

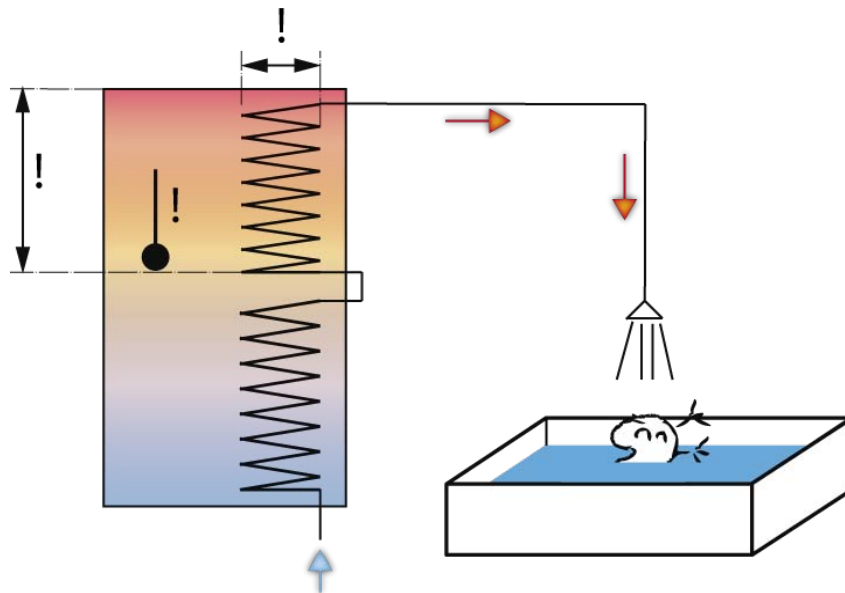
Projekt SWX-Energi

Rapport nr 34

Ett bad när som helst

- Dimensioneringsråd för varmvatten

Johan Vestlund



En investering för framtiden



FÖRORD

Rapporten **Ett bad när som helst - Dimensioneringsråd för varmvatten** är framtagen av Johan Vestlund inom delprojekt Sol- och biovärme.

Syftet med studien är att utreda vilka kriterier som gäller i en ackumulatortank med dubbla varmvattenslingor för att i alla situationer kunna leverera tillräckligt med varmvatten för en badkarsuppfyllning.

Enkla underlag för att beräkna erforderlig slinglängd har tidigare saknats och tidsödande provning har behövt genomföras för att optimera varmvattenkapaciteten i ackumulatortankar. I denna rapport presenteras ett nomogram (*figur 4, sida 13*) som visar sambandet mellan beredskapsvolym, temperaturnivå och slinglängd för att uppfylla Boverkets byggregler för ett småhus.

Att tillräcklig varmvattenkomfort erhålls är viktigt, också för att kunden ska bli nöjd med ett solvärmesystem. Att detta kan ske vid rimliga tanktemperaturer på 60-65 °C är viktigt för att solvärmestillskottet ska bli högt.

Ökad varmvattenkomfort ökar energibehovet och minskar solvärmebidraget varför det är viktigt att dimensionera korrekt. Utgångspunkten för att bygga ett effektivt solvärmesystem är därför att först utgå från en korrekt dimensionerad varmvattenkapacitet.

Mängd varmvatten som det går att få ut från en ackumulatortank bestäms av volymen på det uppvärmda vattnet i tankens topp, temperaturen i tanken, och slingornas längd och placering.

2011-09-21

Lars Persson
Projektchef, SWX-Energi
0653-77211, 070-2117896
lars.persson@gde-kontor.se

Tomas Persson
Projektledare, delprojekt Sol och bio
023-778717
tpe@du.se

SAMMANFATTNING

I solvärmesystem är det viktigt att tillräcklig varmvattenkomfort kan tillgodoses, men samtidigt vill man hålla temperaturen och den uppvärmda volymen (beredskapsvolymen) låg för att ge mer utrymme för inlagring av solvärme. I villasystem är det vanligt att solvärmesystemet bereds i interna slingor, men en dimensionering är ganska komplicerad. I denna studie har ett nomogram (*figur 4, sida 13*) tagits fram som hjälpmedel för att dimensionera slinglängd och beredskapsvolym enligt kraven i BBR.

Boverkets författningssamling BBR 2011:6 ställer krav på att det ska vara möjligt att tappa upp ett badkar med 140 liter vatten utan att varmvattentemperaturen sjunker under 40 °C, med ett flöde på 0,3 liter per sekund. Det innebär en tappning på cirka 4,9 kWh vid en kallvattentemperatur på 10 °C.

Studien behandlar de fall när tappvarmvattnet värms i dubbla, seriekopplade varmvattens-slingor, som är fallet i solvärmesystem. För att tillfredsställa kravet går det att hitta en kombination av temperatur i övre delen av tank, där övre varmvattensslingen är monterad, längden på den övre varmvattensslingen samt hur stor volym av ackumulatortanksvattnet som omger den övre varmvattensslingen.

Studien är gjord med hjälp av simuleringsprogrammet TRNSYS där en datormodell av ackumulatortanken använts med data för värmeväxlarna identifierade från mätningar.

Studien har avgränsats till kraven i BBR för ett enbostadshus. För större varmvattenbehov i villasystem, till exempel för stora bubbelbadkar, behöver slinglängderna och den uppvärmda volymen (beredskapsvolymen) ökas så pass mycket, att det blir svårt att inrymma i normalstora villatankar. Det kan då vara effektivare att använda andra varmvattenberedningsmetoder som varmvattenberedare eller tappvattenautomater, som ger högre varmvattenkapacitet vid motsvarande beredskapsvolym.

Ju större tillgänglig ackumulatortankvattenmängd som är tillgänglig för övre varmvattensslingen, desto lägre påslagstemperatur för pannan. Från volymer över 300 liter påverkas inte påslagstemperaturen av ytterligare volymökning.

En övre varmvattensslinga på 12 meter kan användas från 62,5 °C i volymer från 300 l. Vid 65 °C minskar volymbehovet drastiskt till 200 liter. En övre varmvattensslinga på 15 meter kräver 275 l vid 60°C, 230 l vid 62,5°C och 175 l vid 65°C. I små solvärmda ackumulatortankar på mellan 300 och 500 liter måste alltså slinglängderna vara längre än i större tankar för att kvarvarande volym för solvärme ska vara tillräcklig.

