

Flexibilitet inom elsystemet

Målgruppsanpassad information och
potentialbedömningar

ER [\[Klicka och skriv ER-nummer\]](#)

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner
eller beställas via energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, [Klicka och skriv publiceringsmånad, år]

ER [Klicka här och skriv åååå:nr]

ISSN 1403-1892

ISBN (pdf) [Klicka här och skriv]

ISBN (tryck) [Klicka här och skriv]

Grafisk form: Energimyndigheten (omslag), Arkitektkopia AB (inlaga)

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma

Förord

Flexibilitet i elsystemet är en av nyckelförmågorna för att klara av en energiomställning som snabbt gör oss mindre beroende av fossila bränslen. Det gynnar inte bara klimatet och miljön utan sätter också Sverige i en tryggare position i vår alltmer osäkra omvärld. Flexibilitet är ett viktigt bidrag till att få stabilare elpriser och på sikt relativt lägre kostnad för vår elanvändning. Samtidigt kan den utgöra viktiga funktioner för ett stabilt och motståndskraftigt elsystem. Det är mycket som står på spel, men med mer flexibilitet i elsystemet står faktiskt de allra flesta som vinnare, elanvändare som elproducenter. Att förbättra flexibiliteten i elsystemet är ett arbete som behöver ske på flera fronter.

En av förutsättningarna för att lyckas är att de samhällsaktörer som äger möjligheten eller driver frågorna framåt behöver samverka och faktiskt förstå varandra. Rätt kunskap är centralt för att kunna agera, och som en del i detta har Energimyndigheten intensifierat informationsarbetet om flexibilitet. Det gör vi i samverkan med bland annat Energimarknadsinspektionen. Genom att kontinuerligt uppdatera och anpassa informationen efter de förändringar som råder är vår ambition att öka möjligheten för aktörerna att fatta informerade beslut som kan gynna både aktören själv och energisystemet i stort.

Energimyndigheten arbetar också aktivt med att förstå de möjligheter som finns att realisera potentialen för flexibilitet, bland annat för att effektivt undanröja hinder. I denna rapport fokuserar vi särskilt på elproducenter och industrin. Vattenkraften står för lejonparten av elsystemets flexibilitet idag och samtliga kraftslag agerar redan på marknader som till stor del tillhandahåller incitament för flexibilitet. En ökad flexibilitetspotential är vanligtvis inte begränsad av marknaden utan kommer ofta med individuella driftmässiga förutsättningar. Industrin står för majoriteten av det framtida effektbehovet och utgörs även de av en diversifierad samling aktörer. De har betydande potential att bidra med mer flexibilitet både idag och framöver, men en stor del av dagens potential nyttjas inte. Det finns således mer att göra för att öka industrins och elproducenternas bidrag med flexibilitet.

Rapporten är framtagen som en delrapportering av vårt pågående regeringsuppdrag att förbättra flexibiliteten i elsystemet, men vi hoppas givetvis att fler aktörer i och utanför energilandskapet ska finna innehållet nyttigt och intresseväckande.

Caroline Asserup
Tf. Generaldirektör

Innehåll

Sammanfattning	7
1 Inledning	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Samverkan och dialog	11
1.3 Avgränsningar	12
1.4 Disposition	12
2 Flexibilitet ur olika perspektiv	13
2.1 Hur skapas flexibilitet?	13
2.2 Flexibilitet för olika tillämpningar	14
2.3 Flexibilitetspotentialens beståndsdelar	16
2.4 Hur realiseras potentialen för flexibilitet?	17
2.5 Effektbehovet nu och i framtiden	23
3 Informationsspridning om flexibilitet	25
3.1 Information och kunskap om flexibilitet	25
3.2 Spridning av information om flexibilitet	26
3.3 Målgruppsanalys om behoven av kunskapsstöd om flexibilitet	31
3.4 Det fortsatta arbetet med informationsspridning	37
4 Reglerbarhet inom elproduktion	39
4.1 Variabilitet ur ett systemperspektiv	39
4.2 Intjäningsförmåga för elproduktion	42
4.3 Förutsättningar och potential för upp- och nedreglering	43
4.4 Vattenkraft	44
4.5 Kärnkraft	48
4.6 Solkraft	52
4.7 Vindkraft	55
4.8 Kraftvärme	57
4.9 Gasturbiner och gaskombikraftverk	59
4.10 Kombination med batterier	60

5	Flexibel elanvändning inom industrin	61
5.1	Industrins energi- och elanvändning.....	61
5.2	En industri i förändring.....	62
5.3	Kartläggning av industrins potential.....	63
5.4	Tidigare studier.....	64
5.5	Förutsättningar för industrin att vara flexibel	65
5.6	Tillgänglig flexibel elanvändning i närtid – resultat från intervjuerna	67
5.7	På vilket sätt kommer tillgänglig flexibilitet från industrin in i systemet?	70
5.8	Kommande flexibilitet från den industriella omställningen	72
5.9	Summering	74
6	Slutsatser och reflektioner	76

Sammanfattning

Energimyndigheten har fått i uppdrag av regeringen att ta fram och sprida målgruppsanpassad information till hushåll och näringsliv samt kartlägga potentialer och möjligheter för flexibilitet hos elproducenterna och industrin. Denna rapport är en delredovisning av regeringsuppdraget som i stort inkluderar fler områden och ska slutredovisas senast den 20 november 2025.

Flexibilitet är elsystemets förmågor att hantera variationer eller oförutsedda förändringar. Således bidrar flexibilitet till ökad stabilitet både i pris och funktion, och till effektivt nätutnyttjande, samtidigt som det kan bidra till systemets motståndskraft och energiberedskap. Flexibiliteten skapas genom aktörernas förmågor att reglera sin elproduktion, lagra energi, och genom att minska eller öka sin användning. Det är viktigt att ta hänsyn till den kommande flexibilitetspotentialen från olika typer av resurser vid analyser av framtidens utmaningar, som exempelvis bedömning av risken för effektbrist som kraftigt kan ändras om mer flexibilitet kommer in i systemet.

Sammantaget kan vi konstatera att det finns goda möjligheter att förbättra flexibiliteten i elsystemet genom informationsinsatser, särskilt hos vissa aktörer, och genom att arbeta kontinuerligt med elproducenterna och i synnerhet industrins viktiga flexibilitetspotential. Hela elsystemet fortsätter att utvecklas och det krävs därför ett kontinuerligt arbete på bred front för att tillgängliggöra befintlig och framtida flexibilitetspotential inom alla delar av systemet. Energimyndigheten avser att arbeta vidare för att främja en utveckling i den riktningen.

Informationsspridning

Insatser för ökad kunskap och information är centralt för att tillgängliggöra mer flexibilitet från en stor samling aktörer. En målgruppsanalys som utfördes inom ramen för detta uppdrag visar att exempelvis tillverkningsindustrier och serviceverksamhet, däribland fastighetsägare, är särskilt relevanta för informationsinsatser, liksom aktörer som tillhandahåller fordonsladdning. Andra relevanta målgrupper bedöms vara offentlig verksamhet, utifrån samhällsnyttan av att agera föregångare. Hushåll är sedan tidigare en utpekad viktig målgrupp. För riktigt stora industrier och stora elproducenter är oftast inte generell kunskap en barriär för att tillgängliggöra mer flexibilitet. Inom regeringsuppdraget har vi arbetat med att utveckla informationen om flexibilitet i ett flertal kanaler som finns tillgängliga för spridning av målgruppsanpassad information till de olika aktörsgrupperna.

Information behöver förvaltas löpande för att fortsätta vara relevant, inte minst inom området flexibilitet, då mycket förändras i omvärlden genom utvecklingen av teknik, regelverk och marknadens förutsättningar. Energimyndigheten avser således fortsätta arbetet med målgruppsanpassad information om flexibilitet och effektiv energianvändning inom och bortom regeringsuppdraget för att förbättra förutsättningarna för att bidra med flexibilitet hos olika aktörer. Arbetet behöver fortsätta samverkas med Energimarknadsinspektionen och andra relevanta myndigheter och aktörer.

Elproducenternas möjlighet att reglera

Elproducenternas möjligheter för flexibilitet handlar om möjligheten att reglera och styra sin elproduktion. Generellt har samtliga kraftslag goda förutsättningar att på olika tidsskalor, på olika marknader eller genom olika mekanismer reglera ned elproduktionen. Möjligheten att reglera upp elproduktionen, nu och i framtiden, är mer varierad beroende på kraftslag:

- Vattenkraftens bidrag till flexibilitet är enormt betydelsefullt över alla tidsskalor och kan förbättras främst utifrån möjligheten för effektutbyggnad och pumpkraft.
- Hos kärnkraften finns en betydande teknisk potential att inom driftgränserna reglera både upp och ned på olika tidsskalor, med det kommer med en kostnad för aktivering som beror på tidsskalan. Investeringar i så kallad lastföljning skulle öka potentialen.
- Potentialen för uppreglering hos variabel elproduktion har ökat, men från relativt låga nivåer, tack vare nya regelverk och tekniska lösningar. Systemintegrerade lösningar, exempelvis lagring, samlokalisering och hybridparker ger ökade möjligheter att bidra till ett mer effektivt utnyttjande av energi och elnät och sänker behoven av flexibilitet i övriga systemet.
- Kraftvärmen producerar el främst utifrån ett värmebehov, vilket innebär kraftvärmen följer variationen över säsongen naturligt. Reglerbarheten och potentialen hos kraftvärmen på kortare tidsskalor varierar mellan anläggningar. Större värmelager kan frigöra kapacitet för elproduktion även under kalla perioder.
- Gasturbiner är högst reglerbara. De har relativt låga investeringskostnader men hög driftkostnad och är därför främst lämpliga för spetslast vid effekt- eller kapacitetsbrist. En nackdel är visst beroende av fossila bränslen.

Utifrån utfallsrummet i Energimyndighetens scenarioanalys skulle en teoretisk tillkommande potential från kraftproduktion inom tio år kunna vara 6 – 10 GW med varierad tillgänglighet och uthållighet utifrån kraftslagets individuella förutsättningar. Kombinerat kraftslaget med batterier ökar möjligheten till snabb reglering och mer jämn eltillförsel. Elproduktion har traditionellt stått för merparten av flexibiliteten i elsystemet, men systemet gynnas av fler aktörer med flexibla resurser som kan konkurrera med elproducenternas reglerbarhet, exempelvis aggregatorer med tillgång till billig kapacitet för flexibilitet, eller industrin med sin mångfald och sina storskaliga projekt.

Industrins potential för flexibilitet

Kartläggning av industrin har i detta uppdrag gjorts med en bred målgruppsanalys av näringslivet, med en kartläggning av befintliga och kommande anläggningar för produktion, omvandling och användning av vätgas, samt med en intervjustudie av 24 elintensiva industrier.

Målgruppsanalysen visar att fastighetsbolag och vissa typer av mindre företagen har en stor potential för flexibilitet redan i närtid, givet att deras resurser kan vara

styrbara, att de nås av marknadernas prissignaler och att de har kunskapen att agera aktivt. Informationsbehovet är relativt stort för dessa aktörer.

Trots hög teoretisk potential för flexibel elanvändningen vid produktion av vätgas är de marknadsmässiga förutsättningarna generellt sett inte på plats idag för flexibilitet genom överdimensionering av elektrolysörer eller investeringar i större vätgaslager, inte heller planeras processerna köras flexibelt.

Intervjuerna av större industrier visar att industrin har möjlighet att vara flexibla med cirka 5 till 15 procent av sin elanvändning i närtid utan alltför stora investeringar. Förutsättningarna och möjligheterna varierar mellan branscherna och inom respektive bransch. Att vara flexibel innebär oftast en kostnad för en industri, genom till exempel ett produktionsbortfall eller genom att det krävs en överkapacitet i hela eller delar av processen. Denna tillgängliga flexibilitet är till viss del verksam redan idag, men inget av de intervjuade företagen bidrar idag med flexibilitet för att minska nätkapacitetsbrist. Energimyndigheten avser arbeta främjande med att öka volymen av flexibel elanvändning från industrin.

1 Inledning

Det har skett stora förändringar i elsystemet det senaste decenniet, både i Sverige och EU, inom allt från regelverk och marknader till teknik och innovation. Utvecklingen fortsätter i hög takt och innebär nya möjligheter för befintliga och nya aktörer, exempelvis att genom flexibilitet både spara och tjäna pengar och samtidigt bidra till ett mer leveranssäkert och stabilt elsystem. Men det föränderliga landskapet medför också en ökad komplexitet, och det kan vara svårt att hänga med i utvecklingen för aktörer som inte agerar professionellt på marknaderna, exempelvis för hushåll och andra mindre elanvändare eller prosumenter¹.

Som ett motmedel har Energimyndigheten i uppdrag från regeringen att ta fram och sprida målgruppsanpassad information om flexibilitet, som är en stor möjliggörare för utvecklingen av elsystemet och dess aktörer. I denna rapport beskriver vi det arbete som gjorts hittills samt den information som finns tillgänglig nu. Uppdraget löper till 20 november 2025 men informationsbehovet kommer kvarstå under en lång tid framöver. Energimarknadsinspektionen har inom sitt mandat genom instruktionen skapat ny konsumentvägledning om flexibilitet², som en del av flera satsningar för att bidra till att fler kunder kan bli välinformerade och aktiva på marknaden.

Energimyndigheten har också i uppdrag att kartlägga industrins och elproducenternas möjligheter och potential för flexibilitet. I rapporten redovisar vi resultatet av de studier som gjorts hittills vilket inkluderar en målgruppsanalys av näringslivet, en intervjustudie av industrin samt en kartläggning av vätgasprojekt. Vårt fokus är framför allt på den utveckling som kan ske inom de närmsta fem till tio åren.

1.1 Bakgrund

Som ett led i regeringens satsning på elektrifieringen fick Energimarknadsinspektionen (Ei), Affärsverket svenska kraftnät (Svenska kraftnät), Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac) samt Energimyndigheten år 2022 i uppdrag av regeringen att främja ett mer flexibelt elsystem³. Uppdraget bestod av fem deluppdrag där deluppdrag fem genomfördes av de fyra olika myndigheterna i samverkan med varandra och med Ei ansvarig för samordningen. Deluppdrag fem bestod bland annat av att uppskatta potentialerna och behoven för flexibilitet i elsystemet vintrarna 2023/2024, 2025/2026 samt 2030/2031, att föreslå åtgärder för att främja mer flexibilitet och inte minst att ta fram en gemensam handlingsplan baserat på åtgärdsförslagen. Deluppdrag fem slutredovisades 15 december 2023.

Den 27 juni 2024 tog regeringen beslut om att gå vidare med ett antal av åtgärderna (åtgärd 1, 9, 10, 13 och 32) genom uppdraget att förbättra flexibiliteten i elsystemet⁴,

¹ Aktör som både konsumerar och producerar el, exempelvis hushåll med solcellsanläggningar

² Använd el smartare <https://ei.se/konsument/anvand-el-smartare> (hämtad 2025-02-19)

³ Regeringen, Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem, <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2022/08/uppdrag-att-framja-ett-mer-flexibelt-elsystem/> (hämtad 2025-04-11)

⁴ Regeringen, Uppdrag att förbättra flexibiliteten i elsystemet, <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2024/07/uppdrag-att-forbatta-flexibiliteten-i-elsystemet/> (hämtad 2025-04-11)

vilket denna rapport handlar om. Enligt uppdraget ska Energimyndigheten sprida målgruppsanpassad information om flexibilitet till förbrukare och småskaliga elproducenter, kartlägga industrins och elproducenters potential avseende flexibilitet, utveckla kommunikationsprotokoll för teknik som kan möjliggöra flexibilitet, se över behov av processer och krav för en driftssäker samverkan med elsystemet i samtliga systemdrifttillstånd samt analysera möjligheten för slumpmässig uppstartsfördröjning.

Energimyndigheten ska delredovisa uppdraget som gäller spridning av målgruppsanpassad information och kartläggning av industrins och elproducenters potential avseende flexibilitet senast den 20 april 2025 och slutredovisa hela uppdraget senast den 20 november 2025 till Regeringskansliet (Klimat- och näringslivsdepartementet). Den här rapporten ingår i delredovisningen.

1.2 Samverkan och dialog

Den del av uppdraget som gäller målgruppsanpassad information har genomförts i samverkan med Ei och Konsumentverket. Energimyndigheten har samverkat aktivt med Ei under uppdraget eftersom Ei har i uppdrag att främja efterfrågeflexibilitet på elmarknaden och besitter stor kunskap på området. Ei har bidragit aktivt till uppdraget genom att ta fram målgruppsanpassad information om flexibilitet till förbrukare på sin webbplats, genom löpande dialog kring uppdragets genomförande och genom kunskapsöverföring (bland annat till de kommunala energi- och klimatrådgivarna). Energimyndigheten kommer i stor utsträckning att hänvisa till den information om flexibilitet som Ei publicerat på sin webbplats, och båda myndigheterna för en dialog om hur samverkan kring kundinformation kan utvecklas framgent.

Samverkan med Konsumentverket har handlat om kompletteringar av information om flexibilitet i deras konsumentvägledning. Inom ramen för denna del av regeringsuppdraget har samverkan även skett med CIT Renergy (CIT) som gjort en målgruppsanalys av små och medelstora aktörer inom näringslivet, samt småskaliga elproducenter.

Den del av uppdraget som gäller kartläggning av industrins och elproducenters potential avseende flexibilitet har gjorts delvis tillsammans med externa parter, inkluderad RISE (Research Institutes of Sweden), Power Circle och Profu. Samarbetet inkluderar en intervjustudie av stora företag samt workshop tillsammans med SKGS⁵ och ett trettiotal av deras medlemsföretag. Energimyndigheten har presenterat preliminära resultat om industrins möjligheter och potential för Svenska kraftnät och Ei.

Energimyndigheten har därutöver haft dialog med Regeringskansliet om tolkning av uppdragsbeskrivningen för att säkerställa ett ändamålsenligt arbete inom uppdraget och att vår tolkning går i linje med vad som efterfrågats från regeringen.

⁵ Svenska basindustrins samarbete kring energifrågor. SKGS står för Skogen, Kemin, Gruvan, och Stålet, <https://skgs.org/> (hämtad 2025-04-11)

1.3 Avgränsningar

Då rapporten ingår i delredovisningen berör vi endast de delar av uppdraget som är utpekade för delredovisningen; målgruppsanpassad information och kartläggning av industrins och elproducenters potential.

Målgruppsanpassad information ska tas fram och spridas till hushållen, industri, övrigt näringsliv och småskaliga elproducenter. Eftersom information behöver förvaltas, och behovet av information kommer vara föränderligt över tid, behöver arbetet med informationsspridning fortsätta även efter delrapporteringen. Avsikten är att det ska ingå i Energimyndighetens långsiktiga och mer övergripande arbete med informationsspridning. Det fortsatt föränderliga kunskapsläget medför också att vi inte vid ett enskilt tillfälle kan anse oss vara klara med att vare sig ”ta fram” eller ”sprida” målgruppsanpassad information, och i synnerhet inte till dellenveransen.

