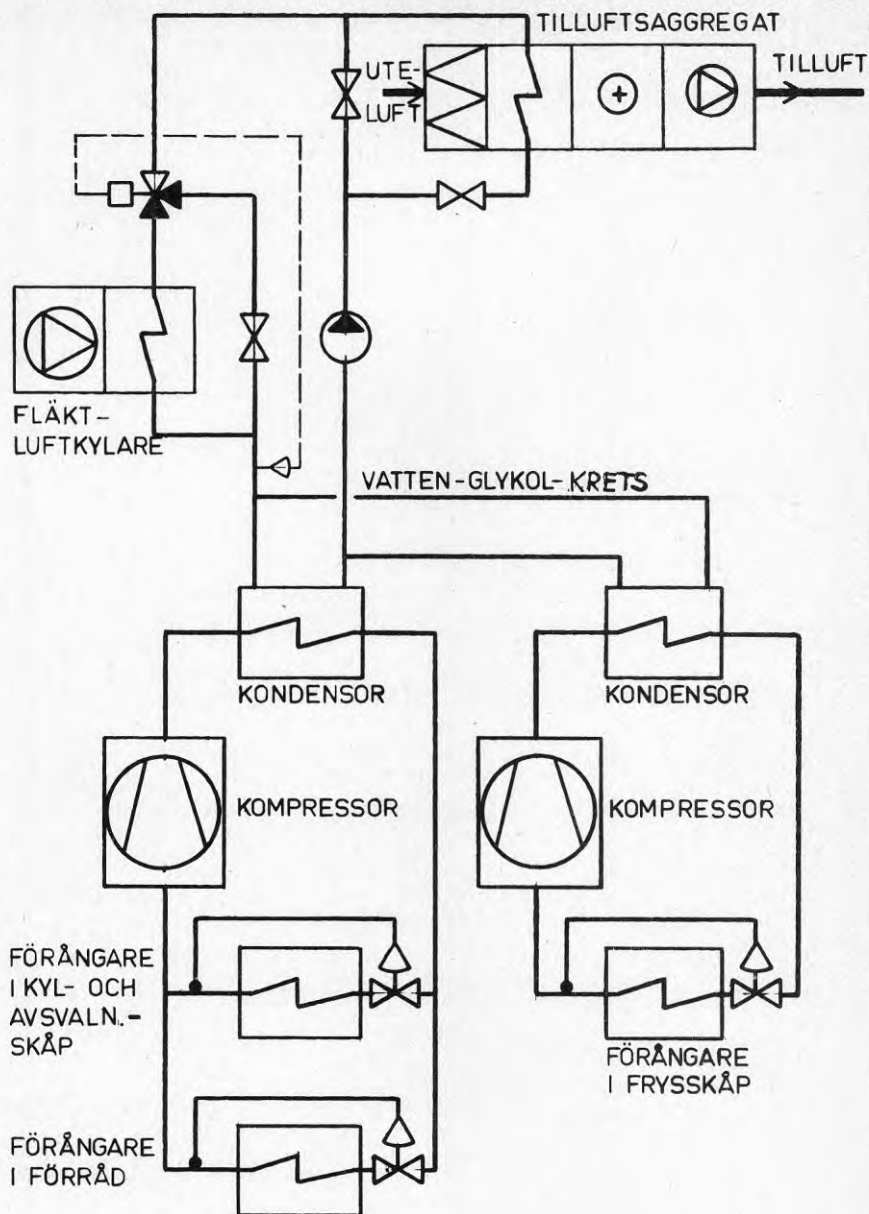
Återvinning av spillvattenvärme ger något mindre inbesparing än ventilationsvärmeåtervinning, ca 25 kWh/m^2 , år, vilket för referensförskolan motsvarar ca 17.500 kWh/år. Investeringskostnaden är svår att uppskatta p g a att färdigutvecklade komponenter saknas. Kostnaden per årlig inbesparad kWh kommer dock sannolikt att vara av storleksordningen 1,7 kr/kWh. Eftersom den erforderliga återvinningsutrustningen saknas är denna återvinningsform ej möjlig att tillämpa i de förskolor som idag uppförs. Däremot är det sannolikt att de får stor betydelse för driftkostnaderna

för 80-talets förskolor.

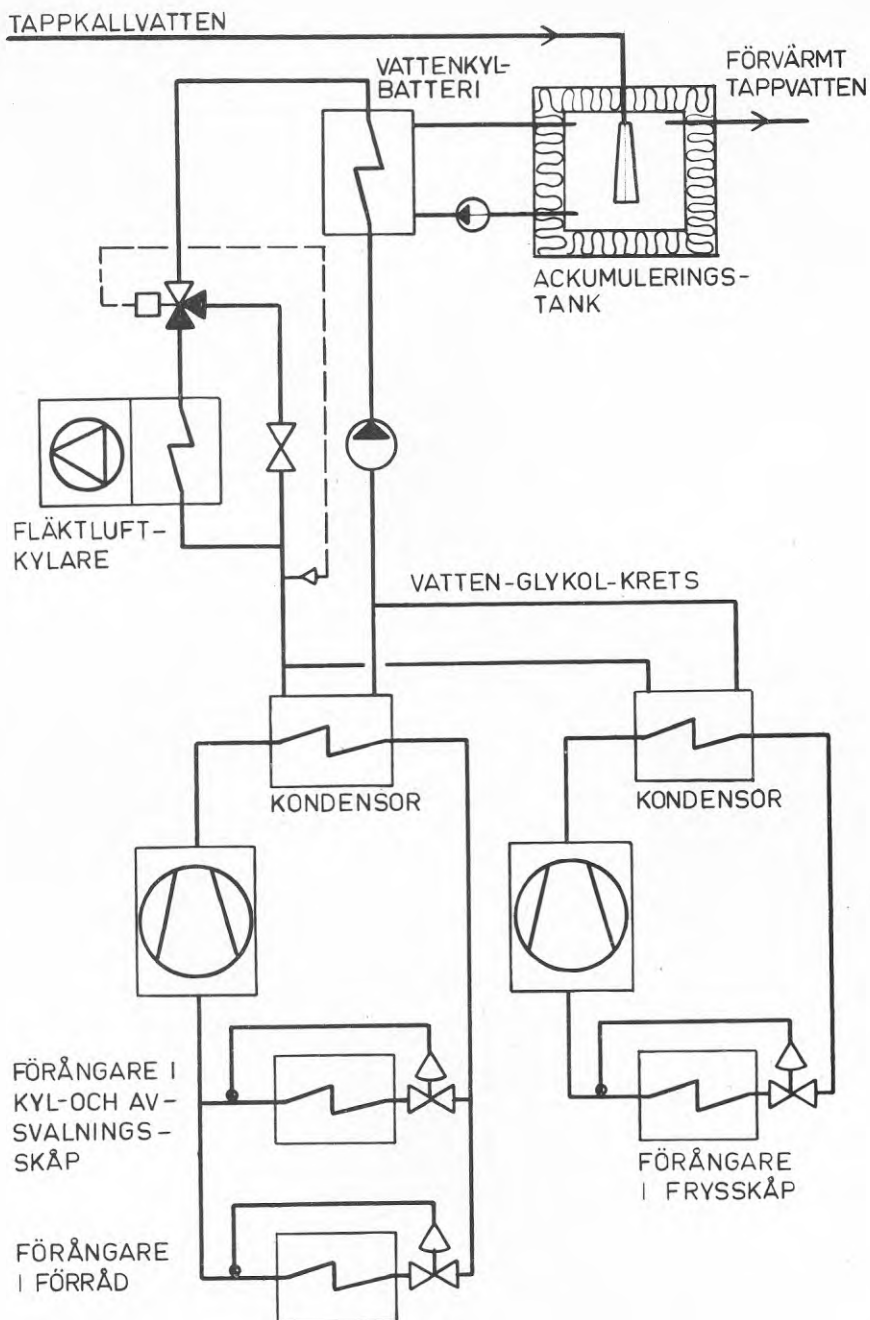
Återvinning av kylkondensorvärme kan ske med standardkomponenter.

Ca 12 kWh/m²,år kan återvinnas för tappvarmvattenförvärmning.

Detta motsvarar för referensförskolan ca 8000 kWh/år. Investeringskostnaden per årlig inbesparad kWh uppskattas till ca 2,4 kr/kWh, vilket är högre än för de övriga återvinningsalternativen.



Figur 5.1. Återvinning av kondensorvärme för förvärmning av ventilationsluften.



Figur 5.2. Återvinning av kondensorvärme för förvärmning av tappvarmvatten.

6 UPPVÄRMNING MED VÄRMEPUMP

6.1 Allmänt

Energibehovet för uppvärmning och tappvarmvatten kan reduceras genom att installera en värmepump som tillför gratisenergi från omgivningen.

Värmepumpen överför värme från en lägre till en högre temperaturnivå. För detta krävs att man tillför högvärdig drivenergi, i de flesta fall elenergi. När värmepumpen används för uppvärmning tar den värme ur exempelvis marken eller uteluften, och lyfter den till en temperatur som möjliggör utnyttjande till uppvärmning av lokaler och tappvarmvatten. Den avgivna energin består dels av den av värmepumpen upptagna lågvärdiga gratisenergin dels av den tillförda högvärdiga betalda drivenergin.

En för värmepumpens driftsekonomi viktig egenskap är den s k värmefaktorn som anger förhållandet mellan avgiven energi och tillförd drivenergi (elenergi). En hög värmefaktor anger att värmepumpen klarar av uppvärmningen med ett litet behov av köpt energi, alltså en låg energikostnad.

För att kunna bedöma om det är möjligt att använda ett uppvärmningssystem med värmepump måste såväl energibehovet som effektbehovet vara känt. Referensförskolans uppvärmning tillgodoses dagtid nästan helt genom personvärme, sol, belysning och värme från kök och tvättstuga. Av uppvärmningssäsongens 5700 h i Stockholmstrakten återstår därför endast ca 3750 h under vilka radiatorerna måste upprätthålla rumstemperaturen. Medeleffektbehovet under denna tid är ca 9 kW. Under uppvärmningssäsongen i Stockholm råder medeltemperaturen ca +2°C. Den dimensionerande lägsta utemperaturen är -18°C, vilket ger det dimensionerande effektbehovet för radiatorvärme ca 30 kW.

Värme tillförs ventilationsluften i tillluftsaggregatet under 1950 h/år vilket ger en medeleffekt av 13 kW och en dimensionerande effekt av 33 kW vid -18°C utetemperatur.

Varmvattenberedningens teoretiskt lägsta effektbehov erhålls om värmertilförseln kan ske jämnt fördelad på hela dygnet under de dygn på året då förskolan är öppen, dvs 250 dagar x 24 h = 6000 h/år. Under dessa förutsättningar krävs 13 kW värmeeffekt och att man kan lagra halva dygnsförbrukningen. Skall varmvatten beredas endast under dagen krävs 50 kW installerad värmeeffekt. Används konventionella energikällor med varmvattenberedare av genomströmningstyp installeras den högre effekten och varmvatten bereds endast under dagen.

Värmepumpen har jämfört med andra uppvärmningssystem hög installationskostnad och låg driftkostnad. För att anläggningen skall bli lönsam krävs därför lång drifttid per år. Värmebehoven i förskolebyggnader är, som framgår av förutsättningarna, ojämnt fördelade under dygnet. Det är därför ej realistiskt att installera en värmepump för endast tappvattenvärmning, ventilationsluftvärmning eller lokaluppvärmning. Däremot förefaller kombinationen tappvarmvatten och radiatorvärmning fördelaktig. Värmepump för värmning av ventilationluften kan endast vara intressant vid återvinning av värme ur frånluften vilket behandlades i kapitel 5.2.

