



## **Laststyrning av elbaserad uppvärmning och tappvarmvatten i småhus**

- Tekniska lösningar för laststyrning av värmepumpar, elpannor och elberedare

2019-12-13

Markus Lindahl

RISE Research Institutes of Sweden

## Innehållsförteckning

Laststyrning av elbaserad uppvärmning och tappvarmvatten i småhus .....	1
Innehållsförteckning .....	2
1    Sammanfattning.....	3
2    Inledning .....	4
2.1    Metod.....	4
3    Uppvärmningsalternativ .....	4
3.1    Dagens värmepumpsstyrning .....	5
4    Konstruktion av lösningar för laststyrning av värme- och varmvattenproduktion .....	6
4.1    Styrning utan extern kontroll.....	6
4.1.1    Tidur .....	6
4.1.2    Värmepumpens egen styrning baserat på timpriser på el från Nord Pool.....	7
4.2    Indirekt extern kontroll.....	7
4.2.1    Styrning via utomhustempersensor .....	7
4.2.2    Styrning via värmekurva .....	8
4.2.3    Styrning via prissignal.....	9
4.2.4    SG Ready .....	9
4.3    Direkt extern kontroll.....	9
4.3.1    Styrning av kompressor och tillsatsvärmarens elförbrukning .....	10
4.3.2    Blockera värmepump och/eller tillsatsvärmare.....	10
5    Diskussion .....	11
5.1    Tillgänglig effekt för efterfrågefleksibilitet.....	11
5.2    Konstruktionsparametrar för ökad flexibilitet .....	13
5.3    Garantier och CE-märkning .....	13
5.4    Kostnad för installation.....	14
5.5    Värde på laststyrning .....	15
5.6    Kravspecifikationer vid valet av styrning .....	15
5.7    Rekommendationer, tekniker för laststyrning.....	16
6    Referenser.....	17
Bilaga A, Översikt styrtekniker för laststyrning.....	18

# 1 Sammanfattning

Den här rapporten fokuserar på möjliga tekniska lösningar för laststyrning av värmepumpar, elpannor och elberedare med syfte att kunna tillhandahålla efterfrågeflexibilitet från småhus. Inom förstudien har ett antal tekniska lösningar för laststyrning av elbaserad uppvärmning tagits fram och dess för och nackdelar analyserats. Information har hämtats från litteraturstudier, genomgång av aktuella projekt inom området, tillgängliga kommersiella produkter på marknaden samt diskussioner och intervjuer med personer inom området.

Totalt har åtta konstruktionsmöjligheter till laststyrning analyserats. Dessa kan delas i tre huvudgrupper: lösningar som inte kräver någon extern kontroll, lösningar med indirekt kontroll och lösningar med direkt kontroll. Till gruppen som inte kräver extern kontroll räknas tidur och värmepumpens möjlighet till egen styrning baserat på timpriser på el från Nord Pool. För indirekt kontroll har styrning via utomhussensorn, via värmekurva, via prissignal och via SG Ready undersökts. I gruppen med direkt extern kontroll ingick direkt styrning av värmepumpen och/eller tillsatsvärmarens elförbrukning samt extern avstängning av värmepump eller tillsatsvärmare.

Analysen visar att valet av lämplig teknik för laststyrning till stor del beror på när möjligheten till laststyrning, och därmed styrtekniken, behöver vara på plats. De närmsta tio åren finns en tydlig skillnad i tillgänglig flexibilitet beroende av om man väljer en retrofitlösning eller en lösning som kräver en ny värmepump med inbyggda funktioner som ger tillgång till extern kommunikation. Behövs en snabb implementering inom några år krävs en retrofitlösning för att komma åt flexibiliteten från det stora flertalet av Sveriges installerade värmepumpar och elpannor. Här bedöms styrning genom att manipulera utomhustemperatursensorn bäst uppfylla kraven. Bedöms behovet av efterfrågeflexibilitet ligga tio år fram i tiden eller mer bedöms styrning via prissignal eller möjligen värmekurva som ett intressant alternativ.

## 2 Inledning

Denna rapport är en del i BeSmås förstudie *Småhusens bidrag till minskade topplaster* med syfte att identifiera metoder för laststyrning i praktiken samt att förbereda praktiska tester av laststyrning av värme- och varmvatten för befintliga småhus. Den här delen av förstudien fokuserar på möjliga tekniska lösningar för laststyrning av värmepumpar, elpannor och elberedare.

### 2.1 Metod

Inom förstudien har ett antal möjliga tekniska lösningar för laststyrning av elbaserad uppvärmning i småhus tagits fram och dess för och nackdelar diskuterats. Kunskapen baseras på litteraturstudier, genomgång av aktuella projekt inom området samt tillgängliga kommersiella produkter på marknaden. Kunskap har också inhämtats via de intervjuer som Sara Borgström på WSP har genomfört kopplat till förstudien. Lösningarna har diskuterats med personer inom RISE och WSP med erfarenheter inom området.

## 3 Uppvärmningsalternativ

I Figur 1 nedan har elbaserade uppvärmningsalternativ för produktion av värme och tappvarmvatten sammanfattats. Det finns andra lösningarna än de som beskrivs nedan men det stora flertalet småhus med elbaserad uppvärmning har något av alternativen in Figur 1.



FIGUR 1. ÖVERSIKT ELBASERAT PRODUKTION AV RUMSVÄRME OCH TAPPVARMVATTEN FÖR SMÅHUS.

I ett första steg kan småhusens värmesystem delas in i vattenburna och icke vattenburna system. De vattenburna systemen har antingen golvvärme eller radiatorer. Värmepumpen eller elpannan för de vattenburna systemen gör i de flesta fall både rumsvärme och tappvarmvatten. Värmepumpar med vattenburna system kan vara av typen vätska/vatten-värmepump (VVVP) vilket inkluderar bergvärme-, jordvärme- eller sjövärmepumpar, luftvattenvärmepump (LVVP) eller frånluftsvärmepump (FLVP) beroende på valet av värmekällan. Dessa värmepumpar har så gott som alltid en inbyggd tillsatsvärmare, också kallad backupvärmare, som består av en elpatron (COP=1) som ger ytterligare värmeeffekt om värmepumpens kompressoreffekt inte räcker till. Traditionellt har man i Sverige dimensionerat värmepumpar så att värmepumpen kan täcka halva värmebehovet med kompressordrift vid den dimensionerade utomhustemperaturen (DUT), resterande

värmebehov täcks av tillsatsvärmaren. För vätska/vatten-och luft/vatten-värmepumpar finns nu en trend att dimensioneringen ändras så att kompressorn täcker en allt större del av effektbehovet vid DUT. En av anledningarna till detta är att frekvensstyrda värmepumpar nu är vanliga, 2019 var 62 % av de installerade bergvärmepumparna det året frekvensstyrda [9].

Hus med ej vattenburna system kan ha luft/luft-värmepump, direktverkande elradiatorer eller elgolvvärme. Småhus med luft/luft-värmepumpar har som regel elradiatorer eller elgolvvärme som komplement då inte värmepumpens värmeeffekt räcker till.

