



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.



Soluppvärmd villa på värmemagasin

Förstudie

Nils Persson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-0669
Plac	ser

R/so

SOLUPPVÄRMD VILLA PÅ VÄRMEMAGASIN
Förstudie till experimentbyggande

Nils Persson

Denna rapport hänför sig till byggforsknings-
anslag 78 09 74-9 från Statens råd för byggnads-
forskning till Allmänna Ingenjörbyrå AB,
avdelningskontoret, Jönköping.

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

R37:1980

ISBN 91-540-3210-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 051250

INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING	5
1	INLEDNING	9
1.1	Allmänt	9
1.2	Förstudiens omfattning och genomförande	10
2	ANLÄGGNINGENS UTFORMNING	11
2.1	Villan	11
2.2	Magasinet	15
2.2.1	Allmänt	15
2.2.2	Geometrisk utformning	15
2.2.3	Värmeisolering	16
2.2.4	Tätskikt	16
2.2.5	Laddning och urladdning	18
2.2.6	Bräddavlopp	22
2.3	Värmeväxlare avloppsvatten	22
2.3.1	Allmänt	22
2.3.2	Vattenförbrukning, avloppsvattenmängder	22
2.3.3	Flöden och temperaturer på avloppsvatten till värmeväxlare	23
2.3.4	Värmeväxlarens utformning	24
2.4	Värmeväxlare, ventilationsluft	26
2.4.1	Allmänt	26
2.4.2	Ventilation inkl. infiltration och vädring	26
2.5	Tilluft genom markförlagda rör	29
2.5.1	Allmänt	29
2.5.2	Kylning av bostaden	29
2.5.3	Förvärmning av tilluften till förrådet	30
2.6	Solfångare	32
2.7	Gratisvärme	33
2.7.1	Allmänt	33
2.7.2	Personvärme	33
2.7.3	Hushållsel	33
2.7.4	Övrig el	33
2.7.5	Solinstrålning fönster	34
2.8	Reservvärme	35
2.9	Installation	36
3	MÄTNINGAR	39
4	ENERGIBALANSBERÄKNINGAR	41
5	KOSTNADER	61
5.1	Allmänt	61
5.2	Nuläget	61
5.2.1	Anläggningskostnader	61

5.3	Framtida vidarutvecklad anläggning i större gruppbebyggelse	64
5.3.1	Allmänt	64
5.3.2	Anläggningskostnader	64
5.3.3	Årskostnader	65
5.4	Anläggn med konventionella bränslen	65
5.4.1	Allmänt	65
5.4.2	Anläggningskostnader	65
5.5	Kommentarer till kostnadsberäkningen	66
6	AVSLUTANDE KOMMENTAR	69

SAMMANFATTNING

Vid utnyttjandet av solenergi för uppvärmning av byggnader och för tappvarmvattenberedning erfordras ackumuleringsmöjligheter. Skall årsbehovet täckas krävs säsongsutjämning.

Vid separat soluppvärmning av en villa blir kostnaderna relativt höga. Lagringsförlusterna blir högre än för centrala solvärmesystem, men viss kompensation erhålles genom att man undviker förlusterna på tillförselledningarna i mark, vilka kan uppgå till 30 % av villans årsbehov.

Placeras villan på ett magasin, kan förlusterna från magasinets överyta tillgodogöras under uppvärmningsperioden.

Förstudien omfattar en teknisk och ekonomisk analys av förutsättningarna för soluppvärmning av en villa placerad över ett värmemagasin.

I avhandlingen ingår följande utredningsmoment:

- Anläggningens utformning och tekniska egenskaper
- Energibalansberäkningar
- Kostnader
- Avslutande kommentar

Anläggningen består av en 1 1/2-plans villa med lägenhetsytan 148 m². Takytan mot söder där solfångarna är placerade, lutar 70° mot horisontalplanet. Ekonomidelen, förråd och garage, är placerade på villans östra sida och sammanbyggd med denna. Taket där solfångarna är placerade, är utdraget 1,25 m utanför väggliv för att sommartid minska solinstrålningen genom fönstren.

Värmeväxlare installeras för återvinning av energi ur såväl ventilationsluft som ur avloppsvatten.

Villan placeras på ett värmemagasin, där infångad solenergi ackumuleras under sommaren. Magasinet utföres som ett ballastfyllt gropmagasin för vatten.

Magasinet har formen av en stympad pyramid med spetsen neråt. Överytan är kvadratisk och slänterna mot mark lutar 1:1. Magasinet isoleras och förses innanför isoleringen med ett tätskikt av 0,4 mm plåt av syrafast rostfritt stål. Innanför tätskiktet fylls magasinet med ballast av makadam. Hålligheterna i makadamfyllningen, c:a 40 %, fylls med vatten. Ballasten har dubbel funktion, dels att ackumulera energi, dels att föra ner ovanförliggande laster till undergrunden. Magasinets överyta förses med diffusionsspärr.

Transmissionen genom villans golv över magasinet ger sommartid icke önskvärda temperaturhöjningar inomhus. För att motverka dessa kyls tilluften då genom markförlagda rör.

Solfångarna är försedda med ett glas och selektivt verkande absorбатыryta. Som värmebärare är föreslaget glykolblandat vatten som i ett slutet system för ner energin till en värmeväxlare som är placerad i en brunn med centralt läge i magasinet. Uttag av energi ur magasinet sker genom en annan värmeväxlare i samma brunn, men placerad nära vattenytan där temperaturen som regel är högst.

Villan förses med braskamin som reservvärmekälla. Även denna får glykolblandat vatten som värmebärare och den ansluts till magasinet på samma sätt som solfångarna.

Energibalansberäkningarna har utförts dels för ett fall där huvudparten av erforderlig energi utöver gratisvärmen erhålles från solfångarna, dels ett fall där solfångararean och magasinvolymen reducerats varvid erforderlig stödenergi erhålles genom eldning med c:a $1,5 \text{ m}^3$ ved.

I samband med energibalansberäkningarna har magasinet dimensionerats. Därvid har vid det första fallet tre alternativa isolertjocklekar mot mark tillämpats varvid volymen samtidigt anpassats så att magasinet erhållit erforderlig ackumuleringsförmåga.

Kostnadsberäkningarna har utförts dels för singelbygge i nuläget, dels för framtida vidareutvecklad anläggning ingående i en större gruppbebyggelse.

För att erhålla jämförelse med konventionella uppvärmningsförfarande har även två sådana alternativ beräknats för byggnader med samma värmebehov, som förutsatts vid de övriga beräkningarna.

Vid beräkning av årskostnaderna av kapital har räntesatsen satts till 4 % och avskrivningstiden för magasin och markförlagda rör till 40 år och för värmeväxlare, solfångare och pannor till 15 år.

I kalkylerna ingår ej invändig installation som antages lika i samtliga alternativ.

Beräkningarna visar att det i nuläget ej är lönsamt att utöver gratisenergin täcka resterande värmebehov genom separat soluppvärmning.

Med en vidareutvecklad anläggning synes skillnaden i energikostnad mot en konventionellt uppvärmd villa med dagens energipriser utgöra c:a 1 200:-/år.

Väljes en vidarutvecklad anläggning med 25 m^2 solfångare och stödeldning med c:a $1,5 \text{ m}^3$ ved blir, vid dagens energipriser, skillnaden till konventionellt uppvärmd anläggning endast c:a 400:-/år.

Bättre ekonomi erhålles vid större anläggningar. Som exempel på sådana lämpliga objekt kan nämnas industribyggnader, skolor och andra offentliga byggnader, flerbostadshus eller fyra enbostadshus sammanbyggda kring en gemensam gård med glasat tak. Sådana objekt bör närmare studeras med avseende på energibalans, teknisk utformning och kostnader. Även tillämpningar vid uppvärmning av växthus bör undersökas.

För att klarlägga de praktiska problemen och kostnaderna för ett magasin av aktuell typ synes det lämpligt att uppföra en mindre anläggning av den typ och storlek som förstudien omfattat.

1 INLEDNING

1.1 Allmänt

Vid utnyttjandet av solenergi för uppvärmning av byggnader och för tappvarmvattenberedning erfordras ackumuleringsmöjligheter.

Skall årsbehovet täckas krävs magasin för säsongsutjämning.

För att erhålla ekonomi i centrala soluppvärmda värmelager med tillhörande distributionsnät erfordras stora anläggningar. Detta framgår tydligt av de mindre projekt som nu genomförs i Linköping och Växjö. Uppsala kraftvärme AB utreder förutsättningarna för solvärme inom Lyckeboområdet i Storvreta omfattande 500 lägenheter. Sannolikt krävs det denna omfattning för att någorlunda ekonomi skall uppnås.

I ett bebyggelseområde med gemensamt värmelager utgör kostnaderna för distributionsnätet, med avseende på såväl anläggning som drift, en betydande del av de totala kostnaderna för värmeanläggningen.

Anläggningskostnaderna för kulvertledningarna i villa-bebyggelse kan uppgå till 30 000:- per fastighet eller mer och värmeförlusterna till 10 å 15 % av årsförbrukningen i normalisolerade byggnader. Väljes högisolerade byggnader, som blir aktuella vid soluppvärmning, kan förlusterna uppgå till 20 å 30 %.

Oftast sker utbyggnaden av bostäder i relativt små etapper, varvid soluppvärmning med gemensam anläggning ej blir lönsam.

Mot denna bakgrund utföres denna förstudie av ett objekt omfattande en soluppvärmd villa placerad på ett värmemagasin. Magasinet utgöres av ett ballastfyllt gropmagasin för vatten, där ballasten förutom att den ackumulerar värmeenergi även för ner lasterna från byggnaden till undergrunden.

Kostnaden för ett sådant magasin synes bli lägre än för på annat sätt utförda vattenmagasin med samma funktion och värmekapacitet.

För placering av ett konventionellt vattenmagasin utformat som en stålbehållare krävs vanligen ett särskilt utrymme. Kostnaden för ett sådant utrymme bedöms uppgå till minst 50 % av magasinets.

1.2 Förstudiens omfattning och genomförande

Förstudien har i huvudsak omfattat följande utredningsmoment

- Byggnadernas utformning och isolering
- Magasinet
- Värmeväxlare avloppsvatten
- Värmeväxlare ventilationsluft
- Tilluft genom markförlagda rör
- Solfångare
- Gratisvärme
- Reservvärme
- Installation
- Mätningar
- Värmebalansberäkningar
- Kostnader
- Alternativa tillämpningar

Vid genomförandet har arbetet bedrivits i tre steg innefattande

- Anläggningens utformning och termiska egenskaper
- Energibalansberäkningar och dimensionering av magasinet
- Kostnadsberäkningar

Projektet har bedrivits under medverkan av:

Professor Enno Abel	CTH	Rådgivning
Civ.ing. Bengt Eftring	LTH	Magasinsförluster till mark
Ing. Nils Persson	AIB	Projektledare
Ing. Rolf Svensson	AIB	

2 ANLÄGGNINGENS UTFÖRANDE

2.1 Villan

Villans utförande framgår av bild 1. Den är utformad som en 1 1/2-plans byggnad orienterad med en långsida mot söder. Solfångarna placeras på takets södersida som ges lutningen 70° mot horisontalplanet. Ekonomidelen, omfattande garage och förråd, placeras på villans östra gavel och sammanbyggs med denna.

Huvudbyggnaden har utvändiga måtten 11,6 m · 8,4 m och ekonomidelen 8,4 · 8,2 m. Totala lägenhetsytan är 148,0 m².

Väggreglar och takstolar är av typ masonit.

Fönstren är försedda med enkelglas i ytterbågen och tvåglas isolerruta i innerbågen. Ett av glasen i isolerrutan förses med värmespegel.

Diffusionsspärrar utföres av polyetenfolie typ Tenotät el. likv. som monteras med stor noggrannhet för lufttätethet.

För att hindra kraftig solinstrålning sommartid har taket mot söder dragits ut 1,25 m utanför husliv. Därvid har även beretts möjligheten att komplettera byggnaden med ett växthus i anslutning till söderfasaden.

Villan placeras över värmemagasinet.

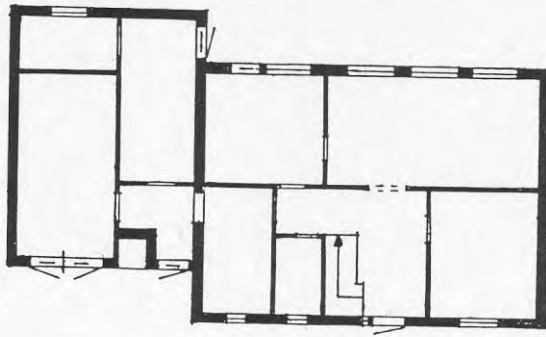
Areor, värmeomgångstal samt transmissionsförluster per $^{\circ}\text{C}$ redovisas i tabell 1.

Transmitterad utgående energi per månad har beräknats med utgång från utemedeltemperaturer för Jönköping och med antalet timmar för resp. månad. Dygnsmedeltemperaturerna inomhus i bostadsdelen har under uppvärmningsperioden satts till $+19^{\circ}\text{C}$ och under övrig tid till $+22^{\circ}\text{C}$.

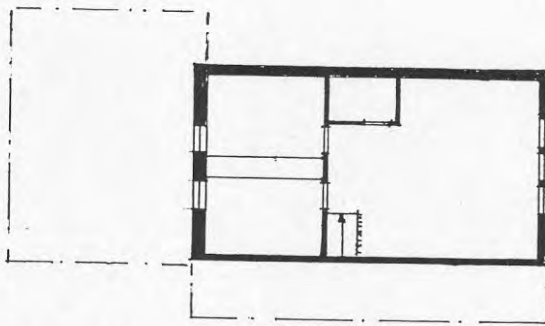
Under uppvärmningsperioden förutsätts nattsänkning av temperaturen.

I förrådsdelen har temperaturen satts till min. $+10^{\circ}\text{C}$ och i garagedelen till min. $+ 0^{\circ}\text{C}$.

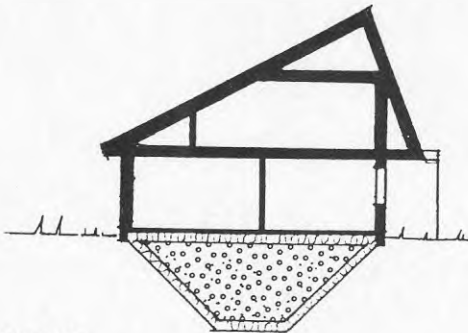
En sammanställning av transmissionsförlusterna månadsvis redovisas i tabell 2.