När det gäller informationsspridning om flexibilitet har vi valt att inte fokusera på storskaliga elproducenter och industrier. Detta då vi utgått ifrån att kunskapsnivån redan är hög hos dessa grupper och att bristen på information inte utgör en barriär för att delta inom el- eller effekthandel på ett mer aktivt eller effektivt sätt, på samma sätt som det kan göra för andra mindre aktörer.

För definitionen av småskaliga elproducenter inkluderar vi de elproducenter som äger anläggningar med en sammanlagd kapacitet upp till maximalt 10 MW.

1.4 Disposition

Rapporten är indelad i sex kapitel, och fortsätter efter detta inledande kapitel med kapitel 2 dedikerat till att beskriva olika perspektiv av begreppet flexibilitet inkluderat dess nyttor och allmänna förutsättningar.

Kapitel 3 belyser informationsområdet flexibilitet på en övergripande nivå, och Energimyndighetens olika kanaler och verktyg för att nå ut med målgruppsanpassad information. Slutligen innehåller kapitlet en summering av den målgruppsanalys vi låtit göra inom ramen för detta regeringsuppdrag, som också blir grunden för fortsatt prioritering av spridningsinsatser.

Kapitel 4 som handlar om elproducenternas möjlighet för att reglera sin produktion inleds med en diskussion om variabilitet och systemeffekter kopplat till vindkraft och solkraft, olika kraftslags intjäningsförmåga och går därefter in på varje kraftslags egna förutsättningar och potentialer.

Kapitel 5 beskriver industrins möjligheter och potential att bidra med flexibilitet baserat på den intervjustudie som gjordes inom ramen för detta regeringsuppdrag, samt på tidigare kartläggningar om vätgas, och till viss del också målgruppsanalysen. Kapitlet inleds med industrins förändringsresa och avslutas med en framåtblick.

Slutligen presenteras slutsatser och reflektioner i kapitel 6.

2 Flexibilitet ur olika perspektiv

I detta kapitel beskrivs olika perspektiv på flexibilitet; hur potentialen skapas, hur den realiseras, dess tillämpningsområden samt hur det påverkar elsystemet. Begreppet flexibilitet är mångfasetterat och kan vara förvirrande, varför vi tillägnat ett helt kapitel åt begreppet.

De senaste tio åren har begreppet flexibilitet blivit allt vanligare i samtalen om vårt elsystem. Som begrepp är det med andra ord relativt nytt även om förmågorna (begreppets innebörd) alltid har funnits, i någon utsträckning, i elsystemet. Med stora penseldrag är flexibilitet i elsystemet förmågorna att anpassas efter och hantera olika variationer, störningar eller oförutsägbara förändringar; det handlar om att hålla systemet i balans över alla tidsskalor och i alla delar av nätet. Mer konkret kan flexibilitet bidra till exempelvis högre leveranssäkerhet, mer stabila elpriser, och ett bättre utnyttjande av elnäten. Då flexibilitet möjliggör en högre andel vind- och solkraft och ett bättre utnyttjande av elnäten kan det med andra ord sänka kostnaderna för elanvändarna både gällande elhandel och nättariff.

Flexibilitet är således ett samlingsbegrepp som kan betyda lite olika saker för olika aktörer, och som kan bidra med olika nyttor för olika ändamål. Mer flexibilitet är en förutsättning för att Sverige ska klara av att genomföra en omställning av energisystemet på ett hållbart sätt, oavsett om det byggs mer kärnkraft eller inte.⁶

2.1 Hur skapas flexibilitet?

Ett viktigt grundläggande perspektiv för att förstå elsystemets flexibilitet är hur den kan skapas. Potentialen för flexibilitet inom elsystemet är den sammanlagda potentialen från de olika flexibilitetsresursernas⁷ i elsystemet, som bidrar genom

- reglerbar elproduktion,
- lagring⁸, och
- efterfrågefexibilitet⁹.

Elsystemet i stort blir alltså anpassningsbart när dess delar (resurser) är det, när elproduktionen är reglerbar, med hjälp av lager som är sammanlänkade med

⁶ Göransson och Johnsson, Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden? <https://research.chalmers.se/publication/536840> (hämtad 2025-04-11)

⁷ I den här rapporten har vi valt att inte titta närmre på import och export, men dessa möjligheter är givetvis avgörande för elsystemets funktion.

⁸ Lagring behöver inte vara bara energilager, utan kan vara exempelvis lager av intermediära produkter.

⁹ Definition i EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2019/944 av den 5 juni 2019 om gemensamma regler för den inre marknaden för el och om ändring av direktiv 2012/27/EU, Art..2 p20

elsystemet och när efterfrågan på el är anpassningsbar. Det finns ingen inbördes prioritet bland sätten att skapa flexibilitet, men olika resurser kan givetvis ha olika egenskaper och därmed passa för olika tillämpningsområden. När förmågorna konkurrerar får systemet den mer kostnadseffektiva lösningen och redundans i systemet vilket är bra ur ett beredskapsperspektiv. När förmågorna samspelar får vi ett mer resilient system som klara av fler typer av variationer, störningar och oförutsedda förändringar.

Utvecklingen av teknik och elmarknad medför också nya möjligheter för nya eller gamla resurser att bidra med flexibilitet. Lagring av intermediära produkter inom industrin är ett exempel på en resurs som kan finnas uttänkt för andra ändamål men som kan möjliggöra flexibilitet (utan att ha en direkt koppling till energi) om det finns överkapacitet i produktionen. Ett annat viktigt exempel på en befintlig resurs är inomhusklimatet i bostäder och lokaler. Värmen i byggnaderna utgör ett lager, och när uppvärmning eller nedkylning blir styrbar blir värmen plötsligt en resurs med stor tekniskt tillgänglig potential som kan nyttjas i elsystemet. Den växande flottan med laddbara fordon utgör också en resurs med betydande teknisk potential för flexibilitet. Det de två sistnämnda resurser har gemensamt är att de tillfaller elsystemet utan ekonomisk kostnad. Med nya möjligheter att aggregera¹⁰ resurserna ökar möjligheten ytterligare för olika tillämpningar.

2.2 Flexibilitet för olika tillämpningar

Flexibilitet kan på en allmän nivå anses bidra till att accelerera omställningen till ett mer hållbart energisystem. På en mer konkret nivå innebär det att flexibilitet kan bidra till att elsystemet lättare kan hållas stabilt och driftsäkert¹¹, mer stabila elpriser och genom effektiv energianvändning också lägre kostnader för elhandel¹², lägre kostnader för nätutnyttjande, ökad svensk konkurrenskraft genom de tidigare två punkterna, och kanske allra mest aktuellt just nu; ökad energiberedskap och motståndskraft för yttre påverkan¹³. Kopplat till möjligheten för industri och transportsektorn att snabbare ställa om kan flexibilitet indirekt också bidra till mindre lokala utsläpp. Det finns också en synergi mellan flexibilitet och aktiva elanvändare, exempelvis inom energigemenskaper¹⁴. Eftersom flexibilitet är ett samlingsbegrepp av diversifierande förmågor är det naturligt att kategorisera de olika nyttorna flexibilitet för med sig.

¹⁰ Aggregering definieras i ellagen som en sammanslagning av flera elanvändares förbrukning eller sammanslagning av producerad el för försäljning, anskaffning eller auktionering på elmarknader.

¹¹ Se även avsnitt 2.4.4

¹² På sikt kan mer flexibilitet möjliggöra mer elproduktion av kraftslag som har låga marginalkostnader, och vid bättre utnyttjande av varierande elproduktion sjunker medelpriset för el. Givet att flexibilitet i sig inte kostar mer än mellanskillnaden till produktionsalternativet blir medelpriset lägre.

¹³ Ökad digitalisering, som sker oavsett utvecklingen av flexibilitet, men som i de flesta fallen är en förutsättning för flexibilitet, kan öka sårbarheten i elsystemet.

¹⁴ Energimyndigheten, Energigemenskaper – Förutsättningar och förslag på främjandeinsats, <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=294bae20fa14458da8673d849234874b&q=2024%3A20&lstqty=1> (hämtad 2025-04-11)

I det tidigare regeringsuppdraget att främja ett mer flexibelt elsystem¹⁵ kategoriseras olika nyttorna (här tillämpning) som flexibilitet kan bidra med *flexibilitet för energi*, *flexibilitet för balansering*, och *flexibilitet för överföring*, se Tabell 1. Kategorierna togs fram gemensamt av Ei, Svenska kraftnät, Swedac och Energimyndigheten och avspeglar de primära funktionerna i elsystemet men är samtidigt breda nog att omfatta även de flesta sekundära nyttorna med flexibilitet. I tillägg har vi inkluderat en fjärde kategori; *flexibilitet för energiberedskap*, som med anledning av förändrade omständigheter i vår omvärld bedöms förtjäna sin egen kategori.

Tabell 1. Fyra kategorier av tillämpningsområden för flexibilitet i elsystemet. Det finns andra sätt att benämna kategorierna, och det viktiga är att synliggöra att flexibilitet består av olika förmågor, i syfte att förenkla förståelsen och diskussionen mellan olika parter.

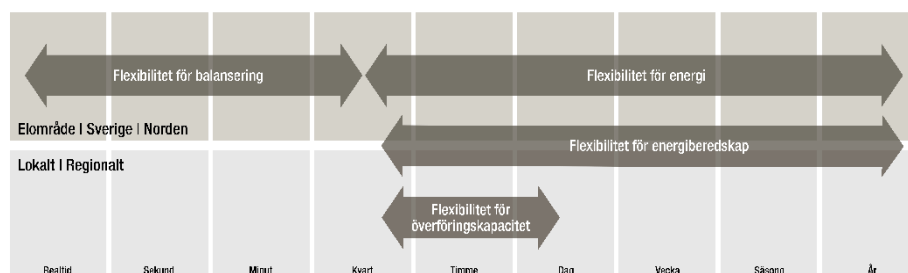
Tillämpning	Beskrivning	Nytta
Flexibilitet för energi	Förmågan till jämvikt mellan säsongs-/mellanårlig energitillgänglighet samt balansera för variationer i residuallast ¹⁶ och prognosfel innan drifttimmen.	Mer effektiva elmarknader med hög nyttjandegrad av variabel elproduktion som leder till lägre och mer stabila elpriser, aktiva elkunder, och avlastar flexibilitet för balansering.
Flexibilitet för balansering	Förmågan att balansera prognosfel i användning och produktion samt oförutsägbara, snabba förändringar för att upprätthålla en stabil frekvensnivå under drifttimmen.	Högre likviditet på balansmarknaden medför lägre systemkostnader, högre leveranssäkerhet och avlastar skyddstjänster för nöddrift.
Flexibilitet för överföring	Hantera risker för överbelastning i nätet samt frigöra överföringskapacitet	Avlasta behovet av att bygga ut nätkapacitet, och sänker nätkostnaderna för elanvändare och möjliggör en tidigare grön omställning.
Flexibilitet för energiberedskap	Dämpning av behovet av nödtåtgärder, och en stärkt förmåga till motståndskraft vid störningar eller i kris och krig.	Leveranssäkerhet och ökad förmåga att upprätthålla viktiga funktioner i samhället, exempelvis vid påverkan av främmande makt eller onormala väderförhållanden.

Det finns inget enda rätt sätt att kategorisera nyttor eller tillämpningsområden som flexibilitet bidrar med. Icke-desto mindre har just dessa tillämpningsområden (nyttoområden i tidigare regeringsuppdrag) använts väl i litteraturen. Att utgå från samma bild borgar för en mer effektiv dialog mellan olika parter, vilket också är anledningen till att vi i denna rapport håller kvar vid kategoriseringen. Att diskutera kategorierna med andra parter är också en bra övning för att öka förståelsen för varandras perspektiv.

Flexibilitet för energi och *balansering* kompletterar till stor del varandra igenom att en större flexibilitet tidigare på tidslinjen kan agera dämpande för behov av flexibilitet senare, se Figur 1. Men vissa behov går inte att undvika, exempelvis prognosavvikelser, vilket innebär att det måste finnas kapacitet för *flexibilitet för balansering* oavsett förmågan flexibilitet för energi. Det finns även kopplingar till *flexibilitet för överföring* och *beredskap* i att det kan vara samma resurser och aktörer som deltar. Allokering och aktivering av tillgängliga resurser avgörs framför allt av marknad och regelverk.

¹⁵ Regeringen, Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem, <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2022/08/uppdrag-att-framja-ett-mer-flexibelt-elsystem/> (hämtad 2025-04-11)

¹⁶ Även kallad nettolast. Det är den totala elanvändningen (last) subtraherat med produktion från variabel elproduktion (traditionellt sol- och vindkraft men även i förekommande fall strömkraft).



Figur 1. Illustration av de fyra olika kategorierna av flexibilitet på olika nivåer i systemet, och verksamma på olika tidskalor.

2.3 Flexibilitetspotentialens beståndsdelar

Utifrån tillämpningarna spelar det ingen roll om potentialen för flexibilitet kommer från reglerbar elproduktion, lagring, efterfrågefleksibilitet, eller en kombination av dessa. Kan vi i stället summera dem för ett givet tillämpningsområde kommer vi ett steg närmare en tydlig bild av potentialen. Flexibilitetspotentialen kan kvantifieras genom två fysikaliska storheter; *effekt* och *tid*.

Effekt avspeglar hur snabbt energi produceras, används, överförs eller lagras, och *tid* kan förenklat beskrivas som uthållighet, hur länge effektbidraget av flexibilitet kan vara. Flexibilitet från flera resurser, exempelvis genom aggregering¹⁷, möjliggör att det sammanlagda effektbidraget kan bli väldigt stort, även om de individuella effektbidragen är låga. Likaledes kan ett koordinerat bidrag från flera resurser också bidra med flexibilitet med längre uthållighet, dock på en lägre effekt än om de aktiveras samtidigt.

Tid omfattar på sätt och vis fler karakteristiker än bara uthållighet:

- **Återhämtning** – hänger ihop med **uthållighet** och är den tid som krävs tills resursen kan reaktiveras. Tillsammans bestämmer de hur stort det totala flexibilitetsbidraget kan vara över en längre period.
- **Ramphastighet och effektkarakteristik** – hur snabbt en resurs som tillhandahåller flexibilitet ökar eller minskar effekten samt eventuella tekniska krav på hur effekten ser ut över tid¹⁸. Digitalisering och automation möjliggör korta aktiveringstider.
- **Aktiveringstid och förberedelse** – hur snabbt resursen kan aktiveras och hur långt i förväg innan aktivering signalen behöver komma till den aktör som tillhandahåller flexibilitet – förberedelse handlar om att säkerställa att kapaciteten för flexibilitet är tillgänglig.

¹⁷ Se fotnot 10.

¹⁸ För vissa tillämpningar finns reglerade och mer tekniskt avancerade krav. Exempelvis för stödtjänster där kraven tas fram av ENTSO-E, den europeiska organisationen för transmissionsnätoperatörerna inom 36 länder. För stödtjänster gäller även att det finns realtidsmätning, godkänd förkvalificering och elektronisk kommunikation.

I Energimyndighetens kortsiktiga prognoser vinter 2025¹⁹ kvantifieras flexibilitetspotentialerna utifrån möjligheten för en timmes uthållighet under vinterförhållanden. Till 2028 uppskattas den totala potentialen från industrier, datacenter, stationära batterier, laddbara lätta fordon och värmepumpar bli ungefär 8 GWh/h. Men som också anges i prognosrapporten är inte siffran en indikation på vad som finns tillgängligt under en och samma timme. Det är viktigt att komma ihåg att potentialer hos olika resurser kan ha olika tillgänglighet över både året som dygnet, och dessutom ha olika tidskaraktistik och därmed vara mer eller mindre lämpade för specifika tillämpningar. Diskussion om potentialen för flexibilitet från specifikt elproducenter och industrin fortsätter i kapitel 4 och 5.

2.4 Hur realiserar potentialen för flexibilitet?

Ur elanvändarnas perspektiv kan man säga att det förenklat finns två strategier att dra nytta av sin egen flexibilitet. Den första och enklaste strategin handlar om att *spara pengar* genom att direkt respons på marknadssignaler, såsom elprisvariationer eller tidsdifferentierade elnätstariffer. Denna typ av flexibilitet kallas ibland *implicit flexibilitet* och karakteriseras av att vara decentraliserad och bygger på ett löpande ställningstagande till skillnad från avtal om flexibilitet. En förutsättning för att spara pengar i fallet elprisvariationer är givetvis att användaren är exponerad för prisvariationen genom ett elhandelsavtal som har samma upplösning som dagen före-marknaden²⁰. Av den anledningen finns inte krav på automatiserad styrning, mätning eller avräkning eller dylikt, även om automation självklart är en möjliggörare. *Spara pengar*-strategin hjälper alltså den enskilde elanvändaren men påverkar inte elmarknaden i övrigt om inte balansansvarig korregerar sina prognoser och därmed handeln på spot-marknaden.

Den andra strategin handlar om att *tjäna pengar* i stället, och kallas ibland *explicit flexibilitet*. Det sker genom att aktörer erbjuder och aktiverar flexibilitetsresurser – och därmed ökar eller minskar sin elanvändning vid specifika tillfällen – på olika marknader och genom specifika avtal. Inom *tjäna pengar*-strategin krävs oftast en hög smarthet på styrningen och i vissa fall mer tekniska krav på resursen. Mätning och avräkning av faktiskt realiserad flexibilitet är dessutom en förutsättning för att säkerställa rättvis handel – ett kvitto på handlad flexibilitet.

2.4.1 Flexibilitet för energi

Flexibilitet för energi kan även beskrivas som flexibilitet för mer effektiv energianvändning. Flexibilitet för energi realiserar främst genom att aktörer reagerar på marknadsprissignaler och justerar sin elanvändning eller produktion utifrån variationer i elpris. De viktigaste marknadsplattformarna för denna form av flexibilitet är dagen före-marknaden (även kallad spotmarknaden) och intradagsmarknaden, där utbud och efterfrågan matchas genom budgivning, vilket skapar incitament för aktörer att anpassa produktion och efterfrågan baserat på de förväntade marknadsförhållandena. Denna flexibilitet är särskilt viktig för att hantera

¹⁹ Energimyndigheten, Kortsiktiga prognoser, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/framtidens-energisystem/kortsiktiga-prognoser/> (hämtat 2025-04-02)

²⁰ Idag handlas el på spotmarknaden timme för timme. Från den 11 juni kommer spotmarknaden gå över till 15-minuters handel.

prognosavvikelser, exempelvis vid förändrade väderförhållanden som påverkar produktionen från vind- och solkraft. Genom intradagsmarknaden kan framför allt aktörer med balansansvar reagera på ny information och därmed säkerställa en bättre anpassning till rådande systemförhållanden och handla sig i balans innan drifttimmen.

