

Effektåtgärder

Kunskapsunderlag för industri
och fastighetsbolag



Denna vägledning har tagits fram av CIT Renergy på uppdrag av Energimyndigheten. Energimyndighetens publikationer kan laddas ner eller beställas via energimyndigheten.se.

Statens energimyndighet, maj 2023

ET 2023:07

ISSN 1404-3343

ISBN (pdf) 978-91-7993-124-7

Grafisk form: Blomquist Communication, blomquist.se

Foto: Blomquist sid 20. Getty sid 30, 37, 39, 40.

Holmen sid 34. Mostphotos sid 1, 7, 14, 41, 42.

Pexels sid 4, 6, 15, 16. Unsplash sid 21, 22.



Innehåll

Sammanfattning	5
1. Effektfrågan	7
1.1 Problemställning	7
1.1.1 Produktion	8
1.1.2 Distribution	8
1.1.3 Konsumtion	9
1.2 Konsekvenser och åtgärder	10
2. Avtal och marknader	15
2.1 Elavtal	15
2.1.1 Elhandelsavtal	15
2.1.2 Elnätsavtal	17
2.2 Flexibilitetsmarknader	18
2.2.1 Balansmarknader	19
2.2.2 Lokala flexibilitetsmarknader (nätkapacitetsmarknader)	19
3. Åtgärder för efterfrågefleksibilitet och effektreduktion	22
3.1 Åtgärder för effektreduktion	23
3.1.1 Effektkartläggning	23
3.1.2 Energieffektivisering	24
3.1.3 Laststyrning för effektreduktion	26
3.1.4 Lagerkapacitet (materiallager)	27
3.1.5 Egenproduktion	28
3.1.6 Andra energibärare	29
3.1.7 Energilager	29
3.2 Åtgärder för efterfrågefleksibilitet	33
3.2.1 Styrning av flexibla laster	33
3.2.2 Lagerkapacitet (materiallager)	33
3.2.3 Deltagande på FCR-marknaden	35
3.2.4 Energilager	38
3.2.5 Flera energibärare	40



Sammanfattning

I takt med en ökad elektrifiering av samhället och industrin visar prognoser och scenarier på att behovet av elektrisk effekt kommer öka betydligt framöver, samtidigt som situationen redan idag är ansträngd i delar av landet. Detta i kombination med det faktum att väderberoende produktionsslag – framför allt vindkraft – förväntas stå för en stor del av energi- och effekttillskottet gör att balanseringen mellan tillförd och uttagen effekt ("effektbalansen") blir mer komplex.

Utöver utökad nationell elproduktion och förstärkningar av elnätet, som är en nödvändig åtgärd, kommer åtgärder på användarsidan bli viktiga i den energiomställning som pågår. De kan bidra till att lösa effektbalansen på ett resurseffektivt och hållbart sätt, samtidigt som de ger användarna möjlighet att utnyttja variationer i elpriset. Dessa förändringar benämns i denna vägledning "effektåtgärder" och omfattar åtgärder dels för att minska en verksamhets högsta effektuttag ("effektreduktion"), dels för att anpassa en verksamhets effektuttag efter yttre signaler ("efterfrågefleksibilitet"). Att fokusera specifikt på effektuttaget är nytt för många företag, men de flesta företag med stor energianvändning jobbar redan strukturerat med energieffektivisering, vilket är ett utmärkt sätt att minska effektuttaget – även om det inte bidrar till efterfrågefleksibilitet.

Denna vägledning utgör ett kunskapsunderlag kring effektåtgärder för elkonsumenter, med fokus på industri- och fastighetsföretag. Tyngdpunkten ligger på en beskrivning av möjliga effektåtgärder, som sträcker sig från energieffektivisering och enklare förändringar i schemaläggning och befintliga styrsystem, till mer komplexa åtgärder, exempelvis energilager, som kan kräva betydande investeringar. Framställningen kombineras med goda exempel från industri- och fastighetsbolag som genomfört åtgärder.

De tekniska och ekonomiska förutsättningarna för att genomföra åtgärder skiljer sig kraftigt åt mellan företag och verksamheter. En vägledning kan därför aldrig ge tillräckligt detaljerade uppgifter för att fungera som beslutsunderlag. Framställningen syftar därför främst till att ge en första överblick över vilka åtgärder som är möjliga, vilket kan ge uppslag och inspiration för företagets vidare arbete med frågan.

Utöver en genomgång av möjliga effektåtgärder omfattar vägledningen en sammanställning av relevanta tekniska, ekonomiska och administrativa samband på el-, balans-, och flexibilitetsmarknader.





Effektfrågan

Effektfrågan handlar om att elsystemet i varje given tidpunkt behöver kunna leverera exakt den mängd el som efterfrågas. I det här kapitlet resonerar vi kring den utmaningen och hur den kan lösas på ett ekonomiskt och miljömässigt effektivt sätt.

1.1 Problemställning

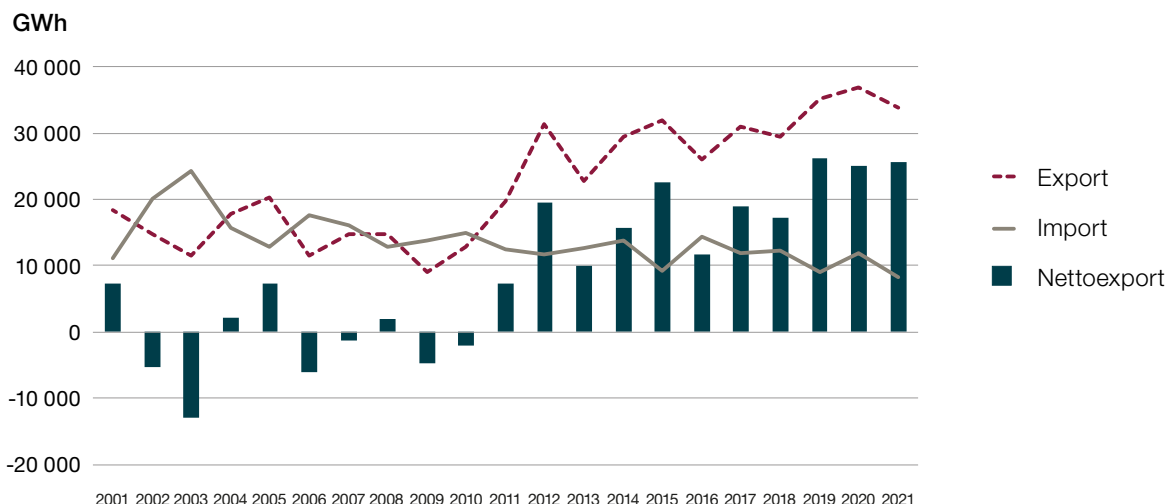
I diskussionen kring Sveriges elförsörjning läggs ofta stort fokus på frågan hur mycket elenergi som produceras och konsumeras under en längre tidsperiod, till exempel ett år. Detta synsätt ger dock ingen fullständig bild då systemet vid varje given tidpunkt måste kunna leverera den mängd el som efterfrågas av konsumenterna, samt – omvänt – hitta avsättning för all den el som produceras. I denna text handlar effektfrågan om just det problemet och hur det kan lösas på ett miljömässigt och ekonomiskt effektivt sätt. Effektfrågan är komplex, och omfattar områdena produktion, distribution och konsumtion av el. Frågan har de senaste åren aktualiserats på grund av förväntade och faktiska förändringar inom samtliga tre områden.

1.1.1 Produktion

På produktionssidan har de senaste åren inneburit en kraftig ökning av väderberoende elproduktion (i synnerhet vindkraft), efter att Sveriges elproduktion under lång tid har dominerats av vattenkraft och kärnkraft. Detta har lett till att Sverige idag är nettoexportör av el på årsbasis (och har även minskat antalet nettoimporttimmar per år drastiskt).

De flesta scenarier^{1,2,3} för Sveriges framtida elproduktion visar på en fortsatt kraftig expansion av land- och havsbaserad vindkraft som utgör en allt större del av den svenska elproduktionen, vanligen på bekostnad av kärnkraften. Scenariobilden kan komma att ändras till följd av en ändrad syn på kärnkraft, även om potentiella nya kärnkraftverk troligen inte kommer att leverera el på minst 10–15 år baserat på tillstånds- och byggtider som observerats i jämförbara länder.

Även den lokala planerbara produktionen i form av kraftvärme är under press och kan komma att minska framöver.



Figur 1. Elimport- och export samt nettoexport per år.

1.1.2 Distribution

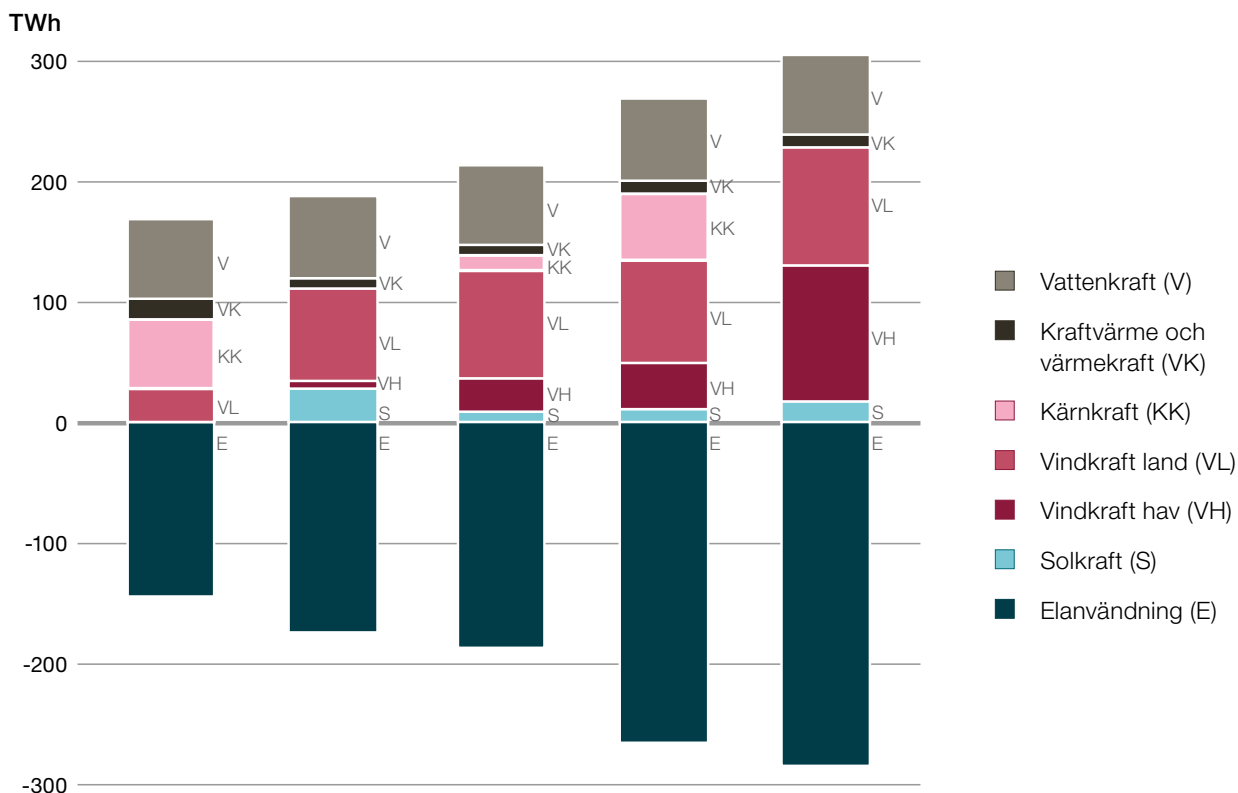
På senare år har överföringskapaciteten i elnätet inte alltid kunnat hålla jämna steg med lokala öknings av elbehovet, främst i storstadsområden. Detta har bland annat stoppat industrietableringar eftersom det projekterade elbehovet inte kunnat tillgodoses. Nätkapacitetsbrist kan således begränsa effektförsörjning till delar av landet, även om den totala nationella produktionen är tillräcklig för att möta efterfrågan.

- 1 Svenska kraftnät (2021), "Långsiktig marknadsanalys 2021".
Tillgänglig: www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf
- 2 NEPP (2020), "Insikter och vägval i energiomställningen".
Tillgänglig: www.nepp.se/pdf/Insikter_och_vagval.pdf
- 3 Energimarknadsinspektionen (2020), "Kapacitetsutmaningen i elnäten". Ei R2020:06.

1.1.3 Konsumtion

Efterfrågan på el förväntas öka kraftigt de kommande 25 åren efter att under lång tid ha varit nästan oförändrad.

Det finns en stor osäkerhet i bedömningarna av hur mycket elanvändningen kommer att öka. I Energimyndighetens rapport Långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem ser vi att elbehovet kommer öka kraftigt. Det kan handla om en ökning från 228 TWh upp till 349 TWh till år 2050 från dagens 134 TWh.⁴ Satsningar på elektrifiering av industri och transporter ses som de viktigaste drivkrafterna till ökad elanvändning, medan energieffektivisering bidrar till att minska ökningen.