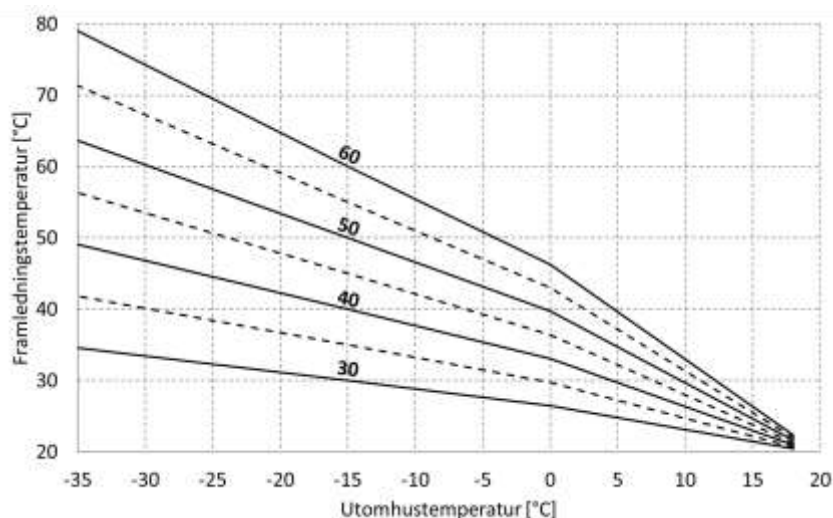
Många luft/luft-värmepumpar på marknaden, och i viss mån även andra typer av värmepumpar, kan vända på processen och även göra komfortkyla. Då komfortkyla fortfarande är liten i förhållande till uppvärmningen så fokuserar den här studien på uppvärmning.

Fokus i den här rapporten ligger på lösningar för vattenbaserade system, dvs värmepumpar (exkl. luft/luft-värmepumpar), elpannor (rumsvärme och tappvarmvatten) och elberedare för produktion av enbart tappvarmvatten. Anledningen till det är dels att varmvattenvolymen för distribution av värmen gör dessa system värmetrögare vilket ökar möjligheterna till effektstyrning i tiden utan att komforten påverkas. Dels att dessa har en central värmekälla som är lättare att styra jämfört med att styra flera decentraliserade värmare. Luft/luft-värmepumpar med elradiatorer som backupvärme eller värmesystem med enbart elradiatorer är mer komplicerade att styra. Eftersom radiatorerna saknar central styrning kommer de att agera självständigt och öka sin värmeproduktion (och därmed elförbrukning) när t.ex. inomhustemperaturen sjunker pga. av att värmepumpen har stängts av. Det medför att om man ska styra byggnadens värmerelaterade elförbrukning är det ett antal radiatorer som ska styras.

### **3.1 Dagens värmepumpsstyrning**

En byggnads värmebehov beror på utomhustemperaturen och värmepumpen är programmerad att justera sin värmeproduktion beroende på utomhustemperaturen. De flesta värmepumpar är utrustade med en givare som ger värmepumpen information om den aktuella utomhustemperaturen, vilket används för att uppskatta husets värmebehov. En lägre utomhustemperatur ger ett högre värmebehov, det medför att en inverterstyrd värmepump ökar sin kompressorhastighet och därmed ökar värmeproduktionen och elförbrukningen. Vid riktigt låga temperaturer startar dessutom tillsatsvärmaren för att kunna täcka hela värmebehovet. Vilken

framledningstemperatur (och därmed värmebehov) som värmepumpen ska leverera beroende på utomhustemperaturen bestäms av värmekurvan. Se exempel på värmekurvor i Figur 2 nedan.



FIGUR 2. EXEMPEL PÅ VÄRMEKURVOR

## 4 Konstruktion av lösningar för laststyrning av värme- och varmvattenproduktion

Nedan beskrivs ett antal olika lösningar för att styra eleffekten kopplad till småhusens produktion av rumsvärme och tappvarmvatten. Vissa av lösningarna är framförallt anpassade för värmepumpsstyrning medan andra fungerar även på elpannor och elberedare. Fokus i diskussionen ligger på värmepumpsstyrning. De olika styrningsalternativen har delats in i tre underkategorier; styrning utan extern kontroll, indirekt extern kontroll och direkt extern kontroll. En sammanfattning av de olika alternativen återfinns i tabellform i Bilaga A.

### 4.1 Styrning utan extern kontroll

Styrning utan extern kontroll inkluderar styrningar som saknar en central, extern samordning. För de här lösningarna finns ingen central aggregator eller liknande som avgör om, hur och när respektive uppvärmningsalternativ kommer ändra sin normala drift. För vissa av lösningarna behöver produkterna inte heller vara uppkopplade. Bristen på samordning gör lösningen mindre komplex vilket underlättar installationen, minskar kostnaderna för både installation och drift samt gör det möjligt att snabbt införa lösningen i stor skala.

#### 4.1.1 Tidur

Ett tidur eller timer medför att värmepumpen, varmvattenberedaren eller vilket uppvärmningsalternativ man har stängs av vid vissa fasta tider varje dygn, året om eller en del av året. Detta sker förslagsvis morgon och kväll när effekttopparna i elnätet traditionellt infaller. Lösningen fungerar på alla tekniker för att producera värme och varmvatten.

Fördelen är att det är en lösning som kan implementeras i stor skala inom en snar framtid. Lösningen skulle med andra ord kunna ge synbar effekt på belastningen i elnätet inom kort. Nackdelarna är flera. Det är en grov styrning, många av årets dagar kan dagens elsystem klara variationerna utan att uppvärmningen stängs av. Att ändå stänga av uppvärmningen medför då enbart en ökad risk för minskad komfort i form av brist på varmvatten eller låga inomhustemperaturer. Om det inte sköts

på ett genomtänkt sätt finns också risk för återvändande last och en ny effekttopp när värmepumpen slås på igen och ska kompensera för att den har varit avstängd.

#### 4.1.2 Värmepumpens egen styrning baserat på timpriser på el från Nord Pool

Idag har flera av de stora värmepumpstillverkarna, t.ex. Nibe och Bosch/IVT, möjlighet att låta deras nyare värmepumpar kommunicera med elbörsen Nord Pool och hämta in uppgifter om timpriser på el, baserat på det kan värmepumpensdriften planeras över dygnet så att värmepumpen arbetar som mest när elen är som billigast [22]-[25]. Då priset på el i regel är som högst när efterfrågan är som störst kommer det medföra att värmepumpen planerar sin drift så att den förbrukar mindre el när övriga samhällets behov av eleffekt är som störst. Detta kräver att villaägaren dels har en förhållandevis ny värmepump som kan ta in signaler om elpris, dels har ett timprisavtal för el. I praktiken är det i dagsläget få villaägare som har detta.