Aktörer med planerbara resurser kan även bidra med flexibilitet för energi genom avtal för aktivering av flexibilitet vid specifika tillfällen. Långsiktiga avtal för energilagring, exempelvis inom vattenkraft och batterier, möjliggör strategisk planering av produktion och lagring för att optimera resurser och minska prisvolatilitet.

Även terminsmarknader och Power Purchase Agreements (PPA) kan ha en viktig funktion, då dessa skapar förutsägbara och stabila villkor som underlättar investeringar i resurser som kan bidra med flexibilitet, såsom ny produktion eller lagringsteknologier. På terminsmarknaden köper och säljer aktörer elkraft för framtida leveranser, vilket ger möjlighet att hantera prisrisker och skapa mer förutsägbara affärsmodeller. PPA-avtal, som ofta används inom variabel energi, innebär att en producent och en köpare ingår ett långsiktigt avtal om elförsörjning till ett förbestämt pris, vilket ger både förutsägbarhet och stabilitet i energiflöden och intäkter.

Exempel med prisvariationer på dagen före-marknaden

I Figur 2 visas medelpriserna på el exklusive moms under sommarens och vinterns vardagar och helgdagar, per timme och för de tre senaste åren. Dessa priser ger oss framför allt insikter om möjligheter att agera på dagen före-marknaden (spotmarknaden), och säger inte så mycket om intjäningsförmågan genom andra strategier. Medelpriser säger något om incitamentet för systematisk och återkommande flexibilitet, exempelvis genom smart styrning, men enstaka dagar och timmar kan givetvis ha skapat större incitament än vad som framgår av dessa medelpriser.

Timme på dygnet	Sommar - vardag			Sommar - helg			Vinter - vardag			Vinter - helg		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
0	49	35	16	52	27	16	101	62	43	100	49	35
1	35	32	15	40	24	14	92	57	40	93	46	34
2	30	31	15	35	22	13	88	56	38	91	44	33
3	30	31	14	33	21	13	86	55	36	86	42	33
4	32	32	15	29	21	12	92	58	37	87	42	33
5	62	39	18	30	21	12	113	64	43	93	43	34
6	151	47	23	26	24	13	143	84	57	98	44	35
7	236	57	32	35	28	14	202	113	81	108	50	38
8	283	66	35	61	30	13	218	128	99	121	60	42
9	290	60	31	76	28	10	214	125	95	132	68	46
10	268	56	26	91	24	5	208	122	88	140	70	47
11	259	52	23	83	20	1	201	116	82	139	70	48
12	241	49	21	64	16	-3	193	111	78	134	67	47
13	223	45	19	50	12	-8	186	108	77	129	65	46
14	214	43	19	42	10	-8	190	109	80	128	67	47
15	213	46	20	52	15	-4	199	114	89	135	74	49
16	217	49	22	75	23	5	213	122	104	151	82	55
17	247	57	25	98	37	13	235	128	115	181	91	60
18	265	64	28	122	44	18	227	120	100	176	94	60
19	256	68	29	134	47	20	202	105	84	156	84	53
20	230	64	27	130	47	21	175	91	72	132	73	46
21	195	57	24	118	40	20	150	82	61	123	67	43
22	147	48	22	83	32	18	138	72	53	111	59	40
23	78	39	18	35	29	15	111	64	46	92	50	36

Figur 2. Medelpriser per timme över sommarens och vinterns vardagar och helgdagar, de tre senaste åren.

Ur siffrorna i figuren går att skönja ett par olika saker. Det ena är att elpriskrisen som inträffade under 2022 och fortsatte in i 2023 skapade incitament att både vara flexibel och minska elanvändningen generellt. Under omständigheterna som rådde, inte minst i vår omvärld, blev variationerna under sommaren 2022 att överträffade variationerna

under samma vinter. Blickar vi tillbaka till 2024 syns det att incitamentet att vara flexibel utifrån spotmarknaden faktiskt var högre på sommarens helger än vardagar, räknat utifrån minimi- och maximipriset under dygnet. Det allmänna incitamentet är dock relativt lågt under sommaren 2024, till skillnad från vinters vardagar och helger 2024; då råder det omvända, att prisvariationer och högsta pris är högre under vardagar än under helgdagar.

För stora elanvändare såväl som hushåll får är det tydligt att anpassning till spotmarknadens elpriser är av något värde. Enkelt beräknat skulle en ägare av ett laddbart fordon kunna sparat ungefär 1 800 kr på ett år genom att förlägga laddningen den billigaste timmen under natten i stället för klockan 18. 2022 skulle motsvarande besparing vara över 8500 kr på ett år. För att lyckas med en sådan anpassning är automatisk styrning och timprisavtal två viktiga förutsättningar, men dessa förutsättningar kan också uppfyllas relativt enkelt idag.

2.4.2 Flexibilitet för balansering

Flexibilitet för balansering avser förmågan att snabbt anpassa elanvändning eller elproduktion för att hantera kortsiktiga obalanser i elsystemet och säkerställa att frekvensen hålls stabil på 50 Hertz²¹. Det är ofrånkomligt att helt undvika prognosfel för produktion och användning efter intradagmarknaden stänger. Därför är flexibilitet för balansering helt avgörande för att upprätthålla driftsäkerheten i elsystemet i realtid vilket hanteras huvudsakligen genom olika stödtjänstmarknader som tillhandahålls av Svenska kraftnät.

Frekvenshållningsreserver (FCR-N och FCR-D upp/ned) utgör den första försvarslinjen mot kortsiktiga frekvensavvikelser och består av resurser som reagerar automatiskt inom sekunder för att stabilisera frekvensen vid mindre störningar (frekvensen under 49,9 Hz respektive över 50,1 Hz). FCR är dimensionerat för största möjliga felfall men spelar också en viktig roll i ett elsystem med hög andel vind- och solkraft, där variationer i produktion kan ske snabbt och oförutsägbart.

Vid större avvikelser krävs mer omfattande åtgärder för att återställa frekvensen, vilket hanteras genom frekvensåterställningsreserver (aFRR och mFRR). Dessa resurser har en något längre aktiveringstid än FCR men är avgörande för att återföra systemet till stabil drift efter större störningar. aFRR används främst för kontinuerliga justeringar av systembalansen, där resurser aktiveras automatiskt och gradvis för att anpassa elproduktion och elanvändning. mFRR används vid mer akuta obalanser och aktiveras numera automatiskt, men kan även aktiveras manuellt. Här kan exempelvis industriella anläggningar, energilager och kraftverk tillhandahålla flexibilitet genom att snabbt öka eller minska sin elanvändning eller produktion. Aktörer kan även delta på stödtjänstmarknaderna via en aggregator, som sammanför och optimerar resurser från flera mindre aktörer. Detta då många individuella resurser, såsom batterier, elbilsladdning, industriella processer och fastighetssystem, är ensamma för små för att själva kunna leverera stödtjänster.

Under de senaste åren har de svenska stödtjänstmarknaderna genomgått en betydande utveckling, främst driven av ökade spotpriser och införandet av FCR D-ned. En tydlig indikator på denna utveckling är den kraftiga ökningen i omsättningen på stödtjänstmarknaderna. Från att ha legat på cirka 500 miljoner kronor för några år

²¹ Elektriciteten i våra elnät är så kallad växelström och svänger med 50 svängningar per sekund.

sedan översteg marknadens omsättning 6 miljarder kronor år 2022. Efter 2022 har stödtjänstmarknaden stabiliserats och omsättningen planat ut.

Traditionellt har stödtjänstmarknaderna dominerats av större elproducenter, framför allt vattenkraftsbolag, som historiskt haft stabila intäktsflöden från frekvensreglering. Under senare år har dock nya aktörer, såsom batteriägare och industriella elkonsumenter, ökat sin närvaro på marknaden med snabbare och mer flexibla lösningar. Detta har lett till ökad konkurrens, särskilt på marknaden för frekvenshållningsreserver (FCR) och på senare tid även för marknaden för den manuella frekvensåterställningsreserven (mFRR), där ersättningsnivåerna numera i högre grad styrs av variationer i utbud och efterfrågan.

2.4.3 Flexibilitet för överföring

Flexibilitet för överföring syftar till att undvika överbelastning i nätet samt nyttja överföringskapaciteten mer effektivt för att på kort sikt avlasta behovet av att bygga ut nätkapacitet. Flexibilitet för överföring är idag och på kort sikt den mest centrala utmaningen av de fyra tillämpningsområdena, nästan 90 procent av Sveriges nätföretag prognostiserar ett ökat behov av överföringskapacitet under den kommande tioårsperioden²².

Flexibilitet för överföring kan realiseras på olika sätt. Det har till exempel testats lokala flexibilitetsmarknader, bland annat i Stockholm, Uppsala, Gotland, Skåne och Västernorrland/Jämtland inom projektet CoordiNet²³. De flesta har dock lagts ner efter projektet. Idag finns ett antal aktiva lokala flexibilitetsmarknader i Västsverige, runt Mälardalen, samt i Skåne, Jämtland och Jönköping.

Utöver marknadslösningar kan flexibilitet för överföring också möjliggöras genom villkorade avtal mellan nätägare och stora elanvändare. Dessa avtal innebär att aktörer förbinder sig att justera sin elanvändning vid vissa villkor. Villkorade anslutningsavtal är dock tidsbegränsade, på gott och ont. En mellanväg kan vara bilaterala avtal som exempelvis kan likna villkorade avtal, men som handlas upp i konkurrens och därmed kan anses vara marknadsbaserade. Idag är det ovanligt med den typen av avtal, men med nya nätkoden för efterfrågefleksibilitet²⁴ kan nätbolagen behöva bredda sin verktygslåda.

På transmissionsnätets nivå används även mothandel, där Svenska kraftnät köper upp eller omdirigerar produktion och konsumtion för att hantera överbelastningar i stamnätet. Genom mothandel kan systemoperatören snabbt påverka elflöden och säkerställa att nätkapaciteten utnyttjas så effektivt som möjligt.

Från 2027 och framåt är det krav på att alla nätbolag ska ha infört en tidsdifferentierad effektkomponent i nättariffen vilket troligtvis kommer leda till en ökad anpassning av elanvändningen genom prisincitament. Poängen med denna framåtblickande komponent i tariffen är att minska belastningen under höglasttimmar, vilket ska minska investeringsbehovet i nätförstärkning och nätutbyggnad, kan bidra till att jämna ut överföringsflöden och minska risken för överlast. Ei har också inlett ett

²² Energimarknadsinspektionen, <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2025/sammanstallning-av-innehallet-i-distributionsnatsforetagens-natutvecklingsplaner-ei-pm202503> (hämtad 2025-04-11)

²³ Svenska kraftnät, <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/forskning-och-utveckling/avslutade-fou-projekt/coordinet/> (hämtad 2025-04-11)

²⁴ ACER lämnade in ett omarbetat förslag av nätkoden för efterfrågefleksibilitet till EU-kommissionen 7 mars 2025. <https://www.acer.europa.eu/news/new-network-code-demand-response-will-further-advance-energy-transition> (hämtad 2025-04-11)

arbete med att utreda möjligheten till lokaliseringssignaler i nätavgifterna, vilket på sikt kan bidra till ett effektivare utnyttjande av elnätet genom att ge kunder mer korrekta prissignaler.

2.4.4 Flexibilitet för energiberedskap

Flexibilitet kommer att spela en allt viktigare roll för att upprätthålla elsystemets stabilitet vid extrema situationer, såsom omfattande störningar, systemkollaps eller elförsörjningskriser. I takt med att fler flexibla resurser kommer in i systemet, och i takt med att fler aktörer blir aktiva med sitt flexibla deltagande och får verka på både nätmarknader och elmarknader byggs möjligheten upp för att delta även på nya kapacitetsmekanismer, i överbelastningshanteringen eller inom den strategiska effektreserven som står utanför den traditionella marknaden. Därutöver, givet den ökande befintliga flexibiliteten i den dagliga driften, kommer givetvis en ökad dämpande effekt och möjlig avlastning för åtgärder vid mer kritiska systemdriftstillstånd. Under hösten 2022 och vintern 2022/2023 med relativt höga energipriser var dämpningen från den frivilliga flexibiliteten för energi påtaglig. Flexibilitet som är renodlat dedikerad för energiberedskap kommer ha en mer strategisk funktion och kan involvera resurser som vanligtvis inte används i normal drift. Denna flexibilitet blir i huvudsak avtalad, då den upphandlas och aktiveras av systemoperatörer för att säkerställa en robust och tillförlitlig elförsörjning i krissituationer.

Ett av de viktigaste verktygen för energiberedskap inom elsystemet är den överbelastningshantering och den strategiska effektreserven som Svenska kraftnät upphandlar. Överbelastningshanteringen ersätter den tidigare störningsreserven och består fram till 31 december 2029 av 20 gasturbiner på tio olika platser i södra Sverige med en sammanlagd kapacitet på ungefär 1,3 GW. Överbelastningshantering aktiveras om buden på reglerkraftmarknaden inte räcker till vid störningar, som produktionsbortfall eller fel i transmissionsnätets ledningar.

Effektreserven upphandlas av Svenska kraftnät för att kunna aktiveras en på förhand förväntad kritiska effektbristsituation och har bestått av produktionsanläggningar och av stora elanvändare som åtagit sig att tillfälligt minska sin elanvändning vid behov. Avtalet med Karlshamnsverket på 562 MW löpte ut 15 mars 2025 och just nu pågår en process om en ny förordning om en kapacitetsmekanism för elmarknaden. Kapacitetsmekanismen föreslås vara en strategisk reserv där efterfrågefleksibilitet²⁵ ingår. Ikraftträdandedatum föreslås bli 1 maj 2025.

Produkten snabbt frekvenssvar (FFR) ses som en viktig del av flexibilitet för energiberedskap. FFR är en avhjälpande åtgärd som infördes 2020 för att förhindra en potentiell systemkollaps vid plötsliga frekvensfall. Den aktiveras vid mycket sällsynta tillfällen, exempelvis när en stor produktionsenhet eller utlandskabel plötsligt kopplas bort, vilket kan leda till en snabb och allvarlig frekvensavvikelse. Till skillnad från stödtjänster, såsom FCR eller aFRR, som används kontinuerligt i balanseringssyfte, är FFR en renodlad beredskapsåtgärd som syftar till att stabilisera systemet innan frekvensfallet blir kritiskt. Svenska kraftnät upphandlar denna tjänst på årsbasis,

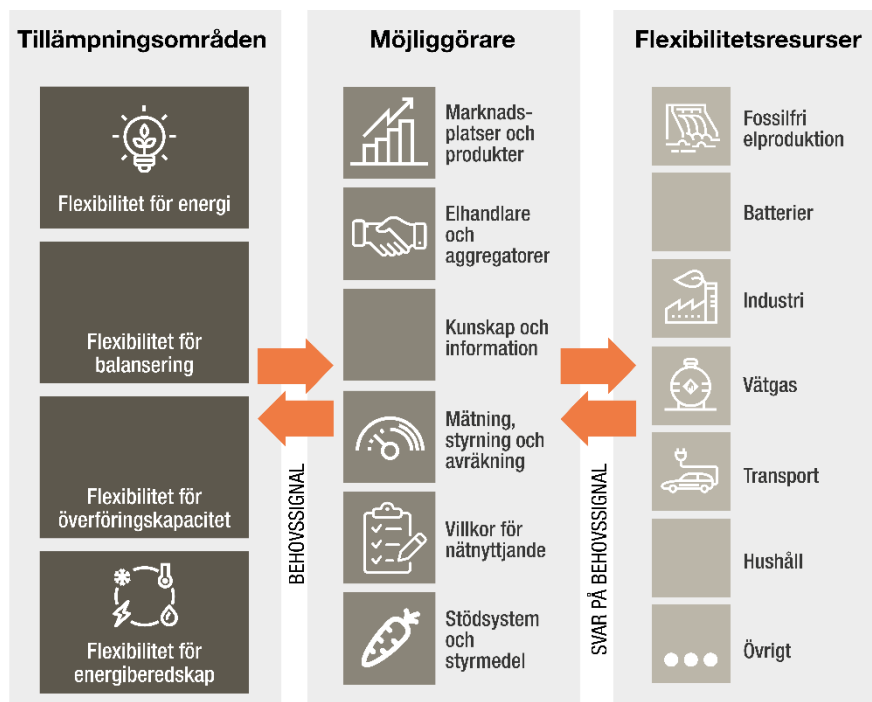
²⁵ Energimyndigheten har också föreslagit att lager bör ingå som möjlig resurs för den kommande strategiska effektreserven, <https://www.regeringen.se/contentassets/cd69d41cd47340999e06049d321cad9b/statens-energimyndighet.pdf> (hämtad 2025-04-11)

vilket innebär att resurser för FFR måste vara förberedda och snabbt kunna aktiveras vid behov.

Resurser som bidrar till flexibilitet i största allmänhet kan också ha funktion för energiberedskap i form av ödrift och dödnätstartskapacitet, och vice versa. Ödrift innebär att delar av elsystemet kan isoleras och fortsätta drivas självständigt vid en mindre eller större kollaps, vilket exempelvis kan ske genom lokal produktion från kraftvärmeverk, vattenkraftverk eller industriella anläggningar med egen elproduktion, eller vind- och solkraft i kombination mer energilagring.

2.4.5 Kunskap och information är viktiga allmänna förutsättningar

I det tidigare regeringsuppdraget att förbättra flexibiliteten i elsystemet²⁶ där Ei, Svenska kraftnät, Swedac och Energimyndigheten tog fram en myndighetsgemensam slutrapport kategoriserades ett antal förutsättningar som möjliggörare. Dessa möjliggörare listades utan inbördes ordning eftersom de var för sig är mer eller mindre avgörande för att realisera flexibilitetspotentialen.



Figur 3 Olika perspektiv på flexibilitet, och hur de hänger ihop. Omarbetad.
(källa: Ei R2023:18²⁷)

För vidare läsning om dessa möjliggörare hänvisar vi till den tidigare rapporten, men konstaterar att kunskap är en av de listade möjliggörarna, som inte bara är en grundläggande förutsättning i sig, utan är en förutsättning för att samtliga av de övriga

²⁶ Energimarknadsinspektionen, R2023:18, <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2023/framjande-av-ett-mer-flexibelt-elsystem---deluppdrag-5-ei-r202318> (hämtad 2025-04-11)

²⁷ Energimarknadsinspektionen, R2023:18, <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2023/framjande-av-ett-mer-flexibelt-elsystem---deluppdrag-5-ei-r202318> (hämtad 2025-04-11)

möjliggörarna ska vara effektiva. I detta uppdrag är ett av fokusområdena kunskap (och information) för elanvändare och småskaliga elproducenter. En tröskel för att nå fram med sakliga budskap kan vara målgruppens eller samhällets inställning, vilja och motivation till förändring eller upplevt risktagande. Kunskap och förståelse är dock en förutsättning för att också känna viljan att förändra, vilket på sikt kan skapa en stor positiv effekt på systemet.

