

Energipositiva verksamheter år 2020

Energicentrum

start.stockholm

Energipositiva verksamheter
år 2020

Dnr: 2021-5052
Kontaktperson: Jan-Ulric Sjögren

Sammanfattning

Miljöförvaltningen fick i budgeten för 2020 följande uppdrag: ”Miljö- och hälsoskyddsnamnden ska utreda konceptet klimatpositiva verksamheter (verksamheter som levererar mer energi än vad som konsumeras), i synnerhet vad gäller solel.”

En virtuell konvertering till vätgas har utförts på det s.k. Plusenergi-huset i Norra Djurgårdsstaden för att lagra överskottet från byggnadens solel i form av vätgas som säsongslagras. Byggnaden är inte ansluten till fjärrvärmenätet. Byggnaden är sannolikt det mest energieffektiva flerbostadshuset i Stockholm. Behovet av inköpt el för drift av värmepumpar, fläktar, pumpar m.m. för byggnaden kan vid vätgaskonvertering reduceras från nuvarande uppmätta 15 kWh/m², Atemp till 8 kWh/m², Atemp vilket är ett extremt lågt behov. Vätgaslagret i kombination med el från solcellerna täcker behovet för värmeproduktionen med värmepumparna under större delen av året och under vintern avlastas elnätet när det är som mest ansträngt. Vätgastekniken är än så länge dyr men EU:s bedömning är att kostnaderna kan reduceras med ca 40% till 2030. Några få tillämpningar i byggnader har börjat testas i Sverige.

Innehåll

| | |
|--|----------|
| Sammanfattning | 3 |
| Inledning | 5 |
| Satsning på vätgas | 5 |
| Vätgas i fastighetssektorn..... | 7 |
| Genomförande av studien | 8 |
| Teknik | 8 |
| Byggnadens solexproduktion och aktuell elanvändning..... | 9 |
| Swecos vätgasstudie | 10 |
| Ekonomi..... | 11 |
| Regelverk..... | 12 |
| Några aktuella vätgasprojekt | 13 |
| LCA | 13 |
| Underlag för denna rapport | 14 |

Inledning

Utgångspunkten för uppdraget har varit Stockholmshems s.k. Plusenergihus i Norra Djurgårdsstaden. Plushuset är projekterat för att producera mer energi under ett år än vad som behöver köpas från energileverantören. Byggnadens egen energiproduktion sker med solceller och erforderliga inköp av energi sker via elnätet då byggnaden inte är ansluten till fjärrvärmenätet. Byggnaden färdigställdes sommaren 2019 och som underlag fanns detaljerade energimätningar för det första driftåret vilket Stockholmshem har tillhandahållit.

Data för det första driftåret visade att ca 70% av den producerade elen inte kunde nyttjas i byggnaden då behovet understeg produktionen, i första hand under sommarhalvåret. Överskottet skickas ut på elnätet där ersättningen för såld el står inte i proportion till kostnaden att producera elen med solceller.

Frågan uppkom då om det kunde finnas lagringsmöjligheter för elöverskottet i byggnaden. Batterilagring är en någorlunda etablerad teknik men är i första hand till för dygnslagring dvs. batterierna laddas under dagtid och laddas ur nattetid. En alternativ teknik som än så länge är tämligen oprövad är att lagra överskottet med hjälp av vätgas. Denna teknik erbjuder möjlighet till säsongslagring av energi och vid utnyttjandet av vätgasen genereras både el och värme i en bränslecell. Säsongslagring av energi för lokal elproduktion är något nytt och intressant att studera, i detta fall för användning i en byggnad.

Sweco anlitas för att baserat på den verkliga byggnaden samt uppmätta värden utföra en teoretisk studie om en vätgasanläggning i byggnaden. En simuleringsmodell har skapats för att kunna följa energibehov och energiproduktion för byggnaden vilket sedan använts som underlag för en översiktlig dimensionering av de olika komponenterna som ingår i vätgasanläggningen såsom elektrolysör, bränsleceller och tank för lagring av vätgasen.

Satsning på vätgas

Inom EU görs mycket stora satsningar på vätgas som energibärare. EU-kommissionen satsar 430 miljarder euro fram till 2030 för att göra vätgas till en del av den framtida energimixen. Övergången till en vätgasekonomi planeras att ske i tre faser:

Energipositiva verksamheter

6 (14)

- Från 2020 till 2024 kommer EU ge stöd till installationen av elektrolysörer med kapacitet på minst 6 gigawatt och produktion av upp till en miljon ton grön vätgas.
- Från 2025 till 2030 ska vätgas vara en integrerad del av energisystemet med elektrolysörer på minst 40 gigawatt och produktion av upp till tio miljoner ton grön vätgas inom EU.
- Från 2030 till 2050 ska teknologin för grön vätgas var helt mogen och appliceras i stor skala på sektorer som är svåra att göra fria från koldioxidutsläpp.

