

Vi kan gemme sommerens varme i flydende salt

Med nutidens teknologi kan man udvinde energi fra vedvarede energikilder som sol og vind. Problemet er bare, at behovet for energi ikke altid falder sammen med, hvornår solen skinner og vinden blæser. Lagring af energi er derfor af central betydning, hvis et samfund uden fossile brændsler skal realiseres.

I Danmark, som i mange andre lande verden over, bruges en betydelig del af vores energiressourcer på opvarmning af brugsvand og boliger. Temperaturniveauet til denne opvarmning er relativt lavt, og kan forholdsvis nemt nås med solfangere, hvor solens varme stråler overføres til vand. I traditionelle varmelagre med vand som lagringsmedie begrænser et kontinuert varmetab lagringsperioden. Samtidig, når der er et stort opvarmningsbehov i vinterperioden, hvor der er meget begrænset solstråling til rådighed, opstår et behov for at lagre varme over længere perioder – f.eks. fra sommer til vinter. Et sæsonvarmelager kan sikre boliger varme fra grøn solenergi også om vinteren.

Muligheden for, at udnytte et uskadeligt salthydrat til at gemme varme fra sommer til opvarmning af boliger om vinteren, er blevet undersøgt i ph.d. studie. Der er gennem ph.d. projektet udviklet og testet prototyper af varmelagre og bygget et fuldskala pilot-anlæg på DTU, hvor varme fra sommersonen gemmes i flydende salt til om vinteren.

Baseret på kendt princip

Princippet hvorved varmen kan lagres over lange perioder, kendes fra de små håndvarmere, som kan holde fingrene varme på en kold ski- eller jagttur. Indholdet af håndvarmerene er et simpelt og ufarligt salthydrat - natriumacetat trihydrat. Princippet er således, at saltet varmes op, og ved 58 °C bliver det flydende. Ved smeltningen optages en betydelig mængde energi – den såkaldte smeltevarme. Når saltet er helt smeltet, kan det køle ned til omgivelsernes temperatur, uden at det størkner igen. I denne såkaldte underafkølede tilstand er den energi som gik til at smelte saltet lagret. For at få saltet til at krystallisere og dermed frigive smeltevarmen, skal der ske en påvirkning af det underafkølede salt.

Dette kan for eksempel være at tilføje et saltkrystal til det underafkølede salthydrat, hvorfra krystalliseringen vil starte. Når først krystalliseringen er begyndt, vil den spredes til resten af saltet. I håndvarmerene startes størkningen ved at hjælp af en lille metal disk i det underafkølede salt. I den lille metal disk er der små revner, hvor saltkrystaller sidder gemt ved et højt tryk. Når disken bøjes frigives saltkrystallerne til det underafkølet salt, som starter størkningen af hele volumen. Fra håndvarmerne er det kendt, at varme kan lagres over lange perioder - i hvert fald i mindre mængder.

Ved at udnytte denne underafkøling er det muligt at lagre varme over lange perioder uden varmetab. Muligheden for at opskalere konceptet til en størrelse stor nok til at opvarme et enfamilieshus er blevet undersøgt.

Ideen er at udnytte varme fra solen om sommeren til at smelte saltet og herefter gemme det til opvarmning af huse om vinteren. Solvarmen opfanges ved hjælp af solfangere og overføres til saltlageret ved hjælp af et system af pumper, rør og varmevekslere. Saltlageret er opbygget af en

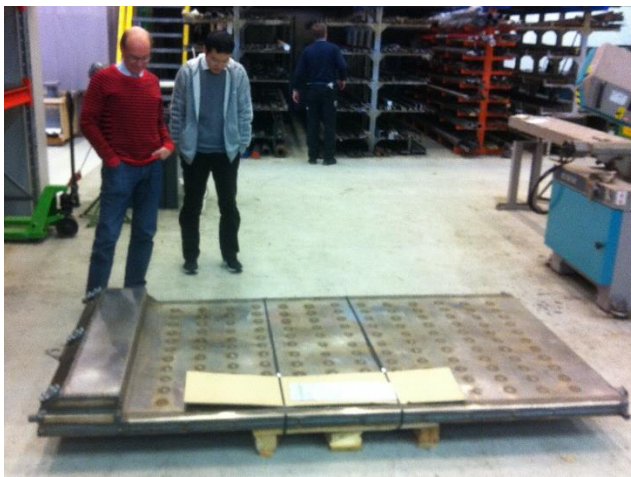


Figur 1. Håndvarmer

række enheder, som hver især kan opvarmes og aflades individuelt. Når lageret aflades, overføres varmen til husets varmesystem, for eksempel et gulvarme system. Næste sommer smeltes saltet så igen, og endnu engang kan varmen gemmes til den efterfølgende vinter.

