

# Batterilager och systemtjänster i Svenska kyrkan

Karlstads stift 2021.

Projektledare: Johannes Wikström, Svenska kyrkan

Konsult energimarknad: Lars Skoglund, Ntricity

## Förord

Den här studien är genomförd av Svenska kyrkan i Karlstads stift på uppdrag av taktiska gruppen för klimat och är en del i genomförandet av Svenska kyrkans färdplan för klimatet. Projektledare var Johannes Wikström på Karlstads stift. Det största utredande arbetet har gjorts av Lars Skoglund på Ntricity med stor hjälp av Stefan Amnehagen på Assemblin. I projektgruppen har deltagare från andra stift och församlingar deltagit. Ett stort tack till Tina Westlund Karlstads stift, Katarina Bjerker Säftele pastorat, Björn Melltorp Varbergs församling, Anders Karlsson Värö-Stråvalla församling samt Jan Spånslätt Göteborgs stift

## Sammanfattning

Denna studie undersöker möjligheterna att installera batterier i Svenska kyrkans byggnader för att bidra till en mer hållbar energiproduktion i Sverige.

Initiativet är ett led i Svenska kyrkans "Färdplan för klimatet", en ambitiös åtgärdsplan där målsättningen är att uppnå klimatneutralitet år 2030 och därmed bidra till att minska effekterna av klimatförändringarna. Med totalt 3 500 kyrkor utspridda över hela landet är potentialen stor för Svenska kyrkan att inte bara spara pengar på ökad flexibilitet utan också att bli en ledande aktör i omställningen till en mer hållbar energiförsörjning.

Elförsörjningen i Sverige är mitt i en övergångsfas där nya regelverk och nya kategorier av producenter och konsumenter såsom elbilar, batterifabriker samt sol- och vindkraftverk etablerar sig. Ökade behov av regleringstjänster i "det nya elsystemet" öppnar nya möjliga roller för slutkonsumenterna, som kan leverera olika tjänster såsom frekvensreglerare och spänningsreglerare.

Med batterier installerade, som kan laddas när kyrkorna använder lite el och som sedan kan användas för att skjuta till lagrad energi då kyrkan skall värmas upp, kan den utnyttjade toppeffekten bli påtagligt lägre. En lägre toppeffekt ger lägre nätkostnader eftersom nätavgiften är proportionell mot toppeffekten.

Batterier öppnar också möjligheten att skicka ut energi till elnätet när den förnybara elproduktionen ligger nere p.g.a. moln eller svaga vindar. Dessa "stödtjänster" kan bidra till en ökad stabilitet i elsystemet vilket är en förutsättning för att mer av den volatila, förnybara kraften såsom sol- och vindkraft ska kunna ersätta icke-förnybar produktion. Hur stor den miljönyttan är har inte kunnat exakt besvaras i denna studie men uppskattningar pekar på ett förhållande 1:10, dvs 1 MW reglerkraft möjliggör 10 MW ny vind- eller solkraft.

För att kunna leverera tjänsterna ovan behöver de nuvarande styrsystemen för värme inom Svenska kyrkan kompletteras eller byggas ut. Exempel på ett tillräckligt modernt system finns bl.a. i Säftele pastorat.

Studien visar att Sveriges kyrkor har unikt goda förutsättningar att uppnå både ekonomiska och miljömässiga vinster genom att använda batterilager i förhållande till andra elanvändare. Om vi antar att runt en tredjedel av landets 3 500 kyrkor skulle investera i batterier skulle importen av fossil energi minska med ca 90 ton CO<sub>2</sub> varje år.

Den ekonomiska nyttan av ökad flexibilitet för Svenska kyrkan som helhet har beräknats till runt 75 Mkr årligen, varav 50 Mkr är intäkter och 25 Mkr är minskade kostnader<sup>1</sup>. Det totala investeringsbehovet beräknas till 500 Mkr, och investeringen skulle alltså betala sig själv på 7 år.

---

<sup>1</sup> Beräknat på dagens taxekonstruktion

## Innehåll

Förord.....	0
Sammanfattning .....	2
Begrepp och förkortningar .....	4
Inledning.....	5
Bakgrund: det svenska elsystemet .....	5
Det nya elsystemet .....	6
Svenska Kyrkans utmaning med höga fasta elkostnader .....	8
Kyrkans styrsystem och uppvärmningsförlopp .....	9
Möjligheter utan batterier .....	10
Flexibla värmesystem.....	10
Kyrkans möjligheter med befintliga värmesystem .....	10
Batterilager som effektbuffert.....	11
Kyrkor och batterilager.....	12
Stödtjänster - intro.....	14
Församlingen som aktör på elmarknaden med batterier .....	15
Batterier och miljöaspekter.....	16
Samhällseffekter och miljövinster .....	17
Det svenska elsystemet och ansvaret för balans.....	18
Stödtjänster .....	19
Marknadskrav .....	19
Tekniska förutsättningar .....	20
Framtida utveckling .....	21
Effektabonnemang.....	21
Kommande stödtjänster .....	21
Snabbladdning av fordon .....	21
Fallstudier inom kyrkan.....	22
Gruppering Typkyrkor .....	28
Förslag på fortsättning.....	29
Flexibelt värmesystem.....	29
Batterilager .....	29
Batterilager och fordonsladdning .....	29

## Begrepp och förkortningar

**Aggregator:** En aktör som samlar ihop olika systemresurser och bjuder ut dessa till försäljning till balansansvariga.

**Aktör:** Med uttrycket aktör menas i denna studie en organisation som är aktiv på den svenska elmarknaden i någon av de definierade roller som finns inom den. Exempelvis – balansansvarig, leverantör av balanstjänster, elhandlare, aggregator etc. Även slutkunder inkluderas i detta begrepp.

**Balansansvar:** Balansansvar är ett åtagande som avtalas mellan en aktör och Svenska Kraftnät. Inom ett balansansvar kan en aktör handla på elmarknaden och stödtjänstmarknaden. Samtidigt har aktören ett ansvar att hålla balans mellan köpt/såld kraft i förhållande till konsumtion/produktion. Vid obalans kommer den balansansvarige att bli avräknad och ålagd att betala för denna.

**Effekt:** Det momentana behovet av elektricitet – representeras av enheten watt (W).

**Effekttariff:** En effekttariff är en prissättning av elnätsabonnemanget där den fasta månadsavgiften sätts utifrån den timmen i månaden där elkonsumtionen varit som störst.

**Elhandlare:** Den aktör som säljer elektricitet till slutkunder. Är alltid ansluten till en balansansvarig eller är balansansvarig själv.

**Elområde:** Ett geografiskt område som elnätets uppbyggnad och kapacitet har en definierad kapacitet av den effekt som kan röra sig in och ut ur området. Sverige är sedan november 2011 uppdelat i fyra elområden som benämns utifrån fyra stadsnamn. SE1 – Luleå, SE2 – Sundsvall, SE3 – Stockholm och SE4 - Malmö

**Energi:** Behovet av elektricitet över tid – representeras av enheten watt-timme (Wh).

**Flexibilitet:** Möjlighet att anpassa sitt behov av elektricitet utifrån både ett energi- och effektperspektiv. Flexibiliteten kan erbjudas på olika sätt; det kan vara som en stödtjänst eller som minskad effekt till en nätägare.

**Flexibelt elsystem:** Ett flexibelt elsystem är ett brett begrepp men i denna studie används det för att representera ett elsystem där både producenter och konsumenter är anpassningsbara till rådande omständigheter i systemet. Det innebär också att systemet är byggt för att stimulera och belöna denna typ av agerande genom prissättning och tariffer.

**Frekvens:** I denna rapport avser benämningen systemets växelströmsfrekvens om 50 Hz. Nätfrekvensen är ett mått på systemets balans. En frekvens under 50 Hz innebär för lite produktion i förhållande till konsumtionen. Vid en frekvens över 50 Hz finns det mer produktion än konsumtion.

**Nätägare:** Den aktör som äger ett överföringsnät för elektricitet. Dessa finns på olika nivåer: Nationell – Regional – Lokal.

**Stödtjänster:** Produkter som upphandlas av den systemansvariga aktören Svenska Kraftnät för att tillse att elsystemet upprätthåller frekvensen om 50Hz.

**Säkringsstorlek:** Huvudsäkringens storlek som en anläggning har avgör hur mycket effekt som kan tas ut. En större huvudsäkring medger mer effekt och således en högre kostnad.

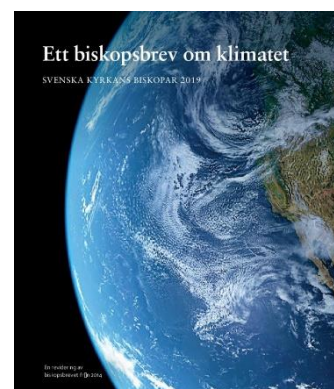
**Säkringstariff:** Till skillnad mot effekttariffen debiteras en säkringstariff med en fast kostnad beroende på hur stor säkringens storlek är.

# Elfleksibilitet hos kyrkor

## Inledning

Svenska kyrkan antog i slutet på 2019 en färdplan för klimatet baserat på det hållbarhetsarbete som initieras genom "Ett biskopsbrev om klimatet".

Det övergripande effektmålet är att Svenska kyrkan ska vara klimatneutral år 2030, det vill säga inte lämna något nettobidrag till den globala uppvärmningen. Målet ska nås genom utsläppsminskningar inom den egna verksamheten, samt andra insatser för omställning nationellt och globalt. Denna studie har utförts som en del i förverkligandet av färdplanen.



Utifrån förutsättningen om elsystemets förändring och kyrkans elbehov, främst kopplat till uppvärmning, syftar detta arbete till att undersöka hur kyrkan kan bli en mer aktiv aktör i det framtida elsystemet och samtidigt bidra till hållbarhet. Det ska tilläggas att det framtida elsystemet inte hör till en avlägsen framtid utan syftar på det som sker i Europa just nu och kommer i en nära framtid att vara det vardagliga. Läs vidare under avsnittet om "det nya elsystemet".