Olika systemlösningar med värmepumpar är tänkbara. Nedan behandlas endast ytjordvärme- och uteluftenergivärmepumpar eftersom komponenter finns färdigutvecklade för dessa användningsområden. Utveckling pågår av bl a system med djupjordvärmepumpar och värmepumpar med solvärmeupptagande förångare. Dessa lösningar kan bli intressanta för applikation i förskolor inom några år.

I exemplen nedan har förutsatts att värmepumpen skall täcka hela energibehovet för lokaluppvärmning och tappvarmvattenberedning. Alternativa lösningar är möjliga då värmepumpen endast dimensioneras för en del av maximala värmebehovet varvid tillsatsvärme erfordras vid stora värmeuttag. Värmepumpens investeringskostnader skulle då bli lägre medan driftkostnaderna skulle öka till följd av att en mindre andel gratisenergi tillgodogörs.

6.2 Ytjordvärme

Ytjordvärmesystem som idag vid gynnsamma markförhållanden tillgodoser hela energibehovet för uppvärmning och tappvarmvattenberedning för småhus är av intresse även för förskolebyggnader. Systemet innebär att en värmepump installeras i byggnaden vars kondensor avger uppvärmningsenergi. Förångaren får sin energitillförsel ur marken via en nedgrävd slang med ett cirkulerande medium, oftast vatten-glykol-blandning. Slangen placeras 1,0-1,5 m under markytan och upptar härigenom solvärme som till största delen tillförts marken under sommaren. Förångningstemperaturen varierar ganska lite under året vilket är en stor fördel för värmepumpdriften.

En villa med energibehovet ca 20 MWh/år erfordrar 300-400 m slang fördelad på ca 600 m² markyta. Referensförskolans energibehov för tappvarmvatten- och lokaluppvärmning uppgår enligt kapitel 3 till ca 112 MWh/år. Detta innebär att det skulle erfordras ca 2000 m slang på en yta av ca 3500 m². Förskolor av referensförskolans storlek har normalt en tomtyta på ca 4000-6000 m². Av denna yta upptas ca 2000 m² av byggnader, vägar och andra svårutnyttjade markytor. Återstående ca 2000-4000 m² markyta skulle möjliggöra en energitillförsel av ca 70-130 MWh/år. Detta innebär att det totala värmeenergiebehovet för tappvarmvatten och lokaluppvärmning kan täckas vid gynnsamma markförhållanden och stora disponibla markytor.

Om värmepump nyttjas för lokaluppvärmning kan energibehovet i referensförskolan reduceras med 21 MWh/år från ca 35 MWh/år till ca 14 MWh/år vid en värmefaktor hos värmepumpen på 2,5. Härvid förutsätts att byggnadens värmesystem är av lågtemperaturtyp vilket innebär att framledningstemperaturen ej överstiger ca +50°C. I annat fall kan ej värmepump nyttjas.

Energiebehovet för tappvarmvatten kan reduceras från 77 MWh/år till ca 31 MWh/år d v s med 46 MWh/år för referensförskolan vid installation av värmepump.

Värmepumpen dimensioneras för det maximala transmissionsvärmebehovet 30 kW, som förekommer nattetid då ingen varmvattentappning sker. För att klara det momentana tappvarmvattenbehovet till följd av vattenlekverksamheten installeras en förrådsberedare på ca 1,5 m³, varför värmepumpen ej behöver dimensioneras med hänsyn till varmvattenbehovet.

Kostnaden för en värmepumpinstallation med effekten 30 kW som ger energibesparingen på ca 67 MWh/år för referensförskolan uppgår till ca 90.000 kr, vilket motsvarar ca 1,3 kr/kWh för den under ett år inbesparade energin.

6.3 Uteluftenergi

Uteluften är en ofta utnyttjad värmekälla för värmepumpar. De låga utelufttemperaturerna medför dock vintertid att värmepumpens värmefaktor och effekt sjunker. Vid temperaturer under ca -5°C är värmefaktorn hos vissa värmepumpar så dålig att driften ej är motiverad. Härvid får exempelvis elenergi nyttjas som tillsatsenergi.

Uteluftvärmepumpar kan avge värme direkt både till luft och vatten. De som avger värme till luft används normalt för att värma ventilationsluften eller ingå i ett system för varmluftuppvärmning. Det är härvid fördelaktigare att nyttja frånluften som värmekälla vilket sålunda resulterar i en värmeåtervinningsinstallation. Se kapitel 5.2.

Uteluftvärmepumparnas värmefaktor uppgår i genomsnitt under året till ca 2,0, vilket innebär att behovet av betald energi minskar till ca hälften. För lokaluppvärmning och tappvarmvattenberedning blir således energibesparingen ca 17 MWh/år respektive ca 39 MWh/år.

Anläggningskostnaden för uteluftvärmepumpar för vattenburet värmesystem uppgår till ca 2,0 kr/kWh för årlig inbesparad energi. Detta skulle resultera i en anläggningskostnad för referensförskolan på ca 110.000 kr. Om byggnaden är utrustad med ett luftburet värmesystem blir kostnaden lägre.

6.4 Utvärdering av värmepumpalternativen

Värmepumpalternativet med ytjordvärme är fördelaktigare än uteluftenergialternativet. Värmebehovet klaras med värmepumpen även vid låga utetemperaturer vilket är värdefullt särskilt vid el eller fjärrvärme som tillskottsenergi eftersom den abonnerade effekten begränsas. Gratisenergin vid ytjordvärme uppgår till ca 67 MWh/år mot 53 MWh/år vid uteluftenergi. Investeringskostnaden uppgår till ca 1,3 kr/kWh för en ytjordvärme och ca 2,0 kr/kWh för en uteluftenergianläggning.

7 BYGGNADSTEKNISKA EGENSKAPER

7.1 Allmänt

Som framgår av energibalansen, figur 3.3, är den interna värmeutvecklingen mycket stor i referensförskolan. Sålunda avges till byggnaden, ca $34 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ från tappvarmvattnet, ca $25 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ från installerade belysningsarmaturer samt ca $11 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ från hushållsapparater. Från personer och inläckande solenergi fås ett tillskott på ca $15 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Totalt tillförs således byggnaden ca $85 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ okontrollerad energi varav ca $70 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ utgörs av betald energi.

Det är angeläget att kunna tillgodogöra sig det stora energiflöde som är en följd av den interna värmeutvecklingen istället för att ventileras bort det från byggnaden. Om detta vore möjligt skulle energiförbrukningen i en referensförskola, utan någon annan energibesparande installation, kunna reduceras med ca 15 %.

7.2 Värmelagringsegenskaper

Den okontrollerade värmeutvecklingen sker till den allra största delen under den tid då förskolan är öppen. Övriga tider tillförs förskolan betald energi för att täcka förlusterna genom värmetransmission och ofrivillig ventilation. Det skulle således vara av stor betydelse om överskottsvärme kunde lagras dagtid för att kunna användas nattetid för uppvärmningsändamål.

För referensförskolan gäller att vid årsmedeltemperaturen, ca $+20^\circ\text{C}$, bortförs per dygn 200 kWh via ventilationssystemet. Nattetid måste ca 100 kWh tillföras för att täcka förlusterna. Värmebehovet nattetid motsvarar således ca 50 % av energiöverskottet dagtid.

Genom att lagra en del av överskottsvärmet dagtid för att nyttjas för uppvärmning nattetid skulle byggnadens årsvärmebehov för transmission och ofrivillig ventilation kunna reduceras avsevärt. Värmelagringen skulle möjliggöras om byggnaden utfördes av material med hög specifik värmekapacitet. Värmelagringsförmågan kan ytterligare förbättras t ex genom att den övertempererade frånluften får passera ett hålbjälklag som uppvärms av den förbiströmande luften. Resterande överskottsvärme i frånluften kan där efter eventuellt avges i en värmeväxlare för värmning av tilluft enligt kapitel 5.2.

Hög värmekapacitet medför även lägre maximitemperaturer sommardag vilket är en ytterligare fördel.

Ett alternativ till lagring i byggnadsstommen, som dessutom har den fördelen att det kan nyttjas i befintliga byggnader, utgörs av byggplattor avsedda för termokemisk värmelagring. Dessa kan monteras som takplattor exempelvis i ett undertak eller på vägarna. En typ av sådana plattor som idag finns på marknaden innehåller ett salt som smälter vid $+23^\circ\text{C}$ och härvid upptar smältvärme. Då temperaturen åter sjunker under $+23^\circ\text{C}$ avges smältvärmesmet till rummet. Enligt tillverkaren kan ca $1,0 \text{ kWh}$ lagras per m^2 vilket skulle innebära att värmebehovet nattetid klaras under större delen av året utan tillsatsenergi, när förskolan har

varit öppen på dagen.

7.3 Byggnadens utformning och orientering

Överslagsberäkningar visar att byggnadskroppens väderstrecksorientering, exempelvis vid en långsmal byggnad, har mycket liten betydelse för dess energihushållning om fasaderna har ungefär lika utformning. Den passiva solvärmeinstrålningen påverkas ej nämnvärt.

Däremot är det av betydelse att de delar av byggnaden som har största värmeöverskottet orienteras mot O-N-V så att värmeöverskottet ej ökar ytterligare till följd av solinstrålning. Detta skulle innebära för referensförskolans del att kök, tvättstuga och tvättrum bör förläggas åt norr medan lekrummen förläggs åt söder. Genom att förse lekrummen med större fönsterytor än de nordligt orienterade rummen ökar dessutom möjligheterna att tillvarata solvärmeinstrålningen.

Som framgår av förutsättningarna i kapitel 3.2 är bl a MAFF-förskolorna byggda kring en gård. För sådana förskolor kan värmebehovet för transmission reduceras t ex genom att man förser gårdsutrymmet med ett lättmanövrerat tak som kan dras för vid behov. På detta sätt fås ett utelektrum som tack vare taket kan ändras till innelektrum vintertid eller under regniga sommandagar.

7.4 Utvärdering av de byggnadstekniska egenskaperna

På grund av det stora värmeöverskott som råder i förskolebyggnaderna dagtid bör byggnaden ha hög värmekapacitet så att överskottsvärme kan nyttjas för värmning nattetid. Vidare bör byggnaden orienteras så att lokaler med stors värmeöverskott såsom kök, tvättstuga, tvättrum förläggs åt norr medan lekutrymmen förläggs åt söder. Genom att förse lekrummen med stora fönsterytor kan värdefulla solvärmeförlustkott erhållas.

Planlösning med kringbyggd gård möjliggör installation av ett tak som kan dras för vid behov. Detta bör övervägas bl a med hänsyn till den minskning av värmeförlusterna som härvid erhålls.

8 LÖNSAMHETSBEDÖMNING

8.1 Energibesparing

I kapitel 4, 5 och 6 behandlades hur referensförskolans förbrukning av betald energi kan reduceras genom installation av solvärmesystem för tappvarmvatten, energiåtervinningssystem respektive system för uppvärmning med värmepump. En sammanställning av beräkningsresultaten med avseende på energibesparing redovisas i tabell 8.1 nedan. Härvid anges även kombinationer av olika åtgärder. I figur 8.1 visas en energibalans som gäller för referensförskolan med samtliga energibesparande system installerade.

Tabell 8.1 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder i referensförskolan (700 m²).

Installation	Energibesparing MWh/år
1. Solvärmesystem för tappvarmvatten- värmning	28
2. Ventilationsvärmeåtervinning för förvärmning av tilluft	21
3. Kylkondensörvärmeåtervinning för förvärmning av tappvarmvatten	8
4. Spillvattenvärmeåtervinning för förvärmning av tappvarmvatten	18
5. Ytjordvärmepump för lokaluppvärm- ning och tappvarmvatten	67 (46) ¹⁾
6. Kombination 1 + 4	26 + 18 = 44 ²⁾
7. Kombination 1 + 5	28 + 50 = 78 (57) ¹⁾ 3)
8. Kombination 4 + 5	56 + 18 = 74 (53) ¹⁾ 2)
9. Kombination 1 + 4 + 5	26 + 18 + 41 = 85 (64) ¹⁾ 2) 3)

1) Vid direktelvärmad byggnad då värmepumpen endast kan nyttjas för tappvarmvatten.