Nationellt har Fossilfritt Sverige överlämnat ett förslag till vätgasstrategi till regeringen i januari 2021. Strategin är framtagen i samarbete med flera företag och andra aktörer inom vätgasens värdekedja och innehåller förslag på vad som behöver göras för att Sverige ska kunna utnyttja vätgasens fulla potential i arbetet med att minska utsläppen av växthusgaser och stärka företagens konkurrenskraft. Strategin omfattar bl.a. förslag på förstärkt elnätskapacitet, utbyggnad av vätgasproduktion och ledningar, regelförändringar, finansieringslösningar och FoU för att klara industrins behov av vätgas. Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi: <https://fossilfritt Sverige.se/2021/01/21/vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft/>.

Regeringen har därefter uppdragit åt Energimyndigheten att utarbeta en nationell strategi. Målet med strategin och åtgärdsförslagen är utveckla och tillvarata möjligheterna med vätgas och elektrobränslen och underlätta för omställningen till fossilfrihet. Uppdraget ska vara slutfört den 31 juli 2021.

Utmaningar med vätgas

Energiförsörjning med produktion av vätgas och användning av vätgas som energibärare för el- och värmeförsörjning för byggnader är i sin linda i Sverige. Det innebär att det finns flera utmaningar bl.a. kring oklara regelverk vilket fördyrar projekten. Tekniken i sig är också fortfarande relativt dyr. Kostnaderna för teknikkomponenter såsom elektrolysörer och bränsleceller bedöms dock minska i takt med en ökad introduktion av vätgas i större skala vilket leder till minskade komponentpriser i takt med att efterfrågan ökar. EU bedömer att kostnaderna för vätgaskomponenter kommer att sjunka med 40% till 2030.

Med de satsningar som nu görs inom EU och nationellt torde vätgasförsörjning av byggnader kunna komma att bli ett intressant

Genomförande av studien

Sweco har på uppdrag av Energicentrum i studien utgått från Stockholms shems Plusenergihus, Kv Backåkra, i Norra Djurgårdstaden. Byggnaden har virtuellt försetts med en vätgasanläggning som dimensionerats baserat på byggnadens befintliga soleanläggning och aktuella energianvändning.

De huvudsakliga frågor som har studerats baserat på det aktuella plusenergihusets prestanda exklusive hyresgästel är:

- Hur mycket vätgas kan genereras med hjälp av de befintliga solcellerna.
- Hur stor del av byggnadens energibehov täcker vätgaslagret och under vilka delar av året.
- Storlek på vätgaslager.
- Behov av köpt el under året.
- Översiktlig system layout.
- Säkerhets och myndighetsfrågor.
- LCA aspekter.

Teknik

Byggnaden

Plusenergihuset är resultatet av en markanvisningstävling som anordnades av exploateringskontoret 2014. Byggnaden blev inflyttningsklar sommaren 2019 och innehåller 44 lägenheter och uppgår till ca 4300 m², Atemp. Skälen till att Plusenergihuset användes som underlag för studien är flera.

Byggnaden är konstruerad och orienterad för att producera så mycket solel som möjligt och takutformningen med sina solceller är utmärkande för byggnaden som även har solceller på en del av ytterväggarna. Byggnaden har ca 740 m² solceller.

Byggnaden är även konstruerad för att ha ett så lågt energibehov som möjligt vilket innebär att klimatskalet med ytterväggar, tak och fönster är bättre jämfört med byggnader som uppförs för att klara stadens krav på 55 kWh/m², Atemp. Den genomsnittliga isoleringsförmågan i klimatskalet är ca 20% bättre jämfört med de hus som byggs för 55 kWh/m², Atemp. Om byggnaden hade varit ansluten till fjärrvärme hade den uppmätta energianvändningen motsvarat ca 45 kWh/m², år, Atemp vilket är en mycket bra energiprestanda.

Uppmätt energianvändning stämmer mycket bra överens med beräknade värden vilket är ovanligt. Det kan förklaras med att energifrågan har ägnats mer omsorg än i ett vanligt projekt och dessutom har fått kosta lite mer

I ett tidigt skede diskuterades ett gemensamt elabonnemang för hela byggnaden som omfattade både fastighetsel och hyresgästel. Med denna lösning måste fastighetsägaren själv hantera avläsning och debitering av el till hyresgästerna vilket bedömdes som administrativt betungande varför inte denna lösning valdes. Överskottet från solcellernas elproduktion med en sådan lösning hade väsentligt reducerat överskottet av el som idag matas ut till nätet.