BOTTENPLAN



ÖVRE PLAN



SEKTION

BILD 1 VILLAN

Objekt	Yta m ²	k-värde W/m ² °C	Trans- mission W/ °C
Bostadsdel			
Hanbjälklag	42,3	0,122	5,16
Tak, snedtak	74,3	0,108	8,02
Vägg mot det fria	88,8	0,163	13,66
Vägg mot förråd	13,0	0,160	2,08
Fönster	16,9	1,40	23,66
Dörrar ej glasad del	2,7	1,00	2,7
Dörr mot förråd	1,6	1,00	1,6
Summa mot det fria			53,20
Summa mot förråd			3,68
Förrådsdel			
Takbjälklag	19,5	0,155	3,03
Yttervägg	10,7	0,280	3,01
Vägg mot garage	12,9	0,348	4,49
Fönster	1,6	2,00	3,20
Ytterdörrar	2,6	1,00	2,60
Dörr mot garage	2,0	1,5	3,00
Golv (yttre randfält)	6,6	0,35	2,31
Golv (inre randfält)	12,9	0,188	2,43
Summa mot det fria			16,58
Summa mot garage			7,49
Garagedel			
Takbjälklag	25,0	0,155	3,88
Yttervägg	28,6	0,280	8,00
Fönster	2,1	2,00	4,20
Dörrar	3,6	1,00	3,60
Golv (yttre randfält)	12,2	0,35	4,27
Golv (inre randfält)	12,8	0,188	2,41
Summa			23,36

Tabell 1. Byggnaderna: areor, värmegenomgångstal, samt transmission (golv i bostadsdelen ingår ej)

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Året
Dygnsmedeltemp. bostadsdelen	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19	
Bostadsdelen:													
Mot ytterluft	859	782	776	555	506	314	225	265	406	487	624	744	6453
Mot förråd	25	22	25	24	33	22	17	18	28	25	24	25	288
Summa	884	804	801	579	539	336	424	283	434	512	648	769	6831
Förråd och garage:													
Förrådsdelen:													
Mot ytterluft	156	144	131	66	10					41	87	121	756
Mot garage	56	47	56	30	4					18	39	55	305
Från bostadsdelen (avg.)	-25	-22	-25	-24	-14					-25	-24	-25	-184
Garagedelen:													
Mot ytterluft	53	51	12										116
Från förrådsdelen (avg.)	-53	-47	-12										-112
Summa	187	173	162	72						34	102	154	884
Totalt för bostad, förråd, och garage													
Summa	1071	977	963	651	539	336	242	283	434	546	750	923	7715

Tabell 2. Sammanställning av transmissionsförluster i KWh.

2.2 Magasinet

2.2.1 Allmänt

Magasinet är utformat som ett ballastfyllt gropmagasin för vatten med släntlutningar i 1:1. Väggar, botten och tak isoleras och innanför isoleringen placeras ett tätskikt. Utformningen framgår av bild 2.

Magasinets förmåga att ackumulera och innehålla värme är avhängigt bl.a. volymens storlek, typ av ballast samt isoleringsgraden.

Ballasten i magasinet för ner lasterna från byggnaden till grunden och ersätter således dyrbara bärande konstruktioner i ett konventionellt magasin av exempelvis betong.

Hållrumsvolymen i magasinet är c:a 40 %. Med ballasten av granit, som har lägre värmekapacitet än vatten, blir magasinets volym större än ett magasin med enbart vatten. Väljes ballast av magnetit blir magasinet i volym jämförbart med ett rent vattenmagasin.

I denna förstudie har räknats med ballast av makadam framställd av granit. I kostnads kalkylerna har även alternativ med ballast av malmavfall medtagits.

2.2.2 Geometrisk utformning

Överytan ges, om möjligt, kvadratisk form. För erhållande av stabila slänter har lutningen valts till 1:1.

Stort djup ger större möjligheter till i höjdled differentierad temperatur. Av praktiska skäl har invändiga djupet bestämts till max. 2,6 m. Ytterligare djup ger små volymökningar och medför problem vid arbeten med isolering och tätskikt.

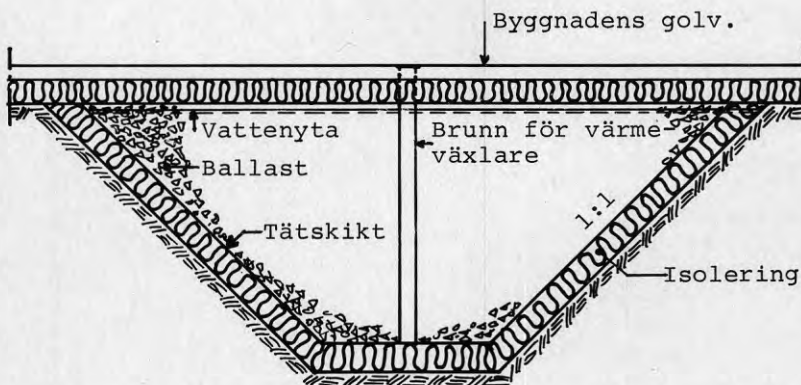


Bild 2 Magasin

2.2.3 Värmeisolering

Värmeförlusterna från magasinets överyta bidrar vintertid till uppvärmning av villan.

Temperaturen i magasinets övre del antas variera under säsongen mellan $+30^{\circ}\text{C}$ och $+90^{\circ}\text{C}$, och innetemperaturen i byggnaden mellan $+17^{\circ}\text{C}$ och $+22^{\circ}\text{C}$.

Enl. SBN 75 får yttemperaturen på golvet ej överstiga $+27^{\circ}\text{C}$.

Med k -värdet $0,09 \text{ W/m}^2\text{C}$ i konstruktionen över magasinet, rumtemperaturen $+25^{\circ}\text{C}$ och magasinstemperaturen $+90^{\circ}\text{C}$ blir golvets yttemperatur $c:a +27^{\circ}\text{C}$.

Golvet över magasinet får således ha högst $k = 0,09 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Vid beräkning av värmeisolering mot mark skall eftersträvas största möjliga nyttan av en bestämd kvantitet isolering. För att erhålla ett preliminärt grepp om förlusternas storlek och för att klarlägga hur isoleringen bör placeras, utfördes i ett tidigt skede av utredningen fyra datorberäkningar av ett magasin med alternativa placeringar av en given mängd isolering.

För att erhålla stor differens på temperaturgradienten i marken och för att enkelt möjliggöra omräkning till olika medeltemperaturer, sattes årsmedeltemperaturen vid markytan till $\pm 0^{\circ}\text{C}$ och i magasinet till $+1\ 000^{\circ}\text{C}$.

Beräkningarna visar att man vid användandet av så litet magasin, $c:a 80 \text{ m}^3$ bruttovolym, ej av praktiska skäl kan utnyttja jordens mot djupet tilltagande isoleringsförmåga genom att variera isoleringstjockleken.

Beroende på att man som regel har högsta temperaturen i magasinets övre delar kan det vara befogat att här utföra något kraftigare isolering.

Isoleringen föreslås ske med mineralullsskikt närmast tätskiktet där högsta temperaturerna och mekaniska påkänningarna erhålles. Utanför mineralullen isoleras med skivor av styrenplast.

Värmeledningsförmågan, λ , har satts för isoleringen till $0,033 \text{ W/m}^2\text{C}$. Val av isolertjocklek sker i samband med energibalansberäkningarna för magasinet under punkt 4 varvid hänsyn togs till jordens medverkan.

2.2.4 Tätskikt

Innanför värmeisoleringen skall appliceras ett tätskikt.

Tätskiktet skall uppfylla följande krav:

- erforderlig täthet mot vatten
- funktionsduglig inom aktuellt temperatur-
område
- lång livslängd, samma som byggnaden
- acceptabla anläggningskostnader

Tre alternativa material har bedömts, nämligen syntetmaterial, bentonit och plåt av rostfritt stål.

Butylgummiduk används för magasin i Studsvik och Linköping. Enligt uppgift är detta material ej lämpligt för temperaturer över $+70^{\circ}\text{C}$. Även vid denna temperatur kan garanti för funktionstid ej erhållas. Sannolikt kan man ej förvänta att den är funktionsduglig mer än c:a 10 år.

Långtidsprovning av folier pågår i Studsvik med stöd från Nämnden för Energiproduktionsforskning.

Kostnaden för 1,5 mm butylduk monterad på plats inkl. erforderliga skyddsskikt bedöms till c:a 100:-/m^2 .

Natriumbentonit är en vulkanisk lera bestående av montmorillonit. Den sväller i fritt tillstånd c:a 15 gånger sin ursprungliga volym från torrt till vattenmättat tillstånd.

Bentonit kan blandas med lämpligt graderad sand och därefter läggas ut som tätskikt. Tätskiktet kan alternativt byggas upp av färdiga skivor typ Volclay Panels typ 1, som består av wellpapp som på fabrik fyllts med bentonit. Skivorna är c:a 5 mm tjocka.

Ett tätskikt av bentonit måste, för att få god funktion, belastas före vattentillförseln. Genom ballastfyllningen i magasinet erhålles tillräcklig sådan belastning.

Tätskiktet blir ej fullständigt vattentätt. Permeabiliteten är ett mått på vattengenomsläppligheten och har vanligen sorten m/s.

I litteraturen redovisade försök pekar på att man i ett väl utförd tätlager av bentonit kan erhålla permeabiliteten $= 10^{-10}$ a 10^{-11} m/s. Vid en våt yta på c:a 100 m^2 , invändiga maxdjupet 2,6 m och 0,1 m tjockt tätskikt kan vattenförlusten vid angivna permeabilitetsvärden uppgå till mellan 0,5 och $5\text{ m}^3/\text{år}$.

Bentonitskiktet bör inneslutas mellan fiberdukar av de typer som används i samband med markförstärkningsarbeten.

Skikt av bentonitblandad sand skall komprimeras för att få fullgod verkan. Utförandet av komprimeringen kan vara besvärlig att genomföra, beroende på att isoleringen ej utgör ett tillräckligt stabilt underlag, samt att släntlutningen försvårar arbetet.

Tätskiktet kan ej provtryckas före ifyllningen av ballasten.

Kostnaden för ett 0,1 m skikt av sand - bentonit inkl. fiberduk på över- och undersidan har bedömts till c:a 100:-/m².

Rostfri plåt i kvaliteter SIS 142343 (syrafast) och SIS 142333 används för bl.a. taktäckning. Normalt används 0,4 mm tjock plåt som levereras i rullar med bredden 540 eller 650 mm. Plåten kapas i lämpliga längder och fogningen sker med hjälp av maskiner som i tur och ordning falsar, sömsvetsar och viker falsen.

Fogen blir absolut tät och genom fjädringen i den uppvikta falsen kan även en rörelse tas upp tvärs fogarna.

Ett tätskikt utfört på detta sätt kan täthetsprovas innan ballasten fylls i magasinet. Plåten på magasinets insida förses lämpligen med c:a 100 mm skyddslager av finmakadam eller singel innan den övriga ballasten ifylles.

Med torr utsida bedöms plåten få samma livslängd som den ovanförliggande byggnaden.

Kostnaden för ett tätskikt av rostfri plåt i kvaliteten SIS 142343 blir c:a 180:-/m².

Av de ovan redovisade tätskikten är det endast plåt av rostfritt stål, som uppfyller de ställda kraven.

För att hindra vattenånga att tränga upp i byggnaden måste en diffusionsspärr ordnas över magasinet. Samma krav skall ställas på detta skikt som på tätskiktet i magasinet.

Vattnets densitet är temperaturberoende. Av denna anledning kommer vattenytans nivå i magasinet att fluktuera c:a 50 mm under året. Diffusionsspärren placeras c:a 75 mm över högsta vattenytan. Golvet utanför magasinet kan förses med diffusionsspärr av konventionellt material.

2.2.5 Laddning och urladdning

För erhållande av hög verkningsgrad på solfångarna är det önskvärt att magasinet får temperaturskiktning i vertikalled. Ballasten i magasinet - granit - har som homogent material c:a 6 gånger så hög värme-

ledningsförmåga som vatten vilket medför en snabbare utjämning av temperaturen jämfört med ett magasin med enbart vatten. Eftersom ballasten kommer att utgöras av relativt grov makadam med i huvudsak enhetlig styckesstorlek blir permeabiliteten hög och därmed strömningsmotståndet lågt. Detta medför att förutsättningarna för fördelning av det varma vattnet i horisontalled, genom den termisk betingade densitetsskillnaden, är god.

Eftersom temperaturen kommer att variera på vattnet från solfångarna, krävs anordningar som möjliggör att detta vatten hamnar på rätt temperaturnivå i magasinet.

Två system kan tillämpas för laddning och urladdning av magasinet.

I det ena fallet får vattnet i magasinet medverka direkt i uppvärmningssystemet. Därvid bör cirkulationspumparna placeras på en nivå som ligger under magasinets vattenyta.

Risken för korrosion på i systemet ingående rör och komponenter föreligger.

Tages vattnet till solfångarna direkt från magasinet måste solfångarna på grund av frysrisk, dräneras när de ej är i drift.

I det andra fallet sker värmeväxling i magasinet. Därvid erhålles slutna system med små vattenvolymer. Solfångarsystemet kan förses med frostskyddsvätska och behöver ej dräneras vid stillestånd.

Risken för korrosion på ingående komponenter reduceras.

Vid värmeväxling i magasinet erhålles, beroende av verkningsgraden hos växlarna, en temperaturdifferens mellan utgående vatten från respektive växlare och magasinsvattnet.

Värmeväxling i magasinet får frånsett nämnda temperaturdifferens sådana fördelar att endast detta förfarande utreds närmare.

Värmeväxlare för laddning resp. urladdning av magasinet placeras i en brunn i magasinets mitt.

Förslag till utformningen framgår av bild 3.

Brunnen består av två koncentriskt placerade vertikala rör av rostfritt stål med sådana diametrar att tvärsnittsareorna i det yttre och inre utrymmet blir ungefär lika stora.

Värmeväxlaren för laddning placeras vid botten i det yttre utrymmet och växlaren för urladdning placeras vid ytan i det inre utrymmet.

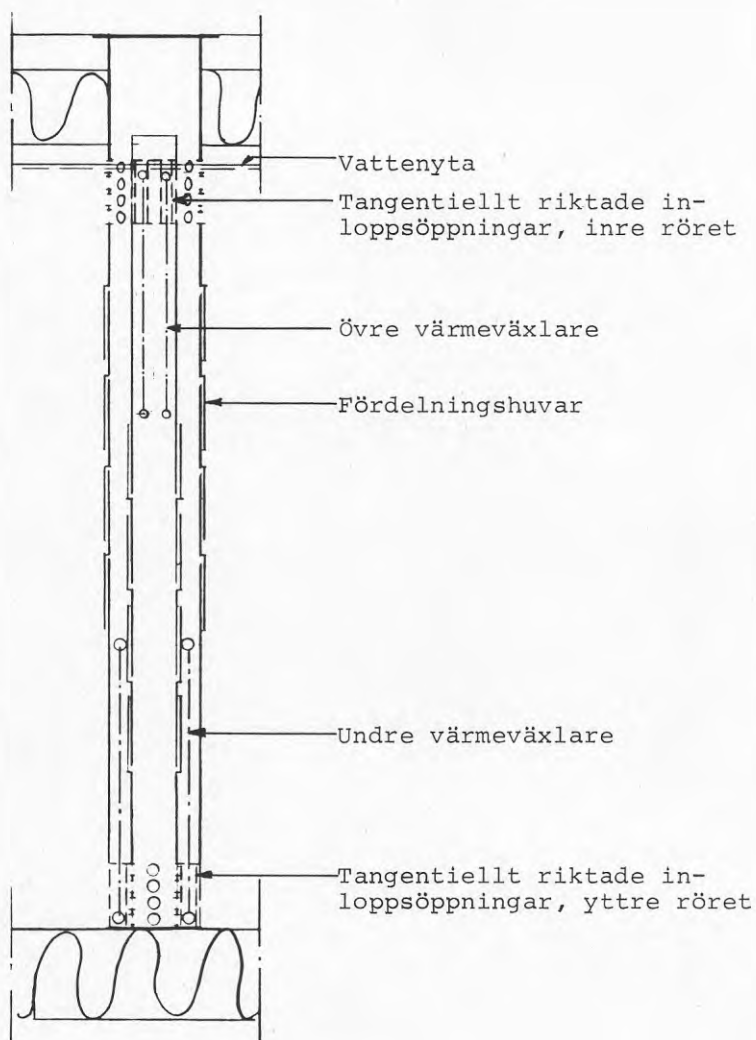


Bild 3 Värmeväxlare med brunn, principutformning.