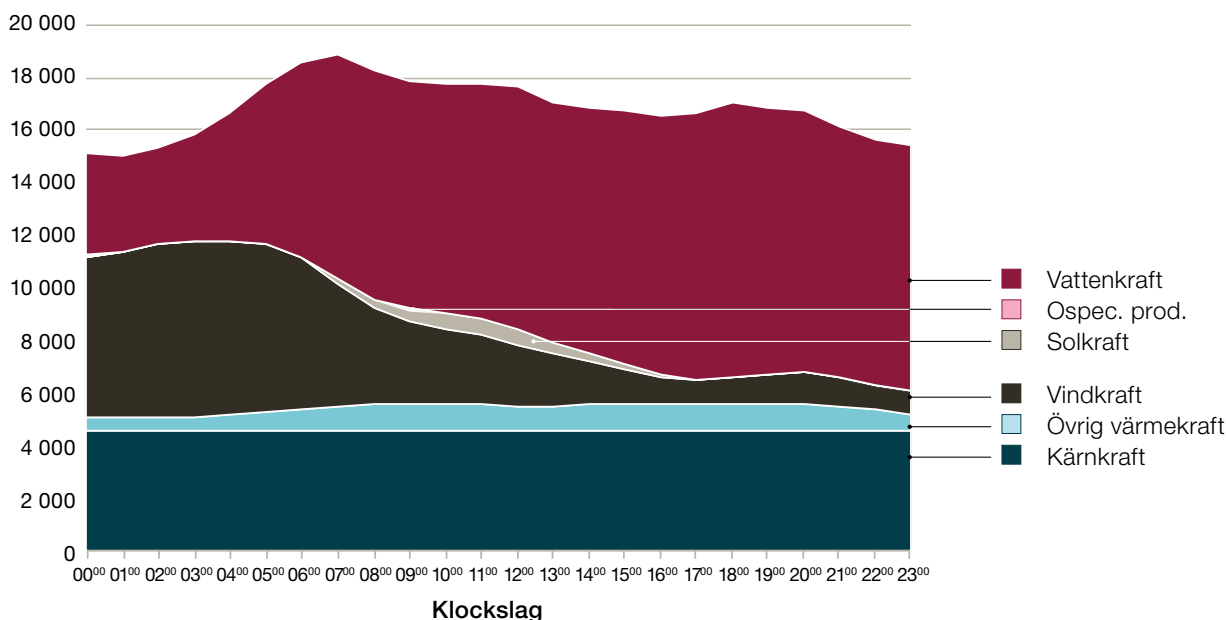
Figur 2. Utveckling av Sveriges elanvändning och elproduktion till 2045 i fyra olika scenarier framtagna av Svenska kraftnät år 2021. Scenarierna skiljer sig framför allt beträffande hur stor elektrifieringen väntas bli samt vilken roll kärnkraft och havsbaserad vindkraft väntas spela.

4 Energimyndigheten (2023) "Scenarier över Sveriges energisystem 2023"
<https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=213739>

1.2 Konsekvenser och åtgärder

Historiskt har efterfrågan på el varierat enligt ett förutsägbart mönster, och den planerbara elproduktionen justerats för att möta ändringar i efterfrågan (huvudsakligen med hjälp av vattenkraft). Balanseringen mellan produktion och efterfrågan ("effektbalansen") har alltså hanterats av produktionssidan. I ett system med mer vind- och solkraft kombineras variationen i efterfrågan med stora och svårprognostiserade variationer i väderberoende produktion, vilket ställer ökade krav på den planerbara produktionen och elnätets överföringskapacitet. Sådana tendenser syns redan i det svenska elsystemet, där vattenkraften i allt större utsträckning används för att balansera fluktuerande produktion från vind- och solkraft.

Produktion [mw] under dygnet 2022 09 22



Figur 3. Produktion av olika kraftslag en höstdag 2022. Timmarna med högst och lägst vindkraftsproduktion skiljer sig med en faktor på nästan 8, vattenkraften kompenserar detta och trefaldigar sin produktion under dygnet.

Utmaningarna kring effektbalansen kan komma att förstärkas ytterligare av att den totala elanvändningen förväntas öka kraftigt, samtidigt som elnätets överföringskapacitet redan är ansträngd i delar av landet och vattenkraftens regleringsförmåga sannolikt inte kommer öka framöver.

Utöver utbyggd planerbar flexibel kraft samt nätutbyggnad – som inte belyses i denna vägledning – kan en större grad av *efterfrågefleksibilitet* vara ett verktyg för att lösa effektbalansen. Efterfrågefleksibilitet innebär att elkonsumenterna frivilligt anpassar sin elanvändning till följd av något incitament – ofta ekonomiskt. Detta kan göras både för att motverka tillfällig nätkapacitetsbrist och för att hantera variationer i produktionen.

Nätkapacitetsbrist innebär att elnätet inte alltid kan distribuera den effekt som efterfrågas av slutkunderna även om elproduktionen är tillräcklig. Viktigt att förstå är att effektuttaget för såväl enskilda användare som för elsystemet som helhet varierar över både dygnet och året. Begränsad nätkapacitet innebär alltså inte att överföringskapaciteten *alltid* är ansträngd, utan att situationen är ansträngd vid de tillfällen då

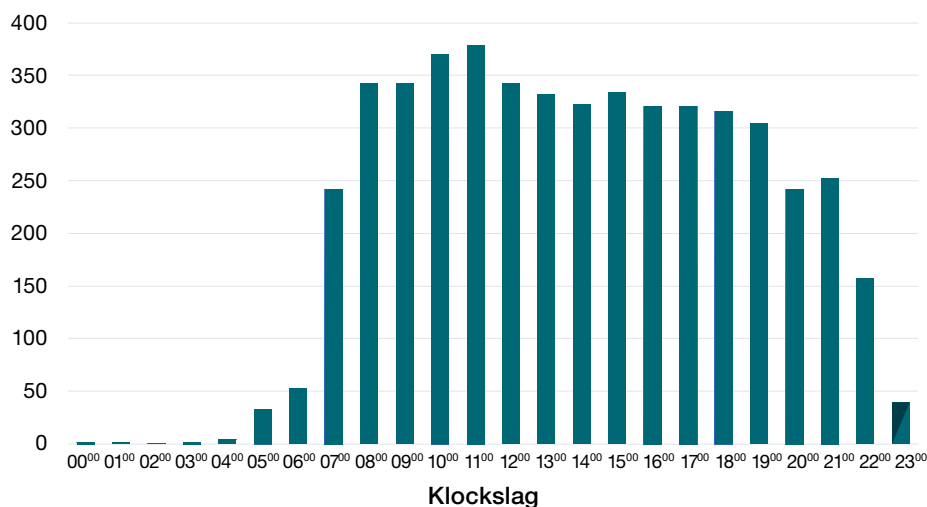
elanvändningen är som högst. Det kan räcka att elanvändningen minskas under korta perioder för att avhjälpa bristsituationen. En elkonsument som kan bidra med att tillfälligt sänka sin elanvändning kan då vara till nytta för elsystemet och bör få ersättning för sin flexibilitet. Därför pågår ett antal försök med så kallade flexibilitetsmarknader där elkonsumenter kan sälja sin flexibilitet till nätägare (det vill säga erbjuda sig att mot ersättning vara beredd att minska sin elanvändning vid ansträngda situationer). Se även [avsnitt 2.2.2](#).

Variationer i den ej planerbara elproduktionen kan leda till problem att balansera tillgång och efterfrågan i elsystemet både på kort sikt (sekundbråkdelar till minuter) och på lång sikt (timmar till dygn). Detta kan leda till störningar, kraftiga prisvariationer eller i värsta fall till att elkonsumenter måste kopplas bort från systemet. Flexibla elkonsumenter kan även här bidra till balansering genom att öka, minska eller flytta sin elanvändning beroende på aktuell elproduktion.

Långsiktiga variationer (timmar till dygn) i ej planerbar produktion återspeglas redan idag tydligt genom variationer i det timvisa elpriset på elbörsen, något som troligen kommer bli ännu tydligare i framtiden. Prisvariationerna har under 2022 stigit till extrema värden under enskilda dagar, se figur nedan.

Effektreduktion
bidrar till att
avhjälpa lokal
nät kapacitetsbrist.

Elpris [öre/kWh]



Figur 4. Elpris exklusive moms och avgifter över ett dygn i prisområde SE3, 17/8/2022. Det högsta priset (379,22 öre, kl 11.00–12.00) är över 400 gånger högre än det lägsta (0,86 öre, kl 02.00–03.00).

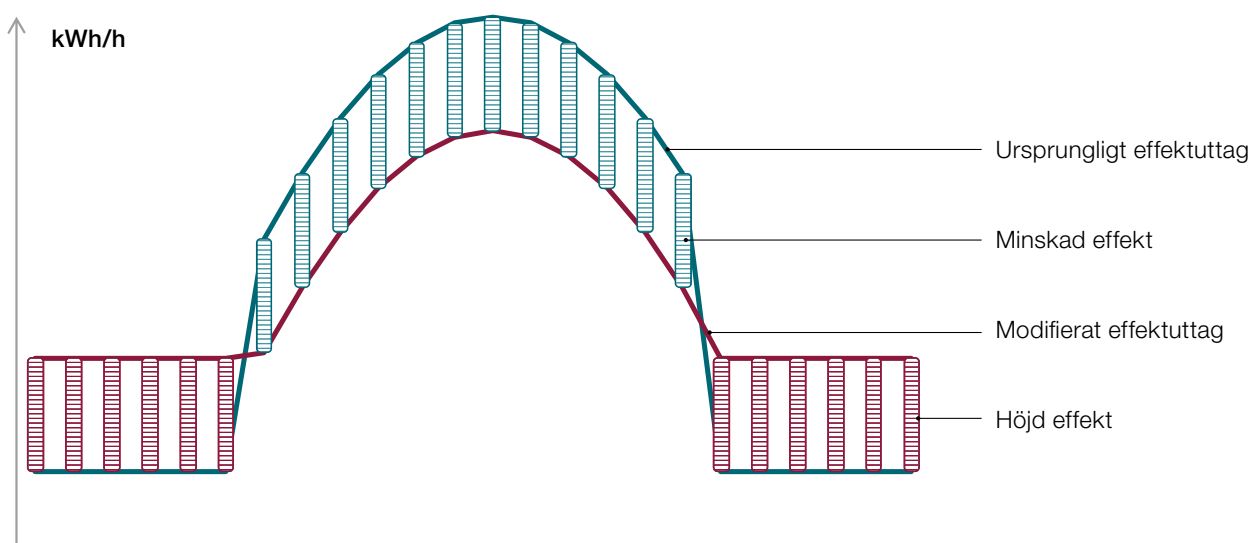
I detta exempel stiger elpriset från nästan 0 till över 3 kr/kWh på bara några timmar. Även om sådana snabba svängningar inte representerar normalfallet bör avsevärda prissvängningar över kort tid räknas med framöver – vilket utgör en prISRISK på konsumentens sida, men ger även besparingsmöjligheter för konsumenter som kan vara flexibla.

Det finns alltså redan ett ekonomiskt incitament för elkonsumenter att anpassa sig efter variationer i elproduktionen. Detta förutsätter dock att det elpris en konsument i slutändan betalar varierar från timme till timme i takt med utvecklingen på elbörsen, vilket i dagens elavtal inte alltid är fallet (se även [avsnitt 2.1.1](#)).

För att hantera *kortsiktiga* obalanser i elsystemet har Svenska kraftnät redan nu balansmarknader för så kallade stödtjänster (se även [avsnitt 2.2.1](#)) där vissa användare kan få ersättning för att tillfälligt minska sin användning och på så sätt återställa balansen i systemet. Svenska kraftnät prognostiserar att behovet av stödtjänster kommer öka i takt med andelen väderberoende elproduktion, och balansmarknaderna kommer öppnas upp för fler aktörer (se även [avsnitt 2.2.1](#)).

Utöver efterfrågefleksibilitet kan *effektreduktion* på användarsidan, det vill säga en ”permanent” minskning av effektuttaget, bidra till att lösa effektbalansen i framtiden. Effektreduktion bidrar till att avhjälpa lokal nätkapacitetsbrist. Många elkonsumenter har ett användningsmönster där effektuttaget är ojämnt fördelat över dygnet, med kraftiga effekttoppar. Det är effekttopparna som avgör vilken överföringskapacitet som behövs i elnätet, eller – för den enskilda användaren – vilket effekt- eller säkringsabonnemang som krävs. Om det maximala effektuttaget kan minskas – antingen genom att effekten fördelas jämnare över dygnet eller genom energieffektivisering – kan den totala elanvändningen öka utan att mer överföringskapacitet krävs.

I övriga delar av denna vägledning diskuteras olika åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet eller effektreduktion (gemensamt ”effektåtgärder”). I kapitel 3 beskrivs olika tekniska lösningar för effektåtgärder, det vill säga olika sätt att ändra (flytta, minska eller öka) effektuttaget från elnätet. Ekonomiska förutsättningar beskrivs i [kapitel 2](#).



