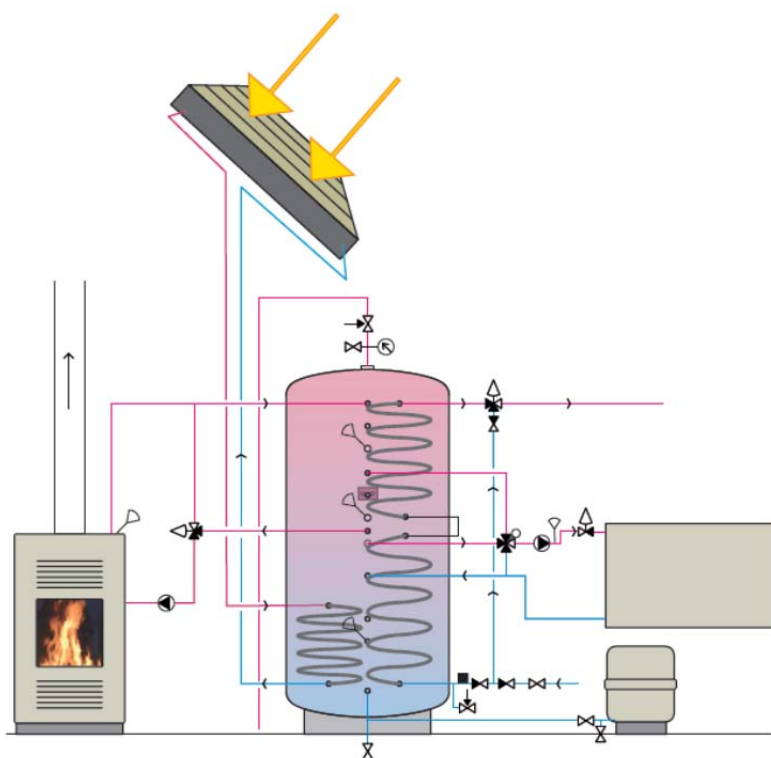


# Projekt SWX-Energi

Rapport nr 26

## Handbok för kombinerade sol- och biovärmesystem Teknik - System - Ekonomi

Lars Andrén, Tomas Persson och Gunnar Lennermo  
Illustrationer: Lennart Molin



En investering för framtiden



ISBN 978-91-637-0422-2

## FÖRORD

Rapporten **Handbok för kombinerade sol- och biovärmesystem** handlar om hur biobränsle och solvärme kombineras optimalt.

Handboken behandlar främst villasystem och riktar sig i första hand till rörinstallatörer och återförsäljare som har en hög ambitionsnivå vad gäller systemlösningar där framför allt solvärme och pellets kombineras, men även andra biobränslen. Boken är också att rekommendera för de energiprogram som innehåller solvärme och biobränsle, på såväl gymnasie- och högskolenivå som på mer yrkesinriktade utbildningar.

Handboken är framtagen inom projekten *SWX-Energi* och *Integrerade system för bio- och solvärme*, där Tomas Persson studerat hur effektiva och miljöriktiga sol- och biovärmesystem ska konstrueras och dimensioneras för villamarknaden.

Den ursprungliga projektrapporten [49] har kompletterats med allmän solvärmeinformation och innehållsmässigt anpassats till ovan angivna målgrupper i samarbete med Lars André. Gunnar Lennermos praktiska erfarenhet har kommit väl till användning i den faktagranskning som han har bidragit med.

Syftet är att skapa en användbar handbok som ska ge inspiration och kunskap för dem som vill öka användandet och stärka konkurrensen för den här typen av värmealternativ. Det är vår förhoppning att handboken ska fungera som en värdefull vägledning i att framgångsrikt dimensionera och installera solvärme i kombination med biobränsle.

Handboken rymmer mycket information och omfattar många sidor och det finns en hel del upprepningar i texten. Skälet är att det ska gå att läsa och förstå enstaka avsnitt utan att behöva slå alltför mycket fram och tillbaka. Upprepningarna är främst till för att handboken ska vara hanterlig och praktiskt användbar, men även för att betona grundkunskaper för **kombinerade sol- och biovärmesystem**.

2012-02-06

Lars Persson  
Projektchef, SWX-Energi  
070-2117896  
[lars.persson@gde-kontor.se](mailto:lars.persson@gde-kontor.se)

Tomas Persson  
Projektledare, delprojekt Sol- och bio  
023-778717  
[tpe@du.se](mailto:tpe@du.se)



## SAMMANFATTNING

Handboken beskriver olika solfångarkonstruktioner och solvärmekretsens ingående komponenter och ger en grundlig inblick i ackumulatortankens konstruktion och funktion. I boken finns förslag på systemutformning, olika tekniska lösningar och hur systemen bör styras och regleras.

Handboken beskriver i första hand utformning-lösning-styrning av kombinationen sol- och pelletsvärme, men tar även upp solvärme i kombination med vedpannor, värmedrivna vitvaror och värmepumpar.

Värmesystem med vattenburen värme är utmärkta att kombinera med solvärme, men det är i de flesta fall enklare att få till bra lösningar vid nyinstallation, än vid komplettering av befintlig anläggning.

När solvärme och pelletsvärme ska kombineras finns det många alternativ till systemutformning. Det är viktigt att vattenburna pelletssystem utformas korrekt och kombineras på rätt sätt med solvärme för att komforten ska bli hög och elanvändningen låg.

Vattenmantlade pellets-kaminer med ett vattenburet värmesystem är extra intressant i kombination med solvärme. När eldningen upphör i samband med att värmebehovet avtar kan solvärmens ta över.

En generell slutsats är att konventionella svenska pellets-pannor med inbyggd varmvattenberedning inte är lämpliga i kombination med solvärmesystem. Den typen av bränslepannor ger komplicerade systemlösningar, höga värmeförluster och det är svårt att åstadkomma en tillräckligt bra temperaturskiktning i ackumulatortanken om varmvattenberedning sker i pannan.

Solvärme för varmvattenberedning kan vara ett enkelt och bra komplement till pellets-kaminer som genererar varmluft.

För solvärmesystem är det viktigt att kraftig temperaturskiktning erhålls när värmelagret laddas ur. Det betyder att ackumulatortankens (eller varmvattenberedarens) nedre vattenvolym ska kylas ner till temperaturer som ligger nära ingående kallvattentemperatur. Ackumulatortankens mellersta del bör kylas till samma temperatur som radiatorreturen.

Vid design av solfångarkretsen måste överhettning och stagnation kunna klaras utan risk för glykolnedbrytning eller andra skador på värmebärare eller rörkrets (och andra komponenter i kretsen).

Partiell förångning minskar risken för att glykolen skadas då solfångaren når höga stagnationstemperaturer. Solfångarens glykolblandning tillåts koka (förångas) på ett kontrollerat sätt så att endast ånga blir kvar i solfångaren. Vätskevolymen i solfångaren samlas upp i ett större expansionskärl och systemet återfylls när vätskan kondenserar.

Dränerande solfångarsystem med enbart vatten är ett möjligt alternativ till konventionella solfångare. De kräver en större noggrannhet vid installationen, så att sönderfrysning undviks. Dränerande systemlösningar är relativt ovanliga i Sverige.

Om solfångaren under senhöst-vinter-tidig vår kan arbeta med att förvärma kallvatten från 10 till 20 °C erhålls en betydligt bättre verkningsgrad på solfångaren (och framför allt ökar värmeutbytet då drifttimmarna ökar väsentligt) än om radiatorreturen (som i bästa fall ligger på temperaturnivån 30 - 40 °C) ska förvärmas. Därför bör radiatorreturen placeras en bra bit upp från botten i ackumulatortanken och tappvarmvattnet ska förvärmas i en slinga som börjar i tankens botten.

Om det finns ett VVC-system måste systemet anslutas på ett speciellt sätt så att ackumulatortankens temperaturskiktning inte störs.

En viktig parameter vid ackumulatortankens utformning är att värmeförlusterna hålls låga. Det är viktigt för att klara tappvarmvattenlasten med solvärme under mulna perioder sommartid (men också för att hålla energianvändningen låg).

I moderna hus, där ackumulatortanken i regel placeras i bostaden, blir det en komfortfråga att undvika övertemperaturer i det rum där värmelagret placeras. En bra standard på isoleringen (med minimerade värmeförluster) kräver att det finns ett lufttätt skikt över hela isoleringen som dessutom sluter tätt mot röranslutningar. Ofrivillig själv-cirkulation i anslutande kretsar som kan kyla av och blanda om ackumulatortankens vattenvolym, bör förhindras med backventiler och nedböjning av rören i isolerskiktet eller direkt utanför tanken.

# INNEHÅLL

1	INLEDNING – INTRODUKTION .....	9
2	TERMISK SOLVÄRME .....	11
2.1	Solvärmesystem .....	11
2.2	Varmvattensystem .....	12
2.3	Kombisystem.....	13
3	SOLFÅNGARKONSTRUKTIONER .....	17
3.1	Plana solfångare .....	18
3.2	Vakuumrörsolfångare.....	19
3.2.1	Heat-pipe konstruktion .....	21
3.2.2	U-rörskonstruktion .....	21
3.3	Koncentrerande solfångare.....	22
3.4	Lågtempererade solfångare .....	23
4	SOLVÄRMEKRETSEN - INGÅENDE KOMPONENTER.....	25
4.1	Värmelager .....	25
4.1.1	Akkumulatortankar .....	26
4.1.2	Radiator-krets, varmvattenkrets och solvärmekrets. ....	26
4.1.3	Varmvattenberedare .....	27
4.2	Rörkrets .....	29
4.2.1	Solfångarflöde och rördimension .....	30
4.2.2	Upphängning .....	31
4.2.3	Isolering.....	32
4.2.4	Takgenomföring .....	33
4.3	Drivpaket – trycksatta system .....	34
4.3.1	Reglercentral – styrning .....	36
4.3.2	Cirkulationspump .....	37
4.3.3	Backventil – magnetventil.....	38
4.3.4	Flödesmätare .....	38
4.3.5	Balansering av flödet.....	39
4.3.6	Expansionskärl .....	39
4.3.7	Säkerhetsventil .....	40
4.4	Övertemperaturskydd .....	41
4.4.1	Partiell förångning.....	42
4.5	Värmebärare .....	43
4.6	Påfyllning och avtappning.....	44
4.7	Avluftning – injustering .....	46
4.8	Flöde – driftkontroll .....	47
4.9	Checklista – årlig tillsyn.....	47
4.10	Överlämnande av anläggning.....	48

5	ACKUMULATORTANKEN .....	51
5.1	Funktion – utformning .....	51
5.1.1	Temperaturskiktning .....	53
5.2	Varmvattenberedning - metoder.....	54
5.2.1	Genomströmningsberedare – kamflänsbatteri.....	54
5.2.2	Förrådsberedare - varmvatten.....	56
5.2.3	Tappvarmvattenautomat.....	58
5.2.4	VVC-krets .....	59
5.2.5	Legionella.....	61
5.3	Värmedistribution.....	61
5.3.1	Shuntventil .....	62
5.3.2	Radiatorkrets – golvvärme – fläktkonvektor.....	62
5.3.3	Reglerbarhet .....	63
5.4	Inlagring solvärme.....	64
5.5	Värmeförluster .....	66
5.5.1	Isolering.....	67
5.6	Tillsatsvärme .....	69
6	DIMENSIONERING .....	71
6.1	Värme- och varmvattenlast .....	71
6.2	Solfångararea – systemstorlek.....	72
6.3	Beredningsvolym .....	74
6.3.1	Varmvattenberedare .....	75
6.3.2	Tappvattenautomat .....	75
6.3.3	Kamflänsrör.....	76
6.4	Dimensionerande temperatur .....	77
6.4.1	Temperaturnivåer .....	78
7	PELLETSPANNA OCH SOLVÄRME .....	79
7.1	Systemuppbyggnad .....	79
7.1.1	Pelletspanna med inbyggd varmvattenberedare.....	80
7.1.2	Pelletspanna utan varmvattenberedare kopplad mot tank .....	80
7.1.3	Pelletspanna med inbyggt solvärmelager.....	82
7.2	Reglering .....	83
7.3	Verkningsgrader och emissioner .....	84
7.4	Generella rekommendationer .....	87
8	PELLETSKAMIN OCH SOLVÄRME .....	89
8.1	Systemuppbyggnad .....	89
8.1.1	Luftkyld pelletskamin .....	89
8.1.2	Vattenmantlad pelletskamin.....	92
8.2	Systemuppbyggnad - reglering.....	93
8.3	Inomhuskomfort.....	96



8.4	Generella rekommendationer .....	96
9	VEDPANNA OCH SOLVÄRME .....	99
9.1	Slavtank .....	99
9.2	Generella rekommendationer .....	100
10	LOKALELDSTÄDER OCH SOLVÄRME.....	103
10.1	Generella rekommendationer .....	104
11	VÄRMEDRIVNA VITVAROR .....	105
12	VÄRMEPUMP OCH SOLVÄRME .....	107
12.1	Generella rekommendationer .....	109
13	EKONOMI OCH LÖNSAMHET .....	113
13.1	Besparingspotential – utbyte .....	113
13.1.1	Livscykelperspektiv .....	114
13.2	Annuitetskalkyl – lönsamhetsberäkning .....	116
13.3	Pay-off tid.....	116
13.4	Kostnads kalkyl för solvärme.....	116
14	REFERENSER.....	119
15	ORDFÖRKLARING.....	125
16	SYMBOLFÖRKLARING .....	129
17	ADRESSREGISTER .....	131
18	PROJEKTRAPPORTER.....	133



## 1 INLEDNING – INTRODUKTION

Solen är basen för allt liv på jorden och i ett mänskligt perspektiv oändlig. Energiflödet från solen är gigantiskt. Den mängd solinstrålning som når jordklotet motsvarar en energimängd som är 10 000 gånger större än vad alla världens människor gör av med i form av fossila bränslen. Även i Sverige har vi betydligt större instrålning än vad som är allmänt känt. Ett vanligt villatak tar emot cirka 5 gånger så mycket energi i form av solinstrålning som hushållet använder för uppvärmning och varmvatten under ett år (100 m<sup>2</sup> takarea tar emot en årlig solinstrålning som motsvarar 100 000 kWh och energibehovet för ett normalhus för värme och varmvatten är cirka 20 000 kWh). Solens enorma energiflöde är i omvandlingsfasen till värme eller elektricitet helt miljö- och klimatneutral. Det vill säga inga resurser tas i anspråk och därmed sker ingen påverkan av miljön eller utsläpp av klimatgaser. Den flödande energin från solen är dessutom gratis!

Genom effektivare energianvändning, smartare huskonstruktioner och bra solvärmesystem skulle täckningsgraden från solvärmens (andelen av energibehovet som täcks med solvärme) kunna utgöra upp mot 50 % av en byggnads årsvärme- och tappvarmvattenbehov [34].

Det är också dags att avliva myten om att solvärme är bättre i Sydeuropa där solen lyser mer. Det viktiga för utbytet från solfångarna är att det finns ett värmebehov och värmebehovet är större ju längre norrut man befinner sig. En simuleringsstudie [50] visar att installation av en 10 m<sup>2</sup> solfångare i ett så kallat kombisystem ger högst utbyte och därmed bäst ekonomi i norra Svealand (Mora). Anledningen är att värmebehovet på våren är stort och att solinstrålningen är nästan lika god som längre söderut.

Elvärmda småhus i Sverige bidrar till ett effektproblem vintertid, vilket gör elenergin dyr för dem som har rörligt elpris, till exempel industrin. Enbart de elvärmda småhusen använder 30 % av de svenska kärnkraftverkens kapacitet vid dimensionerande utetemperatur [43], trots att de bara använder cirka 11 % av dess elenergiproduktion över året. Dessutom finns ett stort antal elvärmda fritidshus i fjällregionerna som är uppvärmda vintertid. Bioenergi (flis, ved, pellets, torv, halm, och så vidare) är utmärkta energibärare, då de kan lagras till den tid på året som det råder effektoppar och då energin behövs som mest.

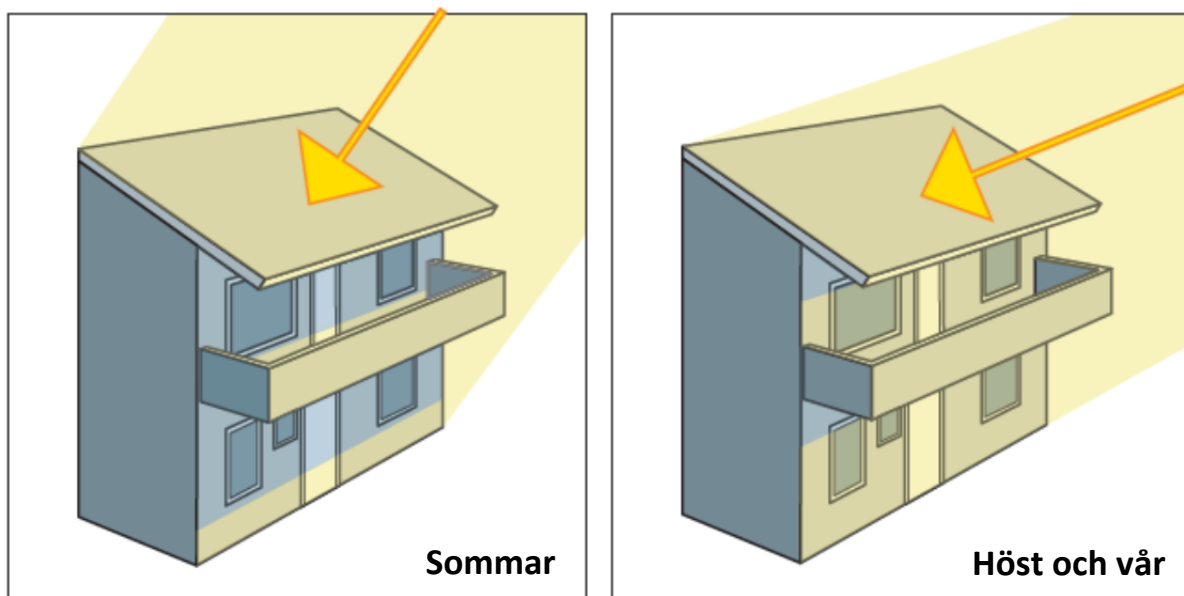
Fotosyntesen som bygger upp biomassan är långt ifrån så effektiv som en solfångare, varför det är betydligt arealeffektivare att använda solfångare istället för bioenergi. Bioenergipotentialen bedöms hållbart vara upp mot cirka 200 TWh [20], men det är otillräckligt för att täcka Sveriges energibehov. Solvärme kan därmed hjälpa till att hushålla med biobränslena så att de räcker längre.

I strävan att nå en fossilfri uppvärmning utan att öka elberoendet kan kombinationen pelletseldning och solvärme få en stor betydelse. Såväl storskaligt som småskaligt är potentialen stor. Sverige har stora tillgångar på biobränsle och är ett av de ledande länderna i världen på att utvinna och utnyttja förädlade biobränslen som pellets och briketter. Vi har stora möjligheter att trygga en ännu större del av vår energiförsörjning genom att kombinera biobränsle och solvärme.



## 2 TERMISK SOLVÄRME

Solens direkta energiflöde kan användas på många sätt. I den här handboken koncentreras innehållet kring termisk solvärme i kombination med biobränsle, avsett för villamarknaden. Solvärme (från solfångare) är ett samlingsbegrepp och en teknisk definition för de systemlösningar som huvudsakligen är avsedda för tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning. Förutom värme kan solens energiflöde också omvandlas till elektricitet via solpaneler eller solkraftverk. I vissa sammanhang talas det också om passiv solvärme (**Bild 2.1**) och det är en teknik, som utnyttjar den genom fönster infallande solinstrålningen direkt i byggnaden, i form av värme och ljus. Nedan beskrivs de solvärmesystem som är vedertagna för småhusmarknaden.



**Bild 2.1**

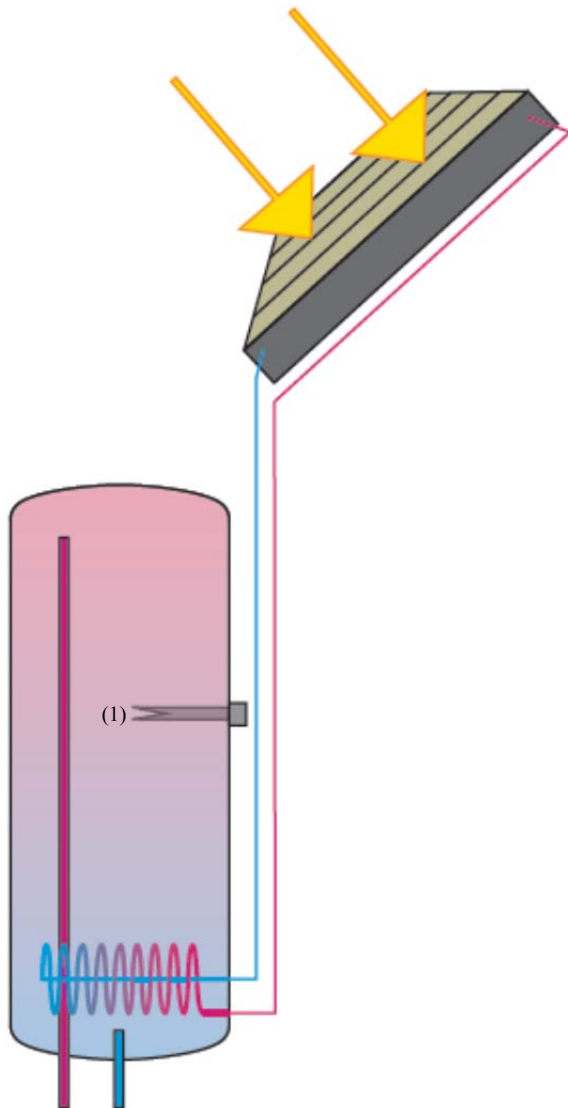
*Passiv solvärme utnyttjar solinstrålningen utan mekanisk hjälp. Förutsättningen är att byggnadens långsidor är orienterade mot söder (vilket också underlättar för att placera solfångare på taket). Byggnaden ska också ha fönsterareor som är tillräckliga för att släppa in och kunna ta till vara solinstrålningen som värme och ljus. Observera att byggnadskonstruktionen har en solavskärmning (takfot och balkong) för att oönskad värme inte ska släppas in sommartid.*

### 2.1 Solvärmesystem

Ett solvärmesystem är i detta sammanhang en benämning på en sluten krets där solfångare sammankopplas med ett värmelager och en annan värmekälla. Solvärmesystemet består av solfångare, styrutrustning (reglercentral), cirkulationspump, expansionskärl, säkerhetsventil, i vissa fall flödesventil, samt ventiler för påfyllning och avtappning och en frostsäker värmebärare (i de flesta fall någon form av glykolblandat vatten). Handboken behandlar i huvudsak kombinationssystem där solvärmesystemet genom en gemensam ackumulatortank kombineras med någon form av biobränsleledning.

## 2.2 Varmvattensystem

Det finns kompletta solvärmeanläggningar för enbart varmvattenberedning. De är huvudsakligen tänkta för hushåll med direktverkande elvärme (**Bild 2.2**). Målgruppen är stor, det finns ungefär 239 000 småhus med direktverkande el som använder cirka 2,7 TWh el för värme och varmvatten [7]. Uppskattningsvis byts 10 000 av dessa varmvattenberedare varje år (20 års livslängd). Systemvarianten förekommer också i så kallade passivhusprojekt, det vill säga hus utan konventionella värmedistributionssystem.



**Bild 2.2**

*Solvärme för tappvarmvattenberedning baseras på en komplett varmvattenberedare på 250 – 300 liter och en solfångararea på 4-6 m<sup>2</sup> solfångare. Det finns standardberedare där alla ingående solvärmekomponenter är fabriksmonterade. Notera att elpatronen (1) monteras en bit upp i beredaren och att solvärmeslingan alltid placeras så lågt som möjligt, detta för att förstärka temperaturskiktningen på bästa tänkbara sätt och skapa så bra driftförutsättningar för solkretsen som möjligt. Solvärmen dimensioneras för att täcka minst halva årsvarmvattenbehovet. I samband med beredarbyte blir lönsamheten som bäst!*

Solfångararean dimensioneras för att täcka hälften av en normalfamiljs (två vuxna och två barn) årliga tappvarmvattenbehov. I allmänhet räcker det med 4 – 6 m<sup>2</sup> solfångare och en beredarvolym på cirka 300 liter [43]. Ibland måste hänsyn tas till extraordinära varmvattenbehov, till exempel om varmvattenkapaciteten ska klara ett större bubbelbadkar eller om familjen består av fler personer.

Solvärmen ger ett tillskott under hela året men det är framförallt mellan vårdagjämning och höstdagjämning som det stora tillskottet sker.

Det finns idag leverantörer av solvärmesystem som direkt från fabrik utrustar sina beredare med alla ingående komponenter för solkretsen. Det innebär att inom beredarens byggmått (60 x 60 cm) inryms all utrustning för solkretsen såsom expansionskärl, cirkulationspump, styrutrustning och ventiler, med mera. Den här standardiserade systemvarianten är enkel att montera och i princip färdigdimensionerad för en stor målgrupp. Merkostnaden för solvärmen begränsas och ger en extra bra lönsamhet i de fall beredaren ändå ska bytas ut.

#### Legionellabakterier

Det finns risk för tillväxt av legionellabakterier i stillastående vattenvolymer. Tillväxten kan undvikas om temperaturen på vattnet i varmvattenberedaren hålls vid minst 60 °C enligt föreskrifter i **BBR, Boverkets Byggregler** [15], och om varmvattentemperaturen hålls mellan 50 och 60 °C. Legionellabakterien kan vid inandning orsaka en svårartad lunginflammation. Bakterien förekommer inte i vattenånga utan det krävs att man andas in små vattendroppar med bakterien, till exempel vid duschning [58].

#### Tänk på

Följ noga leverantörens anvisningar och föreskrifterna i **BBR** [15] för att undvika alla risker för tillväxt av legionellabakterier.

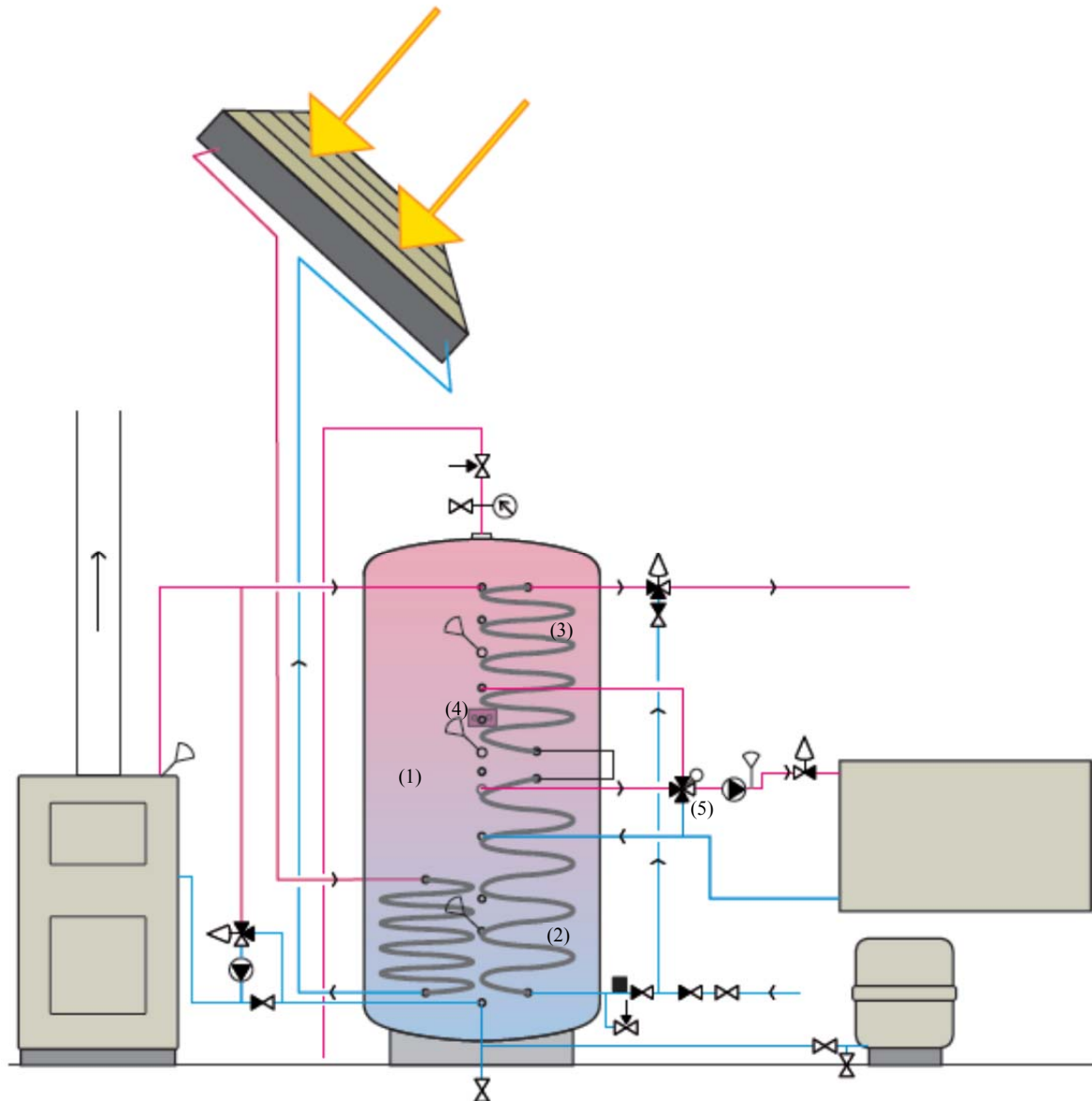
## 2.3 Kombisystem

Den vanligaste tillämpningen av solvärme i svenska småhus är i så kallade kombisystem (**Bild 2.3, nästa sida**). Som namnet antyder kombineras här solvärmen med andra värmekällor i en och samma ackumulatortank. Ackumulatortanken blir hjärtat i systemet dit all värmeproduktion förs och varifrån sedan värmen och tappvarmvattnet distribueras ut i huset.

Målgruppen för kombisystem är främst hus med vattenburen elvärme, biobränsle eller oljeeldning, men även småhus med direktverkande elvärme är tänkbara. Det finns cirka 260 000 småhus med vattenburen elvärme (ej bergvärmepump), 395 000 som kombinerar biobränsle och el samt 47 000 småhus som använder olja och el eller enbart olja [7]. Tillsammans använder dessa småhus cirka 7,5 TWh el (exklusive hushållsel) och cirka 1 TWh olja.

Med en ackumulatortank skapas en flexibilitet genom att flera olika värmekällor effektivt kan kombineras, samtidigt som det blir enklare och billigare att byta värmekälla. I den här handboken beskrivs huvudsakligen kombinationsmöjligheterna mellan biobränsle och solvärme. Ackumulatortanken ger en obegränsad flexibilitet och gör det möjligt att göra alla former av kombinationer mellan solvärme och andra värmekällor.

För villamarknaden brukar kombinationssystemen ha en solfångararea på upp till 10 – 12 m<sup>2</sup> och ackumulatortankvolym på 500 – 750 liter, om systemen inte är tänkta för vedeldare, *se avsnitt 9, sida 99*. Det gäller att dimensionera ackumulatortankvolymen efter solfångararean. Den allmänna rekommendationen brukar ange 50 – 100 liter ackumulatortankvolym per m<sup>2</sup> solfångare [24].

**Bild 2.3**

**Kombisystem** är den vanligaste tillämpningen i småhus. Ackumulatortanken (1) är central i systemet och det gäller att tänka på hur den konstrueras för att temperaturskiktningen ska bli så bra som möjligt. Användning av dubbla varmvattenslingor (2) och (3) är en grundförutsättning för högt solvärmeutnyttjande [32].

Värmeväxlingen av solvärmen bör ske så långt ner i tanken som möjligt. En elpatron (4) för temperatursäkring bör placeras en bit upp i tanken så att temperaturen på utgående varmvatten hålls enligt BBR:s föreskrifter och att varmvattenbehovet kan tillgodoses. En bivalent shunt [24] (5) för radiatorkretsen prioriterar användning av solvärmtd vatten och använder värme från tankens övre del endast om temperaturnivån i det solvärmda området är för låg.

**Tänk på**

Följ alltid leverantörens anvisningar och råd vad gäller solfångarearea och ackumulatortankvolym. Det gäller att få rätt förhållande mellan area och volym. För mycket solfångare i förhållande till ackumulatortankvolymen ger ökat antal timmar då solfångaren är i stagnation. I det motsatta förhållandet blir systemet trögt och i extremfallet kan solvärmen få svårt att säkerställa önskvärd konsumtionstemperatur, vilket innebär att annan värmekälla måste användas parallellt med solvärmen [24].



Det är viktigt att ackumulatortanken dimensioneras och konstrueras på rätt sätt. Speciellt viktigt är det att temperaturskiktningen blir så bra som möjligt (*Avsnitt 5.1.1, sida 53*) och att tanken isoleras väl (*avsnitt 5.5, sida 66*). Ett vanligt sätt att förstärka temperaturskiktningen är att arbeta med dubbla (eller utdragna) varmvattenslingor. På så vis kan det inkommande kallvattnet sänka temperaturnivån i ackumulatortankens nederdel och det räcker samtidigt att toppslingan för varmvattenberedningen hålls över den av **BBR** [15] rekommenderade lägsta temperaturen 60 °C. Ska en temperatursäkring ske med elpatron ska denna placeras under den övre slingan för att inte i onödan höja temperaturen i tankens nederdel. För dimensionering av slingans längd och den uppvärmda volymen (beredskapsvolym) hänvisas till *avsnitt 6.3.3, sida 76*. På samma sätt gäller det att tänka på hur tillsatsvärmern från alla ingående värmekällor ansluts för att temperaturskiktningen ska bli så bra som möjligt (*Bild 7.4, sida 87*).

#### Dimensionering av kombisystem [24]

System	Akkumulatorvolym	Solfångararea	Värmeproduktion <sup>a</sup>
Vedeldning	från 750 liter <sup>b</sup>	12-15 m <sup>2</sup>	5 400-6 750 kWh/år
Värmepump	300-500 liter	8-10 m <sup>2</sup>	3 600-4 500 kWh/år
Pelletselldning	500-1 000 liter	10-12 m <sup>2</sup>	4 500-5 400 kWh/år

<sup>a</sup> Utgår ifrån att solfångarna levererar 70 - 80 kWh per m<sup>2</sup> och sommarmånad och 350-400 kWh per m<sup>2</sup> och år. Utbytet kan bli såväl större som mindre beroende på systemutformning och varmvattenbehov sommardag. Forskning visar att solfångarnas värmeproduktion till viss del är oväsentlig. Det är besparingen i jämförelse med ett referenssystem som är viktigt. Ofta är värmeproduktionen mindre än förväntat, men besparingen större än värmeproduktionen.

<sup>b</sup> Ackumulatortankvolymen till en vedpanna måste alltid dimensioneras utifrån aktuella förutsättningar. Det som i allmänhet är avgörande är bränslepannans effekt och eldstadsvolym men hänsyn bör även tas till husets värmebehov och krav på önskat antal eldningar per år.

Ett så kallat kombisystem som har en gemensam ackumulatortank kan ofta ses som ett standardsystem med 8 – 15 m<sup>2</sup> solfångare.

Solfångararean kan göras större eller mindre beroende på:

- Huset är större eller mindre än vad som behövs för en standardfamilj på fyra personer, till exempel separat minilägenhet för generationsboende eller uthyrning.
- Det finns något annat än tappvarmvatten som behöver värme på sommaren, till exempel en kall källare, en utomhusbassäng eller speciella krav på hög inomhustemperatur.
- Om en vedpanna används och solvärmern ska kopplas till en befintlig stor (>1 000 liter) ackumulatortank, vilket kan öka behovet av solfångararea.

#### **Flerbostadshus**

I flerbostadshus bör solvärmeanläggningen dimensioneras för faktisk värmeanvändning för tappvarmvatten och VVC på sommaren. Finns det inget underlag för detta är det oftast bäst att utgå ifrån bostadsarean (m<sup>2</sup>) och inte antalet lägenheter eller  $A_{temp}$  (uppvärmd yta definierad i **BBR** [15]). En individuell bedömning får göras om det bor många personer i lägenheterna, vilket till exempel kan vara aktuellt i vissa förortsområden, eller om det bor färre personer i lägenheterna, till exempel i dyra lägenheter i stadskärnor. Om solvärmesystemet ska samköras med fjärrvärme kan med fördel en lite mindre solfångararea användas, cirka 3 m<sup>2</sup> per 100 m<sup>2</sup> bostadsarea. Har byggnaden en egen panna med full reglerkapacitet kan solfångararean vara något större så att pannan kan vara avstängd under en längre tid. I andra större byggnader måste solvärmeanläggningen dimensioneras mot det värmebehov som råder på sommaren.



### 3 SOLFÅNGARKONSTRUKTIONER

Först och främst är det viktigt att skilja på de olika teknikområdena solcell och solvärme. En solcell genererar elektricitet och flera solceller ihopkopplade till moduler brukar kallas för solpaneler. Solpaneler genererar således el medan solfångare omvandlar solinstrålningen till värme och varmvatten. Utöver detta finns det en **hybridteknik** där en och samma enhet genererar både el och värme. Den här typen av hybridsolfångare förklaras närmare i *avsnitt 3.3, sida 22* under avsnittet *koncentrerande solfångare*.

#### Solar Key-mark

Solar Key-mark är en Europagemensam certifiering av solvärmeprodukter. Kvalitetsmärkningen är frivillig och förvärfvas genom provning enligt en europeisk standard och fastställda certifieringsregler. Syftet är att ett godkännande i ett europeiskt land ska gälla i hela Europa vilket underlättar för tillverkarna att nå en större marknad. I många länder är licensen ett villkor för att erhålla stöd och bidrag. Sedan en tid tillbaka finns det också en Solar Key-mark-certifiering för solvärmesystem. Mer information om Solar Key-mark finns på [www.solarkeymark.org](http://www.solarkeymark.org)

Solar Key-mark anger tekniska egenskaper och prestanda. Värmeproduktionen beräknas vid olika arbetstemperaturer, vinklar, riktningar och platser. I Sverige kompletteras märkningen med en värmeproduktionsberäkning för söderorienterade solfångare med 45 graders lutning och för tre temperaturnivåer för Stockholm. Det finns flera studier [32, 45] som visar att systemutformningen är det mest avgörande och att solfångarens prestanda är av underordnad betydelse för att uppnå ett högt solvärmeutnyttjande.

#### Tänk på

En solfångare har inget värmeutbyte om den skuggas. Gör skuggningsstudier vid minsta lilla tveksamhet före solfångarmontaget. Även en svepande skugga av ett träd eller en skorsten kan få stora konsekvenser då till exempel startfunktionen av anläggningen kan påverkas om givaren för reglercentralen skuggas. Det finns dock avancerade regulatorer som provar att starta pumpen i korta intervaller med jämna mellanrum för att se om det verkligen finns värme i solfångaren.

#### Areadefinition

En solfångares aperturarea (anges i allmänhet som referensarea) är i allmänhet det samma som solfångarens verksamma area. För en plan solfångare motsvarar det solfångarens genomskinliga yta. Aperturarean för en vakuumrörskonstruktion kan beräknas utifrån vakuumrörets diameter multiplicerat med rörlängden och antalet rör. För vakuumrörsolfångare med reflektorer är det hela den reflekterande arean som motsvarar aperturarean. Generellt kan det vara lämpligt att utgå ifrån solfångaremodulens area och dess prestanda eftersom det är vad man betalar för.

#### Orientering av solfångare

En solfångare behöver inte riktas i rakt söderläge eller monteras i en speciell vinkel. Väderstrecksorienteringen kan variera mellan sydväst och sydost (en skillnad på 90°) och lutningen kan ligga mellan 25° och upp till cirka 75° utan att utbytet minskar mer än 10 % från optimum (som är cirka 40 graders lutning rakt mot söder) [63]. Det är i regel bättre med en brantare lutning än en flackare, dels för att minska överproduktionen av värme under sommaren och samtidigt öka värmeproduktionen under vår och höst (förbättra infallsvinkeln under tidig vår och sen höst) och dels för att minska snölasten på solfångarna. Ju mer överdimensionerad solfångarearea, desto större lutning är att rekommendera.

Den här handboken behandlar i första hand solvärmesystem för villamarknaden. Av det skälet koncentreras innehållet på olika solfångarkonstruktioner, som är avsedda för villamarknaden. Vid sidan av *villasolfångare* finns det konstruktioner, som är framtagna för flerbostadshus (en viss typ av takintegrerad, heltäckande solfångarkonstruktion) och även markbaserade solfångare ämnade för storskaliga projekt för till exempel anslutning till fjärrvärmeverk.

### 3.1 Plana solfångare

Allt sedan solvärmetekniken började utvecklas i Sverige, i samband med oljekrisen på 1970-talet, har fokus legat på plana solfångarkonstruktioner. Även utvecklingen av solfångare i övriga Europa har huvudsakligen handlat om plana konstruktioner. Fortfarande är den plana solfångaren marknadsdominerande i Sverige, även om vakuumrörstekniken kommit starkt under senare år.

#### Värmeutbyte plana solfångare

En modern plan solfångare har vid drifttemperaturen 50 °C och stockholmsklimat ett värmeutbyte som vanligtvis ligger i intervallet 400 – 450 kWh per m<sup>2</sup> och år, men värden från cirka 300 till strax över 500 kWh/m<sup>2</sup> och år kan också förekomma [5].

Det finns en uppsjö av olika leverantörer och tillverkare av plana solfångare i Europa. I Sverige har antalet tillverkare minskat under senare år. Vi har idag (år 2011) en handfull olika tillverkare som uteslutande utvecklar, tillverkar och marknadsför plana solfångare.

#### Tips

*SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås* handhar en förteckning över solfångare som är Solar Key-märkta. I redovisningen framgår vem som är leverantör, vilken typ av solfångare det gäller och solfångarnas beräknade årsutbyte. Listorna uppdateras kontinuerligt av *SP*. **För mer information:** [www.sp.se](http://www.sp.se)

#### Provning av solfångare

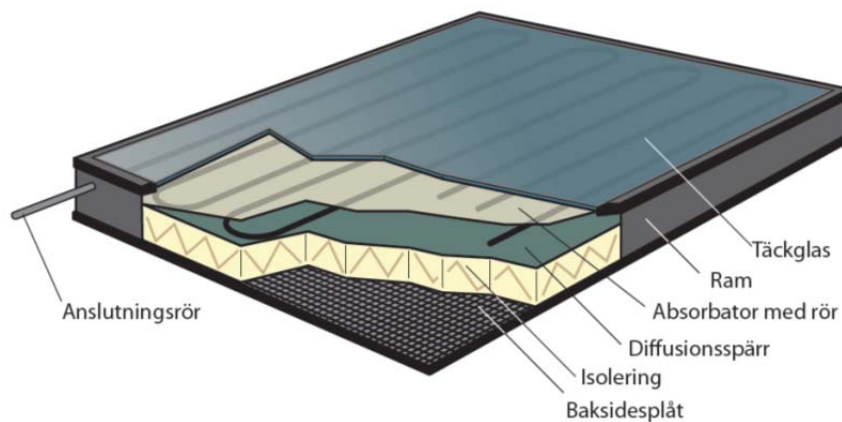
Vid provning av solfångare (till exempel utförd av *SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut*) genomförs följande:

- Granskning av ritningsunderlag och materialspecifikationer
- Granskning av installations- och skötselansvisningar
- Provtryckning
- Stagnations- (högtemperatur) och termiskt chockprov
- Hållbarhet mot vind- och snölast
- Exponeringstest (väderbeständighet)
- Provning av termisk prestanda (verkningsgrad)
- Hageltest (frivilligt)
- Upprättande av egenskapsredovisning

Solfångare som uppfyller provningskraven och att företagets produktion anses tillfredsställande kan märkas och certifieras enligt Solar Key-mark.

En plan solfångare (*Bild 3.1, nästa sida*) består av en välisolerad bärande ramkonstruktion vari absorbatoren (den del som omvandlar solljuset till värme) placeras. I allmänhet är absorbatoren tillverkad av koppar och/eller aluminium. Den absorberande ytan på absorbatoren bör vara selektiv för att maximera absorptionsförmågan och minimera emittansen, det vill säga åter-

strålningen av värme. Mellan baksidesisoleringen och absorbatoren placeras en damm- och diffusionsspärr. Konstruktionen täcks sedan av ett härdat och ofta antireflexbehandlat glas.



**Bild 3.1**

*Plana solfångare dominerar den svenska solvärmemarknaden. Konstruktionen består av en baksidesplåt som bärs upp av en självbärande ram. Ovanpå baksidesplåten läggs en värmotålig isolering som sedan täcks av en damm- och diffusionsspärr varpå absorbatoren placeras. Ett härdat glas fästs sedan in i ramkonstruktionen för att göra solfångaren vädertålig och samtidigt minska värmeförlusterna.*

#### Tänk på

Alla komponenter i solfångaren måste vara korrosionssäkra. En plan solfångarkonstruktion har en stagnationstemperatur på upp emot 180 - 190 °C vilket gör att alla ingående komponenter måste klara den temperaturnivån. Det är också av vikt att rörledningar och eventuella skarvar i solfångaren tål den värmebärare som är aktuell. Solfångarnas prestanda kan jämföras på [www.sp.se](http://www.sp.se) [5]. Var observant på att garantitiderna kan variera.

## 3.2 Vakuümörorsolfångare

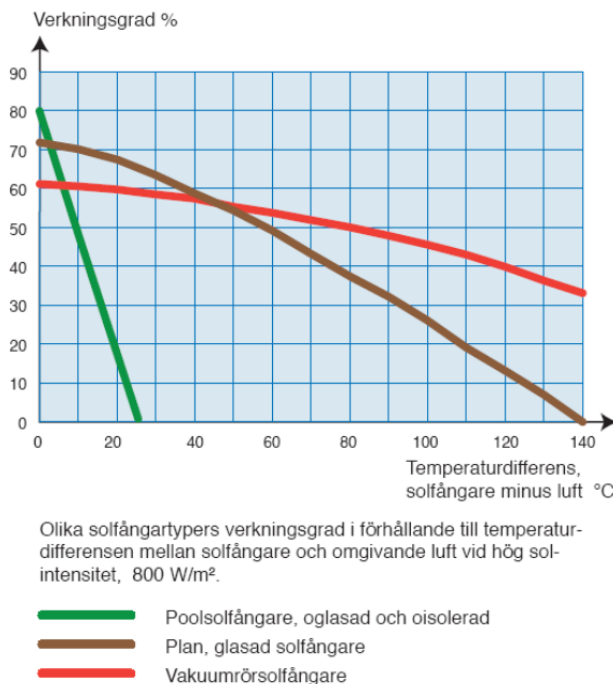
I takt med en ökad import av prisvärda vakuümörorsolfångare har marknadsandelen för den här typen av solfångarkonstruktion ökat markant under 2000-talet, från några enstaka procents marknadsandel i början av millenniet är marknadsandelen uppe i drygt 40 % idag (år 2010). Det finns ingen tillverkning av vakuümörorsolfångare i Sverige, allt importeras. Framför allt är det kinesiska vakuümöror som dominerar, men det finns också en handfull europeiska tillverkare.

#### Tips

Vakuümöror kan ha mycket höga stagnationstemperaturer. Var aktsam vid drifttagning och använd gärna skyddsglasögon och skyddshandskar för att minska risken för brännskador. Drifttag aldrig en solvärmeanläggning i solsken! *Följ alltid leverantörernas anvisningar noga.*

I en vakuümkonstruktion är det vakuümet som isolerar absorbatoren. Eftersom vakuüm förhindrar värmeledning och konvektion erhålls generellt en bättre prestanda (det vill säga mindre värmeförluster) än i plana solfångare (se **Bild 3.2, nästa sida**). Speciellt märkbart är detta när temperaturskillnaden är stor mellan värmebäraren i solkretsen och den omgivande

lufttemperaturen. Vid normala drifttemperaturer (när solfångarens medeltemperatur är 40 - 60 °C varmare än utetemperaturen) i solkretsen är skillnaden mindre men när temperaturskillnaden ökar bibehåller vakuumsolfångarna sin prestanda bättre än plana solfångare.