En nackdel är att en extern aktör inte veta exakt i förväg hur mycket el värmepumpen kommer dra vid en given tidpunkt. Värmepumpen kommer prioritera husets komfort i första hand och vid Extremsituationer som längre perioder med kallt väder kommer värmepumpen vara i drift oberoende av elpriset. Det kan också uppstå situationer då värmepumpen prioriterar att göra varmvatten även om elpriset är högt. Fördelen är att detta är en teknik som redan finns på marknaden och att värmepumpen hjälper till att jämna ut variationerna i elnätet utan överordnad kontroll och koordinering. Motsvarande styrning skulle också vara möjlig för elpannor och elberedare, även om det är tveksamt om det kommer införas på den typen av produkter. Nibe har en dock elpanna, som främst är avsedd att kombineras med någon av Nibes luft/vatten-varmepumpar, som går att koppa mot deras styrning på timpriser [14].

## 4.2 Indirekt extern kontroll

Extern kontroll av värmepumpen innebär i det här fallet en extern aktör, t.ex. en aggregator, har möjlighet att gå in och styra värmepumpens drift och därmed dess eleffekt vid behov. Detta kan innebära att värmepumpen stängs av helt vissa tider eller att man aktivt styr värmepumpens drift genom antingen styra ner värmeproduktionen eller öka upp den. T.ex. kan man i förebyggande syfte höja temperaturen i värmesystemet eller tappvarmvattnet för att senare kunna stänga av värmepumpen. Indirekt kontroll innebär att man styr värmepumpen genom att ändra en annan styrparameter, detta kan vara att skicka en fiktiv utomhustemperatur till värmepumpen eller att gå in och ändra valet av värmekurva. En indirekt styrning innebär att man har kvar värmepumpens normala funktioner, t.ex. för när varmvatten måste produceras. Indirekt styrning generellt är inte lika exakt och snabb som direkt styrning.

#### 4.2.1 Styrning via utomhustempertursensor

En byggnads värmebehov beror på utomhustemperaturen och värmepumpen är programmerad att justera sin värmeproduktion beroende på utomhustemperaturen. De flesta värmepumpar är utrustade med en givare som ger värmepumpen information om den aktuella utomhustemperaturen, vilket används för att uppskatta husets värmebehov. Genom att manipulera temperaturgivaren och skicka en falsk utomhustemperatur till värmepumpen kan man indirekt styra värmepumpens värmeproduktion och elförbrukning [8].

Fördelen med att styra värmepumpen via utomhustemperaturen är att lösningen fungerar på nästan alla existerande värmepumpsmodeller, såväl gamla som nya. Det är med andra ord en lösning som skulle kunna implementeras i stor skala inom en förhållandevis snar framtid. Styrning med hjälp av utomhustemperaturen gör det bara möjligt att styra rumsuppvärmningen, produktionen av tappvarmvatten kan inte styras. Komfortmässigt är det en fördel, då tappvarmvattenproduktionen inte påverkas, samtidigt innebär det att värmepumpen kan gå över i tappvarmvattenproduktion

även om aggregatorn skickat en signal för att minska dess elförbrukning. Vill man även styra tappvarmvattenproduktionen genom temperatursensorn behöver även givare för tappvarmvattenet manipuleras vilket innebär ett större och svårare ingrepp i värmepumpen. Gör man ändringar inne i värmepumpen är det också risk för att man bryter CE-märkningen och att garantier inte gäller längre.

En nackdel med styrning via utomhustemperatursensorn är att det troligen krävs en fysisk installation på värmepumpen vilket ökar installationskostnaderna, det finns dock exempel på plug&play-lösningar som i alla fall den händig villaägaren kan installera själv [15]. Tester i labb [8] har visat att det går att följa den önskade elprofilen relativt väl genom att styra på utomhustemperaturen. Större styrningar som att starta och stoppa värmepumpen vid vissa tidpunkter bör inte vara några problem med reservation för en viss fördröjning.

#### 4.2.1.1 Ngenic

En kommersiell produkt för retrofitmarknaden som styr värmepumpar till vattenbaserade värmesystem via en fiktiv utomhustemperatur är Ngenic Tune. Ngenic Tune är en plug&play-lösning som, enligt tillverkaren, slutanvändaren kan installera själv med hjälp av en guide. Kopplingen till värmepumpen görs genom att sladden till utomhustemperaturgivaren klipps och utomhustemperaturgivaren ersätts med Ngenics utrustning. Ngenic styr därefter värmepumpen via en fiktiv utomhustemperatur men tar in flera parametrar i sitt beslut så som inne- och utetemperatur, solinstrålning mm. Ngenics lösning gör det möjligt att optimera värmepumpens drift baserat på timpriset men värmepumpen styrs indirekt med hjälp av en fiktiv utomhustemperatur [11] [15].

#### 4.2.2 Styrning via värmekurva

Styrning genom att ändra värmekurvan påminner om styrningen genom att manipulera utomhustemperatursensorn. Däremot är tillvägagångssättet annorlunda. På många av dagens premiumvärmepumpar går det att ändra inställningarna för värmeproduktionen via ett web-API. Genom att utnyttja denna befintliga möjlighet att göra inställningar från distans kan man styra värmepumpen, förslagsvis genom att aktivt ändra värmekurvan, utan att behöva göra en fysisk installation på plats vilket minskar installationskostnaderna [8].

Liksom för styrning via utomhustemperatursensorn kan man inte påverka tappvarmvattenproduktionen. Nackdelen är att det är först de sista åren som det har blivit möjligt att koppla upp värmepumparna och styra dem från distans, det medför att äldre värmepumpar inte kan styras på det här sättet och med en teknisk livslängd på ca 20 år kommer det ta tid innan alla Sveriges värmepumpar bytts ut mot nya som går att styra på det här sättet. Det finns dock exempel på tillverkare som kan uppdatera befintliga produkter så att även lite äldre värmepumpar kan kopplas upp och styras mot en molntjänst. T.ex. är det möjligt att uppdatera Nibe värmepumpar sålda efter 2009, under förutsättning att de har färgdisplay, med deras lösning Nibe Uplink [10]. Ytterligare ett problem är att varje värmepumpstillverkare har sin egen app. Och web-API, vilket komplicerar möjligheten att kunna styra alla värmepumpsmodeller med samma lösning.

##### 4.2.2.1 Fjärrstyrning av luft/luft värmepumpar

Det finns också produkter redan tillgängliga på marknaden som skulle möjliggöra en samordnad extern styrning av luft-luftvärmepumpar som bygger på att börvärdet för framledningstemperaturen ändras externt.

Flera tillverkare (t.ex. Climatech, Huskoll och AirPatrol) levererar en generell lösning för att externt styra ett flertal märken av luft-luftvärmepumpar eller luftkonditioneringsaggregat [16]-[19]. En dosa på väggen fungerar som en extra, generell fjärrkontroll och gör det möjligt att t.ex. styra värmepumpens temperatur på utblåsluften och att starta eller stoppa den. Dosa kommunikerar



med omvärlden via ett anslutet SIM-kort som gör det möjligt att styra värmepumpen via sms eller en app. Det huvudsakliga syftet idag är att ändra temperaturen i ett hus man sällan använder, tex innan man ska åka dit.

