

# Framtiden för högtemperaturvärmepumpar

## Varför högtemperaturvärmepumpar?

Värmepumpar, som vi känner dem idag, används främst för uppvärmning av bostäder och tappvarmvatten. De temperaturnivåer som behövs är måttliga, vanligtvis lägre än 70°C. För värmning till över 100°C har vi hittills kunnat förlita oss på fossila bränslen eller i vissa fall biobränslen. Över hela världen strävar man nu efter att minska användningen av fossila bränslen för att minska utsläppen av koldioxid i atmosfären. Konkurrensen om biobränslen kommer därmed att öka. Samtidigt ökar medvetenheten om att det bästa och snabbaste sättet att minska koldioxidhalten i atmosfären är att öka jordens biomassa, t.ex. genom att plantera fler träd. Att öka uttaget av bioenergi riskerar att ha motsatt effekt, dvs att minska mängden kol som är bundet i biologiskt material. Så hur ska vi då i framtiden få värme till t.ex. industriella processer som kräver högre temperaturer? Det naturliga svaret är med hjälp av högtemperaturvärmepumpar drivna av fossilfri el, t.ex. från vindkraft, solenergi och vattenkraft. Förväntningar om ökad försäljning av värmepumpar presenteras i många olika framtidsscenarier: En intressant marknadsanalys görs i Waste Heat Recovery (WHR) system market, som predikterar att värdet av sålda enheter för värmeåtervinning, inkluderande värmepumpar, kommer att öka med 50% mellan 2018 och 2025<sup>1</sup>. Enligt en rapport från IEA<sup>2</sup> förväntas det totala antalet installerade värmepumpar per månad öka från dagens 1,5 miljoner, till 5 miljoner 2030 och 10 miljoner 2050. I rapporten nämns också en förväntad snabb utveckling av industriella värmepumpar för temperaturområdet 100 – 400°C! Enligt USAs Energy Information Administration (EIA) förväntas energianvändningen på jorden att öka med 50% mellan 2018 och 2050<sup>3</sup>, vilket riskerar att öka utsläppen av växthusgaser, som CO<sub>2</sub>, och andra miljöskaadliga gaser. Det hotar också att omöjliggöra målet från Parisöverenskommelsen om högst två graders temperaturökning.

Vi ska här försöka beskriva var forskningen står idag och vilka problem som återstår att lösa för att högtemperaturvärmepumpar ska bli en vanlig kommersiell produkt.

Inom industrin behövs värme i olika typer av processer, som värmning, torkning, avfuktning, och pastörisering. Ett exempel är den svenska trä- och pappersindustrin, som använder ca 20 TWh energi per år<sup>4</sup>. Idag används till stor del biobränsle för torkprocesserna, men om värdet av biobränsle ökar kan storskalig användning av värmepumpar komma i fråga.

## Klassificering av värmepumpar

Värmepumpar kan klassificeras utifrån vilka temperaturnivåer de kan nå. Figur 1 visar temperaturgränserna för Låg-, Medel-, Hög- och Superhög-temperaturvärmepumpar. Enligt denna klassificering är nästan alla värmepumpar idag lågtemp värmepumpar, men medeltemperaturvärmepumpar fanns kommersiellt och installerades redan på 1980-talet t.ex. i fjärrvärmesystem. Dessa kan också användas för industriella processer som torkning, destillation och sterilisering. För alla värmepumpar är temperaturdifferensen mellan kalla och varma sidan av avgörande betydelse för energieffektiviteten. Den teoretiska maximala värmefaktorn bestäms av Carnotprocessen och kan beräknas som  $T_1/(T_1-T_2)$ , där  $T_1$  och  $T_2$  är temperaturen på processens varma och kalla sida, uttryckt i Kelvin. Som framgår av ekvationen innebär en dubbling av temperaturdifferensen en halvering av den teoretiska

---

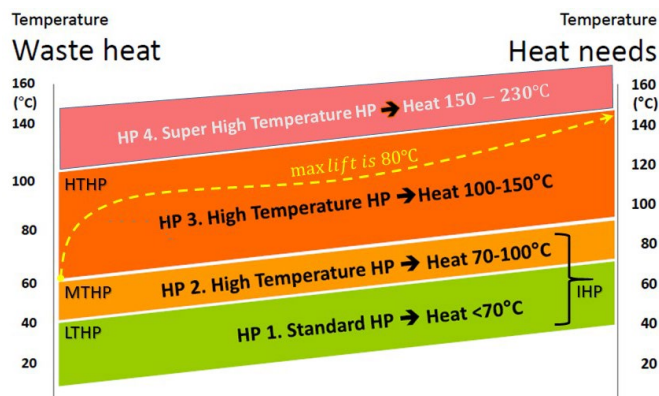
<sup>1</sup> Grand View Research, Market Analysis report, 2020.