**Bild 3.2**

**Verkningsgraden** hos en solfångare varierar med temperaturskillnaden mellan solfångaren och dess omgivningstemperatur men även med mängden solinstrålning. Solfångarens prestanda och temperaturskillnaden mellan solfångaren och utomhustemperaturen är avgörande. Noterbart är att skillnaden mellan plana solfångare och vakuumsolfångare är relativt liten vid normala temperaturnivåer i solkretsen (det vill säga en övertemperatur på 40 – 60 °C).

#### Olika typer av vakuumsolfångare

- Enkel- eller dubbelglas – det vanligaste är dubbelglas men det förekommer även enkelglasade konstruktioner
- Heat-pipe eller u-rör – U-rörskonstruktion har många olika benämningar men beteckningen avser solfångare där absorbatoren eller värmebäraren går ner i varje glasrör till skillnad från heat-pipen där värmebäraren bara finns i samlingsröret högst upp.
- Cirkulär eller plan absorbatör – den cirkulära absorbatoren ger solfångaren annorlunda värmeegenskaper när solen inte skiner rakt på solfångaren. Dessutom är det vanligt att den värmeupptagande ytan sitter på det innersta glasets utsida om röret är av dubbelglas.
- Med eller utan reflektor – påverkar framför allt solfångarens aktiva area vid redovisning av prestanda men kan även påverka risken för snö- och isvattenansamling vid rören.
- Vakuumsolfångare med u-rör – med absorbatorrören ner i solfångarna - kan ha väldigt olika koppling mellan u-rören, med antal rör, i serie och parallellt

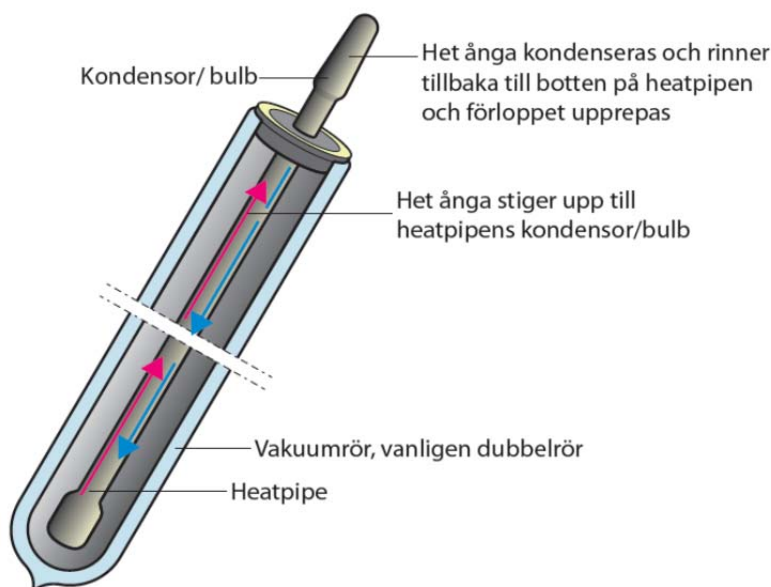
#### Värmeutbyte vakuumsolfångare

Variationen på värmeutbytet från vakuumsolfångare är relativt stort och beror på konstruktion och prestandan. I allmänhet ligger värmeutbytet vid normala drifttemperaturer i intervallet 500 – 700 kWh per m<sup>2</sup> och år.

Generellt finns det två typer av vakuumrör, ett med enkelglas och ett med dubbelglas. Det finns också vakuumrörsolfångare med reflektorer under rören, för att ytterligare förbättra prestandan. Värmeomvandlingen kan antingen ske i en absorbatorkonstruktion som påminner om de som sitter i en plan solfångare, eller i ett så kallat heat-pipe där ett medium förångas i ett rör och genom kondensation överför värmen till solkretsen.

### 3.2.1 Heat-pipekonstruktion

En heat-pipekonstruktion (*Bild 3.3*) består normalt av ett kopparrör med ett undertryck för att sänka kokpunkten. När mediet förångas stiger det upp i rörets topp och där sker en värmeväxling när mediet kondenseras mot solkretsens frostsäkra värmebärare. Processen är självcirkulerande så länge solinstrålningen ger tillräckligt med värme för att förånga mediet. I vissa konstruktioner används vatten som medium. Det frostsäkras genom att röret har en volymutvidgning nertill, som kan ta upp expansionen när vattnet fryser.



**Bild 3.3**

**Heat-pipe**konstruktion med dubbelglas. I rörets överdel finns en bulb där värmen överförs till solkretsen genom att ångan i solfångaren kondenseras. Notera rörets större dimension nertill. Den förhindrar att mediet (vattnet) får sprängkraft när det fryser.

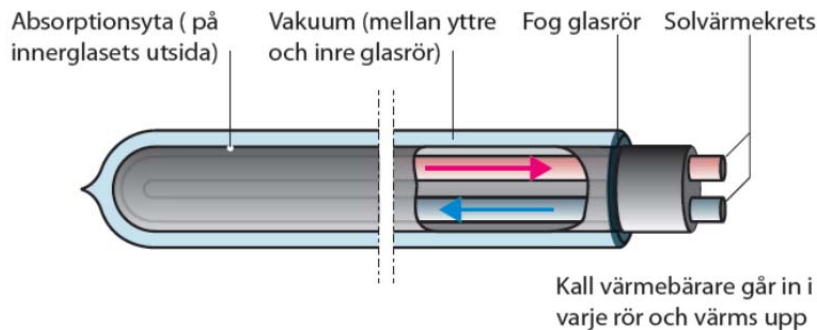
#### Tänk på

Heat-pipekonstruktioner har en minsta monteringsvinkel för att självcirkulationen mellan förångning och kondensering ska fungera korrekt. I allmänhet måste heat-pipe monteras med en lutning på minst 25 - 30° över horisontalplanet. **Kontrollera och följ anvisningarna från leverantörerna noga!**

### 3.2.2 U-rörskonstruktion

I en u-rörskonstruktion, enligt *Bild 3.4, sida 22*, (som kan ha flera olika utföranden) är det solkretsens värmebärare (normalt någon form av glykolblandat vatten) som även cirkulerar genom vakuumröret. Normalt sker värmeväxlingen genom att det yttre glasröret är transparent

och det inre rörets yttersida har en absorberande funktion genom ett selektivt ytskikt. På det sättet erhålls en cirkulär absorberareyta, vilket medger att väderstrecksorienteringen blir något mer flexibel.



**Bild 3.4**

*U-rörskonstruktioner* är relativt vanliga och förekommer normalt i vakuumrör med dubbelglaskonstruktion. Solkretsens värmebärare transporteras genom u-rören ner i vakuumröret och värms genom att en aluminiumprofil omger rören och har en stor kontaktyta med det inre glasröret. På det inre glasrörets yta appliceras normalt ett absorberande ytskikt.

**Tips**

Det krävs extra höga flöden för att lufta ur u-rörskonstruktioner. Många leverantörer rekommenderar att en extern höghastighetspump används för att säkerställa att alla enskilda vakuumrör luftas ur ordentligt. Vissa leverantörer rekommenderar att vakuumrörsolfångare med u-rörskonstruktion placeras horisontellt för att underlätta urluftning och partiell förångning. **Följ alltid leverantörens anvisningar noga!**

### 3.3 Koncentrerande solfångare

Det finns solfångare med en koncentrerande teknik. Solljuset koncentreras på absorbatoren genom användning av reflektorer och då erhålls en solfångare med en högre värmeutveckling per areaenhet absorbatoren, vilket kan öka verkningsgraden. Genom en mindre uppvärmd absorberareyta behövs ingen isolering och detta minskar materialinnehållet. Vissa tillverkare använder den här principen i plana solfångare för att få ner tillverkningskostnaden. Det ger effektivare utnyttjande av absorbatoren (som är en relativt dyr komponent i en solfångare).

Genom att använda speciella reflektorgeometrier kan solfångaren göras årstidsanpassad [37]. Det betyder att solinstrålningen mot absorbatoren minskar då solen står högt på himlen och ökar då solen står lågt på himlen. På så sätt kan större solfångare byggas utan att problemen med överhettning sommartid ökar. Genom en bättre infallsvinkel vår och höst kan solvärmestillskottet anpassas bättre till lasten.





### Bild 3.5

**Hybridsolfångare.** Bilden visar en solföljande, paraboliskt koncentrerande solfångare som genererar både el och värme. Konstruktionen minskar absorberarean för en viss given värmemängd och ger förhållandevis låga värmeförluster. Foto: Joakim Byström, Absolicon Solar Concentrator AB.

Koncentrerande teknik med reflektorer används också i så kallade **hybridsolfångare** (Se Bild 3.5). Solljuset reflekteras mot solceller som också är vattenkylda genom att en absorberator transporterar bort överskottsvärmen. **Hybridsolfångaren** genererar på det sättet både el och värme. **Hybridsolfångarna** är relativt utrymmeskrävande och lämpar sig inte så bra för småhus, eftersom de kräver kontinuerlig kylning och kan vara svårplacerade på eller kring huskroppen. I ett villasystem går solfångaren i stagnation ibland om värmelagret blir fullt och då överhettas solcellerna och elproduktionen sjunker.

### 3.4 Lågtempererade solfångare

När en solfångare är oisolerad och oglasad (Se Bild 3.6, nästa sida) kan den endast generera lågtempererad värme. Stagnationstemperaturen ligger endast 25 - 30 °C över omgivningstemperaturen, det vill säga betydligt lägre än för glasade och isolerade solfångare. Användningsområdet begränsas därför till lågtemperaturapplikationer. Så länge solfångaren arbetar i låga temperaturområden (lägre än 10 °C över omgivningstemperaturen) kan verkningsgraden hållas hög, eftersom optiska förluster i glaset undviks. Lågtempererade solfångare är främst avsedda för uppvärmning av utomhusbassänger. Det finns också konstruktioner som är framtagna för värmepumpar med avsikt att höja temperaturen på köldmediet.

#### Tänk på

Ska solfångaren användas för bassänguppvärmning måste konstruktionen vara såväl UV- som klorbeständig.

Ska solfångaren användas för bassänguppvärmning och där poolvattnet ska ledas direkt genom enheten måste den vara tillverkad av material som tål klor. Det kan till exempel vara någon form av UV-beständigt EPDM-gummi eller polyolefinplast.

Lågtempererade solfångare har i allmänhet en låg mjukningstemperatur och kan därför inte glasas in då materialet kan expandera eller i värsta fall smälta.



#### **Bild 3.6**

*Det som utmärker en **lågtempererad solfångare** är att absorbatoren inte omges av en låda, isolering eller täckglas. Den enkla konstruktionen begränsar användningsområdena till låga temperaturkrav, till exempel bassänguppvärmning. Konstruktionen exponeras direkt av solljuset och måste därför vara UV-beständigt. Ska bassängvattnet användas som värmebärare måste solfångaren tåla klorerat vatten och kunna tömmas vid frysrisk.*

## 4 SOLVÄRMEKRETSEN - INGÅENDE KOMPONENTER

I det här avsnittet presenteras de olika systemkomponenterna i solkretsen. I korthet beskrivs komponenterna och dess funktion och vad som bör beaktas. Viktigt är att alltid följa leverantörens anvisningar om maximala drifttemperaturer och tryck, etcetera, då vissa specifika förutsättningar kan ha en stor betydelse i val av komponenter och dess slutgiltiga funktion i solvärmekretsen. Till exempel får styrsystemet inte vara utformat så att ackumulatortankens (värmelagrets) övre del kan bli varmare än vad ackumulatortanken och dess isolering är godkänd för.

### 4.1 Värmelager

I ett solvärmesystem måste det alltid ingå ett värmelager, eller mer korrekt, tillgång till en volym som temperaturutjämnar solvärmens från instrålningstillfället till dess värmen ska användas. I de allra flesta fall utgör en ackumulatortank värmelager men det kan också vara en tappvarmvattenberedare. I vissa fall kan ett flertal borrhål eller ett ytjordvärmelager till en värmepump utgöra värmelager. Under senare år har intresset för direktkoppling till fjärrvärmenät blivit allt mer populärt. Det innebär att volymen i fjärrvärmenädet utnyttjas som en typ av värmelager (som temperaturutjämnning), vilket gör att solvärmesystemet i sig inte behöver något speciellt värmelager. Den solvärme som byggnaden inte använder direkt överförs till fjärrvärmenädet och kan antingen värderas i någon form av ersättning eller föras tillbaka när byggnaden har underskott på värme. Det här gäller framför allt lite större objekt och som ligger gynnsamt i förhållande till fjärrvärmenädet.

#### **Tänk på**

Det är viktigt att värmelagret isoleras väl och speciellt om det gäller stora volymer! Mätningar har visat att det ibland kan vara lika stora förluster från ackumulatortanken som solfångarna tillför [51]. Det gäller att vara uppmärksam så att både isoleringen av tanken är fullgod och att inkopplingen av värmekällorna görs korrekt.

Värmelagrets funktion är att i första hand växla solvärmens till värme och tappvarmvatten. Solkretsen är alltid sluten och frostsäkrad. Inuti eller i anslutning till ackumulatortanken växlas värmen i solkretsen över till värmelagret. På så vis kan solvärmens lagras från den tid solinstrålningen sker tills värmen ska konsumeras. Värmelagret har också en viktig funktion som temperaturutjämnare. Den solvärme, som det inte finns behov av, lagras i värmelagret och plockas ut när behovet uppstår. Värmelagret fungerar också som ett överhettningsskydd, det vill säga den överskottsvärme, som inte konsumeras vid värmeomvandlingen, kan lagras i värmelagret eller, om det rör sig om en direktinkoppling mot ett fjärrvärmenät, transporteras vidare till en annan byggnad i nätet.

**Tänk på**

Förhållandet mellan solfångararea och värmelagrets volym måste vara rätt dimensionerat. Blir det för liten solfångararea i förhållande till volymen blir solvärmesystemet väldigt trögt och det tar lång tid för solfångarna att höja upp värmen till konsumtionstemperatur och annan tillsatsvärme är tvungen att tillgodose behovet. Tankförlusterna blir då också för stora i förhållande till värmetillskottet. För den skull behöver det inte innebära att solkretsen går dåligt. I det motsatta förhållandet, där solfångararean är för stor i förhållandet till volymen, finns det risk för att solfångaren går i stagnation vilket ökar nedbrytningen av glykolen.

**4.1.1 Ackumulatortankar**

Det finns en rad olika ackumulatorkonstruktioner att välja mellan. Vanligast i villasammanhang är ståltankar i volymspannet 300 - 750 liter. Standardtankarna är normalt på 500 liter och blir som en följd av stora tillverkningsserier mest kostnadseffektiva. Ett solvärmesystem kräver inga större volymer. Ju mindre volym desto snabbare värmer solvärmens samtidigt som värmeförlusten från ackumulatortanken blir förhållandevis liten. Värmeförlusten står i proportion till volymen, eller snarare den värmeavgivande arean. Solvärmens överförs i allmänhet via ett internt kamflänsrör av koppar. Varmvattnet bereds på samma sätt genom ett utdraget kamflänsbatteri eller dubbla kamflänsbatterier. Genom att växla värmen i flera nivåer i tankvolymen förstärks temperaturskiktningen, vilket har en avgörande betydelse för solvärmesystemets effektivitet.

**4.1.2 Radiatorkrets, varmvattenkrets och solvärmekrets.**

I ackumulatortanken finns inget syresatt vatten (samma som i radiatorkretsen) och säkerhetsventilens öppningstryck är normalt 1,5 bar. Ett expansionskärl tar upp vattnets volymförändring i samband med temperaturförändringar. Om trycket blir för stort ska en säkerhetsventil, som står i oavstängbar förbindelse med tanken, öppna och släppa ut ”övertrycket”. Om det skulle bli undertryck ska luft släppas in via en vakuumentil så att inte ackumulatortanken imploderar. Ackumulatortanken tillverkas i allmänhet i vanlig stålplåt och finns i många olika tryckklasser. Kostnaden blir alltid större vid en högre tryckklass.

Tappvarmvatten bereds i en värmeväxlare eller intern varmvattenberedare. Tappvarmvattnet är syresatt och för att inte korrodera måste värmeväxlaren eller varmvattenberedaren tillverkas av koppar, rostfritt stål, eller emaljerat stål. Beredaren måste också tåla ett tryck av 10 bar (9 bars säkerhetsventil). Varmvattenberedare som är monterade inuti ackumulatortankar (tank i tank) måste tåla ett utvändigt tryck av minst 1,5 bar. Expansion på grund av uppvärmning i varmvattenberedare tas här upp genom att säkerhetsventilen placerad på inkommande kallvatten öppnar och släpper ut vatten till avloppet.

Normalt används glykol som frostskydd i solvärmekretsen. Av den anledningen måste en värmeväxlare användas även mot solvärmekretsen.

Akkumulatortanken har en avgörande betydelse för solvärmesystemets effektivitet [32]. Först och främst behöver inte volymerna vara allt för stora (300– 750 liter är vanliga volymer) utan ska vara väl avvägda efter aktuell solfångararea och val av tillsatsvärme [24]. Ett vanligt

systemutförande är med 10 m<sup>2</sup> solfångare och med 750 liters ackumulatorvolym, under förutsättning att utrymme finns. Se avsnitt 6.2, sida 72 för dimensionering av systemstorlek.

#### Tips

Det sker en ständig utveckling av ackumulatortankar och det kan vara idé att noga undersöka marknaden inför en investering. Nya material, bättre isolering och smartare konstruktioner ger en bättre systemlösning och volymutnyttjande samtidigt som det förbättrar solvärmens funktion.

De flesta solvärmeleverantörer har färdiga lösningar både vad gäller ackumulatortankar, drivpaket för solkretsen och andra tillhörande komponenter. Detta har standardiserat tekniken och förenklat såväl dimensionerings- som installationsarbetet. Det gäller att vara på sin vakt så att förhållandet mellan solfångarearea och ackumulatorvolym är korrekt. Inte minst viktigt är att ackumulatortanken i sin uppbyggnad och konstruktion är anpassad för solvärme. En sammanställning över metodik för att konstruera effektiva ackumulatortankar redovisas i **Bild 7.4**, sida 87.

### 4.1.3 Varmvattenberedare

I samband med beredarbyte finns det all anledning att fundera på att investera i solvärme. Ska beredaren ändå bytas ut blir merkostnaden för solfångare och komponenterna i solkretsen relativt begränsade. Idag lagerhåller få leverantörer beredare, som är utrustade med all erforderlig utrustning för solkretsen. Det gäller att veta vart man ska vända sig när det blir aktuellt att byta beredare. Och det kan gå snabbt. Från en dag till en annan kan den befintliga beredaren behöva bytas ut. Det gäller då att veta vem som kan leverera en varmvattenberedare förberedd för solvärme.

Marknaden är stor. Det finns idag ungefär 239 000 småhus [7] med direktverkande elvärme där utbytesmarknaden av varmvattenberedare kan uppskattas till minst 10 000 stycken per år! Totalt säljs det årligen cirka 14 000 varmvattenberedare med volymer som ligger mellan 150 och 300 liter och cirka 20 000 slutna beredare under 150 liter enligt **SBBA** [54].

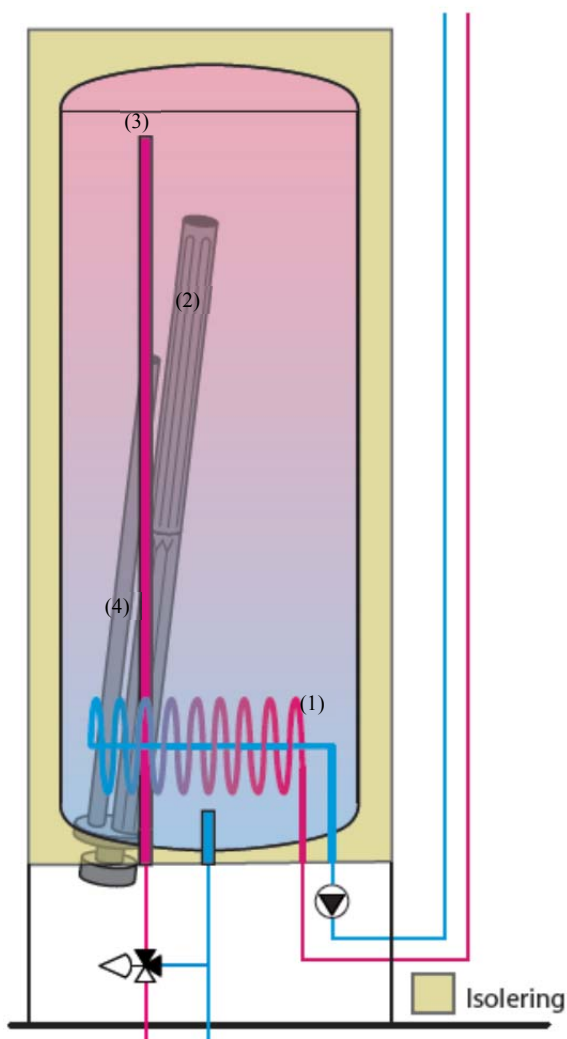
#### Varmvattenkapacitet

I **Boverkets Byggregler** [15] rekommenderas att en varmvattenberedare för enbostadshus bör dimensioneras för att klara att värma 10-gradigt vatten under högst 10 timmar, så att två tappningar om vardera 140 liter vatten med temperaturen 40 °C, kan erhållas inom en timme. I avsnitt 6.3, sida 74 redovisas metoder för hur ackumulatortankar konstrueras så att detta krav uppfylls.

Det finns idag varmvattenberedare, som från fabrik är försedda med all solvärmeutrustning (**Bild 4.1**, nästa sida). Genom detta förenklas installationsarbetet väsentligt. Standardiseringen innebär att installationen begränsas till att ansluta solkretsen till beredaren, kall- och varmvattenanslutningarna samt strömförsörjningen. Eftersom målgruppen är homogen och alla småhus i princip ska ha samma systemlösning, behöver inte heller systemen dimensioneras för varje enskilt objekt.

**Tips**

När ändå varmvattenberedaren ska bytas ut är det relativt enkelt att installera en mindre ackumulatortank istället. Det ger möjlighet att i framtiden konvertera till vattenburen värme och solvärme. I små (omkring 300 liter) ackumulatortankar för solvärme måste man kontrollera, att den klarar önskad tappvarmvattenlast. Det finns också varmvattenberedare med inbyggd värmeväxlare för både solvärme och annan vattenburen värmekälla.

**Bild 4.1**

Det finns leverantörer och grossister som saluför **varmvattenberedare** med alla solkretsens komponenter förmonterade från fabrik där de inryms inom beredarens yttermått (60 x 60 cm). Notera att solvärmeslingan (1) ligger i botten (liggande slinga är dock svårluftad). Elpatronen (2) är placerad en bra bit upp i beredaren så att den genererar värme i toppen av beredarvolymen. Varmvattenuttaget (3) sker så högt upp som möjligt. Beredaren på bilden är emaljerad och försedd med en offeranod (4) för att minska risken för korrosion. Beredarvolymerna kan variera mellan 250 och 300 liter och till den volymen passar 4 - 6 m<sup>2</sup> plana solfångare (något mindre area om det är aktuellt med vakuumbör).

En varmvattenberedare för solvärmeanslutning måste anpassas tekniskt för solvärmens. Viktigt är till exempel att kallvattenintaget sker i botten av beredaren där också solvärmens växlas in. Varmvattnet tas ut i toppen av beredaren och elpatronen bör värma enbart beredarens övre volym, allt för att främja temperaturskiktningen. Det är också viktigt att vara observant på att välja beredare anpassade för den vattenkvalitet som råder på plats för att undvika korrosionsangrepp. Om tappvattnet är surt eller kalkrikt är det en fördel om uppvärmningen sker via ett värmeelement runt manteln så att elpatronen inte är i direkt kontakt med vattnet. Detsamma gäller solvärmeväxlaren, som då helst ska vara en mantelvärmeväxlare. Som alltid måste risken för tillväxt av legionellabakterier elimineras genom rätt temperaturinställning (se avsnitt 5.2.5, sida 61).

**Tänk på**

Råder det oklarheter kring vattenkvalitet och vilken beredartyp (emaljerad, rostfri eller kopparfodrad) som är lämpligast kan det vara bra att kontrollera detta med kommunen (gatu- eller miljö- och hälsoskyddskontor).

**4.2 Rörkrets**

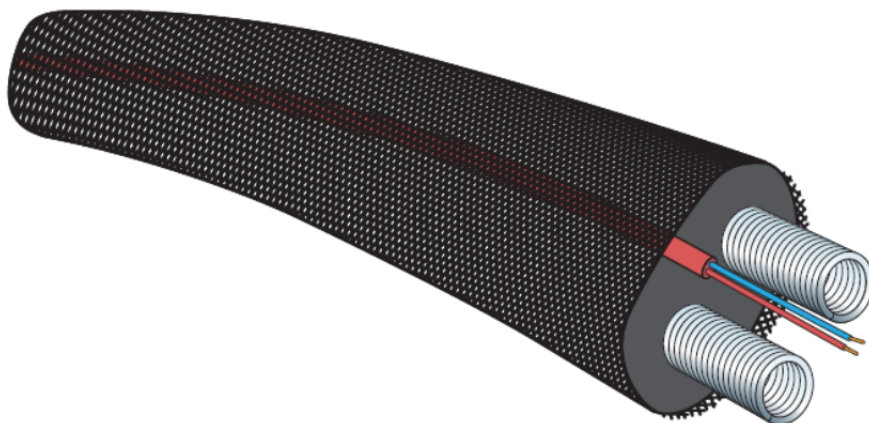
**Följ alltid leverantörernas råd och anvisningar vad gäller materialval i rörkretsen.** Generellt rekommenderas kopparrör med en värmeständig isolering (se **Bild 4.2**, nedan). Vid val av rörmaterial är det viktigt att beakta temperaturlågheten och att materialet är resistent mot aktuell värmebärare.

**Tänk på**

Olika typer av plastmaterial, till exempel så kallade PEX-rör, kan smälta som en följd av de höga temperaturer som kan uppstå i solkretsen och bör inte användas. Stora temperaturvariationer kan skapa rörelse i material som vid skarvar kan förorsaka läckage. Används plaströr (PP – polypropylen eller PB – polybuten) måste dessa uppfylla krav på att klara tryck och temperatur, som uppstår i ett solvärmesystem. PEX-rör eller plaströr kan emellertid rekommenderas i lågtemperatursystem (till exempel för bassänguppvärmning) med oglasade poolsolfångare, som arbetar med lägre tryck och temperatur. Men de måste vara resistent mot klorerat vatten.

**Tips**

I solfångarkonstruktioner med interna lödskarvar är det viktigt att hålla emot vid monteringen av klämringskopplingarna mellan solfångarna och rörkretsen. Lödskarvarna i solfångarna har ofta en relativt låg smältpunkt, vilket gör att man måste vara väldigt försiktig om man ska löda ihop två solfångare eller när solfångarna löds ihop med stamledningen. Det är ofta bättre med klämringskopplingar, eftersom en solfångare då kan demonteras utan att avancerad utrustning behövs. Om en mekanisk koppling ska användas måste absorbrörret fixeras vid montering.

**Bild 4.2**

Det finns idag färdiga **solvärmekulvertar**. Dessa är anpassade för solkretsens alla specifika krav för att klara värmebärarens egenskaper och de höga temperaturer som kan uppstå i en solkrets. Bilden visar ett exempel på en solvärmekulvert där givarkabeln för styrutrustningen dras parallellt med rören. Tänk på att isoleringen måste vara värmeständig och att det ställs speciella krav om rörkretsen ska monteras utomhus (väder- och fågelbeständig) eller i marken (klara eventuella fukt- och tryckbelastningar). Om solvärmekulverten är av korrugerat material är tryckfallet högre än om insidan är slät, vilket ökar elanvändningen i cirkulationspumpen vid samma flöde och inre diameter.

### 4.2.1 Solfångarflöde och rördimension

Rördimensionen styrs i första hand av det flöde som rekommenderas i solkretsen. Antingen tillämpas högflödessystem med en kompakt värmeväxling i botten av ackumulatortanken. I högflödessystem önskas en temperaturhöjning i kretsen på ungefär 5 - 15 °C. I solvärmesystem för villamarknaden motsvarar detta ett flöde på 0,5 - 0,8 liter per minut och m<sup>2</sup> solfångare. Lämpliga rördimensioner för lågflödes- och högflödessystem ges i **Tabell 4.1**.

Alternativt tillämpas en lågflödesteknik med en utdragen värmeväxling antingen genom en plattvärmeväxlare eller ett utdraget kamflänsrör. Temperaturhöjningen ska då vara mellan 20 och 40 °C, vilket ger ett flöde ned mot 0,2 liter per minut och m<sup>2</sup>. Syftet med detta är att snabbare erhålla användbar temperatur i tankens topp. Flödet måste alltså väljas i relation till värmeväxlarens utformning och kapacitet. Normalt tillämpas högflöde i villasolvärmesystem, men studier [32, 31] har visat att lågflöde kan öka systemverkningsgraden i väl designade system där uttag av värme och varmvatten sker med goda skiktningsegenskaper.

**Tabell 4.1**

Lämplig rördimension för lågflödessystem (0,25 liter per minut och m<sup>2</sup>) respektive högflödessystem (0,5 liter per minut och m<sup>2</sup>). Avluftning kan ske i drivpaketet vid de valda flödes hastigheterna enligt VVS-handboken [67] under antagande att vatten 20 °C cirkulerar i rören. Glykol har något högre viskositet, vilket gör att luften följer med ännu lättare. Tryckfallen är beräknade för 40 % propylenglykol vid 40 °C.

#### Lågflödessystem - 0,25 l/(minut·m<sup>2</sup>)

Solfångarnas aperturarea	4,4	6,6	8,8	11	13,2	22	m <sup>2</sup>
Rördimension	Cu 12	Cu 12	Cu 12/Cu 15 <sup>1)</sup>	Cu 15	Cu 15	Cu 18	
Tryckfall	160	320	530/155 <sup>1)</sup>	225	310	285	Pa/m
Flödes hastighet	0,23	0,35	0,47/0,28 <sup>1)</sup>	0,35	0,41	0,46	m/s

#### Högflödessystem - 0,5 l/(minut·m<sup>2</sup>)

Solfångarnas aperturarea	4,4	6,6	8,8	11	13,2	22	m <sup>2</sup>
Rördimension	Cu 12	Cu 15	Cu 15/Cu 18 <sup>1)</sup>	Cu 18	Cu 18	Cu 22	
Tryckfall	530	310	515/195 <sup>1)</sup>	285	390	330	Pa/m
Flödes hastighet	0,47	0,41	0,55/0,36 <sup>1)</sup>	0,46	0,55	0,58	m/s

1) Båda rördimensionerna är möjliga och därmed både höga och låga tryckfall och flödes hastigheter

För att luften ska kunna följa med ner till drivpaketet kan man som tumregel utgå från att flödes hastigheten ska vara högre än 0,5 m/s vid kopparrör mindre än Ø28 mm [67]. Avluftningsventiler och avstängningsventiler på taket kan skadas av de höga temperaturerna och är därför inte att rekommendera. Om avstängningsventiler (avlufftare) placeras på taket intill solfångarna bör de klara minst 180 °C. En vanlig automatisk avluftare får aldrig monteras i solvärmekretsen, då den kan släppa ut ånga vid stagnation.

Även om ett solvärmesystem urluftas väl i kallt och trycksatt tillstånd, kan ändå fri luft komma fram när temperaturen stiger och därför bör en ny avluftning göras även i varmt tillstånd. Är flödes hastigheten hög finns det i de flesta drivpaket en liten urlufftare som kan ta om hand en mindre mängd luft. Om luft släpps ut sjunker trycket och mer vätska måste pumpas in



i kretsen. I större system bör avgasare användas, samt om möjligt bör det då finnas larm för undertryck.

Det finns flera fördelar med att ha korta och klena rör. Klena rör minskar den termiska massan samtidigt som värmeförlusterna minimeras. Minskad termisk massa gör att systemet snabbare börjar leverera värme till värmelagret. Å andra sidan ökar tryckfallet vid användande av klena rör, vilket gör att större cirkulationspumpar behövs, det i sin tur ökar elanvändandet.

#### Tänk på

För klen rördimension innebär att en onödigt stor cirkulationspump behövs. Allt för stora rördimensioner kan få till följd att kretsen blir svårluftad, den får höga värmeförluster och det tar längre tid innan värmen når fram till ackumulatortanken. Generellt ökar också kostnaden med ökad rördimension.

#### Tips

Att välja en större rördimension innebär möjlighet att bygga ut solvärmeanläggningen, vilket kan vara något att beakta (speciellt när det gäller mindre solvärmesystem för villamarknaden). Samtidigt gäller det att vara uppmärksam på att en större rördimension kostar mer pengar per löpmeter och att värmeförlusterna står i proportion till den värmeavgivande arean. I **Tabell 4.1, sida 30** redovisas lämplig rördimension i förhållande till solfångarens aktiva area.

## 4.2.2 Upphängning

Solkretsens rörledningar monteras i stort sett som andra konventionella rörledningar. Det vill säga fackmannamässigt och enligt den praxis som gäller. De höga temperaturerna i en solkrets är lite speciellt och skiljer sig från konventionell rördragning. Det gäller till exempel att uppmärksamma att upphängningarna minimerar ledförlusterna från solkretsens rör och att de höga temperaturerna inte leds ut till material, som kan skadas.

I de fall styva rör används, är det viktigt att ta hänsyn till att längdförändringen för kopparrör är 3 - 3,5 mm/m vid maximal temperaturskillnad. Det är en fördel att använda flexibla rör vid vinkelförändringar och långa pendlar, som tillåter rörelse. I stående schakt får inte rören låsas av styva, korta pendlar eller igenomgjutning.

#### Tänk på

Om rörledningarna byggs in i väggar, golv eller takkonstruktioner ska det ske utan skarvar. Alla skarvar måste kunna besiktigas okulärt!

#### Tänk på

Det kan uppstå resonansljud från solkretsens cirkulationspump (det gäller speciellt vissa typer av högtryckspumpar, till exempel kugghjulspumpar). Då rekommenderas att cirkulationspumpen avisoleras med flexibla metallslangar för att minska fortplantningen av ljud i rörledningarna. Gummiupphängningar kan också minska risken för fortplantning av ljud. Undvik att dra rörledningarna genom skåp, som kan fungera som resonanslåda.

#### Tips

Var noga med att märka upp rörledningarna så att de är enkla att följa i hela sin längd. Använd begreppen *varm* och *kall ledning* så att inte ledningarna blandas ihop. Undvik att använda begreppen framledning och returledning, då dessa blir förvirrande i solvärmesystem. Vid eventuellt behov av felsökning underlättar tydlig märkning, samtidigt som anläggningsägaren får en ökad förståelse för systemuppbyggnaden.

### 4.2.3 Isolering

Temperaturskillnaderna mellan solkretsen och omgivningen kan i vissa fall bli väldigt stora. Det är inte ovanligt att medeltemperaturen i solkretsen är 80 °C och att temperaturen från solfångarna (varma ledningen) kan närma sig 100 °C. Den del av solkretsen, som leds utomhus, kan gå ner till flera 10-tals minusgrader. Det gäller med andra ord att noga tänka igenom rörkretsens isolering.

#### Tänk på

Var noga vid skarvar så att inga onödiga värmeförluster uppstår.

Det viktigaste är att isoleringen tål de temperaturer, som blir aktuella i solkretsen. Materialet ska vara vädertåligt om det används utomhus och inte locka gnagare eller andra djur, som kan göra åverkan. Glas- eller stenull med täckplast (inomhus), och vädertåligt ytskikt utomhus, är pålitligt och vanligt förekommande. Det finns också olika typer av armaflextmaterial, som är värmebeständiga.

#### Tänk på

Enligt **BBR** får yttemperaturen på de olika anläggningsdelarna inte överstiga 65 °C på grund av skällnings- och skaderisken. Används minst 20 mm mineralullsisolering är detta krav med stor sannolikhet uppfyllt.

#### Tänk på

Rörisoleringen måste tåla mycket höga temperaturer. Trycksätts systemen ökar kokpunkter med 10 °C för varje bar. Det innebär, att ett system med ett arbetsstryck på 3 bar kan ha drifttemperaturer upp till 130 °C. Det finns vakuumrörskonstruktioner som stagnerar först vid 300 °C, vilket ställer mycket höga krav på val av isoleringsmaterial. Rörens högsta temperatur beror på hur systemet designas och hur solfångarna placeras. I väldimensionerade system måste rörisoleringen normalt tåla cirka 130 °C vid stagnation och upp mot 100 °C under normal drift. Se mer om hur systemen ska dimensioneras för stagnation i *avsnitt 4.4.1, sida 42*.

#### Tips

Vid val av isoleringstjocklek är ett bra tips att tjockleken (vid val av mineralullsisolering) bör vara minst lika stor som rörets innerdiameter. *Mer information finns i AMA VVS&Kyl [4]*.

#### Värmeförluster

Används konventionella isoleringsmaterial, till exempel 20 mm mineralull, blir värmeförlusten per meter solkrets (tillopp och retur) motsvarande 10 - 15 W/m. Värmeförlusten gäller för rördimensionen 18 mm och med ett flöde på cirka 0,5 liter per m<sup>2</sup> solfångare. Om solkretsen omfattar 30 meter rör och drifttiden är 1 700 timmar på ett år blir värmeförlusten cirka 500 kWh på ett år.

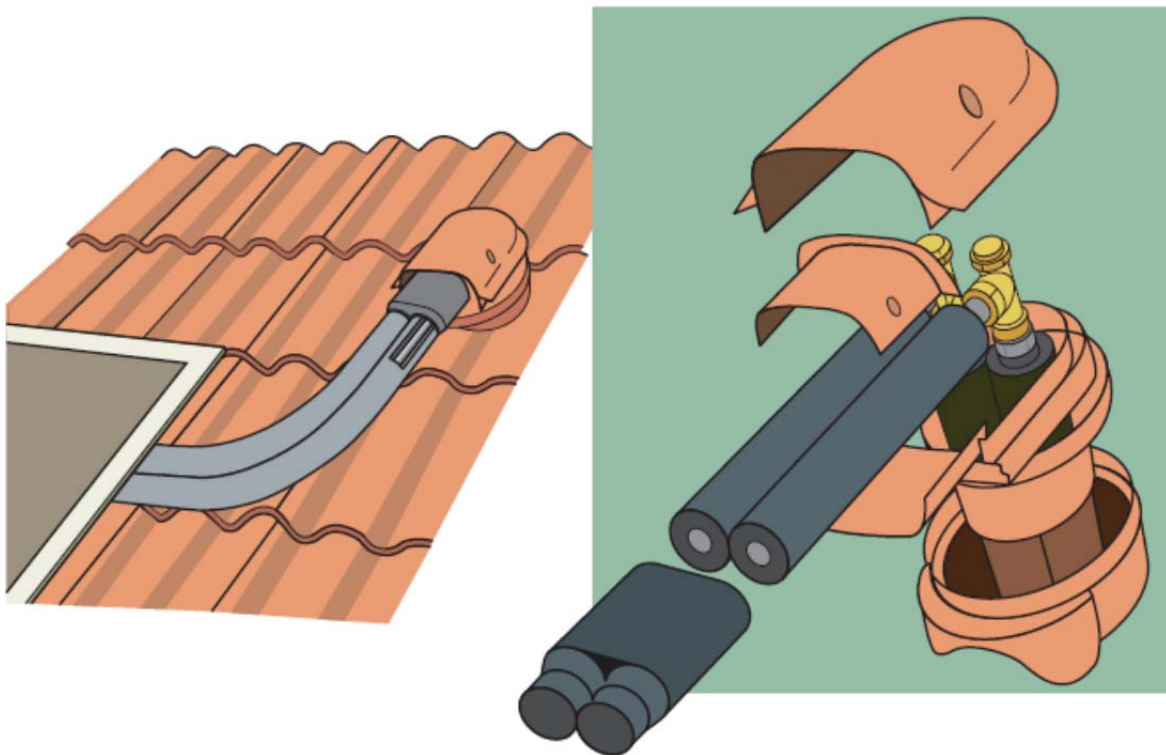
#### Tips

Prisvariationen på färdigisolerad solkulvert kan variera stort. Det går att hitta solkulvertar för omkring 200 kronor löpmetern men också priser som ligger både på det dubbla och tredubbla. Var noga vid upphandlingen både vad gäller prestanda, värmeförlust och prisbild.

#### 4.2.4 Takgenomföring

En av de mest sårbara delarna i monteringsarbetet är de moment som genomförs på taket. Solfångarnas fastsättning och rökretsens takgenomföringar måste göras med yttersta noggrannhet för att inte orsaka vattenläckage eller andra olägenheter. Speciellt gäller detta montering och genomföringar på platta papptak eller där det finns risk för stillastående (regn)vatten. **Rådgör alltid med leverantören eller fackmannamässiga takföretag.**

Det finns idag färdiga lösningar för rökretsens takgenomföringar genom olika material. Allt ifrån enkla *gummistosar* för platta papptak till mer sofistikerade och integrerade genomföringar för takpannor (se *Bild 4.3*).



**Bild 4.3**

Bilden visar en takgenomföring anpassad och integrerad för ett tvåkupigt taktegel. Lägg märke till att luftningen av solkretsen är inbyggd i enheten. Denna typ av automatisk luftning är specialanpassad för att klara de höga temperaturer som uppstår vid stagnation och den är blockerad vid höga temperaturer så att inte ånga kan släppas ut vid stagnation

#### Tänk på

Enligt **BBR** [15] gäller för skorstenar och rökkanaler att yttemperaturer inte får överstiga 100 °C för att minska brandrisken. Det bör även gälla solvärmerör.

### 4.3 Drivpaket – trycksatta system

Många av solvärmeföretagen har idag färdigutvecklade och fabriksmonterade drivpaket för olika anläggningsstorlekar (se **Bild 4.4**, nedan och **Bild 4.5**, sida 35). Drivpaketen underlättar monteringsarbetet och gör också service- och funktionskontrollen enklare, genom att alla komponenter finns på rätt plats och i rätt ordning.

Alla eller de flesta ingående komponenter för solkretsens funktion är förmonterade och kommer som en komplett enhet. Generellt är också drivpaketen utrustade med alla erforderliga ventiler och kärl för påfyllning, avtappning och urluftning av kretsen.



**Bild 4.4**

*Prefabricerat drivpaket.*

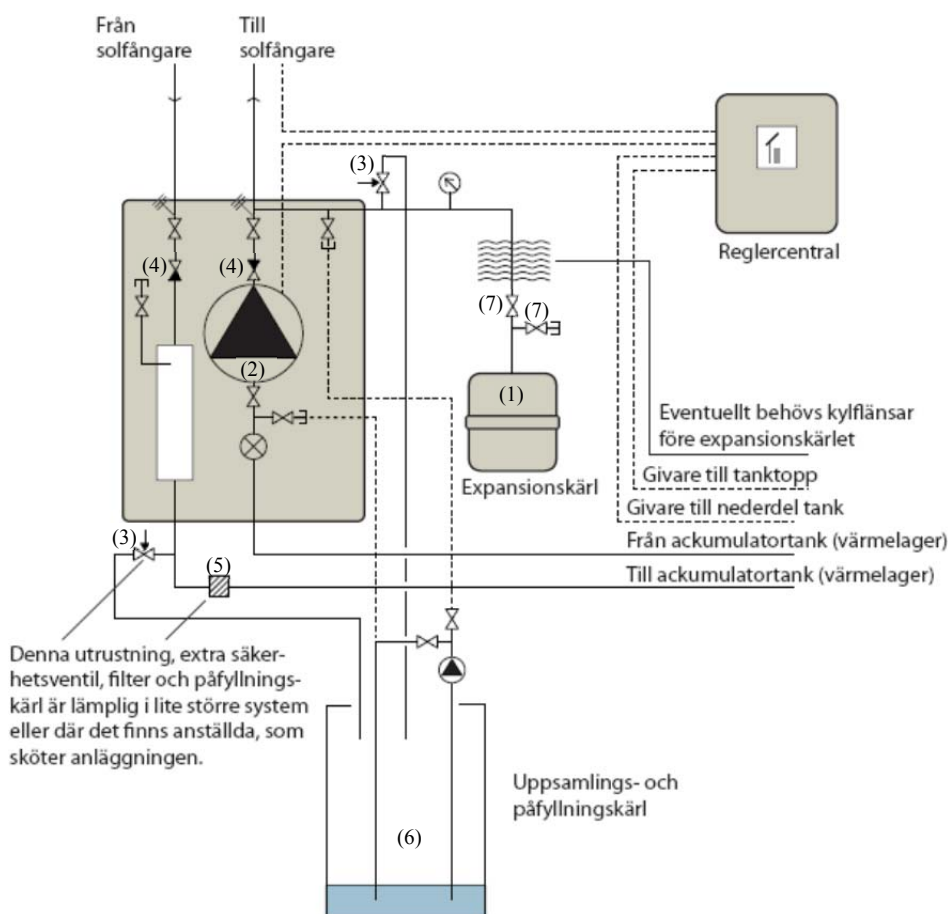
#### **Tänk på**

Alla komponenter i solkretsen måste vara anpassade för den värmebärare som används och de temperaturer och tryck som är aktuella.

De förmonterade drivpaketen underlättar installationsarbetet av solkretsen högst väsentligt. I princip behöver installatören endast göra fyra röranslutningar (till och från solfångarna samt till och från värmelagret) och ansluta elförsörjningen. Cirkulationspump, reglercentral, ex-

pansionskärlet och en rad olika ventiler är monterade från fabrik, vilket på plats spar en hel del monterings- och drifttid. Det garanterar dessutom att allt hamnar på rätt ställe.

Drivpaketet (se **Bild 4.5**, nedan) ska på den varma sidan ha en manuell avluftare samt en avstängningsventil. På den kalla sidan efter värmeväxlaren ska cirkulationspumpen vara placerad samt en backventil som förhindrar själv-cirkulation när solfångaren är kall. Vidare ska det finnas påfyllnings- och avtappningsventiler på lägsta punkten före pumpen. Manometer, säkerhetsventil och expansionskärlet ska vara placerade på pumpens trycksida så att het glykol kan föras till expansionskärlet utan att passera genom cirkulationspumpen. Intill expansionskärlet ska det finnas en avstängningsventil och en avtappningsventil så att kärlets förtryck kan kontrolleras och för att kärlet enkelt ska kunna bytas. Systemtrycket kontrolleras med en manometer, som kan förses med elektriska kontaktbleck, om ett över- och undertryckslarm önskas. Dessutom ska termometrar finnas på både kall och varm ledning, så att temperatordifferensen i solkretsen kan läsas av.



### Bild 4.5

I de förmonterade (prefabricerade) drivpaketen ingår de flesta eller alla väsentliga komponenter i systemkretsen som expansionskärlet (1), cirkulationspump (2), säkerhetsventiler (3), backventiler (4), filter (5), med mera. På bilden är även ett påfyllnings- och uppsamlingskärlet (6) monterat och som också används för att lufta ur kretsen vid drifttagning. Det är viktigt att backventilen skyddar cirkulationspumpen från höga temperaturer vid kokning i solfångaren. För att kunna kontrollera förtryck och drifttryck utan att tappa av systemet ska avstängningsventiler (7) placeras vid expansionskärlet enligt figuren. **Ingående komponenter och dess placering enligt denna figur gäller för att uppnå bästa möjliga funktion i system med partiell förångning (avsnitt 4.4.1, sida 43).**

### 4.3.1 Reglercentral – styrning

Solvärmesystemet styrs av en differensautomatik. Det vill säga en reglercentral som jämför två temperaturer och ger start- respektive stoppfunktion i förhållande till en förinställd temperaturdifferens mellan solfångare och värmelagret. I de enklaste styrfunktionerna startar solvärmesystemet vid en temperaturdifferens på 5 °C och systemet stänger av vid en differens på cirka 2 °C. De förinställda temperaturerna kan variera mellan olika fabrikat.

Reglercentralen ska också skydda ackumulatortanken för överhettning och se till att cirkulationspumpen inte återstartar när solfångarna befinner sig i stagnation (vid tillämpning av partiell förångning enligt avsnitt 4.4.1, sida 42). Detta innebär att cirkulationspumpen måste stoppas om temperaturen i värmelagrets topp är högre än cirka 95 °C (använd inte solfångarreferensgivaren i botten, då det kan vara betydligt varmare i tankens topp). Pumpen får inte heller starta om temperaturen i solfångaren (GT1) överstiger 120 °C, då den partiella förångningen kan ha påbörjats.