#### 4.2.3 Styrning via prissignal

Den styrning på prissignal som beskrivs i kapitel 4.1.2 kan också användas för en mer aktiv styrning av exempelvis en aggregator [11]. Genom att skicka fiktiva prissignaler till värmepumpen kan man aktivt styra dess elförbrukning så att man får en annan dygnsprofil på elförbrukningen än vad Nord Pools timpriser skulle ge. Samtidigt står värmepumpen för planeringen av värmeproduktion och tappvarmvatten vilket bör garantera god komfort i huset.

Fördelarna är flera, man använder en teknik som redan finns på marknaden, men jämfört med att värmepumpen enbart styr på verkliga timpriser kan man gå in och aktivt styra värmepumpens effektförbrukning vid behov. Samtidigt hjälper värmepumpens interna styrning till att planera och hålla komforten i huset. Den stora nackdelen är att detta är en ny teknik som bara finns för dagens premiumvärmepumpar. Det kommer ta ett antal år innan den stora massan av Sveriges värmepumpar har möjlighet att styra på pris direkt.

#### 4.2.4 SG Ready

Smart Grid Ready eller "SG Ready" är en standard för smart kontroll av värmepumpar framtagen av German Bundesverband Wärmepumpe e.V. som kom 2013 [2]. I standarden har fyra olika driftslägen definierats [1]. Aktivering av respektive läge sker baseras på huruvida två terminaler är öppna (0) eller stängda (1), se nedan:

1. Blockeringsläge: VP stängs av (1:0)
2. Normalläge: VP arbetar vid normala inställningar (0:0)
3. Lågprisläge: VP bör startas, börvärden för framledning och tappvarmvatten höjs (0:1)
4. Överkapacitetsläge: VP startas och ibland även tillsatsvärmaren, börvärden för framledning och tappvarmvatten höjs. (1:1)

Notera att definitionen av vad respektive driftläge exakt innebär är upp till varje tillverkare att definiera, olika tillverkare kan t.ex. ha olika stora ändringar av börvärdet vid samma driftsläge. Det är därmed svårt att veta exakt vilken effekt på elförbrukningen som de olika driftslägena ger (undantaget blockeringsläget). I Tyskland används SG Ready i vissa distrikt, men inte i Sverige. I dessa distrikt dimensioneras systemen så att de klarar ett avbrott under ett par timmar, vilket kräver ökade investeringar i form av större tankar för varmvatten [13].

Värmepumpar som har den här funktionen inbyggd kan få en "SG Ready" märkning. Idag har över 1000 värmepumpsmodeller en sådan märkning. Även om märkningen är utvecklad för den tyska marknaden är många av värmepumpsmodellerna desamma i Tyskland och i Sverige. Därmed bör ett stort antal av värmepumpmodellerna för vätska/vatten och luft/vatten på den svenska marknaden vara SG Ready även om de inte marknadsförs som det. Däremot är frånluftsvärmepumpar en produkt som främst finns på den svenska marknaden och troligen saknar dess SG Ready funktionen.

### 4.3 Direkt extern kontroll

Direkt extern kontroll av värmepumpar ger en extern part god kontroll av styrningen av värmepumpen och därmed dess eleffekt. Samtidigt ställer styrningen högre krav på att den utförs på ett bra sätt för att bibehålla en god komfort i huset då flera av värmepumpens interna funktioner

för att styra produktionen av värme och varmvatten kopplas förbi och därmed överlämnas till den externa styrningen.

#### 4.3.1 Styrning av kompressor och tillsatsvärmarens elförbrukning

Vid direkt styrning av värmepumpen kopplar man förbi värmepumpens ordinarie interna styrning och styr kompressorn och/eller tillsatsvärmare direkt. Det ger möjlighet till en snabbare och mer exakt styrning av värmepumpens elförbrukning, men det ställer också större krav på den externa styrningen att styra driften på ett sätt som inte påverkar komforten både vad gäller rumsuppvärmning och tappvarmvattenproduktion. Dessutom krävs att värmepumpen är förberedd för detta och att det finns möjlighet att kommunicera direkt med den.

Den stora fördelen med lösningen är exaktheten och snabbheten som värmepumpen kan styras med. Den ger möjligheter för en aggregator att med stor noggrannhet förutsäga hur mycket el värmepumpen kommer dra vid en viss tidpunkt. Laborrietester inom EU-projektet Flexible Heat and Power [8] har visat att man kan styra värmepumpens elförbrukning med en noggrannhet av 1-2% av värmepumpens total förbrukningen. Det här styrningen är dock ännu på forskningsstadiet och skulle dessutom kräva en standardisering av värmepumparnas styrprotokoll för att bli en generell lösning som fungerar på flera värmepumpsmodeller .

#### 4.3.2 Blockera värmepump och/eller tillsatsvärmare

Direkt blockering/avstängning av antingen hela värmepumpen eller enbart tillsatsvärmaren är en enklare form av direkt extern kontroll som har provats i tidigare fältmättningsprojekt, exempelvis EcoGrid-projektet på Bornholm [12]. Genom att stänga av värmepumpen helt får man maximal frigjord eleffekt. Ett mellansteg är att enbart stänga av tillsatsvärmaren. Många av effekttopparna i elnätet uppstår när det är så kallt ute att tillsatsvärmaren är i drift. Eftersom tillsatsvärmaren är en ren elvärmare (COP=1) frigörs förhållandevis mycket eleffekt i förhållande till den värmeeffekt man tappar, jämfört med kompressordrift med ett COP på ca 3–4. Att blockera enbart tillsatsvärmare kräver dock ingrepp i värmepumpen med risk för att man bryter CE-märkningen och att garantier inte gäller längre.

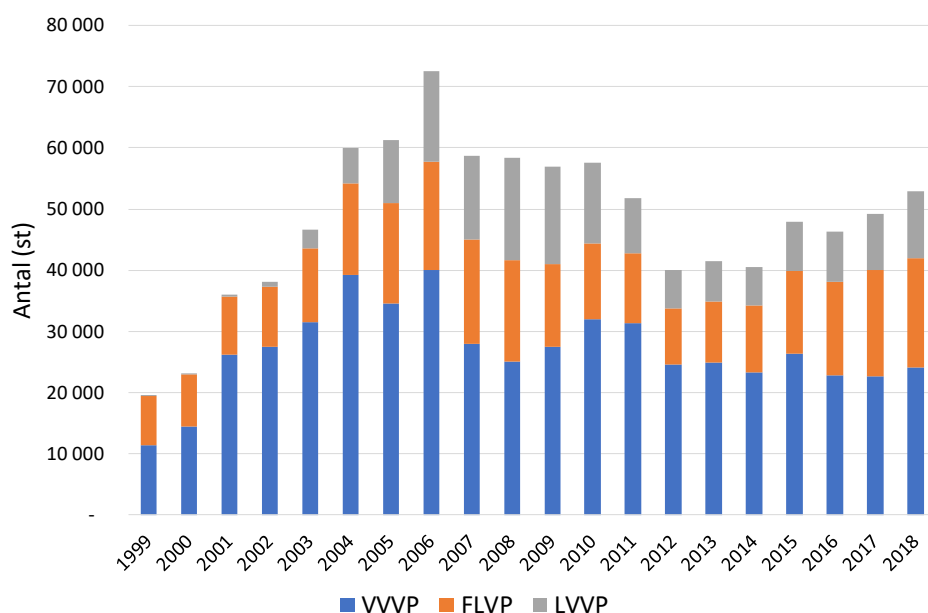
Fördelen är en enkel styrning som ger stor effekt för nätägaren. Att stänga av hela värmepumpen är dock en hård styrning som lätt medför att komforten påverkas och ökar risken för återvändande last när väl värmepumpen slås på igen. Jämfört med t.ex. ett tidur som också stänger av värmepumpen ger dock en sådan här lösning aggregatorn möjlighet att enbart stänga av värmepumpen vid behov. Ytterligare en nackdel är att den inte ger någon möjlighet att öka värmepumpens effektbehov, antingen vid överkapacitet i nätet eller för att kompensera för en planerad kommande avstängning eller nedvarvning.