INNEHÅLL

1	INTRODUKTION	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	6
1.3	Avgränsningar	6
1.3.1	Beredningssätt	6
1.3.2	Det mest kritiska fallet	7
1.3.3	Inga ytterligare laster	7
1.4	Material	8
1.5	Metod	9
1.5.1	Parametrar	9
1.5.2	Konditionering och urladdning	10
2	RESULTAT	12
2.1.1	Känslighetsanalys	12
2.1.2	Viktiga parametrar	13
2.1.3	Formulerande av samband	14
3	DISKUSSION	15
3.1.1	Olika blandningstemperaturer	16
4	SLUTSATSER	17
5	REFERENSER	18

1 INTRODUKTION

1.1 Bakgrund

I solvärmesystem är det speciellt viktigt att tillräcklig varmvattenkomfort kan tillgodoses, eftersom brukaren annars med största sannolikhet kommer att beskylla själva solvärmeanläggningen. Samtidigt står hög varmvattenkomfort i motsats till högt solvärmeutnyttjande för en given systemstorlek. Därför vill man hålla temperaturen och den uppvärmda volymen (beredskapsvolymen) låg för att ge mer utrymme för inlagring av solvärme. I villasystem är det vanligt att solvärmen bereds i interna slingor, men en teoretisk dimensionering är ganska komplicerad att genomföra. Denna studie avser att ta fram ett hjälpmedel för att dimensionera varmvattenkomforten för villasystem.

Studien har avgränsats till kraven i Boverkets författningssamling 2011:6, Boverkets byggregler 18 [1] (kallad BBR 18 nedan) för ett enbostadshus. För större varmvattenbehov i villasystem, till exempel för stora bubbelbadkar, behöver slinglängderna och den uppvärmda volymen (beredskapsvolymen) ökas så pass mycket att det blir svårt att inrymma i normalstora villatankar. Det kan då vara effektivare att använda andra varmvattenberedningsmetoder som varmvattenberedare eller tappvattenautomater som ger högre varmvattenkapacitet vid motsvarande beredskapsvolym.

BBR 18 [1] reglerar hur mycket tappvatten ett villavärmesystem ska kunna leverera och till vilken kvalitet:

"En vattenvärmare som betjänar ett enbostadshus bör vara dimensionerad för att under en tid av högst 6 timmar kunna värma 10-gradigt kallvatten så att två tappningar om vardera 140 l vatten av 40 °C blandat kall- och varmvatten kan erhållas inom en timme" [1]. Detta motsvarar en energimängd på 4,9 kWh

I BBR 18 [1] finns även nämnt hur stort flödet ska vara:

För bostäder är föreskriftens krav på vattenflöden vid tappställen för både varm- och kallvatten uppfyllt om normflödena är 0,3 l/s för badkar [1].

Det kan vara svårt att uppfylla kravet enligt BBR 18 om komponenter i värmesystemet feldimensioneras och/eller trimmas in felaktigt. För varmvattenberedning med dubbla slingor i ackumulatortank är detta ännu viktigare då konstruktionen inte är optimal ur värmekvalitetssynpunkt. Det är bättre att ha ordentligt varmt vatten i toppen och kallt i botten, det som kallas för skiktning. Slingorna förstör skiktningen i större utsträckning än vid tappning ur en varmvattenberedare och av den anledningen krävs större beredskapsvolym än för en varmvattenberedare med motsvarande varmvattenkapacitet. Eftersom varmvattnet bereds i genomströmning kan det vara svårt att leverera stora mängder varmt vatten med högt flöde.

Om användarna ibland upplever brister i varmvattentillgången på grund av felinställningar är det lätt hänt att de uppfattar att problemet härrör från typen av värmesystem och energislaget i sig, snarare än de verkliga problemen. Om ett sol- och pelletssystem installeras på sådant sätt, att solvärmeutbytet premieras till förmån för varmvattentillgången, kan tappvarmvattentill-

gången stundtals vara begränsad. För en entusiast spelar kanske detta ingen roll; orsaken är känd för användaren som, till exempel, att solen lyste för lite och pannstyrningen var ställd för att gå igång framåt vintern. Men, det ställs andra krav för den som kräver hundra procent leveranssäkerhet oavsett hur värmen produceras. Vid design av ett solvärmesystem måste alltså utgångspunkten vara vilken varmvattenlast som ska kunna levereras. Det är dock inte säkert att kraven i BBR 18 [1] är tillräckliga för alla brukare.

För att uppfylla BBR18s krav krävs därför denna studie för att se hur det går att bygga väl-fungerande anläggningar med slingor i tank. Det är oftast ganska enkelt att beräkna tillgången på varmvatten för varmvattenberedare och tappvattenautomater: Varmvattenberedaren har allt vatten redan uppvärmt före tappning, vilket gör att det går att använda i det närmaste hela volymen på en gång.

Med slingor i ackumulatortanken kyls alla nivåer i tanken samtidigt, vilket gradvis sänker temperaturen även i tankens topp. Det blir därför temperaturnivån i tanken den sista sekunden av tappningen som avgör om varmvattentemperaturen fortfarande är över 40 °C. Detta gör att det utan simuleringsprogram är ganska svårt att beräkna varmvattentillgången för ackumulatortankar med slingor.

1.2 Syfte

Detta arbete avser att utreda vilka kriterier som gäller i en ackumulatortank med dubbla varmvattenslingor för att i alla situationer kunna leverera tillräckligt med varmvatten i enlighet med BBR 18 ([1]) för en badkarsuppfyllning. Observera dock att kraven i BBR 18 inte är tillräckliga för att fylla upp ett stort bubbelbadkar.

Den mängd vatten som det går att få ut från en ackumulatortank, med minst en temperatur om 40 °C bestäms av volym på ackumulatortank, temperaturer i tanken och sätt att bereda varmvattnet. Rapporten behandlar de fall när tappvarmvattnet värms i dubbla varmvattenslingor och då spelar slingornas placering och längd roll för utbytet. Studien visar sambanden mellan tillgänglig volym för övre slinga, slinglängd och temperatur i övre del av tank.