Värmeväxlarna utföres av kopparrör med radiellt ställda flänsar och dimensioneras så att temperaturdifferens mellan vattnet i växlaren och magasinet efter växling utgör c:a 2 - 4°C. Vid laddning av magasinet, värms det kallare bottenvattnet vilket genom egenkonvektion då stiger uppåt. Temperaturen på detta stigande vatten kommer att variera.

För att vattnet skall hamna på rätt temperaturnivå i magasinet, förses det yttre röret utvändigt med nedåtriktade huvar med liten spaltvidd. Huvarna kommunicerar med rörets insida genom upptagna hål i höjd med huvarnas övre del.

Huvarna kommer att fungera som "värmelåsar" som motverkar utströmningen om vattnet utanför röret har lägre temperatur än det som stiger uppåt inne i utrymmet. Först när vattnet når rätt temperaturnivå strömmar det ut i magasinet.

Vid urladdning av magasinet kyls det varma ytvattnet och får därmed lägre densitet och sjunker neråt i det inre röret. Även här kommer vattnet att hamna på rätt temperaturnivå i magasinet genom huvar som i detta fall är vända med öppningarna uppåt och placerade på det inre rörets utsida.

För att öka värmeöverföringen utformas inloppen vid botten och vid ytan så att vattnet under färden genom rören erhåller en roterande rörelse kring värmeväxlarna.

Värmeväxlarna utformas så att de enkelt kan lyftas ur magasinet för kontroll och rengöring.

De på angivet sätt placerade värmeväxlarna får snabb inbördes kommunikation, genom vattnet i brunnen, vilket är värdefullt vid exempelvis energitillskott från kaminen.

Anordningen för laddning och urladdning måste studeras närmare med avseende på termodynamisk och hydraulisk utformning.

2.2.6 Bräddavlopp

Magasinet förses med bräddavlopp. Det placeras så högt som möjligt för att minska risken för läckage vid genomgång av tätskiktet. Röret isoleras och får mynna i avloppsledning i anslutning till värmväxlaren för avloppsvattnet som placeras under förrådsutrymmets golv.

Bräddavloppsröret står normalt tomt från vatten och får samtidigt utgöra tryckutjämnande förbindelse med omgivande luft. För att förhindra icke önskvärd ventilation förses den yttre rörändan med en vattenlås med någon mm vattendjup.

2.2.7 Nivåmätning, vattenpåfyllning

För kontroll av vattennivån i magasinet ordnas en nivågivare i anslutning till brunnen för värmväxlarna samt ett indikerande instrument på lämplig plats i byggnaden.

Vattenpåfyllningen styrs manuellt med tappventil även den placerad i anslutning till brunnen.

2.3 Värmväxlare, avloppsvatten

2.3.1 Allmänt

Avloppsvattnet erhåller värme dels från tappvarmvattnet, dels från hushållsmaskiner såsom tvätt- och diskmaskiner och spis. En del av värmen avges till byggnaden innan vattnet försvinner ut genom avloppsledningarna.

Genom closettvattnet, som i vanliga fall värms av rumsluften, förloras också värme.

För återvinning av värme ur avloppsvattnet kan två alternativ tänkas, dels överföring till inkommande kallvatten, dels överföring till ventilationstilluften. Endast det första alternativet har i detta fall bedömts realistiskt för praktisk tillämpning.

2.3.2 Vattenförbrukning, avloppsvattenmängder

Vattenförbrukningen i enfamiljshus är c:a 20 % lägre än i flerfamiljshus. På grund av stigande vattenavgifter har förbrukningen på senare år sjunkit.

Vattenförbrukningen för en villa med 4 personer kan ha fördelningen som anges i tabell 3.

Closettvatten, vatten för biltvätt och bevattning kommer ej att belasta värmeväxlaren.

	l/d	till värmeväxl.
Personlig hygien	224	224
WC 4,5 spol. · 6 l · 4 p	108	-
Textiltvätt 24 l · 4 p	96	96
Disk 32 l · 4 p	128	128
Mat, dryck 8 l · 4 p	32	32
Övrigt, städning, bevattning etc.	<u>82</u>	<u>50</u>
	670 l/d	530 l/d

Tabell 3. Vattenförbrukning i villa, 4 personer.

Med closettvattnet förloras värme. Antas inkommande vatten ha temperaturen $+6^{\circ}\text{C}$ och utgående $+19^{\circ}\text{C}$ blir förlusten per dygn $108 \cdot (19 - 6) \cdot 1,163/1000 = 1,63 \text{ kWh}$ eller per månad c:a 50 kWh.

2.3.3 Flöden och temperaturer på avloppsvatten till värmeväxlaren

Ett normalt energibehov för tappvarmvattenuppvärmning i en villa är c:a 390 kWh/månad.

Av denna energimängd avges c:a 20 % till byggnaden innan vattnet leds ut. Då återstår c:a $0,80 \cdot 390 = 310 \text{ kWh}$.

Från hushållsmaskiner erhåller avloppsvattnet c:a 1 000 kWh/år eller c:a 80 kWh/mån.

Energimängden som avleds till värmeväxlaren blir då $310 + 80 = 390 \text{ kWh/månad}$ eller c:a 13 kWh/dygn.

Om denna energimängd tillförs värmeväxlaren med 530 l vatten/dygn erhålles en genomsnittlig temperaturhöjning i förhållande till inkommande vattnets med $13\ 000 / (1,163 \cdot 530) = 21,1^{\circ}\text{C}$.

Antas kallvattnet ha temperaturen $+6^{\circ}\text{C}$ får avloppsvattnet till värmeväxlaren teoretiska medeltemperaturen $21,1 + 6 = 27,7^{\circ}\text{C}$.

I praktiken varierar temperaturerna på avloppsvattnet kraftigt.

Avtappningen av avloppsvatten sker som regel intermittent och till stor del under "dagtid". Förskjutningen sker ofta i tid mellan till värmeväxlaren inkommande avloppsvatten och renvatten.

Således kan exempelvis ett bad tappas upp utan att avloppsvatten samtidigt går in i värmeväxlaren.

För att möjliggöra en värmeväxling med acceptabelt utbyte erfordras utrymme för såväl inkommande som utgående vatten så att erforderlig kontakttid erhålles.

2.3.4 Värmeväxlarens utformning

Värmeväxlarens utformning framgår av bild 4. Den består av en stående cylindrisk behållare för avloppsvattnet. Centriskt i cylindern placeras en sluten behållare för renvattnet.

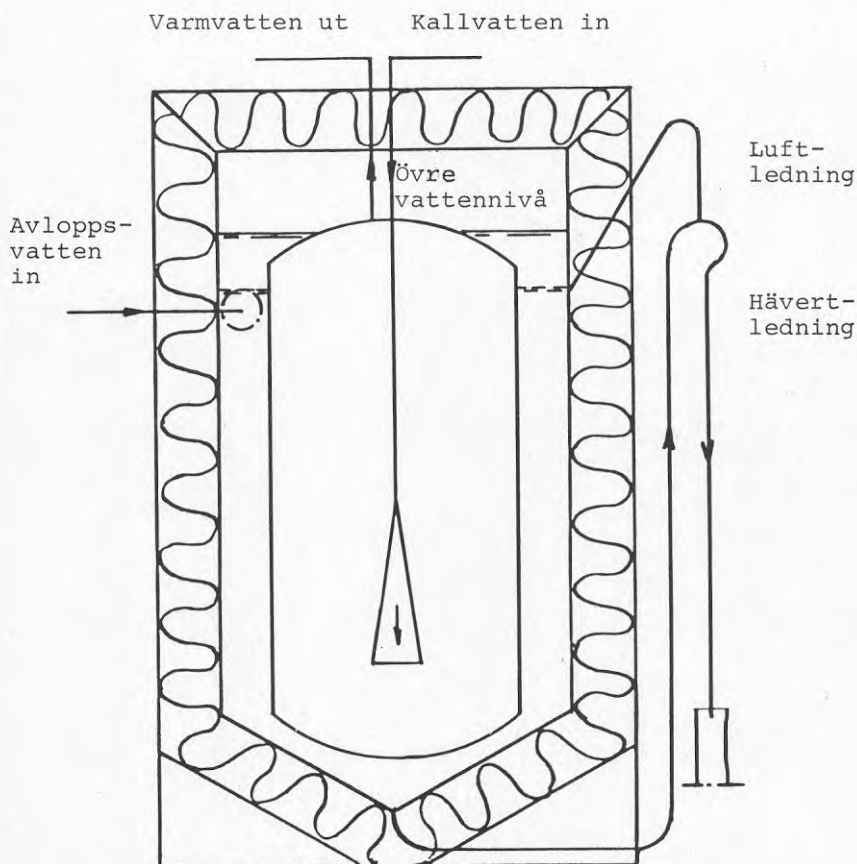


Bild 4 Värmeväxlare för avloppsvatten

Inloppet i avloppsvattenbehållaren placeras omedelbart under lägsta vattenytan i kärlet. Inströmningen sker horisontellt och inloppet riktas tangentiellt så att vattnet erhåller en lugn roterande rörelse kring renvattenbehållaren. Utloppet ordnas i Centrum av cylinderns botten. Utloppsledningen drages utanför cylindern upp till högsta vattenytan och utformas som en hävertledning. På hävertens höjdpunkt ansluts en luftledning som neddrages i avloppsvattnet till sådant djup att lämplig vattenmängd avbördas innan lufttillträdet bryter hävertverkan. Avloppsvattnet kommer då att avbördas intermittent med vid varje tillfälle bestämd minimivoly. På så sätt erhålles tillräcklig hastighet och mängd för avledning av tyngre sediment.

För att eliminera störande strömningar i avloppstankens bottendel, förorsakat av det vatten som rusar tillbaka genom avloppsröret när vattenpelaren i häverten bryts, kan en backventil erfordras på avloppsledningen.

Antas den huvudsakliga tappningen ske dagtid mellan kl. 5⁰⁰ och 22⁰⁰ blir det teoretiska medelflödet till värmeväxlaren $530/17 = 31,2$ l/h.

Utrymmet för såväl renvatten som avloppsvatten föreslås få volymer motsvarande vatten för ett bad, c:a 150 l, vilket ger en teoretisk uppehållstid på $150/31,2 = 4,8$ h.

Som renvattenbehållare väljes ett ut- och invändigt på lämpligt sätt ytbehandlat hydroforkärl om 150 l. Kärlets mantelyta är c:a $1,6 \text{ m}^2$, varav i kontakt med avloppsvattnet c:a $1,5 \text{ m}^2$. Utrymmet för avloppsvattnet ges samma nettovoly d.v.s. kärlet får dubbla bruttovolymer. Med höjden 980 mm blir diametern då 0,62 m.

Återvunnen värme:

I litteraturen anges att praktiska mätningar har visat att värmeöverföringstalet är drygt $500 \text{ W}/^\circ\text{Cm}^2$ värmeöverförande yta om tankarna står i avloppsvatten. Man kan förvänta minst 50 % återvinning av den energi som med avloppsvattnet går in i värmeväxlaren.

Värmeväxlarens egenskaper bör studeras teoretiskt och kontrolleras under drift i en experimentanläggning.

Antas energibehovet för tappvarmvattenberedning uppgå till 4 700 kWh/år blir energiförlusterna per månad efter värmeväxling:

Energiinnehåll i varmvatten	390
Återvunnet i byggnad 20 %	- 78
Återvunnet i växlare (390-78) · 0,5	-157
Förlust energi hushållsmaskiner 90 · 0,5	45
Closettvtatten	<u>50</u>
	250 kWh/mån.

Eftersom closettvattnet ej leds till värmeväxlaren blir energibehovet för tappvarmvattenberedning 390 - 200 = c:a 190 kWh/månad.

Vid värmebalansberäkningarna under pkt 4 har värden månadsvis framtagits varvid antagits viss semesterfrånvaro under juli månad. Av tabellerna över dessa beräkningar framgår att värmeväxlaren somliga sommar-månader varit frånkopplad för att minska behovet av att kyla bort överskottsvärme från solfångarna.

2.4 Värmeväxlare, ventilationsluft

2.4.1 Allmänt

Bostadsdelens volym är 206 m³. Minimiventilationen 0,5 omsättningar i timmen ger 103 m³/h.

Infiltration och vädring kan i en vältätad 1 1/2-plansvilla sättas till 0,1 omsättningar i timmen vilket här ger 20,6 m³/h.

Genom att villan placeras på värmemagasinet kommer förlusterna från magasinet att sommartid ge icke önskvärd temperaturstegring inomhus. För att hålla behaglig rumstemperatur kommer tilluften under sommaren att tas in genom markförlagda rör.

Utnyttjandet av marken för kylning resp. förvärmning av ventilationsluften redovisas under pkt 2.5.

För värmeväxling har räknats med en växlare typ Kantherm. Termiska verkningsgraden är c:a 80 %.

2.4.2 Ventilation inkl. infiltration och vädring

Bostadsdelen, volym 206 m³.

Normaldrift vinter utan värmeåtervinning:
Infiltration + vädring 0,1 oms./h

Luftflöde inf. + vädr. $0,1 \cdot 206 = 20,6 \text{ m}^3/\text{h}$
Fläkt basvarv (23 h) $100 \text{ m}^3/\text{h}$
Fläkt fullvarv (1 h) $200 \text{ m}^3/\text{h}$

Dygnsmedelvärde $\frac{23 \cdot 120,6 + 1 \cdot 220,6}{24} = 124,77 \text{ m}^3/\text{h}$

Effektbehov $0,33 \cdot 124,77 = 41,17 \text{ W}/^\circ\text{C}$.

Normaldrift vinter med värmeväxling:

Fläktflöden omräknas till fiktiva värden.