## 5 Diskussion

### 5.1 Tillgänglig effekt för efterfrågefleksibilitet

Av de tekniska lösningar som behandlas i kapitel 4 finns det skillnader i hur mogen tekniken är. Vissa tekniker kan implementeras i stor skala mer eller mindre omedelbart, för andra krävs fortsatt teknikutveckling eller att dagens värmepumpar byts ut mot nya med modernare teknik.

Vissa funktioner, som t.ex. möjligheten för värmepumpen att själv styra sin drift baserat på timpriser från Nord Pool, har precis kommit ut på marknaden och det kommer ta många år innan den miljon värmepumpartill vattenburna system som sålts de senaste 20 åren har bytts ut. Figur 3 visar försäljningsstatistik av värmepumpar sedan 1999.



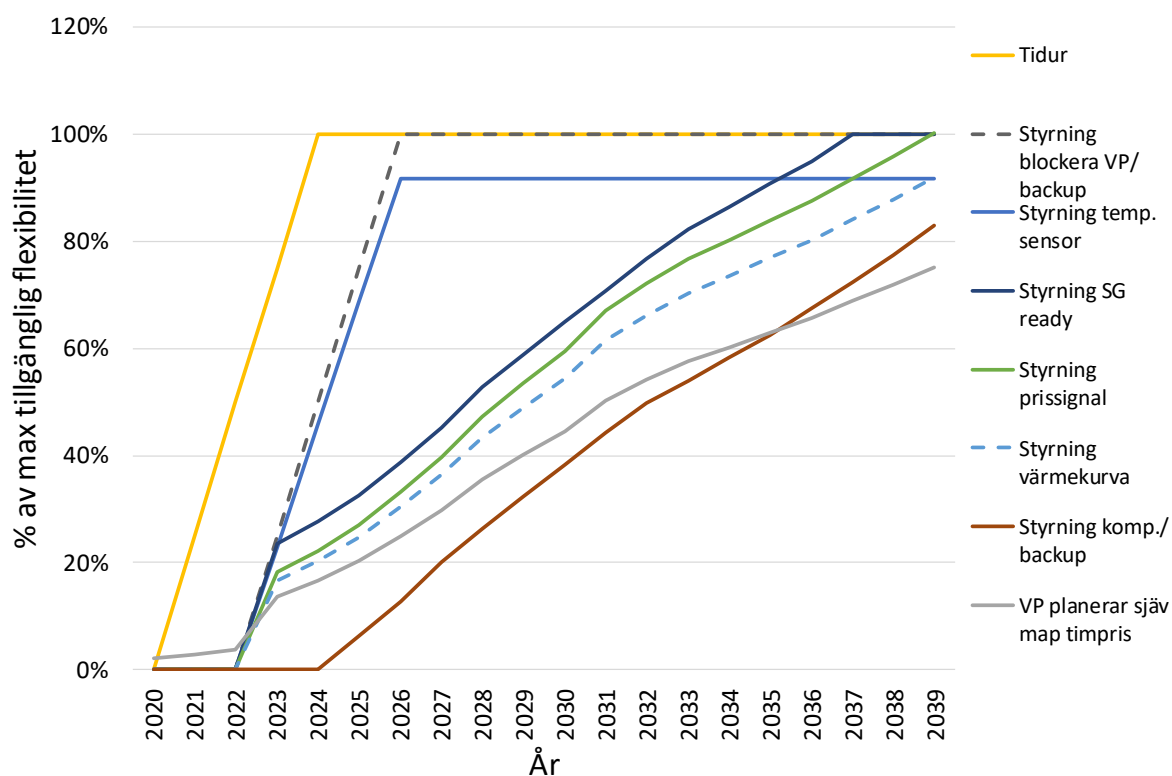
**FIGUR 3. SÅLDA VÄRMEPUMPAR PER ÅR I SVERIGE (EXKL. LLVP), KÄLLA SVENSKA KYL&VÄRMEPUMP FÖRENINGEN [4]**

I Figur 4 visas implementeringstiden för att kunna tillgodogöras sig den tillgängliga potentialen för efterfrågefleksibilitet från värmepumpar i småhus beroende på valet av styrning av värmepumpen. Figuren baseras på ett antal ganska översiktliga antagande, se nedan, och ska ses som ett diskussionsunderlag för en möjlig framtid snarare än en detaljerad simulering. Fokus ligger på de tekniska begränsningarna.

Antaganden:

- Tekniken antas kunna implementeras på max 25% av värmepumpsbeståndet per år även om styrtekniken finns framme.
- Den tekniska livslängden på värmepumpen antas vara 20 år, därefter byts den ut mot en ny med möjlighet till den styrlösning som valts.
- 2023 antas det finns en aggregator på plats som klarar av att styra ett stort antal värmepumpar med den teknik som valts.
- Värmepumpen antas alternera mellan rumsvärme och tappvarmvattenproduktion och 2h per dygn (slumpmässigt fördelat över dygnet) är värmepumpen i drift för att producera tappvarmvatten.

- Värmepumpar som själva planerar sin drift baserad på timpriset från Nord Pool antas kunna utnyttja 75% av tillgängliga potentialen för efterfrågefleksibilitet.
- 10% värmepumparna installerade från 2009 och senare antas ha en retrofitlösning för att ta in externa signaler så som pris eller att ändra värmekurvan.
- För värmepumpar som styr på prissignal krävs också att ägaren har timprisavtal för el för att fungera. Det antas att det tar tre år innan alla husägare med en värmepump med möjlighet till prisstyrning har gått över till ett elavtal baserat på timpriser.
  - Innan dess antas 50% ha ett sådant elavtal.
- En styrning där man aktivt styr kompressorns drift externt antas behöva fem års utveckling och samordning innan lösningen kan implementeras.
- Alla värmepumpar sålda 2016 eller senare antas ha möjlighet till styrning via SG Ready, regelverket för SG Ready kom 2013.