## Bakgrund: det svenska elsystemet

Det svenska elsystemet kan sedan elektrifieringen i början på 1900-talet indelas i ett antal större skeden. Det första var elektrifieringen i sig. Kort därefter påbörjades utbyggnaden av vattenkraften i norr som krävde kraftiga elledningar för att transportera elen söderut där många bodde. Efter andra världskriget sprang samhällets behov av el ifrån vattenkraften vilket ledde till att mängden olja och kol för elproduktion ökade kraftigt under 60- och 70-talet.

De fossila bränslena blev dock inte så långvariga utan ersattes från början på 70-talet av kärnkraften, som byggdes ut ända in på mitten av 80-talet.

På 1990-talet var det marknadens tur att inträda på scenen med både avreglering och uppdelning av statliga Vattenfall på 1990-talet.

I vår nuvarande fas har nya produktionsslag kommit in och det förnybara står i centrum. Vindkraften har gått från en småskalig till en stor industri och utgör nu en betydande del av vår årliga elförsörjning. Sol har inte riktigt fått sitt stora genombrott men står troligen på tröskeln till ett större genomslag, både genom storskaliga lösningar och för mindre aktörer såsom privatpersoner och företag.

Nutida frågor som behöver lösas nu rör i huvudsak



effektproblematik och hur vi ska klara elförsörjningen när nya delar av samhället elektrifieras. Transporter och tung industri såsom stålproduktion och bygget av nya batterifabriker i Norrland kommer att kräva mer el. Den kommande effektproblematiken innefattar också även både behovet av bättre elnät och behovet av kontrollerbar produktionseffekt när kärnkraftreaktorer stängs.

Samtidigt genomgår det svenska, nordiska och europeiska elsystemet en av de största regelförändringarna sedan avregleringen i början på 90-talet.

Regelverk beslutade av EU under 2017-2019 är nu på väg att implementeras på den nordiska elmarknaden. Regelverken syftar till att decentralisera elmarknaden för att få in nya aktörer och öppna upp för fler att vara aktiva på olika sätt i elsystemet. Att vara aktiv kan exempelvis innebära:

- **Att skapa flexibilitet i sin elanvändning – t ex att flytta elanvändning till tidpunkter när det är mer gynnsamt för systemet.**
- **Att möjliggöra flexibilitet i sin elproduktion**
- **Att möjliggöra olika lösningar för sin tillförsel av el – exempelvis installation av ett batterilager i stället för att endast utöka sitt nätabonnemang.**

De nya aktörer som regelverken syftar till att få in på marknaden är bl.a. de som lägger ihop (aggregerar) resurser till elsystemet.

Decentralisering innebär dels att utveckla regelverket för aggregerade resurser så dessa kan delta på samma villkor som större enheter och dels att flytta ansvaret från nationell nivå till elområdesnivå. Målsättningen är att skapa ett robustare system genom att varje område själv tar ansvar för den kapacitet som krävs för att upprätthålla lokal stabilitet.

## Det nya elsystemet

I det nya elsystemet kommer alltså befintliga, traditionella, aktörer med storskalig produktion och stora nätområden att få sällskap av mindre aktörer. De mindre aktörerna kommer att fokusera lokalt och arbeta med resurser som inte ägs av dem själva utan hanteras genom avtal.

Resurserna som de mindre aktörerna arbetar med kommer att ägas av olika intressenter som i många fall inte har elektricitet som sin huvudsyssla. Det kan exempelvis vara en fastighetsägare som genom solceller, elbilsladdare och ett batterilager kan bidra till elsystemet. Vi benämner dessa aktörer för "resursägarna".



Figur 1: Utvecklingen, och framtidens aktörer, i elsystem. Källa Ntricity.

I det framtida elsystemet kommer en betydande del av elektriciteten från intermittent produktion som sol- och vindkraft. Med "intermittent" avses att elektricitetsproduktionen inte är kontrollerbar

utan sker då de yttre faktorerna är rätt d.v.s. då det är soligt eller det blåser. Resultatet vid införandet av denna typ av kraft är att prisvariationerna i elpriset kommer att öka. Det blir lägre lägstapriser och högra högstapriser till följd av den varierande tillgången på el. Denna typ av elsystem ställer höga krav på förmågan att överföra kraft och jämna ut variationer så att det alltid finns tillgång på el.

På användarsidan kommer bl.a. elektrifieringen av transportsektorn att ändra på samhällets konsumtionsmönster för elektricitet. Idag är energibehovet ganska enkelt att prognostisera då förbrukningsmönstret är strikt beroende av utetemperaturen och om det är helg eller vardag. Det är därför enkelt för produktionen att anpassas efter behov. Framför allt vattenkraften är väl anpassad för detta.

***När produktionen nu börjar att variera i större utsträckning samtidigt som förbrukningsmönstret förändras behövs nya mekanismer för att säkerställa att systemet är i balans.***



## Svenska kyrkans utmaning med höga fasta elkostnader

I detta arbete fokuserar vi på möjligheterna hos de stora antal kyrkor som värms upp av direktverkande el. Dessa kyrkor blir i framtidens elsystem känsliga för varierande elpris och stigande nätavgifter.

Som fastighetsägare har kyrkan vissa förutsättningar gällande sin energianvändning. Fastigheter använder energi på flera olika sätt. De största energianvändarna för en fastighet är oftast värme, ventilation och belysning. Ventilation och belysning är nästan alltid system som använder el som energikälla. Värme däremot kan komma från olika källor, som varmvatten i ett fjärrvärmesystem, som bränsle som eldas i en panna eller som elektricitet som värmer direkt eller via någon form av värmepump.

### ***Denna studie undersöker hur alternativa lösningar, som flexibla värmesystem och/eller batterilager kan hjälpa till att minska känsligheten och skapa nya möjligheter.***

En eluppvärmd kyrka utanför stadskärnorna har ett tämligen unikt effektbehov. Generellt är effektuttaget för en kyrka som är under uppvärmning nästan 10 gånger högre än för en kyrka i viloläge. Då förrättningar sker regelbundet men sällan sammanhängande över flera dagar/veckor så är det relativt få timmar varje år där dessa höga effektuttag sker. Dock sker de någon eller några ggr i månaden vilket ger upphov till en **prissättande effekt** på elnätsabonnemangen, därför att priset beror på den högsta effekten som tas ut.

Detta innebär att en kyrka med direktverkande elvärme har goda möjligheter att hålla nere effektbehovet, och därigenom kostnaden, genom att exempelvis använda ett batterilager som effektbuffert och därigenom minska den nödvändiga toppeffekten.

Även om effektbehovet är högt så föreligger det under relativt få timmar. Detta innebär att ett batterilager under övrig tid kan användas till att leverera sk stödtjänster till elsystemet mot betalning.

En stödtjänst beskriven ovan innebär i korthet att kyrkan åtar sig att leverera energi från sina batterilager för att stabilisera elsystemet i stort. Lite som en försäkring.

I kombination ger effektbufferten och möjligheten till leverans av stödtjänster inte bara ett lönsamt affärsupplägg utan bidrar också i hög grad till fortsatt utbyggnad av förnyelsebar energi i samhället i stort i form av vind och sol. Detta eftersom de resurser som stabiliserar nätet ökar. Det ska dock klargöras att den primära avsikten för Svenska kyrkan är inte att vara med och balansera elsystemet med sina resurser – det är en positiv bieffekt.

För vissa kyrkor kan det även vara motiverat att titta på ett **flexibelt värmesystem**, i de fall där man har så många timmar med hög effekt varje år att en möjlighet att stötta nätet skulle vara ekonomiskt försvarbar och har relativt kort återbetalningstid.

Troligen finns få byggnader/anläggningar som har så bra möjligheter till besparingar och intäkter genom flexibla användning och batterilager som just eluppvärmda kyrkor. Detta då uppvärmningstiden är kort och dessutom planerbar. Församlingarna vet några dagar i förväg när en förrättning skall ske, vilket i sin tur leder till att tiden då batterierna är tillgängliga som resurser i elnätet också är planerbar i förväg och kan bjudas ut på marknaden.

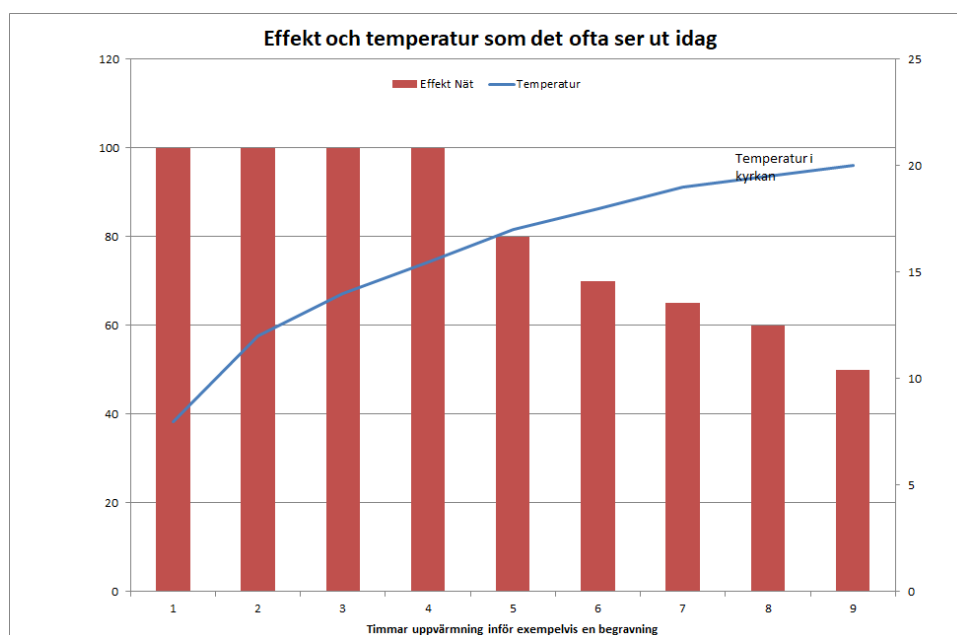
Majoriteten av kyrkorna i Sverige, ca 85%, ligger i de södra elområdena (söder om Dalälven) vilket placerar dem i den delen av landet som har störst behov av mer flexibel kapacitet.

Många kyrkor har idag s.k. "säkringsabonnemang" där den fasta avgiften är fast och inte prissatt utifrån månadens högsta uttag. Trenden är att även dessa inom en snar framtid kommer att omvandlas i nätbolagens taxekonstruktion till effektabonnemang. Därigenom gäller resultatet i studien inom kort alla kyrkor med elvärme även om batterier för dagen är mest intressant för den hälft som redan idag har "effektabonnemang"

### Kyrkans styrsystem och uppvärmningsförlopp

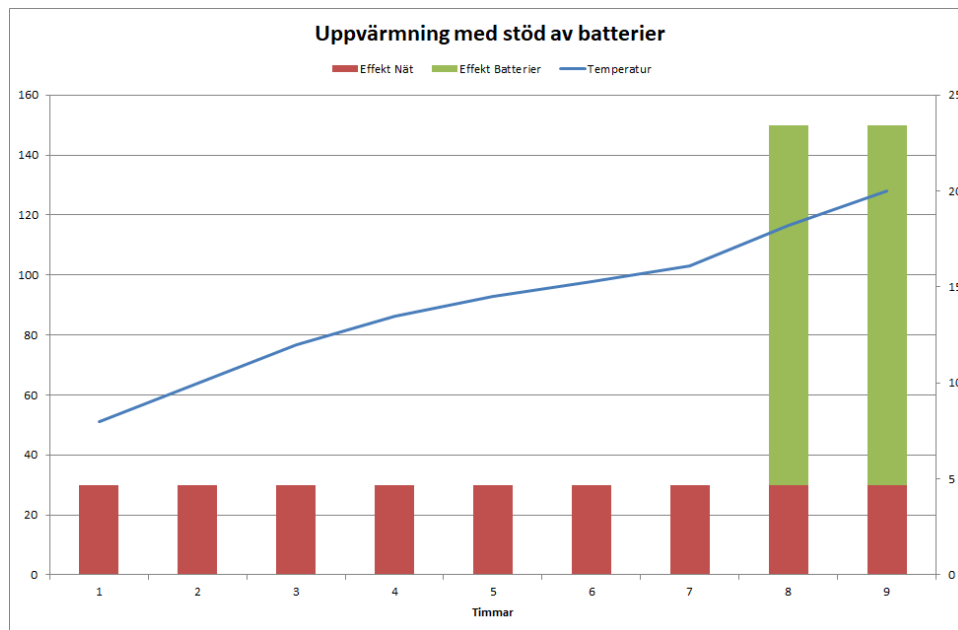
Det finns idag ett fåtal kyrkspecifika reglersystem som styr och planerar uppvärmningen av kyrkorna samt ett antal mer lokala applikationer som bygger på allmänna system. Den stora merparten av systemen är konstruerade i sitt standardutförande såsom traditionell industristyrning, med kontaktdon som antingen slår på eller slår av värmen. En modernare och mer elegant lösning finns sedan några år installerad i Säftele pastorat. Denna använder sig av pulsstyrd reglering vilket medför att värmen regleras steglöst mellan 0 och 100%.

För att optimera uppvärmningen och göra den så billig som möjligt är den steglösa regleringen att föredra. Det är många parametrar som avgör hur man värmer "optimalt" inför en förrättning, exempelvis utetemperatur, temperatur i kyrkan, önskad sluttemperatur, kapacitet i batteriet, aktuellt elpris och pris under uppvärmningstiden, lokal effekttaxa innevarande år, antikvariska hänsyn, relativ fuktighet, aktuellt pris på olika systemtjänster m.fl. Här behövs dock mer forskning för att hitta balansen mellan ekonomiska hänsyn och antikvariska hänsyn. Inledande samtal har förts med Uppsala universitet, campus Gotland om en djupare studie i frågan.



Figur 2: De röda staplarna visar effekten vid en uppvärmning med dagens system. För att hålla nere energianvändningen sätts alla element på samtidigt vilket maximerar den fasta elkostnaden.

För att optimera användningen av installerade batterier bör också dess kapacitet kopplas in i slutet av uppvärmningstiden då behovet av effekt är som störst. De första graderna är ganska lätta att öka och kan åstadkommas med relativt låg effekt. Ju större skillnaden blir mellan luftens temperatur och väggarnas temperatur desto mer effekt krävs. Genom att ha ett styrsystem som kan variera effekten är det lättare att hålla nere kostnaderna för uppvärmningen och utnyttja batterierna på rätt sätt.



Figur 3: Med batterier installerat kan man smyga igång uppvärmningen med låg näteffekt och i slutet av uppvärmningen "boosta" på med batterier. De röda staplarna som är prissättande för den fasta avgiften kan därmed hållas låg.

Det finns en besparingspotential för Svenska kyrkan redan idag genom att anpassa befintliga styrsystem till steglös reglering som fungerar även utan batterier. Som exemplet Säftele visar är det möjligt att sätta effektgränser för olika förhållanden för att undvika onödigt höga effektkostnader. Ett typfall är om det redan är ganska varmt i kyrkan.

Den enskilda församlingen bör därför undersöka om dess befintliga system kan anpassas eller byggas om till steglös reglering samt i vilket fall välja ett liknande system som i Säftele vid utbyte.

## Möjligheter utan batterier

### Flexibla värmesystem

Flexibla värme- och ventilationssystem som stödjer elsystemet är inget nytt. Olika projekt bedrivs runt om i landet utanför kyrkans hägn i olika omfattning, vissa som kommersialiserade tjänster och andra som mer omfattande pilotprojekt.

Två olika, väl framstående, initiativ är Ngenics kommersialiserad lösning som används framför allt i området kring Uppsala. Ngenic har utvecklat en styrning av värmepumpar och använder denna flexibilitet för att avlasta det lokala elnätet. På sikt vill man också kunna leverera stödtjänster men fokus hitintills har varit på avlastning av det lokala elnätet.

Ett annat initiativ som är mer av ett större pilotprojekt är det som Örebrobostäder gör i samarbete med företaget Power2U. Projektet går ut på att styra befintliga resurser som kan drivas flexibelt i fastigheters värme- och ventilationssystem i kombination med nya resurser såsom elbilsaddare (?) och batterilager. Här har fokus legat på att kunna leverera just stödtjänster men att bygga ut lösningen med många olika bakomliggande resurser.

### Kyrkans möjligheter med befintliga värmesystem

Utifrån ett kyrkoperspektiv skulle ett flexibelt värmesystem (se definition sid 2) ha svårt att bidra till det primära målet att sänka effektopparna vid uppvärmning med direktverkande el – för att reducera effektbehovet behöver ett batterilager användas. Värmesystemet kan visserligen styras på

ett sådant sätt att det tillför den energi som behövs över längre tid i stället för att utnyttja en hög effekt. Men detta leder till andra frågeställningar, som exempelvis hur förlusterna ser ut – en längre uppvärmningstid medför även mer tid som värme går förlorad vid uppvärmningen av kyrkan vilket innebär ett ökat behov av energi.

Men det finns ändå möjligheter med ett flexibelt värmesystem på stödtjänstmarknaden även utan batterier.

I praktiken skulle det vara möjligt att vid högt effektbehov tillåta att värmen tillfälligt, under någon minut, reduceras eller slås av om elsystemet i Sverige har det behovet. Tjänsten upphandlas av systemoperatören Svenska Kraftnät som en "försäkring" dvs man blir som leverantör ersatt oavsett om tjänsten utnyttjas/aktiveras eller ej. Baserat på statistik från Svenska Kraftnät så är den totala tiden per år som tjänsten är fullt aktiverad ca 2 sekunder per timme. Även om en kyrka skulle stänga av värmen under uppvärmningsfas i några minuter för att stabilisera elnätet påverkas inte möjligheten till att genomföra de kyrkliga handlingarna.

Genom att komplettera de styrsystem för värmen som finns i många kyrkor idag skulle man relativt enkelt kunna producera denna tjänst. Men lösningen har begränsningar och minskar inte det maximala effektbehovet från elnätet i någon hög grad.

### Batterilager som effektbuffert

Kostnaden för batterier, och framför allt batteriet av tekniken litium-jon, har kraftigt reducerats under 2010-talet. Kostnaden för ett batteri som krävs för att lagra 1 kWh elektricitet har reducerats med 90% pga bättre produktionsmetoder, lägre användning av dyra metaller och bättre batteriteknik. Källa Bloomberg New Energy Finance december 2020.

**Figure 1: Volume-weighted average pack and cell price split**



Source: BloombergNEF

Samtidigt som batterikostnaden har minskat så har kostnaden för elnät ökat. Även om ökningen inte varit lika dramatisk som minskningen på batterisidan så är det uppenbart idag för de flesta konsumenter i det svenska elsystemet att nätet kostar mer än själva elektriciteten. Förenklat kan man säga att det är som att köpa en vara där transporten är dyrare än själva produkten. Detta har bidragit till att bland annat bana väg för solcellsinstallationer och i nästa steg även batterilager.

Ett batterilager av litium-jon typ kostar, beroende på storlek, ca 3500-6000SEK/kWh. Detta inkluderar battericeller i moduler med tillhörande styrsystem samt växelriktare mellan likström (som finns i batteriet) till växelström (som finns i elnätet) samt inneslutning och kylsystem. I den lägre delen av prisintervallet hittar vi stora system, så kallade nätbatterier, och i det högre prisområdet hittar vi mindre lösningar som hembatterier. Priset på battericellerna, som är den största kostnadsposten, har som sagt fallit kraftigt och denna utveckling ser ut att fortsätta. På samma sätt som för solceller så faller priset med ca 20% för varje dubbling av producerad volym. Om detta samband förblir giltigt även under kommande år så kommer de stora produktionsanläggningarna som nu är under uppbyggnad att pressa ner priset väsentligt. Siffror som presenterades i juli 2021 pekar på en reduktion av batteripriset med 20% till 2024 och ytterligare 20% till 2030.

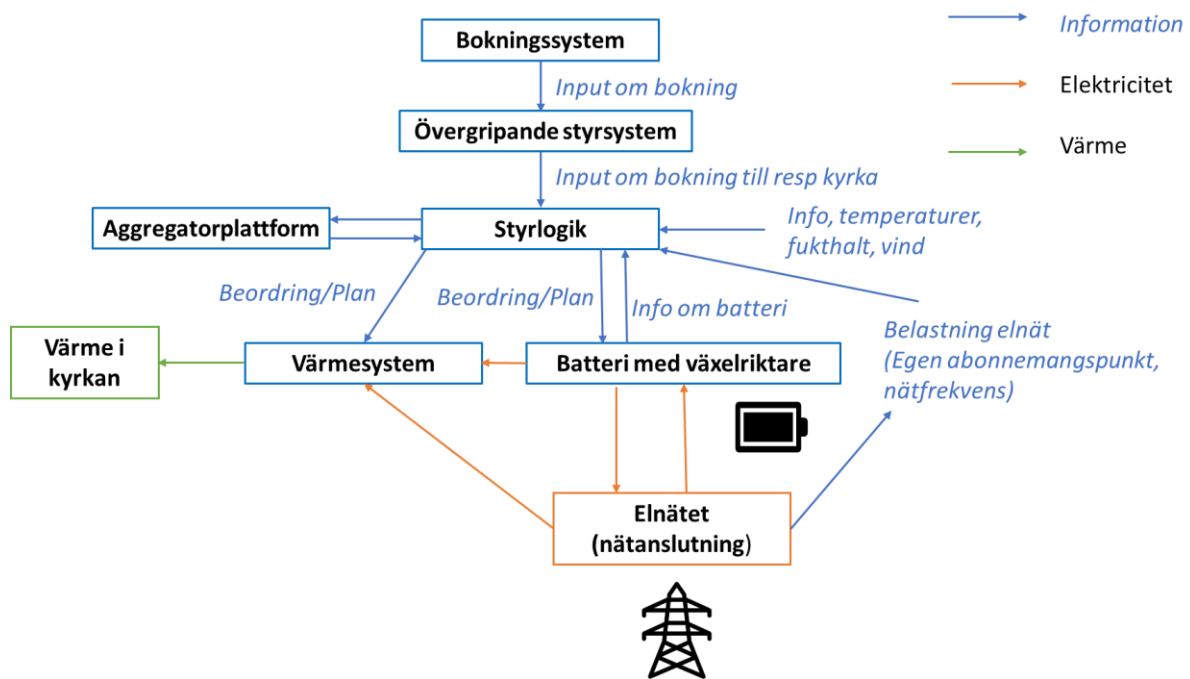
Ett mindre batterilager är idag inte lönsamt för att endast uppfylla ett syfte. Med "syfte" menas i detta sammanhang exempelvis att lagra el producerad i egna solceller dagtid, som man annars säljer till nätet, för att förbruka på natten. Ett annat syfte kan vara att hantera effekttoppar i sin fastighet i stället för att ha ett extra stort nätabonnemang. Om batterilagret däremot blir så pass stort att det kommer över gränsvärdet för en stödtjänst – exempelvis FCR som har en gräns på 100kW – så skulle det räcka för att batteriet skulle kunna återbetala sig självt. För att nå upp till denna gräns med mindre batterier behöver man antingen flera stycken eller att man ansluter sig till en så kallad aggregator som har andra resurser. Då det för mindre batterier inte är lönsamt att bara använda dem till en funktion, exempelvis effektutjämning, så måste man optimera sin batterianvändning utifrån flera syften i kombination.



Figur 4: Batterilager för fastighet. Källa FerroAmp.

### Kyrkor och batterilager

Genom att installera ett mindre batterilager i en kyrka som har elvärme kan effekttoppar reduceras på ett effektivt sätt och därmed sänka kostnaden för elnätsabonnemanget. I tidigare avsnitt omnämndes möjligheten att hålla nere effekten och värma över en längre tid som problematisk då värmeförlusterna även skulle öka. Här används i stället batteri som en buffert genom att man fyller det med elektricitet bakom mätaren när behovet i kyrkan är lågt och använder det för att täcka de toppeffektsbehov som man får vid uppvärmning.



Figur 5: Processbild över värmesystem med batterilager.

Batterilagret bidrar således direkt och på ett enkelt sätt till en lägre nätkostnad. Som en bieffekt till att reducera effekttoppar kommer även en lägre energikostnad, då batteriet fylls på under timmar då elpriset är lågt. Utöver detta kan både batteriet och värmesystemet kunna leverera stödtjänster vid uppvärmning men batteriet kan även stötta nätet övriga timmar vilket ger en sidointäkt.

För en eluppvärmd kyrka skulle således batterilagret kunna bidra på följande sätt:

- Ge lägre effekttoppar vid uppvärmning då batteriet tar de högsta topparna (uppvärmningstiden opåverkad).
- Ge lägre energikostnad då batteriet laddas då elpriset är lågt.
- Stabilisera nätet genom att leverera stödtjänster, vilket ger intäkter.



Figur 6: Batterilager med väderskyddat skal för placering utomhus. Källar Polarium.

Nedan följer en kort introduktion till området stödtjänster och balanseringen av elsystemet, vilket också beskrivs mer djupgående i ett kapitel senare i rapporten

## Stödtjänster - intro

Stödtjänster är de produkter eller tjänster som Svenska Kraftnät upphandlar av olika aktörer för att kunna hålla elsystemet i balans mellan produktion och konsumtion. Syftet med stödtjänsterna ur Svenska Kraftnäts perspektiv är verktyg för att hålla balansen i elsystemet. Ett kvalitetsmått på balansen är systemets frekvens. Stödtjänsterna är mellan olika länder relativt lika men kan ha olika namn och upphandlas på lite olika sätt. I det europeiska regelverk som nu införs sker en harmonisering av dessa förhållanden.

FFR	FCR-N	FCR-D (upp)	FCR-D (ned)	aFRR	mFRR
Snabb frekvensreserv (Fast Frequency Reserve)	Frekvenshållningsreserv -Normaldrift (Frequency Containment Reserve-Normal)	Frekvenshållningsreserv -Störning Uppreglering (Frequency Containment Reserve - Disturbance)	Frekvenshållningsreserv -Störning Nedreglering (downward Frequency Containment Reserve -Disturbance)	automatisk Frekvens- återställningsreserv (automatic Frequency Restoration Reserve)	manuell Frekvens- återställningsreserv (manual Frequency Restoration Reserve)
	Symmetrisk produkt (för upp- och nedreglering)	Avser uppreglering	Avser nedreglering Planeras till 2021/2022		
<b>Minsta budstorlek</b> 0,1 MW	<b>Minsta budstorlek</b> 0,1 MW	<b>Minsta budstorlek</b> 0,1 MW	<b>Minsta budstorlek</b> 0,1 MW	<b>Minsta budstorlek</b> 5 MW	<b>Minsta budstorlek</b> 10 MW (5 MW i SE4)
<b>Aktivering</b> Automatiskt vid frekvensförändringar vid låg nivå av rotationsenergi	<b>Aktivering</b> Automatiskt vid frekvensavvikelse inom 49,90-50,10 Hz	<b>Aktivering</b> Automatisk linjär aktivering i frekvensintervallet 49,9-49,50 Hz	<b>Aktivering</b> Automatisk linjär aktivering i frekvensintervallet 50,1-50,5 Hz	<b>Aktivering</b> Automatiskt via frekvensavvikelse från 50,00 Hz	<b>Aktivering</b> Manuellt på begäran av Svenska kraftnät
<b>Aktiveringstid</b> Tre alternativ för 100 %: - 0,7 sek (vid 49,5 Hz) - 1,0 sek (vid 49,6 Hz) - 1,3 sek (vid 49,7 Hz)	<b>Aktiveringstid</b> 63 % inom 60 sek och 100 % inom 3 min	<b>Aktiveringstid</b> 50 % inom 5 sek och till 100 % inom 30 sek	<b>Aktiveringstid</b> 50 % inom 5 sek och till 100 % inom 30 sek	<b>Aktiveringstid</b> 100 % inom 120 sek	<b>Aktiveringstid</b> 100 % inom 15 min
<b>Volymkrav för Sverige</b> Ca 100 MW	<b>Volymkrav för Sverige</b> Ca 240 MW	<b>Volymkrav för Sverige</b> Upp till ca 580 MW	<b>Volymkrav för Sverige</b> Upp till ca 560 MW	<b>Volymkrav för Sverige</b> Ca 140 MW	<b>Volymkrav för Sverige</b> Inga volymkrav
<b>Uthållighet</b> - Uthållighet: 30 sek alternativt 5 sek - Repeterbarhet: Redo för aktivering inom 15 minuter	<b>Uthållighet</b> - Uthållighet: 1 h	<b>Uthållighet</b> - Uthållighet: Minst 20 min	<b>Uthållighet</b> - Uthållighet: Minst 20 min	<b>Uthållighet</b> - Uthållighet: 1 h	<b>Uthållighet</b> - Uthållighet: 1 h

Figur 7: Översikt stödtjänster. Källa Svenska Kraftnät

## Församlingen som aktör på elmarknaden med batterier

Församlingarna i Svenska kyrkan skall ägna sig åt sin kärnverksamhet. Förvaltningen av kulturarvet möjliggör bruket av kyrkorna, där mycket av verksamheten bedrivs. Vi kan därför lätt konstatera att anpassningen av kyrkornas värmesystem och att leverera systemtjänster är perifera uppgifter i verksamheten. Minskad miljöpåverkan och minskade kostnader är dock viktigt. Till stöd för församlingarna listar vi nedan i korthet några av de steg som man bör gå igenom när man vill använda batterier som resurser i elsystemet och sänka effektkostnaderna

1. Välj ut en kyrka med direktelvärm och effektabonnemang som värms intermittent och relativt sällan, inte oftare än en gång i veckan. Är elabonnemanget gemensamt med flera byggnader kan detta vara ett plus då batterierna möjligtvis kan placeras utanför kyrkobyggnaden.
2. Ta kontakt med en aggregator och be dem analysera energistatistiken från kyrkan för att bestämma lämplig storlek på batterier och eventuella kompletteringar med fler element i kyrkan.
3. Installera ett styrsystem för värmen som har möjlighet till steglös effektregering och kommunikation med batterier och övergripande styrsystem och där kalenderbokning är integrerad med församlingens ordinarie bokningssystem.
4. Ta kontakt med antikvarisk expertis för att göra en kulturhistorisk konsekvensanalys av de installationer som behövs i kyrkan. Gör en ansökan till Länsstyrelsen om förändringen.
5. Avtala med aggregatorn om hanteringen av försäljning av systemtjänster.
6. Kontakta nätägaren och gör en förhandsanmälan för installation av batterier med möjlighet till elleverans ut på nätet.