Byggnadens solexproduktion och aktuell elanvändning

Solcellerna producerar drygt 107 000 kWh/år vilket motsvarar närmare 25 kWh/m²,Atemp,år vilket är 15 gånger mer än stadens krav på solceller för byggherrarna i Norra Djurgårdsstaden. De producerade 25 kWh/m²,Atemp,år motsvarar med marginal elbehovet på årsbasis för värmepumparna som producerar värme och tappvarmvatten samt fastighetsel dvs. el till fläktar, hissar pumpar m.m. Av den producerade mängden 107 000 kWh används ca 34 000 kWh i byggnaden. De resterande 73 000 kWh motsvarande ca 70 procent, är överskott som inte kan tillgodogöras i byggnaden och levereras ut på det allmänna elnätet.

Vidare behöver 63 600 kWh/år köpas från nätet. Sammanlagt används 97 600 kWh/år (63 600 + 34 000) för drift av värmepumpanläggningen, fläktar, pumpar och hissar m.m. Byggnadens aktuella elanvändning före vätgaskonverteringen motsvarar ca 23 kWh/m²,Atemp varav ca 15 kWh/m²,Atemp köps från nätet och resterande 8 kWh/m²,Atemp kommer från solcellerna.

El till lägenheterna kräver ytterligare ca 20 kWh/m² och alla lägenhetsinnehavare har egna elabonnemang.

Swecos vätgasstudie

Vätgasproduktion

Elöverskottet om 73 000 kWh/år processas i elektrolysören som har en verkningsgrad på ca 65% vilket innebär att energiinnehållet i den producerade vätgasen är ca 41 000 kWh. Resterande energi blir spillvärme som kan användas för uppvärmning.

Vätgasen komprimeras med hjälp av en kompressor och lagras under högt tryck, ca 300 bar, i två tankar på sammanlagt 36 m³ och den maximala lagringskapaciteten är 30 000 kWh vilket motsvarar 880 kg vätgas.

Den komprimerade vätgasen leds till en bränslecell som omvandlar energin i vätgasen till ca 50% el och ca 50% värme. Värmen håller ca +80 grader och kan därmed användas för uppvärmningsändamål. Elen används för de komponenter som finns inom fastighetselabonnemanget, dvs. värmepump, fläktar, hissar och pumpar m.m.

I figur 2 nedan visas resultatet av en simuleringsmodell för hur energiinnehållet i vätgastankarna varierar över året. Tankarna är maximalt laddade i november och den lagrade mängden vätgas räcker till för att försörja byggnaden till 100% med el för värme och tappvarmvatten fram till slutet av februari. Endast ca 2600 kWh el behöver köpas in på årsbasis för att tillgodose byggnaden med värme och tappvarmvatten. Det motsvarar elanvändningen för en normal tvårumslägenhet.

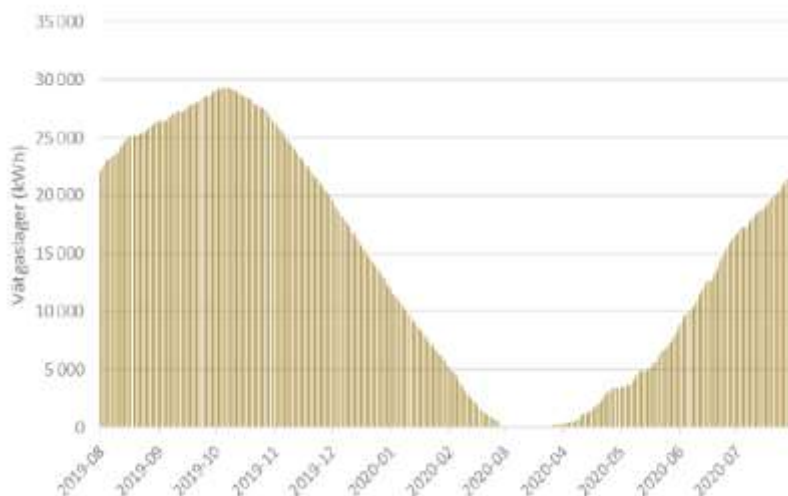


Fig 2. I och urladdning av vätgaslagret under ett år

Vätgaslagringen kommer att reducera behovet av köpt el från dagens 63 000 kWh/år till ca 36 000 kWh/år. Den inköpta elen försörjer i första hand fläktar, pumpar, hissar m.m.