#### Tänk på

Det är viktigt att temperaturgivarna anger en så exakt temperatur som möjligt. Dykrör i så väl ackumulatortanken som solfångaren är alltid att föredra. Givaren vid solfångaren är utsatt för stora påfrestningar, bland annat stora temperaturvariationer och bör därför vara lättåtkomlig för eventuellt servicebehov. Felaktigt monterade givare är en av de vanligaste orsakerna till bristfälligt fungerande solvärmesystem. Det är också så att temperaturangivelsen sällan blir korrekt förrän cirkulationspumpen är satt i drift. Givaren bör inte vara monterad utanför solfångarramen (på anslutningsröret), eftersom den då inte känner av temperaturen i solfångaren. Partiell skuggning eller om givaren sitter nära ett hörn i solfångaren kan också vara orsaker till att givaren inte mäter rätt temperatur (temperaturen i solfångaren är ofta mycket lägre mot kanterna där givaren är placerad) [40].

#### Tips

Det finns styrsystem som provar att starta cirkulationspumpen kortvarigt och om temperaturen i solfångar-toppen stiger tillräckligt fortsätter cirkulationspumpen att gå. Det här är en metod för att kompensera när temperaturgivaren inte mäter korrekt temperatur [40]. Den här typen av styrsystem kan användas i kretsar med extern plattvärmväxlare. Då startas inte cirkulationspumpen på tanksidan förrän värmväxlaren har värmts upp tillräckligt. Alternativt kompletteras systemet med en by-passventil, som ställer om flödet om temperaturen är för låg. Om en yttre värmväxlare används måste det finnas någon typ av frysskydd för värmväxlaren.

Reglercentralerna har i allmänhet en temperaturdisplay där givarnas temperaturer kan avläsas. Dessa mätvärden är inte bara intressant information utan ger också en möjlighet att kontrollera anläggningens funktion och att kretsen har den temperaturhöjning som leverantörerna rekommenderar.

#### Tänk på

Stäng alltid av strömförsörjningen till drivpaketet (alternativt reglercentralen och cirkulationspumpen) innan arbete med komponenterna inleds. Se till att reglercentralen inte monteras på en yta som blir för varm. Det finns reglercentraler som tål maximalt 40 °C. **Följ alltid anvisningarna från leverantören.**

Alla reglercentraler måste ha en funktion som förhindrar överhettning av ackumulatortanken. Med en tredje givare placerad i värmelagrets topp kan reglercentralen till exempel stoppa solkretsen när en viss förinställd temperatur uppnåtts i värmelagret. Referensgivaren i tankens botten ska inte användas som överhettningsskydd då temperaturskiktningen i tanken (speciellt i lågflödessystem med utdragen solslinga eller plattvärmväxlare) kan medföra att temperatu-

ren i tankens topp är betydligt högre än i botten. Tillåten maxtemperatur beror på tankkonstruktion och isoleringens temperaturlåthet men bör normalt inte överstiga 90 - 95 °C.

#### Tips

Signalkabeln till givaren dras enklast tillsammans med rörledningarna till och från solfångarna. Kabeln bör vara utbytbar och helst oskarvad i hela sin längd. Det är inte ovanligt att gnagare och andra djur gör åverkan, som kan påverka signalen och ge fel mätvärde. Skarvas kabeln finns det risk att oxidation uppstår vilket också kan påverka mätvärdet.

Under senare år erbjuder allt fler leverantörer multifunktionella reglercentraler. Dessa enheter kan till exempel varvtalsreglera cirkulationspumpen. Varvtalsstyrningen gör det möjligt att mer exakt styra temperaturhöjningen i kretsen. Den bör användas med en utdragen värmeväxlare eller plattvärmväxlare, som möjliggör en exakt styrd temperaturinlagring i ackumulatortanken. Den här typen av reglercentraler kan också dokumentera driftstatistik såsom drifttid (per dygn, månad och år), effekt- och värmedata för anläggningen. Informationen gör det enkelt att konstatera om anläggningen går som det är tänkt.

### 4.3.2 Cirkulationspump

Cirkulationspumpen i solkretsen flyttar värmen i solfångarna till värmelagret och styrs via reglercentralen. Vissa leverantörer använder sig av varvtalsreglerade pumpar för att anpassa flödet i solkretsen och därmed inloppstemperaturen.

Tryckfallet i solkretsen (eller lyfthöjden för dränerande system) är tillsammans med önskat flöde dimensionerande för val av pumpstorlek. Cirkulationspumpens kapacitet är avgörande för att erhålla korrekt flöde i solkretsen. I samband med val av cirkulationspump måste det också bestämmas hur solfångarna ska sammankopplas på taket och vilken rördimension som ska användas, då detta är avgörande för tryckfallet.

#### Driftkostnad

Om en solvärmeanläggning har en cirkulationspump med 40 W effekt och på ett år går 1 700 drifttimmar blir den årliga driftkostnaden drygt 100 kr (vid elpris på 1,50 kr per kWh).

Pumpeffekterna ligger i allmänhet mellan 30 och 80 W, vilket gör att driftenergin på årsbasis blir väldigt låg, speciellt i förhållande till levererad värmemängd. Normalt är tryckfallet i en solkrets högt i förhållande till flödet. Det är inte ovanligt att tryckfallen hamnar mellan 50 och 100 kPa (kiloPascal). Det finns speciella cirkulationspumpar för solvärmesystem som levererar högre tryck och lägre flöde med motoreffekter mellan 30 och 150 W. För större solvärmeprojekt måste en beräkning göras av flöde och tryckuppsättningsbehov för varje enskild anläggning.

#### Tips

Ny pumpteknik är under utveckling och det går att hitta cirkulationspumpar som ligger i betydligt lägre effektspann (lägre än 10 W). Dessa nya cirkulationspumpar klarar emellertid endast låga tryckfall, vilket normalt inte är tillräckligt för solvärmesystem. Det gäller att noga kontrollera vilket tryckfall och flöde som är aktuellt och dimensionera cirkulationspumpen efter detta.

Det är viktigt att cirkulationspumpen är avpassad för de speciella förutsättningar som gäller för solvärmesystem. I första hand att den klarar värmebärarens kemiska egenskaper och de

temperaturnivåer och tryck som är aktuella. För att skydda cirkulationspumpen mot höga temperaturer ska den alltid placeras på den kalla rörledningen efter värmeväxlaren. De flesta solvärmeleverantörerna har i sitt sortiment cirkulationspumpar, som klarar de krav som blir aktuella.

### 4.3.3 Backventil – magnetventil

För att motverka självcirkulation i solkretsen används normalt en backventil. I system som tillämpar partiell förångning monteras normalt backventilen efter cirkulationspumpen för att skydda denna mot höga temperaturer och före expansionskärlet så att värmebäraren i solfångarna kan tränga ner i expansionskärlet vid kokning i solfångaren [16, 39, 55]. Se vidare om komponenternas placering i **Bild 4.5, sida 35** och om partiell förångning i **avsnitt 4.4.1, sida 42**.

#### Självcirkulation

Självcirkulation uppstår när värmelagret har en högre temperatur än solfångarna. Den högre temperaturen ger lägre densitet varpå mediet blir lättare och vill stiga uppåt och trycker då ner vätskan med den lägre temperaturen i solfångarna till värmeväxlaren i ackumulatortanken. Det här fenomenet uppstår i första hand nattetid då ackumulatortanken är varm och solfångarna är kalla. Det är ganska enkelt att kontrollera självcirkulationen genom reglercentralens temperaturdisplay. Temperaturen i solfångarna ska nattetid överensstämma med utomhustemperaturen (tänk på att det kan ta flera timmar för solfångarna att svalna av efter att de varit i drift).

Generellt används fjäderbelastade backventiler. Det är viktigt att dessa är anpassade för att klara den värmebärare som används och de tryck och temperaturer som är aktuella.

**Följ alltid leverantörernas rekommendationer.**

### 4.3.4 Flödesmätare

Flödet i en solvärmeanläggning är normalt inte kritiskt och kan variera relativt kraftigt med temperaturen i kretsen. I allmänhet används en flödesmätare för att kontrollera att flödet i solkretsen överensstämmer med den som rekommenderas. Det är vanligtvis enkla fjäderbelastade konstruktioner med ett synglas. I de allra flesta fabriksmonterade drivpaket för mindre villasolvärmsystem finns en flödesmätare. Den visar inte flödet exakt men tillräckligt noga för de allra flesta systemen. Finns ingen flödesmätare kan rekommenderat flöde uppskattas genom att iaktta temperaturhöjningen i solkretsen (en solig dag mitt på dagen). Genom att justera pumphastigheten kan sedan det rekommenderade flödet eller temperaturhöjningen erhållas.

Högflödessystem med kompakt solslinga i tankens botten ska ha en temperaturhöjning på 5 till 15 °C vid full solinstrålning. Lågflödessystem kan ha en temperaturhöjning på upp till 30 - 40 °C om skiktad inladdning till tanken tillämpas (tank med utdragen slinga, ventiler som styr skiktning eller annan skiktning/främjande anordning). I speciella lågflödessystem med höga krav på rätt flöde kan en injusteringsventil vara nödvändig för att säkerställa den flödesanpassning som föreskrivs.



Om en yttre värmeväxlare används måste flödet i kretsen mellan växlaren och tanken kontrolleras och eventuellt strypas så att flödet blir lika som i solkretsen. För hög flödes hastighet kan slå sönder skiktningen i tanken. Flödet i mellankretsen bör vara lika med flödet i solvärmekretsen eller något högre. Det är lämpligt med fyra termometrar runt värmeväxlaren, en på varje anslutning. När temperaturhöjningen är lika stor i båda kretsarna är den väl injusterad. Växlarens kapacitet kontrolleras bäst om de båda kalla temperaturerna jämförs. Skillnaden bör inte vara mer än ett par grader vid maximal belastning.

#### 4.3.5 Balansering av flödet

Vid större system, med flera parallella delkretsar med solfångare, bör delkretsarna vara helt lika och rören mellan dem relativt stora. Har man möjlighet kan tryckfallen i varje delkrets beräknas och om tryckfallet mellan den första och sista delkretsen är under 10 % av en delkrets tryckfall behövs i allmänhet inga andra åtgärder. Är man osäker kan rören förläggas så att sträckorna till och från varje delkrets blir lika långt (Tichelmann system). Injusteringsventiler bör inte användas då injustering är svår och då ventilerna löper stor risk att skadas vid stagnation. Dessutom kan de försvåra kravet på oavstängbar förbindelse mellan solfångare och säkerhetsventil. ***Det får absolut inte placeras en avstängningsventil eller injusteringsventil mellan solfångarna och säkerhetsventilen.***

##### Tänk på

Det är inte tillåtet att ha avstängningsmöjlighet mellan solfångaren och säkerhetsventilen.

##### Värmeproduktion - prestanda

Är flödet känt kan man med hjälp av temperaturhöjningen i solkretsen räkna ut anläggningens värmeproduktion (levererad värmeeffekt).

$$P = \rho \cdot c_p \cdot \dot{V} \cdot (T_v - T_k)$$

Där

P                    effekt (W)

$\dot{V}$                   volymflöde genom solfångaren (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$                     densitet vätska (kg/m<sup>3</sup>)  $\approx$  1 000 kg/m<sup>3</sup> för glykol

$c_p$                   värmekapacitet vätska (J/(kg·K))  $\approx$  3 700 J/(kg·K) för glykol och  $\approx$  4 200 J/(kg·K) för vatten

$T_v$                   temperatur från solfångaren (varm ledning) (°C)

$T_k$                   temperatur till solfångaren (kall ledning) (°C)

#### 4.3.6 Expansionskärl

Värmebärarens volymökning i samband med stigande temperatur i solkretsen tas upp i ett expansionskärl, som också ser till att hålla det arbetstryck som rekommenderas i solkretsen. Storleken (volymen) på expansionskärlet dimensioneras efter vätskevolymen i solkretsen (framför allt solfångarnas) och de temperaturvariationer som är aktuella. Hänsyn till vilken typ av värmebärare som används ska också tas.

Expansionskärlet bör vara placerat i en rörledning med avstängningsmöjlighet mot solfångarna enligt **Bild 4.5, sida 35**. Det ska också finnas en manometer, som visar systemets aktuella arbetstryck. Expansionskärlets förtryck kan behöva justeras men ska enkelt kunna kontrolleras genom en avstängningsventil och en avtappningsventil nära expansionskärlet. Förtrycket kan bara kontrolleras om systemets arbetstryck är eliminerat. Det är lämpligt att expansionskärlets förtryck anges tydligt på expansionskärlet. Det ska också finnas minst en säkerhetsventil utan avstängningsmöjlighet mot solfångaren (det är ett krav i en sluten krets) med en spilledning till ett uppsamlingskärlet. I många fall är detta förmonterat från fabrik. Det är viktigt att solfångarna har expansionsmöjlighet och att det inte finns några avstängningsmöjligheter eller backventiler mellan solfångaren och fram till säkerhetsventilen. För dimensionering av kärlet i system med partiell förångning hänvisas till **avsnitt 4.4.1, sida 42**.

#### **Tänk på**

Finns det två stycken avstängningsventiler på solkretsen, så att en av delarna kan stängas av mot expansionskärlet, bör det finnas en säkerhetsventil på varje sida av avstängningsventilerna. **Det måste finnas två säkerhetsventiler om anläggningen finns i en byggnad med anställd personal.**

#### **Dränerande system**

I Sverige är det relativt ovanligt med dränerande system. I den typen av systemlösningar används ett dräneringskärlet för att samla upp värmebäraren när systemet inte är i drift. Dräneringskärlet tar också upp volymökningen i solkretsen när temperaturen stiger, med samma funktion som ett expansionskärlet. Även dränerande system behöver en säkerhetsventil vid eventuellt övertryck i kretsen.

Som en följd av solkretsens varierande temperaturer måste expansionskärlet anpassas till detta. Solkretsens överhettningsskydd bör ske med hjälp av så kallad partiell förångning (se **avsnitt 4.4.1, sida 42**).

### **4.3.7 Säkerhetsventil**

Det finns olika teorier om vilket öppningstryck som är lämpligt i ett solvärmesystem. I många fall används en 6 bars säkerhetsventil för att säkerställa att trycket och därmed temperaturen då vätska fortfarande finns kvar i solfångaren inte blir för högt. Om en säkerhetsventil med högre öppningstryck används måste en kontroll göras hur högt tryck det blir när solvärmesystemet går i partiell förångning. Om fyllnadstrycket blir för högt kan förångningen av solvärmebäraren ske vid för hög temperatur vilket kan skada glykolen. Trycket ska vara avpassat så att glykolen börjar koka strax över 120 °C och solfångarna bör vara helt tömda på vätska vid 140–150 °C. Dimensionering av förtryck och expansionsvolym kan göras med hjälp av ett Excel-verktyg, se **Bild 4.6, sida 43**.

#### **Tänk på**

Metod för överhettningsskydd måste väljas och utformas med omsorg så att inte driftsproblem uppstår i anläggningen. Se **avsnitt om partiell förångning, avsnitt 4.4.1 sida 42**.

Tidigare dimensionerades solvärmesystem i Sverige med förhållandevis höga tryck (9 bar). Vid arbetstryck i de här nivåerna är avsikten att kokningstemperaturen höjs över solfångarnas stagnationstemperatur.

I systemlösningar med lägre arbetstryck och där kokskyddet sker med så kallad partiell förångning rekommenderas lägre öppningstryck i säkerhetsventilen (upp till 6 bar). Systemet har då ett lägre drifttryck så att kokning kan ske, vilket gör att ånga samlas i solfångaren vid stagnation och vätskan samlas upp i ett större expansionskärl.

I de fall höga tryck tillåts (och därmed höga temperaturer) kan det påverka värmebäraren negativt. Glykolblandningar kan sönderfalla och leda till att fryspunkten förändras och att det kan uppstå igensättningar i systemet. Det gäller också att vara uppmärksam på att alla ingående komponenter i solkretsen tål de tryck som kan bli aktuella.

#### Tänk på

Dra alltid en spilledning från säkerhetsventilen till ett uppsamlingskärl. Värmebäraren kan vara både miljö- och hälsovadlig och får inte tömmas ut i avlopp eller golvbrunnar. Om något går fel och säkerhetsventilen öppnar ska värmebäraren (som både kan uppträda som vätska och ånga) kunna samlas upp på ett kontrollerat sätt! Uppsamlingskärlet får inte vara för tätt. Luft som finns i kärlet ska kunna försvinna snabbt om säkerhetsventilen öppnar.

## 4.4 Övertemperaturskydd

Solfångarnas stagnationstemperatur ligger långt över vattens (eller den glykolblandade värmebärarens) kokpunkt vid atmosfärstryck. Solvärmesystemets kokpunkt varierar beroende på vilket systemtryck som är aktuellt och vilken typ av värmebärare som används.

#### Kokpunkt vid olika arbetstryck för vatten och propylenglykol

Glykolkoncentration	Kokpunkt vid övertäck			
	0 bar	3 bar	6 bar	9 bar
0 %	100 °C	144 °C	165 °C	180 °C
30 %	103 °C	146 °C	167 °C	180 °C
40 %	104 °C	148 °C	169 °C	183 °C
50 %	106 °C	149 °C	171 °C	185 °C

Det finns olika sätt att skydda värmebäraren i solkretsen vid överhettning av solfångaren. Mindre vanligt i Sverige är att dränera solfångarna när cirkulationspumpen stannar. Fördelen med detta är att vanligt vatten kan användas, men om systemet inte dräneras fullständigt är risken för sönderfrysning stor. Det går också att använda värmebärare som har en kokpunkt som ligger över solfångarnas stagnationstemperatur (till exempel en speciell (*sol*)olja) men detta är idag också relativt ovanligt eftersom det kan vara stora problem med att få systemet tätt och att oljan kan ha beståndsdelar, som avger en brandfarlig gas. Längre har det vanligaste sättet i Sverige varit att bemästra förångningsrisken genom att öka arbetstrycket i solkretsen till upp mot 9 bar så att kokpunkten hamnar på cirka 185 °C. En temperaturnivå som ligger över de flesta plana solfångares stagnationstemperatur.

Effektivare solfångare med ännu högre stagnationstemperatur och problem med glykolnedbrytning har tvingat fram andra metoder som partiell förångning [16, 39, 55].

#### 4.4.1 Partiell förångning

Vid partiell förångning överdimensioneras volymen i expansionskärlet och anpassas efter den volym som krävs när värmebäraren i solfångarna förångas. Ångbildningen i solfångarna pressar ut värmebäraren i expansionskärlet och genom detta tillåts en delvis förångning av kretsen. När solfångarna svalnar kondenseras ångan och en återfyllning från expansionskärlet sker automatiskt. Partiell förångning ställer krav på att reglercentralen blockerar pumpen, när solfångartemperaturen överstiger cirka 120 °C och det finns risk för att värmebäraren förångas i solfångarna (se avsnitt 4.3.1, sida 36).

Det som rekommenderas från de flesta studier [16, 39] är, att solfångarna ska tömmas på vätska via den kalla ledningen. Om solkretsen designas som om det vore ett dränerande system kommer ånga att samlas i toppen på solfångarna och vätskan tryckas tillbaka till expansionskärlet via den kalla ledningen. Expansionskärlet placeras efter cirkulationspumpen och den skyddas från den varma vätskan genom att backventilen placeras mellan kärlet och pumpen. Nackdelen är att expansionskärlet sitter på pumpens trycksida, vilket ökar risken för kavitation (lokal kokning i pumpen). Av denna anledning bör pumpens lyfthöjd inte vara högre än kretsens arbetstryck. Arbetstrycket kan ses som expansionskärlets förtryck plus en marginal så att arbetstrycket aldrig blir lägre än förtrycket. Det lägsta trycket kan uppträda högst upp, vid solfångarna eller på pumpens sug sida beroende på tryckfall och höjdskillnad.

#### *Tömningsegenskaper*

Solfångare och rörsystem bör utformas, så att hela solfångarfältet om eller när det hamnar i kokning, snabbt töms på vätska. Det underlättar både avluftning i samband med påfyllning och tömningen vid partiell förångning. Då det normalt börjar koka lokalt högt upp i solfångarkretsen (lägre tryck), ska solfångaren snabbt tömmas på vätska och vätskan ska snabbt tryckas ner i expansionskärlet. Solfångarens tömningsegenskaper får stor inverkan på kärlestorleken och om en kylare behövs före expansionskärlet. Den grundläggande regeln är, att om solfångarfältet och rördragningen är så utformad, att den skulle kunna fungera som ett dränerande system, har systemet goda tömningsegenskaper.

#### *Dimensionering*

En enkel tumregel är, att expansionskärlet bör ha tre till fyra gånger så stor vätskevolym som den som ryms i solfångarna. Dock påverkas volymen av många faktorer, till exempel höjdskillnaden mellan kärlet och solfångaren, solfångarnas tömningsegenskaper, volymen i det övriga systemet, etcetera. För att kunna ta hänsyn till dessa faktorer vid dimensionering av expansionskärlet har ett nytt Excel-verktyg utvecklats (se **Bild 4.6**, nästa sida). Det kan laddas ner från bland annat **Region Gävleborgs hemsida:**

[www.regiongavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html](http://www.regiongavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html)

Kärlvolymen beräknas med hänsyn till systemvolym, solfångarfältets tömningsegenskaper samt höjdskillnaden mellan solfångare och expansionskärl. Dessutom beräknas förtrycket, påfyllnadstrycket och eventuellt behov av kylfläns innan expansionskärlet kontrolleras med hjälp av Excel-verktyget.

**Tänk på**

Vid systemlösningar med partiell förångning måste värmebärare klara dessa temperaturstegringar utan att ta skada eller sönderdelas. Glykolen måste alltså vara speciellt framtagen för att användas i system med partiell förångning. I första hand bör solfångarna monteras med en gemensam lägsta punkt. Sedan är det bra, men inte nödvändigt om rördragningen i solkretsen monteras fallande i hela sin längd utan nedhängningar (u-formade). Anslutningen till expansionskärlet måste vara riktad uppåt för att skydda gummimembranet från höga temperaturer. Det gäller att välja solfångare med en internkoppling av absorbatoren, som gör det enkelt för ångan att trycka ut värmebäraren vid stagnation. Det är med andra ord många parametrar att ta hänsyn till när solkretsen ska anpassas för partiell förångning. Genom att montera solfångarna som i ett dränerande system, blir systemet också bra för partiell förångning.

Dimensionering av expansionskärlet och trycksättning av systemet	
<b>INDATA</b>	<b>Objekt</b> Test
<b>Solfångarfältet</b>	<b>Datum</b> 2012-02-17
Tömningssegenskaper av fältet.	mycket bra
Solfångartyp	Plan, normal prestanda (~410 kWh/m <sup>2</sup> )
Referensarea/modul	2,5 m <sup>2</sup>
Vätskevolym/modul	1,8 liter
Antal moduler	4
	Area 10 m <sup>2</sup>
<b>Solfångarkretsen</b>	
Totalrörlängd utanför solfångarna (inkl. fram och retur)	25 m
Rördimension	Cu 15 x 1
Värmeförluster från rören (vid ångtemperaturen)	25 W/m
Volym av värmeväxlaren	4,0 liter
Höjdskillnad högsta punkt av kretsen till exp. kärlet	10,0 m
<b>RESULTAT</b>	
Minimum nominell storlek för exp. kärlet	22,6 liter
Förtryck i expansionskärlet	1,5 bar
Påfyllningstryck i systemet	2,0 bar
Öppningstryck säkerhetsventil	6,0 bar
Max. drift temperatur (inställning reglerenhet)	115 grader
Behov av kylning strax innan exp.kärlet	0 W

**Bild 4.6**

Ett Excel-verktyg för dimensionering av expansionskärlet i system med partiell förångning har tagits fram inom projekten SWX-Energi, Intelligent Energy Europe och Combisol och kan bland annat laddas ner från: [www.regionavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html](http://www.regionavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html) (Rapport nr 40)

## 4.5 Värmebärare

Solfångarnas värmeomvandling transporteras med hjälp av en värmebärare ner till en ackumulatortank, varmvattenberedare eller annat värmelager. I allmänhet används olika typer av glykolblandningar som värmebärare i solvärmesystem (undvik etylenglykol, som används i bilar). Etylenglykol har inte lämpliga förutsättningar för den här typen av användningsområde. Det finns också olika typer av brinevätskor (bestående av vatten, salter och organiska ämnen) men de är ovanliga i de här sammanhangen. Värmebäraren ska klara frysgrader och de höga temperaturer som kan uppstå i systemet. Det får inte finnas några ämnen i värmebäraren, som kan förångas och bli en brandrisk.

I system med partiell förångning måste speciellt utvecklade glykoler användas så att inte inhibitorerna blir kvar i solfångaren när glykolen förångas. Samtliga komponenter i systemet måste anpassas till varandra för längsta livslängd och minsta skaderisk. Generellt används någon form av färdigblandad propylenglykol särskilt framtagna för solvärmesystem. Den innehåller någon form av korrosionshämmande (inhibitorer) medel.

#### Glykol

Det krävs speciella typer av glykolblandningar i systemlösningar med partiell förångning. De ska klara att förångas utan att lämna rester i solfångaren. **Säkerställ kraven med leverantören.**

#### Tänk på

Etylenglykol, som företrädesvis används i bilkylare, ska inte användas i solvärmesystem.

#### Tänk på

Följ noga de säkerhetsanvisningar som gäller för aktuell värmebärare. Det kan till exempel vara lämpligt att ha både skyddshandskar och skyddsglasögon för att undvika fysiska skador vid påfyllning och urluftning av systemet.

#### Tips

Värmebärarens frysegenskaper bör kontrolleras inför varje vintersäsong. En vanlig densitetsmätare för bilkylarglykol kan användas. Regelbundet (vart tredje till femte år) bör värmebärarens status kontrolleras med en kemisk analys för att förebygga igensättning av rören och risk för korrosion i kretsen.

Detta kan ske genom att använda lackmuspapper för att kontrollera pH-värdet. Det bör vara neutralt, det vill säga omkring 7.

#### Tänk på

Glykol och brinevätskor ska betraktas som miljöfarligt avfall och omhändertas enligt de föreskrifter som gäller. Information om omhändertagande ges i allmänhet av kommunens återvinningscentral.

## 4.6 Påfyllning och avtappning

Vid påfyllning används den av leverantören rekommenderade värmebäraren. Generellt finns rekommendationer och anvisningar hur påfyllningen ska gå till. För att underlätta påfyllning och luftning bör drivpaketet vara utformat enligt **Bild 4.7, sidan 45**. Det är viktigt att solvärmeanläggningen inte tas i drift under solsken. Under starkt solsken är absorbatoren i solfångaren väldigt varm, vilket innebär att värmebäraren förångas i samma takt som den fylls på. Det kan också uppstå tryckstötter i samband med förångningen vilket kan göra påfyllningen riskabel. Var aktsam för att undvika materiella och fysiska skador.

I system som tillämpar partiell förångning är rätt förtryck och fyllnadstryck extra viktigt, eftersom det påverkar temperaturnivån som glykolen utsätts för. Kontrollen av fyllnadstrycket utförs genom att stänga ventilen mellan kärlet och systemet och släppa ut vätskan ur expansionskärlet. Kärlets förtryck (gasttryck) mäts med en lufttrycksmätare.

#### Märkskylt

Det är lämpligt att placera en märkskylt vid påfyllningskärlet. Den ska ange beräknat förtryck och fyllnadstryck, vilken värmebärare som använts och hur stor volym kretsen rymmer samt datum för påfyllningen.

I de flesta fall används samma uppsamlingskär för påfyllning och avtappning. Till uppsamlingskärlet ska en spilledning från säkerhetsventilen (-erna) dras.

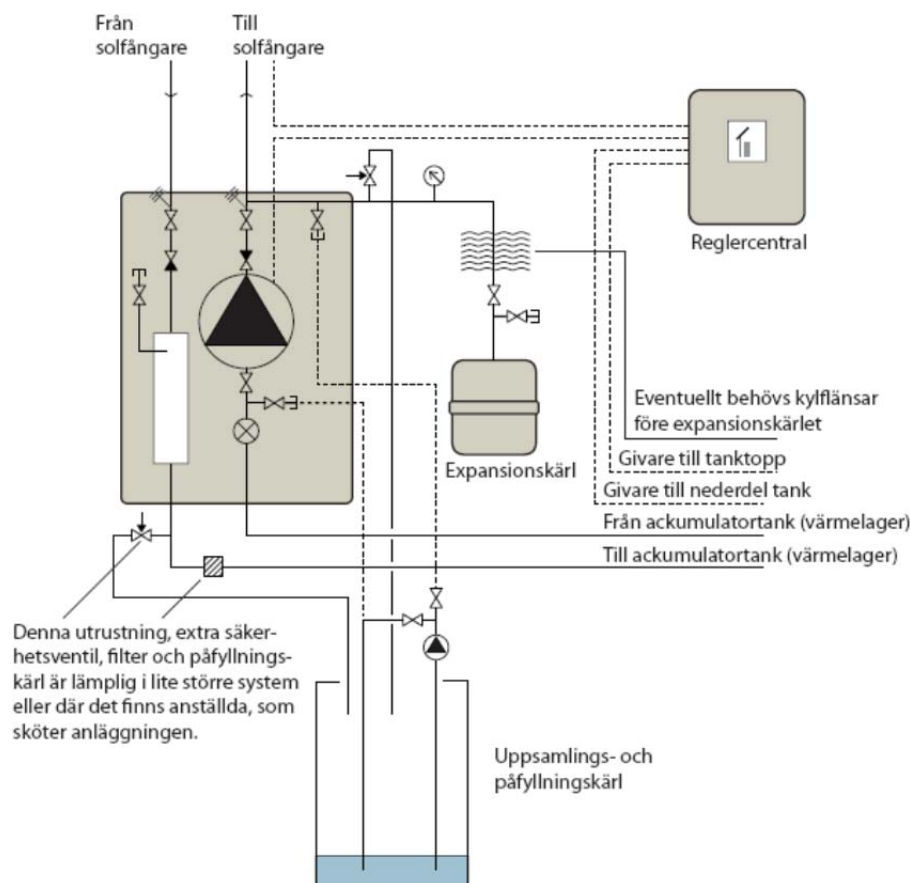
#### Tips

För att få bort lödresten och andra fasta föroreningar som kan påverka flödet bör solkretsen spolras före påfyllning (förslagsvis med samma typ av värmebärare som sedan ska användas).

Normalt används en separat påfyllningspump som kopplas in mot den avtappningsventil som sitter på kretsens lägsta punkt. Genom att cirkulera värmebäraren i påfyllningskärlet blir det enklare att lufta ur systemet. En enkel tumregel är att om flödes hastigheten är minst 0,5 m/s följer luften i solfångaren med ner till laddkopplet för rör med innerdiameter upp till 26 mm och en avluftningsventil vid solfångaren kan därmed undvikas [67].

#### Tips

Det kan vara en fördel att använda en höghastighetspump vid påfyllningen. Det underlättar påfyllningen och drifttagningen samtidigt som det blir enklare att lufta ur anläggningen.



#### Bild 4.7

Till många av de prefabricerade drivpaketen finns ett förberett påfyllningssystem och ventiler för avtappning. I ett uppsamlings- och påfyllningskär kan en påfyllningspump förmonteras för att kunna användas vid påfyllning eller återfyllning. Genom att kunna köra solkretsen genom påfyllningskärlet blir avluftningen av kretsen betydligt enklare. Det är viktigt att uppsamlingskärlet har tillräcklig volym för att ta upp den förångning som kan ske samt är anpassat för värmebäraren och de temperaturer som är aktuella.

Själva påfyllningen kan gå till på lite olika sätt. Vanligtvis trycks värmebäraren med hjälp av en separat påfyllnadspump genom hela kretsen tillbaka till uppsamlingskärlet där en andra ventil hålls öppen. Det gäller att ha tillräckligt med värmebärare i kärlet så att inte pumpen suger luft. När värmebäraren kommer i retur till uppsamlingskärlet körs cirkulationen runt under en anvisad tid (till exempel 60 minuter) för att frigöra all luft i värmebäraren. I samband med urluftningen är det viktigt att hålla anvisad vätskenivå i uppsamlingskärlet så att inte luft (luftbubblor) tillförs kretsen. Efter avluftningen fylls vätska på tills det rekommenderade fyllnadstrycket uppnåtts.

#### Tips

Säkerställ att all luft frigörs från värmebäraren. Även små mikrobubblor kan störa flödet i solfångarna. För vissa solfångarkonstruktioner krävs, att värmebäraren cirkulerar upp till 60 minuter genom påfyllningskärlet för att all luft ska frigöras. Ibland måste proceduren upprepas efter några dagars normal drift. I regel går det att höra om det finns luft kvar i systemet. Cirkulationspumpen ska ha en jämn och tyst gång.

#### Tänk på

Undvik avluftning på taket. Det är mer arbetskrävande. Dessutom kan ventiler och annat skadas om solfångarna sätts i stagnation. Kan en flödes hastighet på minst 0,5 m/s säkerställas i solkretsen följer luften med och avluftningen kan därmed placeras vid drivpaketet, vilket underlättar påfyllningen (gäller innerdiameter upp till cirka 26 mm) [67].

## 4.7 Avluftning – injustering

Det är viktigt att solkretsen avluftas korrekt. **Anvisningar för hur detta bäst utförs bör lämnas av leverantören.** Även små mängder luft kan orsaka flödesproblem och påverka utbytet i systemet. Enklast är att lufta genom ett öppet kärl, som solkretsens värmebärare får passera genom. När avluftningen är klar säkerställs det föreskrivna arbetstrycket i kretsen.

#### Tips

Ställ in det rekommenderade (lägsta) arbetstrycket på manometerns fasta visare vid expansionskärlet.

Injustering av anläggningens flöde sker normalt genom att välja hastighet på solkretsens cirkulationspump. ***I de fall anläggningen är varvtalsreglerad sker detta med de anvisningar som leverantören lämnat för reglercentralens funktion.***

Normalt brukar leverantörerna föreskriva en temperaturhöjning på cirka 20 °C i solkretsen vid full solinstrålning. Det vill säga solfångarna ska höja temperaturen i kretsen med ungefär 20 °C vid bra förutsättningar. Detta kan naturligtvis variera mellan olika fabrikat och leverantörer. Är det ett lågflödessystem kan rekommenderad temperaturhöjning ligga på det dubbla (30 – 40 °C). Genom att variera pumphastigheten eller använda en injusteringsventil kan den rekommenderade temperaturhöjningen uppnås.

#### Lågflödessystem

I lågflödessystem rekommenderas lägre flöden (0,15 – 0,20 liter per minut och m<sup>2</sup> solfångare) vilket gör att temperaturökningen i solfångarna hamnar mellan 30 och 40 °C.



## 4.8 Flöde – driftkontroll

Det enklaste sättet att kontrollera flödet är genom en separat flödesmätare. Finns ingen sådan får helt enkelt temperaturökningen genom solfångarna vara vägledande. Under bra förutsättningar, det vill säga bra solinstrålning och normala temperaturförhållanden i värmelagret, ska solfångarna ge den temperaturökning som leverantören angivit. I ordinära system med flöden omkring 0,5 – 0,6 liter per minut och m<sup>2</sup> solfångare ska temperaturökningen ligga omkring 20 °C vid full solinstrålning. I lågflödessystem (0,15 – 0,20 liter per minut och m<sup>2</sup> solfångare) upp till 30 – 40 °C.

Vid normal drift ska cirkulationen i solkretsen gå tyst och jämnt. Arbetstrycket ska vara relativt konstant (kan öka något när solfångarna går upp i temperatur). Täckglasen (oavsett om det är vakuumrör eller plana solfångare) ska **kännas** kalla och vara lika på alla solfångare. En liten temperaturskillnad kan uppstå beroende på var på solfångarna man känner (eller mäter).

I samband med idrifttagningen kan det vara lämpligt att kontrollera reglercentralens funktion. Temperaturgivarna till reglercentralen kan till exempel jämföras med temperaturgivare i ackumulatortank eller vilket värmelager, som nu är aktuellt. Nattetid kan temperaturgivaren i (vid) solfångarna jämföras med en uttermometer. Men det gäller att vänta tills solfångarna svalnat av, vilket kan ta ett par timmar.

Sist men inte minst gäller att säkerställa så att värmelagret ökar i temperatur efter vad som kan förväntas. Detta kan ske enligt nedanstående tipsruta under **avsnitt 4.9. Information om detta och tillvägagångssätt bör tillhandahållas av leverantören.**

## 4.9 Checklista – årlig tillsyn

Det finns en rad tillvägagångssätt att kontrollera solvärmesystemets funktion. **I första hand ska man följa leverantörens anvisningar.** Det första och mest intressanta är om solfångarna tillför den värmemängd som kan förväntas.

Checklistan bör innehålla kontroll av:

- temperaturhöjningen genom solfångarna
- att täckglasen på solfångarna håller en jämn temperatur och är lika mellan solfångarna (vid seriekopplade solfångare ska den sista solfångaren i kretsen vara varmare än den första)
- att det inte förekommer luft i systemet
- att arbetstrycket är konstant och i nivå med vad som är föreskrivet
- att expansionskärllets förtryck är korrekt
- att start- och stoppfunktionen av cirkulationspumpen är normal
- att reglercentralen är intakt och att temperaturgivarna registrerar korrekt temperatur
- temperaturskiktningen av värmelagret
- att isoleringen av rörledningarna är intakt.

Mängden insamlad energi kan beräknas på följande förenklade sätt:

$$W \approx 1,16 \cdot V \cdot (T_v - T_k)$$

där

$W$	Insamlad energimängd (kWh)
$V$	Akkumulatortankens volym (m <sup>3</sup> )
$T_v$	Tankmedeltemperatur då laddning avslutas (°C)
$T_k$	Tankmedeltemperatur innan laddning påbörjas (°C)

Genom ovanstående formel går det att räkna ut värmeförseln i kWh från solfångarna. Genom att under en solig dag undvika värmeuttaget från värmelagret kan värmeförseln räknas fram.

Exempel:  $1,16 \times 0,5 \text{ m}^3 \times 50 \text{ °C}$  (en ökning från 40 °C till 90 °C i en 500 literstank) = 29 kWh

Denna värmemängd kan sedan jämföras med vad solfångaranläggningen bör tillföra under en solig dag.

Räkneexempel:

En bra solfångare bör ge knappt 3 kWh per m<sup>2</sup> och medeldag på sommaren, vilket gör att det en solig dag blir cirka 30 kWh och en mulen dag 0 – 10 kWh/dag för en anläggning med 10 m<sup>2</sup> solfångare.

*Vad gäller den årliga tillsynen ska man även här följa leverantörernas anvisningar noga.*

Vanligtvis ska följande ses över en eller flera gånger per år:

- solfångarnas fastsättning
- att temperaturgivaren vid solfångarna sitter på plats och att inte isoleringen fallit bort
- att arbetstrycket och vätskenivån är i nivå med vad som föreskrivits
- att ingen luft förekommer i kretsen
- kontroll av cirkulationspumpens och reglercentralens funktion
- kontroll av kopplingar, ventiler och skarvar så att inget läckage förekommer
- kontroll av att all isolering av rörledningen är intakt
- vid behov ska smutsfilter och backventiler rengöras
- kontrollera att temperaturökningen i solkretsen och värmelagret följer de anvisningar som angetts
- kontrollera värmebärarens fryspunkt samt kontrollera pH-värdet med lackmuspapper (lämna in ett prov för kemisk analys vart tredje till femte år i större anläggningar).

#### 4.10 Överlämnande av anläggning

En nöjd och kunnig kund är en bra ambassadör för tekniken. Det är med andra ord viktigt att det sker en kunskapsöverföring i samband med överlämnandet av anläggningen.

I första hand är en grundlig genomgång av anläggningens uppbyggnad och funktion att rekommendera. Dels förklara de olika komponenternas funktion men också vad som kan förväntas av anläggningen och vad som krävs i form av årlig översyn för att säkerställa en mångårig och säker funktion.

**Tips**

Det kan ur ett konsumentperspektiv vara en stor fördel att planera in ett återbesök för funktionskontroll efter ett antal månaders drift. Vid det tillfället kan anläggningsägaren få möjlighet att få svar på eventuella frågor.

I samband med överlämnandet bör all dokumentation om anläggningen ställas samman i en pärm.

Innehållet kan variera men bör åtminstone innehålla följande:

- Adressuppgifter till installatör och leverantör av anläggningen.
- Datum för installation och idrifttagande.
- Produktblad på samtliga ingående komponenter.
- Drift- och skötselanvisningar.
- Säkerhetsbestämmelser och särskild uppmärksamhet på vad som ska beaktas vid eventuell olycka eller brand.
- Garantivillkor.
- Adresslista till myndigheter, branschorganisationer och andra av särskild betydelse.



## 5 ACKUMULATORTANKEN

Ett solvärmesystem kräver oftast ett värmelager för att fördela värmen från den tid den omvandlas till den tidpunkt värmen ska användas. Den vanligaste formen av värmelager i ett solvärmesystem är en ackumulatortank eller en varmvattenberedare. Det finns också andra typer av värmelager, typ saltlager (kemiskt lager) eller större varmvattenmagasin för säsongslagrad värme.

En av de stora fördelarna med att utforma ett värmesystem utifrån en ackumulatortank är att det blir ett flexiblere och mindre sårbart system. Med en ackumulatortank blir det också enklare att byta och kombinera olika värmekällor.

### Tänk på

Forskning visar att ackumulatortankens utformning är avgörande för hur effektivt solvärmesystemet blir [32, 31, 45].

Det är viktigt att ackumulatortanken utformas på rätt sätt för att minska värmeförlusterna men också för att maximera värmeutbytet från solvärmesystemet. I det här avsnittet koncentrerar vi oss på den konventionella ackumulatortekniken, som är vanligast i så kallade kombisystem. Kombisystem är en definition på solvärmesystem som utgår ifrån en ackumulatortank och som gör det möjligt att tillföra och distribuera värme på valfritt sätt.

### 5.1 Funktion – utformning

Akkumulatortanken har till uppgift att lagra och växla värme från olika värmekällor till uppvärmning och tappvarmvatten. Ackumulatortankens volym anpassas till de värmekällor som ska anslutas och det värmelagerbehov som råder. Termostatstyrda värmekällor som till exempel pellets pannor eller värmepumpar har egentligen inget behov av ett värmelager. Möjligen går det att försvara en ackumulatortank även för den här typen av värmekällor för att erhålla gynnsammare gångtider (längre, jämnare och med full effekt), men utan solvärme är det risk för att värmeförlusterna ökar [35].

#### Vad styr val av ackumulatortank

Det finns en hel del kriterier att ta hänsyn till vid val av ackumulatortank.

Några av dessa är:

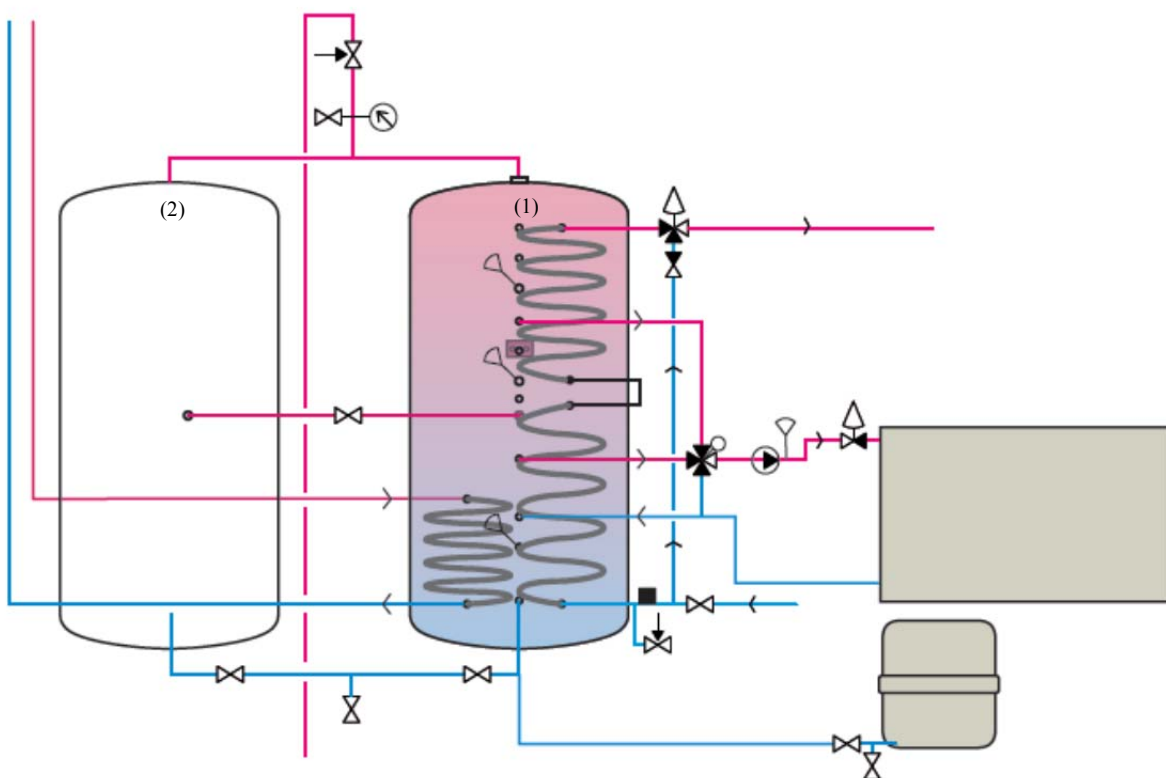
- Vilken är den primära värmekällan (pellets, ved, värmepump, fjärrvärme eller någon annan)?
- Ska olika värmekällor kombineras?
- Vilka effektbehov ska täckas och vilken värmekälla ska klara effekttopparna?
- Hur ska tappvarmvattnet beredas (interna slingor, förrådsberedare, extern tappvarmvattenautomat, på annat sätt)?
- Vilka utrymmen finns tillgängliga för ackumulatortanken?
- Investeringsvilja?

Konstruktioner av ackumulatortankar kan i princip varieras i det oändliga. I de fall det finns utrymme för och behov av volymer på 500 liter är detta den mest kostnadseffektiva volymen. En direktföljd är att 500 liter är den vanligaste standardiserade och serietillverkade storleken.

För solvärmesystem passar standardvolymen på 500 - 750 liter väldigt bra, speciellt i kombination med termostatstyrda pelletspannor (eller vattenmantlade pelletskaminer), kökspannor, vattenmantlade braskaminer och andra eldstäder med lämpliga effektnivåer (<10 kW) och eldstadsvolymer.

#### Tänk på

När solvärme ansluts till stora ackumulatorvolymen (> 1 000 liter) kan värmeöverföringen verka trög på så vis att temperaturhöjningen i tankens överdel tar lång tid. Det behöver inte innebära att solvärmesystemet går dåligt utan är en följd av att en stor vattenvolym ska värmas. Stora volymer får också en större värmeavgivande yta vilket kan öka värmeförlusterna och påverka systemverkningsgraden. Ackumulatortanken bör alltså inte vara för stor, 50 till 100 liter per m<sup>2</sup> solfångare brukar i allmänhet rekommenderas [24].



#### Bild 5.1

*Ett bra sätt att tillgodose såväl solvärmens som vedpannans volymbehov är att dela upp ackumulatorvolymen i två enheter. Solvärmens tillförs en tekniktank (1) som tar emot all värmeproduktion. Därifrån distribueras värmen för rumsuppvärmning och som tappvarmvatten. Slanttanken (2) fungerar som volymökning och anpassas för att tillgodose vedpannans volymbehov. Slanttanken är frånkopplad då solfångarna ensamma täcker värme- och varmvattenbehovet (företrädesvis under sommarhalvåret, 4-6 månader).*

För vedpannor krävs ofta betydligt större ackumulatortanksvolymer än för solvärmesystem. Volymerna beräknas efter bränslepannans topp effekt och eldstadsvolym och med hänsyn till husets dimensionerande värmebehov. Dimensioneringsanvisningar ges bland annat i referenserna [24] och [38]. Ackumulatortanken bör minst kunna ta emot och lagra den värmeomvandling (värmemängd) som uppstår vid ett fullt vedinlägg, vilket innebär att ackumulatortankens volym ska vara minst 18 gånger så stor som eldstadsvolymen. För villasolvärmesystem är det en fördel om man vid behov av större volymer (>1 000 liter) delar upp ackumula-

tortanken i en tekniktank och en slavtank *enligt Bild 5.1*. Generellt delas då volymerna upp i en tekniktank där solvärmens lagras varifrån värmedistributionen sker och tappvarmvattnet bereds och en slavtank (eller flera) som enbart fungerar som volymökning. För att tillgodose vedpannans volymbehov ansluts en eller flera slavtankar. På det här sättet tillgodoses såväl solvärmens volymkrav som vedpannans volymbehov.