Figur 5. Schematisk bild på flyttning av last från tider med högt effektuttag. Den totala uttagna energin under perioden är konstant. Blå linje: Ursprungligt effektuttag. Röd linje: Modifierat effektuttag. Blå balkar: Minskad effekt. Röda balkar: Höjd effekt. Den totala uttagna energin under perioden är konstant.

Effektreduktion och efterfrågefleksibilitet

Elkonsumenter kan på flera sätt bidra till att avlasta och balansera elsystemet i ansträngda situationer. I denna vägledning skiljer vi på efterfrågefleksibilitet och effektreduktion. De två begreppen är dock till viss del överlappande och samma åtgärd kan ofta bidra till både efterfrågefleksibilitet och effektreduktion.

Med *efterfrågefleksibilitet* avses förmågan att anpassa sitt effektuttag efter någon yttre signal, exempelvis elpriset. Det primära målet är inte att minska eleffektuttaget utan att *flytta* det, exempelvis från perioder med höga priser till perioder med låga priser. Efterfrågefleksibilitet kan bidra både till att balansera elsystemet vid kraftiga variationer i ej planerbar produktion, och till att avlasta elsystemet vid begränsningar i överföringskapacitet.

Med *effektreduktion* avses olika åtgärder för att en elkonsument permanent ska kunna minska sitt maximala effektuttag, det vill säga att kapa sina "effekttoppar". Det kan handla antingen om att jämma ut effektuttaget över dygnet genom att flytta en del av sin elanvändning, eller om att sänka effektuttaget genom effektivisering.





Avtal och marknader

I det här kapitlet tar vi upp avtal och marknader som påverkar de ekonomiska förutsättningarna för effektåtgärder.

Det finns flera olika sätt för företag att spara eller tjäna pengar på efterfrågefleksibilitet och effektreduktion. Det sker dessutom mycket utveckling på området för att ge ytterligare incitament framför allt för efterfrågefleksibilitet genom exempelvis flexibilitetsmarknader.

Principiellt innebär effektreduktion (i betydelsen att sänka sitt maximala effektuttag) ett sätt för elkunder att sänka sina månatliga elkostnader. Efterfrågefleksibilitet kan i stället både innebära besparingar och nya intäkter.

Vilka besparingsmöjligheter som finns varierar beroende på elavtal medan möjligheterna till nya intäkter beror på vilka marknader man kan delta på.

2.1 Elavtal

Priset en elkonsument betalar för sin användning har två huvudsakliga komponenter: elhandel och elnät. Till detta tillkommer skatter och myndighetsavgifter. Elhandelsavtal tecknas med valfri leverantör och styr priset på inköpt el. Elnätsavtal tecknas med det elnätsföretag som äger elnätet som kunden är ansluten till och kan sägas styra kostnaden för distribution av elen.

2.1.1 Elhandelsavtal

I Sverige sker handel med el huvudsakligen på elbörsen Nord Pool⁵, där priser per kilowattimme bestäms timme för timme baserat på köp- och säljbud från elproducenter och -konsumenter. De allra flesta elkonsumenter deltar inte direkt i handeln på elbörsen utan köper i stället in el av en mellanhand – ett elhandelsbolag⁶. Det finns

I Sverige sker handel med el huvudsakligen på elbörsen Nord Pool.

⁵ Cirka 90% av den årliga Svenska elproduktionen säljs via Nord Pool:
www.energiforetagen.se/energifakta/elsystemet/elhandel-marknad/handel-pa-elborsen/

⁶ Alternativt elhandelsföretag eller elleverantör. Det finns cirka 140 elhandelsbolag i Sverige.

en rad möjliga avtalsformer mellan elhandelsbolag och slutkund, där skillnaden framför allt ligger i vem som bär risken för prisförändringar på elbörsen.

För mindre elanvändare (upp till cirka 1 GWh beroende på elhandelsbolag) finns två huvudsakliga typer av avtal: fast pris (där elhandelsbolaget bär prISRISKEN) och rörligt pris (där slutkunden bär prISRISKEN). Dessutom finns hybridvarianter där en del av priset är fast och en del är rörlig. Vid fastpris betalas ett avtalat pris per kilowattimme (öre/kWh) under avtalsperiodens längd, oavsett utvecklingen på elbörsen. Vid rörligt pris speglar slutkundens pris utvecklingen på elbörsen under någon tidsperiod, i regel månadsvis eller timvis. Månadsvisa priser bestäms efter månadens slut, vanligen utifrån elhandelsbolagets genomsnittliga inköpspris under månaden, plus skatter, avgifter och elhandelsbolagets påslag. Det finns också möjlighet att teckna rörliga timprisavtal, där slutkundens elpris timme för timme följer utvecklingen på elbörsen. Detta kan ge mycket kraftiga prisvariationer, men erbjuder också stora möjligheter för användare som kan vara flexibla med sin förbrukning och schemalägga användning till timmar med lägre priser.



Marknad/elhandel

Större elkonsumenter är i regel hänvisade till skraddarsydd avtal (portföljförvaltning) där man tillsammans med elhandelsbolaget tar fram en elhandelsstrategi. I grunden har elkonsumenten då direkt exponering mot timprisutvecklingen på elbörsen, men med möjlighet att – i linje med elhandelsstrategin – prissäkra hela eller delar av elpriset genom finansiella instrument. Vanligen finns också möjlighet för kunden att välja hur stor delaktighet man vill ha i beslut kring handel och prissäkring av el.

Många elhandelsbolag erbjuder portföljförvaltningsmodeller även för mindre el-konsumenter. Dessa skräddarsys dock inte specifikt för varje elkund, utan kunder med denna typ av avtal samlas i en kundpool och elhandelsbolaget försöker genom aktiv handel köpa in el till ett lågt och förutsägbart pris åt hela kundpoolen. I praktiken får kunden ett elpris som varierar från månad till månad. Målet är ofta att uppnå ett pris som är både lägre än i fastprisavtal och samtidigt mer förutsägbart än i rörliga avtal.

Vilken typ av avtal en verksamhet har måste beaktas vid ekonomisk utvärdering av åtgärder för effektreduktion eller efterfrågefleksibilitet. Om ett företags elpris timme för timme följer utvecklingen på elbörsen (exempelvis om företaget har ett rörligt avtal med timvisa priser) kan kostnaderna för elhandel minskas genom att flytta elanvändning till perioder med lägre elpriser. Denna möjlighet finns inte för företag som har fastprisavtal eller rörliga avtal med månadsvisa priser.

2.1.2 Elnätsavtal

Ett elnätsavtal styr de avgifter (elnätsavgifter) som en kund måste betala för leverans av el, samt hur stort kundens maximala uttag av effekt får vara. Till skillnad från elhandelsavtal – där debitering sker utifrån använd energi i kWh – bestäms elnätsavgiften ofta både av använd energi (kWh) och högsta använda effekt (kW). Det innebär att det framför allt är elnätsavgifterna som kan minskas genom åtgärder för effektreduktion. Elnätsavgiften har olika utformning hos olika nätägare, men kan principiellt delas in i två huvudtyper – säkringsabonnemang och effektabonnemang.

Säkringsabonnemang används vanligen för mindre kunder med huvudsäkring 63 A eller lägre och brukar bestå av en fast avgift kopplad till säkringens storlek (ju större säkring desto högre avgift), samt en rörlig elöverföringsavgift som betalas per använd kilowattimme (öre/kWh). Elöverföringsavgiften kan vara fast eller tidsdifferentierad, där det senare alternativet innebär att priserna är högre under ”höglasttid” (exempelvis 06.00–22.00 under vardagar vintertid) och lägre under övrig tid. Med ett säkringsabonnemang leder en minskning av toppeffektbehovet inte automatiskt till en ekonomisk besparing, om inte minskningen är så stor att det är möjligt att minska säkringen. En tidsdifferentierad elöverföringsavgift ger dock ekonomiska besparingar om elanvändning kan flyttas från höglasttid till övrig tid.

Större kunder har vanligen **effektabonnemang**. Avtalens exakta utformning skiljer mellan nätbolagen, men avgiften brukar bestå av: en fast del, en del kopplad till högsta effektuttag (kW), en del kopplad till överförd energi (kWh). Några vanliga komponenter i nätavgiften listas i Tabell 1 och beskrivs nedan (skatter tillkommer).

Tabell 1. Vanliga komponenter i elnätsavgiften i effektabonnemang		
Fast komponent	Effektberoende komponent	Överföringsberoende komponent
Abonnerad effekt	Överuttagsavgift	Överföringsavgift
Fast avgift	Effektavgift	Höglastavgift, överföring
	Höglastavgift, effekt	

- **Fast komponent:**

- Abonnerrad effekt: Abonnenten och elnätsbolaget har avtalat ett maximalt effektuttag (kW) som får utnyttjas, och abonnenten betalar en fast avgift direkt kopplad till detta (kr/kW, månad).
- Fast avgift: Abonnenten betalar ett fast belopp varje månad. Avgiften är inte direkt kopplad till maximalt effektuttag.

Vilken typ av avtal en verksamhet har måste beaktas vid ekonomisk utvärdering av åtgärder för effektreduktion eller efterfrågefleksibilitet.

Elnätsavgiften har olika utformning hos olika nätägare, men kan principiellt delas in i två huvudtyper – säkringsabonnemang och effektabonnemang.

- **Effektberoende komponent:**

- Överuttagsavgift: För kunder som abonnerar på ett maximalt effektuttag utgår en överuttagsavgift (kr/kW, månad) om maxtaget överskrids. Denna bestäms månatligen utifrån skillnaden mellan månadens högsta timmedeleffekt och avtalad maxeffekt.
- Effektagift: För kunder som inte abonnerar på ett visst effektuttag betalas en rörlig taxa (kr/kW, månad) baserad på högsta effektuttaget under en viss period. Den debiteringsgrundande effekten är ofta den högsta uppmätta timmedeleffekten under en månad, men det förekommer att bolag använder medelvärdet av exempelvis de 2–5 timmar med högst effektuttag, och mätperioderna kan vara årsvis.
- Höglavavgift, effekt: I avtal med effektagift är det vanligt att en högre effektagift tas ut för effektuttag under höglavtid (höglavavgift; kr/kW, mån). Definitionen av höglavtid varierar mellan elnätbolagen, men normalt används vardagar kl 06.00–22.00 under perioden mars–november.

- **Överföringsberoende komponent:**

- Överföringsavgift: En rörlig avgift (öre/kWh) som tas ut per använd kWh.
- Höglavavgift, överföring: Vissa elnätbolag tar ut en högre överföringsavgift (öre/kWh) för elanvändning under höglavtid, vanligen vardagar kl 06.00–22.00 under november–mars.

Som nämnts ovan varierar effektabonnemangens utformning mellan elnätbolagen, men de två vanligaste typerna har följande form:

- Fast avgift + Effektagift (inklusive eventuell höglavavgift) + Överföringsavgift (inklusive eventuell höglavavgift)
- Abonnerad effekt + Överuttagsavgift + Överföringsavgift (inklusive eventuell höglavavgift)

Effektabonnemangens utformning påverkar den ekonomiska besparingspotentialen hos åtgärder för effektreduktion och efterfrågeflexibilitet. Företag som betalar effektagift får direkt en besparing om största effektuttag minskar, medan företag som betalar för abonnerad effekt får möjlighet att byta till ett avtal med lägre effekttak (eller minska sina överuttagsavgifter). Företag som betalar höglavavgifter för överföring kan dessutom spara pengar genom att flytta elanvändning från höglavtid.

Effektabonnemangens utformning påverkar den ekonomiska besparingspotentialen hos åtgärder för effektreduktion och efterfrågeflexibilitet.

2.2 Flexibilitetsmarknader

Det finns redan idag möjligheter för elkonsumenter att sälja flexibilitet (förmågan att anpassa användningen av el) på särskilda marknadsplatser och flera sådana marknadsplatser är under utveckling. Marknadsplatserna bygger i regel på ett budgivningsförfarande där elkonsumenter timme för timme anger hur mycket de är beredda att minska (eller öka) sitt effektuttag och till vilket pris. Vinnaren av budgivningen måste sedan under den aktuella timmen vara beredd att minska sin elkonsumtion på signal av köparen. Köpare kan vara antingen Svenska kraftnät, som använder elkonsumenter flexibilitet för att upprätthålla balansen i stamnätet, eller regionala och lokala nätägare som använder flexibiliteten för att motverka tillfälliga bristsituationer i sina nät.

De marknader som drivs av Svenska kraftnät är väletablerade och beskrivs i [avsnitt 2.2.1](#). Lokala och regionala marknader är fortfarande under utveckling och beskrivs i [avsnitt 2.2.2](#).

Det finns redan idag möjligheter för elkonsumenter att sälja flexibilitet på särskilda marknadsplatser.