2) Återvinning av spillvattenvärme minskar energibehovet för tappvarmvatten. Detta medför att de dimensionerande energibehoven för sol- eller ytjordvärmesystem blir mindre och därmed andelen nyttiggjord gratisenergi.

3) Solvärmesystem ger gratisenergi medan ytjordvärmesystem alltid kräver betald drivenergi. Vid kombination av dessa system nyttjas därför solvärmesystemet i första hand. Detta innebär att ytjordvärmesystemet levererar mindre energi till tappvarmvattnet än om det utgör den enda installationen. Energin för lokaluppvärmning berörs dock ej av kombinationen.

Anm. Kombinationer mellan installation 3 och övriga tappvarmvat-

tensystem redovisas ej i tabellen eftersom bidraget från installation 3 är så litet att de övriga energiposterna ej påverkas nämnvärt.

Av tabellen framgår att största möjliga energibesparing uppnås med minsta antal installationssystem om åtgärderna prioriteras enligt tabell 8.2 nedan.

Tabell 8.2 Installationsordning med maximalt energiutbyte för referensförskolan (700 m²).

Prioritet	Installation (nr enligt tabell 8.1)	Energibesparing MWh/år
1	5	67 (46) ^x
2	5 + 2	88 (67) ^x
3	5 + 2 + 1	99 (78) ^x
4	5 + 2 + 1 + 4	106 (85) ^x
5	5 + 2 + 1 + 4 + 3	107 (86) ^x

x) Vid direktelvärmad byggnad då värmepumpen endast kan nyttjas för tappvarmvatten.

Anm. De enskilda systemens energiposter framgår ej av tabellen eftersom de olika systemen påverkar varandra.

Med utgångspunkt från tabell 8.1 och 8.2 har energibesparingarna vid de aktuella installationerna beräknats i tre driftfall för referensförskolan med golvytan 700 m². Dessa fall avser dels normal förskoleverksamhet, dels öppethållande även kvällstid till kl 22.00, 5 dagar per vecka för förenings- eller hobbyverksamhet samt, dels ändrad verksamhet till lågstadieskola, öppen mellan 08.00-16.00, sommarstängd 15/6-15/8. Motsvarande beräkningar har genomförts för en förskola med golvytan 500 m² respektive 1000 m².

Utgående från referensförskolans energibehov har motsvarande värden beräknats för de andra anläggningsstorlekarna och de alternativa verksamheterna på basis av bl a byggnadsstorlek, drifttider, erforderligt uteluftflöde och varmvattenbehov. Resultatet framgår av tabell 8.3 som utgör underlag för beräkningar av energibesparingar i de olika fallen.

Tabell 8.3 Energibehov för förskolebyggnad med golvytan 500 m² 700 m² och 1000 m², samt vid olika verksamhet

Storlek	Verksamhet	Energibehov MWh/år						Totalt
		Lokal- uppv	Vent.- värme	Belysn	Matlagn tvätt	Köks- kyla	Varm- vatten	
500	Förskola	19	13	9	6	8	40	95
500	Förskola med kvälls- verksamhet	18	16	13	6	8	40	101
500	Lågstadie- skola	19	18	8	5	6	32	88
700	Förskola	35	25	18	11	10	77	176
700	Förskola med kvälls- verksamhet	32	32	25	11	10	77	187
700	Lågstadie- skola	35	35	15	8	8	63	164
1000	Förskola	67	50	36	21	15	157	346
1000	Förskola med kvälls- verksamhet	61	64	50	21	15	157	368
1000	Lågstadie- skola	67	71	31	17	12	129	327

Resultatet av beräkningarna för 500 m² - förskolan redovisas i tabell 8.4-8.9, för 700 m² -förskolan i tabell 8.10-8.15 samt för 1000 m² - förskolan i tabell 8.16-8.21.

Tabell 8.4 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 500 m². Normal förskoleverksamhet. Energibehov 95 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem.

Ytjordvärme- system	Energibesparing för varje installation MWh/år					Total energibe- sparing MWh/år	%
	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning			
35						35	37
35	11					46	48
27	11	14				52	55
22	11	13	9			55	58
19	11	11	9	6		56	59

Tabell 8.5 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 500 m². Normal förskoleverksamhet. Energibehov 95 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing	
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning			MWh/år	%
24					24	25	
24	11				35	37	
16	11	14			41	43	
11	11	13	9		44	46	
8	11	11	9	6	45	47	

Tabell 8.6 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 500 m². Förskola med kvällsverksamhet. Energibehov 101 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing	
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning			MWh/år	%
35					35	35	
35	14				49	49	
27	14	14			55	54	
22	14	13	9		58	57	
20	14	11	9	6	60	59	

Tabell 8.7 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 500 m². Förskola med kvällsverk-samhet. Energifbehov 101 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning				
24					24	24	
24	14				38	38	
16	14	14			44	44	
11	14	13	9		47	47	
9	14	11	9	6	49	49	

Tabell 8.8 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 500 m². Förskola ombyggd till låg-stadieskola. Energifbehov 88 MWh/år. Vatten- eller luftburet värme-system

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning				
30					30	34	
30	15				45	51	
23	15	12			50	57	
19	15	10	8		52	59	
18	15	8	8	5	54	61	

Tabell 8.9 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 500 m². Förskola ombyggd till lågstadieskola. Energiförbrukning 88 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation						
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
19					19	22
19	15				34	39
12	15	12			39	44
8	15	10	8		41	47
7	15	8	8	5	43	49

Tabell 8.10 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 700 m². Normal förskoleverksamhet. Energiförbrukning 176 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Energibesparing för varje installation						
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
67					67	38
67	21				88	50
50	21	28			99	56
41	21	26	18		106	60
38	21	22	18	8	107	61 ^{x)}

^{x)} Detta fall redovisas i figur 8.1.

Tabell 8.11 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 700 m². Normal förskoleverksamhet. Energiförbehov 176 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing	
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning			MWh/år	%
46						46	26
46	21					67	38
29	21	28				78	44
20	21	26	18			85	48
17	21	22	18	8		86	49

Tabell 8.12 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 700 m². Förskola med kvällsverksamhet. Energiförbehov 187 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing	
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning			MWh/år	%
65						65	35
65	27					92	49
48	27	28				103	55
39	27	26	18			110	59
36	27	22	18	8		111	59

Tabell 8.13 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 700 m². Förskola med kvällsverksamhet. Energifbehov 187 MWh/år. Direktelvärmesystem

Ytjordvärme- system	Energibesparing för varje installation MWh/år					Total energibe- sparing	
	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	MWh/år	%	
46					46	25	
46	27				73	39	
29	27	28			84	45	
20	27	26	18		91	49	
17	27	22	18	8	92	49	

Tabell 8.14 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 700 m². Förskola ombyggd till lågstadieskola. Energifbehov 164 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Ytjordvärme- system	Energibesparing för varje installation MWh/år					Total energibe- sparing	
	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	MWh/år	%	
59					59	36	
59	30				89	54	
43	30	27			100	61	
37	30	21	15		103	63	
35	30	18	15	6	104	63	

Tabell 8.15 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 700 m². Förskola ombyggd till lågstadieskola. Energibehov 164 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation						
MWh/år						
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
38					38	23
38	30				68	41
22	30	27			79	48
16	30	21	15		82	50
14	30	18	15	6	83	51

Tabell 8.16 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 1000 m². Normal förskoleverksamhet. Energibehov 346 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Energibesparing för varje installation						
MWh/år						
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
134					134	39
134	43				177	51
101	43	55			199	58
81	43	52	37		213	62
77	43	46	37	12	215	62

Tabell 8.17 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 1000 m². Normal förskoleverksamhet. Energibehov 346 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing	
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning			MWh/år	%
94						94	27
94	43					137	40
61	43	55				159	46
41	43	52	37			173	50
37	43	46	37	12		175	51

Tabell 8.18 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 1000 m². Förskola med kvällsverksamhet. Energibehov 368 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Energibesparing för varje installation							
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	MWh/år			Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing	
		Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning			MWh/år	%
131						131	36
131	54					185	50
98	54	55				207	56
78	54	52	37			221	60
74	54	46	37	12		223	61

Tabell 8.19 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 1000 m². Förskola med kvällsverksamhet. Energibehov 368 MWh/år. Direktelvärmesystem

Energibesparing för varje installation						
MWh/år						
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
94					94	26
94	54				148	40
61	54	55			170	46
41	54	52	37		184	50
37	54	46	37	12	186	51

Tabell 8.20 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 1000 m². Förskola ombyggd till lågstadieskola. Energibehov 327 MWh/år. Vatten- eller luftburet värmesystem

Energibesparing för varje installation						
MWh/år						
Ytjordvärme- system	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	Total energibe- sparing MWh/år	%
118					118	36
118	60				178	54
84	60	55			199	61
74	60	43	30		207	63
71	60	38	30	10	209	64

Tabell 8.21 Energibesparing vid olika installationstekniska åtgärder. Förskola med golvytan 1000 m². Förskola ombyggd till lågstadieskola. Energibehov 327 MWh/år. Direktelvärmesystem

Ytjordvärme- system	Energibesparing för varje installation					Total energibe- sparing	
	Vent.värme- återvinning	Solvärme- syst för v.v	Spillvatten- värmeåter- vinning	Kylkonden- sor värme- återvinning	MWh/år	MWh/år	%
78					78	24	
78	60				138	42	
44	60	55			159	49	
34	60	43	30		167	51	
31	60	38	30	10	169	52	

Tabellerna ovan visar att installationen av ett system för kylkondensorvärmeåtervinning för värmning av tappvarmvatten har marginell effekt på totala energibesparingen i samtliga fall. Denna åtgärd bedöms därför ointressant vid den kombination av åtgärder som undersökts.

I byggnader med direktelvärmesystem kan ytjordvärme- eller luftburen värme i de undersökta alternativen.

Den största energibesparingen, 64 %, uppnås om samtliga åtgärder vidtas i en förskola med ytan 1000 m² som ombyggs till en lågstadieskola. Den minsta energibesparingen, 47 %, med samma omfattning av installationerna, inträffar i en förskola med ytan 500 m², som har normal förskoleverksamhet.

Den procentuella energibesparingen ökar genomgående något med storleken på förskolan.

Förskolor som är ombyggda till lågstadieskolor ger högre energibesparing procentuellt sett än vid normal förskoleverksamhet eller förskoleverksamhet kompletterad med kvällsverksamhet.

Åtgärdernas värde måste också bedömas med hänsyn till de investeringskostnader de medför. Prioritetsordningen för åtgärderna har ovan endast fastställts på basis av den inbesparade energin per år.

8.2 Investeringskostnader

Investeringskostnaderna för de olika installationstekniska åtgärderna har uppskattats i kapitel 4, 5 och 6 och redovisas i tabell 8.22 fördelade på den årliga energibesparingen. Kostnadsuppskattningarna är mycket grova och kan endast användas som riktvärden för inbördes jämförelse av installationsalternativen från lönsamhetssynpunkt.

Tabell 8.22 Investeringsskostnad dividerad med årlig energibesparing för olika installationstekniska åtgärder

Installation	kr/kWh
1. Solvärmesystem för tappvarmvatten- värmning	13
2. Ventilationsvärmeåtervinning för förvärmning av tilluft	1,7
3. Kylkondensörvärmeåtervinning för förvärmning av tappvarmvatten	2,4
4. Spillvattenvärmeåtervinning för förvärmning av tappvarmvatten	1,7
5. Ytjordvärmepump för lokalupp- värmning och tappvarmvatten	1,3

Prioriteringsordningen mellan de olika installationstekniska åtgärderna blir nu en annan än då man endast tar hänsyn till energibesparingens storlek (se tabell 8.2). Tabell 8.23 visar prioriteringsordningen från investeringssynpunkt.