1.3 Avgränsningar

1.3.1 Beredningssätt

Det finns flera sätt att bereda varmvatten: Enkel slinga i tank, dubbla slingor i tank, tappvattenautomat och förrådsberedare för att nämna de vanligaste förekommande i samband med ackumulatortank i svenska system.

Denna studie behandlar de fall när tappvarmvattnet värms i dubbla, seriekopplade varmvattenslingor.

1.3.2 Det mest kritiska fallet

För ett värmesystem bestående av ackumulatortank med dubbla, inbyggda värmeslingor och en pelletspanna eller vattenmantlad pellets kamin (nedan kallad panna) är det mest kritiska fallet den första badkarstappningen om den sker i samma stund som pannan är avslagen men ska till att slå på; tappningen sker enbart med hjälp av värme som kommer från ackumulatortanken och på grund av att det tar en stund innan pannan har hunnit starta och börja leverera värme, kommer den inte att hinna med att göra det förrän badkarstappningen redan är avslutad.

Den andra tappningen kommer inte att vara kritisk eftersom pannan då har hunnit vara igång så pass länge att ackumulatortanken hunnit laddas tillräckligt för att klara av en till tappning. För att pannan ska kunna ladda upp tanken efter tappningen på 4,9 kWh måste den alltså avge en effekt av cirka 5 kW under timmen mellan tappningarna förutom den effekt som åtgår till värmelasten.

Studien utgår därför från att

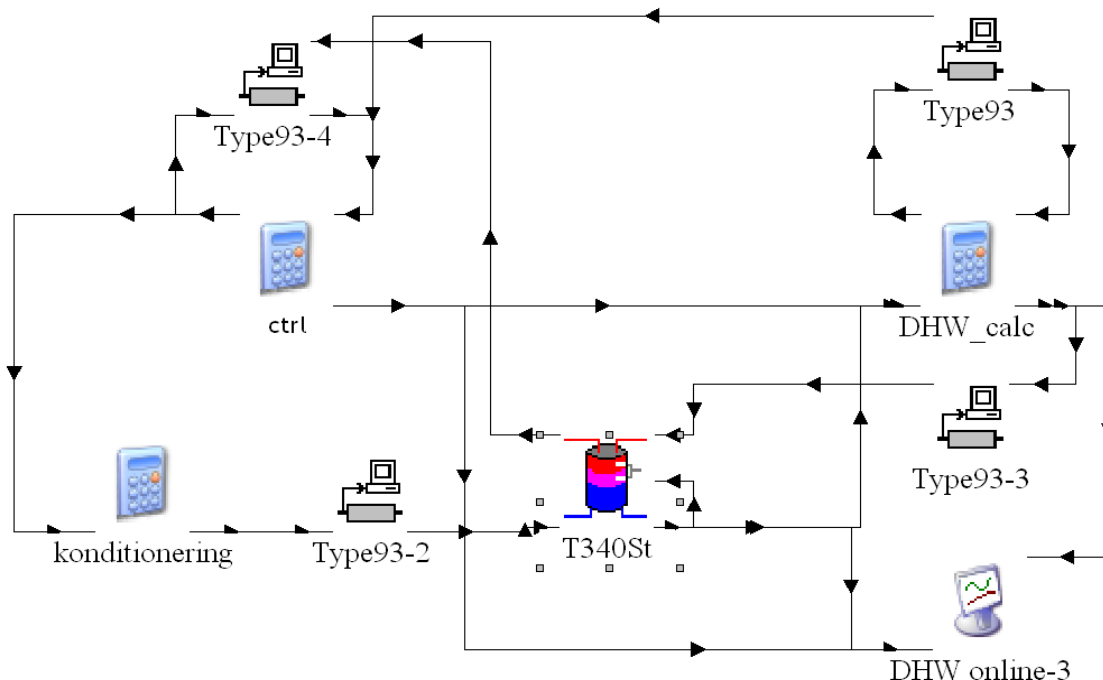
- 4,9 kWh ska precis kunna tappas vid flödet 0,3 l/s, 40 °C utan att varmvattentemperaturen sjunker under 40 °C.
- Ackumulatortanken ska kunna återladdas på en timme för att kunna klara den andra tappningen, vilket gör att tillgänglig effekt måste vara cirka 5kW utöver uppvärmningsbehovet.
- Den studerade ackumulatortankens volym är 750 liter. Det är dock möjligt att använda dimensioneringsunderlaget även för andra tankstorlekar, men för mindre ackumulatortankar riskerar man en liten underdimensionering av slingan, eftersom volymen vid förvärmningsslingan minskar.
- Den övre tappvattenslingans inloppshöjd och uppåt räknas som övre del av tank (beredningsvolym), det vill säga (relativ utloppshöjd – relativ inloppshöjd) * ackumulatortanksvolym. Utloppet sitter nära tankens översta del.
- Volymen i den övre delen av tanken är ett av de sökta värdena.
- Temperaturen i den övre delen av tanken är homogen vid tappningens start och ett av de sökta värdena.
- Allt under den övre delen räknas som nedre del av tank.
- Temperatur i den nedre delen av tanken är 30 °C; homogent.
- Nedre slingan är ett 12 meter långt kopparflänsrör med diameter 22 mm.
- Övre slingan också är ett kopparflänsrör med diameter 22 mm och längden är ett av de sökta värdena.

1.3.3 Inga ytterligare laster

Studien tar ej hänsyn till en eventuell värmelast för uppvärmning parallellt. Om ackumulatortanken är ansluten till värmesystemet i ett hus blir värmeuttaget från tanken större. För att täcka en sådan värmelast behöver denna effekt kunna avges från pannan utöver effektbehovet för varmvattenproduktionen som är cirka 5 kW. Lasten varierar dock utifrån husets isoleringsstandard och utomhustemperatur. Dessutom ändras förutsättningarna i tanken beroende på aktuellt värmebehov och solvärmestillgång. Radiatorernas returtemperatur bestämmer temperaturen i den mellersta delen av tanken och radiatorreturen kan alltså hjälpa till att förvärma varmvattnet [2]. Dock ska radiatorreturen aldrig placeras i tankens botten, eftersom den då värmer området som ska kylas av inkommande kallvatten

1.4 Material

En datormodell av ackumulatortanken sattes upp med hjälp av TRNSYS [3]. Modellen är avbildad i *figur 1*.



