

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>AutoFlex - Automatisk flexibilitets påverkan på kapacitetsutmaningen och effekttaxan. Skillnad mellan kollektiv optimering och konsumenters optimering?</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska <b>“AutoFlex - Automatic demand response and its effects on grid capacity and power tariffs. Is there a difference between collaborative optimization and single customer tariff optimization?”</b>	
Universitet/högskola/företag <b>Ngenic AB</b>	Avdelning/institution
Adress <b>Kungsgatan 41, 753 21 Uppsala</b>	
Namn på projektledare <b>Victor Berling</b>	
Namn på ev övriga projektdeltagare <b>Sala-Heby Energi Elnät AB, Uppsala Universitet, SWECO Sverige AB och STUNS</b>	
Nyckelord: 5-7 st <b>Tariffstyrning, elnät, smart styrning</b>	

## Förord

Projektet är ett delfinansierat projekt av Energimyndigheten och övriga finansiärer är deltagande projektmedlemmar Ngenic, Sala-Heby Energi Elnät AB, Stuns Stiftelse, SWECO Energy AB samt Uppsala Universitet.

Projektet hade en referensgrupp att utbyta erfarenheter med under projektets gång. Det skedde vid träffar ca 2 gånger per år och deltagarna i referensgruppen förutom projektets deltagare var:

Anna Wolf – Powercircle  
Emil Rehnstedt – Gävle Energi  
Magnus Brodin – Skellefteå Kraft  
Jens Lundgren – Energimarknadsinspektionen  
Joachim Lindborg – Ngenic  
Stephan Stålered – Ellevio  
Susanne Stjernfeldt – Energiforsk

Vi i projektet vill tacka er för ert deltagande.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	3
Summary .....	3
Inledning/Bakgrund .....	4
Genomförande .....	6
Initiering och projektledning .....	6
Kundrekrytering och Installation .....	7
Metod och genomförande för utvärdering av användarperspektivet .....	8
Testkörning samt utveckling och analys av styrningar .....	9
Resultat .....	9
Kundrekrytering och Installation .....	9
Resultat av utvärdering av användarperspektivet .....	9
Resultat från intervjuer med hushåll med fokus på kunderbudandet, hösten 2021 .....	10
Kunskap och attityder relaterat till elanvändning och utmaningar för elsystemet .....	11
Drivkrafter och motiv för deltagande .....	12
Erfarenheter av deltagande och syn på potentiella risker och problem .....	13
Utveckling, resultat och analys av styrningar .....	14
Förbrukning i nätet .....	15
Resultat central styrning .....	16
Resultat lokal tariffstyrning .....	20
Diskussion .....	22
Användarperspektiv .....	22
Styrningar .....	23
Central styrning vs. tariff .....	23
Koordinering av förbrukning på central nivå .....	24
Publikationslista .....	24
Referenser, källor .....	25
Bilagor .....	25

## Sammanfattning

Sveriges energisystem behöver anpassas till ett nytt energilandskap präglad av förnybar produktion, decentraliserad distribution och efterfrågefleksibilitet. En av de största utmaningarna är att bygga ut systemet och skapa ändamålsenliga incitament för vanliga elkonsumenter att bidra med flexibel förbrukning. Med Ngenic's produkter och tjänster har projektet utvärderat nyttan av en effekttariffstyrning utifrån kundens respektive Sala-Heby Energi Elnäts perspektiv. Under projektet utfördes en omfattande intervjustudie av USER på Uppsala Universitet för att utvärdera användarperspektivet samt att identifiera faktorer för kundrekrytering till den här typen av projekt.

Intervjustudiens resultat visar att det viktigaste faktorn för slutkunder att delta i projektet är att erbjudandet kommer från en trovärdig och välkänd källa. För dem deltagande kunderna var det därmed viktigt att det kom från Sala-Heby Energi Elnät. Den påvisade även att det ekonomiska budskapet, att spara pengar, var det som lockade mest samt att informationen ska vara övergripande, enkel att läsa på om och samtidigt gärna vara anpassat för individen. Det är generellt enklare för teknikintresserade att vilja delta i den här typen av projekt.

Resultaten från styrningarna påvisar en hög grad av komplexitet. Det är inte alltid så att en styrning lokalt på kundens effekttariff resulterar i nytta för elnätet, även om det visade sig att just Sala-Heby Energis Elnäts effekttariff speglar deras behov för totala nätet i dagsläget. Dock finns risken att flytta problemen längre ut i nätet när en större andel av kunder med liknande förbrukningsprofiler (tex. i villaområden) flyttar sin förbrukning till samma timmar.

## Summary

Sweden's energy system needs to adapt to a new energy landscape with renewable production, decentralized distribution and demand flexibility. One of the largest challenges is to expand the systems and create appropriate incentives for ordinary electricity consumers to contribute with a flexible consumption. The project has used Ngenic's products and services when evaluating the benefits of power tariff control from both from a customer and a Sala-Heby Energi Elnät's perspective. A comprehensive interview study, carried out by USER at Uppsala University, has evaluated the customer perspective and identified factors for recruitment participation in this type of projects.

The interview study showed that the most important factor of participation is that the information and invitation come from a trustworthy and well-known source. It was therefore important, for the participants in this project, that it came from Sala-Heby Energi Elnät. The study further showed that the economic aspect, saving money, is of high importance and that the information needs be comprehensive and easy to understand, and at the same time preferably adapted to the individual. It is generally easier to recruit customers who are interested in technology to participate in this type of projects.

The results from the controls demonstrate a high degree of complexity. It is not always a local control based on the customer's power tariff results in benefits for the grid but it turned out that the power tariff of Sala-Heby Energi Elnät today reflects the needs of the total grid. There is a risk of moving the problems further out in the grid because a larger proportion of customers with similar consumption profiles (e.g. in residential areas) move their consumption to the same hours.

## Inledning/Bakgrund

Sverige och Europa står inför den största omställningen av energisystemet sedan det byggdes. Omställningen omfattar systemets alla delar: produktionen ska bli 100% förnybar, distributionen går från (ett fåtal) centraliserade producenter till (flertalet) distribuerade producenter där även prosumenter integreras.

Konsumtionen, som i allt större utsträckning innefattar värmepumpar, elbilar, datahallar, osv, kommer att/måste förändras inom en väldigt kort tidshorisont.

Ellagens skrivning om effektivt utnyttjande av elnätet tolkas idag som kapacitet, vilket kom in i lagen utifrån EUs energieffektiviseringsdirektiv. EI arbetar idag hårt med tariff-frågan och deras mål är att förstärka incitamenten för införande av tariffer som bidrar till effektivitet. Det finns ett generellt stort intresse hos många lokalnätbolag att hjälpa till men även en stor rädsla för att göra fel, och förlora intäkter, speciellt nu om regleringen (särskilt räntan) tvingar fram sänkningar av tariffer. Det finns även en osäkerhet kring överföringsavgifter vs kapacitet. Nyckeln är kunskap och praktiska erfarenheter med svenska förhållanden.

En av de stora utmaningarna är just de snabba förändringarna, men även föråldrade synsätt på vårt energisystem. Energiföretagen Sverige bedömer att bara de akuta kapacitetsbehoven kostar 150 miljarder SEK med traditionella investeringar. Tyvärr gynnar intäcksregleringen reinvesteringar och nätförstärkningar framför moderna smarta lösningar som kundflexibilitet och digitaliseringstjänster. I tidigare projekt som t.ex. KlokEl, VäxEl och Thermo-S [1, 2, 3] har det visat sig att digitalisering av energidistributionsnäten kostar endast 5-10% av vad traditionella lösningar i infrastruktur kostar. Gång på gång betonar politiker, myndigheter och energibolag behovet att snabbt få fram kundflexibilitet men omställning går trögt. Det beror bland annat på osäkerhet inför ny teknik och då behövs ett antal praktiska fall tas fram som föregångare för att påvisa möjligheterna.

I och med införandet av en effekttaxa på "alla" abonnemang har en stor osäkerhet uppstått kring hur dessa kommer att påverka kunder och elnätsföretag. För att minimera osäkerheten väljer man ofta bort eller skjuter på övriga investeringar i kundflexibilitet, vilket i sin tur gör att effekttaxan riskerar att försena utbyggnaden snarare än att stimulera den. Dynamiken förvärras av okunskap om vad man kan göra för att enkelt minimera sin elnätskostnad när effekttaxa är införd. Stora grupper kunder med lägre kunskap, sociala trösklar eller språkbarriärer samt rent ointresse över energifrågor har svårt att sätta sig in i komplexa tariffstrukturer och tenderar därför att hamna utanför, även om de vill bidra till ett förnybart samhälle.

Dessutom kommer den elhandlarcentriska modellen att minska kontakten mellan elnätsföretag och kund vilket ytterligare försvårar möjligheten att öka kundernas förståelse för vad de kan göra åt sin elnätskostnad.

Idag talas det mycket om att smarta elmätare och effekttaxa kommer att göra konsumenter mer flexibla, men väldigt lite om hur det praktiskt ska gå till. Studier av hur obligatoriska effekttaxor påverkar elanvändningen hos små och medelstora konsumenter visar på att anpassningar som bidrar till ett minskat effektuttag sker. Laster som är enkla att flytta i tid utan att påverka användarens vardag allt för mycket flyttas ofta och även om det ekonomiska incitamentet att göra det kan verka litet. Laster som är svårare att flytta manuellt utan att få en negativ inverkan på vardagen (som t.ex. uppvärmning) flyttas däremot inte, även om lasten kan utgöra en stor del av den totala elanvändningen. Intresset finns ofta, men användarna känner sällan till möjligheten att göra detta på ett enkelt sätt.