Tabell 8.23 Installationsordning med lägsta investeringsskostnader för referensförskolan (700 m²)

Prioritet	Installation (nr enligt tabell 8.22)	Energibesparing MWh/år	Investeringsskostnad	
			Totalt Tkr	kr/kWh
1	5	67 (46) ^x	87 (60) ^x	1,3 (1,3) ^x
2	5 + 2	88 (67) ^x	123 (96) ^x	1,4 (1,4) ^x
3	5 + 2 + 4	95 (74) ^x	138 (111) ^x	1,5 (1,5) ^x
4	5 + 2 + 4 + 3	99 (78) ^x	151 (124) ^x	1,5 (1,6) ^x
5	5 + 2 + 4 + 3 + 1	107 (86) ^x	420 (393) ^x	3,9 (4,6) ^x

^x) Vid direktelvärmad byggnad då värmepumpen endast kan nyttjas för tappvarmvatten

Anm. De installationer som motsvarar prioritet 1, 2 och 5 är lika i tabell 8.2.

8.3 Lönsamhetsbedömning

I det föregående har de olika energibesparande åtgärderna värderats dels med hänsyn till energibesparingen dels med hänsyn till investeringskostnaderna. För att kunna bedöma vilka investeringar som är motiverade från lönsamhetssynpunkt måste hänsyn tas till samtliga kostnader som respektive investering medför såväl kapital- som driftkostnader. En sådan undersökning kan ske med hjälp av den s k besparingskostnaden för investeringarna.

Besparingskostnad (kr/kWh) =

$$= \frac{\text{invest. (kr)} + P1 \times \text{årl. und. h. kostn. (kr)} + P2 \times \text{årl. driftkostn. exkl. energi (kr)}}{P3 \times \text{årlig energibesparing (kWh)}}$$

P1, P2 och P3 utgör faktorer för beräkning av nuvärde av årliga kostnader och energibesparingar.

Drift- och underhållskostnaderna bedöms i samtliga fall vara så små att de ej påverkar bedömningen. Av denna anledning har dessa kostnader, som en förenkling, ej medtagits vid besparingskostnadsberäkningarna nedan.

Brukstiden för samtliga installationer har valts till 20 år.

Faktor P3 beräknas för en realränta på 4 %. Med realränta avses skillnaden mellan nominell ränta (låneränta) och årlig inflation. Om den årliga ökningen av energikostnaden antagits vara 2 % per år i fast penningvärde blir P3 = 16,7 och besparingskostnaden =

$$= \frac{\text{Investeringskostnad (kr)}}{16,7 \times \text{årlig energibesparing (kWh)}}$$

Om den årliga energikostnadsökningen är större blir besparingskostnaden lägre.

Besparingskostnaden beräknas för de olika installationstekniska åtgärderna utgående från tabell 8.22 varvid P3 antas vara 16,7 %. Resultatet visas i tabell 8.24.

Tabell 8.24 Besparingskostnad för olika installationstekniska åtgärder

Installation	Besparingskostnad kr/kWh
1. Solvärmesystem för tappvarmvattenvärmning	0,78
2. Ventilationsvärmeåtervinning för förvärmning av tilluft	0,10
3. Kylkondensörvärmeåtervinning för förvärmning av tappvarmvatten	0,14
4. Spillvattenvärmeåtervinning för förvärmning av tappvarmvatten	0,10
5. Ytjordvärmepump för lokaluppvärmning och tappvarmvatten	0,08

Vid bedömning om en energibesparande installation är motiverad från lönsamhetssynpunkt jämförs besparingskostnaden med priset för den inbesparade energin. Investeringen är sålunda lönsam om energipriset är högre än besparingskostnaden. En "ogynnsam" investering kan dock bli intressant för fastighetsägaren om den berättigar till energisparstöd. Utan hänsyn till energisparstöd är investeringarna i dag lönsamma om besparingskostnaden är lägre än 0,10-0,20 kr/kWh beroende på det aktuella energipriset.

Prioriteringsordningen för åtgärderna med hänsyn till besparingskostnaderna är densamma som i tabell 8.23 eftersom samma nuvärdesfaktor för investeringen gäller i samtliga fall. Tabell 8.25 visar energibesparing, investeringskostnad och besparingskostnad för investeringsalternativen.

Tabell 8.25 Installationsordning med lägsta besparingskostnad för referensförskolan (700 m²)

Prioritet	Installation (nr enligt tabell 8.24)	Energibesparing MWh/år	Invest.kostn Tkr	Besp.kostn kr/kWh
1	5	67 (46) ^x	87 (60) ^x	0,08 (0,08) ^x
2	5 + 2	88 (67) ^x	123 (96) ^x	0,08 (0,09) ^x
3	5 + 2 + 4	95 (74) ^x	138 (111) ^x	0,09 (0,09) ^x
4	5 + 2 + 4 + 3	99 (78) ^x	151 (124) ^x	0,09 (0,10) ^x
5	5 + 2 + 4 + 3 + 1	107 (86) ^x	420 (393) ^x	0,24 (0,27) ^x

x) Vid direktelvärmad byggnad då värmepumpen endast nyttjas för tappvarmvatten

Besparingskostnaden som anges i tabellen avser ett medelvärde för den besparade energin. Det extra energitillskottet som den kompletterande installationen ger har enligt tabell 8.24 besparingskostnaden 0,10 kr/kWh för prioritet 2 och 3 och 0,14 kr/kWh för prioritet 4 samt 0,78 kr/kWh för prioritet 5.

Resultatet av lönsamhetsbedömningen är sålunda att den både från ekonomisk och energibesparingssynpunkt fördelaktigaste installationen utgörs av en ytjordvärmepump för värmning av lokaler och tappvarmvatten. Värmepumpens värmefaktor antas i genomsnitt vara 2,5 och besparingskostnaden 0,08 kr. Den därefter bästa energibesparande åtgärden utgörs av installation av ett system för återvinning av värme ur frånluften för värmning av tilluften.

Återvinning av spillvattenvärme ger samma besparingskostnad med något lägre energiutbyte än ventilationsvärmeåtervinningsanläggningen. Denna åtgärd kommer därför efter i prioriteringsordning.

I en nästa åtgärd skulle återvinning av kylkondensorvärme för förvärmning av tappvarmvatten komma. Energibesparingen ökar dock endast med ca 4 % varför denna åtgärd bedöms ej vara motiverad eftersom ytjordvärmesystemets tillförda gratisenergi samtidigt minskar någon procent.

Energitillskottet blir däremot större ca 10 % om en solvärmeanläggning för tappvarmvatten installeras. Besparingskostnaden är dock mycket hög för denna åtgärd, ca 0,8 kr/kWh, varför den kommer sist i denna prioriteringsordning.

De energimässiga konsekvenserna av andra storlekar på förskolorna och ändrad verksamhet visas i tabell 8.4-8.21. Av dessa framgår att prioriteringsordningen mellan åtgärderna blir densamma som ovan. Endast mindre förändringar av energibesparingen blir följden.

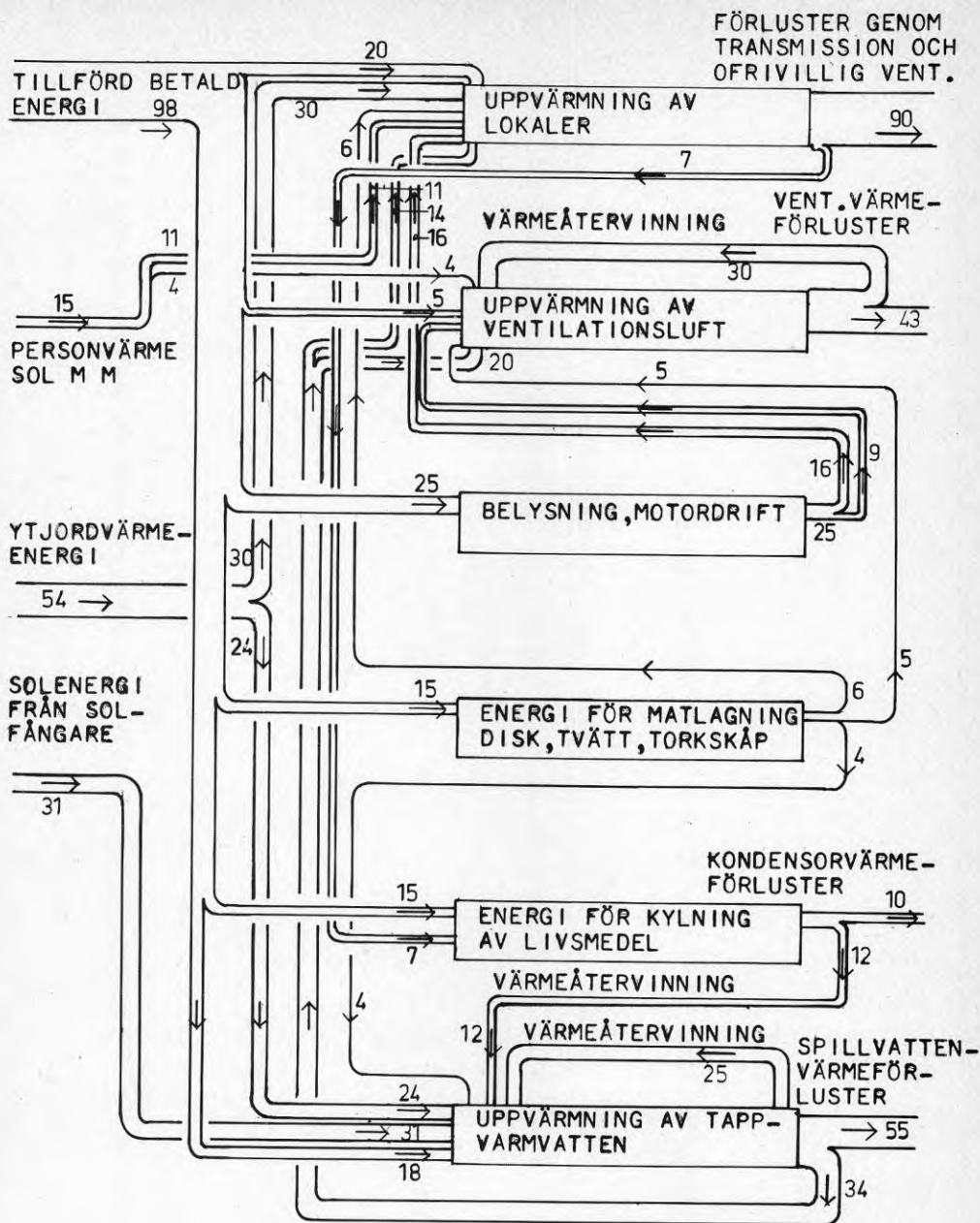
För samtliga fall gäller åtgärdsprioritering och ungefärliga energibesparingar enligt tabell 8.26.

Tabell 8.26 Resultat av lönsamhetsbedömningen. Åtgärdsprioritering samt total besparing av köpt energi

Åtgärd	Total besparing %	
	vattenburen värme	direktelvärme
1. Installera ytjordvärmepump	ca 36	ca 24
2. Installera därefter ventilationsvärmeåtervinning	ca 51	ca 39
3. Installera därefter spillvattenvärmeåtervinning	ca 54	ca 42
4. Installera därefter solvärmesystem	ca 60	ca 49

Vid bedömning av vilka åtgärder som skall vidtas i varje enskilt fall undersöks först de installationstekniska förutsättningarna för de olika åtgärderna. Detta resulterar i många fall i att någon installation ej är praktiskt genomförbar.