## Batterier och miljöaspekter

Batterier är inte helt okontroversiella. Batterier består ofta av olika metaller vars utvinning och tillverkning inte är helt problemfri. Metallen kobolt bör särskilt omnämnas i detta sammanhang.

Kobolt används i vissa litiumbatterier, framför allt till batterier som ska användas i fordon, och är en så kallad konfliktmetall. Den finns och utvinns till övervägande del i Demokratiska republiken Kongo där många gruvor drivs under osäkra förhållanden och använder barnarbetare.

Det finns dock andra, mer lämpliga, batterier för stationära lager men vid offertförfrågningar kan batterier med kobolt ibland förekomma.

Batteriindustrin gör stora ansträngningar för att säkra en hållbar utvinning av kobolt men det är i dagsläget svårt att säkerställa koboltens ursprung vid upphandling av batterier med den tekniken.

Det finns dock mer lämplig teknik för stationära batterilager som är helt utan kobolt, nämligen batterier av typen litium-järn-fosfat. Denna typ är även den vanligaste som används i stationära batterilager på marknaden idag.

För kyrkan kan det även vara ett alternativ att titta på second-life batterier dvs bilbatterier som är uttjänta för fordonsbruk men som fungerar för stationära batterilager. Återanvändning är en viktig del i batteriernas kretslopp men livslängden blir då något kortare.

Samtliga batterityper går att återvinna och just återvinning av litium-jon batterier är en industri som växer lika snabbt som själva batteriproduktionen.

## Samhällseffekter och miljövinster

Att införa batterilager, oavsett om det är i kyrkor eller andra fastigheter, ger flera klart påvisbara samhälls- och miljövinster.

Samhällsvinsterna från lokala energilager är på det stora hela främst kopplat till en lokal lösning på ett nationellt problem. Batterilagren är mångsidiga och kan hjälpa till att stötta elnätet med sin effekt för att exempelvis möjliggöra snabbaddning av elbilar. De kan också stötta det lokala elnätet och bidra till installation av fler solcellsanläggningar.

I ett större perspektiv bidrar även batterilager generellt till att öka möjligheten för utbyggnad av förnybar kraftproduktion där elproduktionen inte är planerbar såsom vind- och solkraft.

På miljösidan har detta projekt gjort en enkel uppskattning av kyrkans påverkan på elsystemet i stort när man tar ett eget ansvar för sina effekttoppar. Vid effekttoppar i det svenska elsystemet sker ofta en import från andra länder vilket innebär större utsläpp av koldioxid. Effekttoppar kan även hanteras inom nationen genom bruk av topplastkraftverk som drivs av olja.

I en analys kan vi se att kyrkors toppeffektbehov ibland sammanfaller med övriga samhället. Genom att ta ett eget ansvar genom batterilager kan således behovet av koldioxidintensiv elproduktion minska. Fyra elintensiva kyrkor som har studerats har stått mall för vilken koldioxidreduktion de skulle bidra till under 2020.

Förutsättningen är att låta batterilagren reducera kyrkans belastning på systemet vid importtimmar. Genom att göra detta minskar behovet av import av kraft från kontinenten där elmixen har ett medelutsläpp av 337g CO<sub>2</sub>/kWh. Istället laddar vi på låg effekt med svensk energimix som har ett medelutsläpp av 13g CO<sub>2</sub>/kWh.

Detta skulle ge en medelreduktion av 89kg CO<sub>2</sub>/år per kyrka med batterilager. Tusen kyrkor av samma typ (vilket är en rimlig antalsuppskattning) skulle således bidra till att reducera utsläppen med 89 ton CO<sub>2</sub>/år.

Troligtvis är den största miljövinsten med ökade systemresurser i form av batterier emellertid att totalt sett mer förnybar kraft kan installeras i elsystemet. Den här studien har dock inte kunnat finna någon kvantifiering av denna miljönytta.

## Det svenska elsystemet och ansvaret för balans

Balanseringen av det svenska elsystemet övervakas av Svenska Kraftnät. Om aktörerna på kraftmarknaden illustreras i en hierarkisk pyramid med Svenska Kraftnät på toppen och konsumenter längst ned så finns däremellan generellt två aktörer. Närmast konsumenten finns elhandlaren. Det är med denna som konsumenten har ett elavtal. Det finns ca 200 registrerade elhandlare i Sverige. Mellan elhandlaren och Svenska Kraftnät finns sedan ytterligare en aktör – den balansansvarige. Den balansansvarige tillser att den elektricitet som konsumeras inom dess område upphandlas på elbörsen NordPool. Det finns ca 45 balansansvariga.



Vad gör den balansansvarige?

Den balansansvarige har ett ansvar att vara i balans men behöver egentligen inte hålla balansen för sina kunder. Om man inte är i balans så får man "bara" betala för den obalans man orsakar systemet – man kan i praktiken inte stjäla systemet genom att inte vara i balans. Utan den som sköter balanshållningen för systemet är Svenska Kraftnät men det ekonomiska ansvaret ligger på aktören balansansvarig.

Vad gör Svenska Kraftnät?

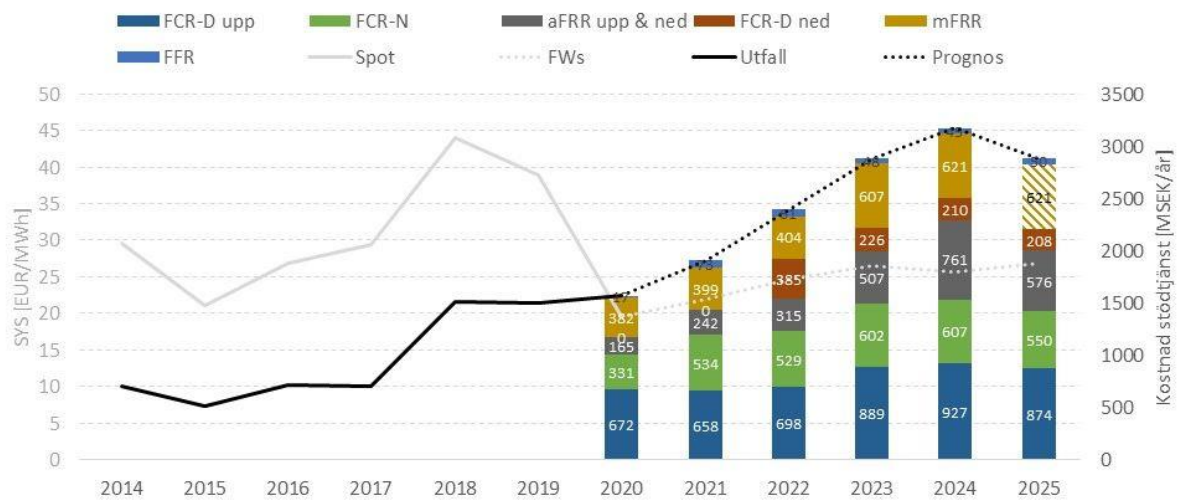
Genom att upphandla olika typer av tjänster från systemets aktörer säkerställer Svenska Kraftnät att elsystemet är i balans. Detta sker med olika tidshorisont. Vissa saker upphandlas på flera år med en framförhållning på något år – exempelvis reservkraftverket i Karlshamn.

Andra tjänster upphandlas säsongvis med ett halvårs framförhållning men de flesta tjänster upphandlas på vecko- eller dagsbasis med någon dags framförhållning. Det finns även tjänster som upphandlas med 15 minuters framförhållning i realtid.

Dessa tjänster är standardiserade och har till uppgift att främst stötta elsystemet i driftläget – dvs just precis i varje sekund – under varje timme. Vissa tjänster är automatiska, dvs Svenska Kraftnät betalar för att leverantören håller en beredskap och skulle elsystemet behöva kraft så ska de resurser som ska leverera tjänsten agera automatiskt. Vi återkommer senare i texten till just denna tjänst och Svenska kyrkans möjligheter att leverera den.

Alla tjänster, förutom de med lång tidshorisont och som upphandlas per säsong, levereras idag främst av vattenkraftverk – vattenkraften står för ca 99% av dessa tjänster.

Redan under de senaste åren har Svenska Kraftnät fått öka sin budget för denna typ av tjänster ordentligt för att kunna säkerställa balanseringen av systemet och det kommer sannolikt att öka ännu mer i framtiden.



Figur 8: Utfall och prognos för kostnaden av stödtjänster 2014-2025. Källa: Svenska Kraftnät - 2021

## Stödtjänster

Stödtjänster är ett område där man som producent eller konsument kan bidra med sin flexibilitet. Ens flexibilitet kan säljas till Svenska Kraftnät att använda som en stödtjänst, men kan även säljas på andra marknader.

För att kunna leverera stödtjänster finns det både marknadsmässiga och tekniska krav som ska uppfyllas.

## Marknadskrav

För att kunna leverera stödtjänster måste man som resursägare idag gå via sin elleverantör som i sin tur måste gå via sin balansansvarig för att komma igång med de marknadsmässiga delarna. I en nära framtid kommer man dock kunna vända sig till speciella aktörer på elmarknaden, så kallade aggregatorer eller leverantörer av balanstjänster, som både kan hjälpa till med förarbete och att vara access till marknaden.

Om man som resursägare idag inte har tillräckligt stor kapacitet i sin anläggning för att leverera stödtjänster på egen hand så måste resursen klumpas ihop med andra liknande resurser – detta kan elleverantören eller aggregatorn hjälpa till med. Har man som resursägare flera mindre resurser kan man klumpa ihop dessa.

Den aktör man väljer för att ta resurserna till marknaden hjälper sedan till med optimeringen och sätter upp en modell för hur resurserna ska användas och skapa värde på bästa sätt.

## Tekniska förutsättningar

Oavsett vilken resurs man har (ett vattenkraftverk, en vindturbin, ett batteri eller ett värmesystem...) så måste resursen godkännas av Svenska Kraftnät för leverans av stödtjänster. Test av resursen kan göras för en enskild enhet; en grupp av enheter kan godkännas tillsammans. Det går även att få en specifik utrustning testad och verifierad för att sedan installera exakt samma utrustning på flera ställen. Det sista används till exempel för laddboxar för bilar som levererar stödtjänster.

De tekniska förutsättningarna finns alltid i sin senaste version att hämta på Svenska Kraftnäts webbplats.

Generellt ska den aktör som man väljer att använda som marknadsaccess kunna hjälpa till med allt gällande det tekniska.

## Framtida utveckling

I detta kapitel ges en övergripande framtidsspaning av några trender som kan förväntas öka den framtida nyttan av batterilager i elnätet.

### Effektabonnemang

För att hantera effektfrågan går fler och fler elnätsbolag över till att prissätta effekten i syfte att ta betalt för den kostnadsdrivande komponenten ”effekt”. Enkelt förklarat så är effekt den el man tar ut momentant – använder man både kaffebryggaren och vattenkokaren hemma samtidigt så använder man en högre effekt än om man först kör den ena och sedan den andra. Det maximala effektbehovet ställer krav på vad ett elnät måste klara rent tekniskt.

Historiskt sett har man betalat för en storlek på säkring – då har man i förväg valt den maximala effekt man ska kunna ta ut och även betalat för den även om det inte utnyttjats. Med ett effektabonnemang så betalar man i stället för den maximala effekt man använder.

Denna typ av abonnemang kan således påverkas av kunden genom att man just väljer att inte köra vattenkokaren och kaffebryggaren samtidigt, utan i stället en i taget. Man kan också lösa det genom att ha ett batterilager bakom sin elmätare som skjuter till effekt när man har som störst behov – exempelvis om man vill ladda elbilen.

Karlstads El- och Stadsnät har exempelvis en effektagift för alla utom de som bor i lägenhet.

### Kommande stödtjänster

I framtiden förväntas fler stödtjänster tillkomma för att hålla balansen och elkvalitén i systemet. Detta antagande baseras på observerade problem som redan idag kan uppkomma i elnät där man introducerar solcellsanläggningar i villaområden. Denna problematik förväntas öka nu när solcellsutbyggnaden på privata fastigheter ökar kraftigt.

Ett annat behov i elnätet är reaktiv effekt. Utan att gå in på djupet vad reaktiv effekt är så ser Svenska Kraftnät just nu över om detta kan vara en tjänst som ska gå från att åligga producenterna till att bli en produkt på marknaden. Anledningen till detta är de europeiska regelverk som beslutades 2017-2019 och harmoniserar elsystemet i Europa.

Batterilager skulle kunna leverera båda dessa tjänster till systemet.

### Snabbladdning av fordon

För att erbjuda snabbladdning kostnadseffektivt så behöver ett komplement till nätanslutningen ofta införas, för att hålla nere abonnemangskostnaden som beskrivs ovan. Batterilager är mycket lämpligt att kombinera med snabbladdning; laddningen kan erbjudas kostnadseffektivt då batteriet under övrig tid kan leverera stödtjänster till elsystemet och således generera fler intäkter. Denna studie har inte gått in på varken den miljömässiga nyttan eller försökt kvantifiera möjliga intäkter för laddning av fordon. Men vi kan kort konstatera att nyttan med batterier vid laddstationer för fordon är mycket stor.

## Fallstudier inom kyrkan

För att få en bild av möjligheterna för Svenska kyrkan att leverera systemtjänster har förbrukningsstatistik för ett antal kyrkor analyserats. Behovet av elektricitet historiskt har använts för en analys av alternativa lösningar, där värmestyrning och/eller batterilager har varit föremål för utredning.

Arbetshypotesen har varit att vi troligen har tre olika typkyrkor där vi kan gruppera in samtliga kyrkor som finns i Sverige.

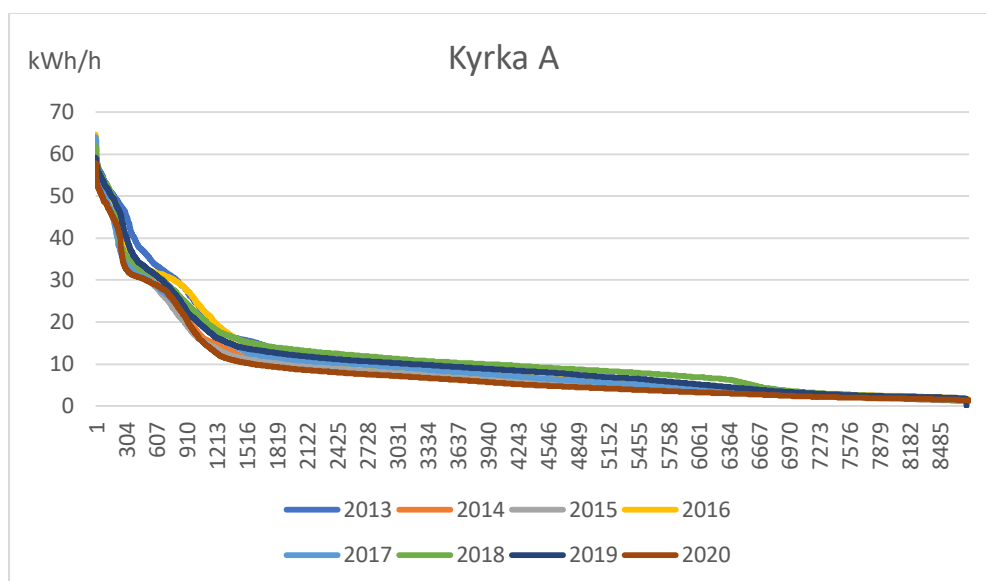
1. Kyrkor som används väldigt sällan och värms upp inför varje förrättning
2. Kyrkor som används mer ofta och/eller har någon annan form av uppvärmning som ger antingen ett lägre effektuttag eller står uppvärmda under vissa perioder.
3. Kyrkor som är uppvärma kontinuerligt och/eller har en annan värmekälla som är dominant och inte elektricitet (exempelvis fjärrvärme).

Som bas för studien har Karlstads stifts anläggningar med effektabonnemang använts. Denna grupp av anläggningar ses som representativa för Svenska kyrkan i stort. Totalt började studien med ca 80 kyrkor. Utifrån deras förbrukningsdata och lokal kännedom sorterades grovt ca 10 objekt ut för en detaljanalyseras. Av dessa valdes slutligen 3-5st ut för att användas som referensobjekt för en än mera detaljerad analys. Genom att analysera förbrukningen på årsbasis och dess frekvensen, dvs. hur många gånger, man har ett visst effektbehov, kan vi avgöra vilken typ av kyrka vi tittar på. Givetvis beaktas kvalitativa data i analysen, exempelvis förekomsten av värmepumpar, fjärrvärme, solceller etc.

### Fallstudie – Kyrka A

Den första kyrkan som analyserats benämns "A". Kyrka A är en eluppvärmd kyrka som används sällan.

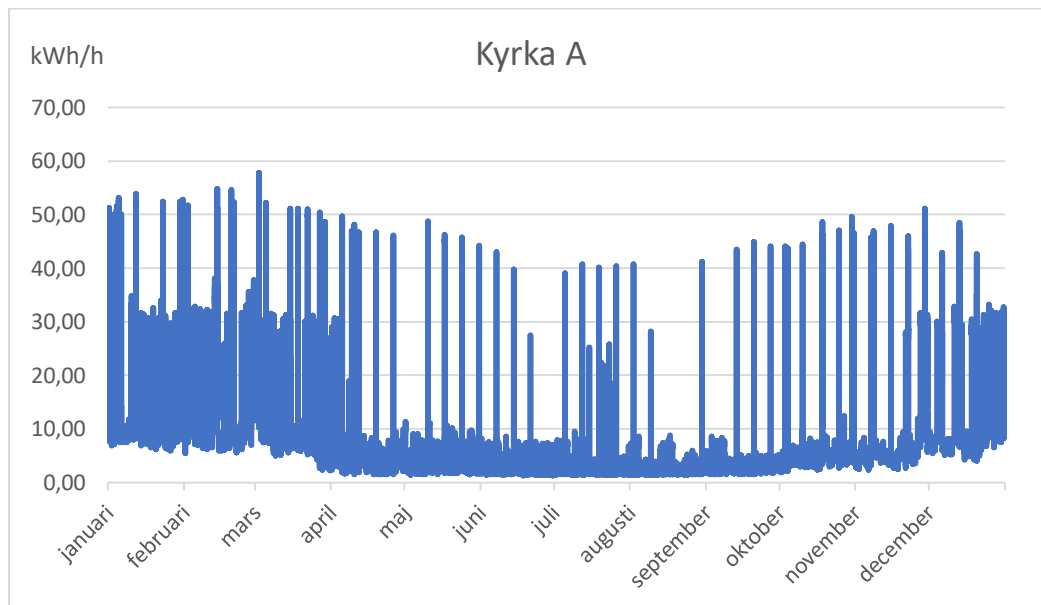
Kyrkan studeras utifrån två perspektiv där eleffekt är den gemensamma nämnaren. Vi startar med att undersöka hur behovet av elektrisk effekt ser ut i ett varaktighetsdiagram.



Figur 9: Varaktighetsdiagram för Kyrka A.

I varaktighetsdiagrammet kan vi se att kyrka A har en flack kurva, dvs. årets flesta timmar har en låg effekt – ca 90% av året. Resterande 10% ligger längst till vänster i diagrammet och har högre effektnivåer. Vi kan se en tydlig knäck på kurvan där den låga nivån brant börjar stiga mot högre effekter.

Detta är i praktiken inget problem om timmarna ligger relativt samlat under året. Så är dock inte fallet som vi kan se nedan i figuren som visar effektfördelningen över ett representativt år.



Figur 10: Årlig effektfördelning Kyrka A.

De frekvent återkommande effekttopparna kommer att konstant prissätta nätabonnemanget och driva upp kostnaden för detta.

Kyrka A skulle kunna ansättas med ett batteri om 80kWh och en abonnemangsbegränsning om 30kW.

Detta skulle ge:

#### Med batteri

Möjlig intäkt FCR-N	15 696 kr
Möjlig intäkt FCR-D	36 598 kr
Besparing abonnemang	17 901 kr
Lastförflyttning	20 000 kr

Se figur 7 för tjänstetyperna FCR-N etc

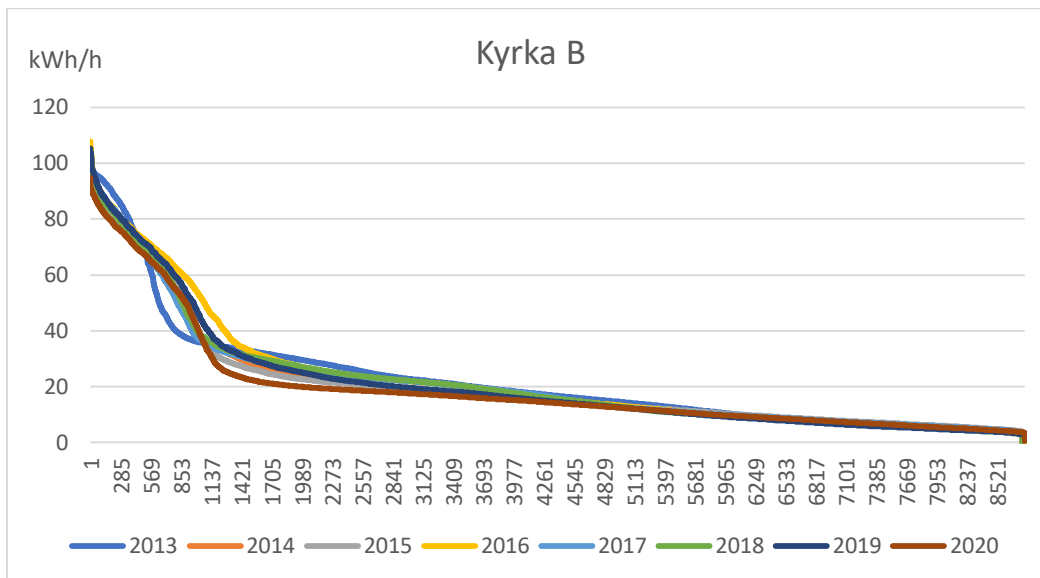
Med en batteriinvestering om 6000kr/kWh kostar batteriet 480000kr men återbetalar sig på ca 6år.

Om vi bara ansätter ett flexibelt värmesystem skulle det innebära en intäkt på ca 3500kr/år – investeringskostnaden för ett flexibelt värmesystem är inte helt klarlagd men ligger troligen i spannet 10 000-20 000kr.

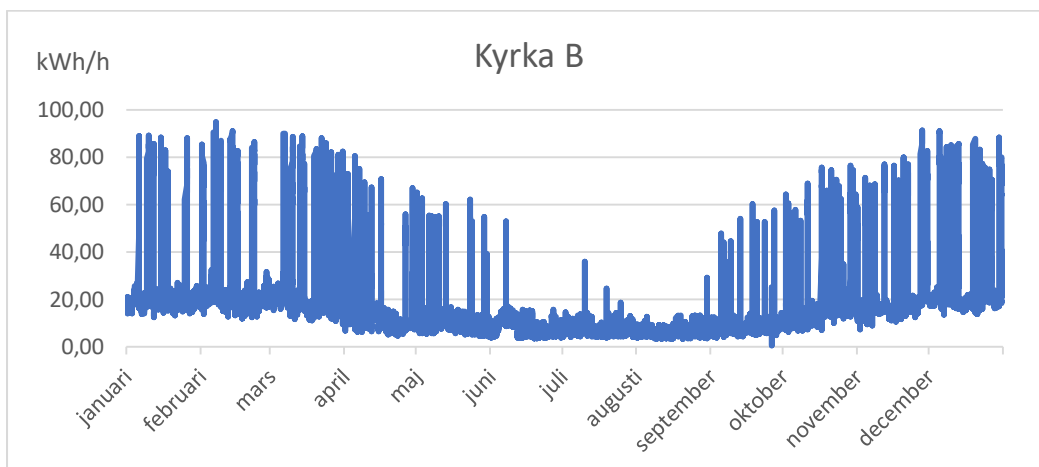
## Fallstudie – Kyrka B



Kyrka B är även den en sällananvänd kyrka med elvärme. Profilen i varaktighetsdiagrammet är lik Kyrka A och vi kan även se att den årliga effektfördelningen skapar stora kostnader för nätabonnemanget.



Figur 11: Varaktighetsdiagram för Kyrka B.



Figur 12: Årlig effektfördelning Kyrka A.

Kyrka B skulle kunna ansättas med ett batteri om 100 kWh och en abonnemangsbegränsning om 50kW.

Detta skulle ge:

#### Med batteri

Möjlig intäkt FCR-N	25 204 kr
Möjlig intäkt FCR-D	39 410 kr
Besparing abonnemang	23 364 kr
Lastförflyttning	44 200 kr

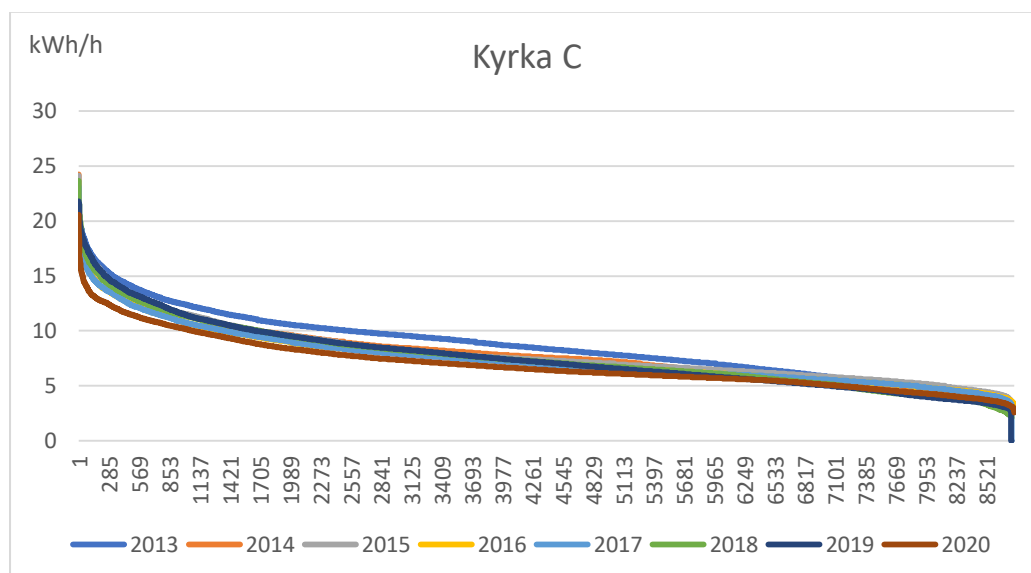
Med en batteriinvestering om 6 000kr/kWh kostar batteriet 600 000 kr men återbetalar sig på ca 5 år.

Om vi bara ansätter ett flexibelt värmesystem skulle det innebära en intäkt på ca 8 500 kr/år – investeringskostnaden för ett flexibelt värmesystem är inte helt klarlagd med ligger troligen i spannet 10 000-20 000kr.

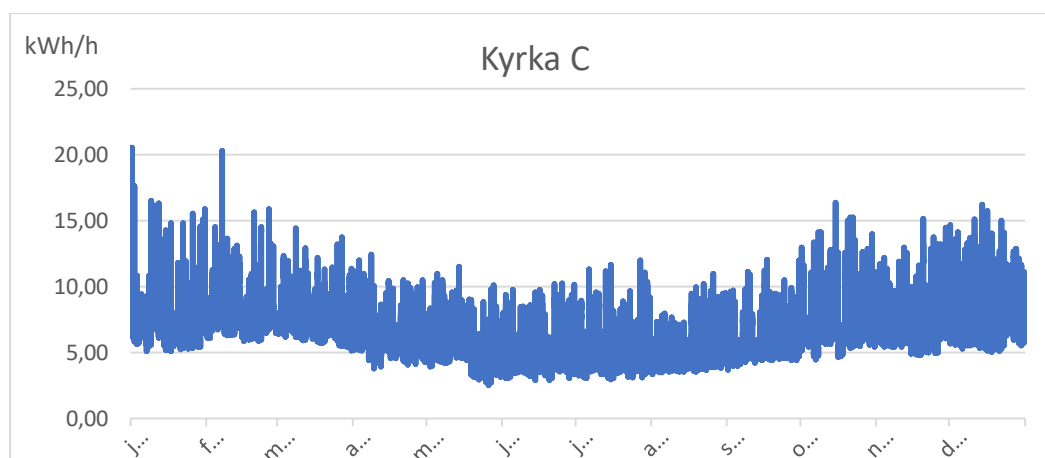
## Fallstudie – Kyrka C

Kyrka C är en kyrka som är använd ofta och har en annan primär värmekälla – i detta fall fjärrvärme.

Effektbehovet i kWh/h är jämt fördelat och beror till största delen på utetemperaturen där kallare väder ger högre effekt. I detta fall kan även andra faktorer såsom ventilation och belysning ha genomslag i effektfördelningen.



Figur 13: Varaktighetsdiagram för Kyrka C.



Figur 14: Årlig effektfördelning Kyrka C.

Kyrka C har ett varaktighetsdiagram och en effektfördelning som liknar de flesta byggnaders. Utifrån perspektiven med flexibel effektanvändning eller effektbuffert finns det inte så mycket att kommentera. Däremot kan andra aspekter öppna upp för ett batterilager – exempelvis kan det i framtiden komma solceller eller elbilsladdning. Elbilsladdning blir intressant just i fallet med en frekvent använd kyrka som kommer att ha besökare och personal som ofta besöker den. Detta ställer krav på fordonsladdning och då kan en effektbuffert i form av ett batteri bli aktuellt.

Kyrka C får dock anses olämplig för batteriansättning, då nyttan som det kunde generera bakom mätaren skulle vara minimal och dess största fördel skulle bli inkomsten från systemtjänster. För att illustrera detta ansätts ett batteri om 60 kWh och en abonnemangsbegränsning om 15 kW.

Detta skulle ge:

### Med batteri

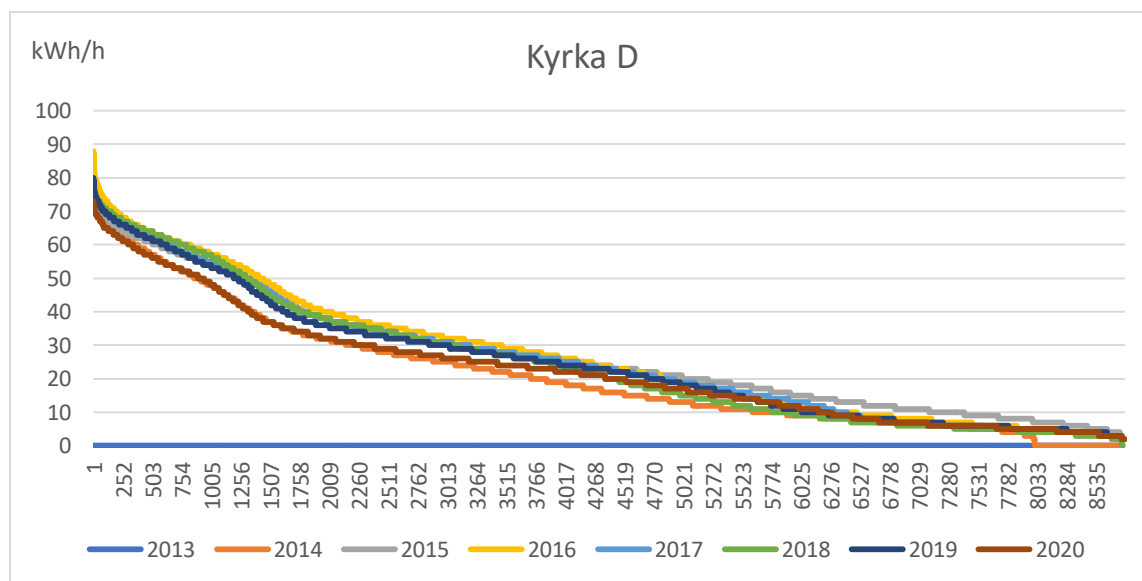
Möjlig intäkt FCR-N	2 994 kr
Möjlig intäkt FCR-D	35 118 kr
Besparing abonnemang	1 085 kr
Lastförflyttning	1 140 kr

Med en batteriinvestering om 6 000kr/kWh kostar batteriet 360 000 kr men återbetalar sig på ca 9 år.

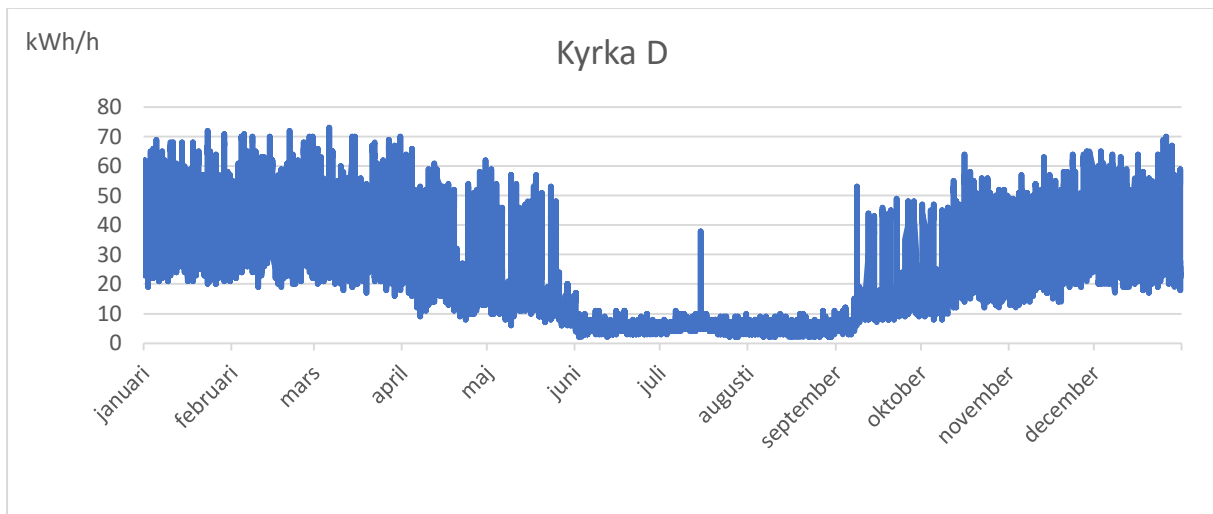
Nyttan av ett flexibelt värmesystem är troligen ännu mer begränsad då den elektriska effekten troligen främst går till andra saker än värme.

## Fallstudie – Kyrka D

Den sista kyrkan vi analyserar får benämningen D. Kyrka D är uppvärmd och används frekvent – men är uppvärmd med direktverkande el. Detta ger ett relativt jämt varaktighetsdiagram men ändå med en knäck på kurvan där effekten ökar klart.



Figur 15: Varaktighetsdiagram för Kyrka D.



Figur 16: Årlig effektfördelning Kyrka D.

Vid närmare analys av effektfördelningen så kan vi se att ett batterilager skulle behöva vara relativt stort för att kunna reducera nätkostnaden samtidigt som antalet timmar som vi kan leverera systemtjänster till elsystemet är begränsat (?). Detta utesluter dock inte att ett batterilager kan vara motiverat, men effekten som batteriet skall klara att hantera behöver troligen begränsas för att inte batteriet ska bli för kostsamt.

Däremot skulle kyrka D ha en stor fördel av att installera ett flexibelt värmesystem med många timmar med hög effekt.

Om vi bara ansätter ett flexibelt värmesystem skulle det innebära en intäkt över ca 10 000 kr/år – investeringskostnaden för ett flexibelt värmesystem är inte helt klarlagd med ligger troligen i spannet 10 000-20 000kr.

## Gruppering Typkyrkor

Kyrkorna vi har detaljstuderat grupperas i tre olika typer. Den typ en kyrka kategoriseras som kan ge en snabb indikation på vilka åtgärder som är intressanta att vidta.

1. Kyrkor som används väldigt sällan och värms upp inför varje förrättning
2. Kyrkor som används mer ofta och/eller har någon annan form av uppvärmning som ger antingen ett lägre effektuttag eller står uppvärmda under vissa perioder.
3. Kyrkor som är uppvärma kontinuerligt och/eller har en annan värmekälla som är dominant och inte elektricitet (exempelvis fjärrvärme)

Kyrkorna A och B anses falla i typ 1 och kan identifieras på den skarpa skillnaden i varaktighetsdiagrammen mellan låg/hög effekt.

Kyrka C placeras i typ 3 och har en jämn varaktighetskurva där vi vet att den primära uppvärmningen sker med fjärrvärme. Denna typ av kyrkor har en bra förbrukning sett ur ett perspektiv där vi fokuserar på hållbar användning av elektrisk effekt.

Kyrka D går under typ 2. Typ 2 kyrkor kan se olika ut och i detta fall grupperas den utifrån vetskapen om att det är direktverkande el som är den primära värmekällan och att vi kan se en skarp knäck på kurvan upp mot väldigt höga effekter.

Det skall avslutningsvis nämnas att det troligen finns en profil till som är förekommande och kan placeras i typ 2 och det är kyrkor som används oftare än de i typ 1 men mer sällan än exemplet kyrka D.

## Förslag på fortsättning

För att göra projektet mer konkret rekommenderar vi att det utökas. Samtidigt med de utökade fallstudierna bör även ett arbete genomföras för att skapa en mer detaljerad kostnadsbild över den teknik som krävs i de två fallen (flexibelt värmesystem och batterilager). Utifrån denna kan vi sedan skapa en helhetsbild av möjligheterna för kyrkan och föreslå möjliga pilotprojekt i slutet på 2021.

### Flexibelt värmesystem

En demonstration av ett flexibelt värmesystem skulle kunna genomföras vid någon av Säfte pastorats kyrkor. Kyrkorna i Säfte pastorat har ett uppdaterat värmesystem där utrustningen för flexibel styrning skulle kunna adderas till lägsta kostnad.

Ett sådant demoprojekt skulle även kunna undersöka om äldre värmesystem från andra leverantörer skulle kunna ge den flexibla styrningen, direkt eller med modifikationer och i så fall vilka.

### Batterilager

Utifrån det underlag och de förutsättningar som finns skulle en eller två kyrkor kunna undersökas och analyseras för att utgöra demonstrationsanläggningar. Störst utbyte skulle troligen komma från att titta på en effektkrävande kyrka, som de typ 1 kyrkor vi studerat, samt en kyrka eller kyrkobyggnad som har solceller.

### Batterilager och fordonsladdning

Ett spår att utforska i det ovanstående pilotprojektet kan vara huruvida snabbbladdning av fordon kan erbjudas genom batterilager. En kyrka på landsbygden som har batterilager skulle kunna erbjuda möjligheten att snabbbladda bilar utan att en kraftig nätanslutning måste till. Det geografiska läget bör då vara utmed någon av huvudvägarna i landet.