**FIGUR 4. ANDEL AV TILLGÄNGLIG EFTERFRÅGEFLEXIBILITET PER ÅR BEROENDE PÅ VAL AV STYRTEKNIK FÖR ERSÄTTNINGSMARKNADEN. NOTERA ATT GRAFEN BYGGER PÅ EN RAD ANTAGANDEN OCH SKA SES SOM ETT DISKUSSIONSUNDERLAG. SE BESKRIVNING AV RESPEKTIVE TEKNIK I KAPITEL 4**

En intressant och avgörande fråga för valet av styrteknik för laststyrning är när behov att kunna använda värmesystemet i småhus för efterfrågefleksibilitet kommer, är det om två, tio eller tjugo år? Detta bör ha en stor påverkan på valet av teknisk lösning för att styra produktionen av värme och varmvatten. Som framgår av Figur 4 är det tre tekniker för styrning som skulle vara tekniskt möjligt att implementera i stor skala inom en snar framtid. Tidur, styrning av värmepumpen genom fiktiv utomhustemperatur och blockering av värmepumpen genom att skicka en off signal. Dessa har tekniska lösningar tillgängliga som skulle kunna implementeras för att styra redan installerade värmepumpar. Tiduret har en extra fördel vid behov av en mycket snabb implementering eftersom

man inte behöver invänta en fungerande aggregator med förmåga att styra ett stort antal värmepumpar samtidigt.

Av Figur 4 framgår också en tydlig skillnad mellan tekniker som kan installeras på dagens redan befintliga värmepumpar och teknik som kräver att värmepumpen ersätts med en ny. Bedöms behovet av efterfrågefleksibilitet från småhusen finnas efter 2030 kan man troligen fokusera på lösningar som baseras på teknik i nyutvecklade värmepumpar med deras ökade möjligheter till extern styrning. Bedöms det finns ett behov inom fem år bör man också titta på lösningar som går att installera även på dagens befintliga värmepumpar. Då priset på en ny värmepump är högt är det osannolikt att man kommer byt ut värmepumpen innan den går sönder. För att kunna få en snabb implementering av efterfrågefleksibilitet från värmepumpar i småhus krävs därför retrofitlösningar. I vissa delar av Sverige, så som stamnäten i Stockholm, Uppsala, Västerås och Malmö, börjar det redan uppstå kapacitetsbrist [20][21]. Vilket tyder på att i alla fall i delar av Sverige skulle tillgång till efterfrågefleksibilitet redan idag kunna hjälpa till att minska problemen. Samtidigt sker en kraftig utbyggnad av vindkraften i Sverige vilket medför ökade risker för större variationer i tillgången på el framöver.

## 5.2 Konstruktionsparametrar för ökad flexibilitet

Det finns ett antal konstruktionsparametrar som påverkar hur stor flexibilitet småhus i kombination med deras system för värme och tappvarmvatten ger. Vissa är lättare att påverka än andra.

- Byggnadens och värmesystemets tröghet: Beroende på byggnadsstommens tyngd och utformningen av värmesystemet kommer byggnaden ha olika stor tröghet. Detta påverkar hur stor möjlighet man har att flytta värmelasten i tiden utan att komforten påverkas.
- Val av värmepump eller elpanna: Olika tillverkar har olika inbyggda begränsningar som påverkar hur väl anpassad produkten är att användas för att leverera flexibilitet. En parameter kan vara hur snabbt en varvtalsstyrd värmepump kan gå från avstängd till maximal värmeproduktion. Inom FHP projektet [8] såg man stora variationer mellan olika modeller. Från 40s till 80min.
- Vattentankar: En investering i extra vattentankar antingen kopplat till ett vattenburet värmesystem eller för att lagra en större mängd tappvarmvatten ger en ökad möjlighet att tillhanda flexibilitet. Ett överdimensionerat system leder dock till högre investeringskostnader.
- Överdimensionerad värmepump, elpanna eller beredare: En överdimensionerad värmepump eller elpanna ger ökade möjligheter till flexibilitet, då det ger ökade möjligheter att variera elförbrukningen inom vidare gränser. Samtidigt kan ett överdimensionerat system leda till att effektiviteten sjunker om framförallt värmepumpen går en stor del av året på delast. Även här gör överdimensioneringen att investeringskostnaderna ökar.

## 5.3 Garantier och CE-märkning

Retrofitlösningar för laststyrning som kräver att man gör installationer inne i värmepumpen så som blockering av enbart tillsatsvärmare eller kompressor eller att man ersätter temperaturgivaren i varmvattentanken riskerar att bryta produktens CE-märkning och är sannolikt inte tillåtna. Dessutom finns det en uppenbar risk att inte eventuella garantier gäller efter sådana installationer.

## 5.4 Kostnad för installation

Kostnad för installation av styrteknik för efterfrågeflexibilitet varierar beroende på hur tekniken är uppbyggd. I princip kan priset delas upp i fyra delar:

1. Extern styrelektronik: Retrofitlösningar kräver extern styrelektronik kopplat till värmepumpen för att styra den. För vissa lösningar, främst möjliga på nyproducerade värmepumpar, finns dessa funktioner inbyggda.
2. Kommunikation: För retrofitlösningar som styrs externt behövs också möjlighet att kommunicera och ta emot styr signaler externt. Detta krävs inte om ingen samordnad styrning sker, t.ex. för ett tidur eller om värmepumpen har en inbyggd möjlighet att kommunicera.
3. Installation på plats: Flera av retrofitlösningarna kräver installation på plats av en elektriker. För styrning via temperatursensorn finns en produkt på marknaden som marknadsförs som en plug&play-lösning som antingen kan installeras snabbt av en van installatör alternativt av husägaren själv.
4. Inköp av värmepump: Vissa av de tekniska lösningarna kräver en ny premiumvärmepump med möjlighet att ta emot och styra på externa signaler för att fungera. Det innebär höga kostnader och får anses som en lösning som endast är relevant om man ändå behöver byta värmepump av andra anledningar. Notera att också en ny värmepump kräver installation på plats.

**TABELL 1. ÖVERSIKT INKÖP OCH INSTALLATION AV STYRUTRUSTNING**

Namn	Lösning	Extern styrelektronik	Kommunikation	Installation på plats	Ny VP
Tidur	Retrofit	X		X	
VP planerar själv m.a.p. timpris	Nyproduktion		Inbyggt i VP***		X
Styrning via temp sensor	Retrofit	X	X	X (Plug&play)	
Styr via värmekurva	Nyproduktion		Inbyggt i VP***		X
Styr via prissignal	Nyproduktion		Inbyggt i VP***		X
Styr via SG ready	Retrofit*	X	X	X	
Direkt styrning av kompressor/backup	Framtiden				X**
Blockera VP/backup	Retrofit	X	X	X	

\* Regelverket för SG ready kom 2013 så en förhållandevis ny värmepump krävs

\*\* Tekniken är inte framme än, ev. kan det också komma retrofitlösningar för tekniken i framtiden.