Då de praktiska förutsättningarna är klarlagda görs en kostnadsbedömning av de genomförbara installationerna, varefter besparingskostnaden framtas. Besparingskostnaden jämförs med det aktuella energipriset. Möjligheter till energisparstöd undersöks. Därefter sker en bedömning om det är fördelaktigt för fastighetsägaren att investera i någon eller några av åtgärderna enligt prioriteringstabellen 8.26 ovan.



SKALA: 0 100 200 300 kWh/m² GOLVYTA/ÅR

Figur 8.1. Energiflöde i referensförskolan med golvytan 700 m² efter installation av energibesparande system.

9 FÖRSLAG TILL UTFÖRANDE AV ENERGISNÅLA FÖRSKOLOR OCH FRITIDSHEM

9.1 Allmänt

Vid nybyggnad finns stora möjligheter att påverka byggnadens energiförbrukning utöver de krav som byggnormen ställer på byggnaden. Härvid gäller som begränsningar de lokala förutsättningarna för byggnadens placering och orientering, funktionskraven samt de ekonomiska förutsättningarna.

Energibesparande åtgärder i befintliga byggnader har betydligt fler begränsningar. Det ursprungliga systemvalet för vvs- och elanläggningarna styr till viss del de möjliga energibesparande åtgärderna. Dessutom är möjligheterna mindre att genomföra åtgärder som berör byggnadskonstruktionen.

I det följande redovisas förslag till energibesparande åtgärder i förskolor och fritidshem som enligt utredningen bör gälla som riktlinjer vid projektering av nya anläggningar samt för åtgärder i befintliga anläggningar.

9.2 Förslag till utförande av nybyggnader

9.2.1 Byggnad

De byggnader som uppförs idag har relativt små värmeförluster till följd av transmission och ofrivillig ventilation. Som framgår av kapitel 3 är dessa förlusters andel av byggnadens totala energiförluster ca 35 %. Åtgärder för att ytterligare minska dessa genom isolering och tätning är idag förhållandevis kostsamma. Däremot kan klimatskärmens yta minimeras. Detta kan som framgår av kapitel 7 exempelvis ske genom att man förser innergårdar med lättmanövrerade tak som kan dras för vid behov. Förutom de energibesparingar som erhålls fås härvid ett rum som vid dåligt väder kan tjänstgöra som utelekplats.

Vidare bör de utrymmen i byggnaden som har stora värmeöverskott exempelvis kök, tvättstuga, tvättrum förläggas mot norr medan lekutrymmena ges sydlig orientering. Genom att förse lekrummen med större fönsterytor än övriga delar av byggnaden kan passiv solvärmeuttagning ske samtidigt som lokalerna får stort dagsljus-tillskott.

Dessa riktlinjer för byggnadens planlösning och funktion bör beaktas vid utformningen liksom att byggnaden om möjligt förläggs till en plats med gynnsamt mikroklimat.

Vid val av byggnadsmaterial skall stor värmekapacitet eftersträvas. Detta minskar värmeförlusterna dagtid och uppvärmningsbehovet nattetid.

9.2.2 Installationer

Liksom i övriga byggnadskategorier är det väsentligt att installationerna sköts så att energislöseri undviks. I första hand skall härvid drifttiderna för ventilationsanläggningen och torkskåpen minimeras med hänsyn till det aktuella behovet. Vidare skall förbrukningen av tappvarmvatten begränsas. Under de senaste åren har inriktningen på utökad vattenlekverksamhet resulterat i att förskolorna försetts med särskilda vattenlektrum med duschar. Verksamheten i dessa lokaler kan medföra avsevärd varmvattenförbrukning. Möjligheterna att installera duschar o d med snålspolande blandare bör undersökas liksom även hur lekaktiviteterna kan ändras så vattenförbrukningen minskar. Varmvattnets andel av den totala energiförbrukningen i en förskola är idag 40-50 %.

Vid val av belysningsarmaturer och hushållsapparater skall energiförbrukningen uppmärksammas. Elenergibehovet för dessa uppgår till ca 15 % av förskolans totala energiförbrukning.

Vid projektering av en nybyggnad bör man i första hand utforma värmesystemet så att alternativa energislag kan nyttjas. Som framgår av SCB:s undersökning i kapitel 3 ökar andelen vattenburen värme i förhållande till direktelvärm i nyproduktionen vilket är gynnsamt i detta sammanhang. Lokaluppvärmningen bör sålunda ske med vatten- eller luftburen värme av lågtemperaturtyp med framledningstemperatur på ca +50°C vilket möjliggör värmepumpapplikationer. I övrigt bör följande beaktas:

1. Undersök möjligheterna att installera ett ytjordvärmesystem med hänsyn till markens beskaffenhet och tillgängliga ytor. En förskola med golvytan 700 m² kräver ca 3500 m² markyta för slangförläggning. Värmesystemet skall vara av lågtemperaturtyp.
2. Ventilationsanläggningen förses med återvinningssystem för värmning av tilluft.
3. Spillvattensystemet utformas så att spolvatten från WC dras separat och övrigt spillvatten samlas till en punkt där värmeväxlare för förvärmning av tappvatten kan installeras. Om lämpliga värmeväxlare ej finns på marknaden görs förberedelser för framtida montage.
4. Takytan utformas så att solfångare för tappvarmvattenvärmning enkelt kan installeras. Målsättningen är härvid 0,3 m² solfångare per m² golvyta. Utrymme för värmeackumulator reserveras. För en förskola på 700 m² erfordras ca 9 m³ vattenvolym.

Åtgärderna 1-4 är redovisade i den prioriteringsordning som framkommit i utredningen. Vilka av åtgärderna som genomförs i det enskilda fallet är beroende på de praktiska och ekonomiska förutsättningarna i det enskilda fallet.

9.3 Förslag till energibesparande åtgärder i befintliga byggnader

9.3.1 Byggnad

Byggnader som uppförts innan Svensk Byggnorm 1975 trädde i kraft har normalt sämre isolerad och avtätad klimatskärm och därmed större förluster till följd av transmission och ofrivillig ventilation. För sådana byggnader bör möjligheterna till förbättring av värmeomgångstal och täthet undersökas.

För byggnadens del kan en ytterligare energibesparing åstadkommas genom att öka värmekapaciteten genom komplettering med termokemiska byggplattor.

9.3.2 Installationer

Förutom de generella åtgärder för att minska energiförbrukningen i äldre byggnader som behandlas i kapitel 3.10 bör undersökas om det är möjligt att reducera byggnadens uteluftflöde eventuellt genom installation av ett återlufts-system. Då dessa åtgärder vidtagits återstår möjligheten till följande kompletterande installationer:

1. Installation av ytjordvärmesystem för lokaluppvärmning och tappvarmvattenvärmning. Andelen direkteluppvärmda byggnader är stor vilket medför att ytjordvärme för lokaluppvärmning endast är aktuellt för ett begränsat antal förskolor.
2. Ventilationsanläggningen förses med återvinnings-system för förvärmning av tilluften. Förutsättningarna för denna installation varierar på olika utformning av kanalsystemet m m. Detta medför att endast vissa typer av återvinningsaggregat kan nyttjas.
3. Möjligheten att tillvarata spillvattenvärme undersöks. Dessa bedöms dock vara små i de flesta fall eftersom ledningarna ej är åtkomliga och ej separerade för spolvatten från WC.
4. Möjligheterna att installera ett solvärmesystem för tappvarmvattenvärmning utreds.

Åtgärderna 1-4 är redovisade i prioriteringsordning. De praktiska förutsättningarna är av stor betydelse vid installation i befintliga byggnader varför endast någon av åtgärderna är aktuell i de flesta fall. De ekonomiska förutsättningarna avgör därefter om installationen bör genomföras.

Energiförbrukningen för förskolor uppgår till ca 250 kWh/m² golv-yta, år enligt uppgifter från ett antal kommuner i mellansverige. Beräkningar som bl a baseras på undersökningar av verksamheten har resulterat i följande uppdelning av energiförbrukningen:

- Uppvärmning av lokaler:	ca 20 %
- Uppvärmning av ventilationsluft:	ca 15 %
- Uppvärmning av tappvarmvatten:	ca 45 %
- Belysning och motordrift:	ca 10 %
- Matlagning, disk och tvätt:	ca 5 %
- Kylning av livsmedel:	ca 5 %

Energifördelningen avser förskolor byggda i enlighet med Svensk Byggnorm 1975. Den stora energiförbrukningen för tappvarmvatten är delvis en följd av att de nyuppförda förskolorna är utrustade med vattenlekrum. Tidigare nyttjades normalt vattenbaljor vid vattenlek. Dessutom förekom denna verksamhet mycket sällan. Vattenlekrummen, som är utrustade med duschar, möjliggör en populärare form av vattenlek som har blivit ett dagligt inslag i verksamheten. P g a att duscharna är påslagna under hela vattenlekperioden på drygt en timme kräver denna verksamhet stor varmvattenförbrukning.

Byggnader som uppförs idag har relativt små värmeförluster till följd av transmission och ofrivillig ventilation. Åtgärder för att ytterligare minska dessa förluster genom isolering och tätning är kostsamma. Däremot bör möjligheterna att förbättra klimatskärmens värmegenomgångstal och lufttätethet undersökas för äldre förskolebyggnader.

Utredningen har visat att byggnadsstommen bör ha stor värmekapacitet för att nattetid kunna tillgodogöra sig överskottsvärme från dagen och därigenom reducera energiförbrukningen. I befintliga byggnader kan värmekapaciteten förbättras genom installation av termokemiska takplattor.

Vidare har framkommit att man vid nybyggnad bör eftersträva att rum med stort värmeöverskott såsom kök, tvättstuga, tvättrum bör placeras mot norr och lekrum med relativt stora fönsterytor mot söder för att öka den passiva solvärmemottagningen. Dessutom är det lämpligt att man förser innergårdar med lättmanövrerade tak som kan dras för vid behov. Förutom de energibesparingar som erhålls fås härvid ett rum som vid dåligt väder kan tjänstgöra som utelekplats.

Ventilationsanläggningarnas uteluftflöden i äldre förskolor överstiger oftast de enligt Svensk Byggnorm 1975 gällande minimiflödena. Betydande energibesparing kan därför uppnås genom att man minskar luftomsättningen eller minskar uteluftflödet genom installation av ett återluftsystem. De lufthygieniska aspekterna måste dock beaktas.

Andra åtgärder som kan medföra besparingar är knutna till anläggningarnas drift och skötsel. Minskning av drifttiden hos ventilationsanläggningen och torkskåpen är härvid av stor betydelse. Vidare kan besparingar uppnås genom rationellt utnyttjande av hushållsmaskiner, genom att undvika belysning i ej använda rum och genom att undvika fönstervädning vintertid samt genom hushållning med varmvatten.

Minskning av varmvattenförbrukningen vid den nya formen av vattenlek bör vara möjlig genom installation av vattensnåla duschblandare och genom att modifiera verksamheten.

För att åstadkomma ytterligare energibesparingar erfordras energibesparande installationer av olika slag. Utredningen har visat att den största besparingen ca 35 % av totala energibehovet kan uppnås genom att installera en värmepumpanläggning för ytjordvärme som nyttjas för uppvärmning av lokaler och tappvarmvatten. Möjligheterna att genomföra en sådan installation begränsas av att ca 3500 m² bergfri tomtmark lämplig för värmeupptagning, måste finnas tillgänglig för en förskola med ytan 700 m². Vidare skall värmesystemet vara av lågtemperaturtyp, d v s med framledningstemperatur på ca +50°C för att värmepumpdrift skall vara möjlig.