Luftflöde infiltration = $20,6 \text{ m}^3/\text{h}$
Fläktbasvarv (23 h) Termisk verkningsgrad 80 %.
Fiktivt flöde $(1 - 0,80) \cdot 100 = 20 \text{ m}^3/\text{h}$
Fläkt fullvarv (1 h) Termisk verkningsgrad 80 %.
Fiktivt flöde $(1 - 0,8) \cdot 200 = 40 \text{ m}^3/\text{h}$

Dygnsmedelvärde $\frac{23 \cdot 40,6 + 1 \cdot 60,6}{24} = 41,43 \text{ m}^3/\text{h}$

Effektbehov för ventilationsluft vid återvinning
 $0,33 \cdot 41,43 = 13,67 \text{ W}/^\circ\text{C}$.

Maximal möjlig återvinning i bostadsdelen $41,17 - 13,67 = 27,5 \text{ W}/^\circ\text{C}$.

Ventilationsförlusterna för bostadsdelen redovisas i tabell 4.

Mån	Ant. tim	Mån. med. temp. ute luft	Mån. med. temp. inne luft	Grad-tim.	KWh		
					Brutto 41,17 W/°C	Återv. 27,50 W/°C	Netto
1	744	-2,7	+19	16145	665	444	221
2	672	-2,9	+19	14718	606	405	201
3	744	-0,6	+19	14582	600	401	199
4	720	+4,5	+19	10440	430	287	143
5	744	+9,2	+22	9523	392	262	130
6	720	+13,8	+22	5904			
7	744	+16,3	+22	4240			
8	744	+15,3	+22	4985			
9	720	+11,4	+22	7632	314	210	104
10	744	+6,7	+19	9151	377	252	125
11	720	+2,7	+19	11736	483	323	160
12	744	+0,2	+19	13987	579	385	194

Tabell 4. Ventilationsförluster, Bostadsdel.

Förråd och garage.

Bostaden kyls sommartid genom att luft tages in genom markförlagda rör. Därvid uppvärms jorden kring rören.

Vintertid kommer tilluften till förråd att tagas in via dessa rör.

Den värmeenergi, baserad på mellanskillnaderna i temperatur mellan mark och luft, som därvid erhålles, redovisas under punkt 2.5, tab. 5.

Nedan beräknas förlusterna för infiltration och vädring, samt påtvingad ventilation. Den påtvingade ventilationen sker med hjälp av en fläkt placerad i förrådsväggen mot garaget, varvid tilluften till förrådet vintertid tages in genom de markförlagda rören. Garaget ges via överluften från förrådet tillräcklig värme för att +grader skall erhållas under vintern.

Temperaturen i förrådet har bestämts till c:a $+10^{\circ}\text{C}$.

Förrådsdelen:

Volym 43 m^3

Infiltration och vädring $0,1 \text{ oms/h} = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$

Ventilation $0,35 \text{ oms/h} = \underline{15,1 \text{ m}^3/\text{h}}$

$19,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Erforderligt effektbehov $0,33 \cdot 19,4 = 6,4 \text{ W}^{\circ}\text{C}$.

Garagedelen:

Volym $57,5 \text{ m}^3$

Garaget erhåller tilluften som överluft från förrådet varvid omsättningen blir $19,4/57,5 = 0,34 \text{ oms./h}$

Infiltration och vädring sätts till $0,2 \text{ oms./h} = 11,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Effektbehov $0,33 \cdot 11,5 = 3,8 \text{ W}^{\circ}\text{C}$.

Effektbehovet för ventilation i garaget är alltså lägre än den tillförda effekten genom tilluften från förrådet, varför någon förlust förorsakad av ventilationen i garaget ej uppstår.

Ventilationsförlusterna från förråd och garage med utgång från utemedeltemperaturen i Jönköping erhålles då enligt följande:

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kWh	68	59	52	25	4					16	34	40

2.5 Tilluft genom markförlagda rör

2.5.1 Allmänt

Värmetransmissionen från magasinet genom golvet till villan utnyttjas under vintermånaderna för uppvärmning. Under sommaren, då högsta temperaturerna erhålles i magasinet, ger transmissionen en icke önskvärd temperaturstegring inomhus. Värme-flödet genom golvet kan, när magasinet är fulladdat, uppgå till c:a 220 kWh/månad.

Normalt kan dräglig inomhustemperatur erhållas genom forserad ventilation. Under perioder med hög utomhustemperatur kan temperaturen inomhus bli besvärande hög.

För att förbättra inomhusklimatet kan bostadens tilluft då kylas i markförlagda rör. Vintertid kan rören utnyttjas för förvärmning av luften till förråd och garage. En fullständig utredning betr. temperaturförhållandena under året i rör och omgivande mark ryms ej inom ramen för förstudien.

Baserat på de i samband med förlustberäkningarna för magasinet erhållna marktemperaturerna görs nedan en uppskattning av erforderliga rörlängder i mark.

Under maj - augusti är markens medeltemperatur på 2,5 m djup och 2,5 m utanför byggnaden c:a 5°C lägre än luftens medeltemperatur.

Jorden har värmekapaciteten c:a 0,5 kWh/m³°C. Rören förläggs på 2,5 m djup och i beräkningarna antas att jorden medverkar kring rören inom radien 1,75 m.

2.5.2 Kylning av bostaden

Den genom golvet transmitterade energin under maj - augusti uppgår till c:a 900 kWh. Antas att 30 % av energin skall kylas bort genom höjning av jordtemperaturen med 2,5°C erfordras en medverkande jordvolym = $270/0,5 \cdot 2,5 = 216 \text{ m}^3$. Mot detta svarar rörlängden $216/\pi \cdot 1,75^2 = 22,5 \text{ m}$.

För att uppnå acceptabla lufthastigheter lägges två st rör av tvärkorrugerad PVC \varnothing 128/114 mm. De placeras parallella med ett inbördes avstånd av c:a 0,5 m på botten i gemensam rörgrav. Vid luftflödet 250 m³/h blir hastigheten i rören c:a 3,4 m/s.

Värmeledningskoefficienten, K , W/m²°C, för ett rör i jord kan enl. "Bygga & Bo på åttiotalet" beräknas enl. formeln:

$$K = \frac{2 \cdot \pi \cdot (\text{värmeledningstalet } (\lambda) \text{ för jord})}{\ln \left(\frac{\text{jordmassans radie}}{\text{rörets radie}} \right)}$$

λ jord = 1,86 W/m °C. De båda rörens ytor adderas och en fiktiv radie framräknas till 0,0806 m.

$$K = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,86}{\ln \frac{1,75}{0,0806}} = 3,79 \text{ W/m}^2\text{°C.}$$

Med beaktande av övergångsmotståndet mellan rören insida och luft sätts $K = 3,4$ W/m²°C. C:a 220 kWh/månad tillförs bostaden från magasinet, motsvarande effekten 0,3 kW.

För att uppnå motsvarande kylningseffekt från rören erfordras en temperaturdifferens mellan jord och luft på $\frac{300}{22,5 \cdot 3,4} = 3,9$ °C.

2.5.3 Förvärmning av tilluften till förrådet

Under uppvärmningsperioden tages luften till förrådet in via de markförlagda rören. En uppskattning av erhållen energi genom temperaturhöjningen på luften görs i tabell 5.

Erhållen energi har beräknats enl. formeln:

$$\frac{\text{Gradtimmar} \cdot \text{luftflöde m}^3/\text{h} \cdot 0,33 \cdot 10^{-3}}{1\ 000}$$

Marktemperaturen har i början av oktober antagits ligga 2°C över den opåverkade marken på grund av den uppvärmning som skett genom tilluften under sommaren. Viss värmetillskott kommer också från överskottsvärmen från solfångarna som till förhindrande av kokning avges genom rörslingan kring magasinet. (Se pkt 2.6).

Vid bedömningar av marktemperaturerna och uttagna effekter har hänsyn tagits till såväl den naturliga sänkningen av marktemperaturen som den som förorsakas genom energiuttaget.

Mån.	Ant. tim.	Mån. med. temp. mark	Mån. med. temp. ute-luft	Grad-tim.	Luft-flöde M ³ /h	Erhållen energi Kwh
1	744	+5,56	-2,7	6145	19,4	39
2	672	+4,25	-2,9	4805	19,4	31
3	744	+3,70	-0,6	3199	19,4	20
4	720	+4,07	+4,5			
10	744	+10,75	+6,7	3013	19,4	19
11	720	+9,15	+2,7	4044	19,4	30
12	744	+7,35	-0,2	5617	19,4	36

Tabell 5. Förvärmning av tilluft till förrådet genom markförlagda rör.

2.6 Solfångare

Solfångarna kan väljas plana eller koncentrerande.

Koncentrerande solfångare måste följa solen och blir därför kostsamma med avseende på såväl anläggning som drift. De kommer dessutom sannolikt ej att fungera vår och höst under påverkan av snö och frost.

Således väljes plana solfångare. De placeras på villans tak som får lutningen 70° mot horisontalplanet. De utföres med enkelt glas och selektiv absorbtoryta.

Som angetts under pkt 2.2 väljes glykolblandat vatten som värmebärare i ett slutet system.

Under högsommaren kommer värmeöverskott att erhållas. För att hindra kokning i systemet får vattnet vid behov cirkulera genom en rörslinga i marken utanför magasinets isolering. Därvid erhålles genom markens uppvärmning lägre transmissionsförluster från magasinet och villans golv. Denna påverkan har ej beaktats i energibalansberäkningarna.

Beräkning av energin från solfångarna har utförts enligt den förenklade beräkningsmetod som anges av Valdis Girdo i BFR rapport R 108:1978.

Som ingångstemperatur på vattnet till solfångarna har under mars - oktober valts resp. månads medeltemperatur i magasinet ökad med $+4^{\circ}\text{C}$ för "tappade" temperaturer vid värmeväxlingen i magasinet. Under november och februari har räknats med $+28^{\circ}\text{C}$ som ingångstemperatur på grund av att returvattnet från villans uppvärmningssystem då håller c:a $+24^{\circ}\text{C}$ och att detta vatten har erforderlig kapacitet för mottagning av energin från solfångarna.

Antagligen får man vid magasinets botten lägre temperaturer än medeltemperaturen, vilket i så fall påverkar solfångarnas verkningsgrad i positiv riktning.

Förutsättningar för beräkningen:

Latitud 60° norr, markens reflektionsfaktor: 0,20.

Kollektorns lutning: 70° , vänd mot söder.

Horisontavskärmning: 10° .

Absorbtornas epsilon: 0,10. Antal glas 1.

Vindhastighet 5 m/s.

Ort för uteluftens månadsmedeltemperaturer har som vid övriga beräkningar varit Jönköping.

Beräknade värden redovisas under pkt 4 energibalansberäkningar för magasinet.

2.7 Gratisvärme

2.7.1 Allmänt

Under uppvärmningsperioden erhålles gratisvärme från inneboende, hushållsel, övrig el och solinstrålning genom fönster. Gratisvärme från avloppsvattnet till byggnaden har redovisats under pkt 2.3 och berörs ej här.

2.7.2 Personvärme

Personvärme som avges till byggnaden uppskattas till 1.25 kWh/person och dygn eller för 4 personer 5 kWh/dygn.

Med beaktande av antalet dygn/månad erhålles utan hänsyn till semesterfrånvaro o dyl.:

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kWh	155	140	155	150	155	150	155	155	150	150	150	155

2.7.3 Hushållsel

En vanlig förbrukning av hushållsel är c:a 13 kWh/dygn. Av denna energi avgår c:a 3 kWh/dygn till avlopp som varmvatten från disk- och tvättmaskiner samt spis. Av återstoden antas 20 %, 2 kWh/dygn, utgöra ej utnyttjningsbara förluster.

Följande fördelning antas gälla månadsvis:

Förbrukning c:a 400 kWh

Till avlopp c:a 90 kWh

Förluster c:a 60 kWh

Utnyttjningsbart för uppvärmning c:a 250 kWh

Vid energibalansberäkningarna under pkt 4 har värden månadsvis framtagits, varvid beaktats antalet dygn/mån.

2.7.4 Övrig el

Övrig el omfattar förbrukningen i cirkulationspumpar för uppvärmnings- och solvärmesystem samt i fläktar för ventilation och uppvärmning.

I tabell nr 6 redovisas effektbehoven månadsvis. Värdena är baserade på uppskattade gångtider och effektbehov för ingående enheter. Av förbrukad energi antas 10 % ej tillgänglig för uppvärmningsändamål.

Vid varmvattenberedning sommartid har förutsatts självcirkulation mellan magasin och varmvattenberedaren.

Mån	Pump till solf. och kamin	Cirk.-pump	Fläkt till ventilation	Fläkt till värme	Summa KWh	Förlust KWh	Användbar energi KWh
1	9	30	74	63	176	18	158
2	9	27	67	71	174	17	157
3	16	30	74	25	145	15	130
4	18	29	72	25	144	14	130
5	19		89		108	11	97
6	21		86		107	11	96
7	22		89		111	11	100
8	20		89		109	11	98
9	14	29	72	20	135	14	121
10	9	30	74	25	138	14	124
11	1	29	72	25	127	13	114
12	0	30	74	25	129	13	116
Sum	158	205	932	259	1554	157	1397

Tabell 6. Övrig el. Månadsvis uppskattade mängder i KWh för ingående komponenter

2.7.5 Solinstrålning fönster

Solinstrålningen genom fönster har framräknats med hjälp av AIB:s dataprogram V 101. Solinstrålningen kan som regel ej utnyttjas helt vid antagna dagtid konstanta rumtemperaturer.

Beräkning av användbar energi med hänsyn tagen till gratisenergi och transmission från magasinet har utförts enligt Rapport BKL 1978:2 från Byggnadskonstruktionslära LTH.

Eftersom vid beräkningen av användbar energi, rumstemperaturerna hållits konstant, finns en marginal för passivt utnyttjande av instrålningen varvid rumstemperaturerna tillåts stiga för senare utnyttjande av den instrålade energin.

Solinstrålningen är framräknad för under punkt 4 redovisade alternativet A.

För de övriga alternativen kan något större instrålning utnyttjas, särskilt i alternativ D där transmissionen från magasinet genom villans golv är betydligt mindre än i de övriga alternativen. Skillnaderna i utnyttjad instrålning påverkar ej i nämnvärd omfattning resultaten. De verkar i positiv riktning om korrigeringar utföres.

Den vid konstant rumtemperatur användbara solinstrålningen redovisas nedan i kWh för månaderna under året.

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kWh	51	94	143	60	-	-	-	-	-	-	43	62

2.8 Reservvärme

Vid solfattiga år eller vid större månadsvisa avvikelser i solinstrålningen kan tillskottsvärme erfordras.

Likaså erfordras stödvärme för varmvattenberedning när magasinstemperaturen är låg på eftervintern.

För att hålla el-energiberoendet lågt samt för att öka trivselvärdena installeras en braskamin med vattenburen värme.

Braskaminen får separat intag av uteluft, vilken helst skall förvärmas via skorstenen.

Vattensystemet anslutes till magasinet på samma sätt som ledningarna från solfångarna.