Sala-Heby Energi Elnät AB införde effekttaxa redan 2009, och befinner sig i ett expansivt område med mycket pendling till såväl Västerås som Uppsala. Med den snabbt ökande elektrifieringen av fordonsflottan ser vi just att pendlingsfordon på sträckor upp till 10 mil är de som snabbast elektrifieras, vilket ställer extra stora krav på elnätet. Vi har sett en förändrad lastprofil i Upplands Energis elnät under KlokEI- och VåxEI-projekten [2,3] med en förflyttning av de högsta effekttopparna från kalla vintermorgnar till sena eftermiddagar som inte kan förklaras av annat än elbilsladdning.

I stället för att uppmuntra och engagera kunder att flytta last manuellt på daglig eller t.om. timvis basis, vill vi undersöka deras acceptans för och villighet att använda sig av automatiserad styrning av elbaserade uppvärmningssystem. Kunderna behöver endast fatta ett investeringsbeslut för att kunna bidra med flexibilitet. Det bygger på erfarenheter från två projekt som Ngenic genomfört: KlokEI-projektet [3] i Upplands Energis elnät samt Thermo-S ARE i Jämtkrafts fjärrvärmenät [1]. Flexibilitet erhålls genom att kombinera realtidsdata från de nya elmätarna med en aktiv styrning av värmen, med bibehållen eller ökad komfort, och optimeringen hänskjuts från ett dagligt engagemang av konsumenten till ett investeringsbeslut.

Projektets syfte är att genom praktisk verifiering av flexibilitetsstrategier kopplade till tariffer och nätnyttooptimering kunna ge en ökad kunskap inom energibranschen, myndigheter och andra intressenter. Projektet ska därmed ge underlag för alternativa lösningar till ett effektivt resursutnyttjande och hållbart energisystem i framtiden, utan att behöva överinvestera i gårdagens teknik. Projektet ska också kunna ge underlag för olika stödinsatser från offentligt håll för att påskynda omställningen. Ökad kunskap sänker också trösklarna för investeringsbeslut i elnätsföretagen.

Projektet hade fyra tydliga mål:

- Undersöka olika incitament och metoder för att attrahera konsumenter att delta i automatiserade flexibilitetsprogram, samt deras drivkrafter för och hinder mot att delta i sådana.
- Utvärdera konsekvenserna med automatiserad flexibilitet för de enskilda användarna samt den samlade lastprofilen av att optimera enskilda konsumenters elanvändning mot effekttaxa och andra potentiella prissignaler kontra att optimera kollektivets elanvändning i strävan att uppnå maximal samhällsnytta, samt utvärdera potentialen i de två olika fallen i att matcha konsumtion mot förnybar energiproduktion.
- Få bättre underlag för införandet av effekttaxa så att elnätsföretagen räknar rätt utifrån social och teknisk potential.
- Påvisa en potential till utökat kapacitetsutnyttjande i befintlig infrastruktur på minst 15%, dvs 15% mer energi kan distribueras i samma lokalnät utan förstärkning av ledningskapacitet på årsbasis.

Utöver ovan är kunskapsspridning om dessa insikter ett viktigt mål.

En projektgrupp bestående av forskning, eldistribution, teknik, energikonsult och samhällsorganisation skapades för att samtliga intressenter ska kunna ge sin bild och även kunna sprida resultaten från projektet för allmän användning. Ngenic AB var projektets och övriga deltagare var Sala-Heby Energi Elnät AB, Uppsala Universitet, Stuns Stiftelse samt SWECO Energy AB.

## Genomförande

Projektet bestod i huvudsak av representanter från Ngenic, SHEAB, och forskargruppen USER på Uppsala Universitet med stöd av Stuns och SWECO. USER - Uppsala Smart Energy Research group - är en tvärvetenskaplig forskargrupp som leds av Cajsa Bartusch (docent i industriell teknik) och omfattar seniora och juniora forskare inom industriell ekonomi, psykologi och statistik. STUNS bidrog med resultatspridning och kunskapsspridning samt information i sina kanaler om kommande workshops m.m. och SWECO utförde tariffanalyser.

En referensgrupp bestående av representanter från branschen har träffats ett par gånger per år under projektets gång.

Projektet delades upp i sju arbetspaket dessa genomfördes enligt följande:

### Initiering och projektledning

Under uppstartsfasen var det huvudfokus på att i detalj definiera projektet samt övriga arbetspaket.

Vid projektets start, hösten 2021, genomfördes fem intervjuer med fokus på utformningen av olika kunderbudanden. Syftet med intervjuerna var att

undersöka hur elkonsumenter uppfattade och tolkade utformningarna samt identifiera drivkrafter, hinder och förutsättningar för deltagande i projektet. Därefter utformades tre olika kunderbjudanden som framhöll olika aspekter av att delta i projektet såsom; kostnadsbesparingar, ökad komfort, samt att bidra till klimat- och samhällsnytta.

Resultatet från intervjuerna blev underlag till det marknadsmaterial och kunderbjudanden som skapades som i första omgången skickades ut till ca 700st hushåll i Sala-Hebys elnät. Utskick delades upp i tre olika inriktningarna för att få en klarare bild om vad som får hushåll att delta i den här typen av projekt.

Under största delen av projektet hölls projektmöten en gång i veckan.

### **Kundrekrytering och Installation**

Arbetet med att rekrytera kunder påbörjades vid projektstart enligt plan. För att kunden skulle kunna delta i projektet behövde de ha värmesystem och elmätare uppkopplade genom Ngenic Tune och Ngenic Track. För att så många kunder som möjligt skulle delta i projektet formades ett erbjudande kring produkterna där kunden fick testa gratis i 3 månader för att sedan debiteras 49 kr per månad. Målet var att rekrytera så många kunder som möjligt längs med deras så kallade X-linje, en samling kunder som ligger under samma delstation i nätet, i Sala-Heby Energis Elnät vilket underlättar utvärderingen av de styrningarna som skulle planeras utföras under projektet.

Rekrytering av kunder utfördes kontinuerligt under projektets gång genom utskick samt marknadskampanjer. Det började med brevutskick direkt till kunderna där de erbjöds Ngenic Tune och Ngenic Track samt installationshjälp av Sala-Heby Energi för att testa systemet gratis. Kunderna erbjöds initialt enbart styrning av inomhuskomfort samt effekttariff samt information om att de skulle göra nytta för Sala-Heby Energis Elnät. Informationen i dessa erbjudanden var spara pengar, få bättre komfort och göra samhällsnytta, dvs de inriktningar som togs fram under uppstartsfasens intervjuer.

När energipriserna under hösten 2022 ökade initierades en bredare kampanj i Sala för att rekrytera fler kunder. I den nya kampanjen erbjöds samtliga av Sala-Heby Energi Elnätskunder att delta i projektet och inriktningen på utskicken ändrades. Tidigare var budskapen på utskicken varit olika och det hade främst fokuserat på effekttariffstyrning och nyttan för elnätet. När elpriserna kraftigt ökade uppstod ett större incitament för kunderna att koppla upp värmesystemet för att få möjlighet att styra uppvärmningen på timpris och således kunna spara (ganska mycket) pengar.

Projektets medlemmar deltog även på olika lokala mässor och träffar för att prata Ngenics elprisstyrning och den kommande effekttariffstyrningen, allt i syfte att rekrytera fler kunder. Under period utfördes det även en hel del kampanjer i sociala medier för att bredda kännedomen om erbjudandet ytterligare.



Installationer av Ngenic Tune och Ngenic Track utfördes löpande av Sala-Heby Energi under projektets gång. En del installationer utfördes även av kunderna själva.

### Metod och genomförande för utvärdering av användarperspektivet

För utvärdering av användarperspektivet utfördes semi-strukturerade djupintervjuer med 15 hushåll. Hushållen rekryterades på frivillig basis genom förfrågningar via e-post och de valdes ut på basis att de ansågs vara en representativ fördelning för den totalt deltagande populationen i projektet med avseende på ålder, hushållssammansättning, samt ägande av elbilar och solpaneler. Tabell 1 nedan visar fakta och detaljer avseende de intervjuade hushållen.

<i>Kön intervjuad</i>	<i>Ålder</i>	<i>Hushållssammansättning</i>	<i>Elbil</i>	<i>Solpaneler</i>
<b>Man</b>	65-74	2 vuxna	Ja	Ja
<b>Man + Kvinna</b>	55-64	2 vuxna	Nej	Nej
<b>Man</b>	35-44	2 vuxna + 2 barn	Nej	Nej
<b>Man</b>	75+	2 vuxna	Nej	Nej
<b>Man</b>	35-44	2 vuxna + 1 barn	Ja	Nej
<b>Man</b>	45-54	2 vuxna + 2 barn	Nej	Nej
<b>Man</b>	75+	2 vuxna	Nej	Nej
<b>Man</b>	45-54	2 vuxna + 3 barn	Nej	Nej
<b>Man</b>	45-54	2 vuxna + 2 barn	Nej	Ja
<b>Man</b>	65-74	2 vuxna	Ja	Ja
<b>Man</b>	45-54	2 vuxna + 1 barn	Ja	Nej
<b>Man</b>	55-64	2 vuxna	Nej	Nej
<b>Man + Kvinna</b>	65-74	2 vuxna	Ja	Nej
<b>Man</b>	65-74	2 vuxna	Ja	Ja
<b>Man + Kvinna</b>	75+	2 vuxna	Ja	Ja

Tabell 1: Detaljerad information om intervjuade hushåll.