Ett solvärmesystem för tappvarmvatten är en annan energibesparande installation med gott energiutbyte. Ca 35 % av energibehovet för tappvarmvatten, vilket motsvarar ca 15 % av totala energibehovet, kan härvid inbesparas. Solvärmemottagningsmöjligheterna begränsas av att byggnadernas tak endast kan rymma en solfångaryta motsvarande ca 0,2 m² solfångare per m² golvyta. För att uppnå ca 50 % besparing av energibehovet för tappvarmvatten krävs ca 50 % större solfångaryta vilket i vissa fall kan uppnås genom att utnyttja takytor på exempelvis förråd, lekhus m m skärmtak eller markytor.

Solvärmeanläggning för lokaluppvärmning bedöms ej realistiskt idag p g a att långtidslagring av värme med nuvarande teknik ger så stora lagervolymer. Vid lagring i vatten blir lagervolymen ungefär lika stor som byggnadsvolymen. Utveckling pågår dock med inriktning på att genom kemisk värmelagring minska de erforderliga lagringsvolymer. Den erforderliga solfångarytan blir ca 3 gånger större än vad som krävs vid ett tappvattensystem vilket medför att andra ytor än de takytor som finns tillgängliga vid normal takutformning måste nyttjas.

Installation av en återvinningsanläggning för värmning av ventilationsanläggningens tilluft med värme ur frånluften ger en besparing på drygt 10 % av totala energibehovet. Kanalsystemets utformning kan dock begränsa möjligheterna till återvinning av värme från alla utrymmen.

Installation av en återvinningsanläggning för värmning av tappvatten med värme från spillvattennätet kan ge en besparing på ca 10 % av totala energibehovet. Färdigutvecklade system för denna återvinningsform saknas dock ännu men kommer sannolikt inom något år. Begränsningar för detta system är att utrymme för värmeväxlare krävs samt att spolvatten från WC bör avledas separat förbi värmeväxlaren dels för att minska problemen med föroreningar dels för att höja anläggningens verkningsgrad.

Återvinning av värme från kylanläggningens kondensorer ger en besparing på knappt 5 %. Värmet kan nyttjas för värmning av tappvatten.

Om flera system installeras för förvärmning av tappvarmvatten påverkas energiutbytet för varje enskilt system.

Återvinningsystem för spillvattenvärme och kylkondensörvärme minskar sålunda behovet av energi för tappvarmvatten. Detta innebär att ett solvärmesystem dimensioneras för en lägre varmvattenförbrukning varvid solenergitillskottet blir lägre än i det fall ingen återvinningsanläggning installeras.

En kombination av solvärme- och ytjordvärmesystem dimensioneras så att solvärme som ger gratisenergi nyttjas i första hand medan ytjordvärmesystemet som kräver drivenergi används för lokalvärme och det resterande värmebehovet för tappvarmvatten.

Om man önskar spara så mycket energi som möjligt utan hänsyn till investeringskostnaderna blir prioriteringsordningen mellan installationerna följande om samtliga åtgärder är genomförbara:

	Total besparing %
1. Installera ytjordvärmesystem	ca 35
2. Komplettera med ventilationsvärmeåtervinning	ca 50
3. Komplettera med solvärmesystem	ca 55
4. Komplettera med spillvattenvärmeåtervinning	ca 60
5. Komplettera med kylkondensörvärmeåtervinning	ca 60

Om man istället installerar systemen i den ordning som ger största lönsamheten (lägsta besparingskostnad) gäller istället följande ordning.

	Total besparing %	Genomsnittlig besparingskostnad kr/kWh
1. Installera ytjordvärmesystem	ca 35	0,08
2. Komplettera med ventilationsvärmeåtervinning	ca 50	0,07
3. Komplettera med spillvattenvärmeåtervinning	ca 55	0,08
4. Komplettera med kylkondensörvärmeåtervinning	ca 55	0,09
5. Komplettera med solvärmesystem	ca 60	0,23

Om uppvärmningssystemet inte är av lågtemperaturtyp kan ej ytjordvärmesystemet nyttjas för lokaluppvärmning vilket reducerar besparingarna i ovanstående tabell med ca 20 %.

Av ovanstående framgår att kylkondensorvärmeåtervinning endast ger marginell besparing som knappast är lönsam vid en kombination med andra åtgärder för tappvarmvattenvärmning.

Av tabellerna framgår ej de enskilda systemens bidrag till den totala besparingen. Som tidigare påpekats förändras dimensioneringsförutsättningar och energiutbyte för dessa vid olika kombinationer.

Vid projektering av nya förskolor bör med hänsyn till ovanstående följande beaktas:

- Välj ett uppvärmningssystem av lågtemperaturtyp så att värmepump kan nyttjas
- Planera ventilationskanalsystemet med hänsyn till värmeåtervinning
- Separera spillvattnet från WC samt reservera utrymme för värmeväxlare
- Utforma takytorna med hänsyn till solfångarmontage. Reservera utrymme för värmelager.

Vilka energibesparande installationer som bör installeras i varje enskilt fall är beroende på de praktiska och ekonomiska förutsättningarna.

Enligt SCB:s lånestatistik är direktelvärme den vanligaste uppvärmningsformen i befintliga förskolor. Denna uppvärmningsform har dock minskat under senare tid medan vattenburen värme ökat. Möjligheten att installera alternativa energislag för lokaluppvärmning är större för byggnader med vatten- och luftburen värme varför utvecklingen är gynnsam.

I befintliga byggnader är möjligheterna begränsade att installera de energibesparande systemen. Sålunda erfordrar ytjordvärmesystem uppgrävning av tomtmarken samt vattenburet värmesystem vars radia-toryta eventuellt måste utökas för att möjliggöra lågtemperaturvärme. Dessa åtgärder kan dock vara motiverade med hänsyn till den stora besparingen som är möjlig att göra.

Värmeåtervinningssystem för ventilationsanläggningen bör i de flesta fall kunna installeras med rimliga ingrepp i anläggningen. I många fall är sannolikt indirekt värmeåtervinning med delade värmeväxlare fördelaktigast.

Återvinning av spillvattenvärme är sannolikt svårare att genomföra i befintliga byggnader med hänsyn till erforderlig separering av spolvatten från WC och utrymmesbehovet för värmeväxlare.

Solvärmesystem för tappvarmvattenvärmning kan generellt installeras i befintliga byggnader utan större ingrepp i byggnadens installationer. Takytornas lutning, orientering samt eventuella skuggor utgör härvid begränsningar.

De kompletterande energibesparande installationerna medför krav på ökad tillsyn och skötsel av vvs-anläggningarna. Detta innebär att utbildad driftpersonal erfordras i större utsträckning än tidigare för att installationerna skall fungera tillfredsställande och ge avsedd energibesparing.

Beräkningsexemplen i förstudien visar att det finns stora möjligheter att genom installation av energibesparande installations-system kraftigt minska energiförbrukningen i förskolor och fritidshem.

De uppgifter om investeringskostnader och energibesparingar som redovisas i utredningen är resultat av grova uppskattningar varför det är angeläget att man genom fullskaleförsök undersöker de praktiska och ekonomiska konsekvenserna av installationerna samt genom mätningar bestämmer de verkliga energibesparingarna.

Enligt utredningen medför solvärmesystem väsentligt högre besparingskostnader än de övriga behandlade installationerna. Dessa system har dock den stora fördelen att de är möjliga att installera i de allra flesta förskolebyggnader utan större ingrepp i de övriga installationerna. Förutsättningarna för dessa system kan dessutom förväntas bli gynnsammare till följd av stigande energipriser, billigare komponenter och andra lönsamhetsvärderingar.

Projektgruppen rekommenderar sålunda att projektet fortsätter med installation av ytjordvärmesystem och solvärmesystem i representativa befintliga och nybyggda förskolor. Ventilationsvärmeåtervinningsystem finns redan installerade i flera förskolor varför endast kombinationer med ytjordvärme- och solvärmesystem återstår att undersöka praktiskt. Om komponenter för spillvattenvärmeåtervinning finns tillgängliga på marknaden bör även denna återvinningsform provas som enda åtgärd samt i kombination med ytjordvärme och solvärme. Alternativt bör man förbereda en förskola för en sådan installation med hänsyn till en framtida provning.

De praktiska försöken bör ge underlag för dels hur man skall utföra energisnåla förskolor i framtiden dels hur man skall åtgärda de befintliga förskolorna så att energiförbrukningen reduceras.

12 LITTERATUR

1. Berndtsson L, Lindgren S
Solvärmesystem för tappvarmvatten, R75:1977
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1977, (84 s)
2. Berndtsson L, Lindgren S
Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus. Förstudie till experimentbygge, R7:1979
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm, 1979 (30 s)
3. Berndtsson L, Nylund J, Udd B, Åberg M
Solvärmetillförsel till fjärrvärmenät, R91:1979
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1979, (22 s)
4. Berndtsson L, Lindgren S
Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus. Förstudie till experimentbygge, etapp 2, R118:1979
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1979, (51 s)
5. Colven R, Kamra C
MAFF. Ramprogram del 2. Försöksanläggningar.
Sektionen för arkitektur, Avd. Formlära, KTH, Stockholm, 1977
(77 s)
6. Enarsson K, Högberg B
Värmeåtervinning ur bostadsavlopp. (VVS-tekniska föreningen)
Vvs nr 5 p 88-90, p 98, Stockholm 1979
7. Hedlund A, Litzberg L
Värmeåtervinning ur avloppsvatten. Försök med skalmodell,
R95:1979
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1979, (45 s)
8. Känngård B, Jansson H, Wennerblom A
Val av material och konstruktionslösningar minskar drift-
och underhållskostnader i barnstugor, R79:1979
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1979, (135 s)
9. Modin B
Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Geologiska faktorer, R55:1979
Statens Råd för Byggnadsforskning, (82 s)
10. Munther K
Energiförbrukning i småhus, R58:1974
Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1974, (199 s)
11. Peterson F, Wettermark C
Solenergi boken
Stockholm 1977, (120 s)
12. Peterson F, Ringblom L
Varmvattenberedning med hjälp av solenergi - förutsättningar
och kostnader, R83:1978
Statens Råd för Byggnadsforskning 1978, (172 s)
13. Socialstyrelsen
Planering av lokaler och utemiljö
Socialstyrelsen 1975, (127 s)

14. Teknologisk Institut, Varmeteknik
Solvarme, Vejledning i projektering og udførelse af anleg
København 1979, (414 s)

BILAGA 1

ENKÄTUNDERSÖKNING AV VERKSAMHETEN I BEFINTLIGA FÖRSKOLOR

ALLMÄNT

En frågelista har utsänts till ca 240 st barnstugor i Järfälla, Nacka, Nynäshamn, Stockholm, Uppsala och Värmdö. Enkätens utformning framgår av det följande där även ett exempel på svar medtagits.

Resultaten av enkätundersökningen redovisas efter svarsexemplet.

TEKNISKA HÖGSKOLAN STOCKHOLM
sektionen för Arkitektur
i samverkan med
WAHLINGS INSTALLATIONSUTVECKLING AB



MAFF - Solfångare för barnstugor

Frågelista till personal vid barnstugor

1. Vilken verksamhet har barnstugan?

*Heltidsförskola: 1 nysträngsgrupp 3-7 år, 1 småbarnsgrupp.
Heltidsförskola: 1 heltid. 1 1/2 - 3 år*

Ange antalet inskrivna förskolebarn.

53 barn

Ange antalet inskrivna fritidshemsbarn.

0

Ange antalet personal.

13

Ingår öppen förskola?

nej

Om svaret är ja, hur många besökare/dag (genomsnittligt)?

Förekommer annan verksamhet på dagen, kvällar och/eller helger?

nej

Vilken?

Vilka tider?

2. Vilken tid på dygnet är barnstugan öppen?

6.30 - 18.30

3. Vilken tid under året hålls barnstugan stängd?

ingen

4. Vilka är aktiviteterna under en normaldag?

Tidpunkter för barntvätt, måltider, lekaktiviteter m m önskas.

8.00 frukost därefter trättar baueru rög.

8.30-11.30 lekaktiviteter av olika slag.