I magasinet kan den från kaminen utvunna energin, som ej uttages direkt via den övre värmeväxlaren, ackumuleras. Vid framräkning av erforderlig vedåtgång har antagits verkningsgraden 65 % och att pannved innehåller 1 300 kWh/m³ lös volym.

2.9 Installation

Principerna för installationen för varmvattenberedning och uppvärmning redovisas på bild 5.

Den utgöres av två skilda kretsar för vattenburen värme.

Den ena kretsen överför energi från solfångare alternativt kamin till magasinet via den lågt placerade värmväxlaren.

Den andra kretsen leder ut energi från magasinet till varmvattenberedning och uppvärmning. Uttaget sker genom värmväxlaren vid ytan i magasinet där vattnet har högsta temperaturen.

Båda systemen förses med slutna expansionskärl.

Solfångare och kamin är ej normalt avsedda att användas samtidigt. Driften av solfångarna styrs av temperaturgivare vid solfångare och i magasinets botten.

För att förhindra kokning i främst solfångarsystemet, kan vid behov överskottsvärmen kylas bort genom en utanför magasinet markförlagd rörslinga.

Cirkulationspumparna i båda kretsarna förses med varvtalsreglering.

Uppvärmningen i villan sker med varmluft. Vattnet till värmebatteriet får på tilloppssidan normalt passera varmvattenberedaren. Temperaturen på utgående vatten från varmluftsbatteriet avkänns av en givare som styr den varvtalsreglerade cirkulationspumpen så att konstant vattentemperatur erhålles. På så sätt erhålles vatten med låg temperatur i magasinets undre del vilket är betydelsefullt för att hög verkningsgrad skall erhållas i solfångarna. Vid behov får returvattnet, innan det går tillbaka till magasinet, ge värme till förrådet via en termostatreglerad radiator. Rumstermostaten i villan kallar vid behov på mera värme genom att öka flätkapaciteten i batteriet varvid temperaturen på utgående vatten från batteriet tenderar att sjunka vilket kompenseras genom ökande kapacitet i cirkulationspumpen.

Sommartid kan självcirkulation erhållas till varmvattenberedaren.

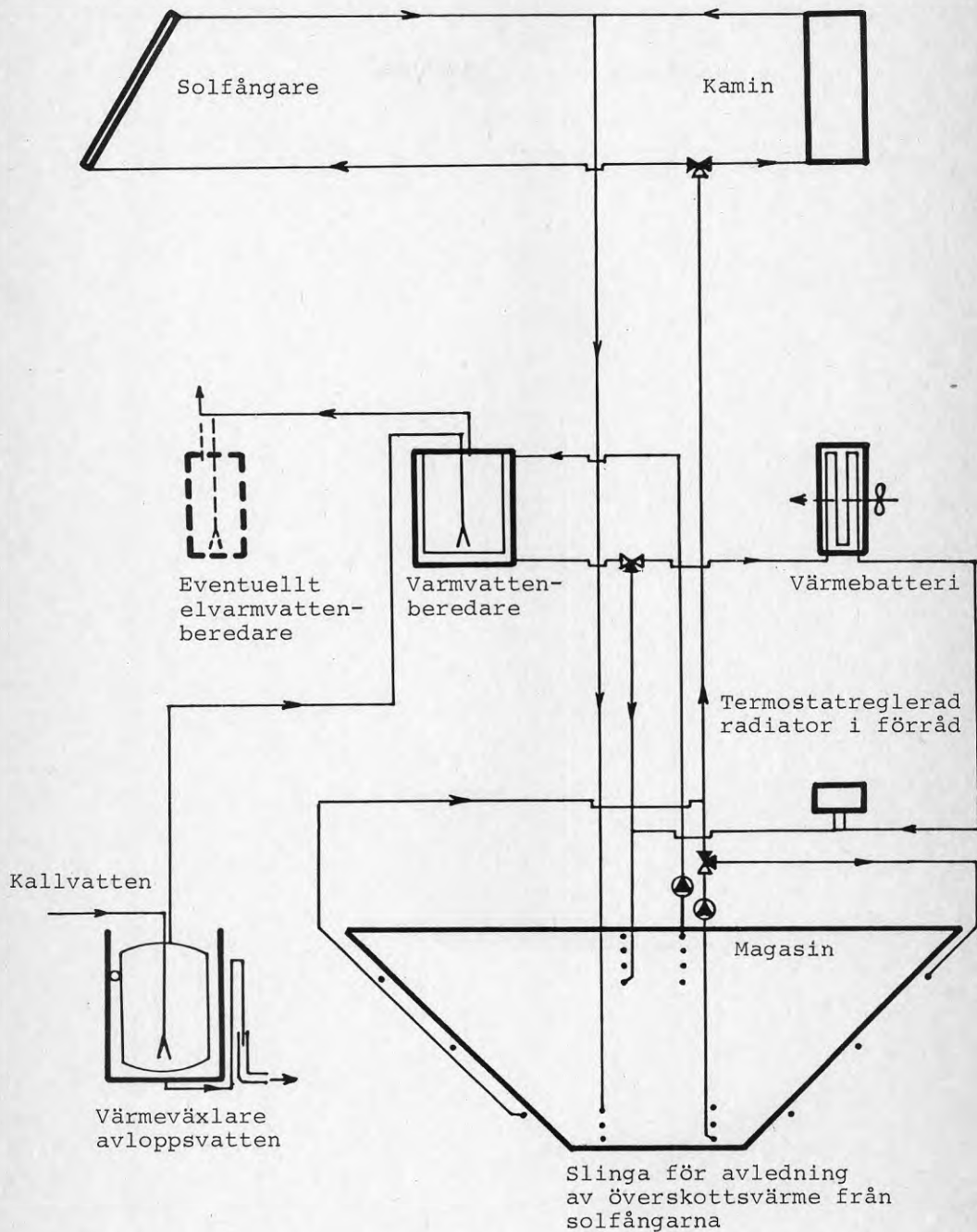


Bild 5 Installation, princip.

Rumstermostaten förses med automatik för nattsänkning av temperaturen.

Värmeväxlaren för avloppsvatten är inkopplad under uppvärmningsperioden, men beroende av magasinets storlek och isoleringsgrad, kan erfordras att den är inkopplad även sommartid för att magasinet skall få erforderlig energimängd.

Den lilla energimängd som går åt för höjning av tappvarmvattnet under januari månad kan eventuellt tillföras i en separat elvarmvattenberedare, Denna beredare visas på bild 5 med streckade linjer.

För att möjliggöra uppföljning och utvärdering av en utbyggd anläggning krävs mätningar och registreringar av temperaturer och flöden.

Mätpunkterna ansluts till en etablerad mätcentral.

Nedan anges mätningar som är intressanta, modifieringar kommer att ske i samband med detaljprojektering och vid upprättandet av mätprogram.

Meteorologiska uppgifter:

Vindhastighet och riktning
Temperatur
Solinstrålning

Byggnaden:

Rumstemperaturer, temperaturer i väggar och tak.
Golvtemperatur över och vid sidan av magasinet.

Värmeväxlare, ventilationsluft:

In- och utgående temperaturer, luftflöden,
el-energiförbrukning

Värmeväxlare, avloppsvatten:

Ren- och avloppsvatten, in- och utgående temperaturer

Markförlagda rör:

Temperatur på luft från rören.
Temperaturer i jorden kring rören.

Reservvärme:

Temperaturen på in- och utgående värmebärande ledning
samt flödesmätning.
Värmemängdsmätning.

Solfångarsystem:

Temperaturer vid solfångare, temperatur före och efter
värmeväxlare i magasinet, flödesmätning, värmemängds-
mätning, el-energiförbrukning.

Uppvärmningssystem:

Vattentemperaturer före och efter varmvattenberedaren
samt efter värmebatteriet, värmemängdsmätning, flödes-
mätning. In- och utgående lufttemperaturer i värme-
batteriet, flödesmätning, el-energiförbrukning.

Magasinet:

Temperaturer på olika nivåer i lämpliga sektioner.
Marktemperaturer kring magasinet.

Förråd - garage:

Rumstemperaturer, temperaturer på inkommande och utgående radiatorvatten samt flöde. Värmemängdsmätning.
Luftflöde i fläkt för överluft till garage.
El-energibehov.

Syftet med energibalansberäkningarna har, förutom att påvisa energibehovet i byggnaderna, varit att ge underlag för dimensionering av i uppvärmningssystemet ingående enheter så att låga anläggnings- och årskostnader erhålles.

De större påverkbara enheterna är därvid solfångare och magasin. Installationen i byggnaderna är i huvudsak av konventionellt utförande och kan därför ej påverkas i nämnvärd omfattning.

Under december och januari erhålles ingen utnyttjningsbar energi via solfångarna. Solfångarna kommer att få relativt korta avskrivningstider, i förstudien har räknats med 15 år, de kommer dessutom sannolikt att kräva visst underhåll. Av angivna skäl har solfångarean hållits låg på bekostnad av ett något dyrare magasin.

Fyra energibalansberäkningar redovisas. I tre av beräkningarna täcks större delen av uppvärmningsbehovet av solenergi. I dessa beräkningar är solfångararean 35 m^2 , medan magasinets isolertjocklek mot jord är olika, varvid även magasinens volymer påverkas.

Den fjärde beräkningen avser en reducering av solfångararean och magasinens volymen. Erforderlig tillskottsenergi erhålles från braskaminen, varvid kvantiteten erforderlig ved maximerats till c:a $1,5 \text{ m}^3$. Eldningen med en sådan mängd ved bedöms ej vara betungande.

Vid beräkning av bostadens transmissionsförluster genom golv till mark, har medtagits den golvarea som är belägen utanför värmemagasinet mellan dess tätskikt och utvändigt sockel i yttervägg.

Vid beräkning av magasinets transmissionsförluster genom golv till bostaden har medtagits den horisontella ytan innanför tätskiktet. Vid dessa transmissionsberäkningar har k-värdet satts till $0,09 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Vid beräkning av magasinens förlusterna till mark har ej beaktats det värmetilskott till jorden som erhålles från byggnadens golv utanför magasinet ej heller det värmetilskott som erhålles i jorden vid avledning av överskottsvärme från solfångarna.

För anpassning till bef. program har vid datorberäkning av transmissionsförlusterna till mark ett magasin med bruttovolymen $45,4 \text{ m}^3$, ytan mot jord $59,12 \text{ m}^2$ och djupet $2,6 \text{ m}$ (inv. isolering), omräknats till en rotationssymmetrisk stympad kon.

Därvid har beräkningsmagasinets djup och yta mot jord anpassats till utgångsmagasinet. I programmet är året delat i 12 lika delar.

Vid datorberäkning har följande värden använts:

Isolering mot jord, $0,35 \text{ m}$, $\lambda = 0,033 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.
 λ -jord = $1,86 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Värme kapaciteten för jord, $0,633 \text{ W/m}^3^\circ\text{C}$. Horisontella ytan utanför magasinet under byggnaden har antagits totalisolerad uppåt. Vid beräkningen har månadernas medeltemperatur i magasinet angetts som ingångsdata.

Beräkningen har utförts för ett dynamiskt förlopp med insvängning under erforderligt antal år till jämviktsförhållande. Förlusterna är därvid något större i början, men redan efter 3 år är man nära jämviktstillståndet.

De i de redovisade energibalansberäkningarna använda värdena avser uppnått jämviktssläge.

Baserade på vid datorberäkningar erhållna förluster mot mark har fiktiva k-värden för jorden framräknats vilka värden använts vid framtagning av de fyra redovisade energibalansberäkningarna. Därvid har verkligt antal dygn per månad använts.

Energibalansberäkningarna har utförts manuellt genom passningsförfarande varvid ett flertal beräkningar utförts med olika magasinstorlekar och isoleringsgrader mot jord.

Energin från solfångaren har datorberäknats månadsvis varvid anpassning skett till aktuella magasinstemperaturer.

Varje energibalansberäkning redovisas i tre tabeller nämligen, Utgående energi byggnader, Ingående energi byggnader samt Energibalans magasin.

Magasinets överyta har vid samtliga beräkningsfall haft formen av en kvadrat och släntlutningarna mot jord har varit 1:1. Värmeledningsförmågan hos isoleringen mot jord har satts till $0,033 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Ballasten, granit, har antagits utgöra 60 % av volymen och att granitens densitet är 2,7. Vid omräkning av graniten till ekvivalent vattenvolym med avseende på värme kapacitet har 1 ton granit satts = $0,195 \text{ m}^3$ vatten.

Övriga magasinssdata för de redovisade beräkningarna anges nedan:

Alternativ A (tabell 7 - 9)

Bruttovolym invändigt isolering 62,07 m³
 Ekvivalent vattenvolym 42,89 m³
 Överyta, sidmått 7,25 m
 Yta mot jord invändigt isolering 72,58 m²
 Djup invändigt isolering 2,6 m, vattendjup 2,525 m
 Isolering mot jord 0,3 m

Alternativ B (tabell 10 - 12)

Bruttovolym invändigt isolering 58,51 m³
 Ekvivalent vattenvolym 40,4 m³
 Överyta, sidmått 7,1 m
 Yta mot jord invändigt isolering 69,78 m²
 Djup invändigt isolering 2,6 m, vattendjup 2,525 m
 Isolering mot jord 0,35 m

Alternativ C (tabell 13 - 15)

Bruttovolym invändigt isolering 57,34 m³
 Ekvivalent vattenvolym 39,58 m³
 Överyta, sidmått 7,05 m
 Yta mot jord invändigt isolering 68,86 m²
 Djup invändigt isolering 2,6 m, vattendjup 2,525 m
 Isolering mot jord 0,4 m.

Alternativ D (tabell 16 - 18)

Bruttovolym invändigt isolering 35,83 m³
 Ekvivalent vattenvolym 24,6 m³
 Överyta, sidmått 6 m
 Yta mot jord invändigt isolering 50,48 m²
 Djup invändigt isolering 2,5 m, vattendjup 2,425 m
 Isolering mot jord 0,35 m

Av tabellerna 7 - 15 framgår att utöver gratisvärmen hela årsbehovet för uppvärmning av byggnaderna och huvudparten av behovet för varmvattenberedning kan täckas med solvärme.

Endast ett mindre energitillskott erfordras för höjning av temperaturen på tappvarmvattnet under januari månad.

Vid ändring av isoleringstjocklekarna mot jord i steg om 0,05 m och därav betingade ändringar av magasinssvolymerna, erhålles relativt små ändringar i de i beräkningarna ingående energiposterna.

I tabellerna 16 - 18 redovisas beräkningarna för anläggningen med reducerad solfångararea och därtill anpassat magasin. I detta fall kompenseras de mindre solenergimängderna genom vedeldning.

Tabellerna redovisas grafiskt i stapeldiagram på bilderna 6 - 9.

På varje bild redovisas ett alternativ i tre stapeldiagram omfattande: "Årsbalans i magasinet", "Energibalans i villan under uppvärmningsperioden" samt "Totalt under året utnyttjad energi".