\*\*\* Notera att de flesta värmepumpar idag kräver anslutning via en kabel för kommunikation, det finns dock exempel på värmepumpar som kan kommunicera via wifi.

Ngenic utrustning som inkluderar extern styrning och kommunikation kostar ca 5000 kr i inköp [15]. Det är troligt att de andra alternativen för retrofit ligger i samma storleksordning, vissa kanske lite billigare beroende på hur avancerad styrningen är. Krävs en installation på plats av en elektriker kommer även den kosta några tusen kronor. Att köpa en ny värmepump är betydligt dyrare, inköp av en ny bergvärmepump (inkl. borrhål) kostar ca 150 000 kr, en ny luft/vatten-värmepump 120 000 kr och en frånluftsvärmepump 70 000 kr [9].

## 5.5 Värde på laststyrning

För att småhusägaren ska tillåta laststyrning av sin värme och tappvarmvatten krävs troligen någon form av ekonomisk eller annan kompensation, då styrningen medför en risk för minskad komfort och lägre effektivitet på värmeproduktionen. Flera studier har beräknat det potentiella värdet av att kunna styr elanvändningen kopplad till uppvärmning.

Alvehage [5] har beräknat kundens privatekonomiska nytta av efterfrågeflexibilitet år 2030 då priset för slutkundens elanvändning antags baseras på dels tidsdifferentierade nättariffer dels timpriser på el (baserat elpriset på day-ahead-marknaden). Värdet beräknas till mellan 1200 och 2500 kr/år för en småhusägare som kan flytta sin elanvändning kopplad till uppvärmning i tiden. Där den största delen av besparingspotentialen beräknas komma från tidsdifferentierade elnätstariffen. Spannet beror på hur flexibel man kan vara i sin laststyrning. Med en antagen investeringskostnad på 5000 i form av styrutrustning för värmepumpen ger det en återbetalningstid på 4 år även om man befinner sig i den lägre änden av spannet.

I sitt examensarbete beräknade Grill [6] värdet av laststyrning av värmepumpar för flerbostadshus. Genom att minska nätbolagets straffavgifter och nätabonnemang mot överliggande nät fans en möjlig besparing på 2800 kr/flerbostadshus. Flerbostadshuset har dock en större värmeeffekt installerad och varje byggnad beräknades i det fallet kunna bidra med 16–17 kW flexibilitet. Med antagandet att ett småhus kan bidra med 2 kW i efterfrågeflexibilitet [5] skulle värdet för småhuset vara 340 kr/år. Att i stället använda efterfrågeflexibiliteten till att verka på mFRR-marknaden eller reglermarknaden skulle ha ett värde av 270 kr/flerbostadshus vilket skulle motsvara 30 kr/år för ett småhus.

I projektet Malmöeffekten [7] beräknas kostnadsreduktionen kopplat till minskade effektöverträdelser 2017 om man hade tillgång till en flexibilitetspotential på 110 MW i Malmö till 17 milj. kr per år. För ett småhus som kan bidra med 2 kW i flexibilitet motsvarar det ca 300 kr/ per år och villa. Värdet av kostnadsreduktionen beräknas dock öka år för år och redan 2026 beräknas kostnadsreduktionen i stället vara värd 59 milj. kr per år vilket utslaget per villa motsvarar 1100 kr/år.

Resultaten från studierna indikerar att möjligheterna till ekonomisk kompensation i dagsläget är förhållandevis små, i storleksordningen 300 kr/år. Däremot förväntas värdet av efterfrågeflexibilitet öka till 1000–2000 kr/år den närmaste 5–10 åren. Frågan är vilken kompensation småhusägarna kommer kräva för att vilja upplåta sitt värmesystem för efterfrågeflexibilitet?

## 5.6 Kravspecifikationer vid valet av styrning

Den optimala lösningen för att styra värmepumpar, elpannor eller elberedare i syfte att skapa efterfrågeflexibilitet bör uppfylla följande kriterier:

- De ska kunna frigöra en stor eleffekt per installerade enhet.
- Det ska vara möjligt att förutse hur stor effekt som frigörs eller förbrukas.
- Den ska vara billig i inköp och enkel att installera.
- Lösningen ska ha ingen eller liten påverkan på komforten för rumsvärme och tappvarmvatten, eller förbättra komforten om den är dålig från början.
- Den ska ha en flexibel kommunikationslösning som kan kommunicera med flera aktörer.

## 5.7 Rekommendationer, tekniker för laststyrning

Valet av teknik för laststyrning beror till stor del på när möjligheten till laststyrning och därmed styrtekniken behöver vara på plats. Behövs en snabb implementering inom några år krävs en retrofitlösning för att komma åt flexibiliteten från det stora flertalet av Sveriges installerade värmepumpar och elpannor. Här bedöms styrning genom att manipulera temperatursensorn bäst uppfylla många av krav i kapitel 5.6. Vill man undersöka en enklare lösning som därmed borde gå att implementera i stor skala ännu snabbare skulle det vara intressant att närmare undersöka potentialen med ett tidur eller blockering av värmepumpen med signal, dessa båda "hårda" styrningar ökar dock risken för att komforten påverkas negativt samt risken för problem med återvändande last.

På sikt bedöms lösningen att styra på prissignal alternativt att aktivt ändra värmekurva som intressant. I dagsläget är det fler tillverkare som har möjlighet att ändra värmekurvan externt än som har styrning på prissignal, men under förutsättning att det jämnar ut sig inom en snar framtid bedöms styrning på prissignal som mer lovande.

Liksom för alternativet med en manipulerad utomhustemperatur behåller man värmepumpens förmåga att själv styra över komfort och produktion av värme och varmvatten, vilket är en fördel. Båda ger möjlighet till att planera profilen över dygnet t.ex. genom att i förväg kompensera för en kommande avstängning av värmekällan. Det minskar också risken för problem med återvändande last, vilket en hård avstängning riskerar att ge när värmepumpen slås på igen. För att utnyttja hela efterfrågepotentialen krävs dock troligen att man också har möjlighet att aktivt styra värmepumpen genom att skicka fiktiva priser till den.

Slutligen kan det vara värt att nämna direkt extern styrning av värmekällans kompressor och/eller tillsatsvärmare som ett möjlig framtida alternativ. I dagsläget bedöms den lösningen ligga en bit in i framtiden, men om tillverkarna kommer till en snabb, gemensam lösning anpassad för att använda värmepumparna för efterfrågeflexibilitet kan alternativet snabbt segla upp som det bästa alternativet.