Intervjuerna genomfördes under våren 2023, ca. 1,5 år efter att projektet startade med syfte att fånga hushållens upplevelser och erfarenheter av deltagandet. Intervjuerna genomfördes i hemma hos de intervjuade och fokuserade på tre huvudteman;

- 1) Kunskap och attityder relaterat till elanvändning och utmaningar för elsystemet,
- 2) Drivkrafter och motiv för deltagande i projektet
- 3) Erfarenheter av deltagande och perspektiv på potentiella risker och problem. Alla intervjuer genomfördes på svenska, spelades in digitalt och transkriberades ordagrant, där transkriptionerna analyserades tematiskt.

Som tabellen visar var det övergripande män som deltog på intervjuerna med varierande resultat. För mer ingående analys se kapitel resultat.



## Testkörning samt utveckling och analys av styrningar

För att uppnå en hög vetenskaplig kvalitet i projektet, både i utvecklingsfasen samt för utvärdering och framtagande av projektets faktiska resultat och slutsatser, behövs en datamängd av tillräcklig storlek och kvalitet. Om mängden är för liten och kvalitén på data är för låg blir utvärdering av statistisk signifikans och bedömning av konfidensintervall kring statistiken mindre trovärdig.

För att säkerställa att mängd och kvalitet skulle vara tillräcklig utfördes en testkörning under en första vintersäsong, där fokus riktades på iterativ förbättring av algoritmen samt praktiska problem avseende implementation. Därefter planerades det en skarp körning av optimeringsverktyget i sin färdiga form. Det data som slutligen samlades in under den skarpa körningen utgör grunden för analysen av projektets resultat.

Algoritmer, utgående från enskild kund (optimeringen på individnivå) samt utgående från kundkollektivet (optimeringen utifrån behov/begränsningar i elnätet) utvecklades. Algoritmerna baseras på arbete och erfarenheter som gjorts i tidigare projekt finansierade av bland annat Energimyndigheten såsom KlokeI, Växel och Thermo-S ÅRE [1, 2, 3]. Det tidigare arbetet kompletterades med funktionalitet för styrning mot egen produktion i nätet vid bortfall av turbinen i fjärrvärmeverket.

Arbetet med algoritmutveckling och analys blev betydligt mer omfattande än vad som initialt estimerats och planerats.

## Resultat

Projektet resultat för de olika arbetspaketen redovisas nedan.

### Kundrekrytering och Installation

Under första 18 månaderna av projektet rekryterades ca 20 kunder längs med X-linjen genom framför allt brevutskick och direktkontakt med kund genom telefonsamtal. Dessa deltagare intervjuades senare med fokus på kunderbjudandet som redovisas nedan.

Efter att energipriserna gick upp och utskicken breddades och ändrade inriktning, ökade antalet deltagare i projektet. Totalt deltog 82 kunder i projektet varav ca ett 50tal kunde delta i styrningar.

### Resultat av utvärdering av användarperspektivet

Resultatredovisning delas upp i 4 delar som beskriver:

- Resultat från intervjuer med hushåll med fokus på kunderbjudandet hösten 2021
- Kunskap och attityder relaterat till elanvändning och utmaningar för elsystemet
- Drivkrafter och motiv för deltagande,
- Erfarenheter av deltagande och syn på potentiella risker och problem

*Resultat från intervjuer med hushåll med fokus på kunderbjudandet, hösten 2021*

I de genomförda intervjuerna framkom det tydligt att kundernas förtroende för erbjudandet starkt påverkades av avsändaren och att förtroendet för SHEAB därmed spelade en avgörande roll. En av de intervjuade underströk att om erbjudandet inte hade kommit från SHEAB så hade hen överhuvudtaget inte övervägt deltagande. Det är ett mönster som, oavsett utformning av kunderbjudandet, upprepades i de övriga intervjuerna där kunderna klargjorde att avsändaren är en viktig faktor för att väcka intresse och skapa förtroende inför ett eventuellt projektdeltagande.

En annan observation, genomgående för samtliga intervjuer, var att erbjudanden med detaljerad information om kostnadsbesparingar och effektivitet var avgörande för att motivera deltagande i projektet. Av de intervjuade som antingen hade fått ”komfort” eller ”samhällsnytta” i erbjudandet uttryckte flera önskan om mer information om ekonomiska besparingar och ansåg att det skulle ha öka deras motivation till att delta. Det var dock samtidigt flera som hade fått ”ekonomi/effektivitet” i erbjudande som menade att de även hade velat ha mer detaljerad information hur deras komfort skulle påverkas av deltagande. De och betonade att komfort och ekonomi är två lika viktiga aspekter.

Därtill observerades varierande teknisk förståelse och kunskapsnivå hos kunderna gällande deras egna värmesystem. En av de intervjuade visade god kunskap och diskuterade tekniska detaljer om värmepumpen och dess behov av stöttning med elpatron, medan en annan av de intervjuade uttryckte stor osäkerhet om hur värmepumpen fungerade, men hade en önskan om mer information om hur systemet kan reglera olika rum vid olika temperaturbehov. Variationen i kunskapsnivå understryker vikten av att anpassa och skraddarsy kommunikationen för att möta olika nivåer av teknisk kunskap hos kunderna, vilket kan innebära att erbjuda mer teknisk information för de som har en hög teknisk kompetens samtidigt som det ges enklare och mer lättförståelig information för de mindre tekniskt insatta.

En, för samtliga intervjuer, gemensam önskan var även att erhålla tydlig och proaktiv kommunikation från SHEAB. En av de intervjuade framhöll särskilt att hen gärna hade sett erbjudandet mer ”personligt anpassat” utifrån sina individuella förutsättningar och behov gällande uppvärmning. Det indikerar ett behov av att skapa en kommunikationsstrategi som inte bara är responsiv på kundernas frågor utan också proaktiv och gärna personlig genom att tillhandahålla relevant information i förväg. Att tydligt kommunicera engagemanget SHEAB hade för projektets syfte samt erbjuda personligt anpassad information skulle sannolikt ha ökat intresset och förståelsen hos potentiella kunder som nu inte deltog.

Sammanfattningsvis indikerar intervjuerna att skapandet av förtroende är avgörande genom tydlig avsändarinformation. Anpassning av kommunikationen till olika tekniska kunskapsnivåer är viktig. Med en mer detaljerad information om kostnadsbesparingar och effekterna avseende komfort, tillsammans med en proaktiv och personligt anpassad kommunikation från SHEAB, kan starkt bidra till att öka intresse och förståelse bland potentiella kunder i den här typen av

projekt. Grundförtroende, i det här fallet för SHEAB, som byggts upp över längre tid är också viktig för att kunna lyckas rekrytera deltagare till liknande initiativ.

#### *Kunskap och attityder relaterat till elanvändning och utmaningar för elsystemet*

De personer som intervjuades visade en gedigen och i vissa fall omfattande kunskap om sin individuella elanvändning. Det framkom tydligt genom det övergripande intryck de förmedlade under intervjuerna såväl som genom deras explicita förmåga att uttrycka, förklara och tolka sin elanvändning. Samtliga demonstrerade precision när de uppskattade sin månatliga och/eller årliga elanvändning och kunde kvantifiera sin elkonsumention i termer av både kilowattimmar och kostnader. De visade också en god förmåga att skilja mellan hur mycket olika aktiviteter och apparater i hushållet bidrog till den totala elanvändningen, de betonade särskilt värmepumpens bidrag, och de hade en god förståelse för sina elavtal. Varje intervjuad kunde beskriva de grundläggande skillnaderna mellan elhandelsavtal och elnätsavtal samt svara på hur deras nuvarande elhandelsavtal var utformat som huruvida de debiterades enligt fasta, månatliga eller timvisa priser.

Flera faktorer bidrar till den höga nivån av kunskap och medvetenhet. För det första kan de intervjuades grundläggande förståelse och intresse för energirelaterade frågor tillskrivas deras utbildnings- och yrkesbakgrund. Tolv av femton intervjuade var eller hade varit professionellt verksamma inom tekniska och/eller energirelaterade områden. Insikter och förståelse de förvärvat under sina professionella liv bidrog till att de upplevde sig trygga med att hantera frågor rörande elanvändning. För det andra var en förhöjd nivå av förståelse tydlig bland de åtta intervjuade som tidigare hade investerat i någon form av energiteknik såsom solpaneler och elbilar. I deras strävan att följa och förstå påverkan av sådana teknologier på deras totala elanvändning använde de personerna regelbundet olika typer av appar. Det bidrar till en ännu djupare insikt om nivåer och mönster gällande hushållets elanvändning. För det tredje hade energikrisen, som kännetecknades av historiskt höga elpriser och omfattande mediebevakning av energirelaterade utmaningar, avsevärt påverkat de intervjuades medvetenhet om energikostnader under det senaste året.

När de tillfrågades om vad de ansåg vara viktiga utmaningar för elsystemet lyfte de intervjuade fram flera aspekter som de ansåg vara kritiska. Utöver att säkerställa tillräcklig mängd av elproduktion och behovet av att avveckla fossila bränslen betonades även vikten av att säkerställa tillräcklig elnätskapacitet. Den aspekten framhölls som avgörande för att säkerställa en pålitlig elförsörjning. Flera av de intervjuade kontextualiserade vikten av tillräcklig elnätskapacitet i ett lokalt sammanhang med hänsyn till de specifika behov och omständigheter som kan hittas i lokalsamhället. Även om den dominerande åsikten var att huvudansvaret för att hantera utmaningar inom elsystemet ligger hos beslutsfattare och berörda myndigheter menade en överväldigande majoriteten av de intervjuade att de, som privata och enskilda elkonsumenter, också har en viktig roll i att bidra till ett mer hållbart system. Den inställningen hade sin grund i åsikten att alla samhällssektorer, både industri och privatpersoner, har ett ansvar att bidra till ett mer hållbart samhälle. Energikrisen rapporterades ha kraftigt förstärkt synen på ett

delat ansvar eftersom krisen exponerade sårbarheten hos elsystemet och underströk den roll som privata elförbrukare har i att hantera utmaningar i ett ansträngt system.

#### *Drivkrafter och motiv för deltagande*

De intervjuade rapporterade olika motiv för deltagande i projektet och vanligt var att man betonade en kombination av flera faktorer som bidragande till beslutet att delta. Mest framträdande var den ekonomiska drivkraften, att minska energikostnader, samt intresse för teknik. Samspelet mellan dessa faktorer rapporterades i många fall som avgörande för beslutet att delta. Deltagarna fann det särskilt tilltalande att kunna minska sina elkostnader utan att behöva fatta aktiva beslut om vilka aktiviteter eller apparater som skulle förändras och när dessa förändringar skulle ske. Det framkom även att betydelsen av den ekonomiska aspekten ökade markant när elpriserna steg under energikrisen. Faktum var att flera av de intervjuade som ursprungligen hade gått med i projektet av nyfikenhet om tekniken rapporterade vid tidpunkten för intervjuerna att kostnadsbesparingar var den främsta anledningen till deras fortsatta deltagande i projektet. Storleken på potentiella kostnadsbesparingar ansågs vara en mycket viktig parameter vid bedömningen av fördelar och nackdelar för deltagande i projektet.

Bland de intervjuade som angav teknikintresse som främsta drivkraft hade många tidigare investerat i olika former av energitekniska lösningar som solpaneler och elbilar. Att gå med i projektet sågs som ett ”logiskt nästa steg”. Många rapporterade även att de upplevde viss frustration i och med vetskapen om att uppvärmning stod för en stor mängd av deras totala elförbrukning, utan att veta hur de kunde använda sin värmepump mer effektivt utan att kompromissa med bekvämlighet och inomhuskomfort i alltför hög grad. Deltagande i projektet sågs därför som en bra möjlighet att ta itu med ett problem som de redan själva identifierat. Intresset för tekniken omfattade också förväntningar på ökad bekvämlighet. Det var främst kopplat till appen i vilken man enkelt kunde reglera sin inomhustemperatur. Fördelen med att kunna fjärrstyra värmesystemet istället för att justera temperaturinställningar direkt på värmepumpen rapporterades som en tilltalande funktion där två intervjuade särskilt nämnde det som en bidragande faktor till sitt beslut att delta.

Miljö- och samhällsnytta var också drivkrafter för deltagande i projektet. Oro för miljö- och klimatfrågor uttrycktes på olika sätt bland de intervjuade men återkommande var åsikten om alla har ett individuellt ansvar för att främja ökad hållbarhet. Inom ramen för samhällsnyttor rapporterades även viljan att bidra till ökad tillförlitlighet för elnätet som en drivkraft. Den inställningen, insikten, hade stärkts under energikrisen då många blev medvetna om systemets sårbarhet. Särskild vikt lades vid att stödja det lokala elnätet. Slutligen nämndes flertal mindre vanliga drivkrafter. En av de intervjuade anmälde sig delvis för att bidra till kunskapsutvecklingen genom att dela med sig av sin elkonsumtionsdata för forskningsändamål och en annan rapporterade att en bidragande faktor till hans beslut att delta var att lära sig mer om elsystemet, med förhoppning att deltagande i projektet skulle leda till djupare insikter i dess funktionalitet.

### *Erfarenheter av deltagande och syn på potentiella risker och problem*

För att delta i projektet behövde hushållen svara på det skriftliga erbjudandet genom att ta kontakt med det lokala elnätbolaget och bekräfta sitt intresse. Samtliga intervjuade rapporterade att de anmält via telefon och därigenom använt sig av möjligheten att ställa frågor om projektet och eventuella konsekvenser av deltagandet.

Samtalen var för många avgörande för beslutet att delta. För det första uppfattade de intervjuade att elnätbolagets vision om projektets övergripande syfte och potentiella fördelar omfattade deras egna perspektiv och operativa aspekter och. För det andra gavs möjligheten att ställa frågor om tekniken – dess funktion och potentiella konsekvenser för värmesystemet. God kommunikation och transparens kombinerat med att initiativet kom från en välkänd och aktör, ledde till att de gick med i projektet med en rapporterad känsla av trygghet och förtroende. Upplevelsen av god kommunikation och lättillgängligt stöd återkom genomgående under intervjuerna. De intervjuade som stött på problem under projektet, främst relaterade till installationen av tekniken, uttryckte att de fann det enkelt och bekvämt att kontakta SHEAB för support. Flera av de intervjuade hänvisade till en specifik anställd på bolaget, tillika kontaktpersonen för projektet, och framförde sin uppskattning för hans kompetens, uppmärksamhet och skicklighet i att besvara frågor relaterade till programmet. En sådan personlig kontakt, som man fick starkt förtroende för, bidrog till känslan av att bli väl omhändertagen som projektdeltagare. Även om majoriteten av de intervjuade ansåg att tekniken var komplex och tillstod att de inte fullt ut förstod alla dess tekniska aspekter så betraktades det inte som en betydande risk eller problem, eftersom de hade förtroende och var trygga i att kunna få hjälp och stöd vid behov.

Angående ”känsla av kontroll” rapporterade ingen av de intervjuade att deltagandet i projektet lett till en känsla av att man hade tappat kontrollen över värmesystemet i en sådan utsträckning att det upplevdes som ett problem. Det fanns flera skäl till det. För det första rapporterade ingen av de intervjuade att de någonsin märkt av att den externa styrningen givit en lägre inomhustemperatur. De betraktade i stället variationerna i inomhustemperaturen som normala och tillskrev dem vanligtvis förekommande fluktuationer i utomhustemperaturen. För det andra hade majoriteten, 13 av 15 intervjuade, någon form av sekundär värmekälla i sina hem, vanligtvis en öppen spis eller kamin, som de frekvent använde. Flera av de intervjuade angav att de hade ökat användningen av sin öppna spis eller kamin under energikrisen som ett sätt att hålla nere kostnaderna när elpriserna sköt i höjden. Därför resonerade de att om de skulle uppleva det som för kallt inomhus på grund av extern kontroll och styrning av värmepumpen kunde de ”bara slänga in en till vedklabb i brasan”. För det tredje visste de att det var möjligheten att koppla bort systemet som en sista utväg om inomhustemperaturen skulle sjunka till en oacceptabel nivå, vilket ingen av de intervjuade rapporterade att de gjort. I tillägg rapporterade de intervjuade som regelbundet övervakade sin elanvändning via appen att det inte bara ökade deras förståelse för värmeförbrukningsmönster och nivåer utan att det också ledde till en ökad känsla av kontroll. De uppfattade det vanligtvis som en form av nollsummespel, där att

avstå från kontroll under perioder med hög efterfrågan kompensterades av en ökad förståelse för deras totala värmeförbrukning.

Sammanfattningsvis är det uppenbart att de intervjuades överväganden om potentiella risker och problem skedde i en kontext av det lokala elnätsbolagets roll som tjänsteleverantör, och att deras förtroende och tillit till SHEAB spelade en grundläggande roll i att forma deras övergripande känsla av att vara i trygga händer. Ett liknande resonemang tillämpades vad gäller datasäkerhet och integritet. Ingen av de intervjuade angav att de upplevde några risker förknippade med data eftersom de betraktade data över elanvändning som icke-känslig information. Den allmänna uppfattningen var att deltagande i projektet inte innebar några förhöjda risker med tanke på att SHEAB redan hade tillgång till deras data. Att det var avgörande att det lokala elnätsbolaget verkade som tjänsteleverantör blev särskilt tydligt när de intervjuade blev hypotetiskt tillfrågade om de skulle ha gått med i projektet om en för dem obekant aktör hade fungerat som tjänsteleverantör och erbjudit samma tekniska system med identiska villkor. Alla intervjuade utom två uttryckte entydigt att de inte skulle ha gått med. Samtliga intervjuade svarade dessutom att de hade som avsikt att fortsätta vara anslutna till projektet och angav förtroendet för det lokala elnätsbolaget i kombination med de olika drivkrafter som beskrivs ovan som avgörande faktorer.

### **Utveckling, resultat och analys av styrningar**

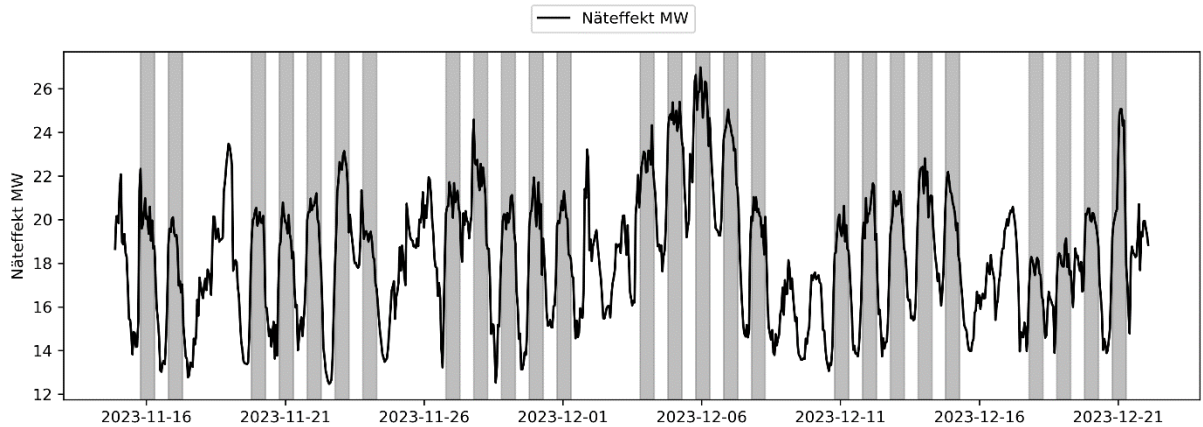
Rekryteringen av testkunder uppnådde inte de ursprungliga målen avseende antal deltagare i projektet. Det medförde att det fick göras en avvägning mellan behovet av statistisk signifikans i resultaten och att kunna testa både tariffstyrning på lokal nivå och central styrning samtidigt. För beskrivning av tariff och optimering, se bilaga 1.