För nyproducerade hus med bra värmeprestanda krävs mindre värmestillskott. Det påverkar naturligtvis val av värmesystem. Behovet av ackumulatorvolym minskar och värmekällan måste anpassas efter de effektbehov som är aktuella. Detta påverkar också val av solvärmesystem.

I nyproducerade hus finns i allmänhet inga större utrymmen för värmeutrustningen utan den förväntas att få plats i till exempel ett våtutrymme. Det innebär bland annat att ackumulatortanken måste anpassas till standardiserade byggmått (60 x 60 cm). På denna byggarea är det svårt att inrymma mycket större volymer än 300 – 400 liter. Volymen i sin tur dimensionerar lämplig solfångararea.

### 5.1.1 Temperaturskiktning

Temperaturskiktningen i ackumulatortanken har stor betydelse för värmeutbytet i solfångarna. Det gäller att konstruera ackumulatortanken så att temperaturskiktningen i möjligaste mån främjas. Detta kan till exempel ske genom att växla tappvarmvattnet i flera nivåer i tanken (eller i en utdragen slinga). För solvärmens del är det viktigt att inlagringen sker så långt ner i tanken som möjligt, eftersom växlingen då sker mot lägsta möjliga temperatur.

#### Temperturskiktning

Vid en utpräglad temperaturskiktning bibehåller ackumulatortanken varmt vatten i den övre delen och kallare temperaturer i nederdelen. Det ger förutsättningar för att utnyttja energiinnehållet bättre än om tanktemperaturen blandas upp.

#### Tänk på

En väl temperaturskiktad ackumulatortank klarar lättare de temperaturkrav, som ställs för att uppnå önskad tappvarmvattenkomfort och för att eliminera risken för tillväxt av legionellabakterier. Samtidigt minskar värmeförlusterna och utbytet från solvärmens ökar.

En viktig faktor för temperaturskiktningen är också hur andra värmekällor lagras in och hur värmedistributionen tas ut. Ackumulatortankens värmeläckage har också en inverkan på temperaturskiktningen.

#### Tänk på

Om solfångarna kan arbeta mot en låg temperatur ökar drifttimmarna, det vill säga solkretsen startar tidigare och kan gå längre. Vid lägre drifttemperaturer minskar dessutom värmeförlusterna, vilket förbättrar utbytet ytterligare.

## 5.2 Varmvattenberedning - metoder

*Ett solvärmesystems främsta syfte är att bereda tappvarmvatten under sommarhalvåret.*

Under en period av 4 – 6 månader klarar solvärmen i stort sett hela värmelasten som då huvudsakligen utgörs av varmvattenanvändning. Av det skälet, men också av värmetekniska orsaker, är sättet att bereda tappvarmvatten avgörande för hur bra utbytet blir från solfångarna och vilken nytta solvärmesystemet kan bidra med.

### Tänk på

Solfångare, som förvärmer inkommande kallvatten från till exempel 10 till 20 °C, får en betydligt bättre verkningsgrad än om solvärmen ska förvärma radiatorkretsens retur, som i allmänhet ligger på en högre temperaturnivå (ofta över 30 °C). Av det skälet är det viktigt att returledningen från radiatorkretsen placeras en bit upp i tanken, och att förvärmningsslingan från tappvarmvattnet börjar så lågt som möjligt.

Det viktigaste för ett effektivt utnyttjande av solvärmesystem är att tappvarmvattnet först växlas i botten av ackumulatortanken eller varmvattenberedaren och gärna i flera steg. Genom att först växla i värmelagrets bottenskikt kyls tanken nederdel. Varmvattenberedningen kan sedan dras ut i längd eller göras i flera steg för att säkerställa att önskvärd tappvarmvattentemperatur erhålls. I olika driftlägen, företrädesvis under vinterhalvåret, kan på så vis även låga temperaturer (< 20 °C) från solvärmen användas till förvärmning av inkommande kallvatten. Det gäller att skiktningen i ackumulatortanken hålls i schack. Det är också viktigt att returledningen från radiatorkretsen inte placeras så lågt, att den höjer botten temperaturen.

### Tänk på

Det kan vara olämpligt att ha en alltför kall ackumulatortank eftersom det då, i vissa lägen, kan bli kondens på tankens utsida. Kondensen kan förorsaka rostangrepp på ackumulatortanken. Det finns också en risk för att få kondens i solfångarna om solkretsen långvarigt arbetar med temperaturer lägre än utetemperaturen.

### Forskningsresultat varmvattenberedning

Olika sätt att bereda tappvarmvatten i en 300 liters ackumulatortank har undersökts. Det visade sig att om inte tanktemperaturen skiftas väl med hjälp av varmvattenberedning, kan utbytet och nyttan från solfångarna sjunka med cirka 20 %, jämfört med mer optimalt utformade tankkonstruktioner [43].

### Beredskapsvolym

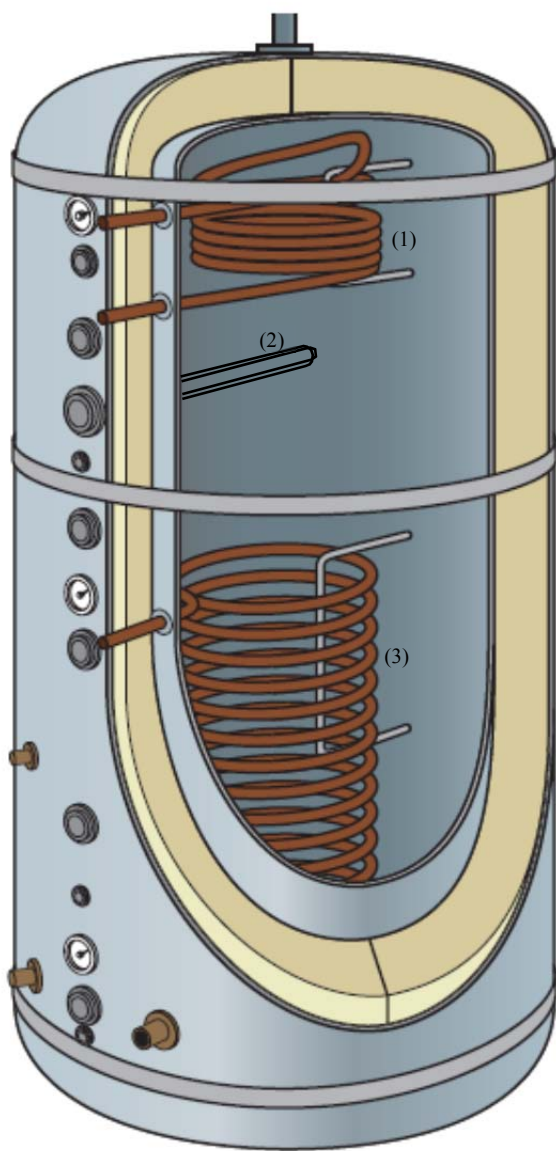
I småhus är effektbehovet för varmvattentappning betydligt högre än för uppvärmning. Av den anledningen måste det alltid finnas en beredskapsvolym för att klara varmvattentappningen (det vill säga den volym som återfinns ovanför elpatronen). Vid en varmvattentappning för att fylla ett badkar kan effektuttaget uppgå till närmare 40 kW. Beredskapsvolymen är den minsta konstant uppvärmda volym, som krävs för att varmvattenbehovet (badkarstappning eller dusch) ska tillgodoses. Till exempel räcker det med cirka 90 liter uppvärmd tappvarmvattenvolym till 60 °C för att kunna tappa upp ett badkar (4,9 kWh), medan det med kamflänsrör kan behövas den tredubbla volymen för att få samma varmvattenkapacitet. *Se avsnitt 6.3, sida 74* för dimensionering av beredskapsvolym.

### 5.2.1 Genomströmningsberedare – kamflänsbatteri

Det vanligaste sättet att bereda tappvarmvatten i en ackumulatortank är att använda sig av kamflänsade (normalt ytförstorade kopparrör) varmvattenbatterier enligt *Bild 5.2, sida 55*. Längden på varmvattenbatterierna dimensioneras efter tappvarmvattenbehovet enligt *avsnitt*



**6.3.3, sida 76.** Generellt vill man ha en så lång slinga som möjligt för att minska temperaturskillnaden mellan tankvattnet och utgående varmvatten. Eftervärmningsslingan i tankens uppvärmda beredskapsvolym ska vara tillräckligt lång för att klara varmvattenbehovet (**Bild 6.2, sida 76**) och förvärmningsslingan ska börja längst ner i tankens botten och vara utsträckt i höjdlängd. Förvärmningsslingan ska börja så långt ner i tanken som möjligt och gärna löpa parallellt med solvärmeslingan [32, 43]. Principen för hur slingorna ska placeras visas i **Bild 5.3, nedan**.



**Bild 5.2**

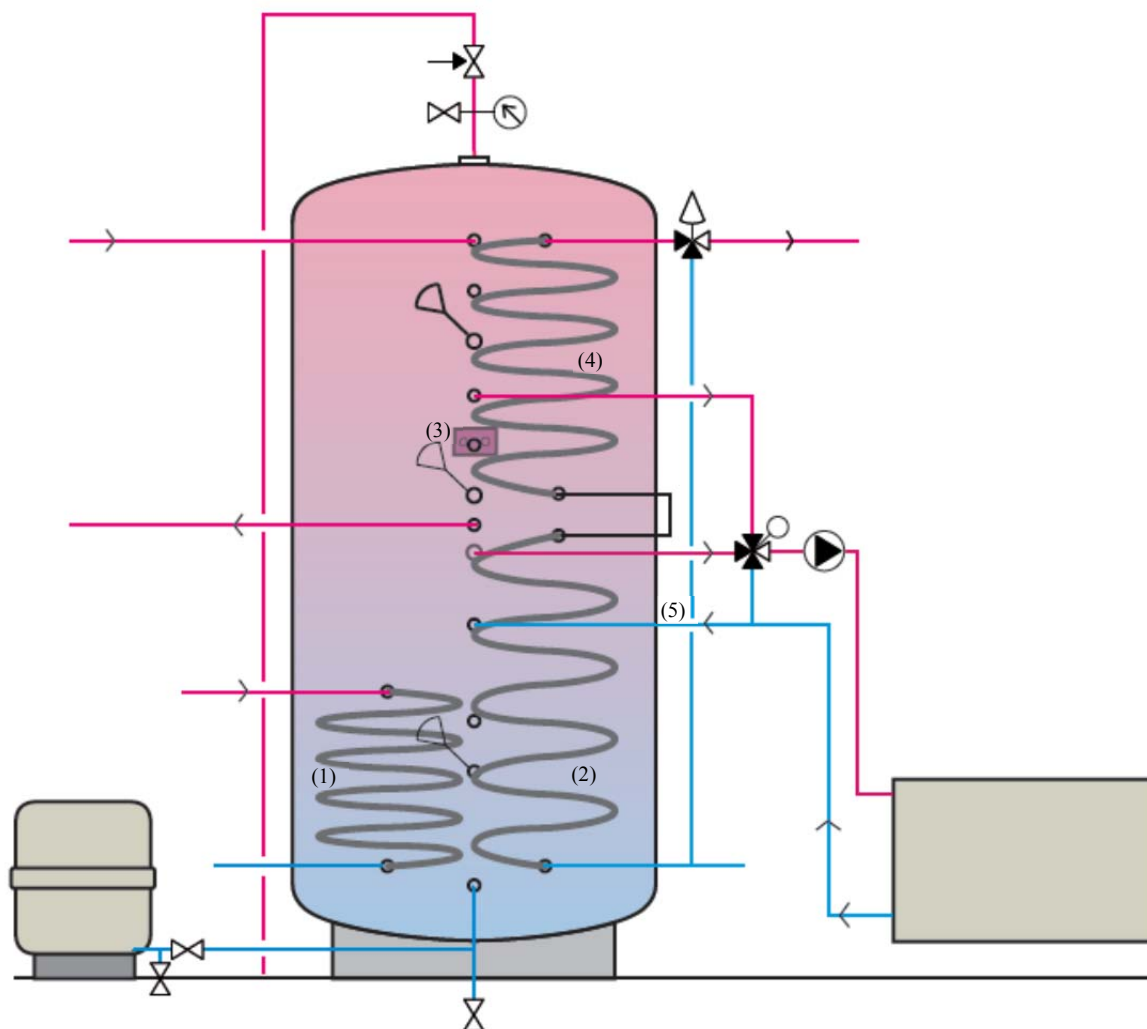
Bilden visar en ackumulatortank med en värmväxlare (1) för tappvarmvatten i toppen av ackumulatortanken. Elpatronen (2) placeras så att volymen ovanför elpatronen avpassa till dimensionerande varmvattenlast (se avsnitt 6.3.3 sidan 76). På så vis värms en begränsad volym av ackumulatortanken, vilket minskar värmeförlusterna, samtidigt som förutsättningarna för temperaturskiktningen förstärks. Värmväxlaren för förvärmningen av tappvarmvattnet (3) sker i en utdragen slinga som ligger parallellt med solvärmeslingan (solvärmeslingan syns inte genom den skärning som är gjord på tanken).

**Tips**

I allmänhet har leverantörerna mer eller mindre standardiserade ackumulatortankar med dimensionerade varmvattenslingor för villabruk.

**Tänk på**

Om stora varmvattenbehov råder eller extrema tappssituationer, som till exempel för ett större bubbelbadkar, uppstår, kan kapaciteten i kamflänsrör vara begränsande. Vid vissa vattenkvaliteter (till exempel kalkrikt vatten) är det inte lämpligt att välja kamflänsbatterier. I dessa fall kan det vara bättre att använda förrådsberedare (Se bild 5.4, sida 57), så kallade *tank i tank* - lösningar.

**Bild 5.3.**

Bilden visar ett exempel på hur varmvattenslingorna bör placeras i en ackumulatortank som är ämnad för solvärme. Notera att solvärmslingan (1) ligger i botten och löper parallellt med förvärmningsslingan (2) för tappvarmvattnet. Varmvattenbatterierna är extremt utdragna vilket antingen kan ske i en längd, eller som på bilden, med två seriekopplade slingor. Slingans längd ovanför elpatronen (3) och uppvärmd volym (beredskapsvolym) kan dimensioneras enligt anvisningar i Bild 6.2, sida 76. Elpatronen är placerad över solvärmslingan och under den övre tappvarmvattenslingan (4). Radiatorkretsens retur (5) placeras en bit upp i tanken för att inte värma tankens botten som kyls av inkommande kallvatten.

**5.2.2 Förrådsberedare - varmvatten**

I vissa fall förordas att tappvarmvattenberedningen sker i en förrådsberedare (se Bild 5.4, nästa sida). Det är framför allt om det är kalkrikt vatten eller om det ställs krav på höga varmvattenflöden under kort tid, till exempel om det finns ett större badkar (bubbelbadkar är



I allmänhet blir den momentana varmvattenkapaciteten större (eller erforderlig beredningsvolym mindre) i en ackumulatortank med förrådsberedare jämfört med att växla tappvarmvattnet i kamflänsbatterier [43]. Nackdelen är att temperaturskiktningen kan försämras, om inte tanken konstrueras på rätt sätt. Antingen ska beredaren vara utsträckt så att den börjar i tankens botten och elpatronen enbart värmer en del av tanken, alternativt ska förvärmningsslinga användas *enligt Bild 5.4, föregående sida* [43].

### 5.2.3 Tappvarmvattenautomat

För att ytterligare gynna temperaturskiktningen i ackumulatortanken kan en så kallad tappvarmvattenautomat användas (*Bild 5.5, nästa sida*). I en tappvarmvattenautomat växlas tappvarmvattnet i en extern plattvärmeväxlare. Mätningar och beräkningar visar att tappvarmvattenautomater har stora möjligheter att förbättra solvärmesystemets prestanda [11, 42, 41]

#### Tänk på

Var uppmärksam på att en tappvarmvattenautomat kan få en försämrad prestanda vid kalkhaltigt vatten. För att förhindra det kan en extra shuntventil monteras. Den begränsar inkommande vattentemperatur från ackumulatortanken till värmeväxlaren till 65 - 70 °C.

Tappvarmvattenautomaten kopplas till en cirkulationspump som från ackumulatortankens (primärsidan) överdel hämtar värme som växlas över till tappvarmvatten och sedan leds returen tillbaka till tankens nederdel. Flödet på primärsidan regleras så att önskad tappvarmvattentemperatur uppnås på sekundärsidan. För att maximera prestandan ska tappvarmvattenautomatens returtemperatur vara så låg som möjligt och samtidigt har ett så lågt flöde att inte tanktemperaturen rörs om. Det är viktigt att styrningen är utformad så att lägsta möjliga returtemperatur till tanken uppnås och att växlarens kapacitet är tillräckligt stor så att inte temperaturtappet blir för stort mellan tank- och tappvarmvattentemperaturerna.

#### Tänk på

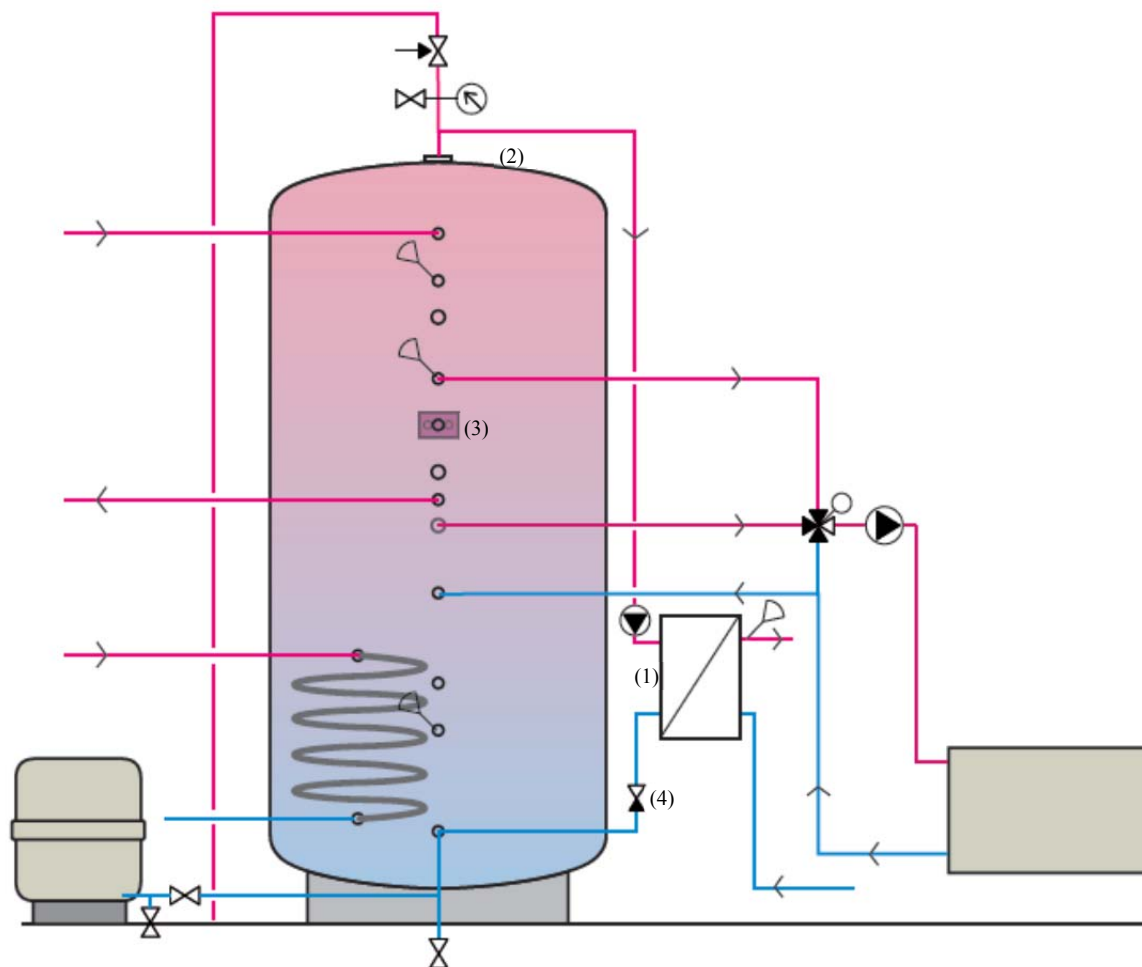
Det får inte uppstå själv-cirkulation genom tappvarmvattenautomaten. Det kan leda till omblandning av tankvattnet och på så sätt skapa kontinuerliga värmeförluster från växlare och rörledning. Då kan systemförbättringarna som är möjliga med en tappvarmvattenautomat utebli [42]. Själv-cirkulationen kan förhindras med en (kraftigt) fjäderbelastad backventil (öppningstrycket ska vara minst 700 Pa = 7 cm vattenpelare [49, 51]) eller med en magnetventil som styrs parallellt med cirkulationspumpen.

#### Låg returtemperatur

Låga flöden och därmed låga returtemperaturer kan skapas med hjälp av en varvtalsstyrd cirkulationspump eller en självverkande ventil. Tappvarmvattenautomaten för villabruk bör ha en värmeöverföringskapacitet på 2 500 – 3 000 W/K. **Rådgör alltid med leverantören hur lägsta möjliga returtemperatur erhålls och att tappvarmvattenautomaten har tillräcklig kapacitet.**

#### Tänk på

Tappvarmvattenautomater (som används som utbyte för trasiga varmvattenberedare) som är konstruerade för att ge en hög returtemperatur till bränslepannor mot en ackumulatortank (bland annat för att motverka korrosion) ska **inte** användas i den här typen av systemlösningar [41].



**Bild 5.5**

Tappvarmvattenautomaten (1) får sin värme från ackumulatortankens överdel (2). Notera att elpatronen (3) kan placeras i en högre nivå i ackumulatortanken jämfört med om varmvattenberedning sker med kamflänsrör (se avsnitt 6.3). För att motverka självциркуlation som håller värmeväxlaren varm och blandar om tanken måste en back- eller magnetventil (4) installeras. Självциркуlationen sker dock i normal flödesriktning och för att förhindra självциркуlation för en 2 m hög tank tanken vid 80 °C, måste fjäderkraften motsvara cirka 7 cm vattenpelare  $\approx 700$  Pa). Åtgärder för att undvika självциркуlation har en avgörande betydelse för prestandan och får inte ignoreras! [42, 41]. Skissen är förenklad och saknar erforderlig säkerhetsutrustning och backventiler.

### 5.2.4 VVC-krets

I byggnader med långa avstånd mellan värmeproduktionsanläggningen (pannan och/eller ackumulatortanken) och tappvarmvattenförbrukningen (tappkranar och duschar) används ett varmvattencirkulationssystem (VVC-system) för att korta väntetiderna för att få fram varmvattnet. VVC-system är relativt ovanligt för villamarknaden men desto vanligare i flerbostadshus och andra större byggnader.

**VVC förluster**

I EU-projektet ”*Combisol*” (genomfört år 2007-2010) utvärderades 70 stycken kombisystem. I de system som hade varmvattencirkulation var förlusterna från cirkulationskretsen stora – ända upp till 3 000 kWh under ett år [13]. Man kan räkna med att värmeförlusten är cirka 10 Watt per meter rör vid dimension 22+12 mm samisolerat. För 10 meter rör blir det på ett år således 876 kWh i förluster, cirkulationspumpen och anslutningarna oräknade.

Eftersom det i ett VVC-system cirkulerar varmvatten hela tiden ökar värmeförlusterna, men å andra sidan går det åt mindre mängd varmvatten, eftersom väntetiderna kortas. För solvärmens del är det viktigt att VVC-kretsen kopplas in korrekt, framförallt för att minska risken för att temperaturskiktningen i ackumulatortanken eller varmvattenberedaren förstörs. Detta kan påverka nyttan av solvärmesystemet högst påtagligt!

**Tänk på**

*Följ rekommendationerna från Boverket* vad avser temperaturnivåerna på VVC-kretsen, så att risken för tillväxt av legionellabakterier elimineras. *Boverkets Byggregler* [15] föreskriver att temperaturen inte får understiga 50 °C i någon del av cirkulationsledningen och att varmvattentemperaturen vid tappstället ska vara mellan 50 och 60 °C. Temperaturen i beredare med stillastående vatten får vara lägst 60 °C. Dessa regler har tillkommit för att minska risken för legionellaspridning [58].

**Tänk på**

Värmeförlusterna från ett VVC-system ökar värmelasterna, vilket kan föranleda en större solfångararea.

Det är viktigt att VVC-kretsen kopplas in rätt i varmvattenberedare eller ackumulatortankar. Hur det ska göras beror på principen för varmvattenberedningen. I de flesta förrådsvarmvattenberedare finns det högt upp på beredaren uttag, som är till för VVC-kretsen. Finns inget givet uttag, använd det som sitter högst. I en ackumulatortank kopplas VVC-kretsen till slutvärmningen av tappvarmvattnet. VVC-ledningen får inte kopplas med kallvattnet in i tanken. Ett flertal backventiler är nödvändiga vid VVC-kretsen för att förhindra att vattnet går åt fel håll och blandar om tanken [49]. Två injusteringsventiler bör användas för att fördela VVC-flödet så att inte hela flödet går genom tankarna. Det skulle göra hela varmvattensystemet skällhett – om ingen tappar varmvatten på natten kan inte kallt vatten blandas in i blandningsventilen. Är backventilen på inkommande kallvatten dålig kan varmvatten komma ut i kallvattenledningen.

Om avståndet mellan varmvattenberedningen och tappställena är mer än 10 meter kan det vara aktuellt med en VVC-krets. En variant till att ha VVC-pumpen gående ständigt är att ha den gående under givna tider med hjälp av ett tidur. Det går också att styra VVC-pumpen enbart när någon vill ha varmvatten genom att installera ett antal startknappar som gör att den går 15 – 20 sekunder eller tillräckligt länge för att få fram varmvatten. Det är alltid en fördel att placera varmvattenberedningen så nära tappställena som möjligt, vilket i första hand ska beaktas.

### 5.2.5 Legionella

**Enligt Boverkets Byggregler** [15] bör temperaturen i tappvarmvattenberedare med stillastående vatten inte understiga 60 °C. Temperaturen på tappvarmvattnet ska vid tappställena minst vara 50 °C och högst 60 °C. Utnyttjas varmvattencirkulation (VVC) får temperaturen inte understiga 50 °C i någon del av systemet där vatten cirkuleras. Anledningen till dessa tydliga temperaturkrav är att förebygga risk för bakterietillväxt, framför allt legionellabakterier, och att minska risken för skällning vid tappställena.

#### Legionellabakterier

Legionellabakterier förekommer i vanligt vatten. Tillväxten av bakterien sker främst i stillastående vatten i ett temperaturspann från 25 °C upp till 40 °C. Vid temperaturer över 55 °C dör bakterien på cirka 3 timmar. När temperaturen stiger upp till 60 – 65 °C tar det cirka 10 minuter innan bakterien är borta [58]. Om en människa andas in legionellabakterier kan den drabbas av en svårartad lunginflammation (så kallad legionärssjuka) som är svårbotad och kan förorsaka dödsfall. Bakterien sprids med vattendroppar (ej vattenånga) och är endast farlig vid inandning. Av det skälet är smittorisken störst vid duschning och i samband med bubbelbadkar [58].

Det finns en risk för tillväxt av bland annat legionellabakterier om temperaturen i tappvarmvattenberedare eller ackumulatortankar sätts för låg. Det rapporteras årligen om enstaka fall av legionellasmitta. Ofta i samband med större tappvarmvattensystem för servicehus, sjukhus, simhallar eller i samband med kyltorn.

Det finns legionellabakterier i nästan allt vatten men förekomsten är mycket ovanlig i varmvattensystem för småhus. Det gäller dock att respektera risken och att kunna garantera att de temperaturnivåer som **BBR** [15] föreskriver säkerställs och inte lockas att hålla en lägre temperatur för att till exempel öka utbytet från solvärmesystemet.

### 5.3 Värmedistribution

Byggnadsstandarden förbättras i rask takt. Byggreglerna skärps och intresset för bättre energiprestanda vid nyproduktion (och även vid renovering och ombyggnad) blir allt större. Som ett led i detta krävs allt mindre energi för att värma byggnader. I förlängningen resulterar detta i att solvärmens får en allt större täckningsgrad (andel av energibehovet som täcks med solvärme) för byggnaders värmelaster (behov av värme och tappvarmvatten).

Distribution och reglering av värmen har en stor betydelse för funktionen av ackumulatortanken. Kan temperaturkraven sänkas genom lägre framledningstemperaturer i radiatorkretsen är detta en stor fördel för solvärme men framför allt ska systemet konstrueras så att returtemperaturen kan hållas låg och att flödet stoppas, när det inte behövs, för att minska omrörning och förluster i systemet. Värmereglering och ingående shuntventil bör utformas så att temperaturskiktningen främjas i tanken och inte tvärt om.

I moderna hus med bra energiprestanda kan solvärmens komma upp i täckningsgrader omkring 40 % av den totala värmelasten på årsbasis och upp till 50% om systemet överdimensioneras lite grann [34]. I de fall byggnaden ansluts till ett fjärrvärmenät kan täckningsgraden också bli hög om överskottet från sommaren kan kvittas mot underskott vintertid.

**Tips**

Ju lägre värmebehov som byggnaden kräver desto viktigare blir det att tänka igenom hur värmedistributionen sker och regleras.

**5.3.1 Shuntventil**

Temperaturregleringen av ett värmesystem sker med hjälp av en shuntventil. För solvärmens del är det viktigt, att hela tiden sträva efter en så bra temperaturskiktning av ackumulatortanken som möjligt. Framför allt gäller det, att returtemperaturen ska hållas så låg som möjligt och att returledningen från värmesystemet ansluts så att temperaturskiktningen inte störs.

**Tips**

Inloppsroret från värmesystemet bör utformas så att inte flödet in i tankvattnet blir över 0,2 m/s. Kan det bli lägre, ner mot 0,03 m/s, är det bra. Det finns flera sätt att minska flödes hastigheten in i ackumulatortanken. Det finns lösningar med fördelningsrör med hål i, eller vinkeljärn som ger långa smala spalter. Alternativt kan plåtar eller cirkulära plattor användas (som ger en radiell hastighet). De senare användas framför allt vid toppanslutningar. Om fördelningsrör eller någon annan fördelningskonstruktion används, är det viktigt att fundera över vilken riktning, som den slutgiltiga vattenströmmen bör ha.

När det gäller temperaturskiktning i tanken har det i olika forskningsstudier visat sig att det är viktigare med låg returtemperatur än låg framledningstemperatur i radiatorkretsen. Orsaken är, att framledningstemperaturen ändå måste blandas ner till en lägre temperaturnivå i shuntventilen, men att returtemperaturen bestämmer vilken temperatur som solfångaren måste jobba mot för att ge ett tillskott till uppvärmningen.

**5.3.2 Radiatorkrets – golvvärme – fläktkonvektor**

För solvärmens del har det mindre betydelse hur värmen i byggnaden tillförs. Det finns en viss fördel ju lägre framledningstemperaturer som krävs, men viktigast är att returtemperaturen kan hållas låg.

Värmeutbytet från solfångarna är temperaturberoende. I det avseendet gäller det att arbeta med rätt temperaturnivåer, så att man inte först generar hög värme som sedan blandas ner till en lägre nivå före användandet. Genom att använda en bivalent shunt enligt **Bild 2.3, sida 14** kan den solvärme som lagrats in i tankens nedre del användas av uppvärmningssystemet innan **prima värme** shuntas in från tankens övre del. Enligt flera studier kan en bivalent shunt (en 4-vägs ventil med två hetvattenportar) i radiatorkretsen för styrning av framledningstemperaturen öka effektiviteten i systemet [32, 31, 43].

Framledningstemperaturen styrs vanligtvis av utetemperaturen eller av en centralt placerad temperaturgivare i huset. Den bivalenta shunten (**Bild 2.3, sida 14**) blandar i första hand returvattnet från radiatorerna med vatten från lågtemperaturporten till önskad temperatur. Om lågtemperaturportens temperatur ej är tillräckligt hög blandas vatten från lågtemperaturporten och högtemperaturporten till önskad temperatur.



**Bivalent shunt**

En 4-vägs ventil med två hetvattenportar enligt *Bild 2.3, sida 14* ska inte ska förväxlas med en traditionell 4-vägs ventil som används på förbränningspannor för att höja returtemperaturen in i pannan.

**Olika värmedistributionsätt**

Värmeförsörjningen i byggnader kan ske på flera sätt från en ackumulatortank. Det finns för- och nackdelar vad gäller kostnader, komfort och funktion. För solvärmens vidkommande är det viktiga att värmesystemet arbetar vid så låg temperaturnivå som möjligt, och att inkopplingen och regleringen mot ackumulatortanken är genomtänkt.

**Radiatorkrets:** Det vanligaste sättet att distribuera vattenburen värme i småhus. Relativt kostnadseffektivt och enkelt att montera. Kräver förhållandevis höga framledningstemperaturer. Viktigt att anslutningarna hamnar och regleras genomtänkt för att inte påverka temperaturskiktningen i ackumulatortanken allt för mycket. Det är fördel att välja lågtempererade radiatorer, som med väl fungerande termostatventiler ger en låg returtemperatur till ackumulatortanken.

**Golvvärme:** Populärt och har stora fördelar genom sina låga temperaturkrav på framledningen. Skapar bra inomhusklimat och ökar komfort i entréer, badrum och våtutrymmen. Ger stor möbleringsfrihet. Golvvärmerna måste justeras och regleras noggrant, inte minst i välisolerade hus och när den kombineras med någon form av eldstad. **Det är viktigt att golvvärmesystemet isoleras noggrant och efter leverantörernas anvisningar.**

**Fläktkonvektor:** Framför allt intressant när hus med direktverkande elvärme ska konverteras till vattenburen värme. Låga investeringskostnader och har förhållandevis låga temperaturkrav. Viktigt att konvektorerna placeras rätt för god värmespridning. Kan förorsaka oönskat ljud och drag.

**Tänk på**

Forskning och simuleringar visar att radiatorkretsens temperatur påtagligt påverkar solvärmeutbytet. Det går till exempel att öka solfångarnas prestanda med cirka 10 % om värmesystemet dimensioneras med en returtemperatur på 25 °C jämfört med om returtemperaturen är 45 °C [32].

### 5.3.3 Reglerbarhet

Det är viktigt att värmedistributionen har en genomtänkt reglerbarhet. Det kan till exempel vara *svårreglerat* med *tröga* värmesystem i kombination med eldstäder eller om byggnaden är konstruerad för att nyttja passiv solvärme. Risk för övertemperaturer ökar markant.

För ett solvärmesystems prestanda är det viktigt att värmedistributionen regleras på ett sätt som i varje enskilt moment främjar ackumulatortankens temperaturskiktning och framför allt ger låga returtemperaturer. Det har en stor betydelse för solvärmesystemets årsutbyte vilka arbetstemperaturer som råder i solkretsen.

Om värmedistributionsystemet är trögt, det vill säga innehåller mycket värme ute i rummet (till exempel golvvärme i betongplatta eller ett radiatorsystem med stor vattenvolym), är det svårare att kombinera med lokala eldstäder eller för byggnader som är konstruerade för att nyttja passiv solvärme. Risk för övertemperaturer i rummet ökar markant, vilket leder till ökade värmeförluster. Ett sätt att till viss del kompensera för detta är, att låta den aktivt tillförda värmen ha en lägre önskad temperaturnivå så att den lokala eldstaden får lite ”arbetsutrymme”.

Om golvvärmesystemet är tänkt att höja komforten genom varma golv kommer systemen att motverka varandra och leda till ökad värmeanvändning.

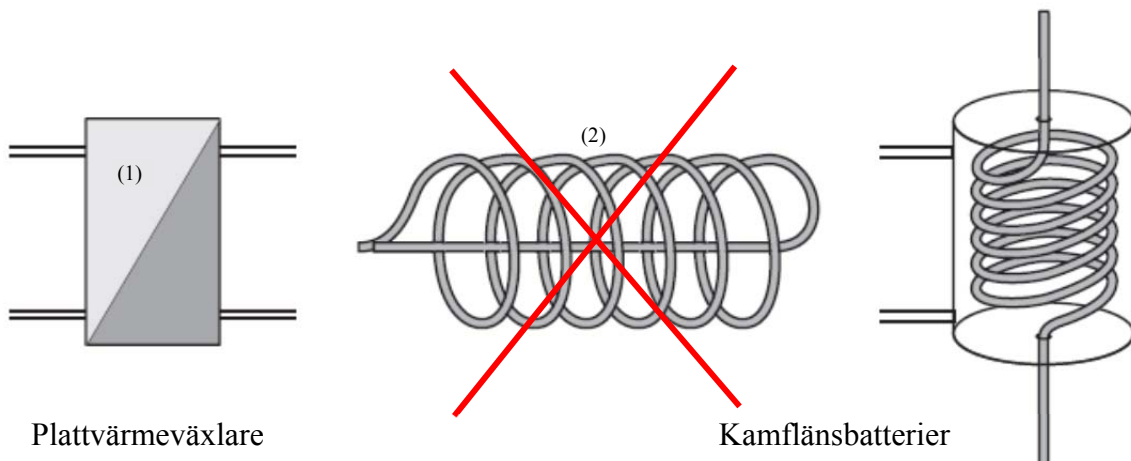
Som tidigare påpekats, är det viktigt för ett solvärmesystem att värmedistributionen är konstruerad och reglerad på ett sätt, som gynnar ackumulatortankens temperaturskiktning, inte minst genom att returtemperaturerna hålls låga. Exempel på detta är att cirkulationspumpen för värmedistributionen stängs av när den inte används, och att alla termostatventiler för rumsregleringen, inklusive rumstermostaterna som styr shuntventilen, fungerar som de ska, så att returtemperaturen hålls låg. Shuntventilen ska ha auktoritet, vara tät och kunna ta primärvarme från mer än en nivå (*bivalent shunt* enligt **Bild 2.3**, sida 14).

Det har med andra ord en mycket stor betydelse för solvärmesystemets årsutbyte, vilka arbetstemperaturer som råder i solkretsen.

Väljs värmedistributionssystem med låga returtemperaturer (framlednings-/returtemperatur på 60/40 °C är bättre än 55/45 °C), samtidigt som anslutningar till ackumulatortanken och reglering inte stör temperaturskiktningen, blir funktionen mer energieffektiv [32].

## 5.4 Inlagring solvärme

*Solvärmekretsen ska alltid arbeta mot så låg temperatur som möjlig.* Det här innebär att solkretsen bör anslutas i ackumulatortankens botten. Mest kostnadseffektivt är att nyttja ett kamflänsbatteri (ytförstorat kopparrör) som monteras i tanken. Slingorna bör vara liggande i sin lindning för att underlätta påfyllning och urluftning av systemet (**Bild 5.6**).



### Bild 5.6

Det finns en rad olika typer av värmväxlare. Den vanligaste i mindre solvärmesystem är kamflänsbatterier. En typ av ytförstorade kopparrör som placeras inuti ackumulatortanken. För att utnyttja solvärmen effektivare och snabbare producera användbart varmvatten kan slingan sträckas ut i höjldled samtidigt som solfångarflödet sänks. I de fall det saknas värmväxlare i värmelagret används i regel en extern plattvärmväxlare (1) som placeras utanför ackumulatortanken. Vertikalt placerade slingor (2) bör undvikas, eftersom de blir svårare att avlufta. Kompakta värmväxlare som placeras i tankens botten är avsedda för högre solfångarflöden och om solslingan är utdragen kan det vara optimalt med ett lägre solfångarflöde [32]. Se vidare avsnitt 4.2.1, sida 30 om höglödes- och låglödessystem.

**Tips**

Om solvärme ska dockas till en befintlig ackumulatortank används normalt en extern plattvärmväxlare. Som alltid är det viktigt att förhållandet mellan solfångararea och ackumulatortankvolym blir korrekt, inte minst när solvärme dockas till en befintlig utrustning. Normalt föreskrivs att solfångarna klarar att värma 75 - 100 liter per m<sup>2</sup> solfångare [24]. I vissa fall, till exempel vid vedeldning, kan ackumulatorvolymen vara betydligt större per m<sup>2</sup> solfångare. Om tanken är lite för stor för solfångarna kan lågflöde i solkretsen tillämpas och plattvärmväxlarens tillopp till tanken placeras i flera nivåer och styras med ventiler [33, 49]. Alternativt tillämpas en laddstrategi att så fort solfångarna genererar tillräckligt hög temperatur värms först övre delen av ackumulatortanken, annars värms nedre delen [49]. Om ackumulatortanken är alldeles för stor måste den delas upp i två volymer, en så kallad slavtank som är frånkopplad sommardag, och en tekniktank med alla anslutningar (se **Bild 9.1**, sida 99).

**Dimensionering av värmväxlare**

**Kamflänsbatteri** – För kamflänsbatteri finns en tumregel att ytterarean på röret ska motsvara 20-25 % av solfångararean. Det krävs då cirka 2 – 2,5 m<sup>2</sup> värmväxlarearean till 10 m<sup>2</sup> solfångare (se **Tabell 5.1** nedan)

**Plattvärmväxlare** – Generellt rekommenderas 0,05 – 0,10 m<sup>2</sup> värmväxlarearean per m<sup>2</sup> solfångare. Alternativt kan effekten beräknas utifrån solfångararean som multipliceras med 0,5 W/m<sup>2</sup> och ger då den effekt plattvärmväxlaren ska klara. Temperaturkraven anges normalt till 3 °C skillnad mellan de båda kalla temperaturerna, det vill säga har vi 40 °C på tanksidan är kravet 43 °C på solkretsen. **Leverantörerna av plattvärmväxlare tillhandahåller beräknings- och dimensioneringsprogram för att kunna variera med olika temperaturkrav och flöden.**

**Tabell 5.1**

Tabellen visar slinglängder och ytterareor för de vanligaste kamflänsbatterier som används för värmväxling av solvärme i ackumulatortankar. För dimensionering se texten ovan.

Kamrör, typ 2 från Cupori	Anslutnings- mått	Ytterarea	Standardlängd på slingan				
			9 m	11 m	12 m	14,7 m	
1115	15	0,168					
114028	15	0,177					
1118	18	0,202			2,42		m <sup>2</sup> /slinga
115032	18	0,214					
1122	22	0,249	2,24	2,74	2,99	3,66	m <sup>2</sup> /slinga
1128	28	0,317					

**Tänk på**

Många plattvärmväxlare är tillverkade av rostfritt stål (till exempel SIS2347) och kan ha anslutningar av kolstål, vilket ska beaktas när det gäller syresatt vatten. Var noga med att välja plattvärmväxlare som klarar solkretsens värmebärare, temperaturnivåer, flöden och tryckfall. Vid lågflödessystem ska plattvärmväxlaren ha en annan geometrisk utformning än för högflödessystem även om överförd effekt är lika i båda fallen. För att leverantören ska kunna dimensionera värmväxlaren korrekt krävs uppgift om både dimensionerande flöden och temperaturer.

## 5.5 Värmeförluster

Det är viktigt att minimera värmeförlusterna från ackumulatortanken, ju större volym desto viktigare. Det är flera faktorer som avgör hur *värmeeffektivt* ett ackumulatorsystem blir. För det första måste volymen anpassas efter solfångararean och solvärmesystemet men även med hänsyn till övriga värmekällor som ansluts. För att optimera funktionen, men också minska värmeförlusterna, är temperaturskiktningen av volymen helt avgörande. Sedan är det naturligtvis viktigt hur och var de olika anslutningarna placeras och att tanken är välisolerad.

### Tänk på

Värmeförlusterna från en ackumulatortank och ansluten panna kan vid ett felaktigt förfarande bli mycket stora. Det finns flera exempel när värmeförlusterna från ackumulatortanken varit lika stora eller till och med större än värmetillskottet från solfångarna [13, 51]!

### Värmeförluster

*Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP)* har utvärderat fyra olika systemkombinationer med solvärme och vedeldning. Värmeförlusterna varierade mellan 1 700 och upp till 3 600 kWh per år. Det här visar hur viktigt det är att göra rätt och att i varje enskilt moment sträva efter minsta möjliga värmeförlust [25].

Konvektionsrörelser och luftläckage genom isoleringen och själv-cirkulation och köldbryggor i röranslutningar gör att värmeförlusterna kan bli 5 gånger högre än vad en teoretisk beräkning visar [59]. Detta understryker, att det är inte bara isolertjockleken som är av betydelse utan att även andra saker påverkar värmeförlusterna. Genom att densiteten ökar i vatten i takt med sjunkande temperatur kan vattenströmningar genom anslutande rörledningar både orsaka onödiga värmeförluster och bidra till att temperaturskiktningen minskar.

### Stora värmeförluster

I EU-projektet *Combisol* (genomfördes år 2007-2010) utvärderades 70 stycken kombisystem. Utvärderingarna visar stora värmeförluster där enbart isolerförlusterna ofta hamnade mellan 2 400 och 5 600 kWh. Och då är inte förlusterna från bränslepannorna inberäknade! Det är tydligt, att såväl brukare som installatörer och fabrikanter måste informeras om betydelsen av välisolerade ackumulatortankar och helhetssynen vad gäller inkoppling och funktion av systemen [13].

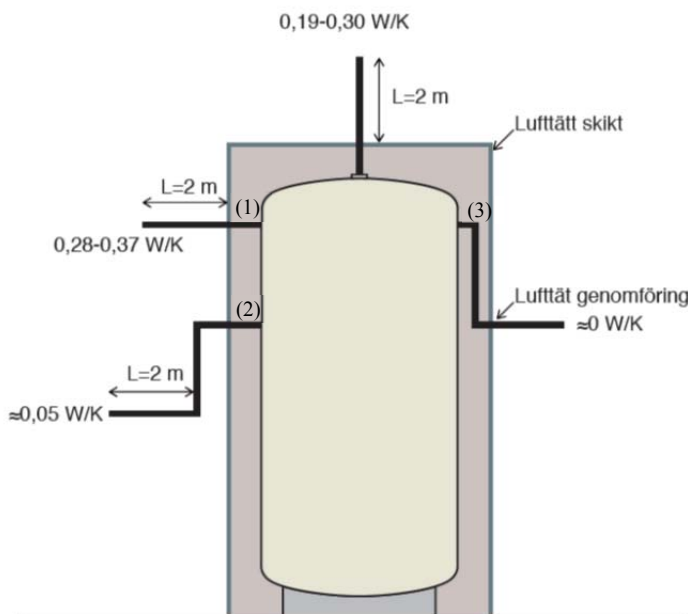
I praktiken förekommer det två typer av själv-cirkulation. Dels kan vatten cirkulera fram och tillbaka i samma rörledning när inget flöde förekommer (se *Bild 5.7, nästa sida*) [27, 66], dels kan själv-cirkulationen uppstå i kretsar som är anslutna på olika nivåer i tanken [41]. Den här typen av ofrivillig själv-cirkulation kyler av och blandar ackumulatortankens vatten. I det första fallet kan själv-cirkulationen minskas betydligt genom att röret bockas neråt direkt utanför tanken och att röret isoleras ända fram mot ackumulatortanken. I det andra fallet kan backventiler effektivt förhindra själv-cirkulation i kretsar som är anslutna på olika nivåer.

### Temperaturskiktning

För att uppnå en effektiv temperaturskiktning ska inkommande kallvatten kyla tankens nederdel. Returen från radiatorerna bör anslutas i ackumulatortankens mellersta nivå. Värmotillskottet från bränslepanna eller elpatron ska endast värma tankens övre del och enbart en så stor volym så att tappvarmvattenbehovet tryggas [45].