Som framgår av diagrammen är tillförda energin från de markförlagda rören försumbar. Kan värmeöverskottet i bostaden sommartid klaras genom forserad ventilation kan de markförlagda rören utgå.

Om byggnaderna varit utförda på konventionellt sätt utan värmemagasin och värmeväxlare på avloppsvattnet, men i övrigt med samma isoleringsstandard hade energibehovet i fall A för varmvatten ökat med 2 299 kWh/år och för ökad transmission genom golvet med 526 kWh/år eller sammanlagt 2 825 kWh/år.

Behovet av köpt energi i fall A utöver hushållsel och övrig el, hade då blivit 8 270 kWh/år och totala utnyttjade energimängden 16 102 kWh/år, Energimängden 8 270 kWh används vid framräkningen av priset per kWh.

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
<u>Transmission:</u>												
Byggnad	1071	977	963	651	539	336	242	283	434	546	750	923
Golv mot jord	29	28	30	24	24	18	14	13	14	12	16	23
<u>Ventilation:</u>												
Brutto bostad	665	606	600	430	392	243			314	377	483	579
Atervunnit i värmeväxl.	-444	-405	-401	-287	-262	-162			-210	-252	-323	-385
Garage, förråd	68	59	52	25	4					16	34	40
<u>Avloppsförluster:</u>												
Brutto inkl. wc och hushållsmaskiner	539	487	539	521	539	521	265	539	521	539	521	539
Atervunnit i byggnad	-80	-72	-80	-77	-80	-77	-40	-80	-77	-80	-77	-80
Atervunnit i värmeväxl.	-204	-185	-204	-198	-204	-198	-71	-204	-198	-204	-198	-204
<u>Elförluster:</u>												
Hushållsel	62	56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62
Övrig el	18	17	15	14	11	11	11	11	14	14	13	13
Summa	1724	1568	1576	1163	1025	752			872	1030	1279	1510

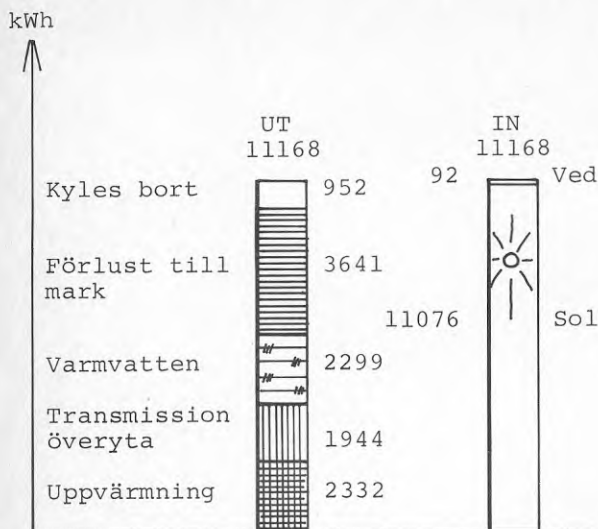
Tabell 7 Alternativ A
Utgående energi byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Solvärme fönster	51	94	143	60		150	155	155	150	155	43	62
Personvärme	155	140	155	150	155	150	155	155	150	155	150	155
Hushållsel	403	364	403	390	403	390	403	403	390	403	390	403
Övrig el	176	174	145	144	108	107	111	109	135	138	127	129
<u>Från värmemagasinet:</u>												
genom golv	61	26	62	128	189	223	239	239	232	233	184	128
varmvatten	195	176	195	188	195	188	201	195	188	195	188	195
uppvärmning	644	563	453	103	-25	-306			-223	-113	167	402
Markvärme	39	31	20							19	30	36
Summa	1724	1568	1576	1163	1025	752			872	1030	1279	1510

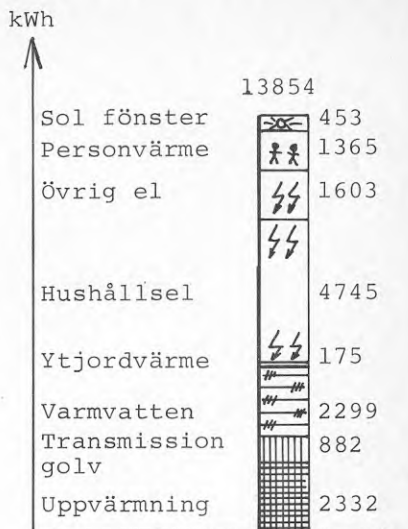
Tabell 8 Alternativ A.
Ingående energi i byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Ingående behållning	945	0	15	938	1998	2876	3143	3143	3143	3129	2693	1909
<u>Tillfört:</u>												
Solfångare	0	870	1781	1725	1646	1265	1306	1213	810	380	80	0
Kamin	92											
<u>Avgår:</u>												
Transmission mot byggnad	61	26	62	128	189	223	239	239	232	233	184	128
Transmission mot mark	137	90	148	246	384	425	431	424	404	388	325	239
Varmvatten	195	176	195	188	195	188	201	195	188	195	188	195
Uppvärmning	644	563	453	103	(-25)	(-306)			(-223)	(-113)	167	402
Utående behållning	0	15	938	1998	2876	3143	3143	3143	3129	2693	1909	945
E ₁ från magasin	945								14	436	784	964
E ₂ till magasin		15	923	1060	878	267						
Kyles bort						162	435	355				
Ändring temp		0,30	18,50	21,25	17,60	5,35			0,28	8,74	15,71	19,33
Temp magasin månadens slut	27,00	27,30	45,80	67,05	84,65	90,00	90,00	90,00	89,72	80,97	65,26	45,93
Medeltemp under månad	36,47	27,15	36,55	56,43	75,85	87,50	90,00	90,00	89,86	85,35	73,12	55,60

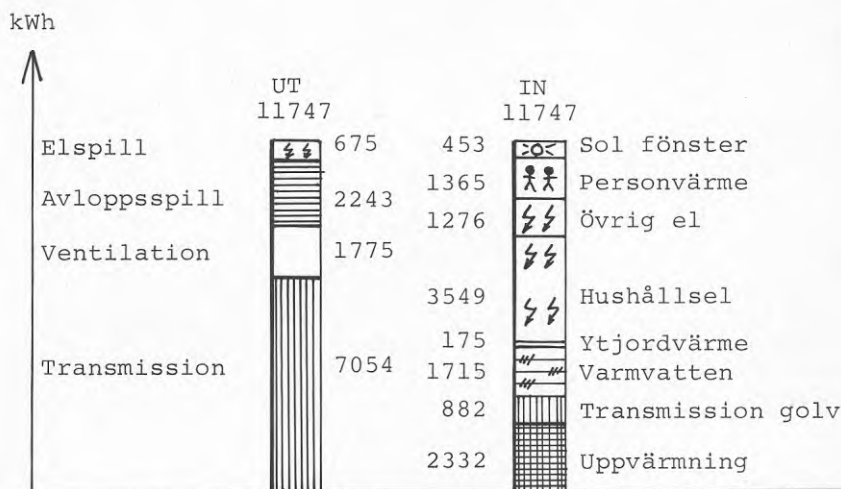
Tabell 9 Alternativ A Energibalans i magasin. kWh.
 Magasinet har samma värmeackumuleringsförmåga som 42,89 m³ vatten.
 Isoleringstjocklek mot jord 0,3 m.
 Solfångararea 35 m².



Energibalans magasinet.
Hela året.



Totalt utnyttjad energi.
Hela året.



Energibalans villa.
Eldningssäsongen September - Maj.

Bild 6

Alternativ A. Stapeldiagram.
Magasinet's värmeackumuleringsförmåga motsvarar
42,89 m³ vatten.
Isoleringstjocklek mot jord 0,3 m.
Solfångararea 35 m².

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
<u>Transmission:</u>												
Byggnad	1071	977	963	651	539	336	242	283	434	546	750	923
Golv mot jord	38	38	41	33	33	24	19	18	19	16	22	31
<u>Ventilation:</u>												
Brutto bostad	665	606	600	430	392	243			314	377	483	579
Atervunnit i värmväxl.	-444	-405	-401	-287	-262	-162			-210	-252	-323	-385
Garage, förråd	68	59	52	25	4					16	34	40
<u>Avloppsförluster:</u>												
Brutto inkl. wc och hushållsmaskiner	539	487	539	521	539	521	265	539	521	539	521	539
Atervunnit i byggnad	-80	-72	-80	-77	-80	-77	-40	-80	-77	-80	-77	-80
Atervunnit i värmväxl.	-204	-185	-204	-198					-198	-204	-198	-204
<u>Elförluster:</u>												
Hushållsel	62	56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62
Övrig el	18	17	15	14	11	11	11	11	14	14	13	13
Summa	1733	1578	1587	1172	1238	976			877	1034	1285	1518

Tabell 10 Alternativ B
Utgående energi byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Solvärme fönster	51	94	143	60							43	62
Personvärme	155	140	155	150	155	150	155	155	150	155	150	155
Hushållsel	403	364	403	390	403	390	403	403	390	403	390	403
Övrig el	176	174	145	144	108	107	111	109	135	138	127	129
Från värmemagasin:												
genom golv	59	25	61	128	185	213	230	230	222	226	180	125
varmvatten	195	176	195	188	399	386	201	399	188	195	188	195
uppvärmning	655	574	465	112	-12	-270			-208	-102	177	413
Markvärme	39	31	20							19	30	36
Summa	1733	1578	1587	1172	1238	976			877	1034	1285	1518

Tabell 11 Alternativ B.
Ingående energi i byggnad. kWh

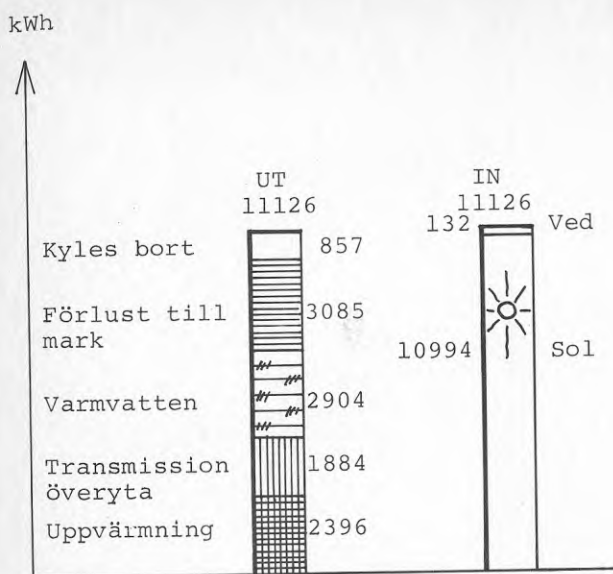
Månad	1	2	3	4	5	6.	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Ingående behållning	896	0	17	933	1983	2693	2960	2960	2960	2960	2577	1834
Tillfört:												
Solfångare	0	870	1768	1693	1617	1276	1306	1213	803	368	80	0
Kamin	132											
Avgår:												
Transmission mot byggnad	59	25	61	128	185	213	230	230	222	226	180	125
Transmission mot mark	119	78	131	215	323	352	360	354	339	330	278	205
Varmvatten	195	176	195	188	399	386	201	399	188	195	188	195
Uppvärmning	655	574	465	112	(-12)	(-270)			(-208)	(-102)	177	413
Utgående behållning	0	17	933	1983	2693	2960	2960	2960	2960	2577	1834	896
E ₁ från magasin	896									383	743	938
E ₂ till magasin		17	916	1050	710	267						
Kyles bort						58	515	230	54			
Ändring temp		0,36	19,49	22,35	15,11					8,15	15,81	19,96
Temp magasin månadens slut	27,00	27,36	46,86	69,20	84,31	90,00	90,00	90,00	90,00	81,85	66,04	+6,08
Medeltemp under månad	36,54	27,18	37,10	58,03	76,76	87,20	90,00	90,00	90,00	85,92	73,94	56,06

Tabell 12 Alternativ B. Energibalans i magasin. kWh.

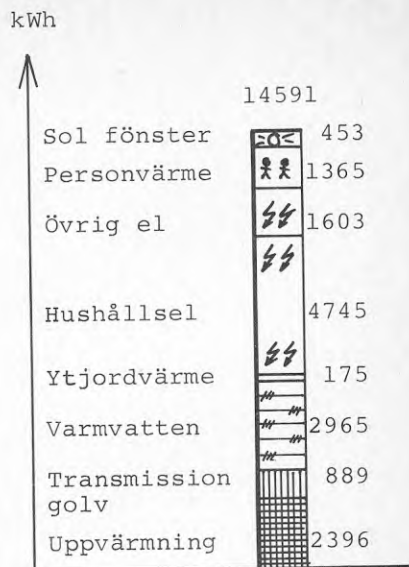
Magasinet har samma värmeackumuleringsförmåga som 40,4 m³ vatten.

Isoleringstjocklek mot jord 0,35 m.

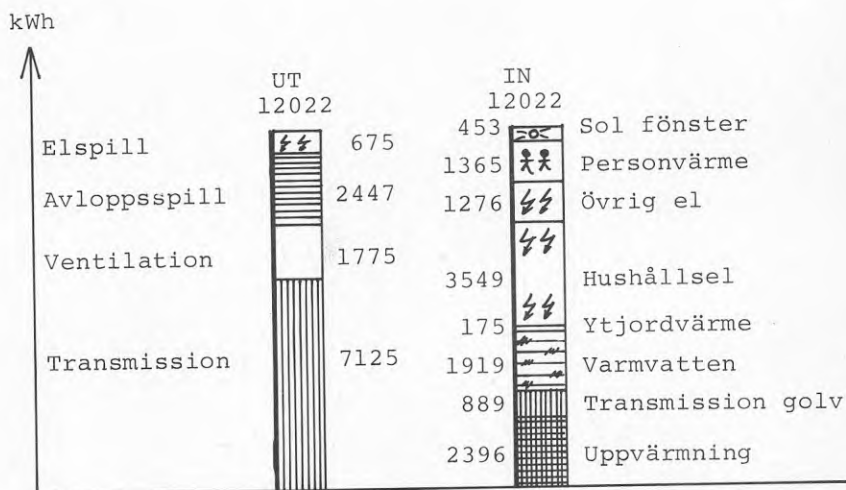
Solfångararea 35 m².



Energibalans magasinet.
Hela året.



Totalt utnyttjad energi.
Hela året.



Energibalans villa.
Eldningssäsongen September - Maj.

Bild 7 Alternativ B. Stapeldiagram.
Magasinet's värmeackumuleringsförmåga motsvarar
40,40 m³ vatten.
Isoleringstjocklek₂ mot jord 0,35 m.
Solfångararea 35 m².