2.5 Effektbehovet nu och i framtiden

Effektbehovet handlar om hur efterfrågan på el ser ut över årets alla timmar²⁸. Det varierar över årets alla timmar och är normalt som störst när det är som kallast eftersom uppvärmningsbehoven då är som störst. Den timme effektanvändningen är som allra störst under året kallas topplasttimme, men den behöver inte infalla samtidigt som det underliggande värmebehovet är som störst vilket vi kommer till lite längre ned. Topplasttimmen inom ett elområde eller mellan olika lokala eller regionala nät behöver heller inte inträffa samtidigt eftersom det ofta råder olika förutsättningar och omständigheter för effektbehovet. Topplasttimmen är normalt sett inte heller ett problem, men skulle potentiellt kunna vara för det, både ur perspektivet överföringskapacitet och tillräcklig tillförsel. Det är skillnad mellan de två perspektiven.

I fallet överföringskapacitet finns risker när effektbehovet inom specifika nätområden blir så högt att det av olika tekniska anledningar inte går att överföra el till dessa områden trots att systemet i stort har tillräcklig tillförsel. En mekanism för att säkerställa leverans är villkorade avtal, tills nätet är utbyggd eller tjänster för flexibilitet finns tillgängliga, andra mekanismer är till exempel lokala flexmarknader eller bilaterala avtal. I fallet när efterfrågan är högre än möjlig tillförsel på högre nivå kan det bli effektbrist. Även i det fallet finns åtgärder som diskuteras i avsnitt 2.4.4.

Samtliga tillämpningsområden av flexibilitet, som listas i avsnitt 2.2, kan dämpa risken och avhjälpa systemet innan mer kostsamma verktyg eller åtgärder behöver tas till, eller i värsta fall systemkollaps. Ett av verktygen är effektreserven som har bestått av elproduktion och vissa stora elanvändare som fått betalt för att tillhandahålla kapacitet över vintern, en så kallad kapacitetsmekanism (läs även avsnitt 2.4.4). Effektreserven har inte aktiverats för Sveriges räkning de senaste 12 åren.²⁹

Oro om att framtidens elbehov kommer leda till en ökad risk för effektbrist är i vissa fall grundad i antaganden om att ingen flexibilitet kommer in i systemet³⁰ eller antaganden om större kommande elbehov än vad som på kort sikt är faktiskt rimligt³¹. Det finns visserligen en reell men låg risk för så kallad ”dunkelflaute”, alltså längre perioder med vindstilla som råder över stora områden. Men med utspridd och anpassad vindkraft (läs även avsnitt 4.1.2 och avsnitt 4.2) minskar den risken. Vid en god mix av olika kraftslag, inkluderat exempelvis havsbaserad vindkraft som har en högre nyttjandegrad än landbaserad vindkraft, samt olika andra flexibla resurser och

²⁸ Från 11 juni 2025 går handeln över till kvartar.

²⁹ Svenska kraftnät, <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/effektereserv/hantering-av-effektreserven-vintern-2020-2025/> (hämtad 2025-04-11)

³⁰ Ellevio, <https://www.elfektrapporten.se/> (hämtad 2025-04-11)

³¹ Energimyndigheten, Kortsiktiga prognoser, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/framtidens-energisystem/kortsiktiga-prognoser/> (hämtat 2025-04-02)

priselasticitet hos elanvändare på marknaden, minskar blir systemet mer motståndskraftigt vid störningar, kris eller krig.

Under januari 2023 rapporterades att Sveriges elanvändning var i snitt 1,3 GW lägre än förväntat, motsvarande nästan 1 TWh minskad energianvändning, vilket sannolikt berodde på en längre period av höga elpriser. Sedan dess och fram till idag har det installerats ytterligare flexibla resurser motsvarande tekniskt tillgänglig kapacitet om över 1 GW batterier, över 600 MW styrbara värmepumpar, och ungefär 200 MW från laddbara fordon – sammanlagt motsvarande 1,8 GW som kan bidra inom dygnet. Eftersom det timvisa och dagliga effektbidraget kan avlasta vattenkraften ökar även kapaciteten för mer uthållig flexibilitet i systemet, inom vissa gränser. Med rätt incitament för ytterligare mer uthållig flexibilitet, exempelvis från vissa industrier, skapas en palett av möjligheter att bidra till samtliga tillämpningar, och i synnerhet under längre perioder av underskott.

Hur energisystemet faktiskt ser ut i framtiden är givetvis mer osäkert ju längre fram vi tittar. Men analyser av hur flexibilitet från olika resurser påverkar systemet pekar på mycket intressanta möjligheter. I fallen med topplasttimmar kan de förskjutas från att som idag inträffa när uppvärmningsbehoven är som störst och korrelerar med risken för effektbrist, till tidpunkter när tillförsel från vindkraften är som störst. Med andra ord kan framtidens system, men en blandning av olika typer av flexibla resurser, leda till att eventuell effektbrist inte alls behöver korrelera med topplasttimmen, och att topplasttimmen snarare är betingad med effektiv energianvändning.

3 Informations-spridning om flexibilitet

Information och kunskap är två viktiga pusselbitar för att tillgängliggöra mer flexibilitet. Men flexibilitet är komplext, och att sprida information eller ta emot information om flexibilitet är utmanande, i synnerhet med dagens snabba utveckling av regelverk, marknader och teknik. Därför behövs ett aktivt och långsiktigt arbete med informationsspridning.

I detta regeringsuppdrag analyseras flexibilitet som ett eget informationsområde, men en viktig slutsats är att det är viktigt att jobba med information om flexibilitet på ett integrerat sätt. I olika sammanhang kommer angränsande frågor att vara minst lika relevanta för målgruppen. Information om flexibilitet kan således med fördel förekomma i kombination med annan information, exempelvis som en del i hur man kan minska sina energikostnader. Energimyndighetens arbete med informationsspridning om flexibilitet och angränsande områden kopplar direkt in i vår kärnverksamhet och syftar till att främja samhällets omställning till ett hållbart energisystem.

För att nå ut med informationsinsatser till olika målgrupper är det viktigt att ha kunskap om olika målgruppers behov och nytta av informationen och huruvida målgrupperna har förmåga att använda informationen till att göra en förändring. Information behöver utformas beroende på vad målgruppen ska göra med informationen. Det kan handla om att informera i syfte att målgrupper ska *veta* vad som går att göra, genom att exempelvis nå ut med kunskap i olika digitala kanaler. Information kan också bidra till en *ökad förståelse* genom att ge målgrupper möjligheter att kommunicera och ställa följdfrågor. Därtill kan information bidra till att målgruppen *agerar* på informationen och gör något konkret, vilket ofta kräver någon form av interaktion tillsammans med andra, exempelvis i nätverk eller projekt.

3.1 Information och kunskap om flexibilitet

Information om flexibilitet kan fylla olika syften och befinna sig på olika nivåer av detaljeringsgrad. Med andra ord kan informationen röra sig på en skala från att vara av allmän eller övergripande karaktär, alltså mer eller mindre relevant för alla, till att vara detaljerad och aktörsspecifik. Förenklat kan man dela in kunskap om flexibilitet i tre nivåer:

- **Övergripande förståelse:** Behov och nyttor av flexibilitet, elprisets eller nättariffens variationer över tid, kunskap om elmarknaden, och så vidare.

- **Möjligheter:** Vilka tjänster, avtal och tekniska lösningar som finns tillgängliga för att bidra med flexibilitet.
- **Självkännedom & resurser:** Det egna energi- och effektbehovet och hur flexibilitet med olika resurser kan påverka den egna verksamheten.

För den enskilde är det dock inte nödvändigt att ha fullständig kunskap om alla delar för att kunna fatta ett informerat beslut och genom det bidra med flexibilitet. Om förutsättningarna i övrigt är på plats kan det räcka att till exempel anlita en energitjänsteleverantör som hjälper en att spara pengar genom att automatiskt styra delar av ens elanvändning.

När det gäller information om flexibilitet kan det också vara viktigt att vara medveten om att utvecklingen idag sker snabbt när det gäller teknik, möjligheter till styrning, regelverk, prisbild och utbud av olika energitjänster. Denna utveckling kan vara gynnsam att beakta vid beslut om investeringar i produkter som kan bidra till flexibilitet, exempelvis värmepumpar eller laddboxar. För den som informerar om flexibilitet kan det både handla om att belysa dessa föränderliga förutsättningar och att se till att informationen hålls uppdaterad så den förblir aktuell och relevant.

En annan utmaning med att informera om flexibilitet är att värdet av att vara flexibel varierar. Som exempel kan man jämföra med att informera om energibesparing, där varje sparad kilowattimme är just en sparad kilowattimme. Flexibilitet är en del i ett mer komplext sammanhang, där värdet av att anpassa sin elanvändning eller produktion inte är lika tydlig. Värdet på el och effekt och därmed värdet av anpassad elanvändning, varierar över tid beroende på vilka omständigheter som råder i elsystemet. Sådana omständigheter kan vara elpriset, tillgänglig elnätscapacitet på olika nivåer av elnätet eller elsystemets behov av balansering. En elanvändare kan således dels behöva nås av flera aktuella prissignaler, som dessutom kan vara motstridiga, dels ha möjlighet att anpassa sin elanvändning, och slutligen dels agera i enlighet med detta antingen manuellt eller automatiskt, för att flexibiliteten ska realiseras.

Det finns dock också mer generella möjligheter som kan vara återkommande, exempelvis att kunna styra bort elanvändning från tidpunkter under dagen som normalt förknippas med högre elpriser, eller anpassa sig efter en effekttariff. Sådana anpassningar bidrar till att jämma ut lastkurvan, vilket har många fördelar så som exempelvis att använda det befintliga elnätet effektivt eller minska nätförlusterna. Men om flexibilitet ska bidra maximalt i den mer komplexa helhetsbilden är det många steg som behöver komma på plats och det kan därför vara svårt att nå hela vägen genom korta enkla budskap. Dock kan enkla budskap vara ett första viktigt steg som påbörjar en process som på sikt leder till ökad flexibilitet hos en elanvändare eller elproducent.

3.2 Spridning av information om flexibilitet

Som elanvändare, prosument eller producent möts man av information från flera olika avsändare. Avsändarna kan vara allt ifrån myndigheter, elnätföretag, elhandlare eller andra företag som kan erbjuda olika typer av energitjänster. Olika avsändare har olika

roller och olika syften med sin information, det kan vara alltifrån marknadsföring till kunskapshöjande insatser. I detta avsnitt beskrivs de kanaler och aktiviteter hos Energimyndigheten respektive Energimarknadsinspektionen (Ei) kopplat till information om flexibilitet där arbete antingen pågår eller där finns potential att utveckla arbetet.

3.2.1 Energimyndighetens kanaler

Energimyndigheten har flera uppdrag, insatser och kanaler som riktar sig till olika elanvändare i samhället. Genom dem når vi såväl hushåll som fastighetsägare, industri och offentliga aktörer på lokal, regional och nationell nivå. Genom våra befintliga kanaler för informationsspridning som relaterar till resurseffektiv energianvändning kan information om flexibilitet nå ut till olika målgrupper och bidra till att sätta informationen i en kontext utifrån målgruppens behov av information.

Nedan följer en översikt och beskrivning av dessa kanaler. Inom regeringsuppdraget har vi har vi arbetat med att utveckla informationen om flexibilitet i dessa kanaler. Vi har exempelvis uppdaterat våra webbplatser energimyndigheten.se samt energiochklimatekologin.se med information om flexibilitet i elsystemet. Vi har även sett över och kompletterat vår befintliga information på Konsumentverkets webbplats i samverkan med Ei och Konsumentverket.

Webbplatser

På energimyndigheten.se finns fakta, statistik och analyser samt vägledande kunskapsmaterial om effektiv energianvändning riktat till hushåll, företag och myndigheter. Här finns också information om Sveriges energisystem och den förändring och det arbete som pågår med att ställa om till ett hållbart energisystem.

Energimyndigheten driver även den nationella webbplatsen energiochklimatekologin.se som erbjuder information inom energi- och klimatområdet till hushåll, små- och medelstora företag och organisationer. Energimyndigheten når även ut med information på energiområdet till hushåll och företag via Konsumentverkets webbplats³².

Vägledande material

Vägledande material är en annan form av information- och kunskapsstöd som syftar till att stödja olika målgrupper. För att stödja småhusägare och fastighetsägare till flerbostadshus har Energimyndigheten tagit fram olika former av guider i syfte att underlätta arbetet med effektivare energianvändning^{33 34} och förnybar energi³⁵.

³² Konsumentverket, Konsument, <https://www.konsumentverket.se/konsument/> (hämtad 2025-04-04)

³³ Energimyndigheten, Husguiden - för dig som vill energieffektivisera ditt hus <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/guider/husguiden-for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt-hus/> (hämtad 2025-03-26)

³⁴ Energimyndigheten, Effektiv energianvändning för flerbostadshus <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/flerbostadshus/> (hämtad 2025-03-26)

³⁵ Energimyndigheten, Solelportalen – vägledning om solceller <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/guider/solelportalen/> (hämtad 2025-03-26)

Energimyndigheten har även tagit fram vägledningar som riktar sig till myndigheter³⁶ och företag som vill effektivisera sin energianvändning.³⁷ Ett annat exempel på befintligt vägledande material är rapporten *Effektåtgärder*³⁸ som är ett kunskapsunderlag om åtgärder för effektreduktion och efterfrågefleksibilitet riktat till industri och fastighetsbolag.

Energimyndigheten har också tagit fram en vägledning för kommunal energiplanering som syftar till att stödja kommuner som enligt lagen (1977:439) om kommunal energiplanering ska ha en aktuell plan för tillförsel, distribution och användning av energi.³⁹ Offentliga aktörer på kommunal och regional nivå har också ett stort ansvar vad gäller energiförsörjning i händelse av störd drift, framförallt för att kunna trygga viktiga samhällsfunktioner, och även här har Energimyndigheten tagit fram vägledande material.⁴⁰ Energimyndigheten har även ett tillsynsvägledande ansvar och stöttar kommuner och länsstyrelser i sin tillsyn av energihushållningen enligt miljöbalken.⁴¹

Nätverk och rådgivning

Att samla aktörer i nätverk eller kring olika initiativ är ett annat sätt att sprida information och dela kunskap och erfarenheter, något som också kan underlätta för olika målgrupper att kunna prioritera vilka åtgärder som är relevanta att göra.

Den kommunala energi- och klimatrådgivningen som Energimyndigheten finansierar är en kostnadsfri och opartisk rådgivningstjänst som riktar sig till hushåll, små- och medelstora företag och organisationer i energifrågor. För att hålla kunskapen hos de kommunala energi- och klimatrådgivarna runt om i landet ajour, arrangerar Energimyndigheten regelbundet olika former av kunskapshöjande aktiviteter och nätverksträffar. En utbildning om flexibilitet genomfördes i januari 2025 och följdes i april av en informationsinsats kring effekthantering och effektagifter anpassad för hushåll och små- och medelstora företag. Utbildning för energi- och klimatrådgivarna avses ske löpande i takt med att nytt material tas fram, eller nytt behov uppstår.

Energimyndigheten stöttar också nationella myndigheter med rådgivning, information och nätverksaktiviteter, i syfte att öka energibesparingen i den statliga förvaltningen. Det är ett arbete som påbörjades under hösten 2022 och som Energimyndigheten fortfarande erbjuder de myndigheter som har fortsatt behov av stöd och råd.⁴²

³⁶ Energimyndigheten, Effektiv energianvändning för offentlig sektor <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/offentlig-sektor/> (hämtad 2025-03-26)

³⁷ Energimyndigheten, Effektiv energianvändning för företag <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/foretag/> (hämtad 2025-03-26)

³⁸ Energimyndigheten, *Effektåtgärder - Kunskapsunderlag för industri och fastighetsbolag*, ET 2023:07 <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Arkitektkopia/ViewTemplate?tid=0c60e559f0194c31817d6cd2a7a1a48e>

³⁹ Energimyndigheten, Vägledning för kommunal energiplanering <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/samhallsbyggnad-och-energiplanering/vagledning-for-kommunal-energiplanering/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁰ Energimyndigheten, Energiberedskap för offentlig sektor <https://www.energimyndigheten.se/energiberedskap/energiberedskap-for-offentlig-sektor/> (hämtad 2025-03-26)

⁴¹ Energimyndigheten, Miljöbalken <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/effektiv-energianvandning/lagar-och-krav-inom-energieffektivisering/miljobalken/> (hämtad 2025-03-26)

⁴² Energimyndigheten, *Myndigheters arbete med energibesparing vintern 2022/2023 Resultat av regeringsuppdraget Energibesparing i statlig förvaltning*, ER 2023:16 <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Arkitektkopia/ViewTemplate?tid=0f07e56ec91b43e2bf6feb8102e30ad2>

Inom bygg- och fastighetssektorn finansierar Energimyndigheten exempelvis beställarnätverken BeBo⁴³, BeLok⁴⁴ Besmå⁴⁵ samt Relivs⁴⁶ som spridare av kunskap och erfarenheter, såväl digitalt som via fysiska träffar. Ett arbete pågår också med att undersöka möjligheten att starta upp liknande nätverk för bland annat industrin.

Finansiering av projekt

Energimyndigheten tillhandahåller olika former av finansiellt stöd som fördelas via utlysningar. Genom dessa finns möjlighet att utveckla kunskap och kompetens som behövs hos olika målgrupper i samhället. Ett exempel är den gemensamma satsning som Energimyndigheten och Vinnova gick ihop om hösten 2022, i syfte att finansiera lösningar som snabbt bidrog till minskad eller flyttad elanvändning i Sverige⁴⁷. Året efter utlystes medel för projekt som kunde bidra till utvecklingen av framtidens flexibla elsystem, som har lett till tolv nu pågående forsknings- och utvecklingsprojekt.

Ett annat exempel är Energimyndighetens satsning för att utforska potentialen hos energigemenskaper och energidelning i Sverige, något som även kan bidra till att öka flexibiliteten och minska sårbarheten för externa störningar. Som komplement till utlysningen genomförs även en satsning på stöd och information i syfte att öka kunskapen och stötta de aktörer som vill etablera energigemenskaper.⁴⁸

I syfte att utveckla och använda energiplanering som ett verktyg för energiomställning finansierar Energimyndigheten även projekt som kan drivas av offentliga aktörer på lokal och regional nivå. I denna satsning är främjande av användarflexibilitet för ett mer effektivt nyttjande av elnätet exempel på ett möjligt insatsområde som aktörerna kan söka stöd för.⁴⁹

Kampanjer

Kampanjer är också en möjlighet att nå ut med information i samhället. I oktober 2022 lanserade Energimyndigheten exempelvis kampanjen "Varje kilowattimme räknas". Syftet var att informera brett för att bidra till ändrade vanor och ökad kunskap om vad minskad elanvändning kan leda till. Kampanjen lyfte också fram de kommunala energi- och klimatrådgivarna och att de kunde bistå med tips och råd på olika energibesparande åtgärder.