2.2.1 Balansmarknader

Svenska kraftnät är ytterst ansvarigt för att i realtid upprätthålla balansen mellan produktion och användning av el i det svenska elsystemet. Störningar i balansen kan ske närsomhelst, till exempel genom oväntade fel antingen på produktions- sidan (stopp i ett kraftverk) eller på användarsidan (stopp i en industri). För att hålla balansen i systemet köper Svenska kraftnät så kallade stödtjänster på särskilda balansmarknader⁷. De flesta stödtjänsterna köps in timme för timme genom budgivning och utgör en reserv som kan aktiveras vid behov. Leverantörer av stödtjänster förbinder sig att under den aktuella timmen vara beredda att på signal från Svenska kraftnät förändra sin produktion eller användning av el, för att på så sätt bidra till att vid störningar återställa balansen i systemet. Beroende på vilken stödtjänst det handlar om kan ersättning betalas ut antingen för tillgänglighet (det vill säga oavsett om störningar uppstår eller inte under den aktuella timmen) eller vid aktivering (utbetalning bara om störning uppstår under den aktuella timmen). De olika stödtjänsterna skiljer sig åt bland annat genom hur snabbt förändringen ska kunna genomföras (aktiverings- tid) och under hur lång tid (uthållighet). Svenska kraftnät prognostiserar att behovet av stödtjänster kommer öka betydligt i framtiden bland annat till följd av ökade inslag av väderberoende elproduktion. Leverantörer av stödtjänster har traditionellt sett varit flexibla elproducenter (exempelvis vattenkraft) men för att möta det ökande behovet har Svenska kraftnät börjat öppna upp marknaderna även för konsumenter.

I nuläget måste allt deltagande på balansmarknaderna ske via en så kallad balans- ansvarig part⁸, vilket i praktiken innebär att företag som inte är balansansvariga måste delta på marknaden via en mellanhand. Den så kallade FCR-marknaden är en balansmarknad som relativt nyligen öppnats upp för elkonsumenter och där vissa balansansvariga elhandelsbolag erbjuder sina kunder att delta. Denna möjlighet diskuteras i [avsnitt 3.2.1](#).

2.2.2 Lokala flexibilitetsmarknader (nätkapacitetsmarknader)

Balansmarknaderna som beskrivs i [avsnitt 3.2](#) syftar till att upprätthålla balansen mellan produktion och användning på systemnivå. Marknader för nätkapacitet – eller ”lokala flexibilitetsmarknader” – fokuserar i stället på att motverka kort- siktiga flaskhalsar i elnätet, det vill säga situationer då kapaciteten i elnätet inte är tillräcklig för att distribuera den el som efterfrågas av slutkunderna. Valfungerande flexibilitetsmarknader skulle kunna bidra till att effektuttaget sprids jämnare över dygnet och att behovet av investeringar i nätkapacitet minskar.

Det finns idag inga etablerade lokala flexibilitetsmarknader, men flera pilotprojekt pågår, bland annat i Stockholm (SthlmFlex), Uppsala (CoordiNet), Malmö (Switch), och Göteborg (Effekthandel Väst).

Valfungerande flexibilitetsmarknader skulle kunna bidra till att effektuttaget sprids jämnare över dygnet.

⁷ En beskrivning av Svenska kraftnäts stödtjänster finns här:

www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/

⁸ En balansansvarig part har ansvar mot Svenska kraftnät för att upprätthålla balans mellan inmatning och uttag av el i de inmatnings- och uttagspunkter som omfattas av balansansvaret. Balansansvariga parter är vanligen elhandelsföretag eller specialiserade aktörer. Enligt Energimarknadsinspektionen fanns år 2021 cirka 30 balansansvariga parter i Sverige (Ei R2021:03).



Foto: blomquist.se

En aktör som tillfälligt kan minska sitt effektuttag kan på en lokal flexibilitetsmarknad sälja den förmågan som en flexibilitetstjänst till lokala eller regionala nätägare. Tjänsten kan säljas timvis via budgivning på en marknadsplats. Leverantörer budar då in vilken effektminskning som erbjuds per timme och till vilket pris, varpå inkomna bud timme för timme matchas mot nätägarens behov. Det finns också lösningar för längre avtal där leverantören förbinder sig att ha flexibilitet tillgänglig vid förutbestämda timmar under en längre tidsperiod (exempelvis en vecka eller en säsong). Vid sådana ”tillgänglighetsavtal” utgår vanligen både en tillgänglighetsersättning (oavsett om den avtalade flexibiliteten används eller ej) och en aktiveringsersättning (om flexibiliteten används av nätägaren).

Marknadernas exakta utformning skiljer sig åt mellan de marknadsplatser som nu testas. Vid en bredare etablering av lokala flexibilitetsmarknader är det önskvärt att marknadsplatsernas funktionssätt harmonieras för att minska den administrativa bördan hos aktörer som är aktiva på flera marknadsplatser

Utvecklingen av lokala flexibilitetsmarknader befinner sig i ett tidigt stadium och det är för tidigt för att dra generella slutsatser om vilken prisbild och vilka handelsvolymer som kommer gälla på etablerade marknader.





Åtgärder för efterfrågefleksibilitet och effektreduktion

Här presenterar vi förslag på åtgärder som företag kan genomföra för att nå effektreduktion och/eller efterfrågefleksibilitet.

I detta kapitel görs en uppdelning mellan å ena sidan åtgärder för effektreduktion, det vill säga åtgärder vars primära syfte är att minska en verksamhets högsta effektuttag, och å andra sidan åtgärder för efterfrågefleksibilitet, det vill säga åtgärder vars primära syfte är att anpassa effektuttaget efter någon yttre signal, exempelvis spotpriser eller någon flexibilitetsmarknad.

Många av de åtgärder som diskuteras nedan förutsätter att laster kan styras om, antingen genom nya rutiner eller genom förändringar i styrsystemen. Att styra om laster kan göras med relativt enkla medel, exempelvis genom att inställningar för tidsstyrning ändras baserat på observerade effektoppar eller trender i timpriser för el. Det finns också flera företag (se även [3.2.1](#)) som erbjuder mer avancerade lösningar för att med hjälp av AI-system automatiskt optimera exempelvis uppvärmning och elbilsaddning för att minimera kundens elpris, och utvecklingen inom detta område går mycket fort.

Denna vägledning innehåller ingen genomgång av styrsystem och styrstrategier. En generell rekommendation är dock att se över vad som kan åstadkommas med befintliga system (och att de faktiskt fungerar som tänkt) innan mer avancerade styrsystem övervägs. Att ha bra koll på befintliga system underlättar också implementeringen av mer avancerade styrsystem.

3.1 Åtgärder för effektreduktion

I detta delkapitel beskrivs möjliga åtgärder för effektreduktion. Framställningen inleds med åtgärder som kan ses som lämpliga första steg för alla verksamheter som vill reducera sitt effektuttag: effektkartläggning och energieffektivisering. Därefter rör sig framställningen från enklare till mer omfattande åtgärder för minskat effektuttag.

3.1.1 Effektkartläggning

En effektkartläggning är ett lämpligt första steg mot att anpassa en verksamhets effektuttag, oavsett om målet är effektreduktion eller efterfrågefleksibilitet. Kartläggningen ska ge en förståelse för företagets nuvarande effektanvändning och vilka åtgärder som kan vara lämpliga. Några enkla steg⁹ kan räcka för att få en bild av nuläget, vilken potential som finns och var man bör fokusera arbetet:

- Undersök vilken typ av elhandels- och elnäsavtal företaget har.
- Ta fram timvärden för elanvändning (kWh/h) för hela året, antingen utifrån egna mätdata eller energibolagets data.
- Ta fram förbrukningsprofiler (exempelvis linje- eller stapeldiagram med timmedelvärden) för **helåret**, samt för ett representativt **driftdygn** och en representativ **driftvecka**.
- Bestäm **baslast** och **lastfaktor**.
 - Baslast är den effekt som används även om ingen verksamhet sker. Baslasten kan därför identifieras genom att studera förbrukningsprofilerna för perioder då ingen verksamhet är i gång – exempelvis under semesterperioder.
 - Lastfaktorn (medeleffektuttag/högsta effektuttag under en vald period, exempelvis ett dygn) ger ett kvantitativt mått på hur effektuttaget är fördelat. En lastfaktor = 1 innebär att förbrukningsprofilen är helt jämn, medan en låg lastfaktor indikerar stora toppar i uttaget.
- Identifiera när under dygnet/veckan/året som det högsta effektuttaget inträffar. Vad händer då?
- Sammanställ planerade förändringar i verksamheten som kan påverka effektuttaget. Om förändringarna är betydande och inte ryms inom det befintliga elnäsavtalet bör elnäsbolaget kontaktas för att utreda förutsättningarna för ökat effektuttag.

Analysen enligt ovan kan hjälpa till att bestämma inriktningen för det fortsatta arbetet:

- Är det befintliga elnäsavtalet lämpligt för verksamheten?
 - Om abonnemanget är överdimensionerat (säkringsabonnemang med för högt amperetal eller effektabonnemang med för hög abonnerad effekt i förhållande till användningen), kan man enkelt minska kostnaderna genom att byta till ett mindre abonnemang. Detta är också till nytta för elsystemet och nätägaren, som måste säkerställa att abonnerad effekt alltid kan tillhandahållas – om ett företag byter till ett mindre abonnemang kan den frigjorda effekten omdirigeras till andra användare.

En effektkartläggning är ett lämpligt första steg mot att anpassa en verksamhets effektuttag.

⁹ Vägledningen *Energihushållning genom effektreduktion och nyttjande av restvärme – En vägledning för bästa teknik*, som tagits fram av Länsstyrelsen Östergötland, ger ytterligare tips för att analysera och bättre förstå en verksamhets effektbehov.

- Hur ser de ekonomiska förutsättningarna ut? Det är viktigt att förstå hur kostnaderna för elhandel och elnät påverkas av olika åtgärder. Detta bestäms ytterst av elnäts- och elhandelsavtalens utformning.
- I verksamheter med hög baslast och/eller hög lastfaktor finns bara begränsad potential att minska effektuttaget genom att flytta elanvändning. Däremot kan energieffektivisering sänka hela förbrukningskurvan och ge stora besparingar, eftersom stor del av utrustningen troligen körs kontinuerligt. Arbetet bör då fokusera på att effektivisera de största elanvändarna. Om lastfaktorn i stället är låg (tydliga toppar i förbrukningsprofilen) kan det vara värt att rikta insatserna specifikt mot att sänka topparna, antingen genom effektivisering eller genom att styra bort viss användning från tidpunkterna då topparna inträffar.
- När under dygnet/veckan/året inträffar det högsta effektuttaget? Ofta finns mönster i effektprofilen, till exempel genom att en effekttopp inträffar vid samma tid varje dygn. Vilka installationer/maskiner är i gång då? Dessa kan enkelt identifieras om man redan loggar elanvändningen för enskild utrustning, men går också ofta att identifiera utifrån effektprofilen i diskussion med driftansvariga. Går det att senare- eller tidigarelägga starten av någon maskin? Om det inte går att ändra något i kärnverksamheten kanske någon stödprocess kan anpassas. Passiva laster som lokalvärme och -ventilation kan ofta varvas ner under kortare perioder utan komfortsänkning. Alternativt kan man försöka energieffektivisera den utrustning som körs då det högsta effektuttaget sker.

När man genom effektkartläggning har ökat förståelsen för verksamhetens effektuttag ser ut kan konkreta åtgärder för minskat effektuttag identifieras och utvärderas. Några uppslag diskuteras nedan.

3.1.2 Energieffektivisering

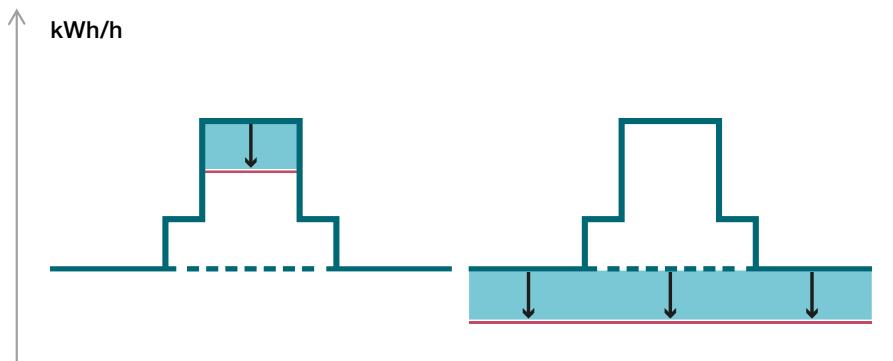
När det kommer till konkreta åtgärder och investeringar för effektreduktion är det lämpligt att först se över möjligheterna för energieffektivisering. Många av de åtgärder som diskuteras i denna sammanställning bygger på att effektuttag flyttas, vilket kan leda till lägre elnätskostnader och/eller elinköpspriser, men ingen minskning i mängden använd el. Vid effektreduktion genom energieffektivisering minskar både effektuttaget och mängden inköpt el, vilket kan innebära betydande besparingar.

För att minska topeffektbehovet genom energieffektivisering måste denna riktas mot de maskiner/installationer som körs då topeffektbehovet inträffar. Dessa identifieras lämpligen genom en effektkartläggning enligt 3.1.1. Arbetet kan riktas antingen mot utrustning som bara är i gång under effekttoppen, eller mot baslasten (det vill säga utrustning som går ”dygnet runt”). En given effektsänkning (kW) ger lika stor minskning av topeffekten oavsett om den uppnås för baslasten eller specifikt under topeffekt-timmarna. Minskningen i elanvändning (kWh) blir dock större om effektreduktionen görs i baslasten, eftersom elanvändningen minskar under hela dygnet.

Vid ekonomisk utvärdering av energieffektiviseringsåtgärder är det viktigt att ta hänsyn både till energikostnader (öre/kWh) och effektkostnader (kr/kW). Ofta görs lönsamhetsbedömningar baserade på ett schablonmässigt pris per kWh (till exempel årets totala elkostnader delat på antalet använda kWh), utan att ta hänsyn till om en åtgärd minskar topeffektbehovet. Detta kan ge missvisande resultat, speciellt för åtgärder där minskningen i topeffektbehov är stor i förhållande till minskningen av energianvändningen.

Vid effektreduktion genom energieffektivisering minskar både effektuttaget och mängden inköpt el, vilket kan innebära betydande besparingar.

Exempel 1



Figur 6. Effekttuttag över ett dygn.

Ovan visas en verksamhets effekttuttag över ett dygn (heldragen blå linje). Verksamhetens baslast utgörs av den streckade blå linjen. Under morgon och kväll är effekttuttaget i nivå med baslasten och under dagen ökar effekttuttaget till följd av den verksamhet som bedrivs.

I den vänstra bilden har topp effekttuttaget minskats till den röda linjen genom effektivisering av maskiner som körs under effekttoppen. Detta ger en effektminskning motsvarande den svarta pilens längd och en minskning i energianvändning motsvarande arean av det ljusblå området. I den högra bilden har motsvarande topp effektminskning uppnåtts genom effektivisering av baslasten, som sänkts till den grå linjen. Minskningen i topp effekt är lika stor (de svarta pilarna är lika långa), men minskningen i energianvändning (de ljusblå områdena) är mycket större i den högra bilden.

Innan åtgärd är topp effekten 500 kWh/h och energianvändningen 210 000 kWh/månad. Företaget har följande avtal:

Elhandel:

- Fast avgift: 250 kr/månad
- Fast elhandelspris: 50 öre/kWh

Elnät:

- Fast avgift: 250 kr/månad
- Effektagift: 49 kr/kW, månad
- Överföringsavgift: 40 öre/kWh

Den totala elkostnaden (utan skatter) blir:
 $250 + (0,5 \times 210\,000) + 250 + (49 \times 500) + (0,4 \times 210\,000)$
 = 214 000 kr/månad (cirka 1 kr/kWh)

I den vänstra bilden minskas energianvändningen med 18 000 kWh till 192 000 kWh per månad, och i den högra bilden minskas energianvändningen med 72 000 kWh till 138 000 kWh per månad. I båda fallen minskar topp effekten med 100 kWh/h till 400 kWh/h.

Besparingen i den vänstra bilden blir:
 $(18\,000 \times 0,5) + (18\,000 \times 0,4) + (100 \times 49) = 21\,100$ kr/månad

Besparingen i den högra bilden blir:
 $(72\,000 \times 0,5) + (72\,000 \times 0,4) + (100 \times 49) = 69\,700$ kr/månad

Besparingen som är direkt kopplad till minskningen av effekttoppen är 4 900 kr/månad (100×49) . Detta är cirka 23 procent av den totala besparingen i det vänstra fallet, men bara cirka 7 procent av besparingen i det högra fallet.

3.1.3 Laststyrning för effektreduktion

Laststyrning innebär här att jämna ut elanvändningen genom att flytta vissa laster från perioden då toppeffektbehovet inträffar. Efter att ha identifierat när på dygnet effektuttaget är som störst bör nästa steg vara att identifiera elanvändande utrustning eller processer som typiskt är i gång då, och om någon användning kan flyttas eller tillfälligt varvas ner utan betydande konsekvenser för verksamheten. Flera alternativ är möjliga:

- **Ändrad schemaläggning:** Effekttoppar kan minskas genom att användningen av viss utrustning som körs under effekttoppen tidigare- eller senareläggs. Detta kan antingen göras manuellt genom nya rutiner för start och stopp eller med hjälp av system för tidsstyrning, där viss utrustning styrs enligt förutbestämda tidsinställningar. Det kan vara svårt att styra om utrustning kopplad till själva verksamheten (exempelvis vissa maskiner i en industri som måste köras samtidigt eller i en viss sekvens, eller utrustning i ett skolkök som måste köras i anslutning till lunchen). Ett alternativ kan då vara att i stället styra bort passiva laster eller stödsystem från topplastperioden. Exempelvis kan lokalventilation eller -värme ofta varvas ner under en kortare period utan att komforten påverkas. Man kan också se till att laddning av elbilar eller truckar sker utanför topplastperioden.
- **Effektvakt:** En effektvakt är ett enkelt sätt att se till att effektuttaget inte överskrider en förutbestämd gräns. Om effektgränsen överskrids kopplar effektvakten bort förvalda laster – exempelvis lokalvärme, -ventilation, eller laddning av elbilar eller truckar.
- **Fasbalansering:** I trefasssystem uppstår ofta obalans mellan faserna, det vill säga att de tre faserna är olika hårt belastade. Nödvändig huvudsäkring bestäms av den fas med högst belastning och det är därför ofta möjligt att gå ner till en mindre huvudsäkring om lasten kan fördelas jämnt mellan faserna, antingen genom fysisk anslutning av förbrukare till mindre belastade faser eller med hjälp av kraftelektronik. Sådan så kallad fasbalansering kan alltså innebära besparingar för kunder med säkringsabonnemang. Alternativt kan fasbalansering göra det möjligt att öka användningen (till exempel mer elbilsladdning i en fastighet) inom befintligt abonnemang. Även kunder med effektabonnemang som genom fasbalansering får möjlighet att byta ner till säkringsabonnemang (vilket oftast kräver huvudsäkring 63 A eller mindre) kan sänka elnätsavgiften. Teknik för fasbalansering har använts framgångsrikt av bland andra Örebros kommunala fastighetsbolag, Öbo.¹⁰
- **Faskompensering:** Elektriska förbrukare som innehåller antingen induktiva (spolar) eller kapacitiva laster (kondensatorer) orsakar en fäsförskjutning mellan ström och spänning, som i sin tur leder till så kallad *reaktiv effekt*, det vill säga elektrisk effekt som inte kan förbrukas, utan matas tillbaka till elnätet. Eftersom denna inte kan användas, men ändå tar upp nätkapacitet, blir större elkonsumenter ofta debiterade för uttag av reaktiv effekt. Debiteringen kan till exempel ske som en straffavgift per kW reaktiv effekt, om denna överstiger ett fördefinierat tak. För att undvika straffavgifter kan aktiv faskompensering tillämpas. För elkonsumenter realiserar faskompenseringen ofta med kondensatorer.

Laststyrning innebär att jämna ut elanvändningen genom att flytta vissa laster från perioden då topp-effektbehovet inträffar.

¹⁰ Elinstallatören. (2022). ”I ett par extremfall har vi kunnat gå ner från 63 till 16 ampere”. Tillgänglig: elinstallatoren.se/2022/01/i-ett-par-extremfall-har-vi-kunnat-ga-ner-fran-63-till-16-ampere/

Exempel 2

Bodycote är verksam inom metallindustrin och utför bland annat värme- och ytbehandling vid ett flertal anläggningar i Sverige. Tillverkningsprocesserna är elintensiva och det finns betydande effekttoppar kopplade framför allt till processugnarna. Man har därför arbetat aktivt med att minska elkostnaderna. Genom förbättrad produktionsplanering vid anläggningarna – implementerad genom förändringar i det befintliga styrsystemet – har man lyckats åstadkomma betydande minskningar av effektuttaget utan stora investeringsbehov och utan påverkan på produktkvalitet eller säkerhet. Det handlar framför allt om att undvika att all elintensiv utrustning startar samtidigt och att styra bort viss elkonsumtion från timmarna med högst effektuttag.

Exempel 3

Fastighetsföretaget Vasakronan har nära 1 500 laddpunkter för elbilar, motsvarande cirka 15 procent av bolagets parkeringsplatser.

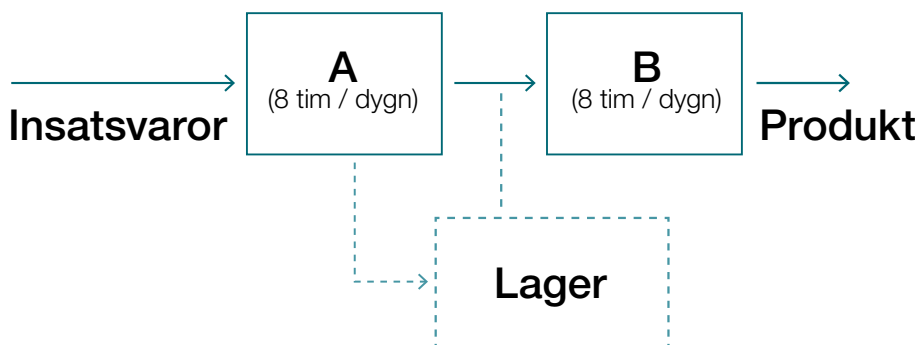
Eftersom detta innebär en betydande elanvändning behövs en strategi för att kunna tillgodose alla kunders laddbehov utan stora effekttoppar:

- Det totala effektuttaget för grupper av laddplatser (exempelvis alla laddplatser hörande till en kontorsfastighet) begränsas genom ett effekttak. Om så många bilar laddas att taket överskrids låter man antingen alla bilar ladda samtidigt men med lägre effekt, eller så används ett kösystem där bilar i tur och ordning tilldelas förutbestämda energimängder.
- Under morgonens topeffekttimme används ett lägre effekttak för laddplatserna.

3.1.4 Lagerkapacitet (materiallager)

I tillverkningsprocesser kan ökad lagerkapacitet för mellanprodukter ge större möjlighet att flytta driften av maskiner som körs i sekvens, vilket ger ökade möjligheter att anpassa effektuttaget. I figur 7 på sid 28 tillverkas en produkt i två steg, A och B, som båda körs 8 timmar per dygn. Utan lagerkapacitet måste steg A och B köras samtidigt vilket ger ett högre effektuttag. Med lagerkapacitet mellan A och B kan produktionen anpassas på flera sätt, exempelvis kan A köras på lägre effekt under en längre tid (till exempel 10 timmar i stället för 8 timmar) och bygga upp lager under tiden steg B inte körs. Ju större lagerkapaciteten blir desto större blir möjligheten att anpassa effektuttaget.

Användning av materiallager ger möjligheter som påminner om användning av energilager (exempelvis batterier, se [avsnitt 3.1.7](#)), men är ofta billigare och enklare att implementera.



Figur 7. Användning av materiallager kan minska effektuttag genom att processteg inte behöver köras samtidigt.

3.1.5 Egenproduktion

Egenproduktion av el gör det möjligt att minska uttaget av effekt från elnätet, även om det i vissa fall kan vara mer lönsamt att sälja producerad el. För de flesta verksamheter är solceller den teknik som ligger närmst till hands, men för industrier som producerar egen ånga finns också möjligheten att producera el i ångturbiner.

För att minska effekttoppar är det önskvärt att egenproduktionen är som högst när verksamhetens effektbehov är som störst. De flesta verksamheter har ett högre effektbehov dagtid, vilket ur denna synpunkt är positivt för solceller. Om verksamhetens effektbehov dessutom ökar under varma och soliga dagar – exempelvis om verksamheten har ett stort kylbehov – förbättras situationen ytterligare. Om verksamhetens effektbehov inte korrelerar väl med solcellernas produktion kan energilager användas för att balansera produktion och användning. För lagring under kortare tidsperioder (timmar, dygn) är batterier lämpligt. För lagring under riktigt långa perioder, till exempel från sommar till vinter, krävs betydligt större lagerkapacitet och skalfördelar kan då innebära att vätgaslager är att föredra. Storskalig vätgaslagring är dock ovanlig idag. Minskade effekttoppar är bara en av flera möjliga nyttor med ett energilager. Det kan vara mer lönsamt att i första hand använda lagret för prisoptimering (arbitrage) eller deltagande på flexibilitets- eller balansmarknader, även om sådana upplägg inte nödvändigtvis leder till effektreduktion (se även [avsnitt 3.1.7](#) och [3.2.4](#)).

Uttag från elnätet kan även minskas genom att koppla ihop flera energiförbrukare och -producenter lokalt i en så kallad *energigemenskap*, som ska ge möjlighet till frivillig lokal delning av energiöverskott. Energigemenskaper ses idag primärt som en möjlighet till att dela på lokalt producerad el. Användare och ägare kan dra ekonomisk nytta och säkra sig mot fluktuerande priser på inköpt el. Det är även möjligt att dela andra energiformer som värme och kyla, vilket skulle kunna bidra till en rad fördelar på samhällsnivå; lägre distributionsförluster och en robustare och mindre sårbar energiförsörjning. Som helhet profiterar det lokala energisystemet även av en ökad egenanvändning av den producerade elen enligt ovan, samtidigt som behovet av lagringskapacitet är lägre än utan den lokala sammankopplingen.