## 6 Referenser

- [1] Fischer, David. *Integrating Heat Pumps into Smart Grids -A study on system design, controls and operation*. Stockholm : KTH, 2017. ISSN 1102-0245.
- [2] BWP Bundesverband Wärmepumpe e.V. *Regularium für das Label "SG Ready" für elektrische Heizungs- und Warmwasserwärmepumpen*. s.l. : BWP Marketing & Service GmbH, 2013.
- [3] CTC Enertech Group, *Installations och skötselanvisning CTC GSi 12*, 2017
- [4] Svenska Kyl&Värmepumpsföreningen, *Värmepumpsförsäljning*, <https://skvp.se/aktuellt-opinion/statistik/varmepumpsforsaljning>, 2019-11-27
- [5] Alvehag et.al. *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet*, Energimarknadsinspektionen, Ei R2016:15, 2016
- [6] Grill Rebecka, *Market potential for using demand response from heat pumps in multi-family buildings*, Examensarbete, Uppsala Universitet, 2018
- [7] Hallbeck et.al., *Förstudie – Malmöeffekten*, 2018
- [8] Lindahl et.al., *D2.3 Grid Flex Heat Pump design*, v1.2, Flexible Heat & Power, 2019
- [9] Svenska Kyl & Värmepumpsföreningen, *Pulsen 2019*, <https://skvp.se/aktuellt-opinion/statistik/pulsen/2019>, 2019-12-12
- [10] Johansson Andreas, Product Manager Ground source heat pumps, Storage tanks & Electrical water heaters, Nibe, intervju (intervjuare Sara Borgström BeSmå), 2019-10-23
- [11] Persson et.al. Pilotstudie I Vallentuna, Elforskrapprt 12:48, <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/18784/pilotstudie-i-vallentuna-elforskrappport-2012-48.pdf>, 2012
- [12] Lund et.al., *EcoGrid EU Deliverable 6.7: overall evaluations and conclusions*, 2016
- [13] Eklund Gunnar, Systemdesigner, Bosch Thermoteknik, intervju (intervjuare Sara Borgström BeSmå), nov 2019
- [14] Nibe, Nibe VVM 320, <https://www.nibe.eu/sv-se/produkter/pannor--pellets/elpannor/NIBE-VVM-320--200>, 2019-12-12
- [15] Ngenic, Vanliga Frågor, <https://ngenic.se/faq/>, 2019-12-12
- [16] Eklok.se, Fjärrstyrning luftvärmepump, <https://e-klok.se/luft-luftvarmepump/tillbehor/fjarrstyrning-luftvarmepump>, 2019-12-13
- [17] Climatech, <http://ctsmall.eu/products/>, 2019-12-13
- [18] Huskoll, Fjärrstyr din luftvärmepump från mobilen, <https://huskoll.se/index.html>, 2019-12-13
- [19] AirPatrol, Smart heat pump & AC control, <https://www.airpatrol.eu/>, 2019-12-13
- [20] NyTeknik, Efter larmen om elnäten – nu agerar regeringen, <https://www.nyteknik.se/energi/efter-larmen-om-elnaten-nu-agerar-regeringen-6976275>, 2019-10-24
- [21] NyTeknik, Elnäten kring storstäderna räcker inte till, <https://www.nyteknik.se/premium/elnaten-kring-storstaderna-racker-inte-till-6951215>, 2019-03-13
- [22] IVT, Energispararen, <https://blogg.ivt.se/energispasparen/valj-ratt-elavtal-till-din-varmepump>, 2019-12-13
- [23] IVT, Smartgrid Ready -arbetar hårdare när elen är billig, <https://www.ivt.se/produkter/bergjord-sjovarme/ivt-geo-500/oversikt/>, 2019-12-13
- [24] Nibe, Kunskapsbanken Det smarta hemmet, <https://www.nibe.eu/sv-se/kunskapsbank/smarta-hem>, 2019-12-13
- [25] Skellefteå Kraft, Elhandelsavtal till Nibe:s värmepump, <https://www.skekraft.se/kampanj/#box-no-3>, 2019-12-13

## Bilaga A, Översikt styrtekniker för laststyrning

Teknik laststyrning	Beskrivning styrteknik	Styrsignal	Lösning	Värmekälla	Mognadsgrad styrteknik	Tidsplanering uppvärmning-profil
Tidur	Ett tidur styr när på dygnet VP kan vara i drift	Tid på dygnet	Retrofit	VP, Elpanna, Elberedare	Kan installeras på alla enheter	Nej
VP planerar själv m.a.p. timpris	VP optimerar driften själv baserat på timpriser från Nordpool	VP optimerar själv baserat på pris från Nordpool	Nyproduktion	VP	Finns idag på nya premium VP	Ja
Styrning via temp sensor	VP styrs genom att manipulera den utomhus-temperatur VP läser av	Extern signal från t.ex. aggregator	Retrofit	VP, Elpanna	Kommersiell produkt finns på marknaden	Ja
Styr via värmekurva	VP styrs genom att aktivt ändra valet av värmekurva	Extern signal från t.ex. aggregator	Nyproduktion	VP	Kan implementeras på nya premium VP, viss utveckling krävs	Ja
Styr via prissignal	VP styrs genom skicka en manipulerad prissignal till VP som styr på timpriset på el	Extern signal från t.ex. aggregator	Nyproduktion	VP	Prissignal finns på idag nya premium VP, viss utveckling krävs	Ja
Styr via SG Ready	Signal skickas till två terminaler som aktiverar 1 av 4 fördefinierade driftlägen	Extern signal från t.ex. aggregator	Retrofit/ Nyproduktion	VP	Många VP är förberedda för detta för Tyska marknaden	Delvis
Direkt styrning av kompressor/backup	Signal skickas till VP om önskad drift eller elförbrukning	Extern signal från t.ex. aggregator	Framtiden	VP, Elpanna, Elberedare	Fortfarande på forskningsstadiet	Ja
Blockera VP/backup	VP och/eller tillsatsvärmaren stängas av externt	Extern signal från t.ex. aggregator	Retrofit	VP, Elpanna, Elberedare	Kan implementeras på alla VP, viss utveckling krävs	Nej

### Fortsättning

Teknik laststyrning	Effekt elnät	Styrning av elförbrukning	Påverkan tapp-vv	Påverkan rums-uppvärmning	Risk återvändande last
Tidur	Minska effektlast vid förbestämda tider.	on/off	Ja	Ja	Ja
VP planerar själv m.a.p. timpris	VP förbrukar lägst eleffekt när priset är som högst	Styr själv på verkligt pris	Ja	Ja	Liten
Styrning via temp sensor	Minskad eller ökad eleffekt beroende på extern styrsignal	Indirekt styrning, utomhus-temperatur	Nej	Ja	Ja, men kan förebyggas
Styr via värmekurva	Minskad eller ökad eleffekt beroende på extern styrsignal	Indirekt styrning, temp	Nej	Ja	Ja, men kan förebyggas
Styr via prissignal	Minskad eller ökad eleffekt beroende på extern styrsignal	Indirekt styrning, pris	Ja	Ja	Ja, men kan förebyggas
Styr via SG Ready	Minskad eller ökad eleffekt beroende på extern styrsignal	Svårt att förutse exakt elförbrukning förutom off mode	Ja	Ja	Ja, men kan förebyggas
Direkt styrning av kompressor/backup	Minskad eller ökad eleffekt beroende på extern styrsignal	direkt exakt styrning	Ja	Ja	Liten
Blockera VP/backup	Minskad eleffekt beroende på extern styrsignal	on/off	Ja	Ja	Ja