**Tips**

Nyttan av solvärme i kombination med pelletseldning kan variera stort, men de samlade resultaten från systemprovningar visar, att besparingen i pellets alltid är större än solvärmestillskottet [51]. Förhållandet mellan pannans och ackumulatortankens värmeförlustkoefficient är avgörande för hur stor pelletbesparingen blir. Det kan lätt bli större värmeförluster än vad värmestillskottet från solfångarna bidrar med [13, 51]. De provningar av kompletta sol- och pelletsvärmesystem som genomförts [51] visar, att värmeförlusterna från systemen är stora och utgör det huvudsakliga problemet för att uppnå riktigt bra systemprestanda. Nyckelfaktorer för att uppnå goda prestanda visade sig vara **låga värmeförluster** från panna och tank, **låga självdragsförluster** vid stillestånd och **liten vattenvolym i panna** samt en **väl fungerande driftstrategi** för pellets-pannan [51]. Detta är egenskaper hos bränslepannorna som inte kontrolleras vid pannprovning av pannor i stationär drift *enligt EN 303-5* [2].

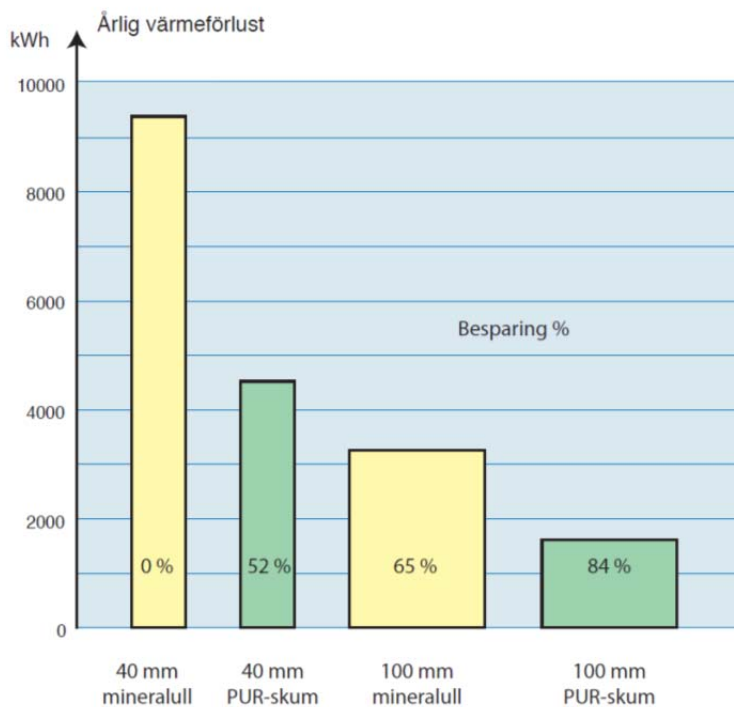
**Bild 5.7**

Bilden visar uppmätta värmeförluster som uppstår i röranslutningar (1 tums) på grund av själv-cirkulation fram och åter i samma rör [27]. Som bilden visar ger ett horisontellt rör, som leds rakt igenom isolerskiktet (1) störst förluster (0,28 till 0,37 W/K). Skulle röret vara oisolerat (vilket är vanligt [13]) blir förlusterna mycket högre. Genom att böja rörledningen nedåt utanför isolerskiktet (2) kan värmeförlustkoefficienten minska till en sjättedel. Om röret böjs av i isolerskiktet (3) kan förlusterna elimineras helt. Det här innebär att en röranslutning med en värmeförlustkoefficient på 0,3 W/K och en temperaturskillnad på 40 °C ger en extra värmeförlust på  $0,3 \cdot 40 = 12 \text{ W}$ , vilket motsvarar  $0,012 \cdot 8\,760 \approx 100 \text{ kWh}$  per år. Man ska i detta sammanhang beakta, att en solvärmeanpassad ackumulatortank har cirka 10 olika anslutningar och de kan alltså bidra till de årliga värmeförlusterna med cirka 1 000 kWh även om rören är väl isolerade ända fram mot tanken.

**5.5.1 Isolering**

Det är viktigt att ackumulatortanken är välisolerad för att solvärmens ska kunna lagras och för att minska behovet av tillsatsvärme. Laboriemätningar [51] och fältmätningar [13] visar, att isoleringsgraden måste förbättras för att öka systemeffektiviteten. Solvärme kan dygnslagras upp till 3 dygn i ordinära ackumulatortankar, beroende på volym, hur välisolerade de är och hur bra solvärmesystemet fungerar i förhållande till värmelasten. Med mindre värmeförluster från ackumulatortanken minskar behovet av tillsatsvärme även vintertid. Det finns

mycket att tjäna på att ha en välisolerad tankkonstruktion. **Bild 5.8** visar hur mycket de årliga värmeförlusterna påverkas av isolerstandarderna.



### Bild 5.8

Stapeldiagrammet visar beräknade värmeförluster uttryckt i kWh per år från fem stycken ackumulatortankar på 400 liter med olika isoleringsmaterial [18]. Notera hur stor besparing som uppstår när man går upp i isoleringstjocklek och vid olika material.

Det är dock ännu viktigare att isoleringen görs korrekt än att den bara är tjock. Hur många har inte varit inne i pannrum, där en stolt villaägare visar upp en i deras tycke välisolerad ackumulatortank, men där det är olidligt varmt? Ofta beror det på att isoleringen har stora glipor och frilagda röranslutningar och då blir det stora värmeförluster.

#### Värmeförlustkoefficient

Vid mätningar utförda av *Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP)* visar det sig att en 900 liters ackumulatortank med 10 cm mineralull med tätskikt och rörgenomföringar rakt igenom isoleringen (men med välisolerade röranslutningar som böjs av nedåt) har en värmeförlustkoefficient på cirka 6 W/K [12].

En ackumulatortank på 750 liter isolerad med 15 cm skumplast med ett obrutet tätskikt där alla rör böjs ner till golvet under isoleringen, får en värmeförlustkoefficient på cirka 2,6 W/K [12]

Isoleras motsvarande tank (750 liter) med 30 cm frigolitkulor och rören dras på samma sätt, sjunker värmekoefficienten till 1,5 W/K [12]. Detta måste anses vara bland de lägsta förlustkoefficienter, som är möjliga att åstadkomma. En målsättning för tillverkarna bör alltså vara att tankförluster hamnar under 3 W/K. Multipliceras koefficienten med temperaturskillnaden mellan tankvattnet och rumstemperaturen (till exempel 40 °C) blir förlusteffekterna i ovanstående exempel från 40 och upp till 240 W. På årsbasis motsvarar detta en årlig värmeförlust från 500 kWh och upp till 2 100 kWh.

**Tänk på**

Värmeförlusterna från en ackumulatortank kan vara fem gånger så stora i praktiken jämfört med en teoretisk beräkning. Konvektion och luftcirkulationer under och genom isoleringen står för en tredjedel av den extra värmeförlusten och resterande del kommer från värmeledning och konvektionsrörelser i rör, som ansluts till tanken [59].

För att åstadkomma en välisolerad tankkonstruktion måste isoleringen vara **lufttät** eller ha ett lufttätt ytskikt. Alla rör genomföringar ska ske utan att punktera isolerskiktets lufttäthet och så att **värmebryggor** undviks. Det gäller att se till så att värme inte kan transporteras (ledas) bort från ackumulatortanken via rörledningen eller via konvektion, genom vattenrörelser fram och tillbaka i röret eller genom ofrivillig cirkulation (till exempel genom en ansluten panna).

## 5.6 Tillsatsvärme

Tillsatsvärmens ska alltid tillföras så högt upp i ackumulatortanken som möjligt och den uppvärmda volymen och dess temperatur (beredskapsvolymen) ska anpassas så att varmvattenlasten täcks. Anslutningshöjden av termostatstyrda värmekällor, till exempel en elpatron eller pelletspanna, ska anslutas så att dimensionerande varmvattenlast kan tillgodoses (se avsnitt 6.3, sida 74). Temperaturen ska vara så hög (60 °C enligt **BBR** [15]) att risken för tillväxt av legionellabakterier elimineras (se avsnitt 5.2.5, sida 61). Genom att begränsa tillsatsvärmens till en mindre del av ackumulatortankvolymen reduceras värmeförlusterna samtidigt som temperaturskiktningen lättare bibehålls, men den uppvärmda volymen måste vara tillräckligt stor för att önskad varmvattenkomfort ska kunna uppnås (se avsnitt 6.3 **Beredskapsvolym**, sida 74).

För ett välkonstruerat system kan det vara mer kostnadseffektivt att låta en elpatron stå för tillsatsvärmens med funktion att säkerställa en effekt- och temperaturgaranti sommartid jämfört med att låta pellets pannan stå i beredskapsläge [46]. Solvärmesystemet kan dimensioneras för att täcka 80-90 % av lasten under 4-6 månader av året. För den lilla värmeförsel som solvärmens möjligen inte klarar på grund av bristfällig solinstrålning, är det bättre att täcka upp med en elpatron än att starta pellets pannan.

**Tänk på**

En pellets panna med en verkningsgrad på 80-90 % under fullt effektutnyttjande kan få halverad verkningsgrad under låglasteldning. Det innebär att kostnaden för den nyttiggjorda värmen fördubblas sommartid, vilket ger en stor konkurrensfördel för solvärmens.

En vedpanna har ett annat utgångsläge än en pellets panna. Då pellets pannan är termostatstyrd behövs egentligen ingen större ackumulatortank (förutom beredskapsvolym för varmvatten) utan pannan kan arbeta direkt mot det effektbehov som råder. I ett vedeldningssystem är förhållandet lite annorlunda. Då bör ved pannan och tillhörande ackumulatortank dimensioneras för att vintertid kunna täcka värmebehovet under den tid som man inte eldar. Praktiskt innebär det att ackumulatortankvolymen måste kunna lagra den värmemängd, som behövs för ett dygn vid utomhustemperaturer mellan 0 och -10 °C (lite beroende på var i landet man är). Det innebär att ackumulatortankvolymen (i en eller flera ackumulatortankar) styrs av byggnadens värmeeffektbehov vid lägsta utomhustemperatur, ved pannans maxeffekt, eldstadsvolym och hur många gånger brukaren vill elda under dessa förhållanden. Generellt för en normal vedpanna för villabruk innebär det volymer på minst 1 500 liter. **Metodik för att dimensionera systemstorlek redovisas i vedpärmen** [38].

**Tips**

Mellan tummen och pekfinger ska ackumulatorvolymen utgöra 18 gånger så stor volym som vedpannans eldstadsvolym. Det kan variera mellan olika fabrikat, **kontrollera alltid med leverantören** [38].

En tumregel säger att ackumulatorvolymen måste klara den energimängd, som ett fullt vedinlägg motsvarar. Vid en enkel överslagberäkning ska ackumulatortankens volym utgöra 18 gånger eldstadsvolymen. Har vedpannan en eldstadsvolym på 100 liter innebär det att den sammanlagda ackumulatortankvolymen bör vara 1 800 liter.

Det här innebär att vedpannan alltid arbetar med hela ackumulatortankvolymen, vilket gör att temperaturförhållandena för solvärmen försämras betänkligt. Vintertid, när det råder eldnings-säsong, blir arbetstemperaturerna för solvärmen väldigt höga. För att få bra temperaturförhållanden för solvärmen är det därför mindre bra att tillföra värme från vedpannan. Även om ackumulatortanken inte laddas helt full kommer ljummet vatten, som finns i toppen på ackumulatortanken då eldningen påbörjas, att flyttas ner mot tankens botten. Det ökar arbetstemperaturen för solfångaren. Det är helt enkelt bättre att begränsa eldnings-säsongen till de månader då det råder stort värmebehov. Under sommarhalvåret fungerar solvärmen som huvudsaklig värmekälla. Som temperatur- och effektgarant används företrädesvis en elpatron. På det här sättet ökar systemverkningsgraden samtidigt som eldnings-säsongen halveras, vilket minskar vedvolymerna samtidigt som bekvämligheten för brukaren ökar!



## 6 DIMENSIONERING

En korrekt dimensionering av en solvärmeanläggning är viktig för att nå ett bra effektutnyttjande av solfångarna. Först och främst ska solfångararean dimensioneras efter **sommarlasten**, det vill säga det varmvattenbehov som är aktuellt. I vissa fall kan solfångararean utökas om till exempel en källare behöver värmetillskott sommartid eller om det finns behov av att värma en utomhusbassäng. I vissa fall kan en stor (>1 000 liter) ackumulatortanksvolym föranleda några ytterligare m<sup>2</sup> solfångare. Det är viktigt att följa de dimensioneringsråd som leverantören ger.

### Tänk på

En överdimensionerad solfångararean ökar tiden som solfångaren befinner sig i stagnation, vilket leder till ökad belastning på värmebäraren samt att värmeproduktionen per m<sup>2</sup> solfångare blir lägre, som en följd av att driftsmedeltemperaturen (och därmed förlusterna) i solkretsen blir högre. Med en underdimensionerad solfångare kan det bli nödvändigt att reservvärmekällan får gå in och stötta oftare, vilket föranleder mer tillförd värme från andra värmekällor.

### Tips

Ett enfamiljshus har sällan användning för mer än 12 - 15 m<sup>2</sup> solfångare, om inte extraordinära laster förekommer. Överdimensioneras anläggningen kan det vara bra att installera solfångarna med en lutning på 60° eller mer från horisontalplanet. På så vis minskar risken för övertemperaturer sommartid, samtidigt som solinstrålningens vinkel förbättras under tidig vår och sen höst.

Det finns vissa schabloner att följa. För enfamiljshus gäller till exempel en tumregel att 2 till 3 m<sup>2</sup> solfångare per person i hushållet brukar vara lagom. Till detta används en ackumulatortank på 75 – 100 liter per m<sup>2</sup> solfångare [24].

### 6.1 Värme- och varmvattenlast

Hushållets tappvarmvattenbehov är avgörande för solvärmeutbytet. Det ligger också till grund för dimensioneringen av solvärmesystemet eftersom lasten är relativt jämnt fördelad över året. Med andra ord är det viktigare att identifiera varmvattenlasten än värmelasten när ett solvärmesystem ska dimensioneras. För småhus har man brukat anta att varmvattenbehovet ligger mellan 3 000 och 5 000 kWh/år inklusive värmeförluster från varmvattenberedaren. Nyare mätningar i småhus visar på varmvattenbehov på 42 liter per person och dygn (781 kWh per person och år) för småhus [28]. Det skulle betyda att varmvattenbehovet i medel är cirka 3 000 kWh för fyra personer. Därtill kommer värmeförluster från varmvattenberedaren eller ackumulatortanken (*se avsnitt 5.5 sida 66*) som också utgör värmelast för solfångaren.

För mer specifika objekt, som campinganläggningar, idrottsplatser och till viss del flerbostadshus, är det viktigt att göra förstudier och beräkningar av vilka tappvarmvattenlaster, som är aktuella.

Energibehovet för uppvärmning och tappvarmvattenberedning varierar stort. Husets storlek, hur välisolerat det är och familjens förbrukningsmönster vad avser hushållsmaskiner (vitvaror,

TV och data, belysning, etcetera) och tappvarmvatten är avgörande. Det har också en betydelse var huset är beläget.

För solvärmens vidkommande är värmelasten av underordnad betydelse, eftersom enbart en begränsad värmeförsörjning sker från solvärmens under de kallaste vintermånaderna. Det finns naturligtvis undantag. Välisolerade, nybyggda hus i södra Sverige har till exempel ett relativt begränsat värmebehov. Det innebär att täckningsgraden för solvärmesystemet ökar. Samtidigt blir antalet kWh från solvärmens till värmeförsörjningen mindre, eftersom det inte är så stort värmebehov under höst och vår. I så kallade *passivhus* kan ett solvärmesystem klara upp till 35 - 40% av det totala värme- och tappvarmvattenbehovet [10]. Det finns också begrepp som *nollenergihus* och *plusenergihus*. Med hjälp av egenproducerad el och värme, från till exempel solceller och solfångare, blir husen självförsörjande. De kan till och med bli leverantörer av el och värme om det finns el- och fjärrvärmenät, som kan balansera överskott under sommaren mot underskott på vintern.

#### Tänk på

Användning av solvärme till uppvärmning av passivhus är svårt då det nästan inte är något värmebehov under vår och höst. Däremot är solvärmens utmärkt för tappvarmvattenberedning i dessa objekt. Man ska också beakta, att värmedrivna vitvaror [8, 48] skapar ett större värmebehov hela året som solvärmens kan bidra till (se avsnitt 11, sida 105).

#### Definition av olika typer av lågenergihus

**Lågenergihus** – Byggnader som använder mindre energi än vad gällande byggnorm (*BBR*) [14] kräver.

**Passivhus** – Ett begrepp som beskriver en bygghet som strävar efter att kostnadseffektivt uppnå en fastställd energiprestanda för byggnaden. *Forum för energieffektiva byggnader (FEBY)* [17] fastställer standarden i Sverige.

**Minienergihus** – Definieras av *FEBY* och tar, förutom hänsyn till byggnadens energiprestanda, även hänsyn till vilka energislag, som används. Användande av förnybara energibärare ger fördelar.

**Nollenergihus** – En definition av byggnader som är självförsörjande. I praktiken innebär det att byggnaden under sommarhalvåret levererar lika mycket energi till elnät (och eventuellt fjärrvärmenät) som den behöver använda vintertid.

**Plusenergihus** – Byggnader som på årsbasis levererar mer energi än vad som används för värme och el.

## 6.2 Solfångararea – systemstorlek

Rekommenderad solfångararea kan variera mellan olika typer av solfångare, hur solvärmesystemet är utformat och vilken täckningsgrad som vill uppnås. **Generellt ska man alltid följa de rekommendationer och råd som leverantören ger.** Det som anges i *textrutan på nästa sida* får ses som generella värden. Om det till exempel avser vakuumrörsolfångare, kan angiven area minskas något, eftersom prestandan generellt är något högre än för plana solfångare.

Det har inte så stor betydelse om dimensioneringen utgår ifrån effektiva eller mindre effektiva solfångare, så länge de inte avviker markant från normalvärden. Solfångare med högre prestanda ger i allmänhet en högre värmeproduktion under vår och höst, vilket egentligen inte påverkar dimensionering av tankvolym, som görs för sommarfallet. Solfångare med lägre prestanda kan kompenseras med en större area. Det gäller dock att vara medveten om, att temperaturverkningsgraden sjunker, vilket gör att ytterligare area inte tillför så mycket mer värme. Solvärmesystem för villor är oftast standardiserade det vill säga att de inte dimension-

eras efter det verkliga fallet, eftersom det ”verkliga fallet” kommer att ändra sig många gånger under systemets livslängd.

#### Dimensioneringsexempel

System	Akkumulatortankvolym	Solfångararea (plana)	Värmeproduktion	Hustyp (v.v. och värmebehovet)	Täckningsgrad
Vedeldning	750 liter + 750 liter	12 m <sup>2</sup>	4 800 kWh/år	Äldre	20 %
El	500 liter	8 m <sup>2</sup>	3 200 kWh/år	70-tal	29 %
Pellets/gas	500 liter	8 m <sup>2</sup>	3 200 kWh/år*	50-tal	18 %

\*Utan hänsyn till verkningsgradsvinster. Värmereduktionen blir sannolikt långt större och därmed täckningsgraden högre.

Akkumulatortankvolymen måste dimensioneras efter vedpannans topp effekt och eldstadsvolym

Källa: *Solenergi – Praktiska tillämpningar i bebyggelse* [9].

En solvärmeanläggning dimensioneras i allmänhet efter det tappvarmvattenbehov, som är aktuellt under sommarhalvåret. Solfångararean anpassas därför till den last (värme- och tappvarmvattenbehov), som huset har under sommarhalvåret. I kombinationssystem, där solvärmen ansluts till en gemensam akkumulatortank, sker ett visst bidrag till uppvärmningsbehovet. Primärt bör dock solfångararean dimensioneras efter tappvarmvattenbehovet. Ett solvärmesystem klarar på årsbasis (oavsett var i landet) i normalfallet 40 – 60 % av tappvarmvattenbehovet för en normalfamilj på fyra personer.

#### Tänk på

Om solvärmesystemet dimensioneras efter ett värmebehov under vår och höst, är risken stor att det blir en överproduktion sommartid. Detta kan innebära att en del av värmestillskottet från solfångarna inte utnyttjas samtidigt som antal timmar med solfångarna i stagnation ökar.

#### Tips

När en solvärmeanläggning för tappvarmvatten ska dimensioneras kan man utgå från följande tumregler:

- 2-3 m<sup>2</sup> solfångare per individ i hushållet.
- När solfångararean dimensioneras för en varmvattenberedare kan man utgå ifrån 50 - 75 liter per m<sup>2</sup> solfångare.
- Solfångarna kommer att producera 350 – 550 kWh per m<sup>2</sup>, beroende på systemutformning, val av solfångare och tappvarmvattenbehovet.
- En väl dimensionerad solvärmeanläggning för tappvarmvattenberedning klarar 40 - 60 % av en normalfamiljs årsbehov.

Det som i första hand styr solfångararean är tappvarmvattenbehovet (se **Bild 6.1**, nästa sida). Generellt rekommenderas 4 – 6 m<sup>2</sup> solfångare per hushåll, beroende på systemlösning, tappvarmvattenlast och typ av solfångare. Till den arean rekommenderas en varmvattenberedare på 250 – 330 liter eller mindre akkumulatortank på 300 till 500 liter.

I de fall solvärmesystemet ska anslutas i ett kombisystem kan också akkumulatortankens volym vara dimensionerande för lämplig solfångararea, tillsammans med den täckningsgrad som önskas. I allmänhet rekommenderas 75 – 100 liter akkumulatortank per m<sup>2</sup> solfångare [24]. Används varmvattenberedare rekommenderas 50 - 75 liter per m<sup>2</sup> [24]. Det finns dock avvikelser i denna rekommendation. Dels ska solfångarnas prestanda beaktas och dels kan solfångarna klara en större volym per m<sup>2</sup> om solkretsen ansluts genomtänkt mot akkumulatortanken. Om akkumulatortanken är för stor hinner inte solfångarna värma upp tanken till användbar temperatur. Ju större akkumulatortank som används desto högre blir värmeförlusterna. Därför blir det viktigare med god isolering ju större akkumulatortanken är. Vid tankvolym

större än cirka 100 till 150 liter per m<sup>2</sup> börjar systemprestanda försämrats med ökad tankvolym [63]. Utförligare dimensioneringsregler redovisas av **Kovacs** [24] där också kompensationsfaktorer redovisas för avvikande taklutning och orientering samt radiatorkretsens temperatur.

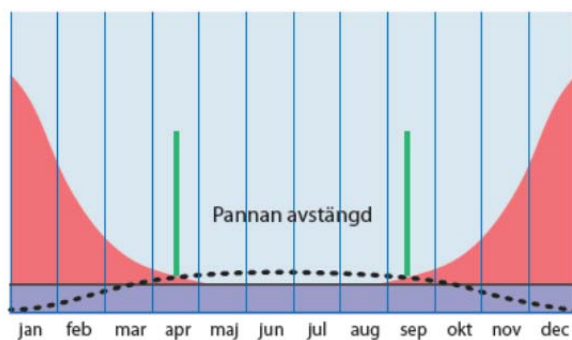
#### Tips

Vid dimensionering av en kombianläggning kan man utgå ifrån följande tumregler:

- 2-3 m<sup>2</sup> solfångare per person som beräknas bo i huset.
- Vid val av bra solfångare klarar dessa att värma 75 - 125 liter per m<sup>2</sup>, beroende på systemutformning och solfångarnas prestanda.
- Solfångarna kommer att bidra med 250 – 550 kWh per m<sup>2</sup>, beroende på systemutformning och val av solfångare.
- Täckningsgraden för det årliga värme- och tappvarmvattenbehovet kommer att hamna i intervallet 15 – 40 % beroende på byggnadens värmelast, solvärmesystemets utformning och solfångarnas prestanda.

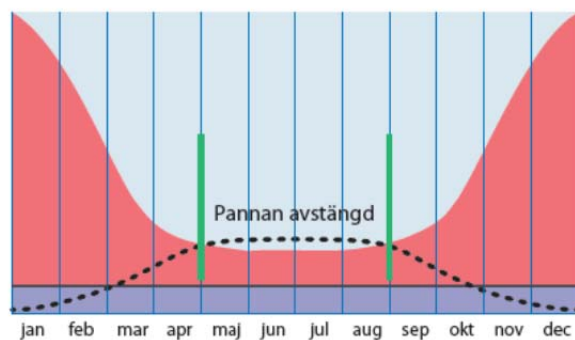


#### Nyare villa



120 m<sup>2</sup> bostadsarea  
10000 kWh till uppvärmning  
5000 kWh till tappvarmvatten  
5 m<sup>2</sup> solfångare  
300 liter ackumulatorvolym  
50 % andel solvärme av tappvarmvatten

#### Äldre villa



120 m<sup>2</sup> bostadsarea + källare  
15000 kWh till uppvärmning  
5000 kWh till tappvarmvatten  
8-15 m<sup>2</sup> solfångare  
500-1500 liter ackumulatorvolym  
upptill 20 % andel solvärme totalt

#### Bild 6.1

När solvärmens dimensioneras för nyproducerade småhus kan en mindre solfångararea (4-6 m<sup>2</sup>) klara täckningsgrader upp till 30 % av husets totala värme- och tappvarmvattenlast. I ett äldre småhus med större andel värmebehov sjunker täckningsgraden även om solvärmestillskottet per m<sup>2</sup> solfångare inte sjunker. Solvärme-systemet kan ändå göra stor nytta genom att bränslepannan kan stängas av under hela sommarhalvåret (4-5 månader). Detta ökar i allmänhet systemverkningsgraden och sparar på så vis stora mängder bränsle.

### 6.3 Beredskapsvolym

Akkumulatortanken eller varmvattenberedaren bör ha en beredskapsvolym. Med beredskapsvolym avses den minsta uppvärmda volym som garanterar den dimensionerande varmvatten-

tappningen, alltså volymen ovanför elpatronen. Temperaturen på beredskapsvolymen bör vara så låg som möjligt, men ändå tillräckligt hög för att klara varmvattenkomforten och, inte minst, förhindra risken med tillväxt av legionellabakterier.

#### **Kapacitet på varmvattenberedare**

I *Boverkets ByggRegler (BBR)* [15] finns följande citat: ”En vattenvärmare som bara betjänar ett enbostadshus bör vara dimensionerad för att under en tid av högst 6 timmar kunna värma 10 °C kallvatten så att två tappningar om vardera 140 liter vatten av 40 °C blandat kall- och varmvatten kan erhållas inom en timme.”

Effektbehovet vid maximal varmvattentappning är betydligt högre än effekten på en bränslepanna eller elpatron. Av det skälet måste det finnas en värmekapacitet (beredskapsvolym), som klarar störttappningar. Beredskapsvolymen är beroende av tappvarmvattenbehovet och beräknas utifrån dimensionerande störttappningar, hur varmvattnet bereds (värmebatterier, plattvärmeväxlare eller liknande), temperaturnivåerna i värmelagret och pannans eller elpatronens effektnivå.

Normflödet för badkarstappningar är 0,3 l/s, 0,2 l/s för köksblandare och 0,1 l/s för handfat [29]. Dimensionerande tappvarmvattenflödet brukar därför sättas till 0,3 l/s för ett småhus med badkar. Vid flera lägenheter tar man hänsyn till sammanlagringseffekter och metoder för detta redovisas i bland annat *Byggvägledning 5* [29].

### **6.3.1 Varmvattenberedare**

I varmvattenberedare finns energimängden lagrad direkt i varmvattnet, som då kan tappas utan temperaturförlust oavsett tappflöde. För att klara rekommendationerna i *BBR* [15] måste varmvattenberedaren innehålla minst 5 kWh. Om lagringstemperaturen är 60 °C och kallvattentemperaturen är 10 °C behövs en volym av cirka 90 liter. Detta förutsätter att tillsatsvärmekällan hinner värma upp beredaren mellan de två tappningarna och tillgänglig effekt utöver uppvärmningsbehovet måste vara minst 5 kW. Om tillgänglig effekt begränsas till 3 kW behöver volymen vara cirka 130 liter.

### **6.3.2 Tappvarmvattenautomat**

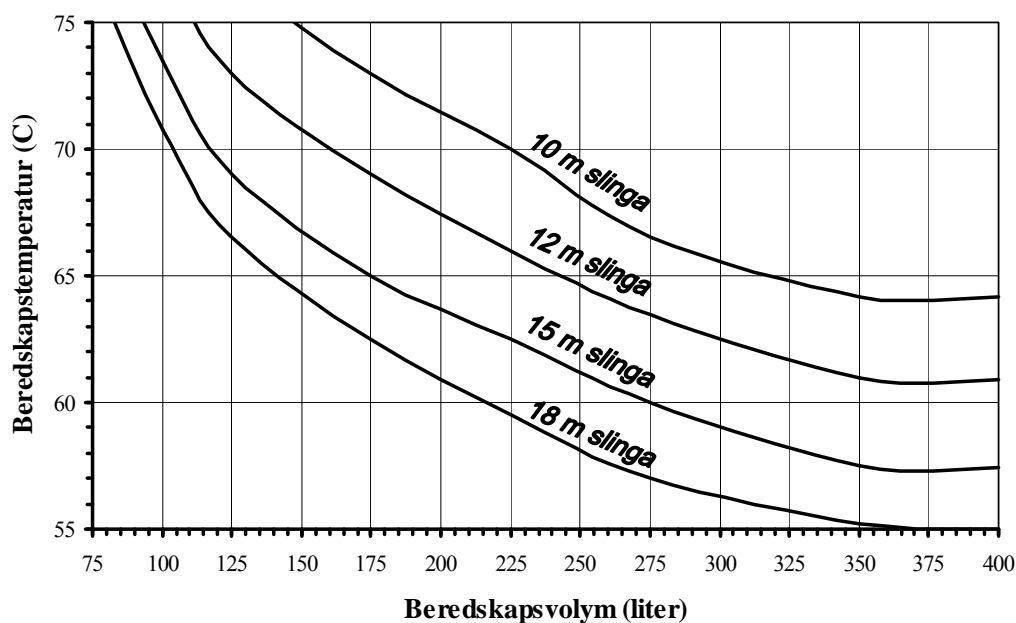
Om tappvarmvattenautomater används måste varmvattnet värmas i genomströmning samtidigt som det förbrukas. Detta leder till att temperaturen på varmvattnet blir lägre än den temperatur som finns i ackumulatortanken. Hur stort temperaturfall som erhålls beror på värmeväxlarens överföringskapacitet och tappvarmvattenflödet.

Den grundläggande strategin vid dimensionering av tappvarmvattenautomater är att dimensionera varmvattensystemet så att en varmvattentemperatur av 50 °C kan uppnås vid dimensionerande flöde och en ”rimlig” temperatur på beredskapsvolymen på 60 °C till 65 °C. Därefter beräknas volymen så att dimensionerande tappvarmvattenvolym kan tappas utan att varmvattentemperaturen sjunker under 40 °C vid tappningens slut. Värmeväxlaren ska då klara att bereda varmvattnet vid dimensionerande flödet (0,3 l/s för en lägenhet) så att temperaturfallet blir cirka 10 °C. Det betyder att returtemperaturen till tanken blir 10 °C högre än kallvattentemperaturen. Vid en beredskapstemperatur på 60 °C kan man således utnyttja temperatur-

skillnaden mellan 60 °C och 20 °C, alltså fyra femtedelar av energiinnehållet jämfört med i varmvattenberedaren. Erforderlig beredskapsvolym med tappvarmvattenautomat för att uppfylla rekommendationerna i **BBR** [15] blir således cirka 110 liter vid minst 5 kW effekt respektive 160 liter vid 3 kW effekt.

### 6.3.3 Kamflänsrör

Kamflänsrör är den vanligaste metoden att bereda varmvatten i solvärmesystem för villamarknaden. Fördelen är att de är robusta utan behov av injustering och cirkulationspumpar. Det är dock betydligt mer komplicerat att dimensionera beredskapsvolymen med kamflänsrör, eftersom temperaturen i beredskapsvolymen gradvis sjunker efterhand som tappningen fortgår. Dessutom är det svårt att beräkna inverkan från förvärmningsslingan. Det är temperaturen för den sista litern varmvatten som blir dimensionerande. Av denna anledning har ett nomogram tagits fram enligt **Bild 6.2** nedan [64]. Nomogrammet kan användas för att uppskatta slinglängd och beredskapsvolym, så att det går att tappa upp ett badkar vid 0,3 l/s utan att temperaturen blir lägre än 40 °C vid tappningens slut.



#### Bild 6.2

Nomogram för bestämning av slinglängd och beredskapsvolym för att fylla ett badkar på 140 liter vid 0,3 l/s utan att temperaturen sjunker under 40 °C vid tappningens slut [64]. Tillgänglig effekt för att klara två tappningar enligt **BBR** måste vara minst 5 kW. Förvärmningsslingan är konstant 12 meter och utdragen i den nedre delen av tanken. Medeltemperaturen i nedre delen av tanken antas vara 30 °C vid tappningens start. Nomogrammet gäller för tankvolymen 750 liter. För mindre tankar blir slingan något underdimensionerad, eftersom bidraget från förvärmningsslingan minskar.

För uppnå ett högt solvärmestillskott bör temperaturen på beredskapsvolymen inte vara högre än nödvändigt, ungefär 65 °C kan vara en bra kompromiss [43]. För små ackumulatortankar på 300 till 500 liter måste beredskapsvolymen begränsas och för att inte beredskapstemperaturen ska bli för hög, måste slinglängderna ökas [43].

Ett sätt att tillfälligt öka varmvattenkapaciteten kan vara att periodvis värma en större del av ackumulatortanken genom att använda en lägre placerad elpatron eller en omkopplingsbar pannanslutning. Det här kan till exempel bli aktuellt att göra om huset har ett större bubbelbadkar som man vill kunna fylla ibland.

## 6.4 Dimensionerande temperatur

Solfångarnas verkningsgrad är i hög grad beroende av solkretsens drifttemperaturer. Ju mindre temperaturskillnad det är mellan solfångarens absorptor och den omgivande utomhustemperaturen desto effektivare blir solfångaren och vice versa (se **Bild 3.2, sida 20**). Det innebär att den dimensionerande temperaturen har en stor betydelse för hur effektivt solvärmesystemet blir.

### Tänk på

Solfångare har i högsta grad varierande verkningsgrader och beror på vilken typ som avses och dess konstruktion. Lågtempererade solfångare ämnade för bassänguppvärmning kan till exempel inte användas för tappvarmvattenberedning, då stagnationstemperaturen ligger allt för lågt. Välisolerade, plana solfångare eller vakuumsolfångare kan däremot arbeta med bra verkningsgrader upp i höga (75 - 90 °C) temperaturområden. Det bör dock poängteras, att även vakuumsolfångare får en bättre verkningsgrad vid lägre arbetstemperaturer.

Skillnaden i effektivitet mellan olika systemlösningar kan variera stort. Även om samma typ av solfångare används kan systemverkningsgraden variera högst påtagligt. Det är viktigt att ackumulatortank och varmvattenberedare isoleras väl och på rätt sätt, samtidigt som temperaturskiktningen beaktas.

### Välisolerad ackumulatortank

En välisolerad ackumulatortank innebär att:

- Värmen lagras längre och ger en bättre täckningsgrad till exempel genom att solvärmens kan lagras från soliga till mulna dagar och därmed minska behov av annan tillsatsvärme.
- Värmen kan fördelas jämnare över dygnet, vilket till exempel minskar risken för olägenheter med övertemperaturer i huset.
- Behovet av tillsatsvärme under vinterhalvåret minskar, eftersom bränslepannan kan utnyttjas mer effektivt.

För att få ett bra utbyte från solfångarna krävs att systemet kan tillgodogöra sig så låga solfångartemperaturer som möjligt. Inte minst viktigt är detta under tidig vår och sen höst. Se **Bild 7.4, sida 87** där en sammanställning finns över vad man bör tänka på för att konstruera en effektiv ackumulatortank.

### Verkningsgrad

Verkningsgraden beskriver ett förhållande mellan nyttiggjord och tillförd energi i ett system eller i en omvandlingsprocess. I en solfångare beskriver verkningsgraden ett samband mellan infallande solinstrålning och den värme som solfångaren producerar, uttryckt i kW eller kWh/m<sup>2</sup> och år. Se även **Bild 3.2, sida 20**.

### 6.4.1 Temperaturnivåer

Det gäller att skapa en systemlösning, som kan ta vara på låga temperaturer från solfångarna samtidigt som temperaturnivån i tankens topp är tillräckligt hög, så att risken för tillväxt av legionella-bakterier elimineras (se avsnitt 5.2.5, sidan 61).

Genom ett väl temperaturskiktat värmelager kan solkretsen både förvärma inkommande kallvatten och bidra med tillräcklig värmeförsel så att annan tillsatsvärme kan stängas av, se **Bild 7.4 sida 87**. Under vissa delar av året kan det däremot vara så, att solvärmen enbart förvärmer det inkommande kallvattnet i temperaturnivåer omkring 10 - 15 °C, beroende på var solvärmen lagras in i värmelagret och hur väl det är temperaturskiktat. Under sommarhalvåret kan sedan solvärmen tillgodose huvuddelen av tappvarmvatten- och värmebehoven. Lagret måste vara tillräckligt stort för att kunna överbrygga behovet från den tid när det finns gott om solinstrålning till dagar då det finns mindre.

#### **Tänk på**

Solfångarna har bättre verkningsgrad vid lägre arbetstemperaturer som en följd av mindre värmeförluster. Ett solvärmesystem har varierande arbetstemperaturer, dels beroende på solinstrålningen och värmelagrets temperatur men också som en följd av värmeväxlarens prestanda och flödet i solkretsen. Det går aldrig att förutbestämma effekten från solfångarna, vilket innebär att en solvärmeanläggning aldrig kan dimensioneras efter ett effektbehov. Sänks medeltemperaturen i solfångaren med 10 °C ökar utbytet för en enkelglasad selektiv solfångare med 15 - 20 %, beroende på solfångarkonstruktion och systemutförning (beräknat med solfångarekvationen).



## 7 PELLETSpanna OCH SOLVÄRME

Kombinationen pelletseldning och solvärme är gynnsam ur flera aspekter. Båda energibärarna är inhemska och förnybara resurser, som i gemensamma systemlösningar har låg miljö- och klimatpåverkan. Genom en ökad användning skapas också förutsättningar för en industriell utveckling, som kan generera ytterligare sysselsättning och tillväxt inom teknikområdet.

Solvärme och biobränsle är en systemtekniskt intressant kombination. Under den tid när bränslepannor har sina sämsta driftförutsättningar kan solvärme täcka värme- och tappvarmvattenbehovet vilket ger en *win-win*-situation för båda värmekällorna. Genom att utnyttja solvärme i biobränslesystem kan eldningssäsongen halveras, vilket innebär att eldning med lägre verkningsgrad och högre utsläpp per producerad kWh kan undvikas. Med en välisolerad ackumulatortank och solfångare kan besparingen i både biobränsle och emissioner blir stora. För en pelletseldare innebär det en betydligt större bekvämlighet och framför allt en betydligt bättre drifekonomi.

### Besparing i pellets

Systemprovningar i laboratorium och tillhörande forskning visar, att besparingen med solvärme, omräknat i pellets, jämfört med ett referenssystem med enbart pelletspanna, oftast blir större än själva solvärmestillskottet. Det främsta skälet till detta är pelletspannans låga verkningsgrad under sommarhalvåret (under så kallad låglasteldning) [51, 53]. Det betyder att nyttan med solvärmesystemet inte kan beskrivas som en täckningsgrad eller som ett solvärmestillskott utan endast som en bränslebesparing.

### 7.1 Systemuppbyggnad

Systemkombinationen pelletseldning och solvärme har vid laboratoriemätningar och olika forskningsstudier [45, 51] visat sig vara en effektiv kombination. De olika energislagens svagheter kompletterar varandra på ett bra sätt. Solvärmens ersätter pelletseldningens låglasteldning sommartid när verkningsgraden är som lägst och emissionerna som högst. Vintertid, när solvärmens ger som lägst tillskott, kan pelletseldningen ske med relativt få start och stopp, vilket ger långa drifttider med hög verkningsgrad.

### Tänk på

Systemprovningar visar, att prestandan i kombinationssystem med solvärme och pellets varierar stort. Tester visar, att pannans verkningsgrad i kombinationssystem med sol och pellets ligger i genomsnitt på mellan 71 och 79 % [51]. Det kan jämföras med stationära data för pelletspannor som brukar ligga mellan 85 och 90 % verkningsgrad. Laboratoriemätningar visar, att värmeförluster från systemet, pelletspannans prestanda, systemutformning och reglerstrategi kraftigt påverkar systemets prestanda och emissioner. Med andra ord är det oerhört viktigt hur systemen utformas och inkopplas.

På marknaden finns ett stort antal systemlösningar som integrerar pelletseldning med solvärme. En bra systemlösning kräver eftertanke. Det gäller att koppla ihop värmekällorna på ett sätt som gynnar systemverkningsgraden och därmed drifekonomi och konkurrenskraft.

### 7.1.1 Pelletspanna med inbyggd varmvattenberedare

Det är i allmänhet svårt att få till bra systemlösningar när solvärmesystem ska dockas direkt till bränslepannor med inbyggd tappvarmvattenberedning och reglering för värmedistribution. Det blir mer komplicerade lösningar än att ansluta solkretsen till en ackumulatortank. I regel blir det förhållandevis stora värmeförluster från en bränslepanna och mer komplicerat att reglera och styra. Det är också betydligt svårare, för att inte säga omöjligt, att temperaturskikta en bränslepanna. Därför är det i de allra flesta fall olämpligt att ansluta solvärme till konventionella bränslepannor med integrerad tappvarmvattenberedning och reglering för värmedistribution [45].

### 7.1.2 Pelletspanna utan varmvattenberedare kopplad mot tank

Det bästa sättet att kombinera en pelletspanna med solvärme är via en ackumulatortank [45]. Via ackumulatortanken kan systemfunktionen styras på önskvärt sätt. Värmeförlusterna från systemet kan hållas låga, eftersom bränslepannan svalnar av då solvärmens ensamt täcker värmebehovet [45]. Samtidigt kan temperaturskiktningen främjas på bästa sätt, *se Bild 7.1, sida 81*.

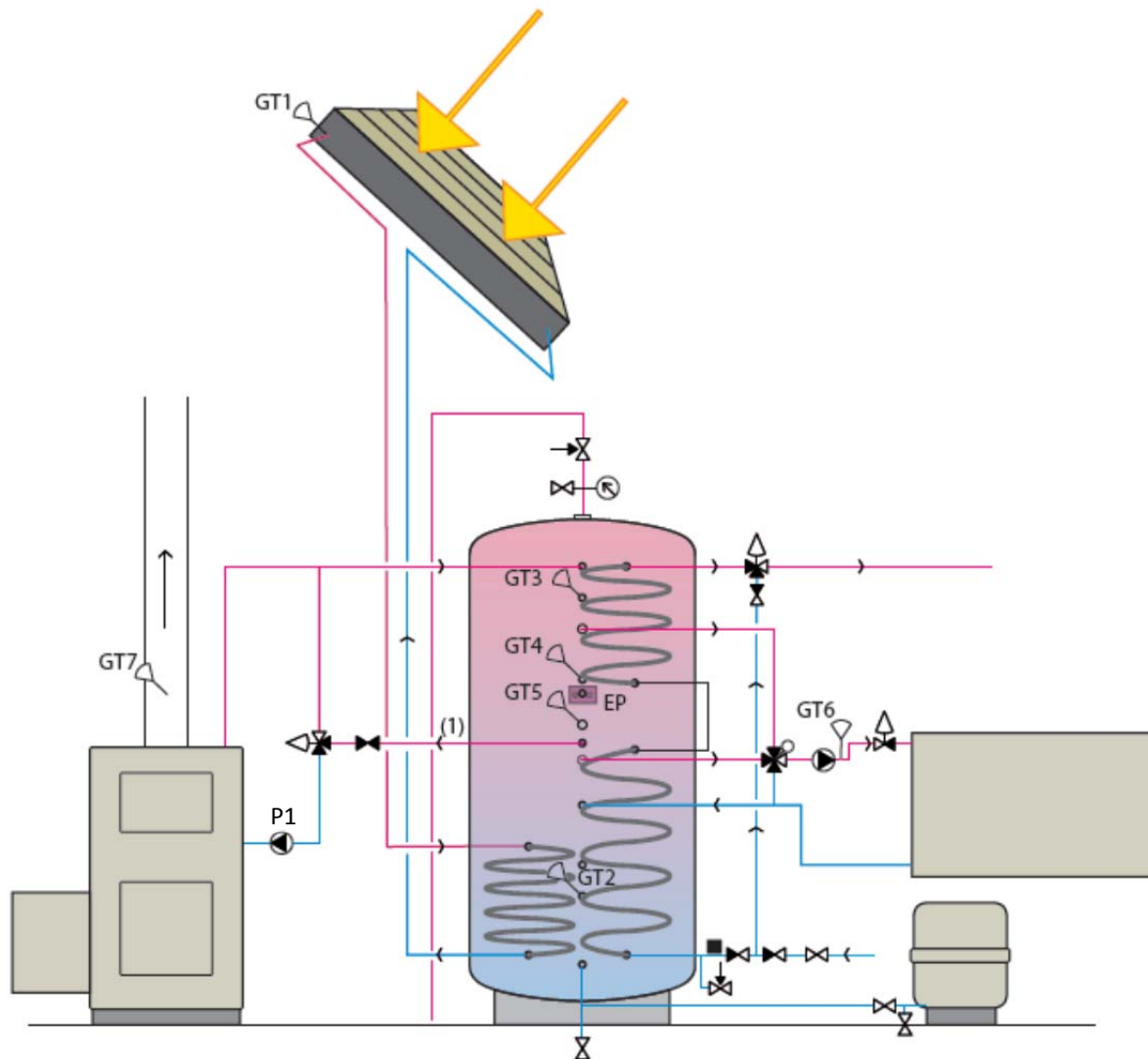
Pelletspannan ska i detta fall endast ha en liten vattenvolym, som överför all värme till ackumulatortanken. I pelletspannan bereds inget tappvarmvatten och från pannan regleras inte heller någon värme för värmedistributionen. I det här fallet överförs all värmeomvandling från pelletspannan till en ackumulatortank där tappvarmvattenberedningen sker och shunten för värmedistributionssystemet sitter.

Det betyder att pelletspannan och solvärmesystemet arbetar mot en gemensam ackumulatortank. Det ger en rad olika systemfördelar. Till exempel kan pelletspannan hållas avstängd under långa perioder eftersom en systemlösning med bra styrning kommer att stänga av pelletspannan och låta den kallna så fort den inte behövs! Och det här under en tid av året när pelletspannan arbetar med lägst verkningsgrad. Under sommarhalvåret (4 – 6 månader) kan solvärmens och en elpatron klara hela värme- och varmvattenlasten. På så vis erhålls en betydligt bättre systemverkningsgrad då andelen värmeförluster minskar som en följd av att pelletspannan hålls avstängd.

#### **Tänk på**

Som framgått tidigare, är det högst väsentligt att systemet utformas på rätt sätt och att alla anslutningar till och från ackumulatortanken sker genomtänkt (i höjded och utan onödiga förluster) och inte minst viktigt att beakta hur den isoleras, *se Bild 6.2, sida 87*.

Det är viktigt att pelletspannan ansluts mot ackumulatortankens övre del och att styrsystemet är utformat, så att den stängs av så fort solvärmekretsen ensam klarar värmelasten. Värmetillförseln från pelletspannan bör styras av temperaturgivare i tanken och inte enbart i pannan, eftersom den annars inte stängs av helt när solvärmens klarar uppvärmningen. Styr värmetillförseln av panntemperaturen måste cirkulationspumpen vara i gång kontinuerligt och pannan alltid hållas varm, vilket kan medföra att pannförlusterna blir onödigt stora. Pelletspannan kan genom det här kyla ackumulatortanken när brännaren inte är i drift. Av detta skäl måste brännaren styras av temperaturgivare i ackumulatortanken och cirkulationspumpen styras så att den stannar när brännaren inte är i drift. Ett vanligt sätt är att styra cirkulationspumpen för pannan via en rökgastermostat.



### Bild 7.1

Bilden visar ett exempel på hur en pelletspanna utan varmvattenberedare och värmedistribution ska anslutas tillsammans med solvärme till en gemensam ackumulatortank. Elpatronen **EP** placeras så högt att dimensionerande varmvattenlast täcks. Temperaturgivaren **GT4** startar pannan och elpatronen om temperaturen sjunker ytterligare. Det gör att pannan prioriteras före elpatronen. Genom att styra elpatronen på en givare strax ovanför elpatronen, kan risken minska att elpatronen startar, när solvärmen aktiveras och skapar rörelser i tanken och som koler gränsskiktet mot den varma beredskapsvolymen [30]. Cirkulationspumpen **P1** mellan pannan och tanken startas och stoppas av rökgastermostaten **GT7**, vilket säkerställer att den endast körs när pannan brinner. Notera att anslutningshöjden för ledningen till pellets pannan (**1**) liksom pannans stoppgivare **GT5** bestämmer pannans drifttid. Ju större höjdskillnad mellan **GT4** och **GT5**, desto längre drifttid får pannan, men solvärmebidraget sjunker. Nya simuleringsresultat för att minimera energianvändningen på årsbasis visar att långa drifttider för pellets panna är mycket viktigt för att maximera årsverkningsgraden och att höjdskillnaden mellan **GT4** och **GT5** därför ska vara ganska stor [65]. **Principskemat är förenklat och kan sakna vissa komponenter.**

En annan möjlighet är att styra cirkulationspumpen via en tidsstyrning som tar tillvara restvärmén i bränslepannan eller att använda en differenstermostat, så att cirkulationspump enbart arbetar när pannan är varmare än ackumulatortanken. Om cirkulationspumpen enbart styrs av panntemperaturen måste inställningarna utprovas noga, så att inte pumpen går kontinuerligt. Det som kan hända om till- och frånslagstemperaturen är för lågt ställd, är att cirkulationspumpen inte stannar när brännaren stannar, och pannan varmhålls av ackumulatortanken under perioden då brännaren inte arbetar, med ökade värmeförluster som följd [43].

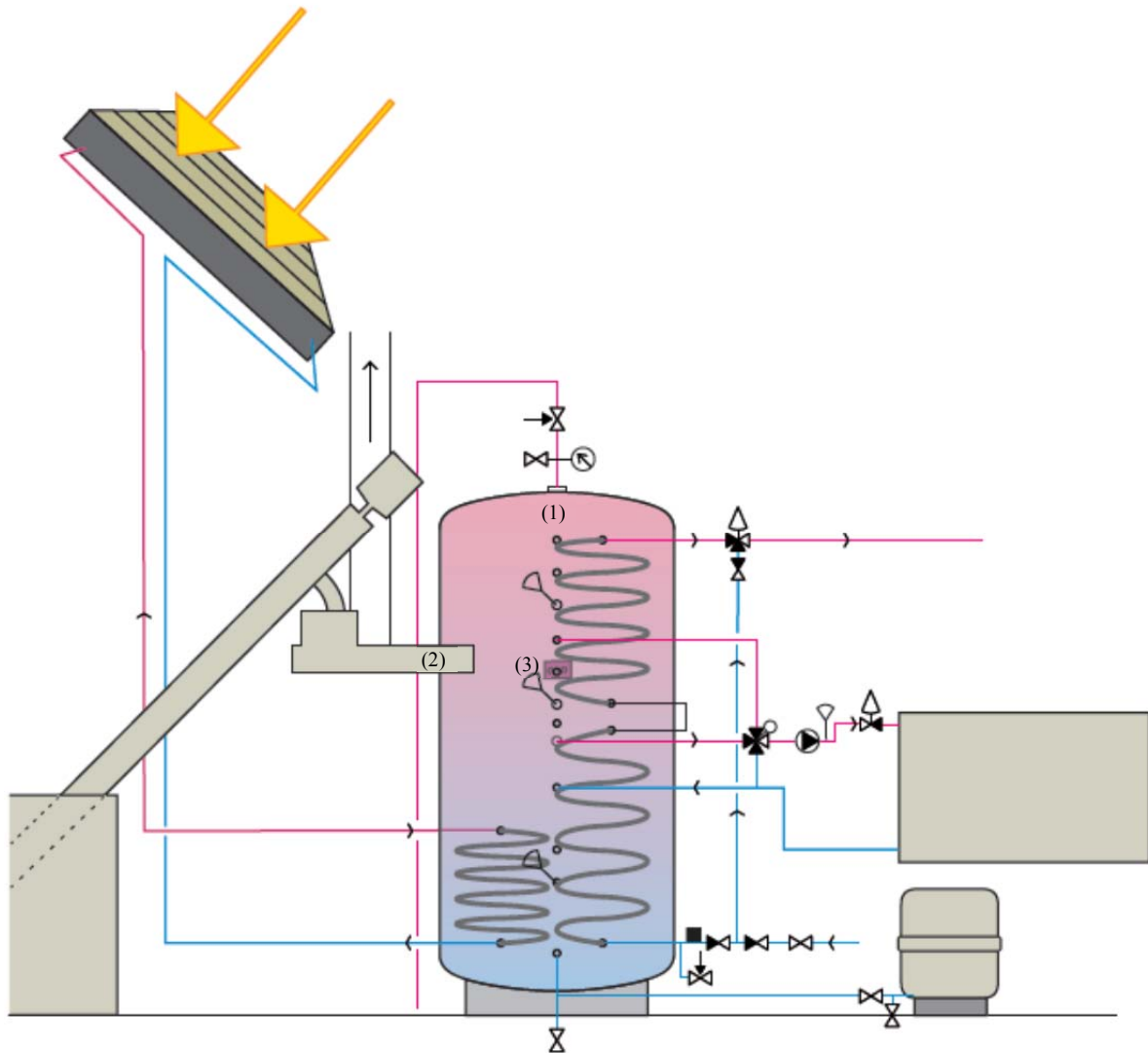
Principiellt gäller det att ha en tillräckligt stor uppvärmd tankvolym (beredskapsvolym) för att täcka tappvarmvattenbehovet strax innan pannan startar. Genom att ha en hög stopptemperatur och lågt placerad **stopp-givare** och utloppsledning till pelletspannan minskar brännarens antal start och stopp samtidigt som solvärmeutbytet kan påverkas negativt då temperaturen i ackumulatortankens bottenskikt ökar. Här finns en volymkonflikt så till vida att värmeförlusterna tillsammans med minskad solvärmeproduktion ökar pelletsförbrukningen som en följd av att en större del av tankvolymen är uppvärmd. Nya simuleringsresultat för ett välisolerat hus med ett uppvärmningsbehov på cirka 10 000 kWh [65] visar, att den uppvärmda volymen för pannans avslag ska sträcka sig ner mot 30 till 40 % av tankens höjd. Detta minskar solvärmemetillskottet, men på årsbasis ökar ändå pelletspannans verkningsgrad så pass mycket att det mer än väl kompenseras för det minskade solvärmemetillskottet. Det betyder att två temperaturgivare monterade på olika höjd i tanken måste användas för start och stopp av pannan.

#### **Tänk på**

Det är i de allra flesta fall lönsamt att stänga av pelletspannan helt under sommarperioden och istället förlita sig på solvärme och elpatron. För att leverera en enda kWh till ackumulatortanken måste pannan först värmas upp. Det innebär att andelen förluster ökar dramatiskt när pannan enbart ska tillföra ett mindre antal kWh [46]. Det här ger fog för att överdimensionera solvärmeanläggningen något för att säkerställa att pelletseldningen kan vara avstängd under en viss given period av året (till exempel 4 - 6 månader).

### **7.1.3 Pelletspanna med inbyggt solvärmelager**

På marknaden finns ackumulatortankar med inbyggd pelletspanna. Fördelen är att systemet blir utrymmes- och kostnadseffektivt. **Ackumulatorpannor** kan till viss del standardiseras vilket gör installationsarbetet både enklare och billigare. Vissa komponenter kan integreras från fabrik vilket kan reducera antal cirkulationspumpar och ge förutsättningar för en enklare styrning. Värmeutnyttjandet från brännaren blir också effektivare. Däremot är det lite svårare att säkerställa en fullgod isolering av ackumulatortanken, eftersom brännare och skorstensanslutning skapar köldbryggor och att det kan uppstå självdragsflöde genom skorstenen, vilket kan kyla tanken hela sommaren (även när brännaren inte är i drift) [45].



### Bild 7.2

Bilden visar en **ackumulatortpanna (1)** med inbyggd pelletsbrännare. Brännaren (2) placeras i ackumulatortankens översta hälft. Även här används en elpatron (3) för att säkerställa temperatur- och effektkrav under sommarhalvåret. **Principskemat är förenklat och kan sakna vissa erforderliga ventiler.**

## 7.2 Reglering

Generellt gäller för ett system med pelletspanna kopplad mot ackumulatortank (**Bild 7.1, sida 81**) att givarna som styr brännarens till- och frånslag ska vara placerade i ackumulatortanken. Orsaken är att man alltid vill maximera nyttan av solvärmen. Brännaren ska helt enkelt inte starta om temperaturen i tanken är tillräckligt hög med enbart solvärmen. På så vis förbättras pelletspannans verkningsgrad som ett resultat av minskade värmeförluster. Observera att cirkulationspumpen som överför värmen från pannan till tanken bör styras av en rökgestermostat eller differenstermostat för att säkerställa att den inte är i drift då pannan inte levererar värme. Då kommer den i stället att varmhålla pannan med ökade förluster som följd.

**Modulerande brännarstyrning**

Modulerande brännarstyrning har i simuleringsstudier [45] visat sig kunna öka pannverkningsgraden och minska emissionerna för väl injusterade pelletsbrännare. En väl fungerande brännarstyrning måste dock vara väl utprovad innan man kan vara säker på att den fungerar. Tidsfördröjningen mellan att brännareffekten ändras och att temperaturen vid givaren i tanken påverkas är mycket lång, vilket gör att pannan riskerar att starta och stoppa, eller växla mellan högsta och lägsta effekt.

Vissa brännare har *underhållsfyr* istället för att de stängs av när det inte råder något värmebehov. Genom att strövis fylla på enstaka pellet underhålls glödbädden och brännaren behöver inte använda sig av tändelement så fort det behövs värme eller tappvarmvatten. På så vis ökar livslängden på tändelementet och antal start och stopp minskar. Fördelen är att startutsläppen kan hållas lägre, men å andra sidan produceras emissioner så länge glödbädden hålls vid liv.

Enligt en studie genomförd vid *SP* [52] var emissionerna av CO mellan 6 och 13 gånger högre och emissionerna av kolväten var mellan 20 och 60 gånger högre med underhållsfyr än om pannan kördes med start och stopp. Partikelutsläppen var mellan 10 och 75 gånger högre med underhållsfyr. Eventuellt har man inte tagit hänsyn till varierande rökgasflöde i studien vilket kan göra att emissionerna vid underhållsfyr överskattas. Men helt klart är att underhållsfyr är en driftstrategi, som i möjligaste mån bör undvikas. En bättre strategi för att minska utsläppen är att stoppa brännaren helt och bränna ut kvarvarande bränsle så fort som möjligt.

Vid *modulerande reglering* anpassas förbränningseffekten efter värmebehovet. Studier och forskning visar, att modulerande styrning kraftigt reducerar antal start och stopp av brännaren, vilket kan ge stora utsläppsminskningar av kolmonoxid (oförbränd pellets) [45]. Modulerande reglering kan, om temperaturgivaren som styr förbränningseffekten placeras fel, vara problematisk att få att fungera i ett kombisystem med separat pelletspanna och ackumulatortank [45].

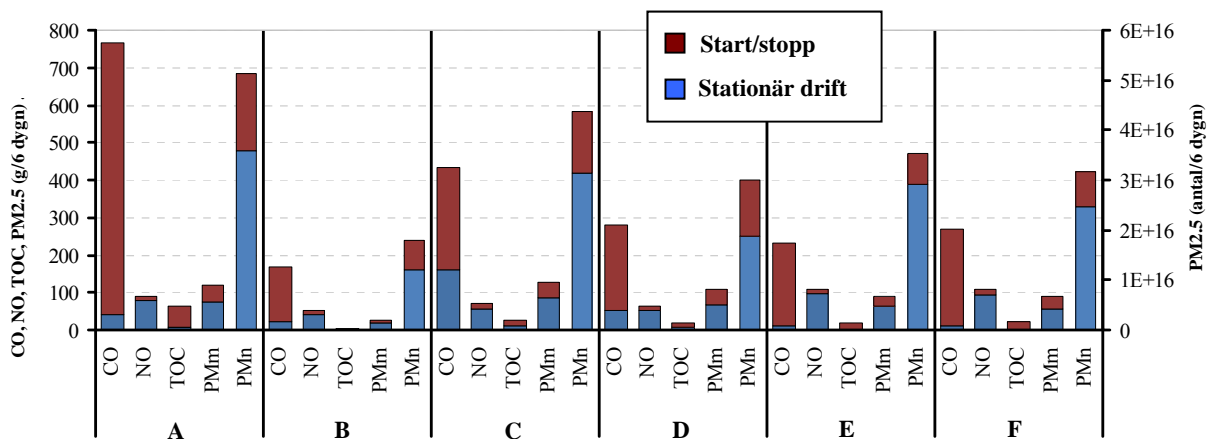
**Reglerstrategi**

En viktig del i systemdesignen är brännarstyrningen. Antal start och stopp i laboratoriemätningar [51] har varierat mellan 20 och 100 stycken, vilket på årsbasis skulle motsvara 1 200 till över 6 000 start och stopp.

### 7.3 Verkningsgrader och emissioner

Förhoppningsvis kommer pelletseldningen att öka i Sverige och Europa. Sannolikt kommer villaägare (och andra användare) inom tätbebyggda områden att utgöra en stor andel av den ökningen. Av det skälet är det viktigt att beakta pelletsanvändningens miljö- och klimatpåverkan. Det gäller helt enkelt att skapa system med minsta möjliga emissioner.

De tvingande gränsvärdena i Sverige för utsläpp från småskalig eldningsutrustning gäller framför allt emissioner av kolmonoxid (CO) och organiskt bundet kol (TOC) [14]. Emissionsgränserna gäller vid stationär drift (konstant effekt). En undersökning av emissioner från sex pelletsvärmesystem under verkliga driftförhållanden visar dock att utsläppen är betydligt högre under start- och nedsläkningsperioder och att bidrag av CO och TOC under dessa driftperioder är helt dominerande [51]. *Bild 7.3, nästa sida* visar hur utsläppen fördelade sig under start- och stopp samt under stationär drift.



**Bild 7.3**

Figuren redovisar utsläppsvärden för sex olika pelletsvärmesystem (A-F) från en realistisk mätsekvens som är representativ för ett års drift [51]. Majoriteten av utsläppen av CO och TOC och cirka 30 % av partikelutsläppen sker under dynamiska förlopp som start och stoppfaser och resten släpps ut under de konstanta (stationära) förhållanden som man normalt mäter emissioner vid. För att optimera systemen mot låga emissioner på årsbasis måste man alltså ta hänsyn till de emissioner av CO och TOC som uppkommer under start- och stoppfaserna.

Emissioner av kolmonoxid (CO) och kolväten TOC uppstår framförallt (till 80 - 90 %) under pelletsbrännarens start- och stoppfas [19, 45, 51] (**Tabell 7.1, sida 86**). För partiklar är andelen under start- och stoppfasen 30 - 40 % [51]. Emissionerna ökar i allmänhet också med en minskad förbränningseffekt. Eftersom en solvärmeanläggning reducerar antal start och stopp (faktiskt med 100 % under 4 - 6 månader) resulterar det i kraftigt minskade emissioner av CO och kolväten [51]. Naturligtvis har det också en betydelse att solvärmesystemet reducerar mängden eldad pellets under ett år. Det finns således starka miljöskäl till att komplettera en pelletsanläggning med solvärme eftersom eldnings säsongen kortas ner. Detta under en period då pellets pannan har sin lägsta verkningsgrad. Det har också en viss betydelse att ackumulatortankens volym möjliggör längre brännacykler med färre starter och stopp av brännaren.

#### Tänk på

Som en följd av att ett solvärmesystem och en ackumulatortank ger utrymme för längre brännacykler med färre starter och stopp kan utsläppen av emissioner minskas [51].

Modulerande brännarstyrning kan minska av utsläppen genom att antalet start och stopp blir färre [46]. Emissionerna är emellertid helt beroende av hur många starter och stopp som kan sparas in och brännarens utsläppskaraktistik. En modulerande brännarstyrning kan ge högre verkningsgrad genom att rökgastemperaturen blir lägre vid låga eldnings effekter. Det finns dock en risk att verkningsgradsvinsten äts upp av att lägre förbränningseffekt ofta sker vid högre luftöverskott, vilket ger en onödig avkylning och ökar rökgasförlusterna [45]. Det blir alltså extra viktigt att förbränningsluftflödet är väl injusterat om brännaren ska eldas vid lägre effekter än märkeffekten.

**Utsläpp**

Laboratoriemätningar under verklighetstrogen drift visar under vilka driftförhållanden som majoriteten av emissionerna uppkommer (**Tabell 7.1**) [51]. Utsläpp av kolmonoxid (CO) kunde halveras för de flesta kombisystem jämfört med enbart en pelletsspanna. En del av förklaringen ligger i att referensspannan hade stora utsläpp under start och stopp. I de flesta fall kunde antal start och stopp reduceras kraftigt och eftersom 80 - 90 % av CO-utsläppen sker under start- och stoppfaserna minskade emissionerna betydligt. Även utsläppen av kolväten sker huvudsakligen under pannans start- och stoppfaser. Utsläppen av partiklar sker till 60 - 70 % under driftfasen, och utsläppen av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) sker till 80 - 90 % under driftfasen. Det innebär att både utsläpp av partiklar och NO<sub>x</sub> huvudsakligen står i proportion till pelletsanvändandet och brännarens emissionskaraktär och är svårare att reducera genom ett minskat antal start och stopp.

**Tabell 7.1**

Uppmätta emissioner för de system som provats inom **projekt SWX-Energi** [51]. Data är omräknade till årliga utsläpp i kg och fördelade mellan start, stopp och stationär drift.

System		A	B	C	D	E	F
CO (kg/år)	Start	2,89	1,86	2,93	3,75	3,79	4,62
	Drift	2,58	1,37	9,82	3,17	0,59	0,79
	Stopp	41,18	6,93	13,52	10,25	9,67	11,02
NO (kg/år)	Start	0,39	0,60	0,63	0,68	0,65	0,79
	Drift	4,88	2,60	3,46	3,07	5,92	5,70
	Stopp	0,17	0,03	0,13	0,14	0,07	0,12
TOC (Metanekvivalenter) <sup>a)</sup> (kg/år)	Start	0,48	0,23	0,36	0,38	0,92	1,29
	Drift	0,43	0,06	0,79	0,44	0,08	0,10
	Stopp	2,96	0,04	0,38	0,35	0,04	0,06
Partiklar PM 2,5 <sup>b)</sup> (kg/år)	Start	0,72	0,37	1,91	2,01	1,46	1,93
	Drift	4,52	1,12	5,22	4,06	3,83	3,31
	Stopp	1,97	0,13	0,60	0,62	0,14	0,18
Partiklar PM 2,5 <sup>b)</sup> (antal/år)	Start	$3,5 \cdot 10^{17}$	$2,5 \cdot 10^{17}$	$4,5 \cdot 10^{17}$	$4,4 \cdot 10^{17}$	$2,7 \cdot 10^{17}$	$3,0 \cdot 10^{17}$
	Drift	$21,8 \cdot 10^{17}$	$7,3 \cdot 10^{17}$	$19,0 \cdot 10^{17}$	$11,4 \cdot 10^{17}$	$17,8 \cdot 10^{17}$	$15,0 \cdot 10^{17}$
	Stopp	$5,9 \cdot 10^{17}$	$1,1 \cdot 10^{17}$	$3,1 \cdot 10^{17}$	$2,5 \cdot 10^{17}$	$1,0 \cdot 10^{17}$	$1,3 \cdot 10^{17}$
Bränsle (kg/år)	Start	411	565	592	671	392	462
	Drift	4 139	2 375	3 040	2 780	3 557	3 382
	Stopp	272	68	174	154	62	73
andel CO start/stopp		94 %	87 %	63 %	82 %	96 %	95 %
andel NO start/stopp		10 %	20 %	18 %	21 %	11 %	14 %
andel TOC start/stopp		89 %	83 %	48 %	63 %	93 %	93 %
andel PM-massa start/stopp		37 %	31 %	32 %	39 %	30 %	39 %
andel PM-antal start/stopp		30 %	33 %	29 %	38 %	17 %	22 %
andel bränsle start/stopp		14 %	21 %	20 %	23 %	11 %	14 %

a) Uppmätt med flamjoniseringsinstrument FID som ger TOC omräknat till metanekvivalenter.

b) Uppmätt med ELPI (PM 2,5) på utspädd kall rökgas enligt **NS 3058-2** [1].

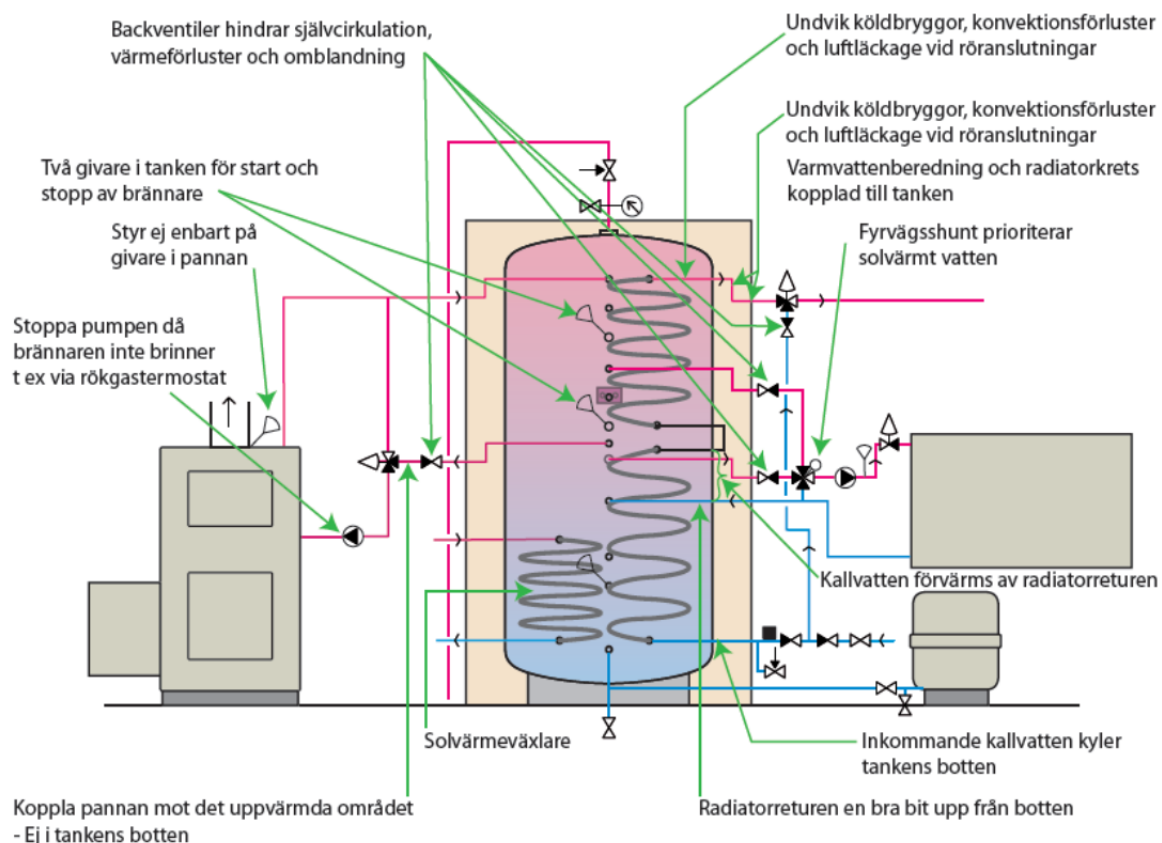
**Tänk på**

Det är oerhört viktigt att en modulerande brännarstyrning injusteras väl, både för verkningsgraden och för att minska emissionerna [45].



## 7.4 Generella rekommendationer

För en väl fungerande kombination mellan pelletspannor och solvärme är det viktigt att tappvarmvattenberedningen sker i en ackumulatortank med en bra temperaturskiktning. Viktiga punkter att tänka på vid konstruktion av en ackumulatortank redovisas i **Bild 7.4** nedan. Inkommande kallvatten ska kyla tankens nederdel och sedan eftervärmas till önskad temperatur i tankens överdel. Radiatorkrets eller motsvarande värmedistribution, med en högre temperatur än inkommande kallvatten, bör anslutas i tankens mellersta del, för att inte störa temperaturskiktningen. Solvärmen växlas alltid i nederdelen av tanken, där lägsta temperatur råder.



**Bild 7.4**

Sammanställning över åtgärder för att öka effektiviteten i kombinerade sol- och pelletsvärmesystem [49].

### Tänk på

Värmeförlusterna från systemet (panna och ackumulatortank) varierar stort och kan motsvara 25 - 50 % av värmelasten och därmed försämrar drifekonomin avsevärt! Noterbart från laborierprovnigen [51, 53] är, att de största förlusterna har uppmätts i referenssystem utan solvärme och att de lägsta förlusterna visade sig vara i ett system med vattenmantlad pellets-kamin.

Pellets pannan (brännaren) kan vara inbyggd i tankens översta del. Alternativt ansluts en pellets panna med begränsad vattenvolym, som har till uppgift att föra över värmen till ackumulatortankens övre del och på så vis säkerställa de effektbehov som krävs (i första hand för tappvarmvatten) och samtidigt eliminera risken för tillväxt av legionellabakterier. Temperatur-

regleringen av pannan är viktig, dels för att klara effektbehoven och undvika risker med tillväxt av legionellabakterier men också för att öka täckningsgraden från solfångarna.

**Tänk på**

Konventionella pellets pannor, där tappvarmvatten- och radiator krets är anslutna direkt till pannan, är mindre lämpliga för att anslutas till solvärmesystem eftersom det är svårt att uppnå bra temperaturskiktning och att pannan måste ha en förhållandevis hög temperatur under sommaren. Detta medför försämrade driftförutsättningar för solvärmen men också en högre andel värmeförlust.

Systemutformningen ska säkerställa att pellets pannan stängs av så fort solvärmen klarar värme- och tappvarmvattenlasten. För detta krävs att pannan styrs av temperaturgivare i ackumulatortanken och att värmeöverföringen enbart sker då pannan är varmare än tanken.

**Verkningsgrad**

En pellets pannas verkningsgrad beror till stor del på driftförutsättningarna såsom långa gångtider (få start och stopp), låga värmeförluster och liten vattenvolym.

Såväl ackumulatortank som panna och alla anslutningar måste vara välisolerade. För detta krävs ett lufttätt skikt utanpå isoleringen. För att undvika köldbryggor bör anslutande rör böjas neråt innan de bryter isolerskiktet. Ofrivillig själv cirkulation i anslutande kretsar som kan kyla eller störa temperaturskiktningen i ackumulatortanken måste förhindras (till exempel med backventiler). För en bra systemverkningsgrad och en ökad bekvämlighet bör ambitionen vara, att solvärmen och ackumulatortanken dimensioneras för att klara lasten 4 - 6 månader av året, det vill säga, det tappvarmvattenbehov som är aktuellt under sommarhalvåret.

**Tänk på**

Det bästa systemet i laboratoriemätningarna med 10 m<sup>2</sup> plana solfångare sparade 35 % av årsbehovet av pellets jämfört med en referenspanna utan solvärme [51, 53].

## 8 PELLETSKAMIN OCH SOLVÄRME

Det finns en stor potential för pelletskaminer i hus som har direktverkande elvärme. Det finns också en marknad där en pelletskamin kan komplettera uppvärmningen under de kallaste månaderna i hus med uteluftvärmepumpar.

Det finns fortfarande cirka 239 000 småhus i Sverige, som huvudsakligen värms med direktverkande elradiatorer [7]. Ett enkelt och kostnadseffektivt sätt att minska elberoendet är att investera i en braskamin eller pelletskamin. Vid sidan om den här målgruppen passar pelletskaminer bra för nyproducerade hus.

### Potential

Det finns beräkningar som beskriver att det inom en 10-årsperiod borde vara möjligt att installera 84 000 luftkylda pelletskaminer i hus med direktverkande elvärme. I denna huskategori har hittills luft-luftvärmepumpar haft mycket stor framgång med ett totalt antal gjorda installationer (till och med år 2006) på cirka 192 000 enheter [36].

För att minska elberoendet för hus med direktverkande el eller i nyproducerade hus finns det all anledning att fundera på att kombinera en pelletskamin med solvärme. För att anpassa pelletskaminen till nyproducerade småhus och dess relativt begränsade effektbehov behövs en viss teknikutveckling av kaminerna. I första hand dess effektagivning men också att kaminerna konstrueras för att öka brukarnas bekvämlighet. Solvärme ger möjlighet till stora bekvämlighetsvinster för brukaren.

### 8.1 Systemuppbyggnad

Vi skiljer här på två typer av kaminer, dels luftkylda och dels vattenmantlade (det vill säga vattenkylda). Den luftkylda pelletskaminen avger värme via konvektion direkt ut i rummet och passar bäst för hus med öppen planlösning. En vattenmantlad kamin överför en del av värmen direkt ut i rummet och en del av värmen överförs via en vattenmantling till en ackumulatortank. Vattenmantlade pelletskaminer fungerar bra i hus med slutna planlösningar, men då bör andelen värme till vattenkretsen vara minst 75 - 80 % [43]. I och med att en del av värmen överförs till en ackumulatortank kan värme distribueras via ett vattenburen värmesystem till de rum som kaminen inte värmer direkt.

#### 8.1.1 Luftkyld pelletskamin

När luftkylda pelletskaminer ska kombineras med solvärme är den enklaste och mest kostnadseffektiva lösningen att ha ett separat solvärmesystem för tappvarmvattenberedning, *se Bild 8.1, sida 91*. Pelletskaminens huvudsakliga uppgift är att värma huset. Solvärmesystemet används för tappvarmvattenberedningen och kan klara upp till drygt hälften av ett normalushålls årliga tappvarmvattenbehov.

**Tips**

Det är viktigt att informera husägaren om kaminens förutsättningar för att klara värmeförsörjningen för att inte skapa missnöje eller att kaminen inte motsvarar förväntningarna.

En pelletskamin kan i allmänhet inte garantera en fullgod värmekomfort i hela huset varför el-radiatorer normalt krävs som komplement. Avgörande för pelletskaminens täckningsgrad av värmebehovet är husets planlösning och möjligheter att hålla innerdörrar öppna, var kaminen placeras och brukarens temperaturkrav i de olika rummen [43].

**Temperaturskillnader mellan olika rum**

För att få en bra värmespridning från pelletskaminen krävs att brukaren accepterar en viss temperaturskillnad mellan det rum där kaminen placeras och övriga rum som ska värmas. Det krävs 2 - 3 °C temperaturskillnad mellan två rum för att få en värmeöverföring på 500 W genom en vanlig dörröppning (bredd 68 cm och höjd 200 cm) [43].

Husets planlösning har stor betydelse för täckningsgraden från en luftkyld pelletskamin. I simuleringsstudier kan intressanta konstateranden göras av hur mycket el som en luftkyld pelletskamin kan spara in under olika förutsättningar. Elbesparingspotentialen för tre olika hustyper med direktverkande elvärme har undersökts i en simuleringsstudie [43]. Ett av husen från 1970-talet har en öppen planlösning där husets alla rum kan nå från det centrala utrymmet som innehåller entré, kök och vardagsrum. Ett annat 1970-tals hus är ett konventionellt 1½-planshus som har en mer sluten planlösning, men alltid öppet mellan kök, vardagsrum och entré. Det tredje huset är byggt i slutet på 1800-talet och har en traditionell korsplanslösning, vilket innebär en riktigt sluten planlösning.

Temperaturinställningarna på de oljefyllda elradiatorerna har varit 22 °C i badrum och WC, 20 °C i kök och vardagsrum samt 19 °C i sovrum och tvättstuga. En pelletskamin placerades i vardagsrummet och styrdes så att den startade vid 21 °C och stannade vid 23 °C.

Resultaten visar att elbesparingsgraden (ELBG) för de olika simuleringsfallen varierar mellan 38 % och 74 % om innerdörrarna i husen hålls öppna hela dygnet. Med stängda innerdörrar blir ELBG lägre (mellan 23 och 43 %). Husets planlösning påverkar kraftigt värmespridningen i huset, vilket får ett genomslag i mängden elbesparing och pelletsanvändning. Slutsatsen är att luftkylda pelletskaminer ger en god inomhuskomfort och kan ersätta nästan all elvärme i hus med direktverkande elradiatorer om planlösningen är öppen (alla rum angränsar mot utrymmet där kaminen är placerad). Vid en mer sluten planlösning blir ELBG lägre (kring 40 till 50 %) [43].

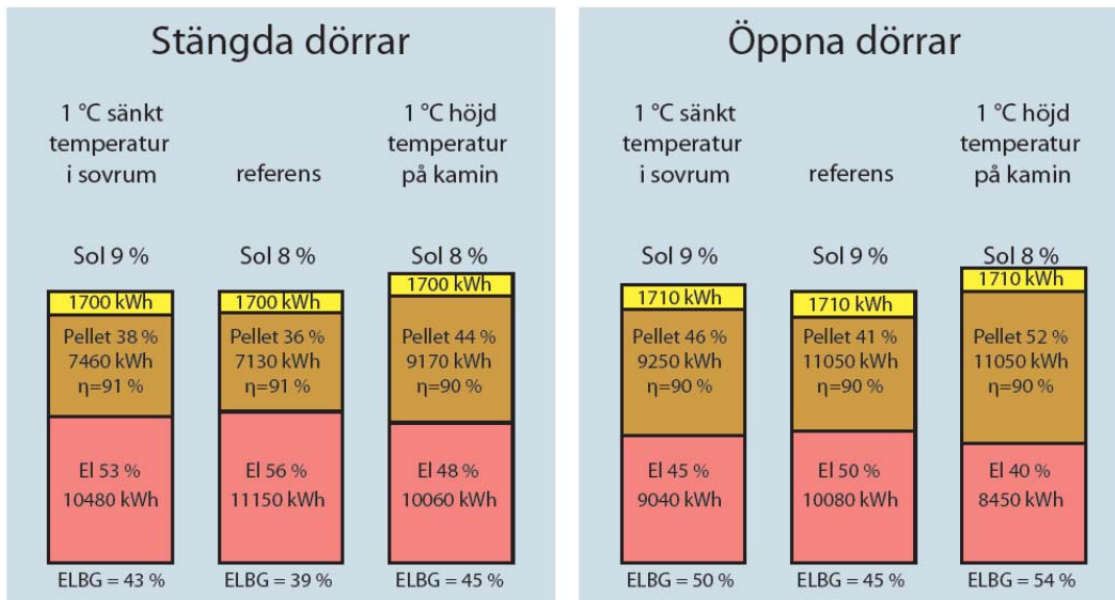
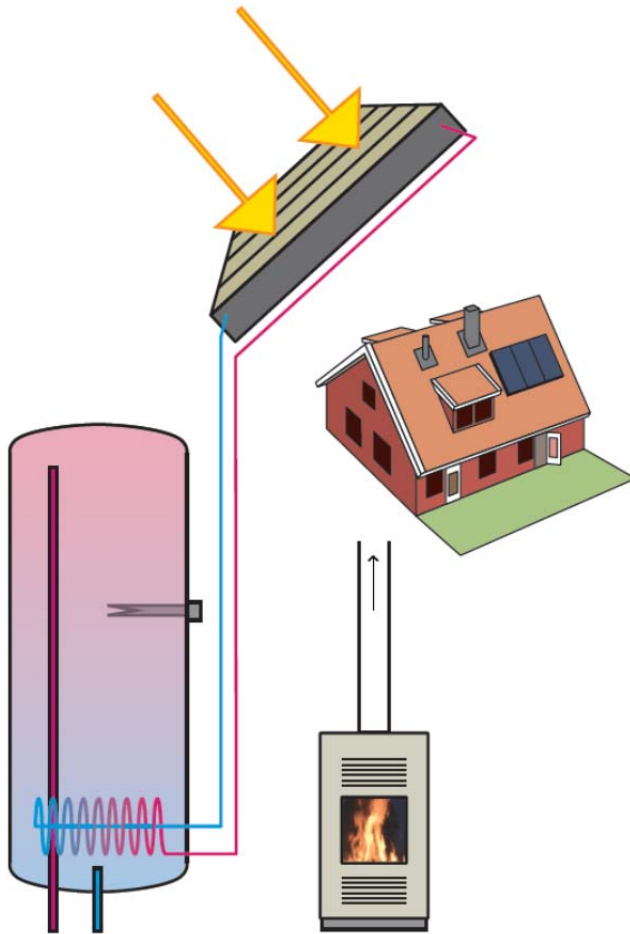
**Bild 8.1** på nästa sida visar hur elbesparingsgraden ELBG varierar för olika temperaturinställningar på elradiatorer och kamintermostat för 1970-talshuset med 1½ plan.

**Tips**

Luftkylda pelletskaminer passar utmärkt för lågenergihus, men det gäller att de placeras rätt i huset och har en effektavgivning och styrning som anpassas efter de förhållandevis låga värmebehoven.

**Tänk på**

Simuleringarna visar att luftkylda pelletskaminer, som är placerade i hus med öppna innerdörrar, får en längre drifttid. Detta påverkar dels elbesparingsgraden, men kan samtidigt skapa övertemperaturer i det rum som kaminen är placerad i [43].

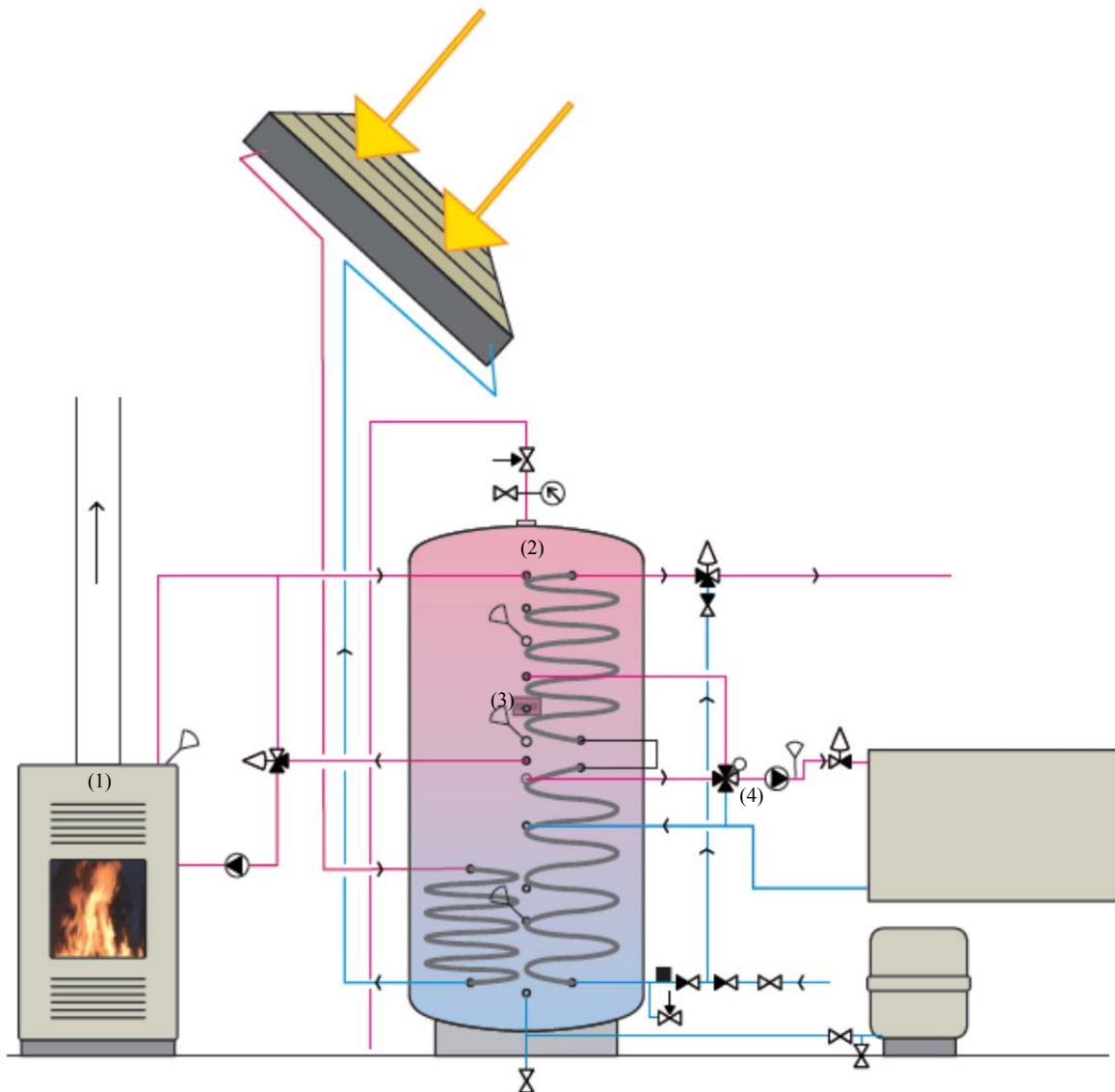


**Bild 8.1**

Bilden visar simuleringsresultaten för direktvärmade småhus med solvärmtd tappvarmvattensystem vid olika temperaturinställningar på pelletskamin och elradiatorer [43]. I det alternativ som redovisas har öppna/stängda dörrar inte så stor inverkan, eftersom vardagsrummet alltid är öppet mot hallen. En grads ökning av temperaturinställningen på kaminen eller en grads sänkning på elradiatorerna ger en besparing på i storleksordningen 1 000 kWh/år.

### 8.1.2 Vattenmantlad pelletskamin

Vattenmantlade pelletskaminer fungerar för alla typer av hus, även de med en sluten planlösning. Täckningsgraden blir hög och därmed blir elbehovet lågt. Tillsammans med solvärme får brukaren ett bekvämt system där sol och pellets i princip kan stå för 100 % av värme- och tappvarmvattenförsörjningen. Vattenmantlade kaminer har en högre investeringskostnad än luftkylda och ställer högre krav på installationen, både vad avser dimensionering, systemutformning och injustering.



#### Bild 8.2

Bilden visar inkopplingsprincipen för en vattenmantlad pelletskamin (1) dockad till en ackumulatortank (2). Elpatronen (3) används främst som backup för att undvika eldning sommartid vilket i annat fall sannolikt medför oönskade temperaturhöjningar i rummet som kaminen är placerad i. En bivalent radiatorshunt (4) prioriterar värme från den solvärmda nivån i ackumulatortanken. **Principschema är förenklat och saknar vissa erforderliga ventiler, kontrollera alltid flödes- och principschema med aktuell leverantör.**

**Tips**

Vattenmantlade pelletskaminer är intressanta för hus med direktverkande elvärme, där ägaren vill konvertera till ett vattenburet system, på samma sätt som systemlösningen är intressant för nyproducerade småhus. Kaminen kräver inget separat pannrum och en marknadsstudie har visat, att potentialen för den här systemlösningen kan beräknas till 40 000 enheter, enbart till befintliga småhus [36].

En vattenmantlad pelletskamin har en inbyggd värmeväxlare för distribution av värme till en ackumulatortank. Det gör det möjligt att distribuera värme i hela byggnaden. Genom att värma en ackumulatortank kan pelletskaminen även stå för värmeförsörjningen i de rum som dess direkta konvektionsvärme inte når (*Bild 8.2, sida 92*). Det är inte lämpligt att bereda tappvarmvatten från pelletskaminen sommartid, eftersom det kan bli övertemperaturer i det rum som kaminen står i. En stor fördel med det här systemupplägget är, att pelletskaminen inte behöver ett separat pannrum, som till exempel en ved- eller pelletspanna kräver.

**Tänk på**

För att uppnå en bra inomhuskomfort är det en fördel om andelen värme som avges till vattenkretsen är hög (>75 %) och att systemlösningen är väl genomtänkt och anpassad efter husets planlösning. Om kaminen styrs av tanktemperaturen finns risk att rumstemperaturen där kaminen är placerad periodvis blir för hög [43].

## 8.2 Systemuppbyggnad - reglering

Det gäller att ha en väl genomtänkt systemuppbyggnad då vattenmantlade pelletskaminer och solvärme ska kombineras genom en och samma ackumulatortank (*Bild 8.2, sida 92*). Det är en hel del att tänka på vid systemutformningen och vad gäller anslutningar för såväl kaminen som för det vattenburna värmedistributionssystemet. Det gäller att balansera värmeavgivningen från pelletskaminen, för att undvika övertemperaturer i det rum kaminen är placerad i. Systemuppbyggnaden måste även ge en bra temperaturskiktning i ackumulatortanken för att optimera utnyttjandet av solvärmens och minimera elanvändningen.

**Tänk på**

I ett vardagsrum där flera personer samlas för att titta på TV är *gratisvärmen* från personer och elektrisk utrustning oftast tillräcklig för att hålla rummet varmt. Om dessutom pelletskaminen startar och avger 1 - 2 kW till rummet (och 6 - 8 kW till vattenkretsen) kan följden bli att det blir för varmt i rummet. Det kan därför vara en stor fördel att placera pelletskaminen i hallen. Där uppehåller sig inte människor, så det gör inget om det blir lite för varmt ibland. Det finns också många dörröppningar till andra rum dit värmen kan spridas [43, 44].

Pelletskaminens framledning (varma ledning) bör i vissa fall anslutas strax under elpatronen om temperaturen från kaminen har en lägre starttemperatur än temperaturinställning på elpatronen. Kaminen kan exempelvis börja leverera värme med en framledningstemp på cirka 60 °C. Är då elpatronen inställd på 65 °C kyls tanken inledningsvis och elpatronen riskerar att starta [43]. Kopplas varma ledningen från kaminen mot tankens topp, måste elpatronens inställning och blandningsventilens temperaturinställning och flödet genom kaminen vara avpassat så att inte utloppstemperaturen från kaminen blir lägre än elpatronens inställning.

Kalla ledningen till pelletskaminen skall placeras en bit nedanför elpatronen och tillsammans med stop-givaren för kaminen. Ju längre ner anslutningarna placeras, desto längre gångtider får kaminen. Det finns dock en risk att solvärmestillskottet påverkas negativt. En optimeringsstudie [65] visar att höga årsprestanda kräver långa gångtider av kaminen och för att åstadkomma detta behöver volymen mellan start- och stoppgivaren vara minst 150 liter. Den uppvärmda volymen från kaminen ökar om anslutningarna till radiatorkretsen och förvärmningslingen flyttas nedåt. Viktigt är att anslutningarna bibehåller sina inbördes placeringar. Den självverkande ventilen vid inloppet till kaminen ska säkerställa att inloppstemperaturen inte blir för låg för att undvika kondens i pelletskaminens konvektionsparti. **Följ leverantörens anvisning om lägsta inloppstemperatur.**

#### **Tänk på**

Ju mindre volym i ackumulatortanken desto längre värmeväxlingsbehovs för tappvarmvattenberedningen. Värmeslingans längd dimensioneras efter önskad tappvarmvattenkomfort och tankstorlek enligt anvisningar i *avsnitt 6.3.3, sida 76*. Alternativt väljs tappvarmvattenautomat eller varmvattenberedare med fördel i små ackumulatortankar, eftersom uppvärmd beredningsvolym då kan minskas [43].

#### **Tänk på**

Använd inte pelletskaminens inbyggda termostat för att driva cirkulationspumpen då kaminen kopplas mot en ackumulatortank. Detta kan leda till kontinuerlig drift av pumpen [43], med ökade skorstensförluster och ökad värmeavgivning till rummet som följd.

### ***Elpatronen***

Elpatronen ska placeras så högt upp som möjligt i ackumulatortanken och ha en inställd temperatur så att tappvarmvattenbehovet täcks och att risken för tillväxt av legionellabakterier undviks. Temperaturnivån ska dock inte vara så hög att temperaturskiktningen störs eller förutsättningarna för solvärmens försämrats. Det innebär i praktiken att temperaturinställningen ska vara cirka 60 °C. Mätningar har visat att elpatronen ibland startar när solkrets-pumpen startar, genom att solslingan värmer tanken och skapar omblandning [30]. Det finns lite olika sätt att undvika detta, ett förslag är att styra elpatronen med en givare placerad strax ovanför värmelementet.

### ***Cirkulationspump i kaminkretsen***

Om kaminens cirkulationspump styrs av en inbyggd vattentermostat, som ställs på för låg temperatur, är det inte säkert att cirkulationspumpen stannar när förbränningen i pelletskaminen upphör. Cirkulationspumpen behöver visserligen transportera bort restvärme från kaminen under nedsläckningsfasen, men kan mycket väl fortsätta att gå under lång tid eftersom värmen från ackumulatortanken kan fortsätta att hålla pelletskaminen varm. Detta leder till att värme kommer att förflyttas från ackumulatortanken till pelletskaminen, med ökade skorstensförluster och ökad värmeavgivning till rummet som följd [43]. Cirkulationspumpen måste styras av brännarstyrningen, eller av en rökgastermostat, alternativt en separat differenstermostat, som gör att pumpen är i drift endast då vattentemperaturen i kaminen är högre än i tanken.

Om cirkulationspumpen styrs av brännarstyrningen behöver den vara i drift under nedsläckningsfasen för att inte riskera överhettning i vattenkretsen. En tidsfördröjd stoppfunktion kan då användas.



**Tips**

Styrning av framledningstemperaturen i radiatorkretsen med inomhustermostat har fördelen att värmeförlusten till radiatorerna (eller annan vattenburen värmedistribution) sänks vid passiv solinstrålning genom fönster, eller interna värmeförluster från människor och maskinell utrustning, alternativt vid direktvärme från kaminen. Det är normalt termostaterna på radiatorerna som ska strypa värmeförlusten vid för hög rumstemperatur. Det fungerar enbart om de är korrekt inställda, vilket sällan är fallet i praktiken.

Genom att flytta utloppet till kaminen och den undre anslutningen till radiatorshunten till en lägre nivå i ackumulatortanken skapas en större buffert av varmt vatten från kaminen. Det minskar risken för att elpatronen startar vid en varmvattentappning, men detta minskar solvärmeförlustet märkbart i en så pass liten tank som 330 liter [43]. Nya simuleringsresultat [65] visar att det ändå kan vara fördelaktigt, eftersom pannverkningsgraden ökar vid längre drifttid av kaminen, så att det mer än väl kompenserar det minskade solvärmeutnyttjandet.

**Tips**

Genom att använda kaminer med hög andel av värmeavgivningen till vattenkretsen (över 75 %) skapas i regel en bättre inomhuskomfort [43].

I ackumulatortanken lagras värme från såväl elpatron, pelletskamin som solfångarna. För att minimera elanvändningen ska pelletskaminens drift maximeras, vilket kan ske genom att kaminen enbart styrs av tanktemperaturen. Ett visst tillskott från elpatronen krävs ibland för att upprätthålla varmvattenkomforten sommartid då kaminen bör vara avstängd av komfortskäl.

**Start och stopp av kaminen**

Temperaturnivån bör ställas så att kaminen startar då temperaturen vid startgivaren är cirka 5 °C högre än elpatronens avslagstemperatur, det vill säga cirka 65 °C (om elpatronens avslagstemperatur är 60 °C). Anledningen är, att det bör finnas en buffert, så att inte elpatronen startar för minsta lilla tappvarmvattenanvändning [43]. Kaminen ska sedan stanna då temperaturen vid kaminens stopp-givare är ett antal grader högre, till exempel 70 °C. För att förlänga drifttiden kan stopp-temperaturen ökas och detta kan öka verkningsgraden för kaminen enligt [65], men samtidigt ökar rumstemperatursvängningarna, vilket ger sämre komfort [43]. En begränsning av driften vid hög rumstemperatur ökar elbehovet och riskerar att öka antal start och stopp [43]. En sådan funktion bör endast användas när man ska uppehålla sig i samma utrymme som kaminen, till exempel i ett TV-rum. För att minska problematiken med varierande rumstemperatur kan det därför var en fördel att placera kaminen till exempel i hallen, där man inte vistas långvarigt.

**Tänk på**

Om pelletskaminen inte styrs av rumstemperaturen utan enbart av tanktemperaturen kommer dålig systemfunktion att visa sig som hög rumstemperatur där kaminen är placerad istället för hög elanvändning. Båda är egentligen lika illa och bör undvikas. Det kan lösas genom att tillräckligt hög andel av värmen avges till vattenkretsen från kaminen [43].

Kaminens verkningsgrad kan öka med modulerande styrning. Huvudskälet är att antalet start och stopp minskar. Verkningsgraden ökade i en simuleringsstudie med mellan 1 och 11 procentenheter [44] med modulerande drift för vattenmantlad kamin jämfört med ON/OFF drift, men andelen värme till vattenkretsen minskade kraftigt. Antalet start och stopp minskades, och CO-utsläppen kunde minskas med upp till 28 %.

### 8.3 Inomhuskomfort

För att på bästa sätt tillvarata den direkta värmeavgivningen från pelletskaminen bör den placeras centralt i huset. För en bra inomhuskomfort bör kaminen avge minst 75 % av värmeomvandlingen till vattenkretsen [45]. Med så hög andel minskar risken för att det bli för varmt i det rum som kaminen placeras i. En hög andel värmeöverföring till ackumulatortanken ger också möjlighet att bättre styra värmeförseln i huset, genom att värmen kan distribueras via ett vattenburet system till de rum, som kaminen inte når med sin direkta värmeavgivning.

En modulerande styrning av kaminen innebär längre brinntider med färre starter och stopp. Detta ökar komforten och mysfaktorn, eftersom rumstemperaturen hålls på en jämnare nivå [43]. Dock minskar andelen värme till vattenkretsen med en sådan driftstrategi.

#### Tips till leverantören!

Uppmana kunderna att alltid besöka ett referensobjekt där den pelletskamin som avses inköpas finns placerad i verklig miljö. Be kunderna lyssna av hur kaminen låter och att de bildar sig en uppfattning om hur kaminen ska skötas (till exempel matning av bränsle och uraskning), allt för att investeringen ska motsvara förväntningarna.

Vardagsrummet är i de flesta fall den naturligaste placeringen för kaminen. Den tekniskt bästa lösningen kan lika gärna vara i en hall eller entré. I en hall finns generellt många dörröppningar till olika rum dit luften kan föra värmen och det kan vara fördelaktigt [44]. Om ljudnivån skulle upplevas störande, eller om det skulle bli för varmt där kaminen står, ger det mindre obehag i en hall. Kaminen bör definitivt inte placeras på övervåningen i 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-planshus, eftersom varmluft inte sprids nedåt.

### 8.4 Generella rekommendationer

När en konsument står inför en investering av en pelletskamin gäller det, att kunden noggrant funderar igenom förutsättningarna och vilken kravbild som ställs på utrustningen. Generellt lämpar sig pelletskaminer utmärkt för hus med direktverkande elvärme där ambitionen är att minska elberoendet. Även vid nyproduktion är pelletskaminer intressanta ur många aspekter.

Hustypen och dess planlösning har en avgörande betydelse för funktion, drifekonomi och inomhusklimat. I allmänhet får pelletskaminen en bättre värmespridning i hus med öppen planlösning än i hus med flera plan och rum med stängda dörrar. Hus med öppen planlösning mellan kök, vardagsrum och hall och där samtliga utrymmen kan nås via endast en dörröppning har goda möjligheter att värmas nästan helt med en luftkyld pelletskamin [43, 44]. Det är också viktigt för värmespridningen att innerdörrar i möjligaste mån hålls öppna. För bästa driftresultat är det av stor betydelse var kaminen placeras i huset. Kaminen bör placeras i ett stort rum där det finns flera öppningar till andra rum. Hallen kan också vara en bra placering, då den ofta gränsar mot många rum och eftersom man inte uppehåller sig i hallen, gör det inget om det periodvis blir lite för varmt [43].

**Tips**

Att kombinera pelletseldning med solvärme är ur många aspekter lämpligt. Genom att eldningssäsongen i det närmaste kan halveras ökar bekvämligheten för brukaren högst påtagligt. Systemverkningsgraden förbättras vilket ger bättre driftekonomi. Förutsättningarna för ett bättre inomhusklimat ökar också i och med att man inte behöver elda tidig vår och sen höst när värmebehovet är relativt begränsat.

När det gäller att konvertera direktverkande elvärme i befintliga småhus ger luftkylda pelletskaminer bra ekonomiska villkor. Det blir en förhållandevis enkel installation och om huset har en öppen planlösning kan elbesparingsgraden nå upp till 75 % [43]. En luftkyld pelletskamin kan kombineras med solvärt tappvarmvattensystem som täcker cirka halva varmvattenbehovet.

**Tänk på**

Ett fullt utbyggt vattenburet värmesystem kräver en pelletskamin med hög andel värme till vattenkretsen (över 75 %). Med ett sådant system kan nästan all el för uppvärmning ersättas med pelletseldning. Det ger goda förutsättningar för ett bra inomhusklimat [43].

**Tänk på**

Andelen värme till vattenkretsen blir lägre över året än vad kaminen avger vid drift på full effekt. En kamin med maximal värmeavgivning till vattenkretsen på 75 % avger inte mer än 60 till 65 % till vattenkretsen över året. En kamin som endast avger 40 % till vattenmantlingen kommer inte upp till mer än 25 till 30 % på årsbasis till vattenkretsen [43]. Med längre drifttider på full effekt, som kan uppnås om kaminen enbart styrs på tanktemperaturen, blir andelen värme till vattenkretsen högre.

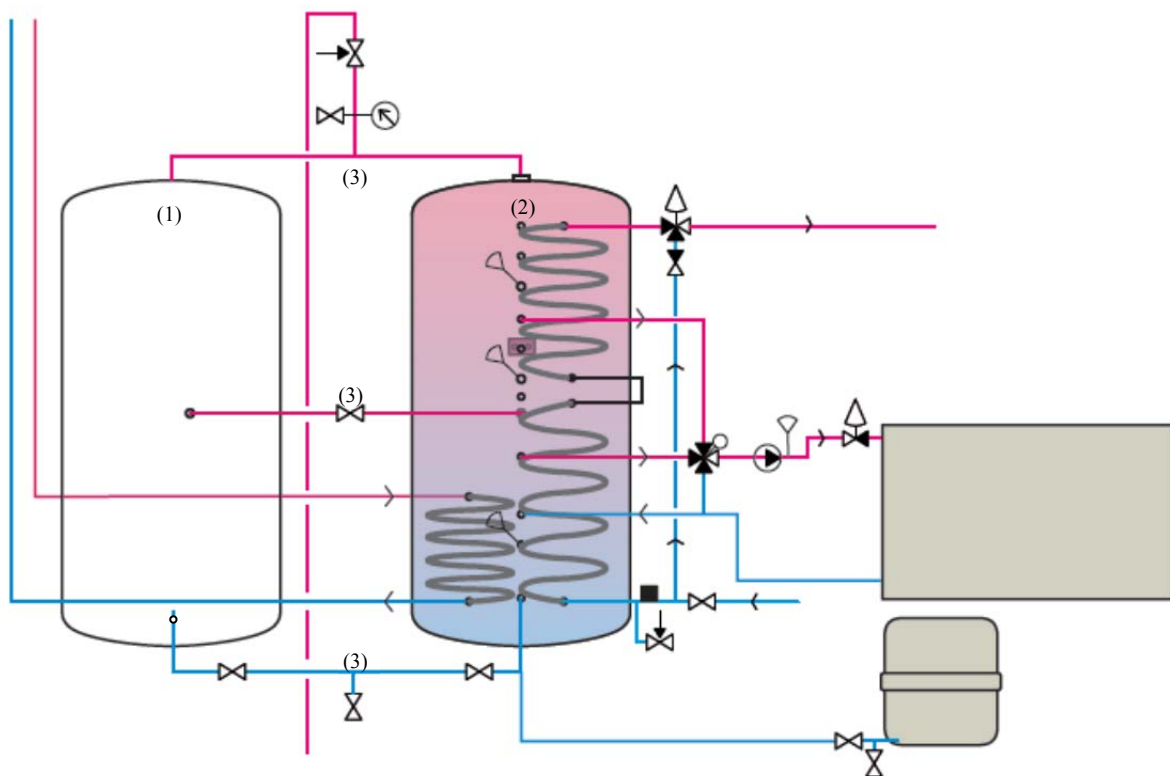


## 9 VEDPANNA OCH SOLVÄRME

Att kombinera solvärme med vedeldning har i Sverige, historiskt sett, varit ett av de vanligaste kombinationssystemen där solvärme ingår. Anledningarna är många. För det första har hushåll med vedpannor i regel en ackumulatortank. Då är det relativt enkelt och kostnadseffektivt att ansluta solvärmen. För det andra känner vedeldare en stor ökning av bekvämlighet om eldningssäsongen kan halveras. Med 10 - 15 m<sup>2</sup> solfångare kan 20 - 30 % av årsbehovet av ved sparas in och eldningssäsongen kan minska med 4 - 6 månader. I och med att solvärmen ersätter låglasteldningen sommartid ökar i allmänhet systemverkningsgraden betydligt.

### 9.1 Slavtank

Om en vedpanna ska kombineras med solvärme kan det behövas större ackumulatortank än vad solfångaren kan värma. I det fallet kan volymen utökas med en så kallad slavtank för att anpassas till vedpannans eldstadsvolym (Se **Bild 9.1** nedan).



**Bild 9.1**

Figuren visar ett system med så kallad **slavtank** (1) och **tekniktank** (2) för ackumulatorsystem med vedpanna. Sommartid är slavtanken (1) avstängd och solvärmen värmer endast tekniktanken (2). Vintertid är ackumulatortankarna parallellkopplade så att vedpannan kan ladda båda ackumulatortankarna. Det ska finnas tre förbindelser i höjded (3) mellan tankarna för att skiktningen ska fungera tillfredsställande.

**Tänk på**

Solvärme har en ganska tuff konkurrenssituation vad gäller bränslekostnader för vedeldare. För de som köper sin ved kan kostnaden beräknas till 25 - 30 öre per kWh. För de som har egen tillgång på ved kan hanteringskostnaden beräknas till 10 - 15 öre per kWh, utan hänsyn tagen till eget arbete. Under sommaren har vedeldningen en verkningsgrad som ofta ligger under 50 %. I vissa fall hamnar verkningsgraden så lågt som 25 %. Det gör att kostnaden per kWh varmvatten på sommaren kan hamna en bit över 50 öre/kWh, utan att hänsyn har tagits till det egna arbetet. Den allra största vinsten för vedeldaren är dock att eldningssäsongen halveras!

I de fall solvärme ska anslutas till en befintlig vedpanna och ackumulatortank är det viktigt att solfångararean anpassas till ackumulatorvolymen. Det är också väsentligt att värmeförlusterna från ackumulatortanken inte är för stora. Särskild noggrannhet i systemutformningen måste iakttas om solvärmens ansluts till större ackumulatorvolym (>1 000 liter).

Om ackumulatorvolymen delas upp i en tekniktank och en slavtank enligt **Bild 9.1, sida 99** kan volymen säsonganpassas. Slavtankens volym anpassas efter vedpannans volymkrav under eldningssäsongen och tekniktanken anpassas efter solfångararean under sommarhalvåret. Standardiserade system för detta finns på marknaden.

**Tänk på**

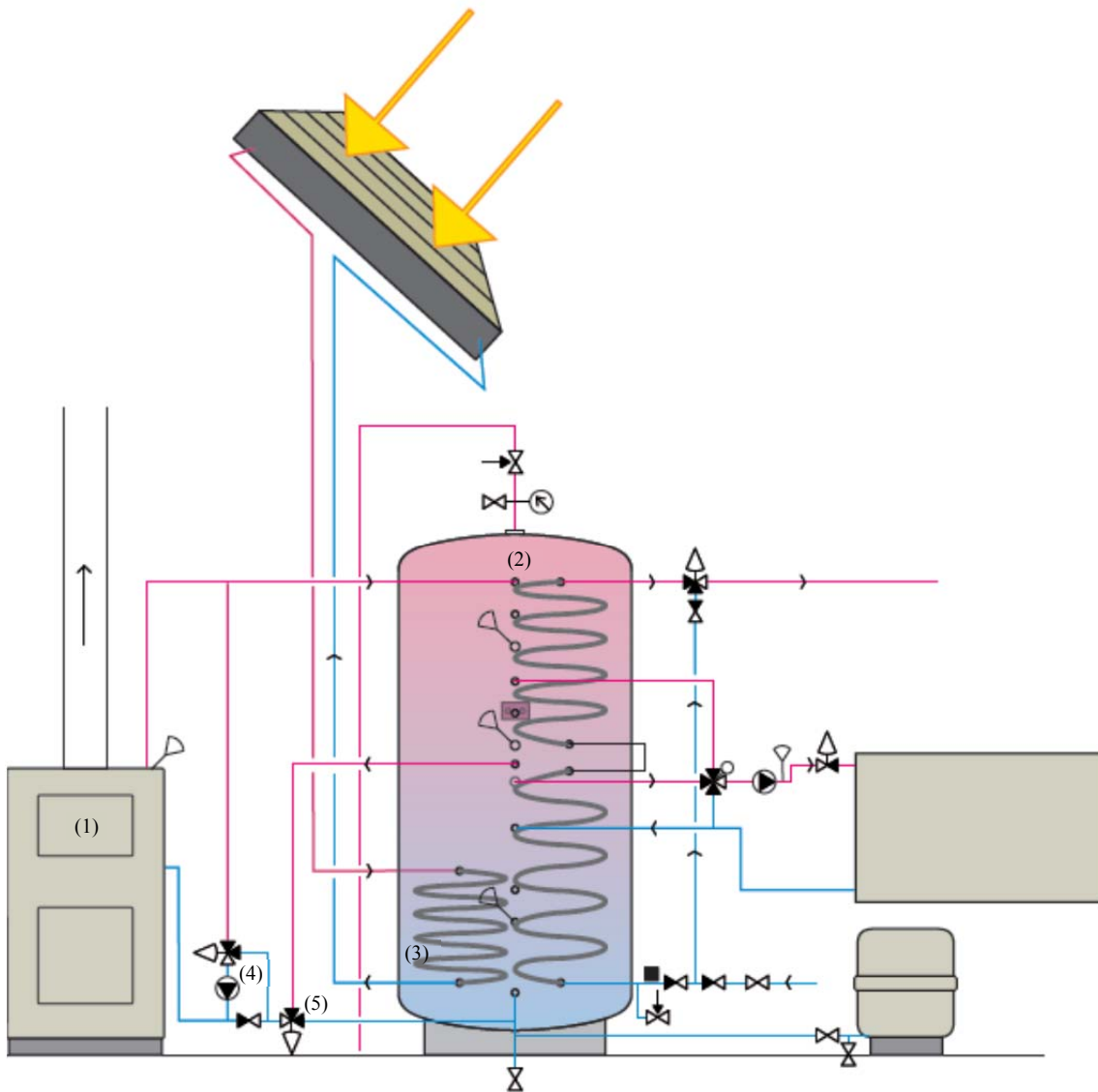
Om ackumulatortankvolymen består av en enhet som är på 1 000 liter eller större är det väsentligt att värmeförlusterna begränsas i möjligaste mån (*se rekommendationer i avsnitt 5.5, sida 66*). Det är också viktigt att solkretsen kopplas in på rätt sätt. Det gäller till exempel att solvärmens laddar in värmen på ett sådant sätt, att övrig tillsatsvärme i tankens överdel stängs av så snabbt som möjligt.

## 9.2 Generella rekommendationer

Generellt råder det en volymkonflikt när solvärme ska kombineras med en vedpanna med en maxeffekt som är större än >20 - 25 kW. Ackumulatortankvolymen för konventionella vedpannor brukar sällan understiga 1 500 liter. För solfångare rekommenderas (beroende på systeminkoppling och prestanda) 75 – 100 liter per m<sup>2</sup> solfångare [24]. Det innebär att 10 - 12 m<sup>2</sup> solfångare rekommenderas till ackumulatorvolym i spannet 750 – 1 200 liter. Ett enkelt sätt att kringgå volymkonflikten är att dela upp ackumulatortankvolymen i två eller flera enheter. Då kan en tekniktank dimensioneras efter solfångarnas volymkrav (till exempel 500 – 1 000 liter) och en eller flera slavtankar (enbart för volymökning) kan sedan anpassa volymen till de krav, som vedpannan ställer. I tekniktanken växlas solvärmens in och härifrån styrs värmedistributionen och varmvattenberedningen. På så vis volymanpassas systemet samtidigt som värmeförlusterna sommartid kan begränsas genom att slavtanken kopplas ifrån (**Bild 9.1, sida 99**).

**Tänk på**

Stora volymer får stora värmeavgivande ytor. Ju större ackumulatortankvolym desto viktigare med en genomtänkt isolering, hur röranslutningarna är placerade och utförda. Det finns flera exempel när värmeförlusterna från ackumulatortanken överskrider värmeförlusterna från solvärmesystemet [13, 51].



### Bild 9.2

Bilden visar ett exempel på lämplig inkoppling av en vedpanna (1) till en ackumulatortank (2) försedd med solvärmslinga (3) (Slavtank behövs i regel enligt Bild 9.1, sida 99). I pannans laddkrets sitter förutom den traditionella laddmaten (4) även en blandningsventil (5) som växlar över till den undre anslutningen (6) då temperaturen överstiger cirka 65 °C. Om eldningen begränsas då det inte råder fullt värmebehov (under vår och höst) behåller tanken en låg temperatur i bottenkiktet, vilket förbättrar driftförutsättningarna för solvärmen. Ska ackumulatortanken anslutas till en slavtank bör det ske med minst tre överkopplingar mellan tekniktanken och slavtanken, för att få en bra temperaturskiktning när båda ackumulatorvolymerna utnyttjas.

#### Tips

Det finns flera skäl till att ackumulatortankvolymen dimensioneras för att klara att ta emot den energimängd som ett fullt vedinlägg i vedpannan motsvarar. En tumregel säger att ackumulatortankvolymen ska vara 18 gånger större än vedpannans eldstadsvolym. Det innebär att en eldstadsvolym på 100 liter kräver en ackumulatortankvolym på 1 800 liter eller mer. **Metodik för att dimensionera panneffekt och ackumulatortankvolym redovisas i vedpärmen** [38].

#### Tips

Det finns inget värmesystem, som får så låga bränslekostnader, som när solvärme och vedeldning kombineras.

**Tips**

Akkumulatortankens volym (för vedpannor i småhus) bör dimensioneras för att klara värmebehovet under ett vinterdygn (vid en utomhustemperatur på 0 till minus 10 °C) per eldningstillfälle. Akkumulatorvolymen dimensioneras då efter byggnadens värmeeffektbehov vid den lägsta utomhustemperatur som man ska klara med ett eldningstillfälle per dygn. *Metodik för att dimensionera akkumulatortankar redovisas i vedpärmen* [38].

Generellt är det bra om vedpannan under vår och höst inte laddar värmen med anslutning till akkumulatortankens botten, då detta leder till att tankens nedre del kommer att värmas av pannan och försämra förutsättningarna för solvärmens. *Bild 9.2, sida 101* visar en specialin-koppling av vedpannan. Där laddas den övre delen av tanken först, utan att tankens undre del påverkas. När temperaturen vid ventilen (5) är högre än cirka 65 °C kommer reglerventilen att blanda in vatten även från tankens nedre del så att hela tanken laddas. Därigenom bevaras skiktningen i tanken och om eldningen avbryts i förtid finns kallt vatten kvar i tankens botten.

**Tips**

Merkostnaden för solvärme i samband med inköp av en vedpanna begränsas genom att akkumulatortankar ändå ingår i upphandlingen. Det finns standardiserade system där solvärme och vedeldning kombineras för-tjänstfullt och där brukaren får en bra kombinationslösning med hög grad av bekvämlighet till låga driftkostnader.



## 10 LOKALELDSTÄDER OCH SOLVÄRME

Ett av de mest kostnadseffektiva sätten att minska elberoende i hus med direktverkande elvärme är att investera i en lokaleldstad. Till kategorierna lokaleldstäder hör kakelugnar, täljstensugnar, braskaminer och öppna spisar. Under förutsättning att brukaren är en flitig eldare och accepterar vissa innetemperaturvariationer går det att uppnå nästan samma elbesparingsgrad som med en luftkyld pelletskamin.

### Tänk på

Generellt har braskaminer och andra lokaleldstäder långt högre effektavgivning än värmebehovet för ett småhus. Av det skälet är det en stor fördel med ”tung” eldstäder (kakelugn eller täljstenskamin) eller att man använder en vattenmantlad eldstad. I likhet med pelletskaminerna är det då viktigt att lokaleldstaden har en hög andel värme till vattenkretsen för att minska risken för övertemperaturer i huset. Ett fullt utbyggt vattenburet värmesystem kräver också en hög andel värmeavgivning till vattenkretsen. Med ett sådant system kan nästan all el för uppvärmning ersättas med vedeldning till väldigt låga kostnader och med ett bra inomhusklimat, men det kräver ett idogt eldande.

Luftkylda och enkla lokaleldstäder (till exempel braskaminer) har relativt låga investeringskostnader vilket gör dem lönsamma med korta återbetalningstider. Det gäller dock att vara medveten om, att de kräver en stor insats av brukaren, då de ger värme endast så länge de eldas, vilket kan förorsaka stora innetemperaturvariationer.

### Tänk på

Välj lokaleldstäder som är anpassade effektmässigt efter de värmebehov som råder. I nya hus med relativt låga effektbehov har braskaminer utan vattenmantel alldeles för hög effektavgivning.

En stor fördel med lokaleldstäder är att dessa kan placeras i boendep Janet och därmed behövs inget utrymme för något separat pannrum. Lokaleldstaden har också en mysfaktor och hushållet blir betydligt mindre sårbart för elavbrott och minskar samtidigt sitt beroende av el. Förutom målgruppen hus med direktverkande el är den här systemlösningen intressant för nyproduktion genom att en vattenmantlad lokaleldstad ökar möjligheten att sprida värme i huset. Den värme som inte används direkt (via konvektion) kan via vattenmantlingen ledas till en ackumulatortank. Från tanken kan sedan värme distribueras ut till de rum som lokaleldstaden inte når direkt. I tanken kan också tappvarmvatten beredas med värme från lokaleldstaden. På det här sättet blir täckningsgraden hög och i kombination med solvärme minskar behovet av köpt energi markant.

### Tänk på

En braskamin har i regel en relativt hög effektavgivning, vilket kan medföra allt för höga inomhustemperaturer som en följd av intensivt eldande. En tung eldstad (till exempel en kakelugn eller täljstensugn) har en betydligt lägre effektavgivning, som avges under en längre tid. Det gör eldningen mer bekväm då brukaren kan braselda (elda med full effekt) intensivt ett antal timmar och lagra in värmen i massan för en mer återhållsam återstrålning (värmeavgivning) efter eldandet. Eftersom värmeavgivningen sker med lägre effekt minskar risken för onödigt hög inomhustemperatur. En annan fördel med kakelugnen är, att förbränningen i allmänhet kan hållas vid hög och jämn temperatur, vilket bör öka verkningsgraden och minska utsläppen av emissioner. Miljögodkända vedpannor kopplade mot ackumulatortank ger de lägsta emissionerna vid vedeldning [62].

**Tänk på**

Eldstadens effektavgivning till vattenmantlingen är dimensionerande för ackumulatortankens volym. För moderna småhus och nyproduktion är det lämpligt att välja vattenkylda lokaleldstäder med effekter omkring 5 - 7 kW. I det här effektspannet passar det bra med ackumulatortankvolymerna omkring 300 - 500 liter. Ackumulatortankar med den volymen kan byggas in i modulmått 60 x 60 cm. Till den här volymen passar det bra med solfångare på 4 - 6 m<sup>2</sup>, beroende på systemlösning och val av solfångare.

Är ambitionen att minska behovet av elvärme, är det lämpligt att välja en vattenmantlad eldstad i kombination med solvärme. Solvärmens kompletterar en vattenmantlad eldstad på ett bra sätt. När det inte råder värmebehov är det inte lämpligt att elda. Det innebär att solvärmens dimensioneras för att klara värmelasten under sen vår och tidig höst samt tappvarmvattenbehovet sommartid. På så vis kompletterar solvärmens en vattenmantlad eldstad på ett förtjänstfullt sätt.

**Tänk på**

Braskaminer kombinerat med golvvärme kräver god reglering för att skapa ett bra bränsleutnyttjande och en bra inomhusmiljö.

## 10.1 Generella rekommendationer

En stor skillnad på en lokaleldstad och en pelletskamin är, att den senare kan termostatstyras efter effektbehov och även gå mer eller mindre kontinuerligt utan tillsyn. En lokaleldstad har ett helt annat behov av tillsyn och skötsel än en pelletskamin. För den som söker ett bekvämt värmesystem är pelletskaminen ett bättre val. Fördelen med lokaleldstaden är, att bränslet (veden) är betydligt billigare och mer stabilt i pris än pellets.

**Tips**

Lokaleldstäder får i allmänhet en kortare eldningssäsong eftersom de har en högre effektavgivning. Det gör kombinationen med solvärme än mer intressant.

**Tips**

För de som eftersträvar riktigt låga driftkostnader och har tillgång till egen ved och tid att handha eldandet är en vattenmantlad lokaleldstad i kombination med solvärme mycket intressant ur ekonomisk synvinkel! Ved som köps i små säckar kan dock i många fall ge ett lika högt bränslepris som elvärme.

**Tänk på**

Eftersom en lokaleldstad enbart ger värme i den omfattning som den eldas, bör den ses som en kompletterande värmekälla. En vattenmantlad kökspanna eller kamin kan dock täcka hela värmebehovet vintertid om den eldas dagligen, med tillräckligt många inlägg under dagen. För många är det inte rimligt att elda under nästan hela dagen och bära in all den ved som behövs i kök eller vardagsrum. Det är viktigt att beakta att en stor del konvektionsvärme från eldstaden överförs i bostaden i samband med eldningen. Därför bör den temperaturnivå, som värmedistributionssystemet ska hålla, ställas så lågt som möjligt efter de komfortkrav som ställs.

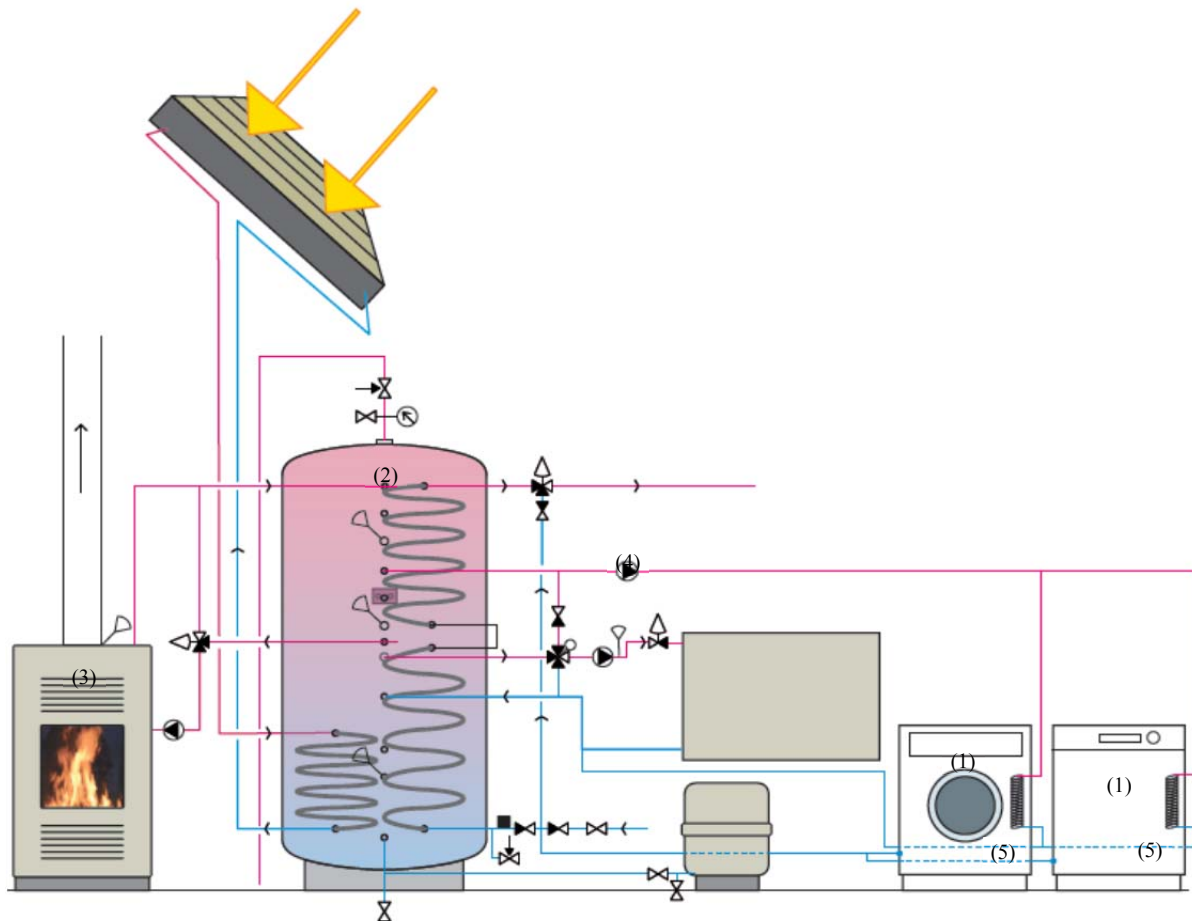
**Tänk på**

För att få hög verkningsgrad och låga emissioner ska veden vara torr. Det brukar rekommenderas att den ska torka i två år. Veden torkar bäst på våren och därför bör den vara nykluven i samband med att snön smälter bort. Det finns relativt billiga mätinstrument för att mäta fukten i ved.

## 11 VÄRMEDRIVNA VITVAROR

Värmedrivna vitvaror är benämningen på en teknik som innebär att vitvarorna (disk, tvätt, tork) kan värmas med varmt vatten istället för med el. Maskinerna har då en inbyggd värmewäxlare som värmer disk- och tvättvattnet samt luften i torktumlaren [6, 47, 48]. **Bild 11.1** visar hur maskinerna kan kopplas in till en ackumulatortank.

Tekniken har kommersialiserats i ett **Fjärrsyn-projekt** för fjärrvärmeändamål [8], men tekniken passar lika bra i småhus med sol- och bibränsle. Syftet är framförallt att öka värmebehovet under sommarhalvåret, så att värmeunderlaget för solvärmeanläggningen ökar. Studier har visat att över 50 % av det ökade värmebehovet med värmedrivna vitvaror kan täckas med solvärme i ett svenskt kombisystem [48]. Solfångararean kan i de här fallen utökas med 2 - 3 m<sup>2</sup> och på så sätt kompensera för den ökande värmelasten från disk, tvätt och tork. I passivhus och hus där man vill uppnå en hög grad av självförsörjning, så kallade nollenergi-hus och plusenergi-hus, är tekniken också intressant.



**Bild 11.1**

Anslutning av värmedrivna vitvaror (1) till ackumulatortank med solvärme (2) och vattenmantlad pellets-kamin (3). Cirkulationspumpen (4) startar när någon av vitvarorna kallar på värme och en magnetventil i maskinen öppnar och släpper på oshuntat varmvatten från ackumulatortanken till värmewäxlarna i maskinerna (5).



## 12 VÄRMEPUMP OCH SOLVÄRME

Intresset för kombinationslösningar mellan värmepump och solvärme har under senare år ökat. I allt större utsträckning utvecklas en standardiserad teknik där solkretsens utrustning integreras i värmepumpen från fabrik. Ett flertal större och etablerade värmepumpsföretag erbjuder idag solvärme till sina värmepumpar. Genom denna utveckling och standardisering säkras funktionen samtidigt som installationsarbetet förenklas. Detta sänker i förlängningen merkostnaden för solvärmens, som därmed ökar sin konkurrenskraft i den här typen av systemlösningar.

Det har genomförts två omfattande forskarstudier kring kombinationen solvärme och bergvärme [22, 60]. Resultaten är likartade och visar att om solvärmens enbart används för att värma borrhålet och förångaren i korrekt dimensionerade anläggningar, så riskerar elanvändningen för cirkulationspumpen att överstiga elbesparingen från kompressorn. Mycket energieffektiva cirkulationspumpar måste i sådana fall användas. Den enskilt största besparingen med solvärme i bergvärmeanläggningar uppnås om varmvatten produceras under sommaren eller om borrhålet är för kort så att temperaturen gradvis sjunker för varje år och solvärmens då används för att återladda borrhålet. Återladdning görs då helst med oglasade solfångare som inte skadas om det uppstår kondensation enligt **Bild 12.1, sida 108**. Solvärme för varmvattenproduktion sker med glasade solfångare.

Genom att kombinera oglasade solfångare för återladdning av borrhålet och förvärmning av förångaren och glasade solfångare för varmvattenproduktion kan man teoretiskt nå besparingar upp mot 20 % för system med enstaka borrhål [61]. Fördelen med oglasade solfångare är ett lägre pris och att kondensation på absorbatoren inte skadar solfångaren.

Ingen vetenskaplig studie har genomförts av kombinationen ytjordvärme och solvärme, men här är temperaturerna i marken lägre, speciellt på våren, så återladdning med solvärme kan tänkas göra en större nytta.

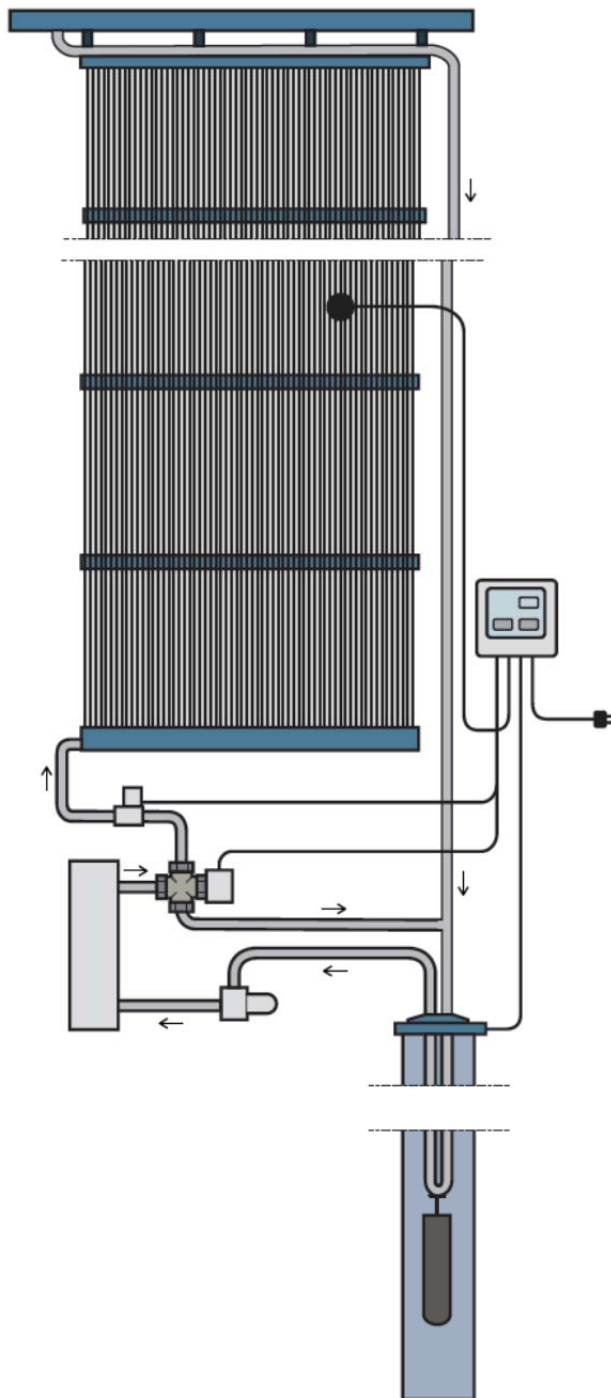
### Tänk på

En solvärmeanläggning konkurrerar med värmepumpens rörliga kostnad, det vill säga en tredjedel av elpriset. Det innebär att om elpriset är 150 öre per kWh bör solvärmens kostnader ligga kring 50 öre per kWh för att vara konkurrenskraftig.

En av vinsterna med att använda solvärme i kombination med värmepump är att drifttiden för kompressorn sänks i motsvarande grad som solvärmens genererar värme. I kombination med berg- eller ytjordvärmepumpar innebär också den inbesparade drifttiden att värmelagret (borrhålet alternativt marklagret) kan återhämta sig under den tid som solvärmens står för värmeförsörjningen.

### Tips

I takt med att solcellstekniken utvecklas och blir allt mer konkurrenskraftig är det tänkbart med en utveckling av värmepumpar som drivs av solceller. På så vis kan husägaren mer eller mindre bli självförsörjande av värme och tappvarmvatten. En förutsättning för detta är emellertid, att elnätet blir tillgängligt och kan balansera det överskott av el, som produceras sommartid, mot det underskott som uppstår under vinterhalvåret. Det finns exempel på den typen av installationer i Sverige som brukar kallas nollenergihus eller plusenergihus.

**Bild 12.1**

*I de fall borrhåls- eller marklagertemperaturen kontinuerligt sjunker kan enkla, lågtemperatursolfångare användas för att öka temperaturen på köldmediet. Köldmediet kan helt enkelt direkt ledas genom en lågtemperatursolfångare (liknande de solfångare som används för uppvärmning av utomhusbassänger eller en svart plastslang) som höjer temperaturen på köldmediet och därmed ökar värmepumpens värmefaktor (verkningsgrad). Det gäller att veta hur kretsen ska kopplas in och regleras, **följ alltid leverantörens anvisningar noggrant!***

Systemkombinationerna utvecklas allt mer. Det finns idag värmepumpsleverantörer som erbjuder kombinationssystem med solvärme, där solkretsen, förutom att bereda tappvarmvatten, hjälper till att höja temperaturnivån på köldmediet och återladda borrhål och marklager.

Generellt kan en solvärmeanläggning bidra med 40 - 60 % av en normalfamiljs tappvarmvattenbehov. Förutom detta finns det möjlighet att öka värmepumpens värmefaktor genom att förvärma köldmediet, men enligt forskningsresultaten [22, 60] är det stor risk att driftel till

pumpar överstiger elbesparingen för kompressorn. Det gäller att vara uppmärksam på att kompressorn är känslig för temperaturer som överstiger cirka 20 °C och att glasade solfångare kan få kondens på absorbatoren, om de körs under dagtemperaturen. Med andra ord krävs det noggrann och säkerställd reglering av solkretsen och förvärmningen av köldmediet, för att inte förorsaka skador på solfångare och kompressor.

**Tänk på**

Återladdning av borrhål med solvärme är motiverat endast om temperaturen i borrhålet sjunker kontinuerligt eller om det är aktuellt att byta ut värmepumpen till en enhet med högre effekt än en tidigare. I båda fallen kan borrhålet vara för kort, vilket innebär att solvärmens kan kompensera detta och vara ett billigare alternativ än att borra ett nytt hål [22, 23].

Glasade solfångare får aldrig arbeta med en undertemperatur mot omgivande luft så att det finns risk för kondens på absorbatoren i solfångaren. I princip bör temperaturen upp till glasade solfångare aldrig understiga 20 °C och detta bör styras med en shuntventil. Vattnet till värmepumpens förångare måste också shuntas, så att maximal temperatur inte överskrids. Det gäller med andra ord att ha ett styrsystem som gör att det inte finns någon risk för att komponenterna skadas.

**Tänk på**

Det är tekniskt avancerat och utmanande att låta solvärmens återladda värmelager och höja temperaturen på köldmediet. Kompressorerna är känsliga för höga temperaturer och glasade solfångare kan få kondens på absorbatoren om de drivs under luftens dagtemperatur.

**Tänk på**

Forskningsresultaten visar relativt begränsad nytta av att återladda ett borrhål med solvärme. I de fall borrhålet är underdimensionerat och temperaturen kontinuerligt sjunker kan däremot solvärme göra stor nytta [22, 23].

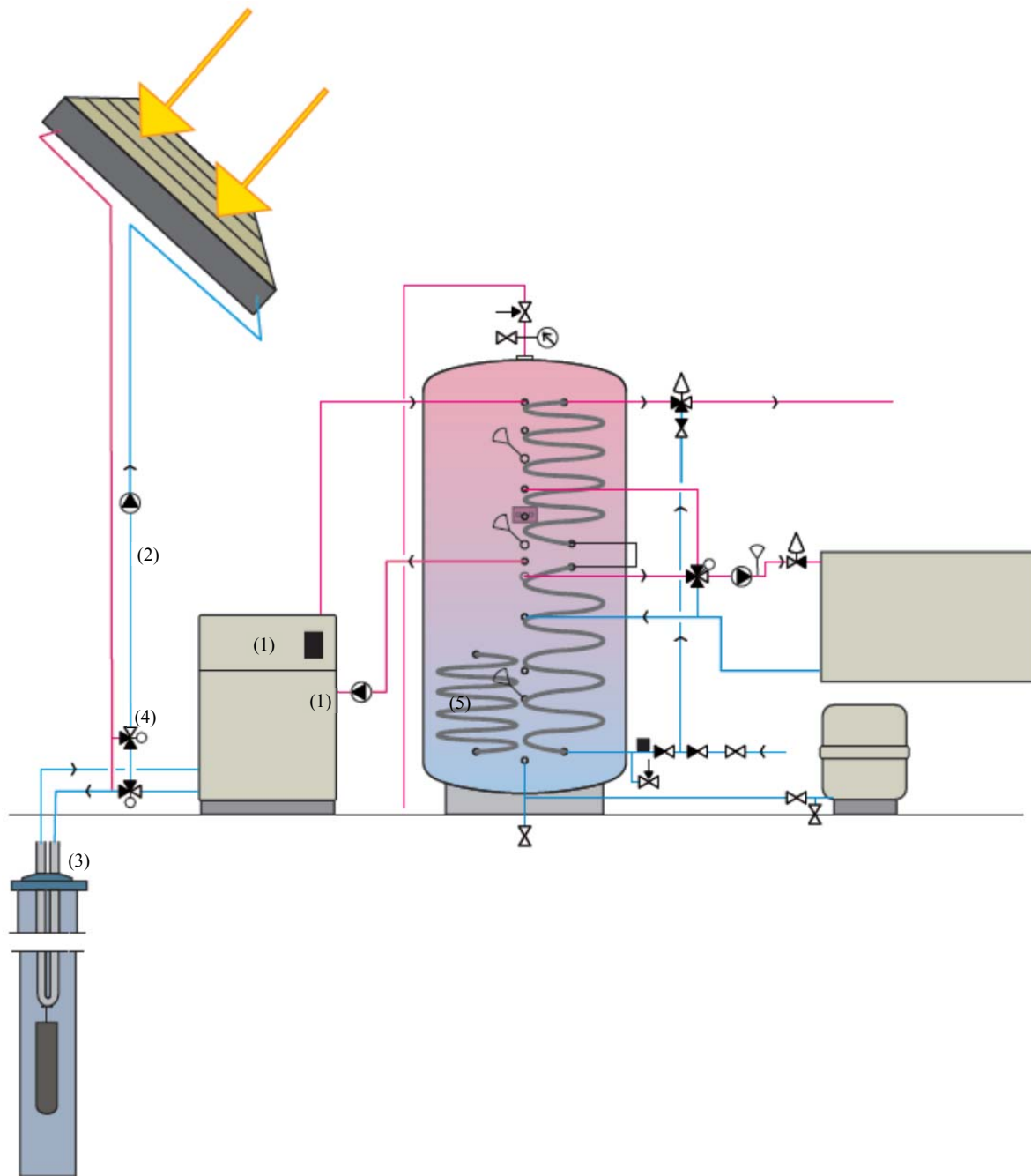
**Tips**

Kombinationen solvärme och värmepump ställer höga krav på systemutformning och reglering. Undvik all form av experimentering. Det gäller att förlita sig på standardiserade och industriellt utvecklade system, som provats och garanteras av respektive leverantör.

## 12.1 Generella rekommendationer

Solvärme i kombination med värmepumpar är idag en naturlig systemkombination. Allt ifrån frånluftsvärmepumpar, där solvärmens huvudsakliga uppgift är att värma tappvarmvatten sommartid, till mer sofistikerade kombinationslösningar, där solvärmens kan ha en funktion i att återladda energibrunnar och marklager.

Det viktiga är att hålla sig till standardiserade och utprovade systemlösningar utförda av erfarna tillverkare och leverantörer. Generellt är värmepumparnas kompressorer känsliga för att temperaturen på köldmediet blir för högt. En kritisk gräns, som ofta anges, är att köldmediet inte bör vara varmare än 20 °C. Det kan också finnas risker med kondens i glasade solfångare när borrhål eller marklager återladdas. När det gäller enstaka borrhål är det inte meningsfullt att höja temperaturen över omgivande berg, då värmen snabbt försvinner [22, 60]. Det finns



**Bild 12.2**

Ett flertal fabrikanter och leverantörer erbjuder idag standardiserade kombinationslösningar, där solvärmen integreras i värmepumpen (1) från fabrik. Då kan merkostnaden för solvärmen hållas nere samtidigt som funktion och systemlösning säkras. Temperaturnivåerna i solkretsen (2) kan genom en avancerad reglering användas i ett mycket bredare temperaturspann än i konventionella system. Ett borrhål (3) eller en markslinga kan börja laddas redan vid relativt låg solinstrålning, vilket gör att såväl drifttid som verkningsgrad i solkretsen ökar. En blandningsventil i solkretsen (4) höjer temperaturen på solfångaren över daggpunkten så att kondensutfällning i den glasade solfångaren undviks. Solfångaren ska också kunna ladda ackumulatortanken direkt via värmeväxlaren (5) när temperaturen i solfångaren är tillräckligt hög. Det är också möjligt att ta till vara överskottsvärme från solfångarna. Det vill säga när ackumulatortanken eller tappvarmvattenberedaren är fulladdad, kan solkretsen istället återladda borrhålet (3). Slutsatsen från forskningsprojekten [22, 60] är, att återladdning över omgivningstemp i enstaka korrekt dimensionerande borrhål oftast inte är försvarbart, då cirkulationspumpen drar el och värmen sprids ut i marken. I den här typen av systemkombinationer är det viktigt, att regleringen är genomtänkt och pålitlig, dels för att inte skada kompressorn i värmepumpen och dels för att inte skada eller påverka funktionen i borrhålet eller marklagret och kanske framför allt för att inte skada solfångarna genom kondensutfällning.



också risker med att för höga och varierande temperaturer kan påverkar de material som används. Det finns också exempel där kontaktytan mellan markslingan och marken försämras om temperaturen i kretsen varierar för mycket.

Standardiserade och industriellt utförda kombinationslösningar är intressanta. Det gäller att pressa merkostnaden för solvärmen för att kunna konkurrera med värmepumpens rörliga kostnader.



## 13 EKONOMI OCH LÖNSAMHET

Det finns många skäl till att fundera på kombinationslösningar med solvärme. I kombinationer med biobränsle skapas med hjälp av solvärme i allmänhet system med högre verkningsgrad, vilket i förlängningen innebär ett bättre resursutnyttjande med förbättrad drifekonomi som resultat. Vid sidan om detta minskar solvärmens behovet av köpt energi som innebär ett minskat elberoende, oavsett om solvärmens kombineras med biobränsle eller värmepump. All den värme, som solfångarna tillför, har i det närmaste försumbara rörliga kostnader.

Solvärmens lönsamhet avgörs av kapitalkostnaderna på investeringen och vilka alternativkostnader som är aktuella. Det är lättare att få lönsamhet om solvärmens ersätter låglastad pellet än att konkurrera med en värmepumps rörliga kostnad.

### Garantitider

Kalkyltiden är avhängig på vilken livslängd solvärmeanläggningen förväntas ha. Det finns idag leverantörer som lämnar upp till 15 år funktionsgaranti. Livslängder på upp till 30 år är inte ovanliga. Kalkylkerna nedan bygger därför på 20 års kalkyltid.

### Tänk på

När solvärmesystemet ska kostnadsberäknas gäller det att ta hänsyn till vilka kostnader som ska belasta kalkylen. En ackumulatortank kan till exempel användas av andra värmekällor, vilket gör att solvärmekalkylen inte ensam behöver belastas med den kostnaden.

För alla investeringar är kapitalkostnaden och alternativpriset avgörande för lönsamheten. För ett solvärmesystem råder dock lite speciella förutsättningar, då investeringen binder förhållandevis mycket kapital och att det i det närmaste inte finns några drift- eller bränslekostnader alls. Det här gör att en solvärmeanläggning i större utsträckning än andra alternativ blir beroende av räntenivå och amorteringstid. Det finns också en rad synergi- och samordningsvinster att ta hänsyn till. Även en uppskattning av energiprisutvecklingen under kalkyltiden är viktig att beakta.

### Fast värmekostnad

I princip kan man säga, att en investering i solvärme innebär en investering där värmeförsörjningen betalas i förskott. I en annuitetskalkyl kan priset för solvärmens fastslås under kalkyltiden. Det innebär en fast värmekostnad i 20 – 25 år, beroende på kalkyltiden.

### 13.1 Besparingspotential – utbyte

Hur mycket värme ett solvärmesystem kan bidra med beror på många faktorer, till exempel solvärmesystemets storlek, husets värmebehov, tappvarmvattenanvändning, brukarnas beteende, typ av tillsatsvärme samt systemets utformning och driftegenskaper. Ett standardiserat kombisolvärmesystem med 5 till 10 m<sup>2</sup> solfångare kan på årsbasis minska behovet av köpt värmeenergi med 2 000 – 6 000 kWh. Den lägre siffran gäller för moderna småhus med litet värmebehov (samttaget för uppvärmning och tappvarmvatten runt 10 000 kWh per år) med drygt 5 m<sup>2</sup> solfångare. Den högre siffran gäller för äldre småhus med typiska årsvärmebehov över 20 000 kWh, som investerar i cirka 10 m<sup>2</sup> solfångare av bra prestanda och där solvärmens kompletterar en panna med låg ”sommar”verkningsgrad. I konventionella småhus klarar solvärmesystemet i allmänhet 20 - 30 % av årsvärmebehovet. Det varierar dock kraftigt

beroende på storleken på solvärmesystem och rådande värmebehov. I lågenergihus, där varmvattenlasten utgör en större del av värmebehovet, blir täckningsgraden från solvärmens betydligt högre.

#### Tänk på

Det finns olika sätt att beskriva prestandan för ett solvärmesystem. Ofta utgår leverantörerna från solfångarens utbyte, det vill säga hur mycket värme som 1 m<sup>2</sup> solfångare kan tillföra under ett normalår. Detta mått på utbyte är bra för att kunna **jämföra olika solfångare** men ger inte alltid en bra bild av hur mycket värme en solfångare tillför ett system, eftersom dess arbetstemperatur varierar kraftigt under året och dessutom varierar drifttemperaturen mellan olika system. Man ska också komma ihåg att mängden solinstrålning kan variera mellan olika år.

Den faktiska energibesparingen är hur mycket mindre tillsatsenergi, räknat i kWh, som behöver tillföras jämfört med ett referenssystem utan solfångare. Solfångarens redovisade utbyte (prestanda) är bara en av flera parametrar, som bestämmer den faktiska energibesparingen. Energibesparingsgraden anger hur många procent mindre tillsatsenergi som används i ett värmesystem med solvärme jämfört med ett referenssystem.

#### Tänk på

I vissa fall kommer inte solfångarna upp i den förväntade prestandan. Det kan bero på att solfångarens arbetstemperatur varierar kraftigt och ligger med ett genomsnitt över den temperaturnivå som det är tänkt. Det kan också under sommaren finnas **överkapacitet** i solvärmesystemet. Då blir ackumulatortanken extra varm, vilket leder till ökade värmeförluster. Det betyder, att solfångarens värmeförsel leder till ökade förluster och inte till ökad nytta.

#### Tips

Det finns studier [26, 45] som visar att många som har installerat solvärmesystem erfar en betydligt större besparing av **inköpt energi** än den prestanda som **SP** redovisar för solfångarna. Det här beror ofta på att bränslepannan stängs av helt under sommaren då den fungerar som sämst. En annan anledning kan vara, att hushållets energianvändning minskats eller förskjutits mot tillfällen då det finns solvärme tillgängligt, som en följd av ökad energimedvetenheten, i och med solvärmeinvesteringen.

#### Besparingspotential

En simuleringsstudie [45] av hur mycket energi man kan spara i ett sol- och pelletsystem jämfört med ett referenssystem visar, att besparingen för en anläggning på 10 m<sup>2</sup> plana solfångare (med ett årligt tillskott på drygt 3 000 kWh) ligger på mellan 3 350 och 7 660 kWh pellets per år. Elbehovet ökar med cirka 300 kWh per år för elpatronen och extra cirkulationspumpar. Besparingen i pellets är större än nyttiggjord solvärme. De stora variationerna beror på pannans effektivitet och utsläppskaraktistik, tankens isolerstandard och systemutformningen. Resultaten gäller under antagandet, att inga värmeförluster från panna och ackumulatortank kan nyttiggöras.

### 13.1.1 Livscykelperspektiv

I en rättvis energibalans för ett solvärmesystem måste hänsyn tas till den extra elenergi, som krävs i samband med att solkretsen ansluts till systemet. I ett typiskt solvärmesystem behövs en cirkulationspump för solkretsen och en cirkulationspump, som överför värme från bränslepannan till ackumulatortanken. Generellt har cirkulationspumpen i solkretsen en elektrisk effekt på ungefär 60 W. Med en årlig drifttid på 1 500 timmar för solkretsen behövs det cirka 90 kWh el för att driva systemet. Simuleringsresultat visar, att elanvändningen till pumpar och elpatronen under sommaren ökar elbehovet med cirka 300 kWh per år jämfört med att ha

en konventionell värmepanna. Detta motsvarar i storleksordningen 10 % av solvärmertilskottet.

#### LCC-beräkningar enligt ISO 15686-5:2008

En livscykelkostnad beskriver en investeringens totala kostnader under dess livslängd. Den tar hänsyn till inköpskostnad, driftkostnader, underhåll, destruktion och eventuellt restvärde. I en LCC-beräkning kan ett antal olika investeringsalternativ jämföras och analyseras utifrån samma villkor och förutsättningar.

De cirkulationspumpar, som normalt används i solkretsen, är ofta kraftigt överdimensionerade vad gäller flödeskapaciteten. Det här beror framför allt på att det inte utvecklats speciella cirkulationspumpar som är anpassade för solvärmesystem. Som jämförelse är den hydrauliska effekt som krävs för att cirkulera vätska i en solkrets ofta i storleksordningen 2 – 3 W, vilket är cirka 4 % av den eleffekt som en normal cirkulationspump i solkretsen har.

I ett *livscykelperspektiv* måste även den energi och det material som behövs för att tillverka, installera och skrota (återanvända) solvärmesystemet tas med i beräkningen. Det är ställt utom allt tvivel att den totala energianvändningen för tillverkningen av solvärmesystemet är låg relaterat till insamlad energimängd under solvärmesystemets livslängd [56, 57].

#### Energiåterbetalningstid

I det internationella samarbetet inom *IEA* har det räknats på tio olika kombisol-värmesystem. Samtliga system hade en *energiåterbetalningstid* på mellan 1,3 och 3,5 år inklusive ackumulatortank och panna [56, 57]. Ett solvärmesystem tillför därmed under sin livstid betydligt mer energi än vad som används för att tillverka systemet.

Investeringskostnad 10 m <sup>2</sup> solfångare: (inklusive halva kostnaden för ackumulatortank och installation)	57250 kr
Värmeutbyte solfångare (10 m <sup>2</sup> x 420 kWh/ m <sup>2</sup> och år)	4200 kWh/år
Driftkostnad cirkulationspump solkrets:	0,02 kr/kWh
Annuitetsfaktor vid 20 års avskrivningstid och 5 % realränta	0.0802
$\frac{(\text{investeringskostnad} \times \text{annuitetsfaktor})}{\text{värmeutbyte}} + \text{driftkostnad} = \text{kronor/kWh}$	
$\frac{(57250 \text{ kr} \times 0.0802)}{4200 \text{ kWh}} + 0,02 \text{ kr/kWh} = 1,09 \text{ kr under kalkyltiden}$	

#### Bild 13.1

I kalkylen ger en realränta på 5 % under en 20-årig kalkyltid en annuitetsfaktor på 0,0802. Annuitetsfaktorn multipliceras med investeringskostnaden. Resultatet divideras med det förväntade värmeutbytet. Till detta läggs sedan en beräknad driftkostnad för cirkulationspumpen i solkretsen. Beräkningen utgår ifrån att solvärmesystemet kostar 57 250 kr och kommer att ersätta eller spara 4 200 kWh per år. Investeringen blir lönsam om medelpriset på alternativkostnaden under kalkyltiden förväntas bli högre än 109 öre per kWh.

### 13.2 Annuitetskalkyl – lönsamhetsberäkning

I en annuitetskalkyl fördelas kapitalkostnaden jämt över en fastställd kalkyltid. Kalkyltiden och en realränta ger en annuitetsfaktor som multipliceras med investeringskostnaden som sedan divideras med värmebesparingen eller de kWh som solvärmesystemet förväntas tillföra (*Bild 13.1, sida 115*).

### 13.3 Pay-off tid

I en pay-off kalkyl (*Bild 13.2, sida 117*) amorteras investeringskostnaden för solvärmen under en given kalkyltid, till exempel 20 år. Investeringens årliga räntekostnad och amortering divideras med det förväntade värmeutbytet. Det innebär att kapitalkostnaden för anläggningen sjunker i takt med att lånesumman minskar efter varje amortering. Årskostnaden för solvärmeanläggningen kan sedan jämföras med den förväntade utvecklingen av energipriserna och en bedömning av lönsamheten är möjlig.

### 13.4 Kostnadskalkyl för solvärme

Kostnaden för ett solvärmesystem kan beräknas genom att investeringens totala kapitalkostnad (räntekostnad + avskrivning) och driftkostnaden delas med det antal kWh som solkretsen beräknas spara in (ersätta) på årsbasis.

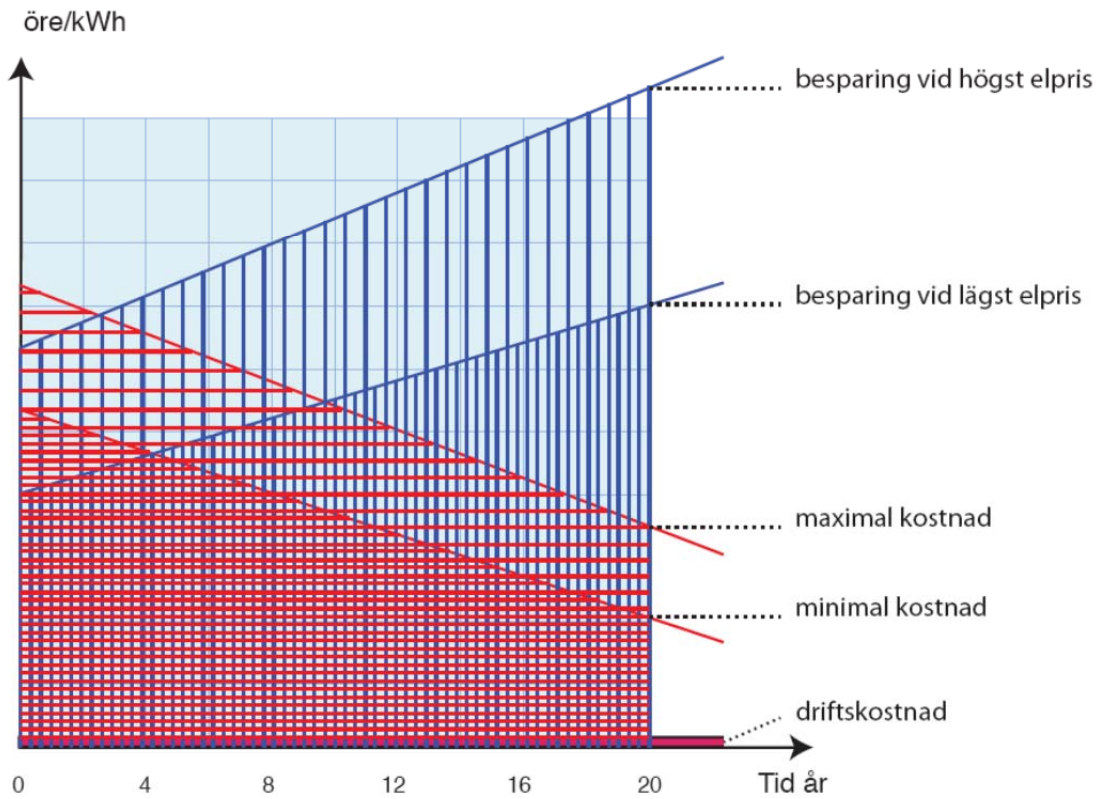
Kalkylen förutsätter att följande fakta finns tillgänglig:

- Den totala investeringskostnaden
- Bedömd drifts- och underhållskostnad
- Avskrivningstid (livslängd) och amorteringsperiod
- Räntekostnader under avskrivningstiden
- Årlig ersatt värmemängd

#### **Avkastning på satsat kapital**

Förenklat kan man säga att en investering i ett solvärmesystem på 50 000 kronor som ger en skattefri besparing per år på 5 000 kronor motsvarar en avkastning på 10 % per år, om man bortser från investeringens värdeminskning.

$$\begin{aligned} \text{År 1} & \quad \frac{\text{räntekostnad} + \text{amortering}}{\text{värmeutbyte}} = \text{öre/kWh} \\ \text{År 10} & \quad \frac{\text{räntekostnad (-10 års amortering)} + \text{amortering}}{\text{värmeutbyte}} = \text{öre/kWh} \\ \text{År 20} & \quad \frac{\text{räntekostnad (-20 års amortering)} + \text{amortering}}{\text{värmeutbyte}} = \text{öre/kWh} \end{aligned}$$

**Bild 13.2**

*Investeringskostnad multiplicerad med låneränta (minus skatteeffekten)* = räntekostnaden  
*Amorteringsbelopp per år (framkommer när lånesumman delas med lånets löptid)* = amortering  
*Värmeutbyte (förväntad energibesparing)* = värmeutbyte  
 Genom att göra en graf där solvärmekostnaden under kalkyltiden jämförs med en förväntad prisökning av det värmealternativ som solvärmen ställs mot erhålls en bild av investeringens konkurrenskraft.





## 14 REFERENSER

- [1] *Norsk Standard NS 3058-2 Lukkede vedfyrte ildsteder. Røykutslipp. Del 2: Bestemmelse av partikulære utslipp (Enclosed wood heaters. Smoke emission - Part 2: Determination of particulate emission)*. 1994, Standard Norge: Norway.
- [2] *Svensk Standard SS-EN 303-5, Värmepannor - Del 5: Värmepannor för fasta bränslen, manuellt och automatiskt matade*. 1999, SIS, Swedish Standards Institute: Stockholm, Sweden.
- [3] *Legionella i vatteninstallationer. Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärvad legionellainfektion*. 2006, Boverket, Smittskyddsinstitutet och VVS Installatörerna. Alfa Print AB, Sweden.
- [4] *AMA VVS & Kyl 09. Allmän material- och arbetsbeskrivning för VVS- och kyltekniska arbeten*. 2010, Stockholm, Sweden: Svensk Byggtjänst. ISBN: 9789173333931.
- [5] *Förteckning över solfångare godkända för Boverkets installationsstöd*. 2011, SP: Borås, Sweden.
- [6] *HWC - dishwashers, washers and dryers. Save electrical energy and make a green choice*. Brochure 2011. Asko Appliances, Vara, Sweden.
- [7] *Energistatistik för småhus 2009*. ES 2011:01, 2011. Statens Energimyndighet, Eskilstuna, Sweden.
- [8] Andersson, P., Nu startar tillverkningen av fjärrvärmvärmda vitvaror. *Fjärrvärmetidningen* Nr 5, September 2011, s. 20, Sweden.
- [9] Andrén, L., *Solenergi, Praktiska tillämpningar i bebyggelse*. 2007, Stockholm, Sweden: AB Svensk Byggtjänst.
- [10] Andrén, L. och L. Tirén, *Passivhus: en handbok om energieffektivt byggande*. 2010, Stockholm, Sweden: AB Svensk Byggtjänst. ISBN: 9173334154.
- [11] Bales, C. och T. Persson, External DHW units for solar combisystems. *Solar Energy* **74** (2003) s. 193-204.
- [12] Bales, C., *Combitest - A New Test Method for Thermal Stores Used in Solar Combisystems*. Doctoral Thesis, 2004, Department of Building Technology, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. <http://www.iea-shc.org/task26>
- [13] Bales, C., "Röriga" förluster i solvärmesystem. *Energimagasinet* 1, 2011, s. 44-45, Sweden.
- [14] Boverket, *Regelsamling för byggande, BBR 2008 Del 2, Boverkets byggregler, BBR 6:7 utsläpp till omgivningen 6 Hygien, hälsa och miljö*. 2008, Boverket, Karlskrona, Sweden.
- [15] Boverket, *Regelsamling för byggande, BBR 2008*. 1. uppl. 2008, Karlskrona, Sweden: Boverket. ISBN: 9789186045036.
- [16] Dragsted, J., et al., *Solfangerkreds med stor ekspansionsbeholder og fordampning i solfanger ved faretruende høje temperaturer til sikring af solfangervæske og anlæg*. 2010. Institut for Byggeri og Anlæg, DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, Denmark.

- [17] Erlandsson, M., et al., *Kravspecifikation för passivhus i Sverige -Energieffektiva bostäder*. LTH rapport EBD-R--09/25, IVL rapport nr A1592, ATON rapport 0902, 2009. FEBY, Energimyndigheten, Sweden.  
[http://www.passivhuscentrum.se/fileadmin/pdf/Kravspecifikation\\_Passivhus\\_slutversion\\_juni\\_2009\\_1\\_juli.pdf](http://www.passivhuscentrum.se/fileadmin/pdf/Kravspecifikation_Passivhus_slutversion_juni_2009_1_juli.pdf)
- [18] Gilje, J.H., Varmetap i akkumulatortankar. Økt fokus på varmetap fra akkumulatortankar er viktig; det er mulig å spare mellom 50 og 90 prosent av varmetapet. *Norsk VVS* 2011-04-05, s. 16-21.
- [19] Good, J. och T. Nussbaumer, *Emissionsfaktoren moderner pelletkessel unter typischen heizbedingungen*. 2009. Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Bern, Switzerland.  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010263.pdf&name=000000290100>
- [20] Hagström, P., *Biomass potential for Heat, Electricity and Vehicle Fuel in Sweden*. Doctoral Thesis No. 2006:11, 2006, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Bioenergy, Swedish University of Agricultural Sciences SLU, Uppsala, Sweden. ISBN: 91-576-7060-9.
- [21] IVA, *Energi, Möjligheter och dilemman*. Stockholm, Sweden: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien IVA. ISBN: 978-91-7082-815-7.
- [22] Kjellsson, E., *Solar collectors combined with ground-source heat pumps in dwellings. Analysis of system performance*. Doctoral Thesis, Report TVBH-1018, 2009, Building Physics LTH, Lund University, Lund, Sweden. ISBN 978-91-88722-40-9.
- [23] Kjellsson, E., Solvärme och bergvärme - kombinera på bästa sätt. *Energi & Miljö* Nr 8, Augusti 2010, s. 56-59.
- [24] Kovács, P., *Solvärmsystem för småhus : kursmaterial för installatörer*. 1998, Stockholm, Sweden: Byggeforskningsrådet, Svensk byggtjänst. ISBN: 91-540-5802-3.
- [25] Kovács, P. och M. Sandberg, Results from Testing of Small Heat Stores for Domestic Hot Water and Space Heating. *Proc. EuroSun '98*. Portoroz, Slovenia. 1998
- [26] Larsson, T., *Enkätundersökning om energibesparing och drift med solfångare*. Rapport 00:00, 2000. Institutionen för teknik, Örebro universitet, Örebro, Sweden.
- [27] Lauber, A., *Wärmeverluster durch rohrinterne Gegenstromzirkulation in Speicheranschlussleitungen, und deren Verminderung mittels Konvektionsbremsen, Konvektionssperren und Wärmesiphons, - Quantifizierung der Effekte mittels Messung*. 2007. SPF, Hochschule Für Technik, Rapperswil, Switzerland. <http://www.solarenergy.ch/publ/systeme/Messungen-Waermeverluster%20durch%20rohrinterne%20Gegenstromzirkulation-A.%20Lauber.pdf>
- [28] Levander, T., et al., *Mätning av kall- och varmvattenförbrukningen i 44 hushåll*. Rapport ER 2009:26, 2009. Statens energimyndighet, Eskilstuna, Sweden.
- [29] Lindblad, N., B. Lindström, och F. Wancke, *Byggvägledning 5. Vatten och avlopp*. 1991, Stockholm, Sweden: AB Svensk Byggtjänst, Svenska Offset AB. ISBN: 91-7332-550-3.
- [30] Lorenz, K., C. Bales, och K. Börjesson, *Provning av ackumulatortanksystem för solvärmeanläggningar*. Rapport HFB-SERC--51--SE, 1995. SERC, Högskolan Dalarna, Borlänge, Sweden.  
<http://dalea.du.se/research/?itemId=972>
- [31] Lorenz, K., et al., Variation of System Performance with Design and Climate for Combisystems in Sweden. *Proc. Eurosun '98*. Portoroz, Slovenia: The franclin CO Ltd. 1998

- [32] Lorenz, K., *Kombisolvärmesystem - Utvärdering av möjliga systemförbättringar*. Licentiate thesis, 2001, Building Services Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- [33] Lorenz, K. och A. Henning, *Installera värmesystem, Faktablad för installatörer*. 2006. SERC, Högskolan Dalarna, Borlänge, Sweden.  
<http://www.du.se/Templates/InfoPage.aspx?id=4269&epslanguage=SV>
- [34] Lorenz, K., *Solvärme i nybyggda hus*. Rapport nr 12, 2010. Projekt SWX-Energi, Region Gävleborg, Gävle, Sweden.
- [35] Löfgren, B.E. och O. Arkelöv, *Pelletseldning mot ackumulatortank*. Project nr 20400-1, 2003. ÄFAB, Lidköping, Sweden.
- [36] Niklasson, F. och T. Persson, *Marknadspotential för bio- och solvärmesystem*. Version 2008:1 - Maj 2008, 2008. Energimyndigheten, Eskilstuna, Sweden.
- [37] Nordlander, S., *Load Adapted Solar Thermal Combisystems - Optical Analysis and Systems Optimization*. Licentiatavhandling, 2004, Uppsala Universitet, Uppsala, Sweden.
- [38] Novator, *Vedpärmen, B12. Dimensionering.*, in *Vedpärmen*. 1996, Novator: Stockholm. ISBN:
- [39] Perers, B., K. Lorenz, och M. Rönnelid, *Partiell förångning i solfångarsystem. Överhettningsskydd för värmebäraren (främst glykol)*. SERC rapport nr. 81, 2003. Högskolan Dalarna, Solar Energy Research Center (SERC), Borlänge, Sweden.
- [40] Perers, B., Control sensor problems in a full plate solar thermal collector system, Measurements, theory and possible solutions. In *Proc. Eurosun 2006*. 27-30 juni 2006. Glasgow, UK,
- [41] Persson, T., K. Lorenz, och C. Bales, *Provning av tappvattenautomater kopplade till ackumulatortank*. Rapport ISRN DU-SERC--56--SE, 1996. Solar Energy Research Center, SERC, Borlänge, Sweden.  
<http://dalea.du.se/research/?itemId=732>
- [42] Persson, T., *Modellering och simulering av tappvattenautomater i solvärmesystem*. Rapport DU-SERC--74--SE, 2002.
- [43] Persson, T., *Elbesparing med pelletkaminer och solvärme i direktelvärmade småhus* Licentiate thesis Trita REFR Report No 04/43, 2004, Energiteknik, KTH, Stockholm, Sweden.
- [44] Persson, T., S. Nordlander, och M. Ronnelid, Electrical savings by use of wood pellet stoves and solar heating systems in electrically heated single-family houses. *Energy & Buildings* **37** (2005) s. 920-929.
- [45] Persson, T., *Combined solar and pellet heating systems for single-family houses - How to achieve decreased electricity usage, increased system efficiency and increased solar gains*. Doctoral Thesis Trita REFR Report No. 06/56, 2006, Department of Energy Technology, KTH - Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [46] Persson, T., et al., Increasing efficiency and decreasing CO-emissions for a combined solar and wood pellet heating system for single-family houses. In *Proc. Pellets 2006*. 30 May - 1 June 2006. Jönköping, Sweden.
- [47] Persson, T., Dishwasher and washing machine heated by a hot water circulation loop. *Applied Thermal Engineering* **27** (2007) s. 120-128.
- [48] Persson, T. och M. Rönnelid, Increasing solar gains by using hot water to heat dishwashers and washing machines. *Applied Thermal Engineering* **27** (2007) s. 646-657.

- [49] Persson, T., *Kombinerade bio- och solvärmesystem, Handbok för systemutformning*. Version 2010:1 2008. Solar Energy Research Center SERC, Högskolan Dalarna, Falun, Sweden. <http://dalea.du.se/research/?itemId=3410>
- [50] Persson, T. och J. Heier, *Småhusens framtida utformning, -Hur påverkar Boverkets nya byggregler?* Rapport nr 4, 2010. Projekt SWX-Energi, Region Gävleborg, Gävle, Sweden. <http://www.regiongavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html>
- [51] Persson, T., et al., *Provningsmetod för sol- och biovärmesystem. -Systemprestanda och emissionsdata*. Rapport nr 28, 2011. Projekt SWX-Energi, Region Gävleborg, Gävle, Sweden. <http://www.regiongavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html>
- [52] Pettersson, U., M. Johansson, och H. Persson, *Låglastkaraktistik i små pelletsanläggningar*. Energimyndigheten, projekt nr 20778-1, 2004. SP Sveriges Provings- och Forskningsinstitut, Borås, Sweden. <http://www.itm.su.se/bhm/rapporter/emission/207781.pdf>
- [53] Pettersson, U., et al., *Provningsmetod för integrerade sol-biosystem - Årsverkningsgrad genom korttidsmätning*. SP Rapport 2011:52, 2011. SP Energiteknik, Borås, Sweden. <http://dalea.du.se/research/?itemId=5677>
- [54] SBBA, *Årlig Statistik kombipannor och varmvattenberedare för 2007, 2008 och 2009*. 2011, SBBA - Swedish Heating Boilers and Burners Association: Stockholm, Sweden.
- [55] Scheuren, J. och W. Eisenmann, *Stagnationsundersuchungen in den Kollektorkreisen hochdimensionierter großer thermischer Solaranlagen. Abschlussbericht zum BMU-Vorhaben. Förderkennzeichen 0329268A*, 2007. ISFH, Hameln/Emmerthal, Germany.
- [56] Streicher, W., *Material Demand and Accumulated Energy Expense of Solar Combisystems*. 2003. IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org/task26>
- [57] Streicher, W., et al., *Material Demand and Energy Payback Time of Solar Combisystems. Proc. ISES Solar World Congress 2003, June 14-19*. Göteborg, Sweden.
- [58] Stålbom, G., R. Kling, och VVS-installatörerna, *Legionella : risker i VVS-installationer : en handbok*. 2002, Stockholm: VVS-installatörerna. ISBN: 91-631-2265-0.
- [59] Suter, J.-M., *Heat losses from storage tanks: Up to 5 times higher than calculated!* Task 26, Industry Newsletter no. 2, 2001. Suter Consulting, P.O. Box 130, CH-3000 Bern, Switzerland. [http://www.solenergi.dk/task26/pdf/heat\\_losses\\_from\\_storage\\_tanks\\_by\\_jm\\_suter.pdf](http://www.solenergi.dk/task26/pdf/heat_losses_from_storage_tanks_by_jm_suter.pdf)
- [60] Tepe, R. och M. Rönnelid, *Solfångare och värmepump: Marknadsöversikt och preliminära simuleringsresultat*. Rapport DU-SERC--75--SE, 2002. Högskolan Dalarna, Borlänge, Sweden. <http://dalea.du.se/research/?itemId=478>
- [61] Tepe, R., M. Rönnelid, och B. Perers, *Swedish Solar Systems in Combination with Heat Pumps. Proc. ISES Solar World Congress 2003, June 14-19*. Göteborg, Sweden.
- [62] Todorović, J., et al., *Syntes och analys av emissionsfaktorer för småskalig biobränsleförbränning*. Slutrapport för avtal 503 0506 och 503 0507 på Naturvårdsverket, 2007. Naturvårdsverket, Sweden.
- [63] Weiss, W., *Solar Heating Systems for Houses - A design handbook for solar combisystems*. International Energy Agency, IEA, Solar Heating & Cooling Programme, ed. (ed.). 2003, London, UK: James & James Science Publishers Ltd. ISBN: 1902916468.
- [64] Vestlund, J., et al., *Ett bad när som helst - Dimensioneringsråd för varmvatten*. Rapport nr 34, 2011. Projekt SWX-Energi, Region Gävleborg, Gävle, Sweden. <http://www.regiongavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html>

- [65] Vestlund, J., T. Persson, och K.M. Win, *Effektiviseringspotential för värmesystem med sol och pellets - Parameterstudier, emissionsfaktorer och simuleringsresultat*. Rapport nr 39, 2011. Projekt SWX-Energi, Region Gävleborg, Gävle, Sweden.  
<http://www.regiongavleborg.se/1/verksamhet/swx-energi/rapporter.html>
- [66] Vogelsanger, P., et al., *Heat Losses of Pipes Connected to Stores and the Effect of Heat Traps - Results of Literature Search*. 2007. Institut für Solartechnik SPF, HSR Hochschule für Technik, Rapperswil, Switzerland.
- [67] VVS-tekniska föreningen, *VVS handboken : tabeller och diagram*. 1974, Stockholm: Förlags AB VVS.



## 15 ORDFÖRKLARING

### **Absorbator**

Värmeupptagande komponent i en solfångare.

### **Absorbtans**

Ett mått på en ytas förmåga att absorbera ljus.

### **Absorption**

Den del av en värmestrålning som tas upp av ett annat ämne och inte reflekteras eller passerar igenom.

### **Annuitetskalkyl**

En kalkylmetod där kapitalkostnaden omräknas till en annuitet (fast belopp per tidsperiod). Det innebär att kapitalkostnaden blir lika stor varje år vilket gör det enkelt att se investeringens årliga avkastning.

### **Arbetstryck**

Det tryck som finns i ett slutet system vid varje ögonblick. Arbetstrycket kan i vissa system vara väldigt stabilt, medan det i andra kan variera mycket. Det kan variera mellan olika delar av systemet, men oftast pratar man om arbetstrycket där manometern sitter.

### **Atmosfärstryck**

Omgivningstryck, brukar anges i bar (eller kPa alternativt mm Hg).

### **Bar**

Enhet för tryck definierad som 100 kPa vilket motsvarar  $100\,000\text{ Pa} = 100\,000\text{ N/m}^2 \approx 10\text{ mVp}$ . Enheten är vanlig inom meteorologin eftersom 1 bar är ungefär lika med lufttrycket vid havsytan ( $\pm 5\%$ ).

### **Beredskapsvolym**

Minsta uppvärmda volym i tankens topp för att täcka dimensionerande varmvattentappning utan att varmvattentemperaturen sjunker under  $40\text{ }^\circ\text{C}$ .

### **Bivalent shunt**

En bivalent shuntventil fungerar som en trevägs shuntventil det vill säga returtemperaturen till pannan/tanken höjs inte som det görs i en fyrportars shuntventil. Den bivalenta shuntventilen har två stycken hetvattenportar. Flödet till hetvattenportarna kan tas från två nivåer i en ackumulatortank eller från två olika värmekällor som har olika prioritering.

### **Densitet**

En fysikalisk term som anger massan per volym för ett ämne, det vill säga hur tungt eller lätt ämnet är (i förhållande till vatten).

### **Effekt**

Mängden utträttat arbete eller förbrukad energi per tidsenhet.

### **Emittans**

Ett mått på en ytas förmåga att avge värmestrålning.

### **Energi**

Fysikalisk storhet som beskriver något med potential att medföra förändring, rörelse eller någon form av utträttat arbete. Energi kan vara lagrad (potentiell energi eller lägesenergi) eller något som överförs. SI-enhet är Joule.  
 $1\text{ kWh} = 3,6\text{ MJ} = 3\,600\,000\text{ J}$ .

### **EPDM-gummi**

Ett vulkbart gummi bestående av eten, propen och terpolymer.

**Fuktkvot**

Fuktkvoten i virke anger vattenmängden i förhållande till vikten av torrt virke. Inte att förväxla med fukthalt som anger mängden vatten i förhållande till biobrännslens totala vikt.

**Fyllnadstryck**

Det tryck som ett slutet system ska ha när det fyllts upp. Fyllnadstrycket för en solkrets kan till exempel anges till 3 bar.

**Förtryck**

I ett slutet expansionskärl finns en avskiljande vägg av något mjukmaterial. På ena sidan av denna vägg finns gas, helst enbart kvävgas, ofta luft. Trycket, som denna gas har, kallas förtryck. För att det ska kunna komma in någon vätska på den andra sidan väggen måste vätskan ha ett högre tryck än förtrycket.

**Kalla ledningen**

Ledningen i solkretsen som går från solvärmeväxlarens utlopp till solfångarens inlopp.

**Kamflänsrör (kamflänsbatteri)**

Ytförstorat kopparrör som fungerar som värmewäxlare.

**Kavitation**

Uppkomst av bubblor i en vätska (lokal kokning). De bildas när trycket understiger ångtrycket. Kan förekomma i cirkulationspumpar och då påverkas flödet i kretsen och cirkulationspumpen kan skadas.

**Konvektion**

Rörelser i gaser och vätskor. De uppstår när densiteten (tyngden) varierar mellan gasens eller vätskans olika delar. Vanligtvis kallas naturlig konvektion (egenkonvektion) för konvektion, vilken är rörelser i gaser och vätskor på grund av att densiteten (tyngden) varierar på olika ställen i den sammanhängande volymen. Rörelser, som uppstår med hjälp av fläktar eller pumpar, kallas påtvingad konvektion.

**Laminär strömning**

När värmebärarens rörelse sker i välordnade skikt i strömningsriktningen.

**Legionellabakterie**

Ett bakteriesläkte som kan orsaka legionärssjuka, en svårartad typ av lunginflammation. Smitta kan ske vid inandning av bakterien via små vattendroppar.

**Offeranod**

En mindre ädel metall (till exempel magnesium) som utgör korrosionsskydd för stål. Används bland annat i emaljerade tappvarmvattenberedare.

**Partiell förångning**

En metod för att skydda glykolen i solvärmekretsar från nedbrytning vid hög temperatur (*se avsnitt 4.4.1*).

**Passiv solvärme**

Ett sätt att i en byggnad utnyttja värmen och ljuset från den infallande solinstrålningen.

**Plattvärmewäxlare**

Värmewäxlare som består av lameller där två medier kan utbyta värme (eller kyla) utan att blandas.

**Påfyllnadstryck**

Trycket i systemet vid kall anläggning. I en solvärmekrets med partiell förångning är det viktigt med rätt fyllnadstryck, eftersom det bestämmer kokpunkten.

**Selektivt ytskikt**

En yta som har hög absorptions (hög absorption av ljus) och låg emittans (låg värmeutstrålning).



**Shuntventiler**

Shuntventiler används för att få rätt framledningstemperatur i ett värmedistributionsystem (radiatorkrets). Det finns två huvudgrupper, 3-vägsventiler och 4-vägsventiler. I en vanlig 4-vägsventil, som används på pannor, blandas returvattnet och hetvattnet för att få en hög temperatur tillbaka till pannan. I en vanlig 3-vägsventil, som används på ackumulatortankar, går returvattnet oblandat tillbaka till tanken. Bivalenta shuntventiler ser ut som 4-vägs-ventiler, men fungerar som 3-vägsventiler, medan skillnaden mot en vanlig 3-vägsventil är att det finns två stycken hetvattenportar, som gör att två värmekällor kan förses radiatorsystemet med värme. Shuntventilen kan prioritera en av dessa eller en nivå i en ackumulatortank.

**Självantändning**

Ett tillstånd (temperaturnivå) där ett ämne antänds utan att ha kommit i kontakt med en öppen låga eller gnista.

**Självverkande ventil**

En ventil som, utan en elektrisk kopplad motor, ändrar läge vid till exempel tryck- eller temperaturvariationer.

**Slavtank**

Akkumulatortank som kopplas parallellt till en tekniktank och som utgör extra ackumulatorvolym för till exempel en vedpannan.

**Solfångare**

Värmer vatten eller luft från solljus.

**Solpanel**

Flera sammankopplade solceller som genererar elström från solljus.

**Stagnationstemperatur**

Den högsta temperatur som en solfångare kan uppnå och som inträffar vid full solinstrålning då solfångaren inte kyls. Stagnationen uppstår när förlusterna är lika med värmeupptagningen.

**Tekniktank**

En av två eller flera parallellkopplade ackumulatortankar. Den innehåller värmeväxlare och anslutningar till värmekällor, radiatorer och tappvarmvatten.

**Termisk solvärme**

En teknisk definition för ett solvärmesystem som värmer upp ett medium i en sluten krets.

**Tryckfall**

Tryckfall är det motstånd som ett flöde ger för att passera ett rör eller spalt eller något annat som hindrar flödet. Tryckfallet måste övervinnas för att det ska bli ett flöde. Tryckfallet stiger kraftigt med stigande flödes hastighet, vilket gör att det går åt mer kraft om flödet ökar.

**Turbulent strömning**

Motsats till laminär strömning vilket innebär en strömning med hög virvelintensitet. I detta sammanhang blir värmeöverföringen från solinstrålningen till värmebäraren i en absorber bättre om det är en turbulent strömning än laminär. Generellt blir flödet turbulent om flödes hastigheten ökar.

**Täckningsgrad**

Andel av värme- och varmvattenbehovet som täcks av solvärmelanläggningen.

**UV-strålning**

En elektromagnetisk strålning med en våglängd, som ligger mellan röntgenstrålning och synligt ljus. Solstrålar innehåller UV-ljus.

**Varma ledningen**
















Ledningen i solkretsen som går från solfångarens utlopp till solvärmeväxlarens inlopp.

**Verkningsgrad**

För en solfångare anger andelen av solljuset som omvandlas till varmt vatten.



## 16 SYMBOLFÖRKLARING

	Flödesriktning
	Vakuumentil
	Temperaturgivare
	Manometer
	Självverkande ställdon
	Temperaturgivare
	Cirkulationspump
	Motoriserat ställdon
	Filter
	Termometer
	Pluggad ledning
	Flödesgivare
	Trevägsventil med motoriserat ställdon. Markerade portar reglerbara
	Bivalent shuntventil med motoriserat ställdon
	Självverkande trevägsventil, blandningsventil för varmvatten
	Backventil, flödesriktning från omarkerad port till markerad port
	Avstängningsventil
	Säkerhetsventil
	Rörledning, varm respektive kall
	



## 17 ADRESSREGISTER

<b>Boverket</b>	<a href="http://www.boverket.se">www.boverket.se</a>
<b>DrivKraft</b>	<a href="http://www.drivkraft.nu">www.drivkraft.nu</a>
<b>Energianalys</b>	<a href="http://www.energianalys.net">www.energianalys.net</a>
<b>Energimyndigheten</b>	<a href="http://www.energimyndigheten.se">www.energimyndigheten.se</a>
<b>ESTIF</b>	<a href="http://www.estif.org">www.estif.org</a>
<b>FEBY</b>	<a href="http://www.energieffektivbyggnader.se">www.energieffektivbyggnader.se</a>
<b>IEA</b>	<a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a>
<b>Region Gävleborg (SWX-Energi)</b>	<a href="http://www.regiongavleborg.se">www.regiongavleborg.se</a>
<b>SERC</b>	<a href="http://www.du.se/serc">www.du.se/serc</a>
<b>SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut</b>	<a href="http://www.sp.se">www.sp.se</a>
<b>Svensk Solenergi</b>	<a href="http://www.svensksolenergi.se">www.svensksolenergi.se</a>



## 18 PROJEKTRAPPORTER

Rapportlistan nedan upptar rapporter som har tagits fram inom projekt SWX-Energi. I listan anges rapportnummer, rapporttitel och inom vilket delprojekt respektive delrapport är framtagen.

Rapporter	Delprojekt
1) Säffle biogas –Förstudie.....	Biogas
2) Skogsskötselmodeller anpassade för skogsbränsleuttag – några exempel.....	Skog
3) Framtidens pelletsfabrik.....	Pellets
4) Småhusens framtida utformning – Hur påverkar Boverkets nya byggregler? .....	Sol och bio
5) Långa toppar.....	Skog
6) Ackumulerande fällaggregat i gallringsbestånd.....	Skog
7) Undersökning av efterfrågan på grön GROT.....	Skog
8) Studie av storbuntaren Rogbico.....	Skog
9) Marknadspotential för sol- och biovärmesystem.....	Sol och bio
10) Byggregler och småhustillverkare. Husens framtida utformning.....	Sol och bio
11) Möten med husföretag.....	Sol och bio
12) Solvärme i nybyggda hus.....	Sol och bio
13) Husköparens val av värmesystem – Hinder och möjligheter.....	Sol och bio
14) Användning och vidaretransport av skogsenergisortiment.....	Logistik
15) Vidaretransport av skogsenergisortiment – Tidsstudier och kostnads kalkyler.....	Logistik
16) Utveckling av logistiken för skogsbränslen.....	Logistik
17) Transport av skogsenergisortiment – Företags- och samhällsekonomiska kostnader.....	Logistik
18) Potential för skogsbränsle i Värmland – hinder och möjligheter.....	Skog
19) Ekonomi vid skogsskötsel inriktad mot energi- och industrisortiment.....	Skog
20) Biogas Säffle – Förstudie Värmlandsnäs.....	Biogas
21) Småskalig rökgasrening – metoder för att minska utsläppen.....	Sol och bio
22) Tillsatser som kvalitetshöjare för pellets.....	Pellets
23) Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan.....	Pellets
24) Täckningsbidrag vid uttag av skogsbränsle i unga bestånd.....	Skog
25) Miljöeffekter av biobränslen från spån till pellets.....	Pellets
26) Handbok för kombinerade sol- och biovärmesystem Teknik – System - Ekonomi.....	Sol och bio
27) Underlag för utökad besiktning av sol- och biovärmesystem.....	Sol och bio
28) Provningsmetod för sol- och biovärmesystem.....	Sol och bio
29) Bioenergikombinat i Falun – ett systemperspektiv på kraftvärmeanläggningar.....	Kompetens
30) Konditionering av råvara före pelletering.....	Pellets
31) Rötresten – åter till kretsloppet.....	Biogas
32) Småskalig uppgradering av biogas.....	Biogas
33) Teknik för småskalig elgenerering.....	Sol och bio
34) Ett bad när som helst – Dimensioneringsråd för varmvatten.....	Sol och bio
35) Studie av Bracke-aggregatet.....	Skog
36) Branschintervjuer – tankar om skogsbränslets framtid.....	Skog
37) Utveckling av teknik och metoder för skörd av skogsbränsle.....	Skog
38) Eldningsresultat för pellets med tillsats av magnesium.....	Sol och bio/Pellets
39) Effektiviseringspotential för system med sol och pellets.....	Sol och bio
40) Kalkylverktyg för dimensionering av expansionskärl i solkrets (Excel-blad).....	Sol och bio

Rapporterna finns att hämta som pdf-filer på  
[www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi/rapporter](http://www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi/rapporter)

**Projekt SWX-Energi omfattar Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.**

**Projektägare:** Region Gävleborg

**Delprojektansvariga:** Högskolan Dalarna och Karlstads Universitet

**Projektbudget:** 32 miljoner kronor

**Projektid:** 2008-2011

[www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi](http://www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi)

Projektet delfinansieras av Europeiska Unionen.

## **Finansiärer**

### **Offentliga**

EU, Norra Mellansverige  
Region Gävleborg  
Region Dalarna  
Högskolan Dalarna  
Karlstads Universitet  
Gävle Dala Energikontor  
Värmlands Energikontor

Energimyndigheten  
Banverket  
Säffle kommun  
Gävle Energi  
Hofors Energi  
Borlänge Energi  
Fortum Värme AB

### **Privata**

Neova  
Mellanskog  
Naturbränsle  
Bruks Klöckner