3.2.2 Informationsspridning om flexibilitet hos Energimarknadsinspektionen

Ei har i uppdrag att främja efterfrågefleksibilitet på elmarknaden. Ei arbetar strategiskt med frågan och har under 2024 tagit fram en uppdaterad strategi för hur detta ska

⁴³ Bebo, Energimyndighetens nätverk för energieffektiva flerbostadshus <https://www.bebostad.se/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁴ Belok, Energimyndighetens nätverk för energieffektiva lokaler, <https://belok.se/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁵ Besmå - Energimyndighetens nätverk för energieffektiva småhus <https://energieffektivasmahus.se/ombesma/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁶ Relivs – resurseffektiv livsmedelshantering <https://relivs.se/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁷ Vinnova, Innovationer för en minskad elanvändning <https://www.vinnova.se/e/utlysning-2022-02720/innovationer-for-en-minskad-elanvandning/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁸ Energimyndigheten, Energigemenskaper – en viktig del av framtidens energisystem, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/energigemenskaper-en-viktig-del-av-framtidens-energisystem/> (hämtad 2025-03-26)

⁴⁹ Energimyndigheten, Projekt inom energiplanering, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/samhallsbyggnad-och-energiplanering/projekt-inom-energiplanering/> (hämtad 2025-03-26)

göras och vilka områden som är särskilt prioriterade. *Flexibla elkunder* är en av tre fokusområden i strategin.⁵⁰

Att elkunderna är aktiva på energimarknaden och bidrar med flexibilitet till elsystemet är viktigt för energiomställningen. Ei har i uppdrag att verka för att stärka energikundernas ställning och möjliggöra aktiva val genom lättillgänglig och tillförlitlig information. Enskilda konsumenter är ofta i ett underläge gentemot aktörer på energimarknaderna och är därför en prioriterad målgrupp för Ei. Ett av Ei:s effektmål är att kunderna är informerade och gör aktiva val. Därutöver arbetar Ei även med verksamhetsmål om flexibilitet som handlar om att Ei sprider kunskap, vägleder och för dialog med aktörer på energimarknaderna kring bland annat efterfrågeflexibilitet. För samlad bild av Ei:s verksamhet hänvisar vi till deras egen webbsida.⁵¹

Webbplatser

Ei har under 2024 arbetat med att ta fram lättillgänglig och sammanhållen information om flexibilitet till elanvändare på Ei:s webbplats. Projektet har resulterat i ett nytt webbinnehåll som samlar all information om flexibilitet i elsystemet riktat till elanvändare, med ett fokus på hushåll⁵². Denna ska underlätta för konsumenter med olika förutsättningar, såsom kunskapsnivå, intresse, uppvärmningssystem och produkter i hemmet, att förstå på vilket sätt de kan använda el flexibelt. Enligt krav i föreskrift⁵³ ska det finnas en hänvisning till denna information på elleverantörens fakturor till elanvändare. En liknande satsning för att reglera nätbolagens information till elanvändare pågår. Informationen på Ei:s webbplats samverkas löpande med kunder, bransch och andra myndigheter och förvaltas vidare av Ei samt uppdateras och utvecklas vid behov.

Ei ansvarar även för Elpriskollen⁵⁴ som är Sveriges oberoende jämförelsesajt för elavtal. Ei har under de senaste åren genomfört informationsinsatser för att öka kännedomen om jämförelsesajten och få fler konsumenter att göra medvetna val som de är långsiktigt nöjda med. Ei har ett pågående projekt på Elpriskollen som syftar till att främja flexibilitet. Till exempel arbetar Ei med att tillgängliggöra information om historiska elpriser och utveckla verktyg för beräkning av individuella kostnader och nyttor för ett timprisavtal. Ei undersöker även möjligheten till att tillgängliggöra information om erbjudanden om styrtjänster och informationstjänster och utveckla verktyg för att jämföra dessa erbjudanden i syfte att hjälpa kunderna att överblicka marknaden och fatta välinformerade beslut.

Nätverk och rådgivning

Konsumentkontakt är en funktion som bland annat arbetar med att svara på frågor och ta emot klagomål från i första hand konsumenter (privatpersoner) om hur el-, gas och fjärrvärmemarknaderna fungerar och vilka regler som gäller. Målet med verksamheten är att energikunder ska förstå sina rättigheter och kunna göra aktiva val. Funktionen konsumentkontakt besvarar löpande frågor och ger information om området flexibilitet.

⁵⁰ Flexibilitet i elsystemet, <https://ei.se/bransch/flexibilitet-i-elsystemet> (hämtad 2025-02-19)

⁵¹ Energimarknadsinspektionen, <https://ei.se/> (hämtad 2025-04-02)

⁵² Använd el smartare <https://ei.se/konsument/anvand-el-smartare> (hämtad 2025-02-19)

⁵³ EIFS 2024:2 9§

⁵⁴ Elpriskollen, <https://elpriskollen.se/> (hämtad 2025-03-26)

Ei har även fortsatt att driva dialogforumet EFFEKT-dialogen som ska underlätta informationsutbyte, främja dialogen mellan olika aktörer på energiområdet och att hitta lösningar som bidrar till ökad efterfrågefleksibilitet och förbättrad kapacitet i elnäten. Under 2024 genomfördes ett antal seminarier med teman såsom hushållens förutsättningar att vara flexibla samt elnätstariffer och regeringsuppdraget om att använda och fördela outnyttjad effekt i elnäten.

Ei har under 2024 inrättat ett innovationscenter som fungerar som en första kontaktpunkt för aktörer med innovativa lösningar som söker information och vägledning kring regler, processer eller principer på energimarknaderna. Innovationscentret riktar sig till aktörer på energimarknaderna som vill ha information och vägledning inom de regelverk för el-, fjärrvärme- och naturgasmarknaderna som ligger inom Ei:s uppdrag. Innovationscentret strävar efter att sprida kunskap och lärdomar via ei.se, rapporter och seminarier, bland annat genom att utveckla en kunskapsbank med fiktiva exempel baserat på de frågor som kommer in till innovationscentret.

3.3 Målgruppsanalys om behoven av kunskapsstöd om flexibilitet

Inom ramen för detta regeringsuppdrag har konsulten CIT Renergy (CIT) genomfört en målgruppsanalys och kartläggning av behovet av kunskapsstöd om flexibilitet hos näringsliv, industri (ej elintensiv) samt småskaliga elproducenter. Att ha kunskap om olika aktörer och deras förutsättningar är viktigt för att kunna bedöma informationsbehoven hos dessa. I arbetet ingick dels en gruppering av näringsliv och industri till olika aktörsgrupper, dels en beskrivning av deras förutsättningar och informationsbehov och slutligen en prioritering av dessa grupper. Följande material i detta avsnitt är hämtade från konsultrapporten⁵⁵.

Vissa elanvändare med potentiellt stor möjlighet till flexibel elanvändning har inte ingått i analysen här. Storskaliga elproducenter och elintensiv industri har exkluderats då de i många fall redan har kunskap, incitament och resurser att sätta sig in i frågor som rör flexibilitet. Hushållskunder är en viktig målgrupp som av Ei tidigare bedömts kunna bidra med betydande flexibilitet och att det finns ett stort samhällsekonomiskt värde i att realisera denna flexibilitetspotential.⁵⁶ Där utpekas också information en viktig åtgärd. Hushåll har dock inte ingått i analysen eftersom det under 2024 har pågått ett omfattande arbete hos Ei för att ta fram informationsmaterial riktat till hushåll, läs mer i avsnitt 3.2.2. Fokus har varit på de aktörer där en ökad kunskap antagits vara en viktig del för att mer flexibilitet ska kunna komma på plats, och där informationsinsatser inte redan pågår.

3.3.1 Gruppering av aktörer

För att målgruppsanpassa information på ett relevant sätt identifieras först hur näringsliv, industri samt småskaliga elproducenter kan delas upp i mer detaljerade grupper. Metoden för prioritering och gruppering av verksamheter har utgått ifrån

⁵⁵ CIT Renergy, 2025, *Målgruppsanalys flexibilitet – Stöd för framtagande av kunskapsstöd*, dnr 2025-202123

⁵⁶ Energimarknadsinspektionen, 2023, *Konsumenter och efterfrågefleksibilitet - En nulägesbeskrivning och åtgärdsförslag för ökad flexibilitet*, Ei R2023:04.

SNI⁵⁷-koder, som sedan har kompletterats med andra bedömningar så som vilken typ av företag (ägarformer, storleksfördelning etcetera) och vilken typ av el- och energianvändning (möjliga flexibilitetsresurser). Dessutom har några grupper identifierats som tvärgående över olika branscher och verksamheter och därmed svåra att passa in i en gruppering som utgår ifrån bransch och får därför utgöra separata grupper. Grupperingen visas i Tabell 2.

Tabell 2 Gruppering av aktörer

Övergripande kategori	Grupp
Tillverkande industri	Verkstadsindustri Livsmedelsindustri Sågverk Processindustri
Serviceverksamhet m.m.	Fastighetsägare Restaurang och storköksverksamhet Verksamhet inom livsmedelshandel Badhus och ishallar Byggverksamhet Transportverksamhet Vatten och avlopp Övrig serviceverksamhet Offentlig verksamhet
Branschöverskridande grupper	Aktörer med elfordonsladdning Aktörer med stationära batterilager Aktörer med stora lagerlokaler Företag inom installation, drift och underhåll
Småskaliga elproducenter	Kraftvärmeproduktion Småskalig vattenkraft Småskalig vindkraft Solcellsanläggningar Reservkraft

3.3.2 Flexibilitetsresurser hos olika aktörer

Att ha kännedom om tillgängliga flexibilitetsresurser hos olika aktörer är relevant både för att kunna gruppera dem och för att i ett senare skede kunna anpassa vilken information som kan behövas. Här följer en sammanfattning av identifierade flexibilitetsresurser hos olika aktörsgrupper, med undantag för småskaliga elproducenter vars möjligheter och resurser för flexibilitet beskrivs mer utförligt i kapitel 4. För en mer omfattande beskrivning av samtliga målgrupper och flexibilitetsresurser hänvisar vi till CITs rapport⁵⁸.

Tillverkande industri

När det gäller tillverkande industri har CIT identifierat flexibilitetsresurser enligt Tabell 3. Flexibilitetsresurser av typen ellager (stationära batterier),

⁵⁷ Svenskt näringsgrensindex, läs mer på <https://www.scb.se/dokumentation/klassifikationer-och-standards/standard-for-svensk-naringsgrensindelning-sni/> (hämtad 2025-04-02)

⁵⁸ CIT Renergy, 2025, *Målgruppsanalys flexibilitet – Stöd för framtagande av kunskapsstöd*, dnr 2025-202123

produktionsstyrning och egenproduktion av el (solceller) kan dock förekomma inom samtliga branscher och beror mer av andra faktorer än vilken typ av produktion som sker. Detsamma gäller för tillgång till fordonsladdning för vägfordon.

Tabell 3 Översikt över vilken typ av flexibilitetsresurser som är mest viktiga och vanligt förekommande inom respektive målgrupp inom tillverkande industri. (källa CIT⁵⁹)

Tillverkande industri	Värme lokaler	Värme processer	Kyla	Ventilation	Stöd-processer	Fordons-laddning
Verkstads-industri	X			X	X (tryckluft)	X (truckar)
Livsmedels-industri	X	X	X (kyl- och fryslager)	X	X	X (truckar)
Sågverk		X (torkning)				X (truckar)
Processindustri	X	X	X	X	X	X (truckar)

Serviceverksamhet

För serviceverksamhet har CIT identifierat flexibilitetsresurser enligt Tabell 4.

Tabell 4 Översikt över vilken typ av flexibilitetsresurser som är mest viktiga och vanligt förekommande inom respektive målgrupp inom serviceverksamhet. X innebär att resursen bedöms ha mer generell potential, medan (X) innebär att den kan ha potential i delar av målgruppen. (källa CIT⁶⁰)

Service-verksamhet	Fastighets-el	Fordons-laddning	Elanvändning för kyla	Övrig verksamhets-el	Egenproduktion av el, och/eller batterier
Fastighets-bolag	X	X		(X)	(X)
Restaurang & storkök	(X)		X	X (storköks-utrustning)	(X)
Livsmedels-handel	(X)	(X)	X	(X)	(X)
Badhus och ishallar	(X)	(X)	X (ishallar)	(X) (viss värme, badhus)	(X)
Bygg-verksamhet				X (Byggspecifk utrustning)	(X)
Transport-verksamhet		(X)			(X)
Vatten och avlopp				X (pumpar)	(X)

⁵⁹ CIT Renergy, 2025, *Målgruppsanalys flexibilitet – Stöd för framtagande av kunskapsstöd*, dnr 2025-202123

⁶⁰ CIT Renergy, 2025, *Målgruppsanalys flexibilitet – Stöd för framtagande av kunskapsstöd*, dnr 2025-202123

Övrig service-verksamhet	(X)	(X)		X	(X)
Offentlig verksamhet	(X)	(X)		X	(X)

Branschöverskridande målgrupper

Beroende på vilka kanaler och material som slutligen kommer användas för informationsspridningen är det tänkbart att också rikta sig mot olika aktörer med gemensamma resurser.

Aktörer med elfordonsladdning

Aktörer som har en viktig roll kopplat till elfordonsladdning kan finnas inom transportverksamhet men även till exempel fastighetsägare och tillverkande industri. De senare kan vara en aktör både genom att de tillhandahåller laddning för sina anställda, för transporter till och från verksamheten och genom användning av eltruckar. Här ingår också olika typer av laddoperatörer som bygger ut och driver offentlig laddinfrastruktur och som ofta också kan vara de som installerar och styr interna laddpunkter inom olika verksamheter. Det kan variera vilken aktör som har rådighet över laddpunkterna och därmed möjligheten att bidra med flexibilitet. Det kan vara exempelvis den egna verksamheten, fastighetsägaren, eller en laddoperatör.

Elfordon och flexibel laddning har god potential att bidra med flexibilitet till elsystemet. Potentialen påverkas i hög grad av hur integrationen mellan fordonens batterier och elnätet (så kallad V2G – ”vehicle-to-grid”) kommer att utvecklas.

Energimyndigheten bedömer att även aktörer med arbetsmaskiner med fördel kan ingå i denna målgrupp då informationen till stor del kan liknas med exempelvis information till aktörer med eltruckar.

Aktörer med stationära batterilager

Fristående batteriinstallationer, som till exempel gjorts som en tillfällig lösning på effektproblematik eller med avsikt att agera på flexibilitetsmarknader, kan finnas inom många olika målgrupper. Typer av aktörer som idag har stationära batterier inkluderar installationer i anslutning till stationer för fordonsladdning, för att klara effektbehovet på byggarbetsplatser eller vid industrier och i anslutning till solcellsanläggningar.

Aktörer som har tagit beslutet att investera i batterikapacitet bedöms generellt ha relativt god kunskapsnivå om elmarknaden och möjligheten att bidra med flexibilitet, eftersom detta ofta varit en avgörande orsak till investeringsbeslutet. Det finns dock andra aktörer som kan ha behov av information eller kunskapsstöd så som batteriinstallationer på byggarbetsplatser eller i fastigheter.

Aktörer med stora lagerlokaler

Stora lagerlokaler finns både inom lagerverksamhet (SNI 521) och inom flertalet andra industribranscher. Dessa har förutsättningar för att bidra med flexibilitet kopplat till lokalvärme (och annan fastighetsel) genom att det handlar om stora lokalvolymmer. Beroende på vad som lagras varierar krav på temperatur, ventilation och belysning, men i vissa fall kan dessa vara mindre snäva. Även aktörer med stora kyl- och fryslager ingår här, som har en termisk tröghet för att kunna regleras ner under kortare

perioder utan att det påverkar produkternas kvalitet. Slutligen är lagerverksamhet kopplad till användning av stora mängder truckar som har möjlighet att vara flexibla i sin batteriladdning.

Företag inom installation, drift och underhåll

En ökande andel av installation, drift och underhåll av stödprocesser inom industrin och för fastigheter sköts inte av aktörerna själva, utan köps in från externa leverantörer. Det kan handla om leverantörer av utrustningen, som även erbjuder driftsavtal, särskilda installations- eller serviceföretag och olika typer av teknikkonsulter. Dessa företag kan alltså spela en viktig roll genom att de har rådighet över en del av den flexibilitetspotential som finns i övriga näringslivet.

3.3.3 Informationsbehov och prioritering

CIT har i sitt arbete gjort en prioritering baserat på målgruppernas behov av särskilt anpassat kunskapsmaterial om flexibilitet, se Tabell 5. I kolumnen ”Kunskapsbehov” bedöms i vilken utsträckning brist på kunskap bedöms vara ett hinder för att bidra med flexibilitet. I kolumnen ”Potential” bedöms potentiell tillgång till betydande flexibilitetsresurser. Kolumnen ”Prioritet” baseras i de flesta fall på en sammanvägning av kunskapsbehov och potential, men även andra faktorer kan spela in (se respektive avsnitt samt kommentarsfältet). Bedömningen görs på de tre nivåerna hög, medel och låg. Frågetecknen betyder att aktuellt underlag är otillräckligt för att göra en bedömning. Denna bedömning blir vägledande i Energimyndighetens fortsatta arbete med och prioriteringar kring informationsinsatser.

Tabell 5 Sammanställd bedömning av prioriteringsnivå för målgruppernas behov av särskilt anpassat kunskapsmaterial (källa CIT⁶¹)

	Prioritet	Kunskaps- behov	Potential	Kommentarer
Tillverkande industri				
Verkstadsindustri	Hög	Hög	Medel	Hög prioritet för material om flexibilitet i de mer generella elanvändningsområden som är aktuella i verkstadsindustrin. Särskilt som materialet bedöms vara relevant för hela industrisektorn.
Livsmedelsindustri	Hög	Medel	Hög	Bedömningen är osäker, men det finns intressanta möjligheter till flexibilitet.
Sågverk	Medel	Hög	Medel	Möjligheten att ta fram specifikt material bör undersökas när projektet Sågflex avslutats.
Processindustri	Låg	?	?	Prioriteringen gäller i närtid. Kunskapen om behov och potential behöver öka.
Serviceverksamhet m.m.				
Fastighetsägare	Hög	Medel	Hög	Fastighetsägare har rådighet över en stor del av fastighetsdelen i lokaler där verksamhet inom andra kategorier bedrivs.