11.30 lunch, därefter trätt.

13.00-14.30 lekaktiviteter

14.30 mellanmål därefter trätt.

15.00 - lekaktiviteter mm.

5. Hur många tvättställ och duschar nyttjas för barntvätt?

9 tvättställ o 2 duschar.

Hur lång tid rinner vattnet under en tvättomgång?

Nå alla tvättat sig, ca 15 min.

Hur många är tvättomgångarna per dygn?

3

6. Vilken form av vattenlek förekommer?

Uppskatta hur lång tid duschar och tvättställ nyttjas under en vattenlekomgång. Ange även antalet duschar och tvättställ.

ca 30 min rinnande vatten.

Sett i bambisäng.

7. Hur många vattenlekomgångar förekommer per dag, vecka eller månad?

1 gång / vecka.

8. Hur många av personalen duschar i barnstugan i genomsnitt varje dag?

2-3 gånger / v.

9. Hur stor är vattenförbrukningen i köket?

Mindre, lika stor, något större eller mycket större, än i ett bostadskök för 4-personers hushåll.

Mycket större.

10. Hur ofta körs tvättmaskin och torkskåp?

2 dagar / vecka tvättmaskin

Torkskåp 1 gång / dag.

ENKÄTSVAR

Av de utsända enkäterna inkom 93 st skriftliga svar, vilket motsvarar en svarsfrekvens av ca 39 %. Svaren har bearbetats och i vissa fall kompletterats med telefonintervjuer.

Samtliga 10 frågor har besvarats. Kvaliteten på svaren varierar dock avsevärt, vilket försvårat utvärderingen. En av orsakerna till detta är att någon fråga i vissa fall har missuppfattats.

Fråga 1: Vilken verksamhet har barnstugan?

Svar: Omfattningen av verksamhetens olika delar kan på basis av svaren sammanfattas i följande tabell.

Typ av verksamhet	Antal barnstugor %
Daghem	90
Deltidsgrupp (lekskola)	32
Öppen förskola	3
Fritidshem	66

P g a att svaren i en del fall innehållit oklara definitioner vad gäller de olika verksamheterna råder viss osäkerhet beträffande andelen deltidsgupper. Den verkliga andelen är därför sannolikt högre än här angivna 32 %.

Följande uppgifter har erhållits beträffande antalet barn respektive personal.

Kategori	Antal	Aritmetiskt medelvärde
Förskolebarn	10-98 st	45 st
Fritidshemsbarn	6-38 st	16 st
Personal	2-38 st	16 st
Barn i öppen förskola	15-25 st	22 st

Utvärderingen av svaren beträffande personalens storlek visar att några missuppfattat frågan och räknat med även städpersonal eller angivit antalet arbetande personer utan specificering av antalet heltids- respektive deltidstjänster. Uppenbart felaktiga svar har därför slopats i ovanstående sammanställning. Trots denna justering kvarstår viss osäkerhet beträffande personalens storlek.

Beträffande antalet barn i öppen förskola skall noteras att siffrorna grundar sig på uppgifter från endast tre barnstugor.

I cirka en tredjedel av barnstugorna förekommer även annan verksamhet än förskola och fritidshem. Dessa aktiviteter är företrädesvis förlagda till kvällstid och omfattar föräldramöten, personalmöten, kurser, konferenser samt föreningsträffar. Verksamheten pågår 1-2 ggr per vecka.

Fråga 2-4: Barnstugans öppettider samt aktiviteter?

Svar: Öppettiderna varierar något mellan de tillfrågade barnstugorna. Följande tider och aktiviteter gäller för en normaldag.

Kl	Aktivitet
06.00 - 07.15	Barnstugan öppnar Lek
↓	
07.30 - 08.30	Barntvätt - frukost 1/2 timme Lek
↓	
11.00 - 12.00	Barntvätt - lunch 1/2-1 timme Vila 1 timme Lek
↓	
13.30 - 15.30	Barntvätt - mellanmål 1/2 timme Lek
↓	
17.30 - 21.00	Barnstugan stänger

I de flesta fall är barnstugan öppen kl 06.30 - 18.30 under hela året. Lördagar, söndagar och helgdagar har man stängt.

Fråga 5: Antal tvättomgångar och tappningstid?

Svar: De erhållna svaren uppvisar mycket stor spridning. Med reservation för osäkerheten i materialet kan följande genomsnittliga data anges:

- Antalet barn per tvättställ är 5 st. Duschar används endast sporadiskt.
- Antalet tvättomgångar per dygn är 3-6 st.
- Tappning sker 5-20 minuter under en tvättomgång.

Fråga 6-7: Typ och omfattning av vattenlek?

Svar: Vanligast nyttjas plastbadkar-bassänger för vattenlek. I något mindre omfattning används tvättställ och duschar för detta ändamål. Andra former av vattenlek som nämns är lek med vattenslang och vattenspridare utomhus samt lek vid vattenleksbord.

Antalet vattenlekomgångar per vecka varierar mellan barnstugorna enligt nedan.

Antal vattenlekomgångar per vecka	Procentuell fördelning
0	5
1	45
2	22
3	13
5	12
> 5	3

I ca 15 % av svaren har en uppdelning gjorts på sommar- respektive vintersäsong. Dessa svar, som ej medräknats ovan anger följande antal vattenlekomgångar.

- sommartid ca 5 omg/vecka
- övriga året ca 1 omg/vecka

Entydiga uppgifter beträffande tappningstider har ej lämnats.

Fråga 8: Hur många av personalen duschar i barnstugan?

Svar: I de allra flesta fall utnyttjar personalen ej duscharna.

Fråga 9: Hur stor är vattenförbrukningen i köket?

Svar: Enligt svaren är vattenförbrukningen betydligt större än i ett 4-personers hushåll.

Svaren innebär att man fått opreciserade uppgifter angående förbrukningen beroende på att uppgiven referensnivå valts för låg.

Fråga 10: Hur ofta körs tvättmaskin och torkskåp?

Svar: Drygt en tredjedel av de erhållna svaren anger att tvättmaskin saknas. För övriga gäller i de flesta fall att tvättmaskinerna utnyttjas 2-5 ggr per vecka.

Torkskåpen uppges användas dagligen främst höst, vinter och vår 2-4 timmar per dag. Sommartid används de mera sporadiskt.

BILAGA 2

STATISTIK ÖVER UPPVÄRMNINGSSÄTT FÖR
FÖRSKOLOR OCH FRITIDSHEM.
STATISTISKA CENTRALBYRÅN

FÖRSKOLOR OCH FRITIDSHEM EFTER LÄN, UPPVÄRMNINGSSÄTT OCH BRÄNSLE

1975

	ANTAL OBJEKT	DÄRAV I %	PANNA I Huset							FAST BRÄNSLE	GEMENSAM VÄRME- CENTRAL	FJÄRR- VÄRME	ELVÄRME
			KOKS	OLJA	GAS	EL	OLJA + EL	OLJA+ FAST BRÄNSLE	FAST BRÄNSLE + EL				
STOCKHOLMS LÄN	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	81	
UPPSALA LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SÖDERMANLANDS LÄN	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
ÖSTERGÖTLANDS LÄN	6	0	0	0	0	0	0	0	0	33	50	17	
JÖNKÖPINGS LÄN	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
KRONBERGS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
KALMAR LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GOTLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BLEKINGE LÄN	2	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	
KRISTIANSTADS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MALMÖHUS LÄN	3	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
HALLANDS LÄN	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
GÖTEBORGS O BOHUS LÄN	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	86	
ÄLSBORGS LÄN	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
SKARABORGS LÄN	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	
VÄRMLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ÖREBRO LÄN	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	
VÄSTMANLANDS LÄN	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	14	
KOPPARBERGS LÄN	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
GÄVLEBORGS LÄN	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	
VÄSTERNORRLANDS LÄN	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
JÄMTLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VÄSTERBOTTENS LÄN	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
NORRBOTTENS LÄN	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	75	
HELA RIKET	101	0	1	0	0	0	0	0	0	4	23	72	

1976

ANTAL OBJEKT	DÄRAV I %		PANNAN I Huset				OLJA + EL	OLJA + EL	OLJA + FAST BRÄNSLE + EL	GEMENSAM VÄRME- CENTRAL	FJÄRR- VÄRME	ELVÄRME
	Panna i huset		Koks	Olja	Gas	El						
STOCKHOLMS LÄN	50	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	90
UPPSALA LÄN	11	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9	82
SÖDERMANLANDS LÄN	8	0	0	0	25	0	0	0	25	0	38	13
ÖSTERGÖTLANDS LÄN	19	0	0	0	0	0	0	0	5	0	21	74
JÖNKÖPINGS LÄN	8	0	13	0	0	0	0	0	38	0	13	38
KRONBERGS LÄN	13	0	0	0	0	0	0	0	8	0	15	77
KALMAR LÄN	12	0	0	0	0	0	0	0	17	0	25	58
GOTLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLEKINGE LÄN	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
KRISTIANSTADS LÄN	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	83
MALMÖHUS LÄN	46	0	0	0	0	0	0	0	11	0	26	63
HALLANDS LÄN	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
GÖTEBORGS O BOHUS LÄN	57	0	4	0	12	0	0	0	5	0	11	68
ÄLVSBORGS LÄN	9	0	11	0	0	0	0	0	11	0	22	56
SKARABORGS LÄN	6	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	83
VÄRMLANDS LÄN	14	0	7	0	0	0	0	0	21	7	7	64
ÖREBRO LÄN	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
VÄSTMANLANDS LÄN	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	75
KOPPARBERGS LÄN	12	0	8	0	0	0	0	0	0	0	50	42
GÄVLEBORGS LÄN	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	60
VÄSTERNORRLANDS LÄN	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
JÄMTLANDS LÄN	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	71
VÄSTERBOTTENS LÄN	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	63
NORRBOTTENS LÄN	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	86
HELA RIKET	334	0	2	0	3	0	0	0	7	0	18	71

1977

ANTAL OBJEKT	DÄRAV I %		EL + EL	OLJA + EL	GAS	EL	OLJA + FAST BRÄNSLE	OLJA + FAST BRÄNSLE + EL	GEMENSAM VÄRME- CENTRAL	FJÄRR- VÄRME	ELVÄRME
	PANNA I HUSET										
	KOKS	OLJA									
STOCKHOLMS LÄN	113	0	2	0	0	1	0	0	2	15	81
UPPSALA LÄN	9	0	0	0	0	0	0	0	0	33	67
SÖDERMANLANDS LÄN	17	0	0	0	6	0	0	0	18	6	71
ÖSTERGÖTLANDS LÄN	10	0	0	0	0	0	0	0	10	20	70
JÖNKÖPINGS LÄN	9	0	11	0	11	0	0	0	33	0	44
KRONOBERGS LÄN	9	0	11	0	0	0	0	0	0	0	89
KALMAR LÄN	12	0	8	0	0	0	0	0	8	8	75
GÖTLANDS LÄN	1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
BLEKINGE LÄN	8	0	0	0	0	0	0	0	25	13	63
KRISTIANSTADS LÄN	16	0	0	0	0	0	0	0	6	0	94
MALMÖHUS LÄN	25	0	8	0	0	0	0	0	8	28	56
HALLANDS LÄN	9	0	11	0	0	0	0	0	0	0	89
GÖTEBORGS O BOHUS LÄN	15	0	20	0	0	7	0	0	13	40	20
ÄLSBORGERS LÄN	15	0	7	0	0	0	0	0	7	33	53
SKARABORGERS LÄN	11	0	0	0	0	0	0	0	36	9	55
VÄRMLANDS LÄN	10	0	10	0	0	0	0	0	30	10	50
ÖREBRO LÄN	9	0	11	0	11	0	0	0	0	22	56
VÄSTMANLANDS LÄN	9	0	0	0	0	0	0	0	0	56	44
KOPPARBERGS LÄN	13	0	0	0	0	0	0	0	23	15	62
GÄVLEBERGS LÄN	9	0	0	0	0	0	0	0	0	33	67
VÄSTERNORLANDS LÄN	8	0	0	0	0	0	0	0	0	13	88
JÄMTLANDS LÄN	7	0	14	0	29	0	0	0	0	29	29
VÄSTERBOTTENS LÄN	12	0	0	0	0	0	0	0	17	17	67
NORRBOTTENS LÄN	12	0	0	0	0	0	0	0	0	25	75
HELA RIKET	368	0	4	0	2	0	0	0	8	18	68