Stabil underafkøling

Den største udfordringen har været at opnå en stabil underafkøling af salthydratet i store mængder over lange perioder. Der skal kun en lille forstyrrelse i et hjørne af lageret til at starte størkningen, som dernæst vil spredes til resten af tanken. Derfor skal lageret designes omhyggeligt. Udefrakommende påvirkninger kan nemlig nemt igangsætte størkningsprocessen. Saltet kan derfor forblive mest stabilt underafkølet i en lukket beholder. I første omgang var beholderne til saltet lavet af stål på grund af dets høje varmeledningsevne, hvilket har hjulpet til at kunne opvarme og afkøle lageret med en høj effekt. I en lukket stiv konstruktion af stål opstår der dog et problem, fordi saltet udvider sig ca. 10%



Figur 2. Prototype lagertank

ved smeltningen. Der opbygges dermed et overtryk i tanken, hvilket skabte deformationer. På samme måde som metal disken med revner kan starte størkningen i håndvarmeren, kan deformationer i en stål konstruktion i kontakt med saltet kompromittere stabiliteten af underafkølingen og dermed muligheden for langtidslagringen. I de første prototyper af lagermodulerne lykkedes det i første omgang ikke at opnå stabil underafkøling i længere perioder.

Problemet med den ukontrollerede størkning i de første tanke blev løst ved at integrere en ekspansionsbeholder, hvilket gør, at saltet kan trække sig sammen og udvide sig ved størkningen og smeltningen uden at opbygge tryk i beholderen. Hermed kan saltet forblive stabilt i underafkølet tilstand. I laboratorie forsøg forblev saltet i en fuld skala lagertank stabil underafkølet ved omgivelsernes temperatur i to måneder, hvorefter det blev afladt, uden at energi var gået tabt i forhold til en kort lagringsperiode.

Lagdeling af saltblandingen

Et andet centralt område har været at maksimere og stabilisere energiindholdet af saltet over gentagende opvarmninger og afkølinger. Der opstår en slags lagdeling i saltet i en beholder, hvor koncentration af vand fra det smeltede salthydrat stiger i toppen af beholderen og falder i bunden af beholderen. Når dette sker, kan der ikke længere ske en fuld krystallisering af alt saltet i beholderen, og den fulde mængde lagret smeltevarme frigives ikke. Forskellige metoder til at løse dette problem har været undersøgt. Blandt andet at fortynde blandingen med ekstra vand eller øge opløseligheden af saltet ved at tilsætte forskellige polymerer. En anden forsøgt metode til at bevare et højt energi indhold har været at tilsætte et fortykkelsesmiddel til salthydratet. Fortykkelsesmidlet kan være et organisk materiale af



Figur 3. Lagdeling i underafkølet salt

samme type, som bruges til at give fødevarer en ønsket konsistens. Det har vist sig, at en meget lille andel af et passende fortykkelsesmiddel kan gøre saltblandingen så tyktflydende, at lagdelingen undgås. Med en fortykket saltblanding kan det fulde potentiale for at lagre smeltevarmen udnyttes.

Saltblandinger med tilsætningsstoffer

Anvendelse af tilsætningsstoffer, som fortykker saltblandingen, har til gengæld en negativ effekt for overførsel af varme til og fra lageret. Varmen overføres hurtigst til saltet ved konvektion, hvor den smeltede saltblanding bevæger sig inde i beholderen. Når materialet er blevet fortykket, sker der ikke længere bevægelse af saltet inde i tanken, men varmen overføres udelukkende ved varmeledning, hvilket går betydeligt langsommere end ved konvektionen. For at modvirke denne negative effekt på varmeoverførslen er det blevet forsøgt at tilsætte grafitflager i blandingen. Grafit har en varmeledningsevne mange gange højere end saltet, så få procent grafit iblandet har vist sig nemt at fordoble varmeledningen i saltet. Samtidig har fortykkelsesmidlet i denne sammenhæng den gavnlige effekt, at det medvirker til at holde den tilsatte grafit jævnt fordelt i blandingen.

Forskningsprojekterne

En række fuldskala varmelagermoduler, som tilsammen udgør et varmelager, blev opbygget og testet i laboratoriet. Lageret er opbygget af individuelle moduler, som kan oplades og aflades individuelt med en passende effekt. De testede moduler indeholdt hver op til 220 kg saltblandinger, hvilket kan lagre energi nok til at opvarme et hus med lavt energiforbrug et par dage. Det blev vist, at det er muligt at opnå stabil underafkøling af forskellige saltblandinger i tankene ved brug af varme fra solen opfanget med solfangere. Lageret der dog ikke helt færdigudviklet, og der mangler stadig noget før et færdigt lager er klar til at blive installeret i huse.



Figur 4. Demonstrationsanlæg

Fremtidige udfordringer

Under forsøgene har det vist sig, at saltet skulle opvarmes til over 80 °C for at opnå stabil underafkølingen. Dette gør at effektiviteten af et solvarmeanlæg med saltlageret vil være lavere, end hvis underafkølingen kunne opnås efter opvarmning til smeltepunktet på 58 °C. En bedre forståelse af hvad der kemisk sker i saltet ved smeltning og krystallisering, kan muligvis klarlægge om tilsætningsstoffer kan betyde, at minimumstemperaturen for at opnå stabil underafkøling kan sænkes.

Samtidig skal der fokuseres på at gøre lageret billigere. Ingen af komponenterne eller materialerne, som bruges til saltlageret, er dyre. Så muligheden for at udvikle et økonomisk attraktivt langtidsvarmelager er til stede. I første omgang var de udviklede lagertanke bygget i stål, og de har vist, at princippet om at kompakt sæson varme lagring fungerede i praksis i stor skala. Mulighederne for at bruge andre og billigere materialer såsom plastik bør også undersøges for at få en simplere konstruktion således at konceptet kan implementeres rundt omkring i boliger i Danmark.