⁶¹ CIT Renergy, 2025, *Målgruppsanalys flexibilitet – Stöd för framtagande av kunskapsstöd*, dnr 2025-202123

	Prioritet	Kunskaps- behov	Potential	Kommentarer
Restaurang- och storköksverksamhet	Låg	Låg	Låg	Låg kunskapsnivå, men finns även andra, viktigare, hinder för att bidra med flexibilitet.
Livsmedelshandel	Medel	Medel	Medel	Kylda varor kan fungera som ett energilager.
Badhus och ishallar	Låg	?	Medel	Mer kunskap om behov och potential samt exempel behöver utvecklas.
Byggverksamhet	Låg	Låg	Låg	Prioritera verksamhet med batterilager.
Transportverksamhet	Medel	Låg	Medel	Hög prioritet för verksamheter som redan i dagsläget har många elfordon (se även aktörer inom fordonsladdning nedan).
Vatten och avlopp	Medel	?	Medel	Mer kunskap om behov och potential samt exempel behöver utvecklas.
Övrig serviceverksamhet	Låg	Medel	Låg	Kan dra nytta av material som tas fram för hushåll.
Offentlig verksamhet	Hög	Hög	Låg	Hög prioritet på grund av rollen som föregångare.
Branschöverskridande målgrupper				
Aktörer inom elfordonsladdning	Hög	Hög	Hög	Kunskap som är relevant för en bred målgrupp.
Aktörer med stationära batterilager	Medel	Låg	Hög	Lägre prioritet på grund av att kunskapsnivån bedöms redan vara relativt hög.
Aktörer med stora lagerlokaler	Hög	Hög	Hög	Främst laddning av truckar. Kyl- och fryslager har hög potential.
Företag inom installation, drift och underhåll	Hög	?	Hög	Hög indirekt potential. Osäkert om det är kunskapsstöd eller andra typer av insatser (t ex förstärkt samverkan och dialog) som behövs. Behovet bör utredas.
Småskaliga elproducenter				
Elproducenter med kraftvärmeproduktion	Låg	Låg	Låg	Låg prioritet på grund av att kunskapsnivån bedöms redan vara hög.
Elproducenter med småskalig vattenkraft	Medel	Medel	Medel	Antal anläggningar med magasin oklart. Oftast fokus på energiproduktion, inte flexibilitet.
Elproducenter med småskalig vindkraft	Låg	Medel	Låg	Potential från småskalig vindkraft förmodligen låg, men svår att uppskatta. Teknik för nedreglering kan dock även installeras där.

	Prioritet	Kunskaps- behov	Potential	Kommentarer
Aktörer med solcellsanläggningar	Låg	Medel	Låg	Visst behov av kunskap för att bedöma värdet av att installera batterier i småskaliga anläggningar.
Aktörer med reservkraft	Hög	Hög	Medel	Avvägning mellan kärnuppgiften avbrottsfri elleverans och möjlighet att erbjuda flexibilitet. Låg digitaliseringsgrad.

Resultatet pekar på att verkstadsindustrin, livsmedelsindustrin, sågverk, fastighetsägare och livsmedelshandeln, samt alla typer av aktörer med laddning av fordon (och arbetsmaskiner) har en hög prioritet i det fortsatta arbetet med informationsspridning. Dessa aktörer har bedömts både besitta en betydande potential och ha behov av information för att tillgängliggöra den.

I regeringsuppdraget ska vi särskilt inkludera småskaliga elproducenter. Enligt målgruppsanalysen och utifrån samtal med branschaktörer är Energimyndighetens bedömning att kraftvärmeproducenter, småskaliga vattenkraftproducenter, samt småskaliga vindkraftproducenter inte är hindrade av informationsbarriärer i någon större utsträckning. Elproducenter har generellt nära koppling till marknaden och tydliga incitament genom marknadens prissignaler. Undantaget är framför allt småskalig solkraft, som till del inkluderas av den informationen som Ei sammanställer på sin websida (se kap 3.2.2). Kraftslagets olika möjligheter för flexibilitet beskrivs mer utförligt i kapitel 4.

3.4 Det fortsatta arbetet med informationsspridning

Detta regeringsuppdrag sträcker sig till 20 november 2025 och vi avser att fortsätta ta fram och sprida mer information om flexibilitet till dess. Målgruppsanalysen (se avsnitt 3.33.3) visar var information om flexibilitet kan göra störst nytta för elanvändares och småskaliga elproducenters förmåga att vara flexibla, och utgör således en viktig grund för det fortsatta arbetet med att ta fram målgruppsanpassad information om flexibilitet. Eftersom målgruppernas behov av anpassad information om flexibilitet sträcker sig bortom detta regeringsuppdrag avser Energimyndigheten att arbeta kontinuerligt med frågan även efter 20 november 2025.

Flexibilitet är dessutom en del av ett bredare sammanhang och är exempelvis en del i begreppet *effektiv energianvändning* som kan ses som ett helt paket med flera delar som behöver hänga ihop. Vi behöver alltså arbeta med information om flexibilitet i relation till annan information. Detta kan bidra till en bättre helhetsbild för användaren, till exempel kring hur man kan minska sina kostnader för energi eller använda energi mer effektivt. Flexibilitet är och kommer att vara en viktig del i både användning och produktion av el, och budskap om flexibilitet behöver därför vävas in i myndighetens kommunikation. Energimyndigheten har därtill fått nya uppdrag som är relevanta för informationsspridning om flexibilitet. Exempelvis uppdraget med att ta fram en plan för insatser som myndigheten ska genomföra för att främja effektivare

och minskad energi- och effektanvändning⁶² och uppdraget om att planera för insatser för att främja kommunala och regionala aktörers långsiktiga strategiska förmåga att bidra till ett effektivt och robust energisystem⁶³.

Energimyndigheten har tidigare erfarenhet av att driva informationskampanjer men när det gäller information om flexibilitet bedömer vi att det i dagsläget inte är ändamålsenligt att gå ut med någon stor kampanj för att informera om flexibilitet. Det är däremot viktigt att få till ett långsiktigt arbete med frågan som kan anpassas efter de förändringar som sker i omvärlden. Det behöver systematiskt och regelbundet genomföras översyn, uppdatering, utveckling och spridning av informationen för att den ska fortsätta vara aktuell och relevant. En konsekvens av detta är att det kan vara lämpligare att jobba med digitala format hellre än trycksaker då det är enklare att uppdatera.

Energimyndigheten avser därmed att arbeta vidare med informationsspridning och ser behov av att:

- Fortsätta arbetet med målgruppsanpassad information genom att ta fram ytterligare kunskapsunderlag om flexibilitet och integrera flexibilitetsperspektiv i befintligt material riktat till olika målgrupper.
- Jobba vidare med frågor som rör flexibilitet i relevanta forum och kanaler där vi möter olika aktörer. Det är viktigt att flexibilitet ingår i andra informationsinsatser som redan pågår.
- Fortsätta samverka, både internt inom Energimyndigheten och externt med andra aktörer och myndigheter, exempelvis Ei. Det är viktigt att se till målgruppernas behov av samlad information.

⁶² Uppdrag 6 i Energimyndighetens regleringsbrev 2025
<https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=24956> (2025-04-08)

⁶³ Uppdrag 5 i Energimyndighetens regleringsbrev 2025
<https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=24956> (2025-04-08)

4 Reglerbarhet inom elproduktion

I detta kapitel beskrivs kraftslagens olika möjligheter och potential för flexibilitet, så kallad reglerbarheten för elproduktion. Vi belyser också variabilitet och intjäningsförmåga för elproduktion.

Reglerbarhet inom elproduktion har länge varit grundbulten i det svenska elsystemets flexibilitet. Variationerna i elanvändningen har på daglig basis varit huvudorsaken till att behöva reglera elproduktionen. Det är traditionellt sett bostäder och service som stått för den största andelen elanvändning i Sverige, och hushållens elbehov före och efter arbetsdagen har präglat behovet av elproduktion. Men som en del av omställningen och det ökade elbehovet byggs ett nytt elsystem upp. Vindkraft och solkraft är det som dominerat utbyggnaden av ny elproduktion de senaste åren, och som enligt Energimyndighetens prognoser och scenarier också kommer utgöra den största andelen av den fortsatta utbyggnaden av elproduktion den kommande tiden.⁶⁴ Utveckling av vind- och solkraft går så snabbt att behovet av flexibilitet för nedreglering (minskad produktion eller ökad användning) kommer att vara större än för tjänster för uppreglering⁶⁵. Samtidigt möjliggör teknikutveckling och marknadsutveckling att just dessa kraftslag också kan bidra med reglering allt mer. I Figur 4 illustreras påverkan på elsystemet av en ökad andel variabel elproduktion.

4.1 Variabilitet ur ett systemperspektiv

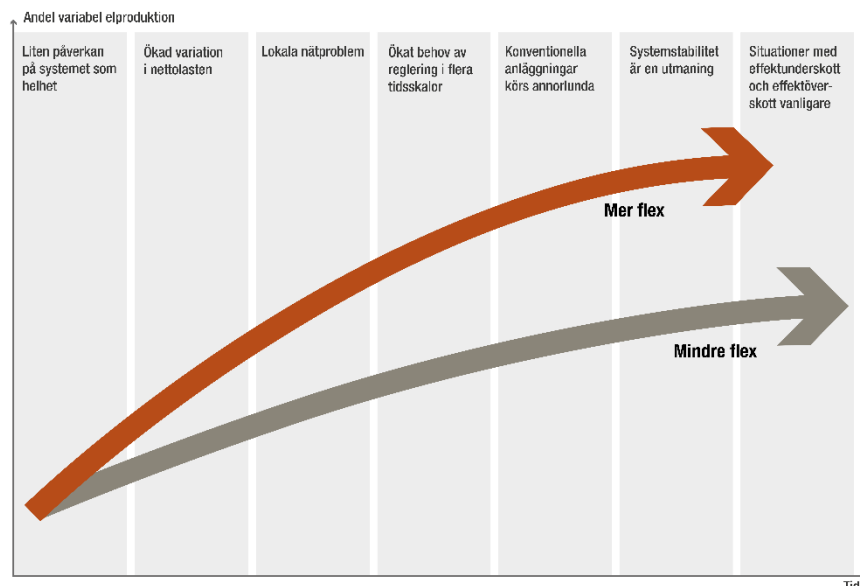
Att elproduktion från sol- och vindkraft varierar över tid kommer med både möjligheter och utmaningar. Eftersom marginalkostnaden är väldigt låg för dessa kraftslag skapas stora möjligheter för de elanvändare som kan utnyttja elenergin när den är billig, och avstå elanvändning när elenergin är dyr. Görs detta på ett sätt som påverkar prisbildningen på elmarknaden blir elpriset mer stabilt för hela kollektivet vilket gynnar både elanvändare och elproducenter. Samtidigt är det utmanande att hantera allt för stora svängningar i elproduktionen. Det mesta tar spotmarknaden hand om, dels genom naturlig priselasticitet i efterfrågan, dels med marknadsmekanismer som avkortning⁶⁶. Stora överskott hanteras i första hand genom att elproducenterna får lägga negativa bud tills priskryss uppstår vid ett negativt elpris, och producenterna utgår då utifrån den alternativkostnad som kommer med att annars faktiskt reglera ned produktionen. Vid minuspriser gör elproducenterna en avvägning mot

⁶⁴ Energimyndigheten, Kortsiktiga prognoser, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/framtidens-energisystem/kortsiktiga-prognoser/> (hämtat 2025-04-02)

⁶⁵ Energimarknadsinspektionen, R2023:18, <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2023/framjande-av-ett-mer-flexibelt-elsystem---deluppdrag-5-ei-r202318> (hämtat 2025-04-11)

⁶⁶ Avkortning sker när utbud och efterfrågan inte möts för att skapa ett priskryss. Det innebär vid underskott av produktion att man kortar av köpbuden proportionellt mot deras storlek tills ett priskryss uppnås, och vid stora överskott av produktion sker kortas säljbuden av.

alternativkostnaden. Stora underskott som inte går att lösa inom marknaden hanteras med nödåtgärder (se avsnitt 2.4.4).



Figur 4. Exempel på hur elsystemets behov kan förändras över tid och med ökad andel variabel elproduktion i fallet mer eller mindre flexibilitet. Omarbetat. Källa: Energimyndigheten (2018).⁶⁷

På lokal nivå kan dessutom hög elproduktion från decentraliserade anläggningar skapa omvända effektlöden⁶⁸ och spänningsvariationer som behöver hanteras av nätbolagen. Å andra sidan bidrar decentraliserade anläggningar generellt med så kallad nätnytta, vilket innebär att den lokala produktionen också kan användas lokalt vilket minskar överföringsförlusterna i nätet.

4.1.1 Hur variationer i elproduktionen uppstår

Solkraften och vindkraft är beroende av vädret för att producera el. Solinstrålningen i Sverige varierar markant i nordlig-sydlig riktning, från ungefär 800 kWh per kvadratmeter i nordligaste Sverige till upp mot 1 100 kWh per kvadratmeter i södra Skåne, på Öland och på Gotland. Vindkraften har motsvarande fullasttimmar⁶⁹ som för ett normalt landbaserat vindkraftverk varierar mellan 2 000 och 3 000 timmar på ett år, och för havsbaserad vind kan vara uppåt 4 000 timmar per år. Högre verk har normalt sett fler antal fullasttimmar än mindre verk.

Ytterligare två välbekanta egenskaper med solinstrålningen är att den är som mest intensiv på sommarhalvåret⁷⁰ och följer dygnets periodicitet. Utmaningarna för systemet är således att solkraft har en relativt förutsägbar men kraftigt varierande del, och en mer oförutsägbar del som beror på molnighet och i mindre grad på temperatur. Den planerbara variationen för elproduktion från solkraft varierar alltså dels mellan säsonger, exempelvis från nära noll i effekt på vintern till mer än märkeffekt under kalla vårdagar för genomsnittliga anläggningar, dels på dygnet mellan dag och natt, och dels på morgon och kväll när solen stiger och går ner. För enskilda anläggningar

⁶⁷ Energimyndigheten (2018). *Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem*

⁶⁸ Omvänt effektlöde innebär att ett lokalt nät matar in effekt på regionnätet. Det behöver i sig inte innebära ett problem men är något nätbolagen behöver ta hänsyn till vid

⁶⁹ För elproduktion är antal fullasttimmar total årsproduktion dividerat med märkeffekten.

⁷⁰ Ovanför polcirkeln går inte solen ner så där kan vertikala paneler vara fördelaktigt.

ökar effekten med några tiotals procent av märkeffekten per timme beroende på lutning och orientering, men sett till hela flottan av solkraftsanläggningar gör sammanlagringseffekter⁷¹ under normal väderlek att variabiliteten minskar vilket innebär att effektökning och effektminskning under dygnet är mer mjuk och långsam än för enskilda anläggningar. Med andra ord minskar utmaningar med variabilitet sett till systemet i stort.

Vindkraften har inte en lika tydlig årlig cykel som solkraft, men det finns viss säsongsbetonad variation och vindkraft producerar mer på vintern än sommaren. Med andra ord kompletterar den solkraftens produktionsmönster vilket på systemnivå ger ett jämnare bidrag. Vinden har däremot en tendens till längre cykler än solens dagliga cykel, och över dagar eller till och med veckor. När det börjar eller slutar blåsa kan det emellertid gå ganska fort, och det är inte ovanligt att övergångarna från hög till låg produktion, eller vice versa, är kortare än ett dygn.

Vindbyarna varierar över olika geografiska områden i Sverige.

Sammanlagringseffekten av det gör att den totala vindkraftens bidrag med elproduktion är mindre variabelt än enskilda anläggningars bidrag, precis som för solkraft. Som exempel kan variabilitet från en enskild turbin medföra en variation på årsenergiproduktionen, mellan olika normala väderår, på 85 – 115 procent. Under en godtycklig timme varierar effekten 5 – 240 procent av genomsnittligt effektbidrag. För fyra turbiner runtom i Sverige är motsvarande variation i årsenergiproduktion 95 – 110 procent energi, och effektbidraget en godtycklig timme istället 30 – 180 procent runt medelvärdet.⁷²

Energimyndigheten har för närvarande ett uppdrag att ta fram incitament för bättre effektbidrag från intermittent kraftproduktion⁷³ som kommer analysera området vidare.

4.1.2 Möjligheter till utjämning av variationen

Det finns olika möjligheter för att jämna ut variationer när ny variabel elproduktion integreras i systemet. Om vi bortser från marknaderna där variationen kan utnyttjas av olika andra aktörer har också elproducenten själv möjlighet att påverka. En möjlighet är samlokalisering⁷⁴ av vindkraft och solkraft. Eftersom det finns en viss negativ korrelation mellan vindkraft och solkraft över olika tidsperioder kan man skapa ett mer effektivt nätutnyttjande vid en sådan lösning. Det kan med andra ord vara lönsamt att begränsa abonnemanget, trots risk för eventuellt energispill. Vid tillfällen då det både blåser mycket och är soligt är det sannolikt att marknadsvärdet på elenergi är lågt vilket gör att förlusterna blir begränsade.

Nästa steg kan vara att koppla in användning, omvandling eller lagring av el i en så kallad hybridlösning, alternativt även annan typ av elproduktion, för att effektivisera

⁷¹ Med sammanlagringseffekter avses att elproduktionen från olika anläggningar varierar olika i tiden. Det sammanlagrade bidraget från solkraft uppträder då mjukare än varje enskild anläggning.

⁷² Modellresultat från Profu, intern kommunikation.

⁷³ Regeringen, <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2024/12/uppdrag-att-ta-fram-incitament-for-bättre-effektbidrag-fran-intermittent-kraftproduktion/> (hämtad 2025-04-13)

⁷⁴ Exempel för planerade hybridpark med en kombination av sol- och vindkraftsproduktion i Sverige finns i Skåramåla. <https://se.europeanenergy.com/2024/04/19/skaramala-sveriges-forsta-storskaliga-hybridpark/> (hämtad 2025-03-19) eller Lyngsåsa vindkraftspark i Alvesta https://nordic.baywa-re.com/sv/foeretag/nyheter/details?businessarea=bioenergy&tx_ggnews_pi1%5Baction%5D=detail&tx_ggnews_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_ggnews_pi1%5Bnews%5D=3830&cHash=b50b104daac15d096f840ef20151047d (hämtad 2025-03-19)

energianvändningen och nätutnyttjandet. Vätgas är en energibärare som i teorin är lämplig för att matcha variabiliteten hos vindkraften men som i praktiken ännu inte har ekonomiska förutsättningar för sådana hybridlösningar, se även avsnitt 5.8.1. Mer om vätgasen möjlighet att bidra med flexibilitet finns i tidigare rapport⁷⁵.