Bränslecellerna dimensioneras till 15 kW_{el} vilket gör att ett värmebehov på 68 kW kan tillgodoses genom att den producerade elen levereras till värmepumparna och restvärmen från bränslecellen inkluderas.

Sammanfattningsvis visar studiens energianalyser att det redan låga behovet av köpt energi minskar från 63 000 kWh/år motsvarande ca 15 kWh/m²,Atemp till 36 000 kWh/år motsvarande ca 8 kWh/m²,år med vätgasanläggningen och dess lagringsmöjligheter av energiöverskottet. Av den inköpta elen behövs endast 2600 kWh/år motsvarande mindre än 1 kWh/m²,Atemp för att förse byggnaden med värme och varmvatten och den resterande inköpta elen ca 33 400 kWh, motsvarande ca 7 kWh/m²,Atemp behövs till fläktar, hissar pumpar m.m. Vätgaslagret räcker för att försörja byggnaden med värme och varmvatten dvs. med el till bergvärmepumparna under perioden november-mars. Det innebär att det ansträngda elnätet inte belastas ytterligare under denna period.

Ekonomi

55 kWh/m² jämfört med BBR

Merkostnaden för att bygga ett hus som klarar 55 kWh/m²,Atemp jämfört med att bygga ett hus som klarar BBR uppskattas (i ett räkneexempel) av stadens bostadsbolag ligga i storleksordningen 4-6% beroende på vilka tekniska lösningar man väljer. Merkostnaden bedöms i det fallet ha en pay-off tid på uppåt 40-50 år. Ett annat sätt att uttrycka merkostnaden är att hyresnivån för en lägenhet på 77 m² behöver höjas med 320 kr/månad. Studier i Norra Djurgårdsstaden har visat att den genomsnittliga isoleringsförmågan i klimatskalet är ca 25% bättre jämfört med BBR med stadens krav på 55 kWh/m²,Atemp. U-medelvärdet som är ett mått på klimatskalets genomsnittliga isoleringsförmåga har sjunkit från ca 0,4 W/m²,grad till ca 0,30 W/m²,grad.

Plushus jämfört med 55 kWh/m²

Det har varit svårt att få fram detaljer om merkostnaden för Plusenergihuset. Byggherren har för första gången uppfört ett hus med extraordinärt bra klimatskal och arkitektur anpassad för den stora mängden solceller och sammantaget innebär det en hel del

Energipositiva verksamheter

12 (14)

utvecklingskostnader. Ett liknande hus skulle sannolikt bli billigare att bygga nästa gång även om det sannolikt blir dyrare jämför med ett hus som byggs för 55 kWh/m²,Atemp. Svåra markförhållanden har även bidragit till merkostnaden i detta fall. U-medelvärdet för plusenergihuset är ca 0,24 W/m²,grad vilket är ca 20% bättre jämfört med om huset byggts för 55 kWh/m²,Atemp.

Vätgasanläggning

Merkostnaden för en vätgasanläggning kan grovt uppskattas till ca 2000 kr/m² exklusive solcellsanläggningen. Detta kan jämföras med en produktionskostnad på ca 30 000 kr/m² för nyproduktion av flerbostadshus byggda utifrån stadens energikrav. Driftkostnader för vätgasanläggningen är osäkra då det i allt väsentligt saknas erfarenheter inom detta område för fastighetsdrift men har bedömts till ca 250 000 kr/år. Om byggnaden hade värmts med fjärrvärme hade fjärrvärmens kostat ca 160 000 kr/år som jämförelse.

Solceller

Ersättningen för leveransen av el till nätet sker med det s.k. spotpriset på el som är ca 35 öre/kWh. Överslagsmässigt brukar stadens bolag räkna med en produktionskostnad för solet i intervallet ca 60-70 öre/kWh. Det är således med nuvarande produktionskostnad och ersättningsnivå en förlustaffär att bygga en solcellsanläggning som ger ett stort överskott till nätet. Solcellsanläggningen, exklusive kostnader för den anpassade arkitekturen, bedöms ha kostat ca 2,5 mkr motsvarande ca 800 kr/m²,Atemp.