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
<u>Transmission:</u>												
Byggnad	1071	977	963	651	539	336	242	283	434	546	750	923
Golv mot jord	39	39	41	33	34	24	19	18	19	16	22	31
<u>Ventilation:</u>												
Brutto bostad	665	606	600	430	392	243			314	377	483	579
Atervunnit i värmeväxl.	-444	-405	-401	-287	-262	-162			-210	-252	-323	-385
Garage, förråd	68	59	52	25	4					16	34	40
<u>Avloppsförluster:</u>												
Brutto inkl. wc och hushållsmaskiner	539	487	539	521	539	521	265	539	521	539	521	539
Atervunnit i byggnad	-80	-72	-80	-77	-80	-77	-40	-80	-77	-80	-77	-80
Atervunnit i värmeväxl.	-204	-185	-204	-198					-198	-204	-198	-204
<u>Elförluster:</u>												
Hushållsel	62	56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62
Övrig el	18	17	15	14	11	11	11	11	14	14	13	13
Summa	1734	1579	1587	1172	1239	956			877	1034	1285	1518

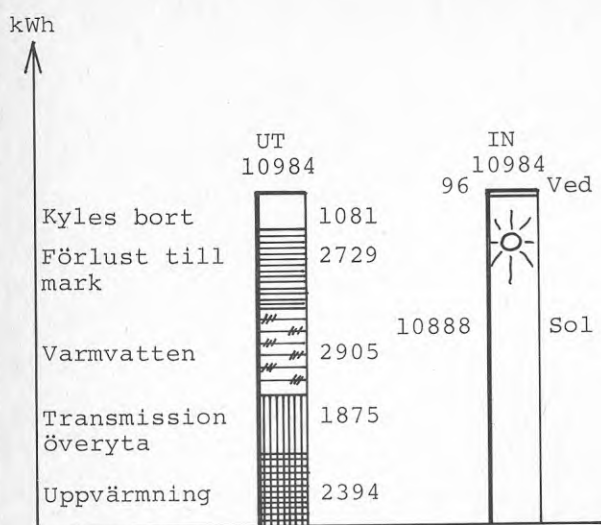
Tabell 13 Alternativ C.
Utgående energi byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Solvärme fönster	51	94	143	60							43	62
Personvärme	155	140	155	150	155	150	155	155	150	155	150	155
Hushållsel	403	364	403	390	403	390	403	403	390	403	390	403
Övrig el	176	174	145	144	108	107	111	109	135	138	127	129
Från värmemagasin:												
genom golv	60	25	63	129	186	212	226	226	219	224	179	126
varmvatten	195	176	195	188	399	386	201	399	188	195	188	195
uppvärmning	655	575	463	111	-12	-289			-205	-100	178	412
Markvärme	39	31	20							19	30	36
Summa	1734	1579	1587	1172	1239	956			877	1034	1285	1518

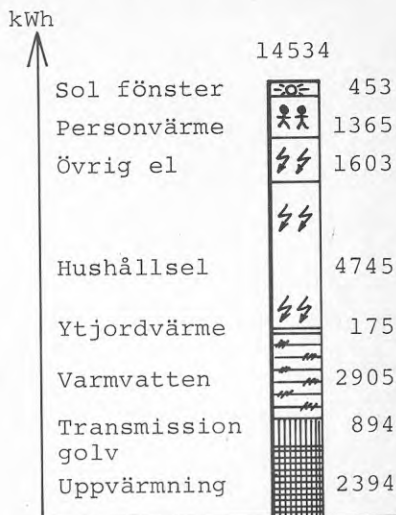
Tabell 14 Alternativ C.
Ingående energi i byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Ingående behållning	922	0	31	949	1993	2690	2900	2900	2900	2900	2551	1840
<u>Tillfört:</u>												
Solfångare	0	870	1758	1671	1571	1256	1306	1213	803	360	80	0
Kamin	96											
<u>Avgår:</u>												
Transmission mot byggnad	60	25	63	129	186	212	226	226	219	224	179	126
Transmission mot mark	108	63	119	199	289	311	313	309	297	290	246	185
Varmvatten	195	176	195	188	399	386	201	399	188	195	188	195
Uppvärmning	655	575	463	111	(-12)	(-289)	(-205)	(-100)			178	412
Utgående behållning	0	31	949	1993	2690				2900	2551	1840	922
E ₁ från magasin	922									349	711	918
E ₂ till magasin		31	918	1044	697	210						
Kyles bort						137	566	279	99			
Ändring temp	39,58,1,163	20,02	0,67	19,94	22,68	15,14	4,57			7,58	15,45	19,94
Temp magasin månadens slut	27,00	27,67	47,61	70,29	85,43	90,00	90,00	90,00	90,00	82,41	66,96	47,02
Medeltemp under månad	37,01	27,34	37,64	59,95	77,86	87,80	90,00	90,00	90,00	86,21	74,71	56,99

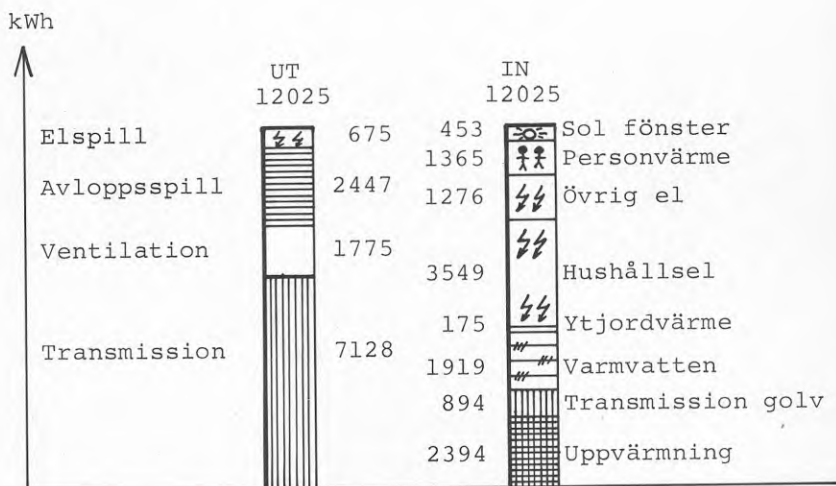
Tabell 15 Alternativ C Energibalans i magasin. kWh.
 Magasinet har samma värmeackumuleringsförmåga som 39,58 m³ vatten.
 Isoleringstjocklek₂ mot jord 0,4 m
 Solfångararea 35 m².



Energibalans magasin.
Hela året.



Totalt utnyttjad energi.
Hela året.



Energibalans villa.
Eldningssäsongen September - Maj.

Bild 8

Alternativ C. Stapeldiagram.
Magasinets värmeackumuleringsförmåga motsvarar
39,58 m³ vatten.
Isoleringstjocklek mot jord 0,4 m.
Solfångararea 35 m².

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
<u>Transmission:</u>												
Byggnad	1071	977	963	651	539	336	242	283	434	546	750	923
Golv mot jord	51	51	55	44	44	32	25	23	25	21	29	41
<u>Ventilation:</u>												
Brutto bostad	665	606	600	430	392	243			314	377	483	579
Atervunnit i värmeväxl.	-444	-405	-401	-287	-262	-162			-210	-252	-323	-385
Garage, förråd	68	59	52	25	4					16	34	40
<u>Avloppsförluster:</u>												
Brutto inkl. wc och hushållsmaskiner	539	487	539	521	539	521	265	539	521	539	521	539
Atervunnit i byggnad	-80	-72	-80	-77	-80	-72	-40	-80	-77	-80	-77	-80
Atervunnit i värmeväxl.	-204	-185	-204	-198	-204				-198	-204	-198	-204
<u>Elförluster:</u>												
Hushållsel	62	56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62
Övrig el	18	17	15	14	11	11	11	11	14	14	13	13
Summa	1746	1591	1601	1183	1045	964			883	1039	1292	1528

Tabell 16 Alternativ D.

Utgående energi byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Solvärme fönster	51	94	143	60							43	62
Personvärme	155	140	155	150	155	150	155	155	150	155	150	155
Hushållsel	403	364	403	390	403	390	403	403	390	403	390	403
Övrig el	176	174	145	144	108	107	111	109	135	138	127	129
<u>Från värmemagasinet:</u>												
genom golv	29	17	39	84	127	154	163	164	158	158	112	63
varmvatten	195	176	195	188	195	386	201	399	188	195	188	195
uppvärmning	698	595	501	167	57	-223			-138	-29	252	485
Markvärme	39	31	20						19	30	30	36
Summa	1746	1591	1601	1183	1045	964			883	1039	1292	1528

Tabell 17. Alternativ D.
Ingående energi i byggnad. kWh

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatur bostad	19	19	19	19	22	22	22	22	22	19	19	19
Ingående behållning	218	0	0	472	1140	1691	1790	1802	1802	1790	1488	812
<u>Tillfört:</u>												
Solfångare	0	693	1296	1254	1163	896	939	866	579	285	57	0
Kamin	775	151										266
<u>Avgår:</u>												
Transmission mot byggnad	29	17	39	84	127	154	163	164	158	158	112	63
Transmission mot mark	71	56	89	147	233	257	260	256	245	234	181	117
Varmvatten	195	176	195	188	195	386	201	399	188	195	188	195
Uppvärmning	698	595	501	167	57	(-223)			(-138)	(-29)	252	485
Utgående behållning	0	0	472	1140	1691	1790	1802	1802	1790	1488	812	218
E ₁ från magasin	218								12	302	676	594
E ₂ till magasin			472	668	551	99	12					
Kyles bort							303	47				
Ändring temp	7,63		16,50	23,35	19,26	3,46			0,42	10,55	23,63	20,76
Temp magasin månadens slut	27,00	27,00	43,50	66,84	86,10	89,56	90,00	90,00	89,58	79,02	55,39	34,63
Medeltemp under månad	30,82	27,00	35,25	55,17	76,47	87,83	89,80	90,00	87,79	84,30	67,21	45,01

Tabell 18 Alternativ D Energibalans i magasin. kWh.

Magasinet har samma värmeackumuleringsförmåga som 24,6 m³ vatten.
 Isoleringstjocklek₂ mot jord 0,35 m
 Solfångararea 25 m²

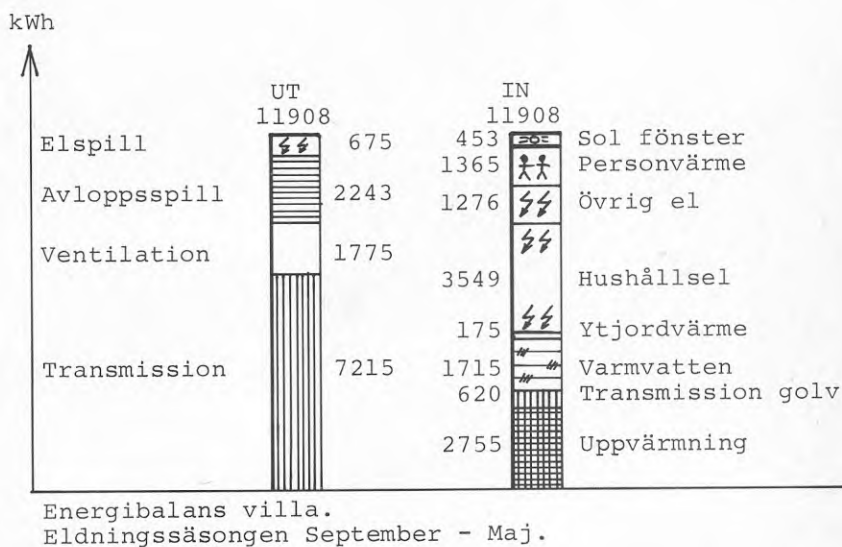
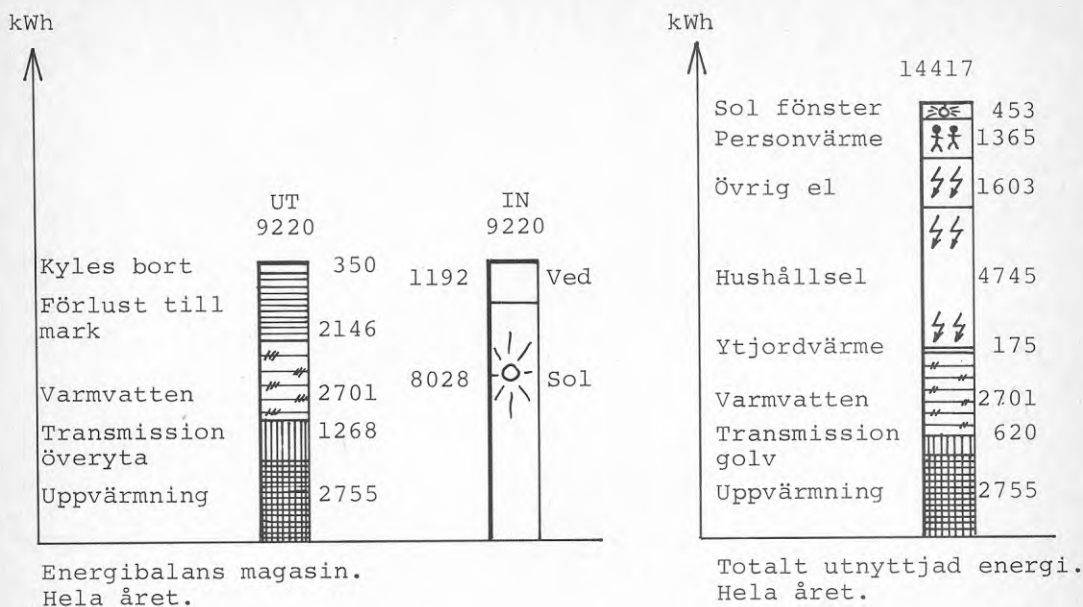


Bild 9

Alternativ D. Stapeldiagram.
Magasinets värmeackumuleringsförmåga motsvarar
24,60 m³ vatten.
Isoleringstjocklek₂ mot jord 0,35 m.
Solfångararea 25 m².

5 KOSTNADER

5.1 Allmänt

Kostnadsberäkningarna utföres dels för singelbygge i nuläget, dels för framtida vidareutvecklad anläggning ingående i en större gruppbebyggelse varvid solfångarna antas serieproducerade till lägre anläggningskostnad.

För att erhålla jämförelse med konventionella uppvärmningsförfarande har även två sådana alternativ beräknats för byggnader med samma värmebehov, som förutsatts vid de övriga beräkningarna.

Kostnaden för den invändiga installationen bedöms vara i samma storleksordning för samtliga alternativ och medtages därför ej i kalkylerna.

Värmeväxlaren för avloppsvatten har, där den ingår, vid samtliga beräkningar med avseende på kostnaderna antagits vara serietillverkad.

Vid beräkning av årskostnaderna av kapital har räntesatsen satts till 4 % och avskrivningstiden för magasin och markförlagda rör till 40 år och för värmeväxlare avloppsvatten, solfångare och pannor till 15 år.

Alla priser avser fast penningvärde i dagens prisläge.

5.2 Nuläget5.2.1 Anläggningskostnader

Beräkning av magasinets anläggningskostnad för de fyra redovisade alternativen sker i tabell 7.

Av beräkningarna framgår att kostnaden för alternativ A och B är i samma storleksordning, c:a 55 000:- kr, medan alt. C är något dyrare. Alt. D, där komplettering av solenergin sker genom eldning med c:a 1,5 m³ ved, blir c:a 12 000:- kr lägre i anläggningskostnad än alt. A eller B.