Från ett effektperspektiv är den största fördelen att energigemenskaper kan vara delaktiga i att jämnar ut lastprofiler mot det externa elnätet, vilket i sin tur leder till att behovet av kapacitetsutbyggnad kan bromsas.

Som hinder för konceptet har den juridiska situationen nämnts eftersom det tidigare inte var tillåtet att dela el mellan bostadshus, även om dessa tillhör samma fastighet.

Egenproduktion av el gör det möjligt att minska uttaget av effekt från elnätet.

Förbudet upphävdes dock vid årsskiftet 2021/2022 med en ändring i lagstiftningen, som sedan uppdaterades. Från och med 1 oktober 2022 gäller därmed under vissa förutsättningar att ”Ett internt lågspänningsnät för överföring av el från en anläggning som producerar el eller från en energilagringsanläggning får [...] byggas och användas utan nätkoncession [...]” (*Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857), 22c §*)

Utöver juridiska farhågor har även en brist på tillgänglig kompetens, höga kostnader och frånvaron av standardiserade, nyckelfärdiga tekniska lösningar hindrat utbyggnaden av energigemenskaper, vilket är förväntat på en omogen marknad.

Trots dessa hinder har första exempel börjat implementeras i Sverige, däribland nya stadsdelen Tamarinden i Örebro, som är fysiskt sammankopplad genom ett likströms-mikronät och ett gemensamt batterilager, men även tillämpar informationsdelning i en gemensam IT-plattform som möjliggör långtgående digital styrning av förbrukare, producenter och lagringsenheter inom det lokala nätet.

3.1.6 Andra energibärare

El som används för produktion av värme och kyla kan ofta bytas mot andra energikällor. Användning av värmepumpar ger en energieffektiv uppvärmning, men innebär ändå ett betydande behov av eleffekt. Byte till fjärrvärme är en möjlig väg för att minska elanvändningen för uppvärmning. På motsvarande sätt kan användning av fjärrkyla vara en effektivare lösning än lokal produktion av kyla.

Även i industriprocesser – där högre temperaturer ofta krävs – kan det vara möjligt att byta el mot andra energislag, exempelvis genom att ersätta eller komplettera en elpanna med en biobränsleeldad panna. Att ha två typer av pannor ger dessutom en möjlighet att löpande anpassa användningen efter rådande prisläge för el och bränsle.

3.1.7 Energilager

Användning av energilager, till exempel batterier, gör det möjligt att jämna ut effektuttaget från nätet utan att själva verksamhetens effektuttag behöver förändras, detta genom att batteriet laddas när verksamhetens effektbehov är lågt, och laddas ur när verksamhetens effektbehov är som störst. Med ett tillräckligt stort batteri är det möjligt att helt jämna ut effektuttaget över en tidsperiod, till exempel en normalvecka. Hur stor batterikapacitet som i praktiken är ekonomiskt optimal är dock en avvägning mellan investeringskostnad och möjlig ekonomisk besparing, där den senare beror bland annat på verksamhetens effektprofil och elavtal. Korta och branta effekttoppar ger möjlighet till stor besparing i förhållande till batteriets kapacitet vilket ger bättre förutsättningar för lönsamhet, medan långvariga och flacka effekttoppar kräver stor batterikapacitet i förhållande till uppnådd effektreduktion och ger sämre lönsamhet.

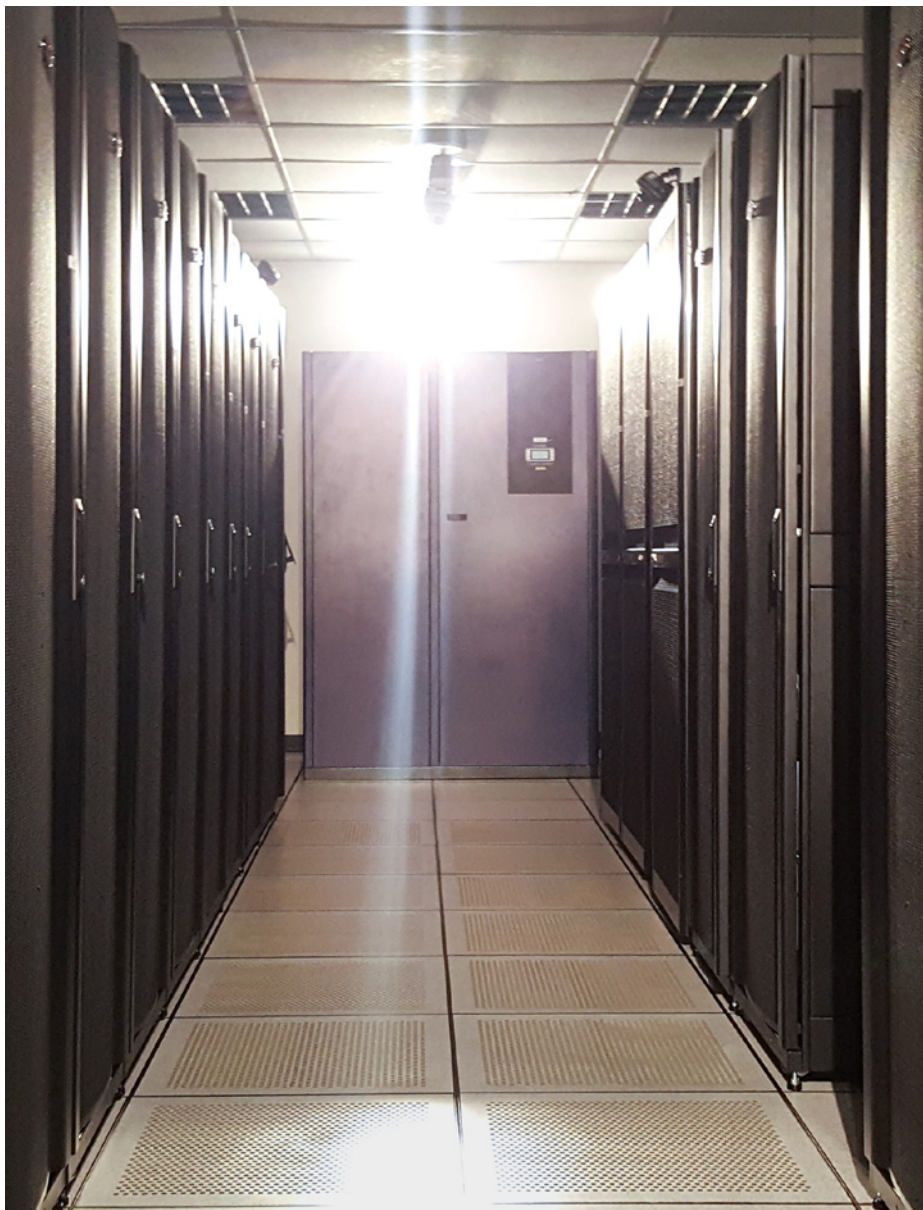
Energilager kan också användas för att öka användningen av egenproducerad el (se [avsnitt 3.1.5](#)). En resultatsammanställning från forsknings- och innovationsprogrammet SamspEl har visat att reduktion av effekttoppar generellt bidrar mer än ökad egenanvändning till ett batteris lönsamhet^{11,12}. Dessa resultat tar dock inte hänsyn till de mycket höga elpriser som varit under år 2022.

Användning av energilager, till exempel batterier, gör det möjligt att jämna ut effektuttaget från nätet utan att själva verksamhetens effektuttag behöver förändras.

11 PowerCircle. (2020). ”Batterilager i framtidens elsystem – Syntesrapport över forskning och innovation inom SamspEL”.

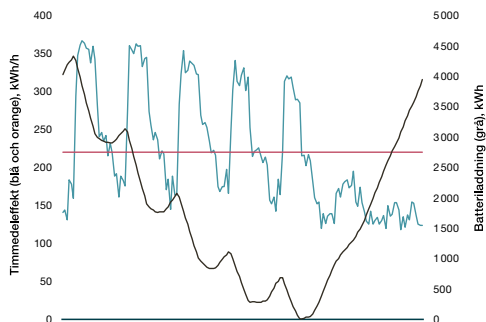
powercircle.org/wp-content/uploads/2020/11/Batterilager_i_framtidens_elsystem_SamspEL.pdf

12 Energimyndigheten. (2016). ”SamspEL”. www.energimyndigheten.se/utlysningar/samspel2/

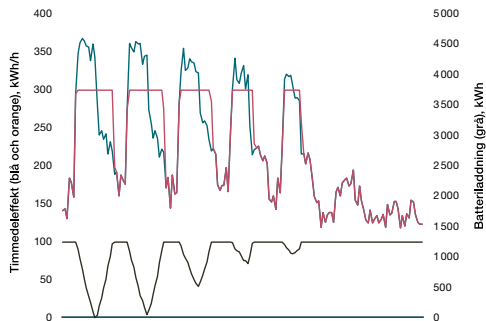


Det är inte bara stationära batterier som kan användas för att kapa effekttoppar. Batterier i elbilar kan också användas för att jämna ut en verksamhets effektuttag från elnätet, framför allt för fastigheter. Så kallad "Vehicle-to-building" (V2B) innebär att batterierna hos de bilar som laddas vid en fastighet tillfälligt används för att leverera el till fastigheten och minska effekttopparna. Batterierna laddas sedan upp igen när fastighetens övriga elbehov är lägre. V2B anses ha stor potential men både tekniska och ekonomiska (avtals- och affärsmässiga) aspekter är fortfarande under utveckling. Jämför med beskrivningen av V2G i [avsnitt 3.2.4](#).

Exempel 4



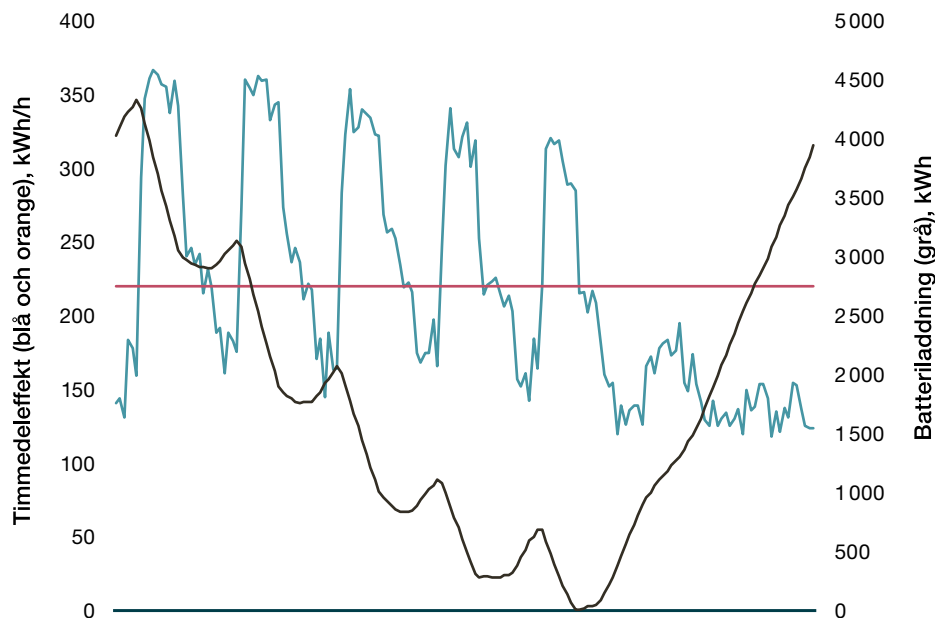
Figur 8a visar en verksamhets effektprofil (blå linje) under en vecka. Verksamhet bedrivs huvudsakligen dagtid under vardagarna, vilket syns tydligt på de fem effekttopparna. I exemplet har verksamheten investerat i ett stort batteri som gör det möjligt att helt jämnat ut effektuttaget från elnätet (orange linje). Toppeffektbehovet (från elnätet) blir då lika med verksamhetens genomsnittliga effektbehov, som är cirka 220 kW. Som framgår av den grå linjen hinner batteriet inte laddas fullt under vardagskvällar/nätter. Därför krävs ett stort batteri som laddas fullt under helgen och sedan successivt töms under arbetsveckan. Precis innan arbetet börjar på måndagen är batteriet fulladdat med cirka 4300 kWh och efter fredagens effekttopp är batteriet precis tömt. Batteriet gör det möjligt att sänka verksamhetens effekttopp den aktuella veckan från 368 kW till 220 kW (-148 kW).