Initialt var tanken att rotera över tre grupper, en med lokal tariffstyrning, en med central styrning och en helt utan styrning. Syftet med uppdelningen att det skulle vara mindre tydligt för deltagarna vilka perioder man styrdes och när man inte styrdes. Det slutliga valet föll på att i stället dela in deltagarna i två grupper där den ena gruppen körde en lokal styrning och den andra styrdes på grupp nivå. Metoden som kördes på respektive grupp växades sedan med ca 1 veckas intervall. Deltagarna fick på förhand inte reda på vilken av grupperna de tillhörde och inte heller när styrning var aktiv eller ej.

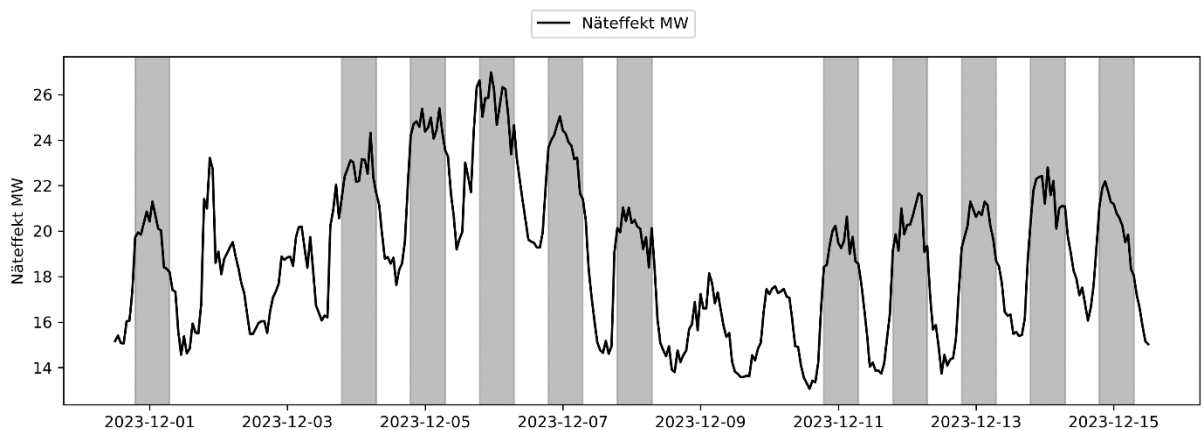


### Förbrukning i nätet

Förbrukning i nätet över tid visar hur mycket energi som används. För utveckling av planering och optimering är också bra att om man kan finna mönster i förbrukningen.



Figur 1 – Total förbrukning i nätet.



Figur 2 – Total förbrukning i nätet – högupplöst

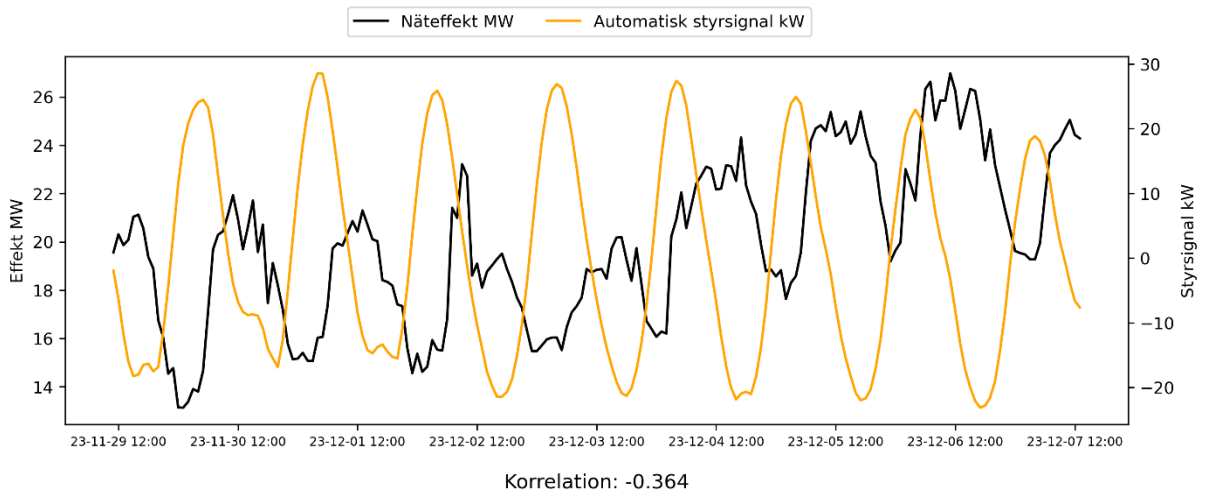
Figur 1 visar den totala förbrukningen i elnätet över drygt en månads tid och figur 2 visar samma data under ca 2 veckor av samma period med en högre upplösning. Förbrukningen uppvisar en tydlig periodicitet och det särskilt på vardagar. Det är små skillnader i när på dygnet förbrukningen ökar och minskar och differensen mellan dagtid och övrig tid är relativt konstant.

De skuggade perioderna är vardagar 07-19, dvs de timmar som ligger till grund för debiteringen av effekttariffen.



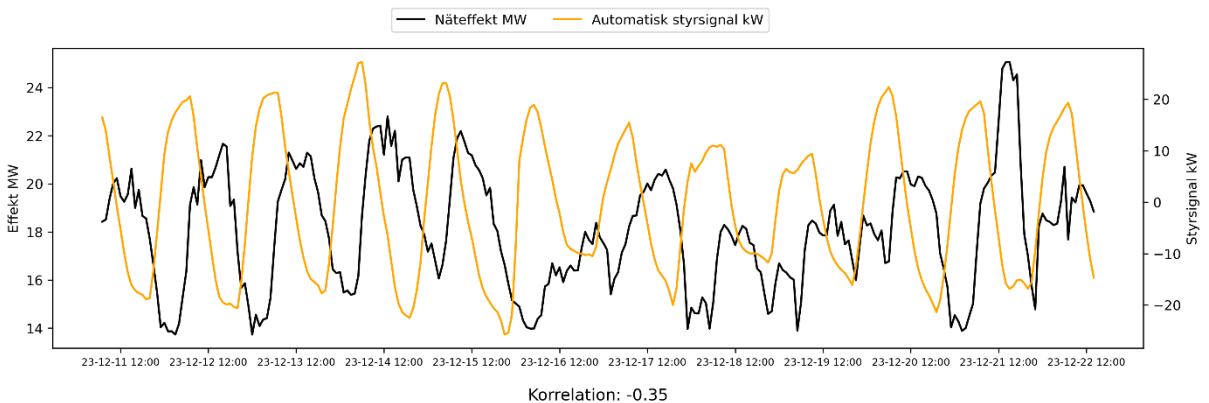
### Resultat central styrning

Nedan redovisas resultat från 2 perioder med central styrning, figur 3:



Figur 3 - Nätets totala last (i svart) och styrsignalen från den centrala styrningen (i gult)

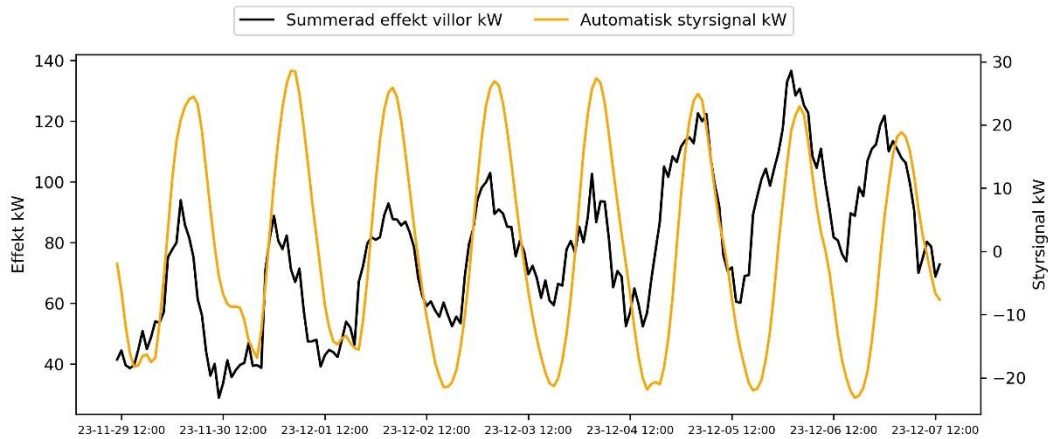
och figur 4:



Figur 4 - Nätets totala last (i svart) och styrsignalen från den centrala styrningen (i gult)

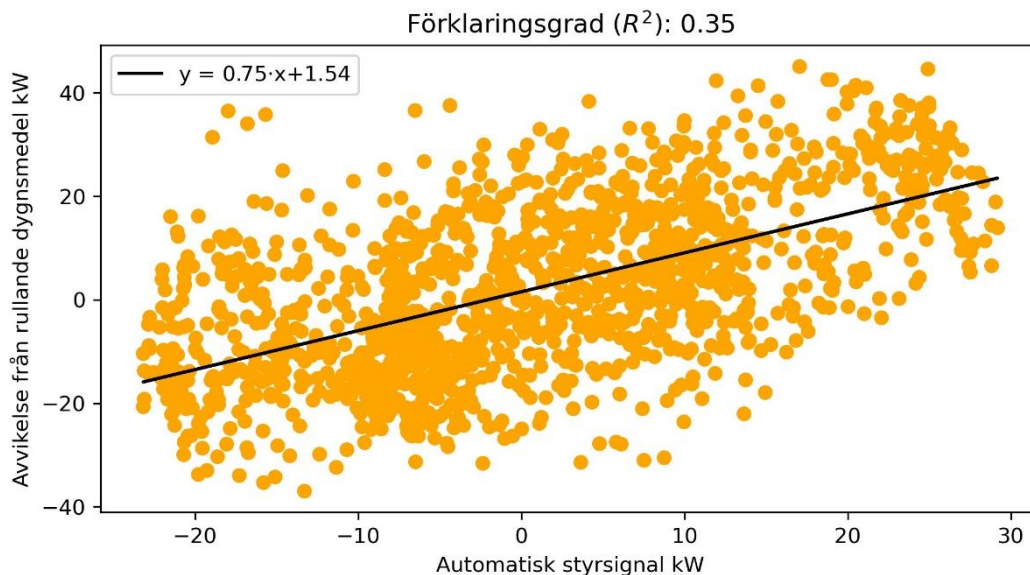
Ett positivt värde för styrsignalen betyder att den försöker öka förbrukningen och ett negativt värde att den försöker bromsa. Periodiciteten i styrsignalen följer i stort den för nätets totala effekt, men med omvänd fas eftersom den försöker flytta last från höglast- till låglast-timmar.

Det finns en viss förskjutning som berodde på ett problem att kalibrera prognostiseringen av hur mycket tillgänglig effekt som fanns hos de deltagande hushållen.

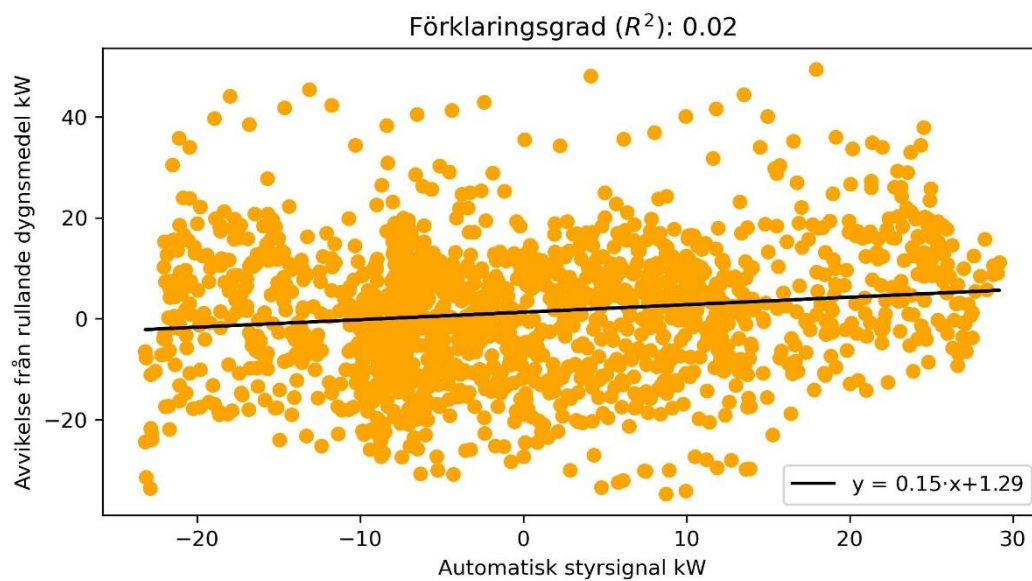


Figur 5 – Summerad effekt för deltagande hushåll (svart) och styrsignalen (gult)

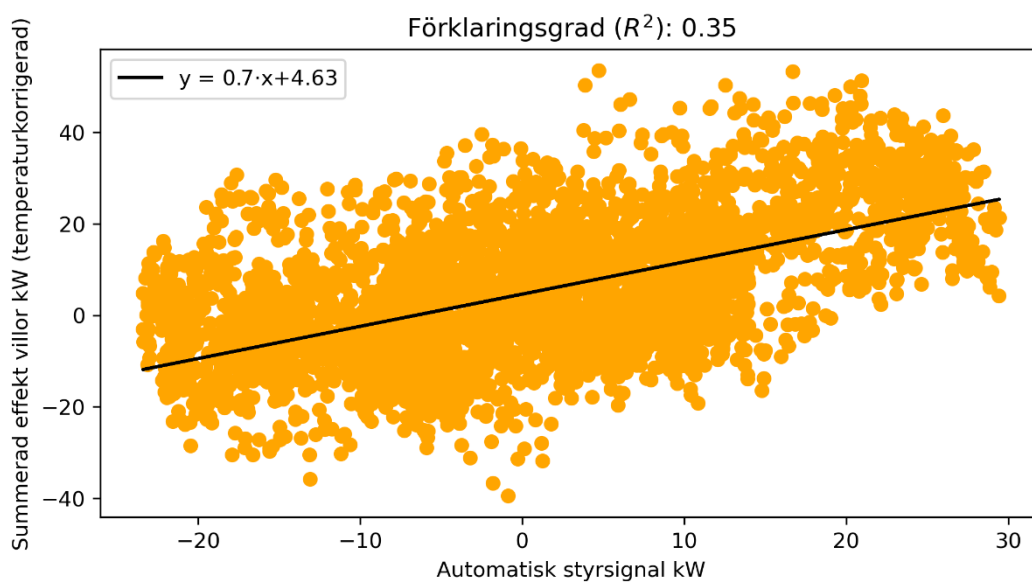
Figur 5 visar hushållens summerade effekt samt den styrsignal som beräknats av regleralgoritmen. Figur 6 visar korrelationen mellan styrsignalen och det avvikelse från det rullande dygnsmedelvärdet av förbrukningen hos hushållen som blivit styrda. Anledningen till att titta på avvikelse från dygnsmedelvärde är för att plocka bort variationer som beror på annat än styrsignalen, till exempel varierande utomhustemperatur mellan de olika dygnet. För att minska risken för felaktig slutsats, där korrelationen kunde bero på annan samvariation plottas i Figur 7 samma korrelation fast för de hushåll som inte blivit styrda med den beräknade styrsignalen. Med antagandet att eventuella ”confounders”, störfaktorer, borde ha påverkat bägge grupper på liknande sätt ger detta att korrelationen i Figur 6 sannolikt beror på den externa styrningen.



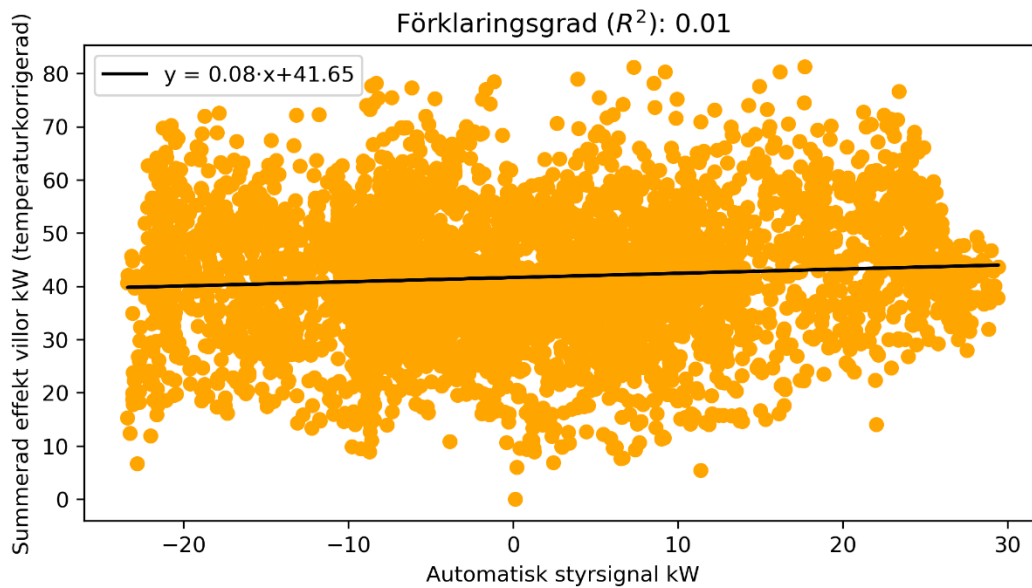
Figur 6 – Korrelation mellan applicerad styrsignal och de deltagande hushållens avvikelse från rullande dygnsmedelvärde



Figur 7 - Korrelation mellan applicerad styrsignal och de *ej* deltagande hushållens avvikelse från rullande dygnsmedelvärde

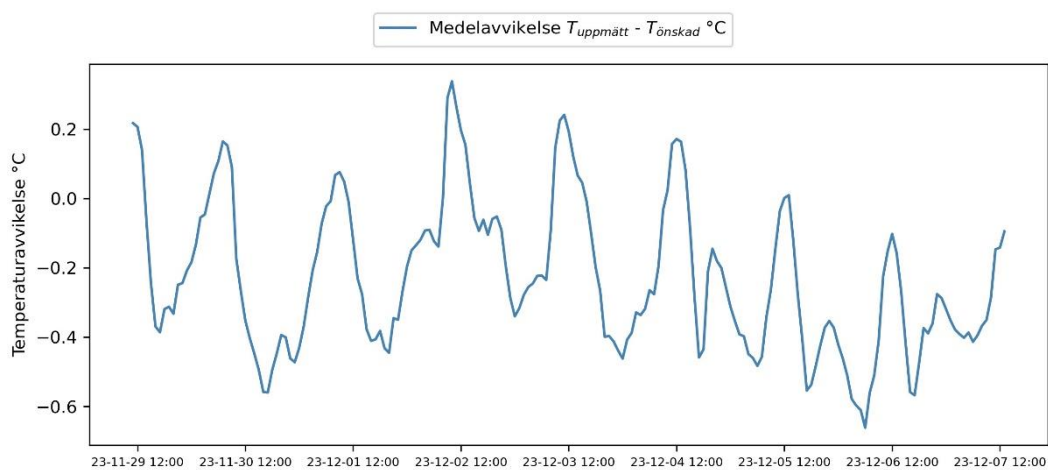


Figur 8 - Korrelation mellan applicerad styrsignal och de deltagande hushållens effekt, med temperaturkorrigerad.



