



Lågenergihus till en låg kostnad – utvärdering av värme- och lagringssystemet ASES

Jan-Erik Eskilsby AB Svenskt Klimatneutralt Boende,
Övre Skräddaregårdsvägen 10, 517 37 Bollebygd, Sweden
jan.erik@ases.me

Marcus Rydbo Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg, Sweden
marcus.rydbo@norconsult.com

Maria Mattsson Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg, Sweden
maria.mattsson@norconsult.com

Abstract

Våra byggnader står idag för ca 40 % av samhällets totala energianvändning och de flesta aktörer inom samhällsbyggnadsbranschen är överens om att nya byggnader skall utformas energieffektivt. Det finns många olika tillvägagångssätt för att skapa energisnåla byggnader, ofta förknippade med stora kostnader. Vissa metoder har så lång återbetalningstid att beställaren istället väljer det traditionella alternativet. För att öka byggnationen av energieffektiva hus måste branschen finna välfungerande, enkelt applicerbara lösningar till rimliga investeringar. Att använda solfångare för att producera värme och tappvarmvatten har blivit allt vanligare i de nordiska länderna idag. Dessa system fungerar bra och kan täcka större delen av behovet under sommarhalvåret. Problemet är att merparten av energin produceras sommartid då behovet av uppvärmning är som lägst. Vanligtvis lagras värmen från solfångarna i en ackumulatortank med en begränsad volym som endast täcker ett begränsat behov. Detta innebär att det finns ett behov att kunna säsongslagra energi.

Denna artikel är baserad på en fallstudie av prototypuset Villa Gustafson, det första huset som byggts med det innovativa uppvärmnings- och lagringssystemet ASES, Active Solar Energy Storage. Denna teknik gör det möjligt att tillvarata solenergi och lagra värmeöverskottet från sommarhalvåret i ett markvärmelager. Den lagrade värmen används sedan till uppvärmning av byggnaden under den kalla årstiden. Villa Gustafson byggdes 2008 och sedan dess har utförliga mätningar av temperaturer och energiförbrukning gjorts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Byggnaden uppvisar mycket positiva resultat med en genomsnittlig årlig förbrukning på 15 kWh/ m²/år för värme, varmvatten och ventilation. ASES-systemet består av solfångare på hustaket, en ackumulatortank, en värmepump och ett markvärmelager under husets grund. Systemet ligger under 10 W/m² i maximalt effektuttag.

Värmelagringssystemet inkräktar inte på husets utformning utan ger goda förutsättningar att skapa ett energieffektivt boende med en attraktiv design. Jämfört med traditionella passivhus är den arkitektoniska friheten betydligt större, då passivhustekniken bygger på en design som innebär

begränsningar i storlek på glasytor, utformning m.m. Villa Gustafson har byggts mycket välisolerat och tätt, likt passivhusteknik, men har en komplicerad planlösning med ytterväggar i flera olika vinklar. Huset har många stora fönster, flertalet ytterdörrar och olika takhöjder men kommer trots detta ner i en energianvändning långt under kraven för passivhus.

Keywords: Energieffektivisering, Säsongslagring, Arkitektur, Solfångare

Inledning

Våra byggnader står idag för ca 40 % av samhällets totala energianvändning [Energimyndigheten 2012] och de flesta aktörer inom samhällsbyggnadsbranschen är överens om att nya byggnader skall utformas energieffektivt. Det finns många olika tillvägagångssätt för att skapa energisnåla byggnader, ofta förknippade med stora kostnader. Vissa metoder har så lång återbetalningstid att beställaren istället väljer det traditionella alternativet. För att öka byggnationen av energieffektiva hus måste branschen finna välfungerande, enkelt applicerbara lösningar till rimliga investeringar.

Att använda solfångare för att producera värme och tappvarmvatten har blivit allt vanligare i de nordiska länderna idag. Dessa system fungerar bra och kan täcka större delen av behovet under sommarhalvåret. Problemet är att merparten av energin produceras sommartid då behovet av uppvärmning är som lägst. Vanligtvis lagras värmen från solfångarna i en ackumulatortank med en begränsad volym som endast täcker ett begränsat behov. Detta innebär att det finns ett behov att kunna säsongslagra energi. Om vi klarar av att lagra energi under längre perioder och med kostnadseffektiva tekniker så kanske vi finner nyckeln till konkurrenskraftiga lågenergihus.

Syfte

Artikeln syftar till att visa på nya innovativa metoder att på ett kostnadseffektivt sätt skapa energieffektiva byggnader. Här redovisas uppvärmningssystemet ASES som ett lågenergikoncept och jämförs med standardvilla och passivhus.

Metod

Artikeln är baserad på en fallstudie av prototypuset Villa Gustafson, det första huset som byggts med uppvärmningssystemet ASES – Active Solar Energy Storage. Utförliga mätningar av temperaturer och energiförbrukning har gjorts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut sedan i december 2008. Dessa resultat presenteras tillsammans med en beskrivning över värmelagringssystemet och prototypuset.

Resultat

Villa Gustafsson

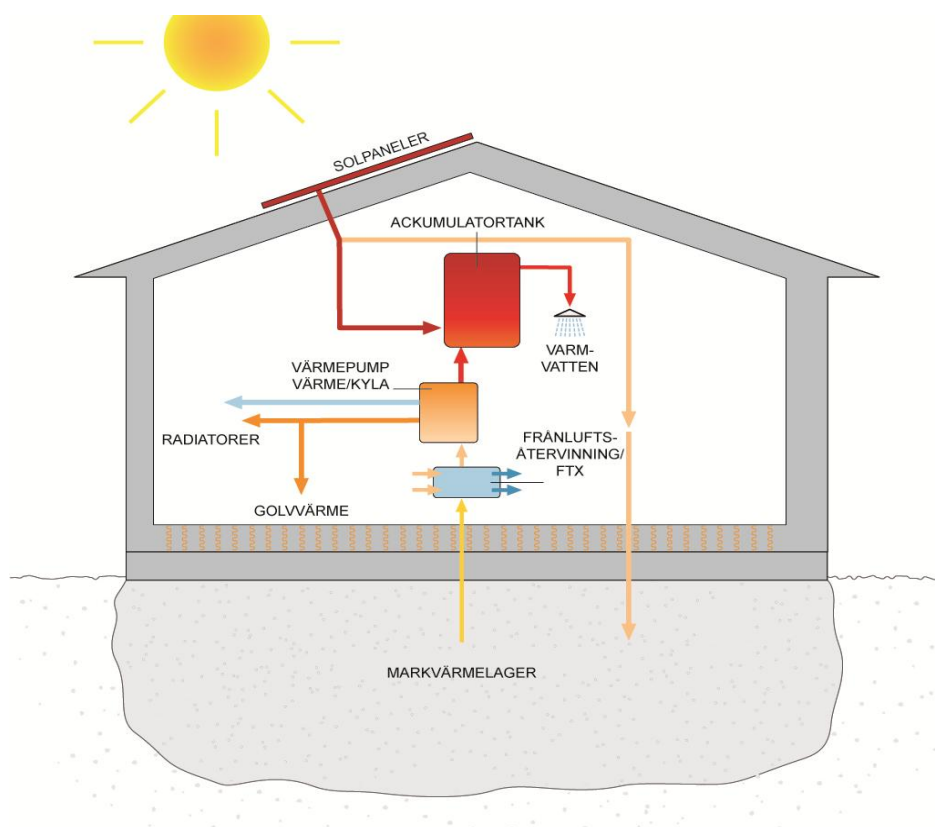
På en höjd i Bollebygd byggdes år 2008 Villa Gustafson som det första huset någonsin med värmesystemet ASES. Enplansvillan är en privatbostad med 222 m² boyta och ett integrerat uppvärmt garage på 67 m².