Regelverk

Det finns en mängd regler att förhålla sig till och då vätgastillämpning för byggnader är förhållandevis nytt är inte alla regler anpassade eller tillämpliga. Exempel på dokumentation/myndigheter som berörs:

- Riskanalys
- MSB
- Miljökonsekvensbeskrivning
- Miljöfarlig verksamhet
- Brandskyddsbeskrivning
- Arbetsmiljöverket
- Räddningstjänsten

Några aktuella vätgasprojekt

Vårgårda Bostäder

Vårgårda Bostäder har påbörjat ombyggnad av sex miljonprogramshus med vätgasförsörjning. Projektet har dock stoppats då Länsstyrelsen inte har godkänt säkerheten kring hantering av vätgasen. Det är nu oklart om projektet kommer att fortsätta p.g.a. av ökade kostnader för fullgod säkerhet.

Vätterhem

Kommunala bostadsbolaget Vätterhem i Jönköping planerar ett liknande koncept som Vårgårda Bostäder för med fyra nyproducerade byggnader varav två ska försörjas med vätgas. Projektet har dock inte startats då projektbidrag inte har beviljats av Energimyndigheten.

Mariestads kommun

Mariestads kommun bygger en förskola med vätgasförsörjning och bergvärme. Förskolan ska i princip kunna fungera "off-grid" men har möjlighet att koppla in till elnätet vid effekttoppar exempelvis vid hög belastning i samband med matlagning. Förskolan beräknas stå färdig att ta i drift 2022.

LCA

Byggande och förvaltning av byggnader står för stora utsläpp av växthusgaser från material- och energianvändning i fastighetssektorn. Regeringen avser att införa krav på att byggherren ska upprätta och lämna in en klimatdeklaration vid uppförande av ny byggnad från den 1 januari 2022.

Under hösten 2018 genomfördes ett demonstrationsprojekt i Stockholm och Göteborg med livscykelanalysberäkningar där ett speciellt beräkningsverktyg testades, benämnt Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM 1.0). Verktöget är utvecklat av IVL och KTH och i projektet deltog även Stockholms stad, med finansiering från Energimyndigheten. BM 1.0 testades i projektet i praktiken på bland annat två nybyggnadsprojekt i Norra Djurgårdsstaden som Stockholmshem äger, Kv. Backåkra (plusenergihuset) och Kv. Hornslandet. Beräkningarna är utförda med generiska data, dvs. genomsnittliga data som är representativa för byggprodukter. För större noggrannhet behöver beräkningarna utföras med s.k. EPD:er, environment product declaration, dvs. specifika LCA-data för olika produkter.

De olika skedena för beräkningen delas upp enligt nedan.

Energipositiva verksamheter

14 (14)

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| Produktionsskede | A1. Råvaruförsörjning |
| | A2. Transport |
| | A3. Tillverkning |
| Byggproduktionsskede | A4. Transport |
| | A5. Bygg- och installationsprocess |

Den genomsnittliga CO₂ belastningen för de 25 projekten är 290 kg/m², BTA. Beräkningarna visar de aktuella projektens koldioxidavtryck och ingen normering har utförts för t.ex. grundläggningsarbeten som kan ha olika omfattning beroende på markförhållanden.

För det aktuella plusenergihuset var markförhållandena besvärliga och man har behövt slå ner ett antal betongpålar i marken. För att få en uppfattning om byggnadens klimatbelastning exklusive grundläggning har en normering utförts för Plusenergihuset samt tre referensbyggnader. Koldioxidbelastningen för plusenergihuset, som har betongstomme, uppgår efter normering till 466 kg CO₂/m². Två av referensbyggnaderna har betongstomme och koldioxidbelastningen uppgår 308 respektive 263 kg CO₂/m². Det tredje referenshuset har en stomme av limträbalkar och koldioxidbelastningen uppgår till 168 kg CO₂/m². Betongstommen står för närmare 50% av koldioxidbelastningen i Plusenergihuset.

Vid projekteringen av plusenergihuset har fokus legat på energiprestanda och man har valt en tung stomme med mycket betong. Den lösningen ger byggnaden en stor värmetröghet vilket innebär att den reagerar långsamt på temperaturförändringar utomhus. Det pågår projektering av ett Plusenergihus utanför Linköping med snarlika krav på energiprestanda som Stockholmskretsens Plusenergihus. Kravet i exploateringsavtalet är att stommen ska byggas i trä. Det innebär en mycket stor skillnad i klimatbelastning jämfört med Stockholmskretsens Plusenergihus. Det är därför förvaltningens uppfattning att det är fullt möjligt att uppföra en byggnad med betydligt mindre betong men som uppvisar en snarlik energiprestanda i betydelsen kWh/m²,år om man lägger lika mycket fokus på LCA som för energi i projekteringen. Detta måste emellertid studeras ytterligare.

Underlag för denna rapport

Som underlag för denna rapport har en utredning som utförts av Swecos om Plusenergihuset kompletterats med vätgasproduktion/bränslecell använts.