FÖRSKOLOR OCH FRITIDSHEM EFTER VÄNINGSYTA, M², LÄN OCH UPPEVÄRMNINGSSÄTT

1975

	ANTAL OBJEKT	DÄRAV MED	PANNA I HUSET		GEMENSAM VÄRMECENTRAL		FJÄRRVÄRME		ELVÄRME		
			VÄNINGSYTA		VÄNINGSYTA		VÄNINGSYTA		VÄNINGSYTA		
			-500	500- 1000	-500	500- 1000	-500	500- 1000	-500	500- 1000	-500
STOCKHOLMS LÄN	42	0	0	0	0	0	1	6	29	5	0
UPPSALA LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SÖDERMANLANDS LÄN	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
ÖSTERGÖTLANDS LÄN	6	0	0	0	2	0	0	3	0	1	0
JÖNKÖPINGS LÄN	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
KRONOBERGS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KALMAR LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GOTLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLEKINGE LÄN	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
KRISTIANSTADS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MALMÖHUS LÄN	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
HALLANDS LÄN	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
GÖTEBORGS O BOHUS LÄN	14	0	0	0	0	1	1	0	8	4	0
ÄLSBORGS LÄN	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
SKARABORGS LÄN	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
VÄRMLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
ÖREBRO LÄN	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
VÄSTMANLANDS LÄN	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
KOPPARBERGS LÄN	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
GÄVLEBORGS LÄN	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
VÄSTERNORRLANDS LÄN	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
JÄMTLANDS LÄN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
VÄSTERBOTTENS LÄN	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
NORRBOTTENS LÄN	4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
HELA RIKET	101	1	0	0	0	3	1	7	47	25	1

1976

ANTAL OBJEKT	DÄRAV MED		PANNA I Huset		GEMENSAM VÄRMECENTRAL		FJÄRRVÄRME		ELVÄRME		
			VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	VÄNINGSYTA	
			-500	500-	-500	500-	-500	500-	-500	500-	
			1000	1000-	1000	1000-	1000	1000-	1000	1000-	
STOCKHOLMS LÄN	50		0	0	0	0	0	2	16	20	9
UPPSALA LÄN	11		0	0	0	0	0	0	4	5	0
SÖDERMANLANDS LÄN	8		0	0	1	1	0	0	0	1	0
ÖSTERGÖTLANDS LÄN	19		0	0	0	0	0	0	5	8	1
JÖNKÖPINGS LÄN	8		0	1	0	0	0	1	1	1	1
KRONBERGS LÄN	13		0	0	1	0	0	1	6	3	1
KALMAR LÄN	12		0	0	0	2	0	0	3	4	0
GÖTLANDS LÄN	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLEKINGE LÄN	3		0	0	0	0	0	0	2	0	1
KRISTIANSTADS LÄN	6		0	0	0	0	0	0	1	4	0
MALMÖHUS LÄN	46		0	0	0	1	4	0	5	13	11
HALLANDS LÄN	5		0	0	0	0	0	0	3	2	0
GÖTEBORGS OCH BOHUS LÄN	57		0	6	2	1	0	0	8	27	4
ÄLVSBORGS LÄN	9		0	1	0	0	1	1	0	3	2
SKARABORGS LÄN	6		0	0	1	0	0	0	3	2	0
VÄRMLANDS LÄN	14		0	0	2	1	0	0	3	2	4
ÖREBRO LÄN	7		0	1	0	0	0	0	2	5	0
VÄSTMANLANDS LÄN	8		0	0	0	0	0	0	1	4	1
KOPPARBERGS LÄN	12		0	1	0	0	0	0	0	5	0
GÄVLEBORGS LÄN	5		0	0	0	0	0	6	0	5	0
VÄSTERNORRLANDS LÄN	5		0	0	0	0	0	1	3	0	0
JÄMTLANDS LÄN	7		0	0	0	0	0	0	2	3	0
VÄSTERBOTTENS LÄN	16		0	0	0	0	0	1	5	0	0
NORRBOTTENS LÄN	7		0	0	0	0	0	0	1	3	2
HELA RIKET	334		0	11	7	11	5	5	76	123	37

1977

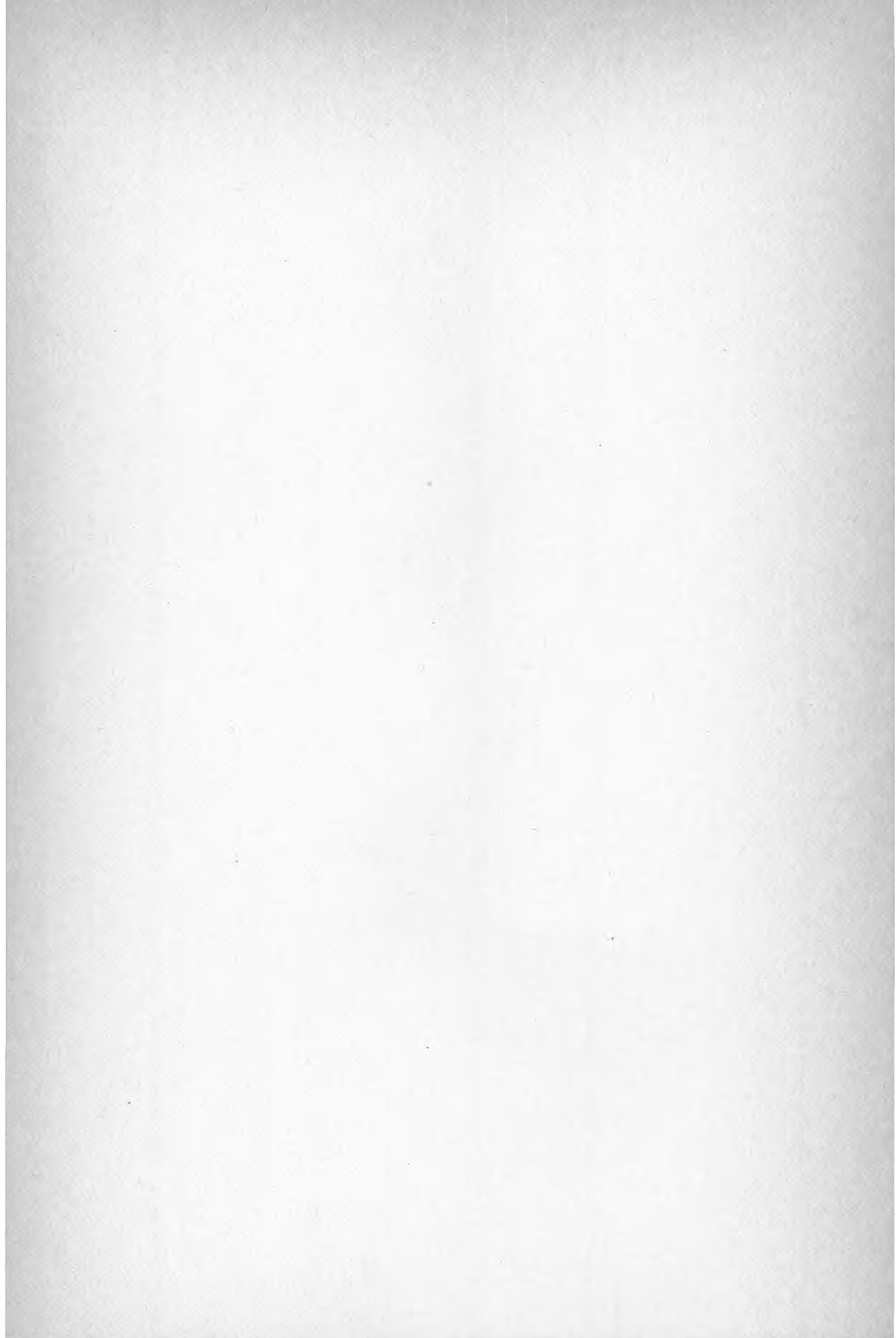
	ANTAL OBJEKT	DÄRAV MED			GEMENSAM VÄRMECENTRAL			FJÄRRVÄRME			ELVÄRME			
		PANNA I HUSET			VÄRMECENTRAL			VÄRMECENTRAL			VÄRMECENTRAL			
		VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	VÄRMECENTRAL	
STOCKHOLMS LÄN	113	1	2	0	1	1	0	0	3	12	2	41	42	8
UPPSALA LÄN	9	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	4	0
SÖDERMANLANDS LÄN	17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	7	5	0
ÖSTERGÖTLANDS LÄN	10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	4	2
JÖNKÖPINGS LÄN	9	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	0
KRONOBERGS LÄN	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1
KALMAR LÄN	12	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5	4	0
GOTLANDS LÄN	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLEKINGE LÄN	8	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	4	1
KRISTIANSTADS LÄN	16	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	5	8	2
MALMÖHUS LÄN	25	1	0	1	0	1	1	1	0	7	0	2	8	4
HALLANDS LÄN	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
GÖTEBORGS OCH BOHUS LÄN	15	0	4	0	0	2	0	0	1	5	2	1	2	0
ÄLVSBERGS LÄN	15	0	1	0	0	0	1	1	0	3	2	0	7	1
SKARABORGS LÄN	11	0	0	0	2	2	0	0	0	1	0	2	4	0
VÄRMLANDS LÄN	10	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0	3	2	0
ÖREBRO LÄN	9	1	0	1	0	0	0	0	2	3	0	1	1	0
VÄSTMANLANDS LÄN	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	6	0
KOPPARBERGS LÄN	13	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	2	4	0
GÄVLEBORGS LÄN	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	0
VÄSTERNORRLANDS LÄN	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
JÄMTLANDS LÄN	7	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	3	5	0
VÄSTERBOTTENS LÄN	12	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	3	0	0
NORRBOTTENS LÄN	12	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	4	4	1
HELA RIKET	368	7	13	3	6	19	5	8	12	45	8	94	132	24

1978

ANTAL OBJEKT	DÄRAV MED	PANNA I HUSET VÄNINGSYTA		GEMENSAM VÄRMECENTRAL VÄNINGSYTA		FJÄRRVÄRME VÄNINGSYTA		ELVÄRME VÄNINGSYTA		
		-500	500- 1000	1000	500- 1000	-500	500- 1000	-500	500- 1000	
130	3	6	5	3	1	8	15	44	42	1
10	0	0	0	2	0	0	5	1	2	0
12	0	3	1	1	0	0	0	2	3	0
14	0	3	0	0	0	4	5	1	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0
17	3	0	0	0	0	2	2	3	0	0
5	0	2	0	0	0	0	1	0	2	0
12	0	6	1	0	0	1	3	0	0	0
6	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0
8	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
13	3	0	0	0	0	0	1	0	5	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
6	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	2	2	1	1	0	1	1	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
28	6	2	0	1	0	3	3	12	0	0
8	0	0	0	0	0	0	2	1	3	1
310	24	27	9	9	2	20	45	80	65	4

HELA RIKET





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781576-3 från Statens råd för byggnadsforskning till Tekniska Högskolan i Stockholm, Sektionen för Arkitektur, Avd Formlära. Utredningsarbetet har bedrivits hos Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd.

R48: 1980

ISBN 91-540-3232-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700148

**Abonnemangsgrupp:
Y. Byggnadsfunktion**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms