

Modellering av självförsörjande flerfamiljshus

Pietro Campana och Bengt Stridh, Mälardalens Högskola

Metod

Modellering och simulering av ett flerfamiljshus självförsörjande avseende energi, vatten och avlopp har gjorts i programmet OptiCE (www.optice.net). OptiCE är en öppen källkod för simulering, optimering och design av hybridkraftsystem för både icke nätanslutna och nätanslutna applikationer. Programmet är skrivet i MATLAB® och använder genetiska algoritmer för att hitta den bästa kombinationen av energikällor, energilagrings- och backsystem för att minimera livscykelkostnader och maximera tillförlitligheten för ett förnybart energisystem. Arbetet i detta projekt är en vidareutveckling från tidigare projekt inom MDH:s Future Energy Center där OptiCE-modellen har utvecklats för optimering av energisystem i bostadshus. Den nyutveckling som gjorts i detta projekt är tillämpning på ett flerfamiljshus, energisystem som är betydligt mer avancerat inklusive nya komponenter såsom hybrid solceller/solfångare (PV/T), elektrolysör, vätgaslagring, bränslecell, markvärmelager och även vattenförsörjning samt hantering av avlopp.

Platsen för det simulerade flerfamiljshuset är i Jönköping. Byggnadens el-, värme- och vattenförbrukning är ett simuleringsresultat baserat på antalet lägenheter och beräknat antal boende i lägenheterna. Energikällorna är solceller på tak och fasad, som genererar el och ett PV/T-system på tak som genererar både el och varmvatten i kombination med en markvärmepump. Den genererade solelen används på två sätt, laddning av ett Li-ion-batteri som används som korttidsenergilager, eller av en elektrolysör för att producera vätgas som används för långtidsenergilager i en trycksatt tank. När batteriet inte kan tillgodose byggnadens energibehov stöds det genom att mata väte till en bränslecell för att producera el, mestadels sker det vintertid då solstrålningen är svag.

PV/T-systemet och en värmepump levererar värme för rumsuppvärmning och varmvatten. PV/T-systemet laddar markvärmelager under april till september, medan den från oktober till mars är ansluten till värmepumpen för att öka värmepumpens värmefaktor (COP). Värmepumpen är ansluten till ett markvärmelager som har den huvudsakliga funktionen att öka värmepumpens COP. Det har antagits att en del av värmeförlusterna i elektrolysör och bränslecell kan återvinnas.

Vattenförbrukningen säkras genom uppsamling av regnvatten och genom användning av grundvatten på platsen.

Timprofiler för ett år skapades för el- och värmeproduktion, elförbrukning, varm- och kallvattenförbrukning utöver värmeförluster och passiv uppvärmning i byggnaden, baserat på meteorologiska data för solstrålning (global och diffus), lufttemperatur, vindhastighet, relativ luftfuktighet, lufttryck, nederbörd, snödjup och markytans temperatur under ett typiskt meteorologiskt år. Uppgifterna hämtades från Meteonorm (www.meteonorm.com).

Ingångsparametrarna för byggnads- och energiegenskaper visas i Tabell 1, för simuleringar av markvärmelagret i Tabell 2 och för energisystemets dimensionering i Tabell 3.

Tabell 1 Byggnads- och energiegenskaper.

Parameter	Värde	Parameter	Värde
Byggnadens U-värde	0,2 W/m ² K	Medeltemperatur kallvatten	23°C
Byggnadens markarea	605 x 2 m ²	Medeltemperatur varmvatten	43°C
Byggnadens uppvärmda area (A _{temp})	4 100 m ²	Total förbrukning färskvatten	10%
Energianvändning fläktmotorer	0,07 W/m ²	Återanvänt vatten genom filtrering	90%
Energianvändning cirkulationspumpar	0,1 W/m ²	Energianvändning filtrering	1 kWh/m ³
Intern värmegenerering	5 W/m ²	Värmeåtervinning från elektrolysör och bränslecell	80%
Antal lägenheter	44	Max tryck vätgastank	450 bar
Antal boende, vuxna / barn	80 / 40	Ventilationsrör i marken djup /längd	4 m / 10 m
Lägenheternas börvärde temperatur	21°C	Yta uppsamling av vatten	7 280 m ²
Lägenheternas årliga elanvändning	2 000 kWh	Effektivitet uppsamling av vatten	50%
Total daglig vattenförbrukning per person	140 l	Vattenförluster	10%
Förhållande förbrukning kallvatten/varmvatten	2,75	Årlig nederbörd	766 mm

Tabell 2 Parametrar som använts vid simulering av temperatur i markvärmelager.

Parameter	Värde
Diffusivitet	8*10 ⁻⁷ m ² /s
Värmeledningsförmåga luft	0,0262 W/mK
Rördiameter	0,3 m
Luftflöde	1 kg/s
U-värde	0,7 W/m ² K
Specifik värmekapacitet c _p	1,5 kJ/kgK
Densitet	1830 kg/m ³
Djup	4 m
Yta	= Byggnadens markarea

Tabell 3 Dimensionering av energisystemets komponenter.

Komponent	Värde
Solcellssystem inklusive PV/T	412 kW _p
Hybridsystem solceller/solfångare (PV/T)	200 m ²
Batteri	140 kWh
Elektrolysör	125 kW
kompressor	6 kW
Vätgastank vid 450 bar	1865 kg
Bränslecell	190 kW
Värmepump	2x15,5 kW _{el}
Varmvattentank	10 m ³

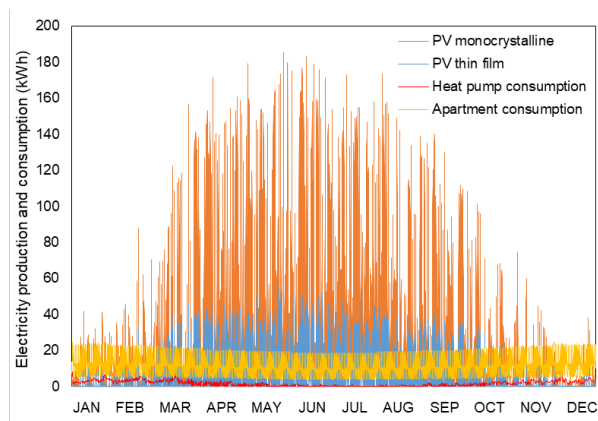
Resultat

Elproduktion och elförbrukning per timme under ett typiskt meteorologiskt år visas i Figur 1.

Elproduktionen visas både från det monokristallina systemet och tunnfilmssystemet. Värmepumpens elförbrukning för uppvärmning och tappvarmvatten samt lägenhetens totala elanvändning framgår

av figuren. I lägenhetens elanvändning ingår också elanvändning för vattenpumpning och filtrering, cirkulationspumpar och ventilation.

Den årliga elproduktionen är 247_{el} MWh från solcellssystemet, inklusive el som genereras från PV/T-systemet. Den årliga värmeproduktionen är 156 MWh_{th} från PV/T och 97 MWh_{th} från värmepumpen. Dessutom återvinns en del av värmeförlusterna i elektrolysören och bränslecellen.



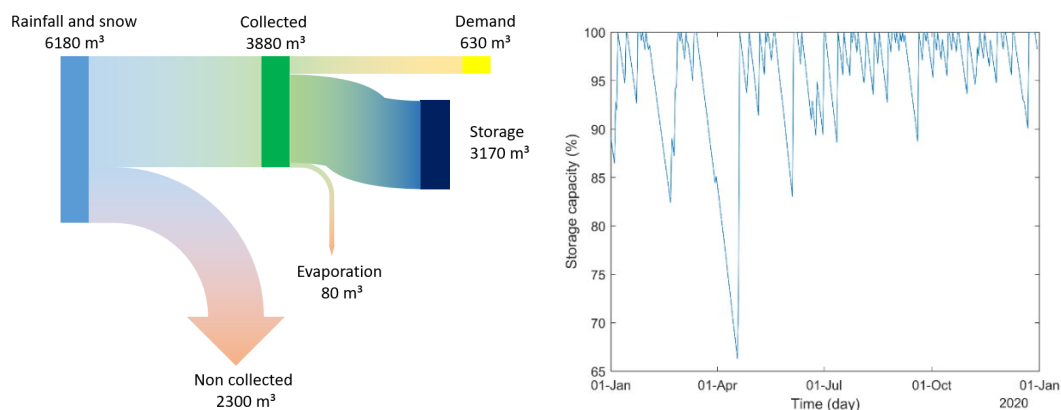
Figur 1 Årlig elproduktion och förbrukning per timme under ett typiskt meteorologiskt år.

En sammanfattning av värme- och elanvändningen i den undersökta byggnaden ges i Tabell 4. Den årliga energibehovet är 232 MWh, varav 100 MWh el och 132 MWh värme.

Tabell 4 Användning av el, värme och varmvatten per år, el = el, th = värme.

Förbrukare	Värde (MWh)
El i lägenheter, för belysning och apparater	88 _{el}
El för vattenpumpning och filtrering	6.3 _{el}
El för cirkulationspumpar och ventilation	6.1 _{el}
Uppvärmning	97 _{th}
Tappvarmvatten	35 _{th}

Principen för vattenuppsamling och fyllnadsgraden i dammen som används för att lagra uppsamlat regnvatten och snö visas i Figur 2. Som tydligt framgår kan vattenförbrukningen lätt tillgodoses under hela året då fyllnadsgraden i dammen alltid är högre än 75%. Det måste påpekas att i simuleringarna har vi antagit en initial fyllnadsgrad på 100% i dammen.