Det är värt att nämna att antal fullasttimmar och hur effekten som produceras varierar över tid, också varierar med geografisk placering och orientering av vindkraft och solkraft. För större aktörer kan dessa aspekter vara en naturlig del av de förstudier som de gör, men för mindre aktörer som små företag, fastighetsägare och hushåll är det möjligt att man missar möjligheter som kan verka ologiska – som att exempelvis orientera solpanelerna i västligt och östligt läge för jämna ut produktionen eller öka egenanvändningen i stället för att maximera total energiproduktion. Prosumenter som både producerar och konsumerar har möjligheter som beror på vilket typ av elbehov man har, samt tillgång till energilager eller inte. Företag som investerar i fordonsladdning för sina anställda i kombination med solenergi har möjlighet att skapa god synergi på sommarhalvåret.

Ett mer direkt sätt som går i linje med begränsade abonnemang är att villkorade nätanslutningsavtal tillämpas, vilket även på enskilda kraftslag börjar bli allt vanligare inom EU⁷⁶. Det innebär med andra ord ett tak på abonnemanget som understiger märkeffekten för anläggningen, och skulle kunna vara motiverat om det tillämpas när det annars skulle kräva fördyrande nätförstärkning. I elområden där variabel elproduktion är koncentrerad blir den förlorade intäkten även i detta fall inte särskilt stor. Sett till solkraften sker inte heller en stor förlust i energiproduktion, sett till hela årets produktion, då timmarna med maximal produktion under ett år är begränsade. Villkorade avtal är tidsbegränsade och används främst för att kunna tidigarelägga etableringar som kräver nätanslutning, men en mer långsiktig möjlighet är om den anslutande parten ingår i ett bilateralt avtal med nätbolaget, där man kommer överens om villkor där nätbolaget kompenserar för den förlorade intäkten utifrån att det finns en kostnadsbesparing för nätförstärkning. En marknadslösning kan vara att de bilaterala avtalen upphandlas i konkurrensutsättning, om det är möjligt utifrån ett nätperspektiv.

4.2 Intjäningsförmåga för elproduktion

De olika kraftslagen har olika möjligheter att tjäna pengar på sin elproduktion. Inkomster kan komma från olika delar av marknaden, från finansiell handel, till dagen före-marknaden (spotmarknaden) och intradagmarknaden, men även från olika nätmarknader. Kraftslagets ekonomiska incitament till reglerbarhet varierar utifrån hur exponerad elproducenten är för de olika fysiska marknaderna, vilket i sin tur avgörs av de tekniska och reglermässiga förutsättningarna för respektive kraftslag. Mer om detta beskrivs i kommande avsnitt 4.3 – 4.10.

I detta avsnitt fokuserar vi framför allt på intjäningsförmågan via spotmarknaden. Spotmarknaden står för den absolut största andelen fysisk handel med historiska handelsvolymen över 90 procent av den totala fysiska handeln. Sett till en årlig elanvändning över 130 TWh inom de svenska elområdena motsvarar spotmarknaden

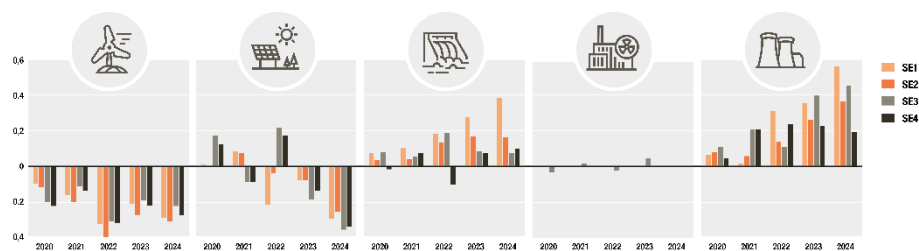
⁷⁵ Energimyndigheten, Vätgas och vätgasinfrastruktur i det svenska energisystemet (ER 2024:07)

⁷⁶ Energimarknadsinspektionen om villkorade avtal och konsultrapport, <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2023/villkorade-avtal-ei-r202308> (hämtad 2025-04-12)

alltså nästan 120 TWh. Intradagmarknaden har i jämförelse de senaste åren legat under 5 TWh, och balansmarknaden där förkvalificeringsbehovet är 1 GW är än mindre. Således är flexibilitet som kan tillgängliggöras via spotmarknaden det som också får störst effekt på den totala kostnaden för samhällets elanvändning, i synnerhet när flexibiliteten ingår i prisbildningen. Därtill kan, som nämns i avsnitt 2.4.4, flexibilitet på spotmarknaden också dämpa behovet av flexibilitet i senare skeden.

I Figur 5 visas intjäningsförmågan i termer av medelintäkt (även kallat *capture rate*) per kraftslag, elområde och år. Medelintäkten representerar inte den totala intäkten. Medelintäkten behöver också ses i ljuset av att många ägare till produktionsanläggningar har långsiktiga kontrakt med fasta priser. Även om dessa typer av kontrakt utgör ett minskat incitament att reglera kommer medelintäkterna att påverka de framtida kontrakten och den elproduktion som inte har fasta kontrakt.

En viktig slutsats från skillnaden i medelintäkter för olika kraftslag är att elmarknaden premierar de kraftslag som kan producera el när behovet är stort eller priset är högt. Långsiktigt leder det till ett mer effektivt elsystem. På samma sätt så kommer det finnas högre intjäningsförmåga hos de anläggningar som bättre kan anpassa sig till prisvariationer. Detta kan exempelvis vara att placera vindkraft där det är bättre vindlägen och på platser där det inte finns så mycket vindkraft idag, bygga med högre tornhöjd eller placera solceller i en öst-västlig riktning.



Figur 5. Medelintäkt från olika kraftslag de senaste åren, per elområde. Medelintäkterna är angivna som andel av medelpriset på spotmarknaden under ett år (men beräknat per timme).

4.3 Förutsättningar och potential för upp- och nedreglering

Elproducenternas potential för reglering beror på olika tekniska, ekonomiska, och regulatoriska faktorer och skiljer sig dessutom mellan nedreglering och uppregering.

4.3.1 Grundläggande förutsättningar

Nedreglering innebär att minska sin elproduktion, vilket samtliga kraftslag som producerar kan vara med och bidra med, givet att kraftproduktionen är styrbar på ett sätt som efterfrågas av marknaden, att det är lönsamt att reglera ned, och att det inte finns några regulatoriska hinder.

Att reglera upp, alltså att öka sin elproduktion, kräver å andra sidan att det finns kapacitet kvar att tillhandahålla på intradagmarknaden eller balansmarknaden. För elproducenter blir det då en marknadsmässig balansgång eftersom de i sin budgivning

behöver spela på priset på efterföljande marknad så att de inte utövar marknadsmanipulation. Vattenkraften med sin stora kapacitet och möjlighet att lagra energi är det naturligt att tillhandahålla kapacitet för att reglera upp. För vind- och solkraftsproducenter är det svårare eftersom de sannolikt skulle behöva spilla mycket av den energi som de inte säljer på spotmarknaden. De är dessutom i händerna på vädret, och utfallet i driftkvarten gentemot tidigare prognoser som buden baseras på.

4.3.2 Teknisk potential för reglering

Givet de ovanstående resonemangen blir tekniska potentialen för kraftproduktionen att bidra med nedreglering förenklat således linjärt proportionell mot den faktiska produktionen, som i sin tur i teorin maximalt kan vara likställt med den totala produktionskapaciteten. Det som skiljer kraftslagen åt är hur produktionen faktiskt varierar i förhållande till den totala kapaciteten över årets alla timmar.

Potentialen för uppreglering, vilket vid höglasttimmar kan ses som motmedel för eventuell effektbrist, är å andra sidan starkt beroende av planerbarheten⁷⁷ av elproduktion. Även om behovet för nedreglering kommer att vara större (sett utifrån volymer på marknaderna) än behovet för uppreglering inom de kommande fem åren⁷⁸ har vi valt att fokusera analysen i kommande avsnitt på förmågan att reglera upp effekten. Nedreglering kan i viss mån ses som ett angenämt problem, medan uppreglering är något mer tekniskt begränsad, och kopplas ofta samman med en oro för otillräcklighet.

4.3.3 Uppskattningar av framtida potential

Den installerade kapaciteten i framtidens elsystem är högst beroende av behovet av el, utvecklingen i angränsande länder och möjligheten för export och import, olika styrmedel och andra incitament som finns, etcetera. I Energimyndighetens långsiktiga scenarioanalys 2025⁷⁹ (scenarioanalysen) undersöktes fyra utforskande men måluppfyllande scenarier där utfallet på ny elproduktion varierar något. Dessa scenarier ligger till grund för uppskattningar av de möjliga framtida potentialerna för respektive kraftslag 2035. Potentialerna redovisas nedan i respektive avsnitt.

4.4 Vattenkraft

Vattenkraften står för största andelen elproduktion i Sverige idag. År 2023 producerade vattenkraften 66 TWh vilket motsvarar drygt 40 procent av Sveriges totala produktion det året. Årsproduktionen är däremot något som kan variera stort inte minst beroende på vädret under året. De senaste femton åren har vattenkraftens årsproduktion varit som mest drygt 78 TWh och som lägst knappt 61 TWh, beroende på varierad tillrinning mellan åren.

⁷⁷ I praktiken är alla kraftslag planerbara på olika tidshorisonter. Även solenergi om man ser till hela flottan solcellsanläggningar.

⁷⁸ Energimarknadsinspektionen, R2023:18, <https://ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/rapporter-och-pm/2023/framjande-av-ett-mer-flexibelt-elsystem---deluppdrag-5-ei-r202318> (hämtad 2025-04-11)

⁷⁹ Energimyndigheten, Långsiktiga scenarier, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/framtidens-energisystem/langsiktiga-scenarier/> (hämtad 2025-04-12)

4.4.1 Förutsättningar och möjligheter

Vattenkraftens förmåga att reglera elproduktion kan hantera både väntade och oväntade variationer, i elanvändning och produktion, på alla tidshorisonter vilket gör den väldigt viktig för att upprätthålla kraftsystemstabiliteten och för att säkerställa ett drift- och leveranssäkert elsystem idag och i framtiden. Den är även viktig ur ett energiberedskapsperspektiv och för effekttillräcklighet. Behovet av vattenkraftens reglerförmåga är normalt högst under dygnet men kan även bli högt på veckobasis för att balansera vindkraften. Å andra sidan kan vattenkraften lätt lagra energi när det blåser mycket.

Tillgång på vatten och miljövillkor är faktorer som begränsar möjligheten till flexibilitet från vattenkraften. En viss mängd vatten kan användas för olika regleringar. Ökat utnyttjande av vattenresurser på en viss tidsskala kan påverka kapacitet för hur reglering kan nyttjas på andra tidskalor. Hinder för att öka flexibiliteten från befintlig vattenkraft genom effekthöjningar, effektiviseringar och förändrade villkor beskrivs i Energimyndighetens rapport *Hinder för utbyggnad av elproduktion*.⁸⁰

Förändrade miljövillkor

Sveriges vattenkraft genomgår en omprövning för att uppdateras med moderna miljövillkor enligt en nationell plan.⁸¹ I princip alla vattenkraftverk⁸² ska under en 20-årsperiod⁸³ miljöanpassas där nya villkor kan komma att begränsa vattenkraftens produktions- och flexibilitetsförmåga. Den nationella planen anger en nationell helhetssyn i frågan om att verksamheterna ska föras med moderna miljövillkor på ett samordnat sätt med största möjliga nytta för vattenmiljön och nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel. När planen beslutades så fastställdes också att sammantagna negativa inverkan på en nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel ska hållas till ett minimum och att största möjliga hänsyn ska tas till riktvärdet om 1,5 TWh i produktionsminskning. Inom begreppet nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel ryms även beaktande av reducerad flexibilitet.

Vattenkraftens totala flexibilitet finns framför allt i cirka 255 så kallade klass 1-kraftverk. Dessa vattenkraftverk bidrog med drygt 98 procent av reglerbidraget i de tre tidsnitten 365, 28 och 1 dygn under åren 2009–2014.⁸⁴ Vattenkraftens förmåga till flexibilitet och andra för samhället viktiga nyttor är sådant som kan motivera undantag och därmed mindre omfattande miljöanpassningar.

Uthållighet och ramphastighet

Vattenkraft är en uthållig resurs som kan drivas större delen av året och kan reglera upp eller ned elproduktionen inom minuter till timmar. Slitage och miljöpåverkan gör det utmanande för vattenkraften att delta på marknader med krav om en mycket snabb aktiveringstid (exempelvis FFR). Genom olika batterilösningar kan den snabba regleringen förbättras samtidigt som kostnader för slitage och vattenmiljöpåverkan minskar. Vattenkraften kan bidra med hög effekt när det finns behov men dess uthållighet vid hög effekt är begränsad. Uthållighet vid hög effekt beror bland annat av fysisk utformning av kraftverks- och magasinsystem i älvar och miljövillkor. Det

⁸⁰ Energimyndigheten, *Hinder för utbyggnad av elproduktion*, ER 2023:18, kapitel 4.2

⁸¹ Regeringsbeslut M2019/01769/Nm

⁸² Cirka 1600 kraftverk

⁸³ Ansökan om omprövning ska lämnas till domstol under åren 2022–2039.

⁸⁴ Energimyndigheten (2016), *Vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet*, ER 2016:11

behöver finnas tillräckligt med vatten vid varje enskilt kraftverk längs älven. I ett framtidsscenario⁸⁵ med stor andel vindkraft tyder mycket på att behovet av vattenkraftens reglering på tidsskalan flerdryg kommer att öka eftersom det i dagsläget finns få andra reglerresurser som kan bidra på aktuell tidsskala. Även ökad andel solkraft påverkar reglerbehovet på dygns- och årsskala.

Enligt produktionsdata på timmesnivå från vattenkraften åren 2019 – 2023 har ramphastigheten för den totala flottan varit som mest 3 GW/h eller i snitt 50 MW/min, men för enskilda verk är ramphastigheten betydligt högre. Uthålligheten för vattenkraft är bäst i klassen, med möjlighet till säsongslagring.

Ekonomiska förutsättningar

En stor del av vattenkraftens flexibilitet hanteras genom spotmarknaden, det vill säga produktionsplanering enligt prognos på elpriser. Figur 5 visar att vattenkraften har en relativt god medelintäkt på spotmarknaden jämfört med de andra kraftslagen, vilket beror på just reglerbarheten och att vattenkraften har en hög så kallad effektbidragsfaktor.

Flera av de stödtjänstmarknader som finns idag är i stort sett utformade efter vattenkraften, och vattenkraften är också det kraftslag som idag har störst andel förkvalificerade volymer på Svenska kraftnäts balansmarknad. Det finns därför inga direkta hinder för vattenkraften att delta varken på spotmarknaden, intradagsmarknaden eller på balansmarknaden.

Småskalig vattenkraft

En stor andel av den tillgänglig effekten från småskalig vattenkraft⁸⁶ finns i elområde SE3 och SE4. Totalt motsvarar dessa cirka 1 000 MW för hela landet och en elproduktion på 4 – 5 TWh på årsbasis. Sådana små anläggningar har inte alltid tillgång till magasin, vilket är en nödvändig förutsättning om kraftverken ska kunna regleras flexibelt. I undantagsfall kan strömkraftverk synkroniseras med dämningar eller verk längre uppströms. De småskaliga vattenkraftanläggningarna ägs av småföretag och är historiskt byggda med fokus på energiproduktion snarare än effekt- eller flexibilitetsfrågor.⁸⁷ Förutsättningarna ändrades dock något när värdet på tjänster för balansering steg kraftigt under 2022⁸⁸. Vissa mindre aktörer tog tillfället i akt att optimera driften, inkluderat för stödtjänster, men investeringar i flexibilitet för de minsta anläggningarna anses fortfarande enligt SVAF⁸⁹ inte vara lönsamt.

4.4.2 Framtida förutsättningar och potential

Den totala kapaciteten av vattenkraft är 16,4 GW men eftersom inte alla vattenkraftverk kan utnyttjas fullt ut samtidigt ligger den totala momentana effekten som i praktiken går att utnyttja på cirka 13 – 14 GW. Likaså är vattenkraften i praktiken begränsad nedåt till cirka 2 GW.

Utbyggnaden av vattenkraft kan anses begränsad då den största potentialen finns i de nationalälvar⁹⁰ som är skyddade enligt miljöbalken.⁹¹ Däremot finns det potential för

⁸⁵ Energiforsk, Hållbar vattenkraft i framtidens energisystem, Rapport 2025:1082

⁸⁶ Kraftverk med installerad effekt <10 MW

⁸⁷ CIT Renergy AB, Målgruppsanalys flexibilitet Stöd för framtagande av kunskapsstöd; 2025

⁸⁸ Se avsnitt 2.4.2

⁸⁹ Samtal med SVAF (Svensk vattenkraft förening) 30 oktober 2024

⁹⁰ Torne-, Kalix-, Pite och Vindelälven.

⁹¹ SFS nr: 1998:808. Miljöbalken. 4 kap 6 §

effekthöjningar och effektiviseringar i befintliga kraftverk, vilket skulle kunna bli aktuellt i ett framtida elsystem där behovet av flexibilitet ökar. Detta förutsätter dock att det finns rätt ekonomiska förutsättningar för detta då det kan vara en relativt kapitaltung investering. Men också att det finns rätt juridiska förutsättningar⁹² i samband med miljöprövning och när vattenkraften ska omprövas till moderna miljövillkor.

Vattenkraft finns idag framför allt i de tre nordligaste elområdena⁹³ vilket även återspeglas i potential för effektutbyggnad och effektivisering för ökad flexibilitet. Enligt analys utförd av Sweco 2016⁹⁴ finns det en potential för effektutbyggnad i befintlig vattenkraft med omkring 3 – 4 GW. I analysen studerades de tio största kraftproducerande älvarna i Sverige extra noga. Dessa älvar står för cirka 14 GW av den totala installerade vattenkraften i Sverige. Effekthöjningspotential baseras på att kraftverken i en älvräcka anpassats efter ett dimensionerande kraftverk i älvräckan och sedan samkörs på ett sätt så att alla aggregat kan köras för fullt utan att spilla vatten. Liknade analys utfördes av AFRY 2024⁹⁵ som pekade på en potential i samma storleksordning, varav det konstaterades att 1,3 GW skulle kunna vara möjligt att realisera till 2035. Förutom potentialen att bygga bort flaskhalsar i Sveriges största älvar studerades även möjlighet att renovera stor- och småskaliga kraftverk med investeringsbehov relaterat till ålder. Potentialen för småskalig vattenkraft⁹⁶ uppskattades till 80 MW i elområde SE3 och SE4.

Den nationella planen för moderna miljötillstånd främjar bland annat ökad effekt vid befintliga vattenkraftverk. I det fall en vattenkraftsproducent anser det är ekonomiskt lönsamt att investera i effekthöjning eller ser möjligheter till ökad flexibilitet kan samordning av villkor ske i samband med omprövning för moderna miljövillkor. Om villkor utreds på ett samordnat sätt i samband med omprövning kan flexibilitet inom hela älven öka.