<sup>2</sup> Net Zero by 2050, A roadmap for the global energy sector, IEA, [www.iea.li/nzeroroadmap](http://www.iea.li/nzeroroadmap)

<sup>3</sup> U.S. Energy Information Administration's International Energy Outlook 2020 (IEO2020), Center for Strategic and International Studies, October 14, 2020 | Washington, DC

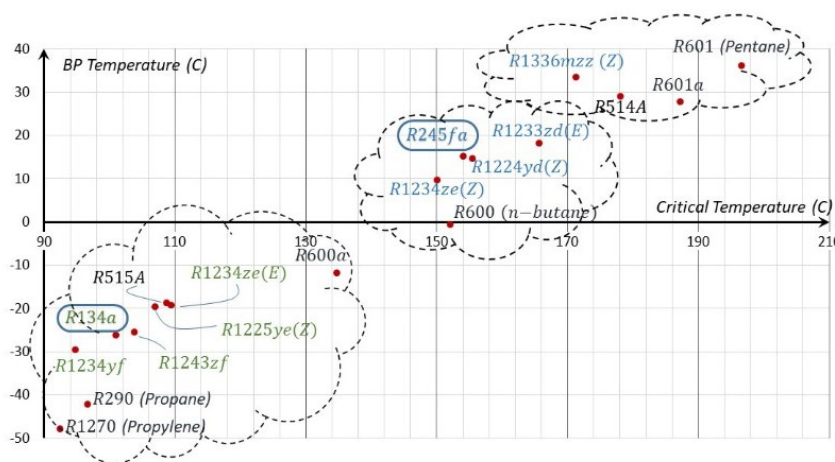
<sup>4</sup> Swedish Energy Agency, Energy in Sweden 2021, An Overview, ISSN 1404-3343, ISBN (pdf) 978-91-7993-020-2. July 2021.

värmefaktorn. Det är därmed en stor fördel för högtemperaturvärmepumpar om det finns spillvärme med högre temperatur som värmekälla.



Figur 2: Klassificering av värmepumpar beroende på temperaturnivån.

För värmepumpar med temperaturlyft till området 100 – 150C pågår mycket forsknings och utvecklingsarbete och det finns även en viss kommersiell tillverkning av sådana. Målet med utvecklingsarbetet är att nå över 150C, åtminstone till 200C och kanske t.o.m. 300C. Det är dock viktigt att påminna sig Carnotprocessens begränsningar: En värmepump som arbetar mellan 20C och 300C kommer att ha en högsta teoretisk värmefaktor av ca 2 och i praktiken en bra bit lägre. Fördelen med att använda värmepump jämfört med direkt elvärme blir alltså inte så stor i detta fall. Med spillvärme av temperaturen 100C som värmekälla blir dock den teoretisk högsta värmefaktorn nära 3. Mellan 100 och 200 blir den teoretiska gränsen ca 4,7.



Figur 1: Relation mellan kokpunkt vid 1 bar och kritisk temperatur för ett antal köldmedier.

## Tekniska utmaningar med högtemperaturvärmepumpar

Liksom för andra applikationer bör köldmediet väljas utifrån temperaturnivån. Normalt vill man ha en rimlig trycknivå i alla delar av systemet: Ett lågt tryck kräver större rördiametrar och större kompressorvolym. Ett högt tryck ställer högre krav på hållfasthet. En annan viktig parameter är köldmediets kritiska temperatur. Vi har i tidigare artiklar förklarat att värmefaktorn/köldfaktorn tenderar att minska för en ”vanlig” ångkompressionsprocess när kondenseringstemperaturen närmar sig den kritiska. Många av de köldmedier vi traditionellt använder har kritiska temperaturer i närheten av 100C och lämpar sig därmed inte självklart för högtemperaturvärmepumpar. Trycknivåerna stiger ju också med temperaturen och det

naturliga är därför att söka ”lågtrycksköldmedier” med hög kritisk temperatur för tillämpningar i högtemperaturvärmepumpar. Figur 2 visar kritisk temperatur och kokpunkt vid normalt lufttryck för ett antal köldmedier. Som framgår finns både HFC-, HFO- och naturliga köldmedier som kan vara goda kandidater för högtemperaturvärmepumpar. Även transkritiska processer, t.ex. med koldioxid, kan vara aktuella. På KTH pågår just nu ett projekt inom vilket vi vill skaffa oss erfarenhet av högtemperatur-värmepumpar och olika köldmedier för dessa. Förutom val av köldmedium kan även valet av kompressor-olja vara en utmaning.

En radikal lösning för högtemperaturvärmepumpar är att använda vatten som köldmedium. Detta kan ha flera fördelar: Det är ett säkert, miljövänligt och billigt köldmedium med hög kritisk temperatur och eftersom värmning av vatten ofta är vad som eftersträvas i processen så kan vattnet vara både köldmedium och värmebärare. Det har också visats i ett projekt som drivs av våra kollegor i Trondheim att vatten även kan fungera som smörjmedel i kompressorn<sup>5</sup>. Dock krävs då speciella kompressorer.

Flera universitet arbetar för närvarande med högtemperaturvärmepumpar, och en rapport om forskningens utmaningar, pågående projekt och färdiga installationer har nyligen publicerats<sup>6</sup> för den som vill läsa mer.

Som vi skrev inledningsvis finns speciellt inom industrin behov av uppvärmning till högre temperaturer än dagens värmepumpar klarar av. När fossila bränslen fasas ut och konkurrensen om tillgängliga biobränslen ökar kommer marknaden för högtemperaturvärmepumpar att öka dramatiskt. Vi är just nu i början av denna process.

## För övrigt...

Vi har tidigare skrivit om TFA, trifluorättiksyra, som är en sönderdelningsprodukt av många HFO- och HFC köldmedier, med lång livstid och misstänkta effekter på miljö och hälsa. Under sommaren kom nyheten att fem EU-länder, däribland Sverige, avser att föreslå striktare lagstiftning mot PFAS-ämnen. Eftersom TFA tillhör PFAS-gruppen finns en möjlighet att detta även kommer att påverka köldmedieanvändningen i framtiden. Vi får säkert anledning att återkomma till detta!<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> <https://www.sintef.no/en/latest-news/2021/developing-the-worlds-hottest-heat-pump-ever/>

<sup>6</sup> Strengthening Industrial Heat Pump Innovation - Decarbonizing Industrial Heat, Robert de Boer et al.

<sup>7</sup> <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/ob0236e18663449b>