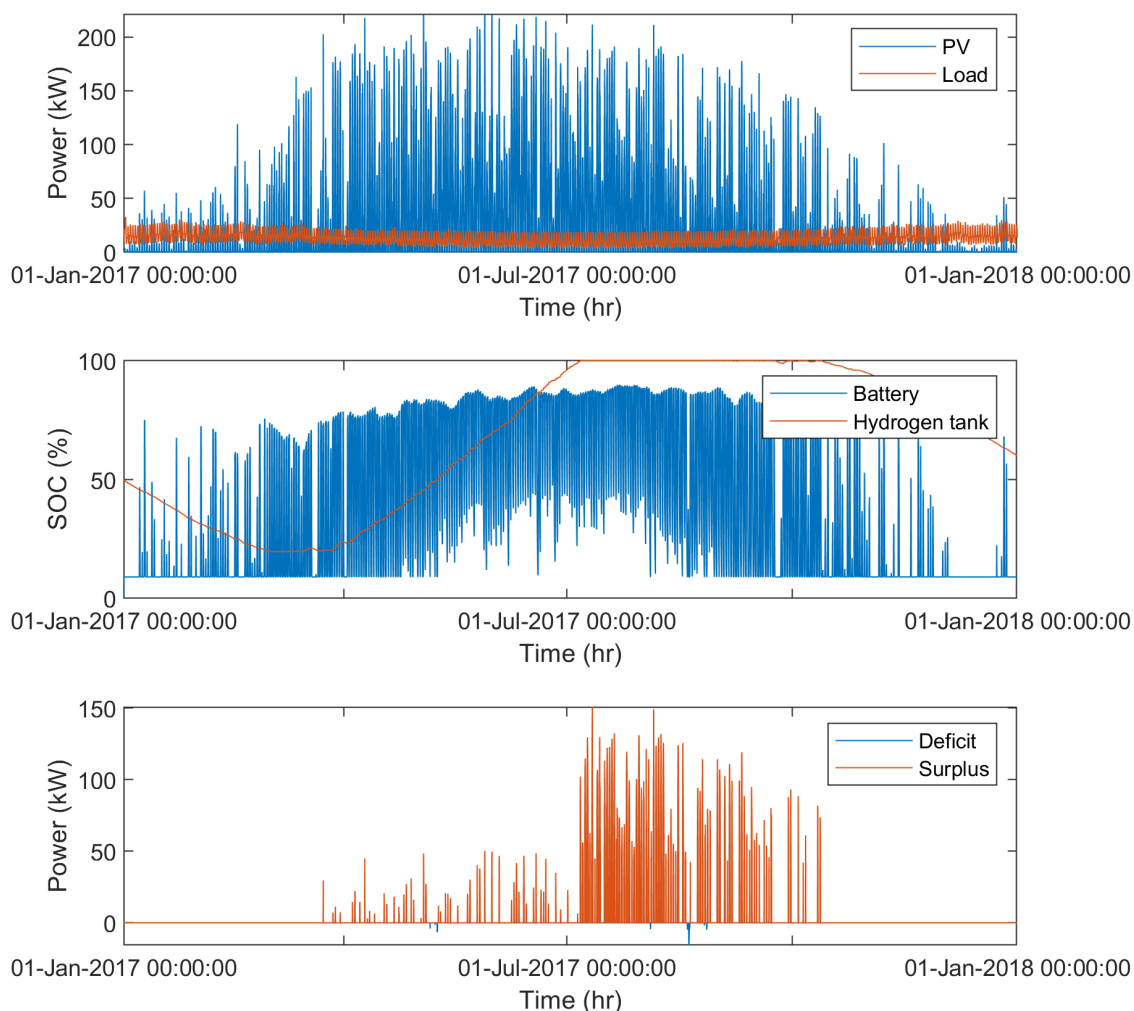


Figur 2 Princip för vattenuppsamling (vänster) och fyllningsgrad för dammen som används för vattenförsörjning under ett typiskt meteorologiskt år (höger).

Dessutom har simuleringarna gjorts under ett typiskt meteorologiskt år. Våta år eller torra år kan resultera i bättre eller sämre fyllnadsgrad. I vilket fall som helst kan vi se att användning av lokala vattenresurser genom borrhål i marken inte krävs, förutom för färskvatten för att dricka etc.

Resultatet av simuleringen per timme av elproduktionen från solcellssystemet och total elanvändning, laddningstillstånd för batteri och fyllningsgrad av vätegas tank, och elöverskott och underskott för det simulerade energisystemet med kapacitet enligt tabell 3 visas i Figur 3. Fyllnadsgraden i vätegas tanken är högre i slutet av året jämfört med början av året, vilket visar att energisystemet är självförsörjande under ett typiskt meteorologiskt år. Laddningstillståndet (SOC) för batteriet är oftast nära det lägsta tillåtna (10%) under perioder under höst, vinter och vår, vilket gör det nödvändigt att då använda bränslecellen.

Simuleringarna visar att det på årsbasis finns ett energiunderskott på 146 kWh och ett energiöverskott på 41 MWh som kan användas ytterligare för att öka systemets tillförlitlighet genom att till exempel öka kapaciteten hos batteriet eller vätegas tanken.



Figur 3 Simuleringsresultat per timme av energisystemet för ett typiskt meteorologiskt år. Solcellernas elproduktion och byggnadens effektbehov (överst), laddningstillstånd (SOC) för batteri och vätegas tank (mitten) och underskott- och överskott av effekt (botten).