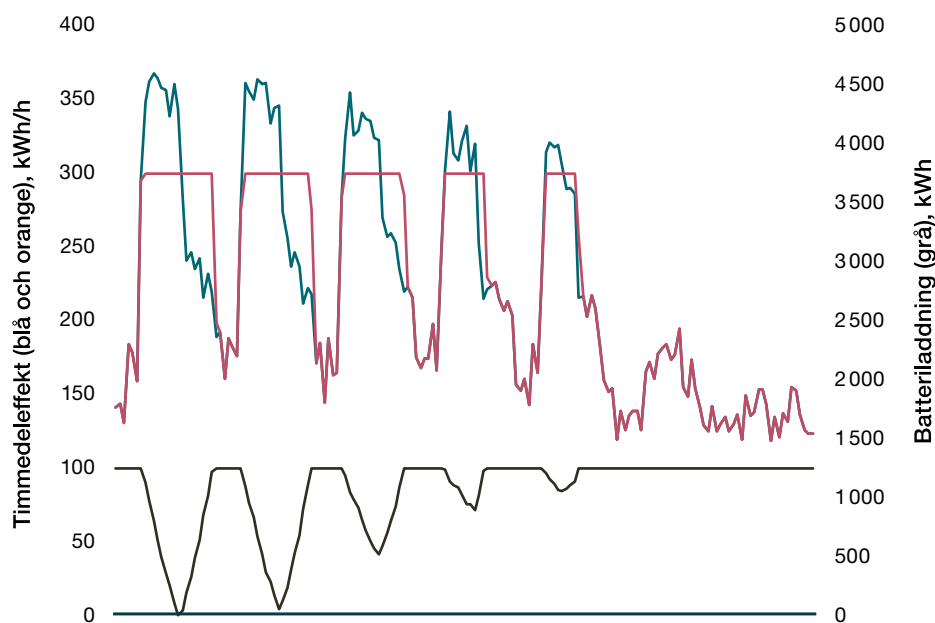
Figur 8b visar ett fall där samma verksamhet investerat i ett mindre batteri, som har dimensionerats för att verksamhetens effektuttag från elnätet (orange linje) aldrig ska överstiga 300 kW. I det här fallet räcker det med ett betydligt mindre batteri och batteriet hinner laddas fullt varje kväll under driftveckan. Ett batteri med kapaciteten 500 kWh är tillräckligt för att säkerställa att effektuttaget aldrig överstiger 300 kW. Batteriet gör det möjligt att sänka verksamhetens effekttopp den aktuella veckan från 368 kW till 300 kW (-68 kW).

Batteriet i **Figur 8a** är 8,6 gånger större än batteriet i **Figur 8b** (4300 kWh jämfört med 500 kWh). Trots det blir minskningen i toppeffekt bara 2,2 gånger större (148 kW mot 68 kW) med det stora batteriet. Den ekonomiskt optimala dimensioneringen av ett batteri måste noggrant övervägas innan eventuell investering.

Notera att detta är ett idealiserat exempel: det har antagits att batteriet laddas ur helt i varje cykel och att ingen energi går förlorad vid laddning. Ett litiumjonbatteri har en verkningsgrad på cirka 90–95 procent och bör inte regelbundet laddas ur längre än ner till cirka 20 procent av full laddning. I praktiken skulle därför något större batterier behövas i båda fallen.



Figur 8a (över) och **8b** (under). En verksamhets effektbehov (blå linje) och effektuttag från nätet (orange linje) efter installation av ett stort batteri (a) eller ett mindre batteri (b). Batterierna laddas under perioder som markeras med orange och laddas ur under perioder som markeras med ljusblått. Den grå linjen visar batteriets fyllnadsgrad (högra y-axeln). Det stora batteriet (a) är laddat med 4 300 kWh när arbetsveckan börjar på måndag och det mindre batteriet (b) laddas fullt (500 kWh) mellan varje arbetsdag.



3.2 Åtgärder för efterfrågefleksibilitet

Nedan beskrivs åtgärder för efterfrågefleksibilitet. Många av lösningarna som kan användas för effektreduktion är också relevanta för efterfrågefleksibilitet, även om förutsättningarna och strategierna skiljer sig lite åt. Innan åtgärder för efterfrågefleksibilitet övervägs är det rekommenderat att genomföra en kartläggning av verksamhetens effektbehov och hur det varierar över korta och långa tidsperioder (se [avsnitt 3.1.1](#)).

3.2.1 Styrning av flexibla laster

Vissa typer av laster är till sin natur flexibla, i den mening att de kan flyttas utan större inverkan på kärnverksamheten. Ett typexempel på sådana laster är lokaluppvärmning och kylmaskiner. För sådana laster fungerar byggnadernas (eller kylgodsets) värmetröghet som ett energilager: det tar ett tag för temperaturen att förändras så mycket att det blir märkbart även om uppvärmning eller kylning slås ifrån. Ett annat exempel på en flexibel last är laddning av elbilar (eller eltruckar). Exempelvis räcker det ofta att anställdas bilar som parkeras vid en kontorsbyggnad laddas någon gång under arbetsdagen, men exakt när laddningen sker kan anpassas.

Att styra om laster baserat på prisbild kan göras med relativt enkla medel, exempelvis genom manuell ändring av inställningar för tidsstyrning baserat på observerade trender i timpriser för el (exempelvis genom att flytta laster för uppvärmning från kvällstid till nattetid). Det finns också flera företag som erbjuder mer avancerade lösningar för att med hjälp av AI-system automatiskt optimera exempelvis uppvärmning och elbilsladdning efter timpriser. Bland sådana företag kan nämnas: Ngenic, Power2U och Myrspoven.

Vissa typer av laster är till sin natur flexibla, i den mening att de kan flyttas utan större inverkan på kärnverksamheten.

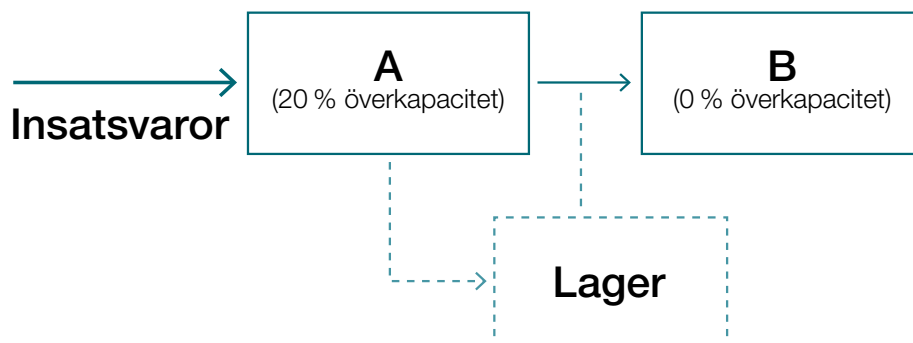
Exempel 5

SISAB (Skolfastigheter i Stockholm AB) förvaltar cirka 600 skolor och förskolor i Stockholm. En mindre del av det totala beståndet (cirka 100 000 m²) värms med direktverkande el och börvärdet för inomhustemperaturen är 21 °C. Effektabonnemanget innebär en extra avgift per kWh under höglasttid (06.00–22.00). För att minska elnätskostnaderna tillämpar SISAB följande styrstrategi på en del (cirka 30 000 m²) av de byggnader som värms med direktverkande el:

När verksamheten avslutas för dagen (cirka 17.00) sänker SISAB börvärdet för inomhustemperatur till 16 °C, för att sedan höja det till 21 °C igen när höglasttid slutar vid 22.00. Denna styrstrategi innebär att effektuttag för uppvärmning förskjuts från perioden 17.00–22.00 till nattetid vilket leder till lägre överföringsavgifter för SISAB samt systemnytta genom att belastningen på elnätet under höglasttid minskar. Åtgärden har dessutom inneburit en sänkt energianvändning.

3.2.2 Lagerkapacitet (materiallager)

I tillverkningsprocesser ger materiallager för mellanprodukter ökade möjligheter till flexibilitet när det gäller hur olika processteg körs. Detta gäller framför allt om det finns överkapacitet i vissa delar av tillverkningsprocessen. Elintensiva processteg kan då köras med högt kapacitetsutnyttjande under timmar med låga elpriser (exempelvis nattetid) och bygga upp lager som sedan betas av under timmar med högre elpriser.



Figur 9. Användning av materiallager kan ge efterfrågeflexibilitet genom att processteg inte behöver köras samtidigt.

I figuren ovan visas en produktionsprocess i två steg, A och B, som körs 24 timmar per dygn. Det första produktionssteget har 20 procent överkapacitet jämfört med daglig produktionsvolym. Med ett mellanlager finns det alltså möjlighet att – till exempel – köra detta produktionssteg på 120 procent av daglig produktionskapacitet under den halvan av dagen med lägst elpriser och på 80 procent av daglig produktionskapacitet under övrig tid. Hur stor flexibiliteten blir beror både på dimensioneringen av de olika processtegen och hur stor lagerkapacitet som finns.

Att använda materiallager ger möjligheter för prisoptimering som påminner om de möjligheter som ges av batterilager, men ofta till lägre kostnad och komplexitet.

Exempel 6

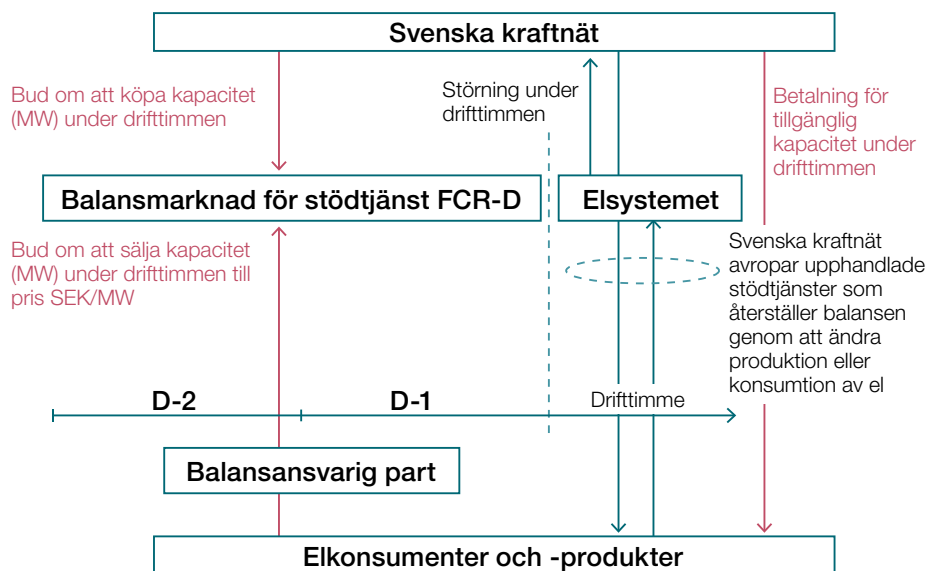


Foto: Holmen Paper

Holmens pappersbruk i Braviken är ett integrerat pappersbruk som först tillverkar pappersmassa och sedan bearbetar den vidare till färdigt papper. Mellan massatillverkningen och pappersmaskinerna finns ett massalager som ger Holmen möjlighet att bygga upp ett massalager under timmar med låga elpriser och sedan tömma lagret under perioder med högre priser. Man fattar dagligen beslut om hur processen ska köras baserat på timprisutvecklingen på elbörsen Nord Pool spot.

3.2.3 Deltagande på FCR-marknaden

Frekvenshållningsreserv störd drift, FCR-D¹³ är en stödtjänst (se [avsnitt 2.2.1](#)) som aktiveras av Svenska kraftnät när frekvensen i elnätet faller utanför intervallet 49,9–50,1 Hz, vilket innebär att det uppstår en större obalans mellan produktion och förbrukning av el. Om frekvensen faller under 49,9 Hz har förbrukningen blivit för hög i förhållande till produktionen. Frekvensen kan då återställas antingen genom att producenter som erbjuder FCR-D ökar produktionen, eller genom att förbrukare som erbjuder FCR-D automatiskt kopplas bort under en kort period. Leverantörer av FCR-D får ersättning för att vara redo att ändra sin produktion eller förbrukning under ett förutbestämt tidsintervall. Ersättningens storlek bestäms i konkurrens med andra leverantörer genom budgivning på Svenska kraftnätets balansmarknader. Det är bara så kallade balansansvariga aktörer som direkt kan lägga bud på Svenska kraftnätets marknader för stödtjänster, vilket innebär att elkonsumenter som vill delta på marknaderna i praktiken måste delta via en mellanhand – exempelvis elhandelsbolaget.



Figur 10. Marknaden för stödtjänsten FCR-D. För varje drifttimme handlar Svenska kraftnät upp reservkapacitet för att kunna hantera störningar. Upphandlingen sker genom budgivning upp till två dagar (D-2) innan drifttimmen. Elkonsumenter och -producenter som vinner budgivningen ska under drifttimmen vara beredda att på signal från Svenska kraftnät ändra sin produktion eller konsumtion av el för att motverka störningar i systemet. Ersättning betalas ut för tillgänglig kapacitet, det vill säga oavsett om störning uppstår eller inte.

Vissa elhandelsbolag¹⁴ erbjuder sina kunder att delta på marknaden för FCR-D. Vid ett sådant samarbete görs först en genomgång av kundens elsystem och -användning. Det man letar efter är delar av kundens elanvändning som kan kopplas bort i upp till 20 minuter utan att verksamheten påverkas negativt. Om systemen bedöms lämpliga för deltagande på marknaden installeras mjuk- och hårdvara för styrning, följt av en testfas (förkvalificering) med Svenska kraftnät. Efter avslutade tester prognostiserar

¹³ Ytterligare information ges på Svenska kraftnätets sidor, här: svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/fcr-d-upp/
Och här: svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/bli-leverantör-av-reserver/

¹⁴ Exempelvis Vattenfall: <https://energyplaza.vattenfall.se/blogg/tjana-pengar-pa-din-flexibla-elforbrukning>

och säljer elhandelsbolaget kundens kapacitet för flexibilitet till Svenska kraftnät, utan att aktivt deltagande från kunden krävs. De delar av kundens elanvändning som erbjuds kopplas vid behov bort automatiskt. Bortkoppling görs vanligen några minuter, men det är ett krav från Svenska kraftnät att den elanvändning som erbjuds kan kopplas bort åtminstone 20 minuter åt gången. Ersättning betalas ut för tillgänglighet – det vill säga för att vara redo att minska elanvändningen – även om resursen inte aktiveras av Svenska kraftnät.

För att delta på FCR-D-marknaden måste alltså delar av ett företags elanvändning kunna kopplas ifrån kortare perioder utan att verksamheten påverkas negativt. Det kan röra sig bland annat om tryckluftssystem (kompressorer), ventilationssystem (fläktar), stora servrar, värme- eller kylsystem, smält- och processugnar, kyl- och frysrum, eller belysning i lokaler utan personalnärvaro (till exempel industriväxthus). Alternativt kan batterier användas för att delta på marknaden – antingen genom att batteriet används som energikälla till verksamheten vid bortkoppling, så att strömförsörjning hela tiden garanteras, eller genom att batteriet matar ut el till nätet. I det sistnämnda fallet deltar batteriet alltså som elproducent.

Den minsta budstorleken på FCR-D marknaden är 0,1 MW (användningen måste kunna minskas med minst 0,1 MW). Även verksamheter med mindre användning kan dock delta via aggregatorer, aktörer som aggregerar flera användares flexibilitet till ett bud. Rollen som aggregator kan tas antingen av kundens elhandelsbolag eller av specialiserade aktörer. Även om en aggregator används krävs dock alltid en balansansvarig part i kontakten med Svenska kraftnät, vilket gör att antalet mellanhänder kan öka – om inte samma part (exempelvis ett elhandelsbolag) är både aggregator och balansansvarig. Regelverket kring aggregatorer och balansansvariga kommer förändras under kommande år, bland annat för att aggregatorer enklare ska kunna agera oberoende av elhandelsbolag¹⁵.

FCR-marknaden är mogen och har drivits under lång tid. Det är dock relativt nyligen som marknaderna öppnades för elkonsumenter och det är därför svårt att uttala sig generellt om hur prisbilden kommer se ut på längre sikt. Flera företag som deltagit eller utrett deltagande på marknaderna bedömer dock att deltagande är lönsamt med dagens prisnivåer och Svenska kraftnät bedömer att behovet av denna typ av tjänster kommer öka, vilket sannolikt kommer leda till stigande priser. Samtidigt får allt fler företag upp ögonen för marknaden, vilket bidrar till att pressa ner priserna.

De konsumenter som hittills anslutit till marknaderna verkar inte ha observerat några betydande tekniska eller juridiska svårigheter.

För att delta på FCR-D-marknaden måste delar av företagets elanvändning kunna kopplas ifrån kortare perioder utan att verksamheten påverkas negativt.

¹⁵ Se Energimarknadsinspektionens rapport R2021:03 och inbjudan till samråd: ei.se/om-oss/nyheter/2022/2022-05-25-framflyttat-samrad-om-villkor-for-leverantorer-av-balanstjanster-och-balansansvariga-parter

Exempel 7



Aluminiumteknikbolaget Gränges produktionsanläggning i Finspång deltar via elbolaget Vattenfall på Svenska kraftnäts FCR-marknad. De götvärmningsugnar som används i processen är typiska exempel på system som lämpar sig väl för deltagande på FCR-marknaden: ugnarna är elintensiva men kan slås ifrån i 20 minuter utan att produktionen påverkas negativt. Företaget anslöt först två av sina ugnar och har efter att konceptet visat sig framgångsrikt beslutat att ansluta återstående ugnar till FCR-marknaden.

Vattenfall ger följande indikativa bedömning av hur mycket några olika typer av elkonsumenter kan tjäna på deltagande på FCR-marknaden:

- Ett växthus med flexibilitet i sin belysning och en elförbrukning på 1 GWh/år kan tjäna cirka 20 000–40 000 kronor/år.
- Ett sågverk med flexibilitet i torkprocessen och en elförbrukning på 10 GWh/år kan tjäna cirka 100 000–500 000 kronor/år.
- Ett datacenter för högprestandaberäkningar har flexibilitet i sina servrar och en elförbrukning på 100 GWh/år. Datacentret kan tjäna cirka 5 000 000–10 000 000 kronor/år.

Mer om Gränges projekt finns att läsa här:

energyplaza.vattenfall.se/kundcase/sa-blev-fcr-en-hallbar-inkomstkälla-för-granges

Vattenfall informerar om FCR-marknaden i ett white paper som finns tillgängligt här:

energyplaza.vattenfall.se/effektbalans#chapter-block-ditt-företag-kan-bidra-till-fcr

3.2.4 Energilager

Med ett energilager – till exempel ett batteri – öppnas flera möjligheter för efterfrågefleksibilitet. Genom att batteriet laddas när elpriserna är låga och laddas ur när elpriserna är höga kan verksamhetens användning av el från nätet minskas under de perioder då priset är som högst. Ett batteri ger också goda möjligheter att delta på flexibilitetsmarknader: med ett laddat batteri kan en verksamhet tillfälligt kopplas bort från elnätet utan att påverkas, eller mata ut el till nätet i bristsituationer. Denna förmåga kan säljas både på befintliga balansmarknader (se [avsnitt 2.2.1](#) och [3.2.1](#)) och på de lokala nätkapacitetsmarknader som i skrivande stund är under utveckling (se [avsnitt 2.2.2](#)).

Utöver möjligheten till efterfrågefleksibilitet ger ett batteri möjlighet till effektreduktion genom utjämning av effekttoppar (se [avsnitt 3.1.7](#)) och möjlighet att öka egenanvändningen av egenproducerad el (se [avsnitt 3.1.5](#)).

Vikten av att kombinera olika nyttor lyfts fram i en resultatsammanställning från forsknings- och innovationsprogrammet SamspeL^{16 17}, som bland annat konstaterar att investeringar i batterier i större fastigheter eller datacenter kan vara lönsamma. Det är då framför allt förmågan att kapa effekttoppar (sänka effektabonnemanget eller betala lägre effekttavgifter) som bidrar, men resultaten pekar genomgående på att flera nyttor behöver kombineras för lönsamhet. Framför allt lyfts att deltagande på FCR-marknaden kan sänka återbetalningstiden för batterier i större fastigheter med 30 procent. Att kombinera flera olika nyttor (kapa effekttoppar, bidra på FCR-marknaden, öka användningen av egenproducerad el, prisoptimering genom utnyttjande av låga spotpriser) på ett optimalt sätt kräver avancerad styrning och algoritmer som kan prognostisera och ta hänsyn till verksamhetens eget elbehov och prisbilden på spot- och balansmarknader för att optimalt ladda och ladda ur batteriet.

Det är inte bara stationära batterier som kan användas för flexibilitetsåtgärder. Laddning av elbilar är ett bra exempel på en flexibel last som kan schemaläggas till perioder med låga spotpriser (typiskt nattetid), eller tillfälligt kopplas bort i bristsituationer. Med så kallad vehicle-to-grid (V2G)-teknik kan batteriet dessutom mata ut el till nätet, en förmåga som kan säljas både på FCR-marknader och lokala effektmärnader. V2G anses ha stor potential men både tekniska och ekonomiska (avtals- och affärsmässiga) aspekter är fortfarande under utveckling. Jämför med beskrivningen av V2B i [avsnitt 3.1.7](#).

Vätgas nämns ofta som ett alternativ till batterier för lagring av el. Vätgas kan produceras med hjälp av el genom elektrolys av vatten. Den färdiga vätgasen kan sedan lagras i exempelvis gastankar eller – för riktigt stora lager – i berggrum, och vid behov omvandlas till el igen med hjälp av en bränslecell. Den totala verkningsgraden för en sådan lösning är låg (åtminstone 55–60 procent av elenergin går förlorad), men vätgaslager har skalfördelar jämfört med batterier och är därför lämpliga för storskaliga lager. Det kan bland annat handla om lager i verksamheter med riktigt stor elanvändning eller lagring under längre tidsperioder, till exempel mellan sommar och vinter. För verksamheter som vill lagra el för att jämna ut effekttuttaget över dygnet bör batterier vara en kostnadseffektivare lösning i de allra flesta fall.

Med ett energilager, till exempel ett batteri, öppnas flera möjligheter för efterfrågefleksibilitet.

Vätgas nämns ofta som ett alternativ till batterier för lagring av el.

16 PowerCircle. (2020). "Batterilager i framtidens elsystem – Syntesrapport över forskning och innovation inom SamspeL". powercircle.org/wp-content/uploads/2020/11/Batterilager_i_framtidens_elsystem_SamspeL.pdf

17 Energimyndigheten. (2016). "SamspeL". energimyndigheten.se/utlysningar/samspeL2/

För verksamheter som producerar vätgas genom elektrolys för egen användning (till exempel kemisk industri) finns goda möjligheter för flexibel elanvändning. Med en överdimensionerad¹⁸ elektrolysör och ett vätgaslager finns möjlighet att anpassa vätgasproduktionen efter spotpriser eller för att delta på flexibilitetsmarknader. För många verksamheter som vill öka användningen av vätgas som del i sina klimatmål kan flexibel användning av elektrolys dessutom möjliggöra tidigare anslutning till elnätet eftersom anläggningen tekniskt sett kan anpassa sitt eluttag efter nätkapaciteten.

Exempel 8



Att kombinera olika typer av nyttor är viktigt för att förbättra lönsamheten för batterilager. Under 2020–2022 genomförde Boliden, Vattenfall och Landskrona Energi ett pilotprojekt kring smarta batterilager vid Bolidens återvinningsanläggning Bergsöe i Landskrona. I projektet användes ett batteri med kapaciteten 1 MWh och effekten 480 kW. Lönsamhet uppnåddes genom att kombinera:

1. utjämning av effekttoppar (lägre elnätsavgifter),
2. utnyttjande av variationer i spotpriset (batteriet laddades vid låga priser och laddades ur vid höga priser),
3. deltagande på FCR-D marknaden,
4. deltagande på den lokala effektmarknaden Switch.

De ovanligt höga och volatila spotpriserna under år 2022 bidrog också positivt till att lönsamhet uppnåddes.

Mer om projektet finns att läsa på Vattenfalls hemsida:

energyplaza.vattenfall.se/blogg/jattebatteriet-blev-mer-lonsamt-an-vantat

¹⁸ En elektrolysör med högre produktionskapacitet än verksamhetens vätgasbehov.



3.2.5 Flera energibärare

Att ha tillgång till flera olika energibärare för samma ändamål ger möjlighet att utnyttja den energibärare som för tillfället är billigast. Det kan exempelvis handla om att kombinera värmepumpar (el) och fjärrvärme för uppvärmning av en byggnad, eller att kombinera elpannor och bränslepannor för ångproduktion i industriella processer.

För full flexibilitet mellan olika energibärare krävs att båda lösningarna själva kan tillgodose hela verksamhetens behov. Detta kan ge en kapacitet som är för hög i förhållande till den nytta som flexibiliteten ger. Å andra sidan krävs ofta något mått av redundans och genom att välja en energibärare för normaldrift och en annan energibärare som reserv, ger reservlösningen både redundans och flexibilitet.

Att ha tillgång till flera olika energibärare för samma ändamål ger möjlighet att utnyttja den energibärare som för tillfället är billigast.

Exempel 9

De byggnader som förvaltas av fastighetsbolaget Fabège värms i huvudsak med fjärrvärme, men i några byggnader finns värmepumpar installerade som komplement. Man låter till viss del värmepumparna styra efter spotpriserna på elbörsen, vilket innebär att värmepumparna främst går nattetid, medan fjärrvärmen går på högre effekt under dagtid.

Kombinationen värmepump och fjärrvärme ger alltså möjlighet att minska uppvärmningskostnaderna genom att utnyttja den energi som för tillfället är billigast.





Hållbar energi för alla

Energimyndighetens uppdrag är att förena ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet i energisystem, som är hållbara och kostnadseffektiva med en låg påverkan på hälsa, miljö och klimat.

Energimyndigheten är beredskapsmyndighet och sektorsansvarig myndighet inom energiområdet.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället, och arbetar för en trygg energiförsörjning.

Forskning om framtidens energisystem och teknik får stöd av oss. Vi stöttar också affärsutveckling som gör det möjligt att kommersialisera innovationer och ny teknik, och ser till att goda lösningar kan exporteras.

Vi ansvarar för Sveriges officiella statistik på energiområdet, och hanterar stödsystem så som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Dessutom deltar vi i internationella klimatsamarbeten, och förmedlar fakta om effektivare energianvändning till hushåll, företag och myndigheter.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna

Telefon 016-544 20 00

E-post registrator@energimyndigheten.se

energimyndigheten.se