Figur 1: Grafisk avbildning av testets koppling i TRNSYS.

Beräkningsmodellen för tanken uppvisar ett skiktat beteende genom att man utgår från att antagande att tanken kan delas upp i ett antal mindre tankar som seriekopplas där varje tank är fullständigt mixad. Antalet uppdelningar (= noder) bestämmer precision i modellen och i denna studie var tankvolymen 750 liter och uppdelad i 100 noder. När pannvatten tas ut från tanken måste det komma in lika mycket. Av den anledningen finns det något som kallas dubbelportar där balans i flödena råder. Möjlighet finns för att sätta in värmeväxlare i form av slingvärmewäxlare, vilka värmer eller kyler över flera noder. Möjlighet att koppla elpatron finns också. Till detta läggs en del logik, som att värme sprider sig uppåt och kylning nedåt. Tankmodellen tar också hänsyn till avkyllning genom isolering.

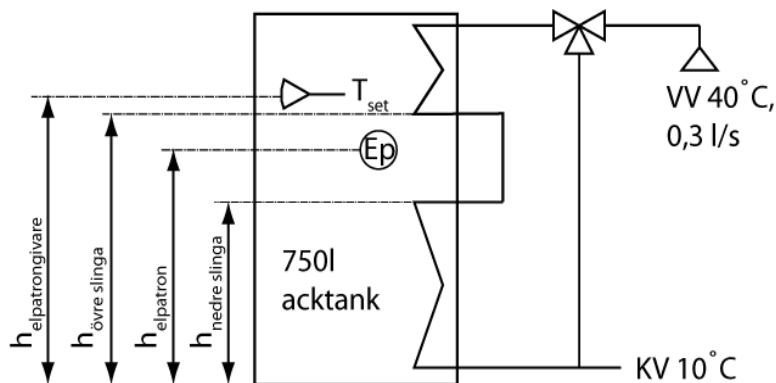
I *figur 1* ingår även ett antal ekvationer, vilka är avbildade som kalkylatorer. Ctrl styrde konditionerings- respektive urladdningscyklerna. DHW_calc beräknade tappvattenenergiåtgången och konditionerings- och urladdningscyklerna styrde att konditioneringen utfördes korrekt.

Det flertal Type93:or som återfinns var fördröjningar, vilka användes för att veta var i cykeln systemet befann sig.

”DHW online-3” är en grafik där resultatet presenterades.

1.5 Metod

En hydraulisk skiss av systemet visas i *figur 2*.



Figur 2: Hydraulisk skiss av systemet.

En ackumulatortank laddades först upp till rätt temperaturer för att sedan laddas ur motsvarande en tappning till ett badkar. Uppladdningen var konditionerad som beskrivits ovan, så att den motsvarade en badkarstappning som påbörjas samtidigt som pellets pannan ska starta.

1.5.1 Parametrar

Tanken var på 751 liter och 1,597 m hög. Eftersom ackumulatortanken var cylindrisk motsvarade 1 höjdpcent av ackumulatortanken en volym på 7,5 liter och 16 mm höjd, medan 1 liter motsvarade 2,12 mm höjd och 0,133 % volym.

Parametrarna som anger värmeväxlarnas prestanda har identifierats genom mätningar [4] och extrapolerats till olika värmeväxlarlängder. De olika parametrarna som använts för värmeväxlare presenteras i *tabell 1*.

Tabell 1: Parametrar för de simulerade kopparrörvärmväxlarna med 22 mm diameter. Parametrarna har fastställts från mätningar av Bales [4] och parametrarna har omräknats proportionellt för olika slinglängder. Den stora skillnaden i redovisad värmeöverföringskapacitet för övre respektive undre slingan beror på de olinjära parametrarna som kompenserar U-värdet för temperaturskillnad och flöde.

Parameter	10 m övre	12 m övre	15 m övre	18 m övre	12 m nedre
Intern volym [liter]	2,1	2,5	3,1	3,75	2,5
Värmeöverföringskapacitet [W/K]	27,32	32,78	40,98	49,17	1525
Olinjär parameter 1	0,0874	0,0874	0,0874	0,0874	0,3086
Olinjär parameter 2	0	0	0	0	0
Olinjär parameter 3	0,9965	0,9965	0,9965	0,9965	0,000056

Temperatur i nedre delen av tanken var alltid 30 °C inför en tappning; temperaturen är avhängig radiatorkretsreturtemperaturen och eventuellt solsystem och kan variera en hel del beroende på tankkonstruktion och väderläge. Omgivande lufttemperaturen var satt till 25°C, men den är av underordnad betydelse för denna undersökning.

Vid tappstället erhöles 40 °C vattentemperatur tack vare att det heta vattnet från tanken blandades med kallare vatten genom en blandningsventilkoppling. Om temperatur vid tappstället understeg 40 °C blandades vattnet inte ut. Vattenflödet vid tappstället var 0,3 l/s, vilket betydde att flödet i varmvattenslingorna i tanken kunde understiga detta värde beroende på temperatur därifrån.

Den övre slingan provades med 10, 12, 15 och 18 meters längd, diameter konstant 22 mm. Slingans volym varierade mellan 2,08 och 3,75 liter beroende på längd. Värmeöverföringskoefficienten varierade mellan 27,3 och 49,2 W/K, olinjära variabler ”parameter for the calculation of (UA)” hölls konstanta nr 1 = 0,0874, nr 2 = 0 och nr 3 = 0,9965. Inloppshöjd ($h_{\text{övre slinga}}$) varierade från 46,7 % till 90,0 % upp på tanken. Utloppshöjd var på 97,4 % konstant.

Den nedre slingan hölls konstant 12 meter, diameter 22 mm. Det innebar en volym på 2,5 liter och en värmeöverföringskoefficient på 1525 W/K, olinjära variabler ”parameter for the calculation of (UA)” hölls konstanta nr 1 = 0,3086, nr 2 = 0 och nr 3 = 0,000056. Inloppshöjd var 2,25 % upp på tanken. Utloppshöjd ($h_{\text{nedre slinga}}$) var 1 % under inloppshöjd för övre slingan, dock aldrig högre än 60 %.

Placering av el-patronen (h_{elpatron}) var 2,4 % under övre slingans inlopp medan höjden på temperaturgivaren för el-patronen ($h_{\text{elpatrongivare}}$) var placerad 3 % över. Elpatronen var förreglad så att den inte slog på under tappningen.

Nödvändig temperatur i den övre delen av tanken, T_{set} , är beroende av flera faktorer. De parametrar som går att påverka för att uppfylla normen är tillgänglig ackumulatortanksvolym för slingorna, det vill säga in- och utloppens placeringar, slingornas längd och den nödvändiga starttemperaturen.

1.5.2 Konditionering och urladdning

Hela tanken konditionerades till 30 °C varpå elpatronen i tankmodellen användes för att värma den övre delen av tanken till den aktuella temperaturen inför provet. Ett tappvattenflöde på 0,3 l/s startades, vilket fortgick tills tanken hade laddats ur med 4,9 kWh. Efter det kontrollerades temperaturen på det sist levererade vattnet från tanken. Om vattnet i slutet höll lägre temperatur än 40 °C justerades T_{set} upp lika många grader som hade saknats på det sista vattnet och omvänt; högre sluttemperatur justerade ned T_{set} på samma sätt. Ny konditionering startades och därpå följde ånyo en urladdning med samma energimängd. Efter några upprepningar var T_{set} hittad.

Under proceduren förekom inga andra laster förutom värmeförlusterna genom tankens isolering.

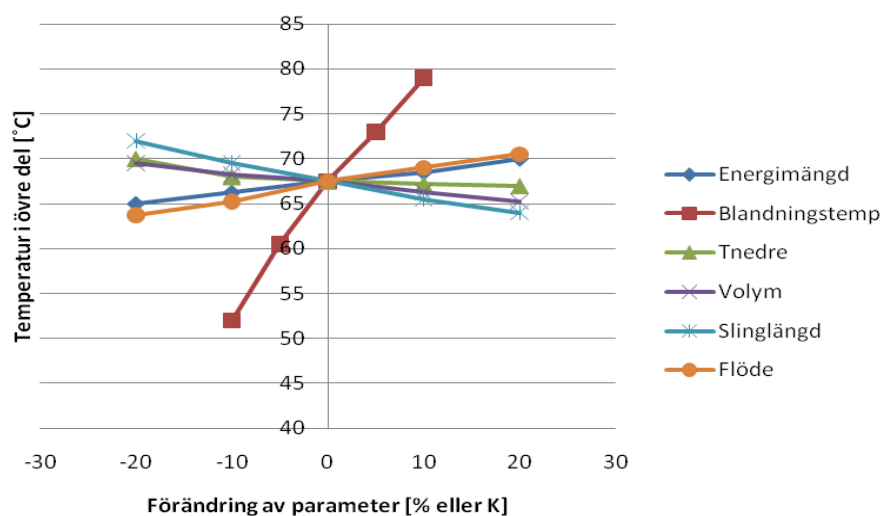
När tappningen startar kommer utgående tappvarmvatten att ha samma temperatur som det råder i tankens övre del (T_{set}), men genom det stora effektuttaget kommer temperaturen att bli lägre än i tanken när slingans vattenvolym bytts ut. Ju kortare slinga, desto större blir temperaturskillnaden mellan tankvattnet och varmvattnet. Vattnet från slingan i tanken blandas sedan ut i blandningsventilen och vid tappstället kommer det att flöda 0,3 l/s med temperaturen 40 °C. Allteftersom tappningen fortgår kyles det inkommande kalla vattnet av tanken.

Det gällde alltså att hitta den temperatur på övre delen av tanken innan start (T_{set}), som gjorde att tappningen höll exakt 40 °C vid tappningens slut.

2 RESULTAT

2.1.1 Känslighetsanalys

Olika faktorer provades för att se vilken inverkan var och en hade på temperaturen i tankens övre del (beredskapsvolymen). Vilka parametrarna var framgår i text nedan. *Figur 3* illustrerar känslighetsanalysen där blandningstemperaturen, det vill säga varmvattentemperaturen, har störst påverkan på vilken temperatur, som krävs i tankens övre del. Ska temperaturen vara lägst 50 °C istället för 40 °C under hela tappningen ökar temperaturkravet på beredskapsvolymen från ca 67 °C till ca 78 °C.



Figur 3: Känslighetsanalys där olika parametrar varierades för att se inverkan på temperaturen i tankens övre del (beredskapsvolymen).

Systemet var inställt enligt följande: 12 m slingor, diameter 22 mm, 207 l tillgänglig volym för övre slinga, vilket gjorde att övre slingan i normalfallet gick in på 72,4 % höjd, elpatronen höjd var 70 %, temperaturgivare 73 %, nedre slingan gick ut vid 60 %, 30°C i nedre del av tank, tappflödet var 0,3 l/s.

I *figur 3* är förändringen av varje parameter enligt följande:

- Energimängden var i normalfallet 4,9 kWh och varierade +/- 20 %. Temperaturbehovet ökade med 0,125 K per % ökat energiuttag, men eftersom energiuttaget är fixt enligt norm undersöktes inte detta mer.
- Blandningstemperatur var 40 °C normalt och varierade +/- 10 K. Temperaturbehovet ökade med 1,35 K per K ökad blandningstemperatur; det betyder att om det alltid efterfrågades 50 °C istället för 40 °C vid tappvattenstället och tappningen var på 4,9 kWh, skulle minsta temperatur i pannan öka från 67,5 °C till 79 °C.
- Temperatur i nedre delen av tanken var i normalfallet 30 °C och varierade +/- 20 K. Temperaturbehovet minskade med 0,075 K per K ökad temperatur i nedre delen av tanken.

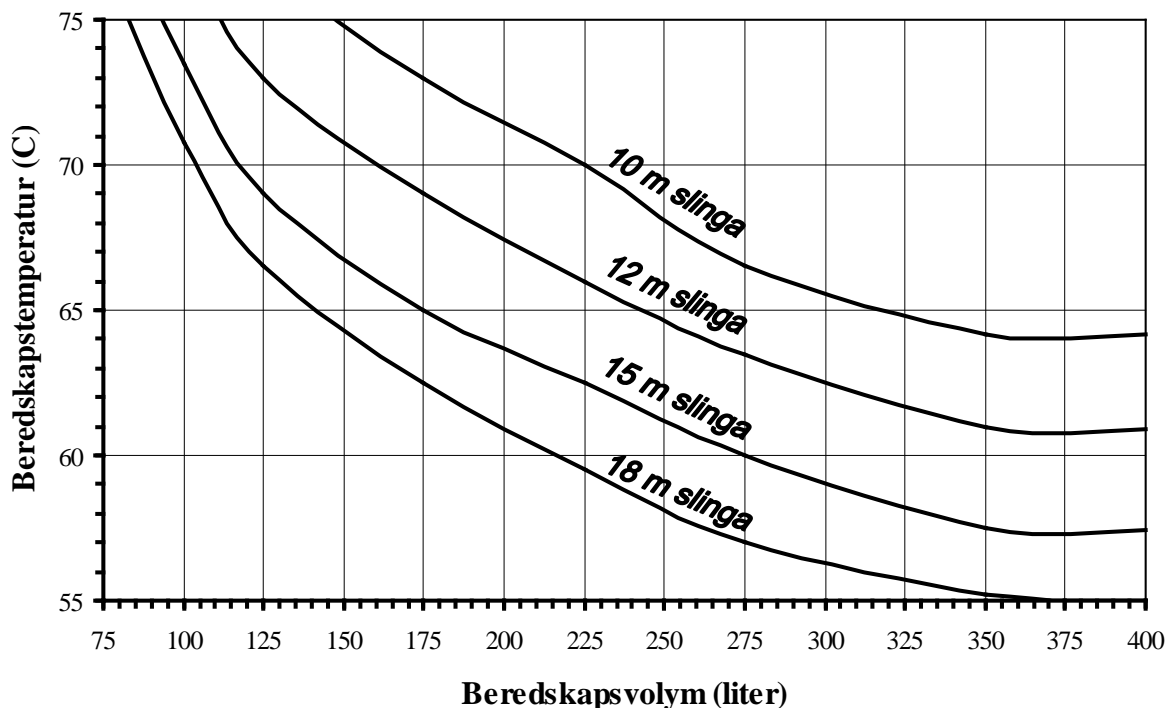
Temperaturen är avhängig radiatorkretsreturtemperaturen och med tanke på att den hade så liten inverkan undersöktes inte denna parameter mer. Dock kan den vara lägre än 30 °C i ackumulatortankar med goda skiktningsegenskaper vintertid.

- Volym i tanken, tillgänglig för den övre slingan var i normalfallen 207 liter och varierade +/- 20 %. En volymförändring på 1 % ledde till en temperaturförändring på -0,11 K. Det är känt att volymen kan variera högst betydligt för olika tankar. Dessutom uppfattades det som sannolikt att effekten avtar med ökad volym.
- Den övre slingans längd var i normalfallet 12 meter och varierade +/- 20 % i känslighetsanalysen. En förlängning på 1 % minskade behovet av temperatur med 0,2 K.
- Flödet påverkade också: 0,3 l/s var normalt och det varierade +/- 20 % vid känslighetsanalysen. En ökning av flödet med 1 % ökade den nödvändiga temperaturen med 0,17 K. Flödet är dock fixt enligt norm och undersöktes inte mer.

2.1.2 Viktiga parametrar

De två faktorer som har en avgörande inverkan är slinglängd och tillgänglig vattenvolym för den övre slingan. *Figur 4* visar minsta beredskapsvolym för given beredskapstemperatur och slinglängd.

Sambandet mellan nödvändig temperatur och volym är inte linjärt. Vid mycket stora volymer är det slinglängd som bestämmer minsta temperatur. Vid mindre volymer bestäms minsta temperatur med en kombination av volym och slinglängd.



Figur 4: Nödvändig temperatur (Beredskapstemperatur) i övre del av tank i förhållande till beredskapsvolym och övre slingans längd för att klara en badkarstoppning.

2.1.3 Formulerande av samband

Om ett mer generellt samband önskas där Temperatur uttrycks som funktion av både volym och slinglängd uttrycks det enligt *ekvation 1*:

$$T_{Beredskap} \approx 56,4 - 1,22 \cdot L + \frac{362}{\sqrt{\min(V_{beredskap}; 300)}} \quad [\text{Ekvation 1}]$$

där

$T_{beredskap}$ = erforderlig temperatur i beredskapsvolymen för att uppfylla BBR18 [1]

L = Slinglängd, Längd på slingan i övre delen av tank.

$V_{beredskap}$ = Den volym som den övre slingan står i kontakt med i tanken

Formel 1 ger ett maximalt fel på cirka 1,7 K i förhållande till beräkningsmodellen, från 75 liter och uppåt för volym i övre delen av tanken och 10 till 18 meters varmvattenslingor.

Som framgår av formeln minskar den nödvändiga temperaturen med 1,2 K för varje extra meter slinga, vilket överensstämmer med känslighetsanalysen.

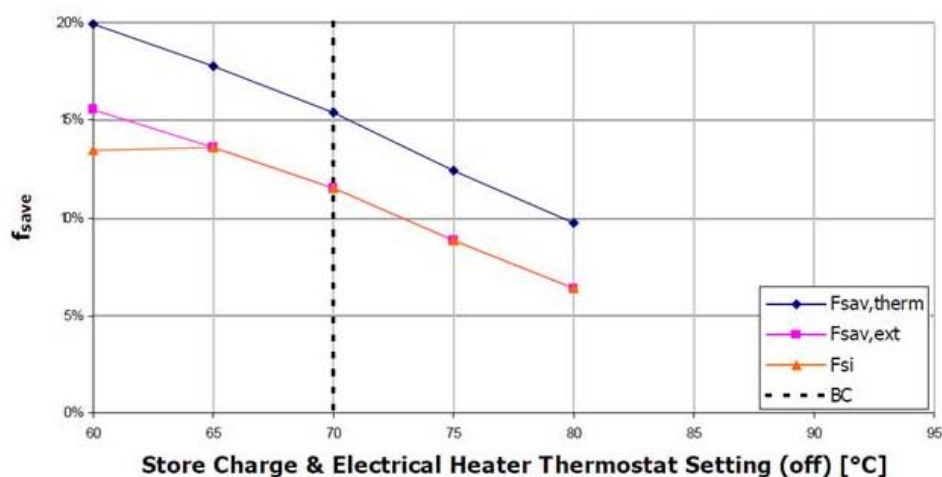
Sambandet mellan temperatur och volym i den övre delen är något mer komplicerad, ju större volym desto lägre temperatur är den generella slutsatsen, men volymer över 300 liter påverkar bara temperaturen marginellt.

3 DISKUSSION

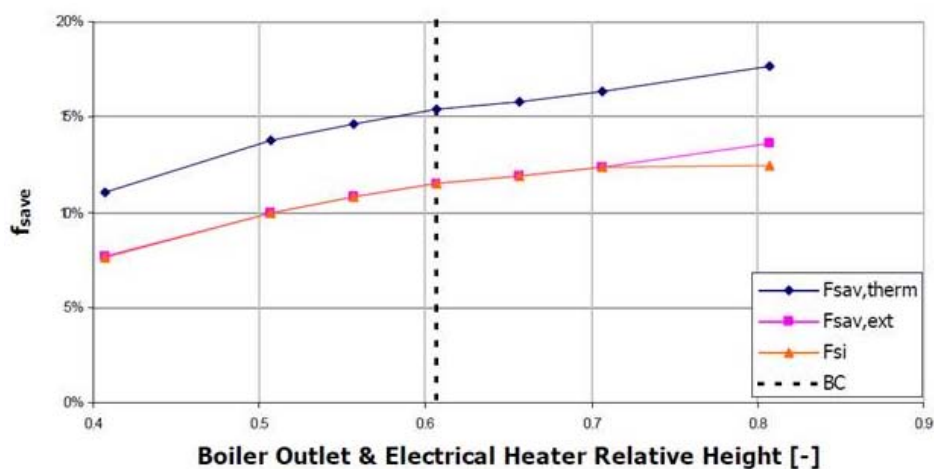
3.1 Dimensioneringsvalets inverkan på systemprestanda.

Vid bestämning av slinglängd i en ackumulatortank med hjälp av *figur 4, sida 13*, kan man alltså välja mellan att använda kortare slinga och större beredskapsvolym eller tvärt om. Vad som är optimalt ur kostnadssynpunkt har inte utretts, men en parameterstudie inom Task 26 projektet [5] ger en uppfattning om parametrarnas inverkan på energibesparingen med solvärme. En systematisk undersökning genomfördes av hur energibesparingen f_{save} (fractional energy saving) påverkades av olika parametrar. Bland annat undersöktes inverkan av temperaturen på beredskapsvolymen och resultatet återges i *figur 5*. Om temperaturen höjs från 60 °C till 80 °C halveras energibesparingen med solvärmesystemet. Temperaturen bör alltså kunna vara så låg som möjligt.

Figur 6 visar inverkan på energibesparingen av tillsatsvärmekällans inkopplingshöjd. Ju högre inkopplingshöjd, desto mindre blir beredskapsvolymen. Minskad beredskapsvolym ökar alltså energibesparingen, men energibesparingen påverkas inte lika kraftigt som av temperaturnivån.



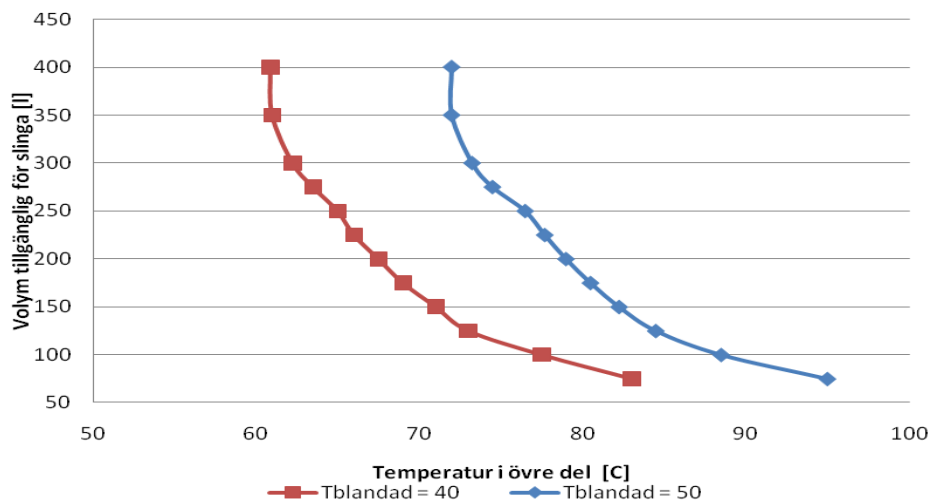
Figur 5: Termostatinställningens inverkan på energibesparingen f_{save} [5].



Figur 6: Inverkan på energibesparingen f_{save} av relativa höjden där panna och tillsatsvärmekälla är ansluten. En högre anslutningshöjd ger mindre beredskapsvolym [5].

3.2 Olika blandningstemperaturer

Enligt BBR 18 [1] står det att ”Installationer för tappvarmvatten ska utformas så att en vattentemperatur på lägst 50 °C kan uppnås efter tappstället.” Att kunna leverera den temperaturen för en mindre tappning framstår som rimligt, men byggreglerna accepterar också att temperaturen sjunker gradvis ner mot 40 °C vid större tappningar. Om 50-graderskravet ska gälla för en hel badkarstappning på 4,9 kWh innebär det att T_{set} måste sättas betydligt högre jämfört med att leverera minst 40 °C som beskrevs ovan. *Figur 7* visar nödvändig volym för en tank med 12-meters-slingor beroende på temperaturnivån för varmvattnet.



Figur 7: Nödvändig volym i övre del av tank med olika blandningstemperaturer.

Också vid mycket stora tankvolymerna innebär en blandningstemperatur på 50 °C att nödvändig temperatur kommer att hamna på cirka 74 °C vid 12 meter slinglängd, för att öka ytterligare med mindre volym.

Ett sätt att minska temperaturen vore att förlänga slingan, men slingor brukar utgöra en stor andel av kostnaden för en ackumulatortank, så alternativet verkar inte så realistiskt.

Att höja pannans påslagstemperatur är också en teoretisk möjlighet, men det skulle innebära tätare start och stoppintervall med försämrade verkningsgrad och högre emissioner.

Kvar som realistiskt alternativ är att låta temperaturen sjunka ned till 40 °C mot slutet av tappningen.

Denna studie tar, som framgick i avgränsningarna, ej hänsyn till värmesystemets last. Frågans relevans är oklar: Om någon, i ett halvdåligt isolerat hus, vill ta ett bad under någon av årets kallaste dagar precis innan pannan går igång, kanske det är möjligt att dra ned lite grann på tappflödet så att vattnet hinner värmas tillräckligt i varmvattenslingorna? Dessutom brukar radiatorreturen vara något varmare under vintern, vilket gör att det blir varmare i nedre delen av tanken än vad som räknats på i denna studie, och då minskar detta eventuella problem.

4 SLUTSATSER

Med 65 °C som lägsta temperatur i tankens övre del kan en 10 meters slinga användas från cirka 300 liter och uppåt, 12 m från 200 liter, 15 m från 175 liter och 18 meter från cirka 140 liter och uppåt.

Med 62,5 °C som lägsta temperatur kan en 10 meter slinga inte användas över huvud taget, 12 m slinga från cirka 300 liter och uppåt, 15 m från cirka 230 liter och 18 meter från cirka 175 liter och uppåt.

Med 60 °C som lägsta temperatur kan 10 och 12 meter slingor inte användas över huvud taget, 15 m slinga från cirka 275 liter och uppåt och 18 meter från cirka 210 liter och uppåt. Slutsatserna sammanfattas i *tabell 2* och ett nomogram för dimensionering redovisas i *figur 4, sida 13*.

Tabell 2: Nödvändig volym (Beredskapsvolym) i relation till den övre varmvattenslingans längd och elpatronens temperatur. Den undre förvärmningsslingan hade en längd av 12 meter och temperaturen i undre delen av tanken var 30 °C vid tappningens start.

Nödvändig volym i övre del av tank [l]		Slinglängd [m]			
		10	12	15	18
Påslagstemperatur	60	Ej möjlig	Ej möjlig	275	210
[°C]	62,5	Ej möjlig	300	230	175
	65	300	200	175	140

Det är realistiskt att utforma en ackumulatortank med dubbla tappvattenslingor så att den kan leverera vatten som är 40 °C mot slutet av en badkarstappning, men inte att ställa kravet att vattnet ska hålla 50 °C under hela tappningen. Då behövs det en mycket större beredskapsvolym. För små ackumulatortankar (300-500 liter) bör längre slingor än normalt användas, eftersom den uppvärmda volymen annars blir oproportionerligt stor och det minskar utrymmet för att lagra solvärme i ackumulatortanken.

5 REFERENSER

- [1] Boverket: BBR 18, BFS 2011:6, Krlskrona, Sweden, 2011.
- [2] T. Persson: Elbesparing med pelletkaminer och solvärme i direktelvärmda småhus. Licentiatavhandling Trita REFR Report No 04/43, KTH, Stockholm, Sweden, 2004.
- [3] TRNSYS. 16.01.0003, Programvara, Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison, 2007, Madison, USA.
- [4] C. Bales: COMBITEST A New Method for Thermal Stores Used in Solar Combisystems, Doctoral Thesis, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, Sweden, 2004.
- [5] W. Weiss, (ed) Solar Heating Systems for Houses - A design handbook for solar combisystems. International Energy Agency, IEA, Solar Heating & Cooling Programme, 2003, London , UK: James & James Science Publishers Ltd. ISBN: 1902916468.

Rapporter

- 1) Säffle biogas – Förstudie
- 2) Skogsskötselmodeller anpassade för skogsbränsleuttag – några exempel
- 3) Framtidens pelletsfabrik
- 4) Småhusens framtida utformning – Hur påverkar Boverkets nya byggregler?
- 5) Långa toppar
- 6) Ackumulerande fällaggregat i gallringsbestånd
- 7) Undersökning av efterfrågan på grön grot
- 8) Studie av storbuntaren Rogbico
- 9) Marknadspotential för sol- och biovärmesystem
- 10) Byggregler och småhustillverkare. Husens framtida utformning.
- 11) Möten med husföretag
- 12) Solvärme i nybyggda hus
- 13) Husköparens val av värmesystem – Hinder och möjligheter
- 14) Användning och vidaretransport av skogsenergisortiment
- 15) Vidaretransport av skogsenergisortiment – Tidsstudier och kostnadskalkyler
- 16) Utveckling av logistiken för skog
- 17) Transport av skogsenergisortiment – Företags- och samhällsekonomiska kostnader
- 18) Potential för skogsbränsle i Värmland – hinder och möjligheter
- 19) Ekonomi vid skogsskötsel inriktad mot energi- och industrisortiment
- 20) Biogas Säffle – Förstudie Värmlandsnäs
- 21) Småskalig rökgasrening – metoder för att minska utsläppen från småskalig bio-bränsleeldning
- 22) Tillsatser som kvalitetshöjare för pellets
- 23) Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan
- 24) Täckningsbidrag vid uttag av skogsbränsle i unga bestånd
- 25) Miljöeffekter av biobränslen från spån till pellets
- 26) Handbok för kombinerade sol- och biovärmesystem
- 27) Underlag för utökad besiktning av sol- och biovärmesystem
- 28) Provningsmetod för sol- och biovärmesystem
- 29) Bioenergikombinat Falun – ett systemperspektiv på kraftvärmeanläggningar
- 30) Konditionering av råvara före pelletering
- 31) Rötresten – åter till kretsloppet
- 32) Småskalig uppgradering av biogas
- 33) Teknik för småskalig elgenerering
- 34) Ett bad när som helst – Dimensioneringsråd för varmvatten

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

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