Beräkning av övriga anläggningskostnader sker nedan.

Markförlagda rör:

Schaktning 90 m ³ á 8:-	720:-
Kringfyllning	400:-
Resterande fyllning 80 m ³ á 5:-	400:-
Rör Ø 128/114, 50 m á 12:-	600:-
Anslutningar, spjäll	880:-
Summa kronor	3 000:-

Värmeväxlare för avloppsvatten:

Uppskattad kostnad vid serietillverkning c:a
3 500:-/st.

Solfångare:

Kostnaden för solfångare inkl. montage har satts
till 900:-/m².

Sammanställning av anläggningskostnader:

Alt. A

Magasin	55 000:-
Markförlagda rör	3 000:-
Värmeväxlare avloppsvatten	3 500:-
Solfångare 35 m ² · 900:-	<u>31 500:-</u>
Summa kostnad:	93 000:-

Alt. D

Magasin	43 000:-
Markförlagda rör	3 000:-
Värmeväxlare avloppsvatten	3 500:-
Solfångare 25 m ² · 900:-	<u>22 500:-</u>
Summa kostnad:	72 000:-

5.2.2 Årskostnader

Alt. A

Avskrivning 40 år	58 000 · 0,0505 =	2 929:-
Avskrivning 15 år	35 000 · 0,0899 =	3 147:-
Ved	0,2 m ³ å 200:- =	<u>40:-</u>
Summa kronor		6 116:-

Alt. D

Avskrivning 40 år	46 000 · 0,0505 =	2 323:-
Avskrivning 15 år	26 000 · 0,0899 =	2 337:-
Ved	1,5 m ³ å 150:- =	<u>225:-</u>
Summa kronor:		4 885:-

Kostnad per kWh:

$$\text{Alt. A: } \frac{6\ 116}{8\ 270} = 0,74 \text{ kr} \quad \text{Alt. B: } \frac{4\ 885}{8\ 270} = 0,59 \text{ kr}$$

ALTERNATIV

	A			B			C			D		
	å-pris	Mängd	Kostnad	Mängd	Kostnad	Mängd	Kostnad	Mängd	Kostnad	Mängd	Kostnad	
Schakt	15:-/m ³	61	915	58	870	57	855	39	585			
Isolering (Alt. D)	580:-/m ³ 600:-/m ³)	27,5	15 950	28	16 240	32	18 560	21	12 600			
Tättskikt mot jord (Alt. D)	180:-/m ² 190:-/m ²)	73	13 140	70	12 600	69	12 420	51	9 690			
Makadam	60:-/m ³	62	3 720	60	3 600	58,5	3 510	35	2 100			
Tättskikt överyta (Alt. D)	180:-/m ² 190:-/m ²)	53	9 540	51	9 180	50	9 000	36	6 840			
Centrumbrunn (Alt. D)	4 000:-/st 3 500:-/st	1	4 000	1	4 000	1	4 000	1	3 500			
Bräddavlopp	1 000:-/st	1	1 000	1	1 000	1	1 000	1	1 000			
Värmeväxlare (Alt. D)	1 500:-/st 1 400:-/st)	2	3 000	2	3 000	2	3 000	2	2 800			
			<u>51 265:-</u>		<u>50 490:-</u>		<u>52 345:-</u>		<u>39 115:-</u>			
Div. och oförutsett c:a 10 %			<u>3 775:-</u>		<u>4 510:-</u>		<u>4 655:-</u>		<u>3 885:-</u>			
			55 000:-		55 000:-		57 000:-		43 000:-			

Tabell 7. Anläggningskostnader för magasin. Alt. A - D.

5.3 Framtida vidarutvecklad anläggning i större gruppbebyggelse

5.3.1 Allmänt

Här förutsättes att ballasten i magasinet utgöres av frånsorterad malm som antas kunna erhållas till låg kostnad. Densiteten sätts till $3\,500\text{ kg/m}^3$ och energiackumuleringsförmågan till $0,88\text{ kWh/m}^{30}\text{C}$ fast volym.

Magasinen i alternativen A och D har bruttovolymen invändigt tätskikt $62,1$ respektive $35,8\text{ m}^3$. Med malmavfall som ballast minskar volymerna till c:a $50,9\text{ m}^3$ respektive c:a $29,2\text{ m}^3$.

Dessa båda alternativen benämns i fortsättningen för AF resp. DF.

I beräkningarna använt å-pris för ballasten inkluderar transport till Jönköping. I mellan-sverige beräknas priset kunna reduceras med c:a 75:-/m^3 .

5.3.2 Anläggningskostnader

Magasin: Alt. AF	Å-pris	Mängd	
Schakt	15:-/m ³	• 58 m ³	= 870:-
Isolering	560:-/m ²	• 22 m ²	= 12 320:-
Tätskikt mot jord	130:-/m ²	• 64 m ²	= 8 320:-
Malmavfall	190:-/m ³	• 52 m ³	= 9 880:-
Tätskikt överyta	130:-/m ²	• 45 m ²	= 5 850:-
Centrumbrunn	2 900:-/st	• 1 st	= 2 900:-
Bräddavlopp	500:-/st	• 1 st	= 500:-
Värmeväxlare	1 200:-/st	• 2 st	= 2 400:-
Vatten	5:-/m ³	• 19 m ³	= 95:-
			43 135:-
Diverse och oförutsett			<u>3 865:-</u>
			47 000:-
Markförlagda rör			3 000:-
Värmeväxlare avloppsvatten			3 500:-
Solfångare 500:-/m ²	35 • 500		<u>17 500:-</u>
Summa anläggningskostnad:			71 000:-

Magasin: Alt. DF	Å-pris	Mängd	
Schakt	15:-/m ³	• 33 m ³	= 495:-
Isolering	570:-/m ²	• 18,5 m ²	= 10 545:-
Tätskikt mot jord	140:-/m ²	• 44,5 m ²	= 6 230:-
Malmavfall	190:-/m ³	• 30 m ³	= 5 700:-
Tätskikt överyta	140:-/m ²	• 31,5 m ²	= 4 410:-
Centrumbrunn	2 900:-/st	• 1 st	= 2 900:-
Bräddavlopp	500:-/st	• 1 st	= 500:-
Värmeväxlare	1 200:-/st	• 2 st	= 2 400:-
Vatten	5:-/m ³	• 11 m ³	= 55:-
			33 235:-
Diverse och oförutsett			<u>2 765:-</u>
			36 000:-
Markförlagda rör			3 000:-
Värmeväxlare avloppsvatten			3 500:-
Solfångare 500:-/m ² 25 • 500			<u>12 500:-</u>
Summa anläggningskostnad:			55 000:-

5.3.3 Årskostnader

Alt. AF

Avskrivning 40 år	50 000	• 0,0505	= 2 525:-
Avskrivning 15 år	21 000	• 0,0899	= 1 888:-
Ved	0,2 m ³	• 200:-	= <u>40:-</u>
Summa årskostnad:			4 453:-

Alt. DF

Avskrivning 40 år	39 000	• 0,0505	= 1 970:-
Avskrivning 15 år	16 000	• 0,0899	= 1 438:-
Ved	1,5 m ³	• 150:-	= <u>225:-</u>
Summa årskostnad:			3 633:-

Kostnad per kWh:

$$\text{Alt. AF } \frac{4\,453}{8\,542} = 0,52 \text{ kr} \quad \text{Alt. DF } \frac{3\,633}{8\,542} = 0,43 \text{ kr}$$

5.4 Anläggning med konventionella bränslen

5.4.1 Allmänt

Byggnaden är i princip identisk med den redovisade, men solfångare, magasin, markförlagda rör samt värmeväxlare för avloppsvatten utgår. Utrymmen för pannrum och bränsle tillkommer. I alt. E, eldning med 10,0 m³ ved erfordras c:a 9 m² golvyta och i fall F, oljeeldning c:a 7 m² golvyta. Mot 8 542 kWh svarar c:a 1,2 m³ olja vid c:a 70 % totalverkningsgrad.

5.4.2 Anläggningskostnader

Alt. E

Utrymme	9,0 m ² · 1 500:- =	13 500:-
Panna + skorsten		<u>16 000:-</u>
		29 500:-

Alt. F

Utrymme	7,0 m ² · 1 500:- =	10 500:-
Panna + skorsten		16 000:-
Oljetank		<u>2 000:-</u>
		28 500:-

5.4.3 Årskostnader

Alt. E

Avskrivning 40 år	13 500 · 0,0505 =	682:-
Avskrivning 15 år	16 000 · 0,0899 =	1 438:-
Bränsle ved	10,0 m ³ · 100:- =	<u>1 000:-</u>
		3 120:-

Alt. F

Avskrivning 40 år	10 500 · 0,0505 =	530:-
Avskrivning 15 år	18 000 · 0,0899 =	1 618:-
Bränsle olja	1,2 m ³ · 1000:- =	<u>1 200:-</u>
		3 348:-

Kostnad per kWh:

$$\text{Alt. E } \frac{3\ 120}{8\ 542} = 0,37\text{kr} \quad \text{Alt. F } \frac{3\ 348}{8\ 542} = 0,39\ \text{kr}$$

5.5 Kommentarer till kostnadsberäkningarna

Kostnadsberäkningarna visar att det idag för en villa ej är lönsamt att utöver gratisenergi täcka resterande värmebehov genom separat soluppvärmning.

Med en vidareutvecklade anläggning synes skillnaden i energikostnad mot en konventionellt uppvärmd villa vid dagens energipriser utgöra c:a 1 200:-/år.

Väljes alt. DF, soluppvärmning med tillskottsenergi genom eldning med 1,5 m³ ved, blir skillnaden till konventionellt uppvärmd anläggning endast c:a 400 kr/år vid dagens bränslepriser.

Påpekas bör dock att den vedeldade kaminen förutsatts i samtliga beräkningar. Kaminen kan utgå vid de konventionella uppvärmningsalternativen, varvid de jämförbara årskostnaderna för dessa alternativ sjunker. Flertalet villor förses som regel förr eller senare med öppen spis, varför motsvarande kostnad då föreligger.

Det ballastfyllda gropmagasinet för vatten har jämfört med andra gropmagasin fördelen att kunna belastas på överytan.

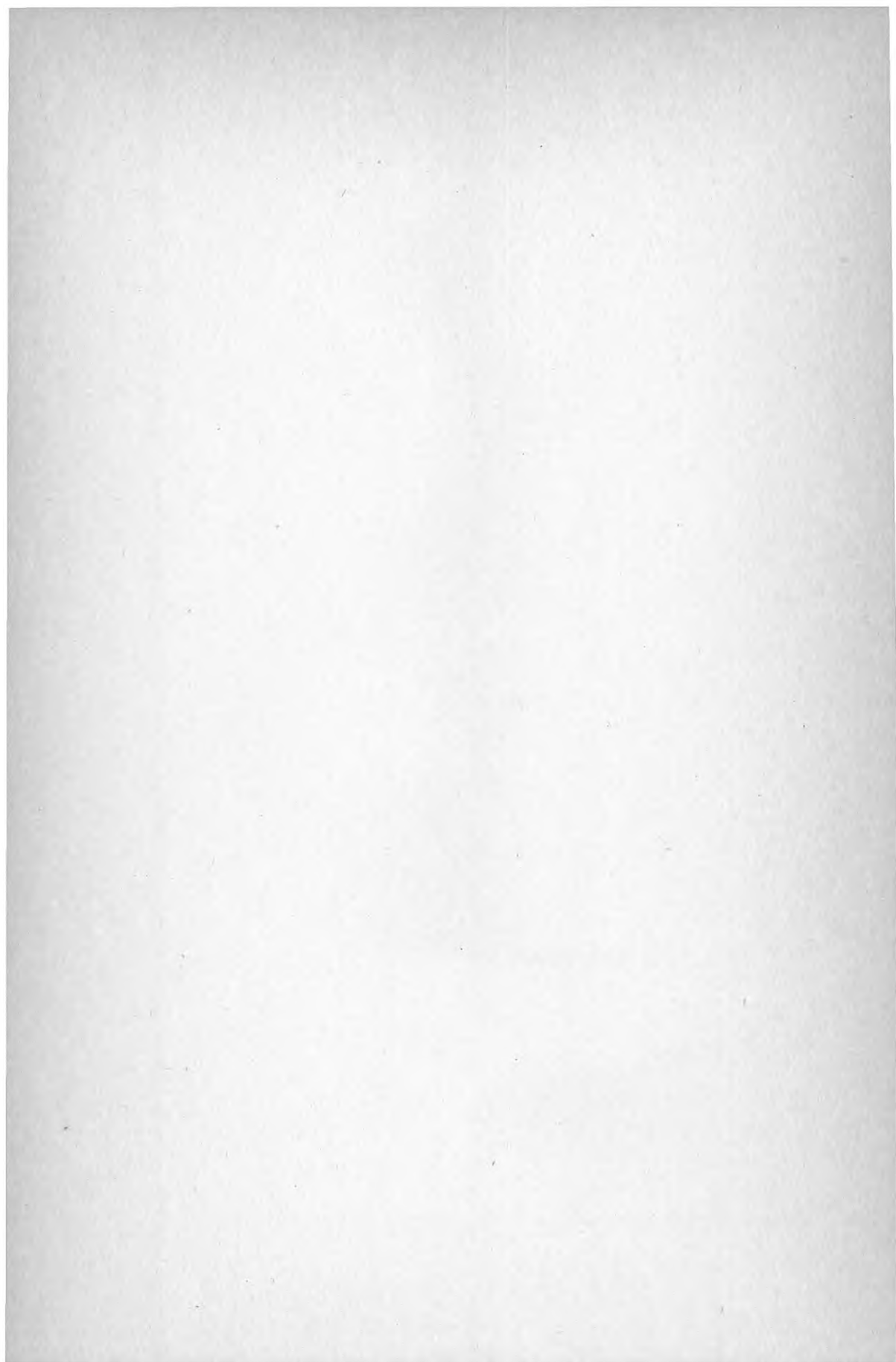
Överytan utgör en stor del av den totala omslutningsytan. Vid ett icke överbyggt magasin kan energiförlusterna från överytan ej utnyttjas.

I denna förstudie har penetrerats en anläggning bestående av en villa placerad på ett magasin. Bättre ekonomi erhålles om en större anläggning kommer till utförande.

Som exempel på lämpliga objekt kan nämnas industribyggnader, skolor och andra offentliga byggnader, flerbostadshus eller fyra enbostadshus sammanbyggda kring en gemensam gård med glasat tak. Sådana objekt bör närmare studeras med avseende på energibalans, teknisk utformning och kostnader.

För att klarlägga de praktiska problemen och kostnaderna för magasin av aktuell typ synes det lämpligt att uppföra en mindre anläggning av den typ och storlek som förstudien omfattat.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780974-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Allmänna ingenjörbyrån AB, Jönköping.**

R37: 1980

ISBN 91-540-3210-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700137

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms