

INNEHÅLL

1. Introduktion	9
Sammanfattning	11
2. Solvärme – vad är det och vad är det inte	13
2.1 Begrepp och ställningstaganden	14
2.2 Solinstrålning	16
2.2.1 Solinstrålningens effekt	16
2.2.2 Solinstrålningens energiinnehåll	20
3. Olika typer av solfångare	25
3.1 Plana glasade solfångare	26
3.2 Vakuumrörsolfångare	29
3.3 PVT-solfångare och solcellshybrider	34
3.4 Poololfångare	36
3.5 Övriga typer av solfångare	38
3.6 Areadefinitioner	40
3.7 Solfångarekvationen	42
3.7.1 Solfångarnas värmeproduktion	45
3.7.2 Solfångarnas tröghet eller massa	46
4. Solvärme i kombination med andra värmeproducenter	49
4.1 Solvärme och fjärrvärme	50
4.1.1 Sekundär anslutning	55
4.1.2 Decentralt inkopplade solvärmesystem – primärinkoppling	70
4.1.3 Centralt inkopplade solvärmesystem	85
4.2 Solvärme och förbränningspanna	87
4.3 Solvärme och värmepump	92
4.3.1 Brinesystemet som överhettningsskydd	96
4.3.2 Solvärt lågtemperaturlager för värmepump	97
4.3.3 PVT – solceller som kyls av solfångare	99
4.4 Solvärme och elpanna/elvarmvattenberedare	101

5. Förstudie	105
5.1 Ett första möte	105
5.1.1 Pratar vi om samma sak?	106
5.1.2 Projektet ska snabbt vara lönsamt	106
5.1.3 Orimliga förväntningar på solvärmeproduktion	107
5.2 Underlag till en förstudie	108
5.2.1 Inhämta data	110
5.2.2 Värmebehovet	112
5.2.3 Solfångararean	121
5.2.4 Var ska solfångarna placeras?	123
5.2.5 Värmelagrets storlek	127
5.2.6 Övriga detaljer som bör undersökas	131
5.2.7 Ekonomiska begränsningar	133
6. Teknisk uppbyggnad av solvärmekretsen	135
6.1 Temperaturhöjande system och system med temperaturkrav	136
6.1.1 Temperaturhöjande system	138
6.1.2 Reglering mot en given temperaturnivå	139
6.2 Värmebärare	141
6.2.1 Blandning inte en lösning	145
6.2.2 Risk för sprängverkan i rören i solvärmekretsen	146
6.2.3 Kopplingar – risk för läckage	147
6.2.4 Dynamisk och kinematisk viskositet	149
6.2.5 Hantering och lagring av propylenglykol	151
6.3 Tryckklassning och trycknivåer	152
6.3.1 Partiell förångning – ett överhettningssystem för solvärmekretsar	155
6.3.2 Trycknivåer i expansionskärlet samt solvärmekretsen	159
6.3.3 Volymen som expansionskärlet ska kunna hantera	163
6.3.4 Behov av avsvalningskärl	169
6.3.5 Tryckgivare och manometer	173
6.3.6 Uppsamlingskärl, påfyllningskärl med pump samt uppfyllning	174
6.3.7 Test av mängden fri luft, GB-test	176
6.4 Temperaturnivåer och temperaturkrav	177
6.4.1 Temperaturkrav i solvärmekretsen	178
6.4.2 Flöde och temperaturhöjning i solvärmekretsen	181
6.4.3 Placering av temperaturgivare och termometrar	185

6.4.4	Risk för självirkulation, backventil	192
6.4.5	Isolering av rör och kondensrisk i solfångarna	193
6.4.6	Skydd mot brännskador	196
6.5	Flödet och tryckfallet i solvärmekretsen	196
6.5.1	Förslag på lämpliga dimensionerande flöden och temperaturer	197
6.5.2	Begrepp för delkrets- och gruppindelning av solfångare	198
6.5.3	Tryckfallet i en solfångare och i en grupp	202
6.5.4	Flödesfördelning i ett solfångarfält	209
6.5.5	Kontroll av flödesfördelningen	213
6.5.6	Flödesmätning	213
6.5.7	Rör och rördimensionering i solvärmekretsen	216
6.5.8	Termiska rörrörelser, upphängningar och flexibla rör	219
6.5.9	Val av pump	225
6.6	Säkerhetsventiler	230
6.6.1	Placering av säkerhetsventiler	231
6.6.2	Dimensionerande flöde	232
6.6.3	Tryckfallet på inloppsledningen	235
6.6.4	Spilledning/utloppsledning samt uppsamlingskärl	237
6.6.5	Sprängbleck	237
6.7	Övriga detaljer i solvärmekretsen	238
6.7.1	Filter	238
6.7.2	Avgasning och avluftning	239
6.7.3	Möjlighet till service, stamavstängningsventiler	243
6.8	Prefabcentral	244
7.	Teknik för värmeleverans	247
7.1	Värmeväxlare och iladdningskretsen	248
7.1.1	Interna slingväxlare	251
7.1.2	Plattvärmeväxlare med iladdningskrets	255
7.1.3	Frysstydd för solvärmeväxlaren	257
7.2	Värmelager	260
7.2.1	Trycksatta ackumulatortankar	262
7.2.2	Ihopkoppling av trycksatta tankar	265
7.2.3	Icke trycksatta ackumulatortankar	267
7.2.4	Inbyggnad och isolering av ackumulatortankar	268
7.2.5	Värmelager i fast material	271
7.2.6	Solvärme till brinesystem	273

7.2.7	Fasomvandling	273
7.2.8	Uppvärmning av borrhål	275
7.2.9	Värmelager med olika temperaturnivå	276
7.2.10	Två värmemottagare samtidigt	277
7.2.11	Seriekopplade värmemottagare	278
7.3	Varmvattenberedning och VVC	279
7.3.1	Tappvarmvattensystem	279
7.3.2	Reducering av höga tryckfall	287
7.3.3	Varmvattencirkulation, VVC	289
7.3.4	Legionella	290
7.4	Solvärme för rumsuppvärmning	291
7.4.1	Utvändig värmväxlare för lokaluppvärmning	291
7.4.2	Direktkopplad lokaluppvärmning	293
7.4.3	Inkoppling av en VS-krets mot ett solvärmelager	294
7.5	Andra värmemottagare	295
7.5.1	Pooler och bassänger	296
7.6	Industriella system	297
7.7	Solvärme och fjärrvärme, decentralt R/T-system	298
7.7.1	Reglering av inmatningsflödet	299
7.7.2	Flödesreglerat inmatningssystem	307
7.7.3	Temperaturreglerat inmatningssystem	310
7.7.4	Olika kombinationer av system	316
7.7.5	Projektering av inmatningscentral utan värmelager	324
7.7.6	Krav i anslutningspunkten	328
7.7.7	Reglering av andra decentrala värmekällor	339
8.	Styrning och reglering	341
8.1	Funktionsbeskrivning solvärmekretsen	343
8.1.1	Solkretspumpen, SVS-PV1	344
8.1.2	Shunt-/växelventil SVS-SV1	353
8.1.3	Växelventil SVS-SV8	354
8.1.4	Temperaturgivare på tilloppsledningen, SVS-GT2 (T2)	360
8.1.5	Temperaturgivare på returledningen, SVS-GT3	360
8.1.6	Motionering av detaljer	361
8.1.7	Reglering av värmemottagande system	362
8.1.8	Reglering av inmatningssystem	362
8.2	Larmfunktioner	365
8.3	Redovisning på driftkort	373

8.4	Åtkomlighet av data på distans	374
8.5	Dataredovisning, datalagring och uppföljning	375
9.	Entreprenad	377
9.1	Förfrågningsunderlag	379
9.1.1	Solfångarentreprenaden	381
9.1.2	Upphandling av solvärmekretsen, en rörentreprenad med rörisolering	384
9.1.3	Uppfyllning och uppstart av solvärmesystemet	386
9.1.4	GB-test med beräkningsunderlag	389
9.1.5	Styrentreprenaden	392
9.2	Vilka ska tillfrågas?	393
9.3	Underlag till en klar entreprenör	394
9.4	Entreprenaddokumentation	395
9.5	Besiktning och överlämning	398
9.6	Uppföljning	400
9.7	Kontroll av en solvärmeanläggning	400
9.7.1	Sätta samman tryckkärl och rörledningar till en helhet	401
9.7.2	CE-märkning (AFS 2016:1) av aggregat	403
9.7.3	Sammanfogning (AFS 2017:3)	405
10.	Drift och skötsel	407
10.1	Besök på/vid solvärmeanläggningen	407
10.2	Larm och larmuppföljning	411
10.3	Uppföljning	423
10.4	Att köpa driftskontroll och service av en solvärmeanläggning	427
Bilaga 1	Komponentmärkning	431
Bilaga 2	Besparingskostnadsmodellen	435
Bilaga 3	Beräkning av tryckfallet i en solfångare typ C	439
Bilaga 4	Tryckfallsbalansering, beräkningsexempel	447
Bilaga 5	Instruktioner för GB-test med flera	457
Bilaga 6	Ronderingslista	465
Ordlista		469
Tack!		475

1. INTRODUKTION

AMBITIONEN MED DENNA bok är att ge en så tydlig genomgång som möjligt av de vanligaste solvärmesystemen. Detta avser vilka system som finns och hur de kan användas men även hur de kan dimensioneras, projekteras och regleras.

I boken presenteras den information som behövs för att dimensionera och konstruera en solvärmeanläggning från 20–30 m² upp till några tusen m² där solvärmeanläggningen ingår som en del i en annan anläggning, t.ex. ett flerbostadshus eller fjärrvärmeanläggning.

Här ges den information som behövs för att kunna bygga de solvärmesystem där det krävs en mer genomarbetad projektering, med ritningar och beskrivningar, men även ge förslag på hur den kan handlas upp i en entreprenad och sedan tas om hand i den driftorganisation som finns. Detta innebär att information kring enkla solvärmeanläggningen inte inkluderas och inte ens standardiserade små solvärmeanläggning så kallade villaanläggningar berörs i någon större utsträckning även om en hel del av materialet kan användas även för dessa anläggningar.

I andra änden av komplexitetsskalan så berörs inte de anläggningar där det krävs riktig specialkompetens. Med detta avses ångproducerande anläggningar med speciella värmebärare för höga tryck och temperaturer. Även solvärmeanläggningar med mycket stor aktiv area, över 5 000–10 000 kvm, kräver lite annan kompetens, även om mycket är samma så finns det några delar som avviker. Den största erfarenheten av dessa system finns numera i Danmark både med avseende på leverantörer och konsulter men även inom akademien, så det kan vara lämpligt att söka kompletterande information för denna typ av solvärmeanläggningar där.

Inte heller industriella applikationer berörs i någon större utsträckning men finns med i en liten del i avsnitt 7.6. Så kallad solkyla,

en solvärmeanläggning som driver en absorptionsvärmepump, behandlas inte heller även om solvärmekretsen har stora likheter med det som beskrivs här.

För att kunna bygga en solvärmeanläggning krävs att det görs en förstudie som påvisar vilken solfångararea som är lämplig, vilket system som ska användas samt hur det ska kopplas in mot befintligt system. Ska anläggningen handlas upp i konkurrens så krävs att det skrivs ett upphandlingsunderlag som gör att olika anbud kan ställas mot varandra och även redovisa hur anläggningen ska byggas.

Läsaren bör ha förkunskaper avseende värmeutredningar samt projektering av värmeproducerande anläggningar men den specifika information som avser solvärme ska gå att hitta här. Informationen ska vara produkt och företagsoberoende vilken information som inhämtas från leverantörer av solfångare inte är. Sedan är det alltid bra att hämta information från flera källor för att kunna göra en egen kvalificerad bedömning av vad som är mest lämpligt i det enskilda fallet.

Det har varit en svår avvägning, av vilken förkunskap som förutsätts. Behöver till exempel arbetsgängen för att beräkna volymen för ett expansionskärl redovisas eller har läsaren grundkunskaperna och det är bara det som är solvärmespecifikt som behöver redovisas.

I materialet finns ingenting om projektering av anläggningar för att producera sol. I många fall kan en solvärmeanläggning få samma eller bättre effekt i förhållande till elnätet när elvärme sparas genom att minska elanvändningen i en elpanna eller elvärmd ackumulatortank.

Bokens innehåll kan delas i tre delar som kan läsas åtskilt.

- ▶ De inledande kapitlen 1–5, är främst till för de yrkesgrupper som ska få ett grepp om vad solvärme är, vilka generella produkter som finns, i vilka kombinationer med andra värmekällor som de kan användas och vad som bör undersökas vid en förstudie.
- ▶ Kapitel 6–9, är för dem som ska ta ansvar för att solvärmeanläggningen kommer att fungera. Det kan vara en beställarkonsult som tar ett stort ansvar för funktion och systemuppbyggnad eller en entreprenörskonsult som ska se till så att det som entreprenören avser kommer att fungera. Detta gäller både VVS/rörkon-sulter samt el/styrkonsulter, för arkitekter och byggnadskonsulter så är det inte så mycket solvärme specifikt.

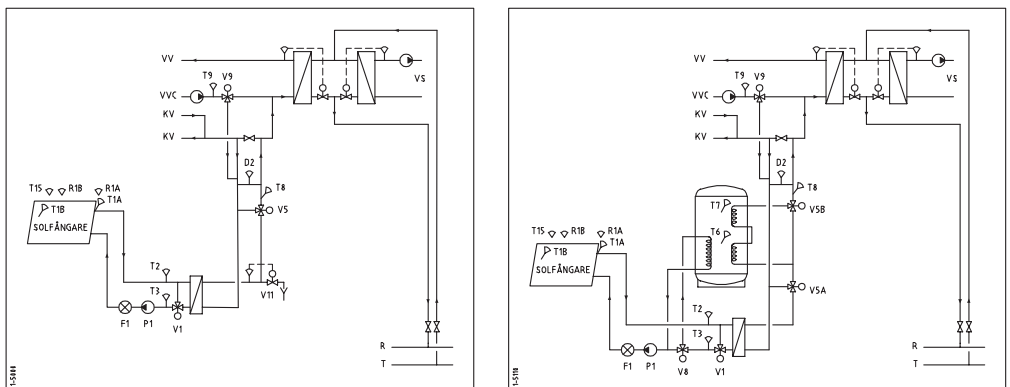
- ▶ Det avslutande kapitel 10, berör drift och skötsel. Detta kapitel baseras mycket på den tunga tekniska delen med en del hänvisningar. Det är viktigt att entreprenaden ger rätt förutsättningar för driften både med avseende på teknikuppbyggnad men även på styr- och reglerteknik samt larmfunktioner.

SAMMANFATTNING

- ▶ Det finns två typer av grundkoncept avseende regleringen av solvärmesystem, temperaturhöjande system och system som ska ge en given temperatur. Temperaturhöjande system har en enklare reglering, se avsnitt 6.1, och är den absolut vanligaste varianten.
- ▶ I de allra flesta solvärmeanläggningar så används någon typ av värmelager vilket gör att de kan betecknas som energidimensionerade men det finns ett fåtal varianter där det inte används något värmelager och där det värmemottagande systemet bara kan ta emot en given effekt. Dessa system kallas för effektdimensionerande.
- ▶ Kravet på att solvärmen ska ta hela värmebehovet, under några veckor, beror mycket på vilken annan värmekälla som solvärmen samverkar med. Solvärme som samverkar med en förbränningspanna har mycket högre krav på att ta hela värmelasten än sekundärkopplad solvärme ihop med fjärrvärme. Minst krav på att solvärmesystemet ska ta hela värmelasten är tillsammans med elvärme (elpatron/elpanna).
- ▶ Solfångarnas verkningsgrad sjunker med stigande arbetstemperatur, hur mycket är beroende på typ och fabrikat av solfångarna.
- ▶ Det går inte att reglera, generellt sett, hur mycket solvärme som produceras eftersom det är beroende på vädret just då. Bara för att det är solsken på förmiddagen så betyder inte det att solen skiner på eftermiddagen eller tvärtom. Om solen skiner idag så blir det solsken även i morgon. I vissa länder är vädret stabilare, det går att med ganska stor sannolikhet att säga att det kommer regn en given tid eller att det är så många solskenstimmar om dagen men svenskt väder är (normalt) inte sådant.
- ▶ Värmebehovet, för uppvärmning och varmvattenberedning, varierar kraftigt beroende på tidpunkt, veckodag och månad (tidpunkt på året).
- ▶ Det kompletta solvärmesystemet ska vara så enkelt som möjligt,

enkelt både med avseende på förståeligt och driftsäkert. Erfarenheten från många system och många år visar att den svaga länken i många solvärmeanläggningar är drift och skötsel. Ambitionen vid projekteringen bör vara att de funktioner som används ska vara så självklara som möjligt även om det under vissa förutsättningar ger sämre verkningsgrad. Solvärmesystem är så "konstiga" för de allra flesta så även om de görs superenkla av någon som är relativt duktig på solvärme så blir de väldigt komplicerade för någon som inte kan. Men det finns vissa delar i ett solvärmesystem som inte kan tas bort och dessa funktioner måste tydliggöras och med hjälp av larm visa när de fungerar eller inte fungerar. Exempel på fråga som har ställts "Vad ska driftpersonalen göra när det blir ett undertryckslarm" det kan tyckas självklart att trycket ska höjas så att det inte larmar men verkligheten är inte alltid sådan. Dessutom har drift och skötselpersonal ont om tid, det ska vara mycket tydligt vad som ska göras och när. Det går inte att förvänta sig att en driftsansvarig ska hinna med och följa upp temperatur- och tryckkurvor utan enkla larm ska/bör användas för att hjälpa de som sköter drift att hålla koll på om anläggningen fungerar som den ska eller inte.

Att kortvarigt dumpa varmvatten till avloppet för att ta ner temperaturen i solvärmekretsen är det snabbaste och det kyler bara bort överskotts temperatur inte så mycket värmeenergi. Kontrollera noga att det system eller den utrustning som tar emot varmvattnet klarar så hög temperatur samt att det inte finns någon risk att någon kommer till skada. Temperaturen på varmvatten blir inte 55 till 60 °C utan kan bli 85–90 °C. Kontrollera också att kallvattnet in i byggnaden inte stängs av om/när byggnaden larmas



Figur 4:11 (System 1-5000 och 1-5110) Bilderna visar två direktkopplade solvärmesystem, ett utan värmelager men med VV-dumpning som högtemperaturskydd och ett med värmelager som högtemperaturskydd.

Fördelen med ett direktkopplat system är att solvärmekretsen kan börja värma tappvarmvattnet vid låg instrålning. Så länge den producerade solvärmeeffekten är lägre än uttagen effekt så hålls solvärmekretsen kall vilket ger en hög solvärmeproduktion. Under större delen av året så behövs inget värmelager, där användning av ett värmelager medför dubbla värmeväxlingar och en något högre starttemperatur för solvärmekretsen.