Figur 3 Villa Gustafson. Foto: AB Svenskt Klimatneutralt boende

I Villa Gustafson produceras all energi som behövs för uppvärmning, tappvarmvatten och ventilation av ASES-systemet. Huset har 29 m² solfångare som är riktade mot söder. Vätskan som cirkulerar i dessa värms av solen och värmen lagras därefter i en ackumulatortank på 900 liter och i ett markvärmelager under byggnaden. Om ackumulatortankens temperatur överstiger antingen 70° C eller temperaturen i solfångarna, så cirkuleras värmen ned till markvärmelagret. Detta innebär att sommarens värmeöverskott kan användas, men systemet kan även dra nytta av förhållandevis låga temperaturer under vintern. Till markvärmelagret är en värmepump på 6 kW kopplad som förser huset med golvvärme och kompletterande tappvarmvatten. På vägen upp till värmepumpen passerar värmen från markvärmelagret en frånluftsvärmeväxlare som höjer temperaturen ytterligare. Friskluft tas in genom ventiler i väggarna och ingen förvärmning sker. Markvärmelagret består av mycket finkrossat berg, s.k. stenmjöl, som har en mycket god värmelagringskapacitet, ca 600 MJ/K (167 kWh/K).

Solfångarna levererar ca 700-750 kWh/ m²/år. En siffra som är väldigt hög tack vare ett relativt kallt medium som tar emot energin, jämför max 21°C i ASES-systemet med en ackumulator tank med ca 55°C. Eva-Lotta Kurkinen [2010], forskare på SP, sammanfattar fördelarna med ASES systemet och lyfter bl.a. fram det faktum att utnyttjandet av solvärmen blir mycket stort då såväl överskottsvärme som låga temperaturer kan tillvaratas. Vidare blir värmepumpen effektivare med en verkningsgrad (COP) på i snitt 6,75 och max 8,0. Det höga COP-talet beror på varmare köldbärare eller "brine" till värmepumpen. Värmepumpens ingående temperatur är alltså högre än normalt tack vare marklagrets värmeackumulering.



Figur 2 Schematisk skiss över uppvärmningssystemet

Tabell 1 Teknisk data Villa Gustafson

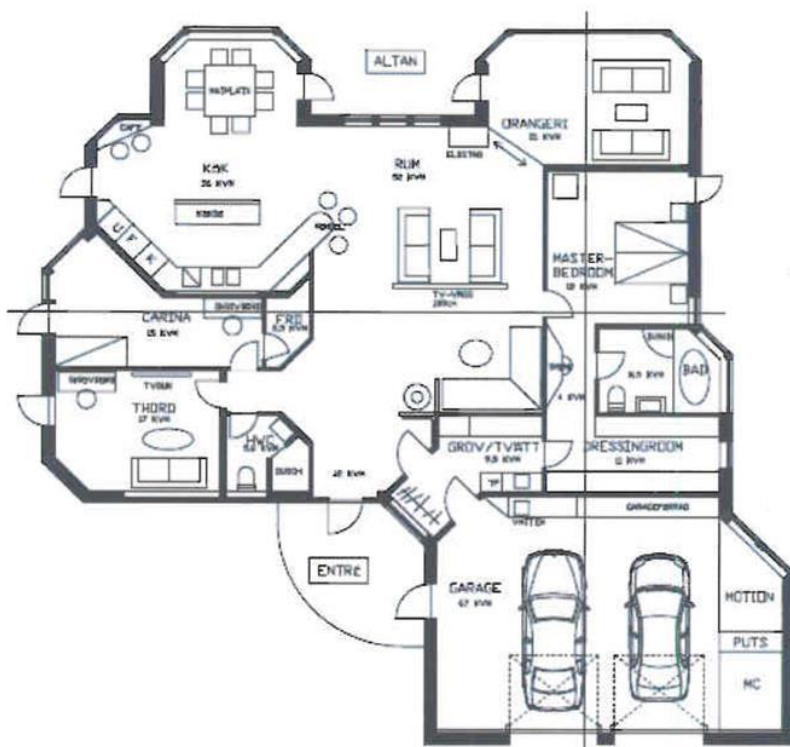
Byggnadsdel	U-värde W/(m ² K)	Storlek
Ytterväggar 400 mm, cellulosa	0,082	120 m ²
Tak 550 mm, cellulosa	0,075	231 m ²
Bjälklag 300 mm, cellplast	0,10	222 m ²
Dörrar och fönster	1,0	46 m ²
Dörr- och fönsterinfästningar	0,051	80 m
Hörn	0,025	29 m
Genomsnittligt U-värde	0,17 W/(m ² K)	

Luftläckaget är 0,24 l/s vid +-50 Pa

(Gränsen för passivhus är 0,30 l/s)

Värmelagringssystemet inkräktar inte på husets utformning utan ger goda förutsättningar att skapa ett energieffektivt boende med en attraktiv design. Jämfört med traditionella passivhus är den arkitektoniska friheten betydligt större. Passivhustekniken bygger på en design som innebär begränsningar i storlek på glasytor, utformning m.m. Villa Gustafson har byggts mycket välisolerat och tätt, likt passivhusteknik, men har en komplicerad planlösning med ytterväggar i flera olika vinklar. Huset har många stora fönster, flertalet ytterdörrar och olika takhöjder. Trots detta klarar villan en energiförbrukning på i snitt ca 15 kWh/ m²/år för värme, varmvatten och ventilation. ASES

systemet bidrar även till ett bra inomhusklimat där varje rum har separat reglering av tilluft och golvvärme.



Figur 3 Planlösning över Villa Gustafson. Ritning: Posse Arkitekter

Presentation av mätningar

Sedan huset byggdes 2008 har kontinuerliga mätningar gjorts på temperaturer och energiförbrukning. Var tionde minut har bl.a. temperaturer till och från värmepumpen, frånluftsåtervinningen, värmelagret, golvvärmen och tappvarmvattnet registrerats. Den uppmätta energiförbrukningen omfattar alla cirkulationspumpar, värmeväxlare och värmepump. I tabell 2 visas det årliga utfallet på villans köpta energi.

Tabell 2 Årlig energiförbrukning för Villa Gustafson, BOA 222 m² / BTA 325 m²

Garage ej medräknat. Årlig förbrukning har minskats med garagedelens beräknad energikonsumtion på 375 kWh.

År	Årlig förbrukning	kWh/m ² /år	Kommentar
2009	2 778 kWh	12,5 kWh/m ² /år	
2010	3 830 kWh	17,3 kWh/m ² /år	Kallt år
2011	3 326 kWh	15,0 kWh/m ² /år	
2012	3 912 kWh	17,6 kWh/m ² /år	Lite sol
Snitt	3 462 kWh	15,6 kWh/m ² /år	

Jämförelse av uppvärmningssystem

Under de fyra år som ASES varit i drift uppvisar Villa Gustafson en mycket låg snittlig energiförbrukning. 15,6 kWh/m²/år med ASES kan jämföras med BBRs krav på max 55 kWh/m²/år för bostadshus med eluppvärmning [Boverket 2012]. För att ett hus ska få kalla sig passivhus finns krav på max 29 kWh/m²/år [SCNH 2012]. Båda gränserna gäller för klimatzon 3, södra Sverige. Se jämförelse mellan de olika typerna av värmesystem i tabell 3.

Tabell 3 Jämförelse energiförbrukning (köpt energi) hos standardvilla, passivhus och ASES

Hus, 150 m ²	Uppvärmningssystem	Årlig förbrukning	kWh/m ² /år
Standardvilla, BBR krav	Frånluftsvärmepump	8 250 kWh	55 kWh/m ² /år
Passivhus	Inget/Direktverkande el*	4 350 kWh	29 kWh/m ² /år
ASES-villa	ASES	2 340 kWh	15,6 kWh/m ² /år

* Passivhuset värms av överskottsvärme från människor och hushållsapparater. När stödvärme behövs sker det med hjälp av direktverkande el.

Siffrorna i tabell 3 visar tydligt att med uppvärmning genom ASES minskar husets förbrukning av köpt energi avsevärt. I jämförelsen baseras förbrukningen för ASES-villan på de värden som uppmätts hos Villa Gustafson. Genom att bygga en mer traditionell och sammanhållen husform med färre vinklar, likt passivhusdesign, skulle man kunna få ner energiförbrukningen ytterligare. Alternativt finns möjlighet att bygga ett enklare hus och minska ned isoleringstjockleken i väggarna och välja fönster med högre U-värde, men ändå ligga kvar på en låg förbrukning om ca 15-17 kWh/m²/år. Med ASES öppnas möjligheterna till att göra friare val och ändå få ett lågenergihus.

För att förstå den frihet som ges med denna typ av uppvärmningssystem kan man titta på ett antal av de parametrar som styr energianvändningen i ett hus, bl.a. tjocklek på isolering, U-värden på fönster, antal och storlek på fönster, husets form och typ av ventilationssystem. Dessa val är förbundna med kostnader och ju bättre val som görs, med avseende på energiförbrukning, desto dyrare blir huset att bygga. Tittar man på ett passivhus blir valfriheten begränsad då i princip alla dessa parametrar måste uppfyllas/välgas på bästa sätt för att kravspecifikationen skall uppnås. Med ett ASES-system kan man istället göra friare val och önskas besparingsåtgärder gällande investeringen kan man dra ned ambitionsnivån på några av parametrarna. Utförs huset lika ambitiös som ett passivhus blir naturligtvis energiförbrukningen extremt låg vilket ger positiva resultat på såväl klimatpåverkan som på driftkostnaderna. Vid nyproduktion ligger investeringskostnaden för ett ASES-system, dock utan ackumulatortank, i paritet med ett bergvärmesystem.

Tabell 4 Fördelning av energikonsumtionen för Villa Gustafson med och utan ASES systemet.

Med ASES		Utan ASES	
Ventilation	5,0 kWh/m ² /år	Ventilation	5,0 kWh/m ² /år
Varmvatten	3,0 kWh/m ² /år	Varmvatten	9,0 kWh/m ² /år
Värme	7,6 kWh/m ² /år	Värme	51,3 kWh/m ² /år
Totalt	15,6 kWh/m ² /år	Totalt	65,3 kWh/m ² /år

Sammanställningen ovan visar att ASES systemet sänker energiförbrukningen med 49,7 kWh/ m²/år till 15,6 vilket är mycket lågt för den här typen av hus.

Stora möjligheter med ASES

ASES systemet kan även utformas som en hybridlösning som kan användas då lager och/eller solpanelyta inte räcker för att täcka hela årsbehovet av energi. Detta är framförallt intressant för större fastigheter, t.ex. i flerbostadshus. Hybridlösningen innebär en kombination av ASES uppvärmningssystem och fjärrvärme eller någon annan tillgänglig värmekälla t. ex. spillvärme från industri eller luftkonditionering. Fjärrvärme kan med fördel kombineras med ett markvärmelager och fungerar genom att fjärrvärmen används under perioder då fjärrvärmenätet är lågt belastat, detta för att hjälpa fjärrvärmeleverantören. ASES kan dessutom använda returvattnet från fjärrvärmen vilket även är positivt för fjärrvärmeleverantören då det sänker returtemperaturen i fjärrvärmesystemet. Fjärrvärme från returvattnet kan användas direkt för uppvärmning men även för att fylla på värme i lagret. På så sätt belastas inte fjärrvärmen med spetslast under de kallaste perioderna av året.

ASES har även visat sig vara ett intressant alternativ vid energieffektivisering av befintliga fastigheter. Under 2011 genomgick en industribyggnad i Bollebygd en konvertering av värmesystem. Från att ha använt stora mängder olja och elektricitet för värme och tappvarmvatten används nu istället ASES. Anläggningen på 2500 m² har fått solceller på taket och ett markvärmelager under parkeringsytan bredvid byggnaden. Utöver det nya uppvärmnings- och lagringssystemet har inga ytterligare energieffektiviseringsåtgärder gjorts. Konverteringen har medfört ett väldigt positivt resultat för fastighetsägaren som har sänkt sina driftskostnader drastiskt. Innan bytet låg den årliga (köpta) energiförbrukningen på ca 355 000 kWh vilket kan jämföras med 56 000 kWh som krävs efter dagens ASES-installation. Detta motsvarar en sänkning från 142 kWh/m²/år till häpnadsväckande 22 kWh/m²/år. Förändringen innebär en besparing på ca 299 000 kWh per år, vilket motsvarar runt 400 000 kr för fastighetsägaren. Den totala investeringen för ASES är ca 2,5 miljoner kr vilket betyder att återbetalningstiden i detta fall ligger på drygt 6 år.

Det intressanta med ASES, utöver de goda resultaten, är möjligheten att genomföra en betydande effektivisering utan att göra några större ingrepp i byggnaden som sådan. Detta öppnar för stora möjligheter när det kommer till t.ex. bevarandevärd byggnation och andra befintliga fastigheter där man av olika anledningar inte vill byta ut fönster, tilläggsisolera m.m.

Slutsats

ASES-systemet har nu prövats under en längre period i Villa Gustafson och uppvisar mycket goda resultat. Flera andra projekt har utförts och pågår runt om i landet, både mindre privatbostäder och större projekt såsom flerbostadshus, skolor, industri m.m.

Studierna på Villa Gustafson visar att ASES kan vara ett alternativ till passivhus när det gäller att åstadkomma kostnadseffektiva lågenergihus. Med ASES systemet sänks energiförbrukningen för villan med nästan 50 kWh/m²/år till en nivå på 15,6 kWh/m²/år vilket är mycket lågt för denna typ av hus. Genom att kombinera ett passivhus med ASES kan en ny intressant variant av lågenergihus skapas. Förutom en mycket låg energiförbrukning slipper man att använda sig av direktverkande el så som många passivhus gör idag.

ASES-tekniken ger stor frihet att skapa mycket energisnåla byggnader med attraktiv design samt en obegränsad arkitektur och konstruktion. Passivhusens begränsningar i form av tjocklek på isolering, utformning av huset, typ av ventilationssystem m.m. är ej aktuella med ASES-systemet. Tekniken bidrar även till ett optimalt inomhusklimat med separat temperaturreglering i varje rum. Systemet är uppbyggt av enkla beprövade komponenter som är lätta att ersätta vid ev. behov. Markvärmelagret och dess slangar beräknas hålla i över hundra år medan en solfångare har en livslängd på minst 25 år och en värmepump 15-30 år. Systemet kan dessutom kombineras med solceller eller vindkraft för elproduktion och på så vis kan en plusenergibygnad åstadkommas. Systemet kan tillämpas på olika typer av byggnader i varierande storlekar för såväl värme som kyla.

Referenser

- [Boverket 2012] Boverket, *BBR 19*, (2012)
- [Energimyndigheten 2012] Energimyndigheten, *Energiläget 2012*, digital publikation, (2012)
- [Kurkinen 2010] Eva-Lotta Kurkinen, *Low-energy house with heat storage in the ground using solar collectors*, ASHRAE publication (2010)
- [SCNH 2012] SCNH, Sveriges Centrum för Nollenergihus, *FEBY 12 Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus Bostäder*, digital publikation (2012)
Tillgänglig: <http://www.nollhus.se/dokument/Kravspecifikation%20FEBY12%20-%20bostader%20sept.pdf>