Figur 9 - Korrelation mellan applicerad styrsignal och de ej deltagande hushållens effekt, med temperaturkorrigerad.

Figur 8 och 9 visar korrelationen mellan den applicerade styrsignalen och hushållens totala effekt, med korrigerad för den temperaturpåverkande delen av effekten. Temperaturkorrigeringen görs för att inte blanda ihop punkter där effekten är hög/låg pga. låg/hög utomhustemperatur med punkter där effekten är hög/låg pga. den applicerade styrningen. Även här ser man att korrelationen försvinner när hushållen som ej blivit styrda analyseras, vilket alltså ytterligare talar för att den effekt man ser faktiskt kommer från den applicerade styrningen.



Figur 10 – Medelavvikelse från hushållens önskade inomhustemperatur och uppmätt inomhustemperatur

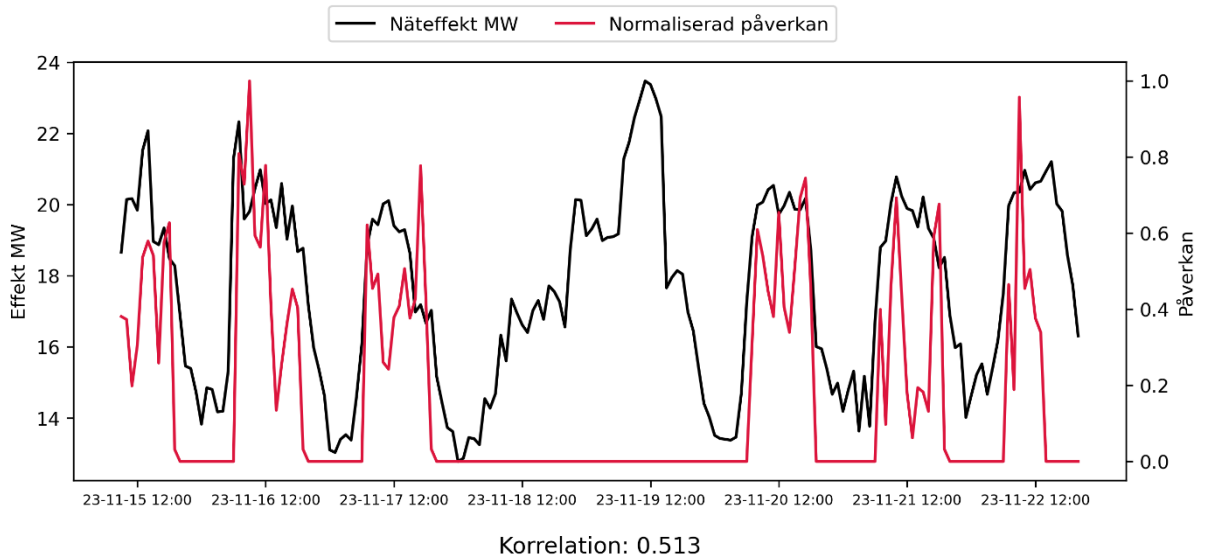
Styrningen har i detta fall varit relativt ”mild”. Gränserna för vad som ansågs vara den maximalt accepterade avvikelser i inomhustemperatur från den temperatur man ställt in som komforttemperatur var i projektet satt till  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Figur 10 visar medelavvikelsen från önskad inomhustemperatur och som störst var denna avvikelse ca.  $0.6^\circ\text{C}$ , dvs väl innanför gränsen.

Det sista målet för projektet var att se om det går att öka resursutnyttjande av befintligt nät med minst 15%, dvs att distribuera 15% mer energi i samma lokalnät utan förstärkning av ledningskapaciteten.

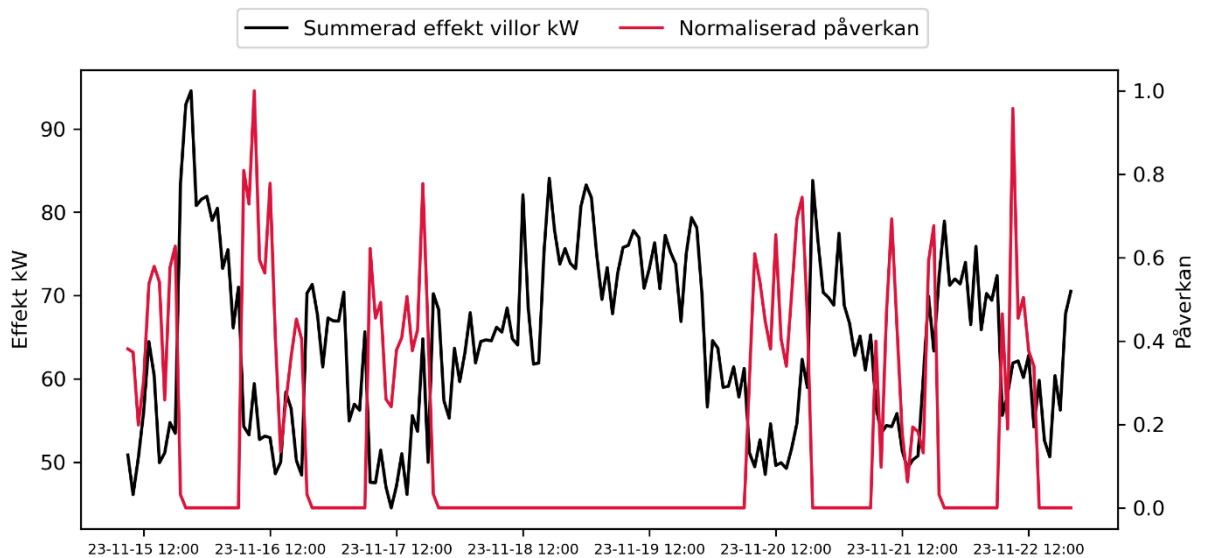
Eftersom hushållens förmåga att bidra med flexibilitet är oberoende av varandra är det rimligt att anta att den totala flexibiliteten bör skala linjärt med antal deltagande hushåll. För att nå en reduktion av effekttoppen med 15% skulle det med siffror från vintern 23/24 behöva kapas ca 3,9MW. Med en extrapolering av resultaten från dessa försök skulle det behövas ca 2600-2800 deltagande hushåll. Genom att tillåta lite ”hårdare” styrning (utnyttja hela spannet  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) och ett prognosverktyg som kan förutse topparna med högre noggrannhet är det sannolikt möjligt att sänka antalet hushåll som behövs. För att nå ökat resursutnyttjande i nätet, med definitionen mer energi levererat i samma ledningar, räcker det dock inte med att momentant kunna sänka effekten. Det krävs även uthållighet och att den flyttade effekten inte hamnar på tidpunkter som skapar en ny topp. Det studerade nätet har en förbrukningsprofil som saknar tydliga toppar under förmiddag och eftermiddag, och det är i stället en relativt jämn belastning under dagtid. Därför måste flyttad last ”få plats” under natt- och tidiga morgontimmar. Med antagandet att tillkommande laster, d.v.s. den hypotetiska extra energi som skulle kunna levereras i nätet har liknande profil som övrig förbrukning, skulle det genom lastförflyttning vara möjligt att öka resursutnyttjandet med ca 9%. För att åstadkomma uthålligheten att nå detta skulle det krävas att ca 2800 hushåll deltog i styrningen och att de accepterar en maximal variation i inomhustemperaturen med  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

### *Resultat lokal tariffstyrning*

Det relativt låga deltagarantalet medförde att det inte gick att översätta den signal som används för lokal tariffstyrning direkt till kW på en aggregerad nivå. I vår redovisning visas därför en normaliserad signal av den styrning som utförts. För att avgöra om tidsbaserade tariffer är ett effektivt styrmedel det viktigaste måttet att titta på om de lokala åtgärder som görs, i detta fall reglering av värmepumpen, korrelerar tidsmässigt med nätets behov.



Figur 11 – Näteffekt och normaliserad påverkan



Figur 12: Hushållens effekt och normaliserad påverkan

Figur 11 visar nätets totala förbrukning och den sammanlagrade signalen från tariffstyrningen. I figur 12 visas i stället de deltagande hushållens förbrukning med signalen från tariffstyrningen.

För styrsignalen i tariffstyrningen, se figur 11 och figur 12, gäller att ett positivt värde innebär ett försök att minska förbrukningen. Signalen stämmer väl överens tidsmässigt med variationerna i nätet och det ser alltså ut som att tariffen lyckas spegla nätets profil. När man jämför med de deltagande hushållens förbrukning ser det dock annorlunda ut och där tycks det istället som att påverkan från tariffstyrningen bidrar till att förstärka toppar som ligger utanför 07-19.



## Diskussion

Projektets diskussion utifrån resultaten diskuteras nedan.

### Användarperspektiv

Resultaten från intervjustudien framhäver att ekonomiska incitament är av avgörande betydelse för att locka privata elkonsumenter till att delta i automatiserade efterfrågefleksibilitetsprogram. Det understryker de praktiska och kostnadsmedvetna övervägandena som styr konsumentbeteendet och betonar vikten av starka ekonomiska incitament för att främja ökad efterfrågefleksibilitet. Samtidigt antyder resultaten att motivationsfaktorer kan förändras över tiden där det ekonomiska incitamentet fick ökad betydelse som en följd av energikrisen. Påverkan från externa faktorer, såsom stigande elpriser, belyser behovet av att överväga hur externa krafter kan omforma incitamentslandskapet och de potentiella utmaningar som kan uppstå genom sådana förändringar. Studien visar även på att teknikintresse är en central drivkraft. Ett sådant intresse grundar sig ofta i önskemål om att aktivt ta del av innovativa teknik för att utforska de potentiella fördelarna tekniken kan erbjuda. Särskilt bland hushåll som tidigare investerat i energiteknik som solpaneler och elbilar kan teknikintresset spela en nyckelroll för deltagande. Studien identifierar även ytterligare drivkrafter, såsom viljan att bidra till miljö- och samhällsnytta samt till ett mer tillförlitligt elsystem. Det indikerar en växande medvetenhet bland privata elkonsumenter om de bredare konsekvenserna av deras elanvändning och en vilja att aktivt bidra till ett hållbart elsystem.

Studien påvisar också en generellt solid god och ett påtagligt intresse för energirelaterade frågor bland hushållen. Särskilt intressanta är de attityder som framkommer i intervjuerna angående utmaningarna för elsystemet. De intervjuade ser sig själva som aktörer som kan bidra till att skapa ett mer pålitligt och hållbart system. I grund och botten antyder detta att beslutet att delta i projektet grundar sig i en bredare förståelse för energirelaterade utmaningar, vilket i sin tur formar deras perspektiv på fördelarna och konsekvenserna av att vara en del av det.

Ett genomgående tema är att de intervjuade kontextualiserade potentiella risker och problem med hänsyn till tillit och förtroendet för det lokala elnätbolaget i deras roll som tjänsteleverantör. Potentiella risker och problem, såsom upplevd förlust av kontroll och oro för datasäkerhet och integritet, sattes i direkt relation till nivån av förtroende deltagarna hade på elnätbolaget. Resultaten visar att det är av stor betydelse att det finns en överensstämmelse mellan förväntan hos hushållen och elnätbolaget angående övergripande mål och resultat av projektet. En delad vision bidrar till en känsla av ömsesidig förståelse och samarbete vilket här främjade en samarbetsvillig atmosfär mellan elnätbolaget och deltagarna. Effektiv kommunikation och snabbt stöd tjänade som en grundsten för att etablera en stark relation mellan deltagarna och elnätbolaget. Deltagarna kände sig tryggade av vetskapen om att lösningar på eventuella oväntade problem bara var ett telefonsamtal bort, vilket gav en genomträngande känsla av att vara väl omhändertagen.



Sammanfattningsvis lyfter studien fram konsumentens perspektiv på automatiska efterfrågefleksibilitetsprogram och betonar vikten av att integrera användarperspektivet i hela processen – från konceptualisering till utförande – för framgångsrika program eller projekt. Det innebär att effektiviteten av efterfrågefleksibilitetsprogram inte enbart dikteras av tekniska aspekter utan är intimt förknippad med förväntningar, preferenser och erfarenheter hos de individer som deltar i dessa program.

Det är samtidigt viktigt att understryka att studien inte är utan sina begränsningar. För det första byggde projektet, liksom intervjuerna, på frivilligt deltagande. Liknande andra 'opt in'-program innebär detta att det finns en risk för snedvridet urval av deltagare eftersom projektet troligen attraherar ett specifikt segment av befolkningen som har ett särskilt intresse för ämnet vilket diskussionen ovan stöder. För ytterligare fördjupad förståelse för drivkrafter och erfarenheter krävs studier av större omfattning vilket skulle innebära ett mer omfattande urval av hushåll med olika socioekonomiska egenskaper över en längre period.

## Styrningar

Förbrukningen inom Salas elnät följer ett relativt förutsägbart mönster med tydliga toppar under dagtid. Det är värt att notera att nättariffen endast är en del av det totala elpriset och att förbrukningsprofilen för ett nät kan komma att se annorlunda, och mindre förutsägbart, ut när fler skaffar timpris. Det totala effektuttaget är det som driver kostnaden för Sala Heby Energi mot överliggande nät. När man tittar på nuvarande profil på det totala effektuttaget så fångar deras effekttariff väl hur man skulle vilja att kunderna flyttar sin förbrukning.

### *Central styrning vs. tariff*

Om en enkel tariff kan ge nästan lika bra effekt som en central styrning, givet den extra komplexitet som det innebär med en central styrning (t.ex. i form av mjukvara, drift och övervakning), kan man argumentera för värdet. Det uppstår även vissa regulatoriska frågor med ett system där nätägaren direkt styr sina kunder vid godtyckliga tidpunkter eftersom man då kan skapa kostnader för kundernas balansansvariga elhandlare. Samtidigt visar data från styrningarna att farhågan att man med en enkel tariff riskerar att flytta problem till andra delar av nätet och dessa behöver tas på allvar.

Automatiserade styrsystem som endast ser till enskilda hushållets bästa kommer aldrig att ta hänsyn till begränsningar i elnätet. Finns det inget incitament att sprida lasten riskerar man att mycket last flyttas till direkt när effekttariffen slutar gälla, i Salas fall kl. 19:00 på vardagar. På den översta nivån i nätet är det inget problem, det är osannolikt att det flyttas så mycket last att man överkompenserar för de naturliga variationerna och flyttar hela toppen till senare. Men i delar av nätet som har en annan förbrukningsprofil, t.ex. områden med stor andel villakunder kan det bli annorlunda. Där riskerar man att skapa toppar som befintlig infrastruktur inte är anpassad för att klara. I projektet användes endast värmepumpar, som förvisso står för en stor del av ett hushålls förbrukning, men i ett scenario där kunder även schemalägger elbilsladdare och annan förbrukning

som disk, tvätt och tork till samma tidpunkter finns en tydlig risk att konsumenter längre ut i nätet drabbas av kapacitetsbrist.

I takt med att allt fler även skaffar timavtal via sin elhandlare tillkommer dessutom situationen att elhandelspriset vissa perioder samverkar med nättariffen på ett sådant sätt att tendensen att flytta last till enskilda timmar ökar, vilket ytterligare spår på risken för ansträngd infrastruktur.

#### *Koordinering av förbrukning på central nivå*

Behovet av koordinering i realtid mellan förbrukare och elnät ökar därför troligen ju längre ut i nätet man kommer. På en högre nivå i nätet, till exempel mot intagspunkter för överliggande nät, gör de statistiska effekterna av aggregering att en enkel, statisk modell väl kan fånga det som driver kostnaden på den nivån (abonnerad effekt i fallet intagspunkter).

Genom att endast ta hänsyn till den nivån, och i praktiken behandla resterande delar av nätet som en homogen entitet, utan begränsningar, missar man att det hade gått att undvika stora investeringar i nya kablar och stationer om bara förbrukningen i nätet bättre matchas mot det lokala behovet.

Om begränsningar i enskilda kablar och stationer kan vara en del av styrsignalen mot kunderna kan ett centralt system, som samordnar förbrukare under till exempel en station, relativt enkelt kunna se till att förbrukningen inte överstiger stationens gränsvärden. Problemet är inte primärt tekniskt utan handlar mer om att hitta en marknadsmodell som sammanväger skilda intressen på en avreglerad elmarknad.

För att skapa acceptans hos förbrukaren behöver den vara både begriplig och ekonomiskt tilltalande. Det behöver vara lätt att förstå hur jaget och kollektivet tjänar på att min värmepump drar ner sin förbrukning när grannen behöver ladda bilen. För elhandlaren (och balansansvarige) behövs en modell som inte skapar obalanser i deras positioner. Elhandlare vill inte hamna i en situation där de köpt en mängd el som de räknat med att deras kunder ska förbruka där intressen i det lokala elnätet plötsligt gör att kundernas förbrukning ser helt annorlunda ut. Att titta på elmarknadens konstruktion och behovet av samordning mellan elpris och elnätstariffer, vilket inte ingått i projektet, är en naturlig fortsättning och nästa steg.

## **Publikationslista**

Nilsson, A., Bartusch, C., 2024. Empowered or enchained? Exploring consumer perspectives on Direct Load Control. Energy Policy 192.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114248>

## Referenser, källor

1. AB, Ngenic. 2024. *THERMO-S ARE, världens första digitala fjärrvärmenät - fossilfritt alpint VM2019*. den 29 02. <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2018-001341>.
2. AB, Sustainable Innovation i Sverige. 2024. *VäxEL Växlande EffektregLering*. den 29 02. <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2016-007966>.
3. AB, Sustainable Innovation. 2024. *KLOKEL Slutrapport*. den 29 02. <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2014-004654>.

## Bilagor

- *Bilaga 1 - Effekttariff och optimering*