I Energimyndighetens scenarioanalys byggs vattenkraften ut i samtliga scenarier med hela den potential som var möjligt enligt de exogena begränsningar som ansatts, från dagens (i modellen) 16,3 GW till 18,2 GW år 2035. Det motsvarar en effekthöjning om 1,9 GW vilket är något högre än 1,3 GW som AFRY uppskattat.

4.4.3 Pumpkraft

Förutom möjligheten till effektivisering och effekthöjning av befintliga verk pågår flera förstudier av pumpkraft. Både SENS och Mine Storage som är två svenska bolag som utvärderar pumpkraft i gamla gruvor uppger att de huvudsakliga intäkterna uppskattas komma från flexibilitetstjänster, elhandel och erbjudanden om kapacitetsreserv till elbolag. Även Fortum genomför en förstudie om ny pumpkraft på tre platser i Sverige.⁹⁷

⁹² Effekthöjning innebär en förändring av verksamheten som normalt inte ryms inom ramen för en omprövning. Det finns också svårigheter med att få tillstånd avseende miljöbalkens icke-försämringskravet.

⁹³ Installerade effekt: SE1 5,4 GW, SE2 8,1, SE3 2,7 GW och SE4 0,3 GW

⁹⁴ SWECO. Effektutbyggnad Vattenkraft. Rapport 2016

⁹⁵ AFRY. Potential för ökad effekt och balansering från Sveriges vattenkraft. Rapport 2024-10-18

⁹⁶ Kraftverk med installerad effekt <10 MW

⁹⁷ [Fortum genomför en förstudie för nya pumpkraftverk - Fortum Sverige](#)

Energilagring i pumpkraft karakteriseras av låga LCOS⁹⁸ framför allt på grund av anläggningarnas långa livslängd. Däremot är den initiala investeringen hög vilket troligtvis är det största hindret idag. Investeringskostnaderna är främst beroende av storleken och den geografiska lokaliseringen och lönsamheten är beroende av tillgänglig fallhöjd vilket varit en begränsning för utbyggnaden i Sverige. Pumpkraftverk väntas inte ha någon större kostnadsminskning i framtiden då det är en mogen teknologi. Däremot kan lönsamheten påverkas av förändrade elpriser.

4.5 Kärnkraft

Det finns i Sverige idag sex kärnkraftsreaktorer i drift som tillsammans producerar ungefär en tredjedel av den el som används i Sverige. Reaktorerna är lokaliserade i Forsmark, Ringhals och Oskarshamn och har tillsammans en effekt på drygt 6,9 GW. Samtliga svenska reaktorer i drift idag byggdes under 1970- och 80-talen och är av två typer: kokvattenreaktorer (BWR⁹⁹) och tryckvattenreaktorer (PWR¹⁰⁰). Båda är av sorten lättvattenreaktorer och byggda som kondenskraftverk, vilket innebär att det enbart är el som tillvaratas och att värmen kyls bort.

Kärnkraft förknippas med baslastproduktion eftersom de rörliga kostnaderna är relativt små jämfört med investeringskostnaderna, vilket innebär att kärnkraften i regel producerar på jämn effektnivå både med avseende på elproduktion i generatorn och den termiska effekten i reaktorn under större delen av året. Det avspeglas också i medelintäkten, se Figur 5, där kärnkraft har relativt små avvikelser från medelspotpriset. Undantagen för kärnkraftens jämna produktion är framför allt vid revisioner, som vanligtvis sker under sen vår eller sommar.

I takt med att utbyggnaden av väderberoende förnybar elproduktion ökar kan det bli ofrånkomligt att kärnkraftverken måste ändra sitt produktionssätt helt enkelt för att de sammanhängande perioderna då elpriset understiger de rörliga produktionskostnaderna blir fler i framtiden. Det är då rationellt att reglera ner produktionen eller helt stänga av om längden på dessa perioder är tillräckligt långa. Nyckeln ligger då i om elpriserna under resten av året är tillräckligt höga för att täcka samtliga kostnader. En växande andel flexibilitet i form av energilager och efterfrågefleksibilitet kan ha en gynnsam inverkan på kärnkraftverkens drift (men även på annan icke-styrbar eller svårreglerbar elproduktion) eftersom flexibilitet tenderar att jämna ut elpriset. Frågan om ersättningar för reglerbarhet eller för tillgänglig effekt eller rent av för systemstabiliserande förmågor (typ stödtjänster) kan därmed få ökad betydelse på framtidens elmarknad för planerbar effekt som kärnkraft om inte längre dagen-före-marknaden kan ge tillräckliga incitament för drift eller investeringar.

4.5.1 Möjligheter och förutsättningar

Kärnkraft har dock möjlighet att köras mer flexibelt. I Sverige kördes reaktorerna periodvis lastföljande under 80- och 90-talen. Lastföljning avser balansering av de regelbundna variationerna i efterfrågan på el, antingen över dygnet eller under längre perioder som exempelvis mellan veckodagar och helger. Lastföljningen utfördes

⁹⁸ Levelized cost of storage – Kostnaden per kWh (eller MWh) el som laddas ur från en lagringsenhet när man tar hänsyn till alla kostnader och energi som produceras under enhetens livstid.

⁹⁹ BWR (Boiling Water Reactor) är kokvattenreaktor vilka återfinns i Oskarshamn och Forsmark.

¹⁰⁰ PWR (Pressurized Water Reactor) är tryckvattenreaktorer och utgörs i Sverige av Ringhals 3 och 4.

genom styrtavsläpplage och cirkulationspumpar för BWR-blocken, respektive styrtavsläpplage, borsyrakoncentration och reaktorkylvattentemperatur för PWR-blocken. Efterfrågevariationer av detta slag är generellt sett väl förutsägbara på grund av deras regelbundenhet och möjliggör därmed en hög grad av planerbarhet för produktionen att anpassa sig. För ett kärnkraftverk innebär lastföljning därmed ett tydligt avsteg från baslastproduktion. Om man tittar utanför Sveriges gränser så utnyttjas, respektive utnyttjades, en del av reaktorerna för lastföljning i både Frankrike och i Tyskland. Lastföljning i dessa länder medför (respektive medförde i Tysklands fall) dagliga effektvariationer på mellan 50 och 100 procent av märkeffekten i de aktuella reaktorerna¹⁰¹.

Tekniska förutsättningar att bidra med flexibilitet

I en typisk PWR (Ringhals 3 och 4) regleras effekten vanligtvis med styrtavar och med koncentrationen av borsyra i kylvattnet. Det sistnämnda används framför allt vid finare effektjustering men har fördelen att det inverkar mindre på effektdistributionen i hårdnen jämfört med en effekreglering med styrtavar.¹⁰² Bor har en starkt neutronabsorberande verkan och bidrar därför till att reducera antalet fissioner per tidsenhet i bränslet och därmed till att reducera effekten. Genom att tillsätta färskvatten så späder man ut borkoncentrationen varpå reaktoreffekten återigen kan stiga. Nackdelen med en omfattande variation i borsyrakoncentration är att kylvattnet frekvent måste renas på bor. I en typisk BWR (Oskarshamn 3 och Forsmark 1-3) regleras istället effekten med styrtavar och med kylvattenflödet. Reglering med styrtavar sker typiskt vid lastnivåer på under 60 procent av märkeffekten medan kylvattenflödet används som reglermekanism vid effektnivåer mellan 60 och 100 procent av märkeffekten.¹⁰³

Det finns alltså inget rent tekniskt som hindrar en reaktor från att anpassa sin effekt efter variationer på elmarknaden, inom vissa driftmässiga gränser som beror på bland annat teknik, ålder, utbränningsnivå i bränslet med mera. Håller man sig inom dessa gränser kan dessutom effektvariationen ske relativt snabbt. Icke desto mindre finns några olika tekniska aspekter att ta hänsyn till vid effekreglering, som exempelvis:

- Förslitning och utmattning av komponenter,
- Korrosion och erosion (av exempelvis bränslestavar, ventiler, rörledningar och ånggenerator) till följd av flödesändringar,
- Temperaturförändringar i bränsle och moderator och dess påverkan på reaktiviteten i reaktorn (temperaturåterkoppling),
- PCI ("pellet-cladding-interaction"), det vill säga risken för mekanisk påverkan, och skador på bränslet, av att bränslekutsen och kapslingsmaterialet påverkas,
- Xenon-förgiftning och dess påverkan på effekten i reaktorn.¹⁰⁴

¹⁰¹ NEA (2011), *Technical and Economic aspects of load following with nuclear power plants*.

¹⁰² Tucker C. (2019), "How to drive a nuclear reactor", Springer praxis books.

¹⁰³ SNETP Nuclear energy fact sheet 7, "Load following capabilities of nuclear power plants", <https://snetp.eu/wp-content/uploads/2020/05/SNETP-Factsheet-7-Load-following-capabilities-of-nuclear-power-plants.pdf>

¹⁰⁴ Xenon-förgiftning uppstår då fissionsprodukten I-135 sönderfaller till Xe-135 som har en hög neutronabsorberande förmåga och därför reducerar möjligheten till kärnklyvningar som i sin tur

Det finns olika sätt att hantera dessa fenomen. Bland annat kan förslitning, utmattning och korrosion åtgärdas med alternativa materialval, förbättrad övervakning och kontroll, designförändringar med mera.¹⁰⁵ PCI utgör ett viktigt skäl till långsiktig utveckling inom bränsletillverkning. Xenon-förgiftning är svårt att komma runt och påverkar reglerbarheten men har olika betydelse beroende på bränslets utbränning (det vill säga hur många kärnklyvningar som bränslet har genererat). Dessa är alltså viktiga begränsande tekniska faktorer som delvis kan hanteras men som generellt är förknippade med ökade kostnader.

Uthållighet och aktiveringstid

Typiska ramphastigheter i kärnkraftverk ligger på mellan två och fem procent per minut av nominell effekt, beroende på tidigare drifterfarenheter och design av moderna reaktorer.¹⁰⁶ Även om den relativa ramphastigheten är större i exempelvis gasturbiner (typiskt tio procent per minut av märkeffekten) är dessa anläggningar generellt sett betydligt mindre. En reaktor kan alltså ge ett större reglerbidrag i MW/minut räknat än andra (mindre) men mer lättreglerade termiska kraftverk. I Sverige finns föreskrifter på reglerbarheten. Enligt dessa (Svenska Kraftnäts föreskrift SvKFS 2005:2) ska ett PWR-block kunna regleras med fem procent per minut i effektområdet 60 till 90 procent av märkeffekten medan ett BWR-block ska klara 10 procent per minut i effektområdet 60 till 90 procent av märkeffekten.¹⁰⁷ Enligt föreskrifterna bör då svenska kärnkraftflottan i stort kunna reglera med en ramphastighet om 500 MW/minut. Ramphastigheten begränsas bland annat av PCI, se avsnittet ovan.

En relativt hög ramphastighet förutsätter dock att reaktorn är i drift och att effekten ligger över en viss minimilastnivå som i hög grad beror på utbränningen av bränslet. Minimilastnivån kan ligga så långt ner som ca 20 procent för en reaktor laddad med färskt bränsle, beroende på design, men som i takt med utbränning kan öka till över 80 procent för bränsle med hög utbränning (erfarenheter baserade på franska PWR-anläggningar).¹⁰⁸ Det är inte bara reaktorhärden som styr ramphastighet och minimilasten utan även ångturbinen sätter gränser för hur snabbt den kan reglera effekten. Verkningsgraden i ångturbinen försämras vid dellast och påverkar därför också gränsen för lägsta effekt. Generellt kan man dumpa ångan innan den går in i turbinen vilket möjliggör en viss frikoppling mellan reaktorhård och ångturbin. Om en reaktor av någon anledning stängs av är tiden för återstart och återinmatning av el till elnätet relativt lång i förhållande till andra termiska kraftverk. För en kärnreaktor handlar det åtminstone om minst ett halvt dygn mellan kallt läge och full effekt medan det för gascombicykler (CCGT) typiskt rör sig om enstaka timmar.¹⁰⁹

bestämmer effekten i reaktorn. Det är just vid effektvariationer som detta får betydelse då balansen mellan de neutroner som absorberas och de som bidrar till kärnklyvningar störs. Xe-135 har kort halveringstid, några timmar, vilket innebär att "förgiftnings"-effekten klingar av inom några timmar efter det att reaktoreffekten återigen är stabil.

¹⁰⁵ IAEA (2018), "Non-baseload operation in nuclear power plants: load following and frequency control modes of flexible operation".

¹⁰⁶ Jenkins et al (2018), *The benefits of nuclear flexibility in power system operations with renewable energy*, Applied Energy 222 (2018).

¹⁰⁷ Elforsk (2011), "Lastföljning i kärnkraftverk".

¹⁰⁸ Jenkins et al (2018), *The benefits of nuclear flexibility in power system operations with renewable energy*, Applied Energy 222 (2018).

¹⁰⁹ EIA (2020), *About 25% of U.S. power plants can start up within an hour*, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=45956>. (hämtad 2025-03-14)

Ekonomiska förutsättningar

Även om det tekniskt sett finns en stor potential för reglerbarhet och flexibilitet är och förblir kärnkraft en kapitalintensiv investering med tydliga ekonomiska incitament till så långa drifttider som möjligt. Att köra en reaktor mer flexibelt kommer onekligen att medföra avvikelser från denna grundläggande drivkraft. Av den anledningen ligger också medelintäkten för kärnkraften nära genomsnittspriset på spotmarknaden, se Figur 5.

Ett kärnkraftverk eller en kärnreaktor är en mycket omfattande investering. Det i sig gör att en investerare strävar efter så lång utnyttjningstid som möjligt för att få avkastning på sin investering. Dessutom är den rörliga driftkostnaden i ett kärnkraftverk förhållandevis låg, typiskt strax under 100 SEK/MWh el beroende på bränslepris¹¹⁰, vilket också medför att utnyttjningstiderna blir (mycket) långa eftersom elpriserna generellt ligger betydligt högre under större delen av året. Med en växande andel vind- och solkraft, som har ännu lägre rörliga kostnader än kärnkraft, i systemet växer dock den andel av året som uppvisar mycket låga elpriser vilket på sikt kan komma att påverka driften i våra kärnkraftverk.

Att köra en kärnreaktor i mer flexibel drift för att anpassa produktionen till variationer i efterfrågan eller i väderberoende elproduktion (som båda manifesteras i ett varierande elpris) innebär ett avsteg från baslastproduktionsdrift. Detta medför olika tekniska följd effekter som vi nämner ovan. Av detta följer också extra kostnader som växer i takt med graden av reglering eller flexibilitet i produktionen. Dessutom minskar utnyttjningstiden vilket innebär minskade intäkter från elförsäljningen. Detta kan dock vara vettigt om anledningen är att elpriset understiger de rörliga produktionskostnaderna.

I stort sett kan de förändrade kostnaderna av en flexiblare drift för en kärnreaktor delas in i fyra kostnadsposter¹¹¹:

- kapitalkostnader, som ökar på grund av erforderliga designförändringar i anläggningen
- drift- och underhållskostnader, som ökar till följd av ett ökat slitage
- bränslekostnader, som uppstår som ett resultat av att bränslet inte längre utnyttjas optimalt och att den långsiktiga planeringen av bränsleekonomin blir mindre förutsägbar
- personalkostnader, som ökar till följd av ökat personalbehov och utbildning i alternativa driftsätt¹¹²

Ytterligare tillkommande kostnader kan avse en uppdaterad licensiering för ett förändrat driftsätt (för exempelvis bränslets licensiering).¹¹³ Även om det alltså finns ett antal kostnadsposter att ta hänsyn till i syfte att öka produktionsflexibiliteten är det

¹¹⁰ Inkluderar bränslekostnader och kostnader för avfallshantering som betalas löpande per producerad enhet el (Källa: Energiforsk (2021), "El från nya anläggningar").

¹¹¹ IAEA (2018), "Non-baseload operation in nuclear power plants: load following and frequency control modes of flexible operation".

¹¹² World Nuclear Association (2025), <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors#load-following-capability> (hämtad 2025-04-12)

¹¹³ Energiforsk 2011, "Lastföljning i kärnkraftverk".

sannolikt för ett modernt kärnkraftverk utsikterna om minskande utnyttjningstider som utgör den största utmaningen.¹¹⁴

Det är viktigt att inse att möjligheterna och kostnaderna för en flexiblere drift skiljer sig mellan olika verk eller block och beror bland annat på reaktortyp (exempelvis PWR eller BWR), ålder, bränslestatus, tidigare genomförda reinvesteringar med mera. I denna rapport redogörs främst för generella bedömningar.

Systemstabilitet med kärnkraft

Kärnkraften spelar en viktig roll i elsystemets stabilitet. Idag levererar den svenska kärnkraften viktiga bidrag till (momentan) frekvenshållning i form av rotationsenergi, till spänningshållning och överföringsförmåga genom reaktiv effekt och till systemets rotorvinkelstabilitet^{115,116}. När det gäller frekvenshållning är det alltså idag endast via rotationsenergin som kärnkraften bidrar och inte via Svenska kraftnäts stödtjänster (som exempelvis FCR-N, FCR-D och FFR). Tekniskt sett är det dock fullt möjligt för kärnkraftverk att delta på dessa marknader.¹¹⁷ Det kan dock komma att kräva tillståndändringar då en del av effekttregleringen i så fall skulle styras via automatik, delvis bortom operatörens kontroll, baserat på systemets frekvens¹¹⁸, och även om det alltså är fullt möjligt att tillhandahålla frekvensreglering så medför det ett större slitage, och därmed högre kostnader, på en reaktor än lastföljning som beskrevs tidigare.

4.5.2 Framtida potential

I Energimyndighetens scenarioanalys byggs inte någon ny kärnkraft innan 2035. En uppskattning om dagens potential utifrån de förutsättningar som råder för drift av kärnkraftverk kan göras. Förenklat är det minlastnivån som begränsar möjligheten för uppreglering och vid antagandet om 65 procent minlastnivå för den svenska kärnkraftflottan uppskattas en teoretisk uppregleringspotential till 2,4 GW, men tar då alltså inte hänsyn till ekonomiska begränsningar.¹¹⁹

4.6 Solkraft

Antalet solcellsanläggningar för elproduktion har varit snabbt växande de senaste åren i Sverige, men avtog kraftigt under 2024. År 2024 installerades över 40 000 nätanslutna solcellsanläggningar med en gemensam installerad effekt på cirka 875 MW.¹²⁰ Den totala installerade effekten resulterade i strax över 4,8 GW vid slutet av 2024. Den största delen av dessa installationer är små anläggningar med mindre än 20 kW, vilket även syns i Figur 6. Trenden av relativt snabb tillväxt förväntas fortsätta, även om den senaste prognosen¹²¹ är lägre än tidigare prognos till följd av

¹¹⁴ NEA (2011), "Technical and economic aspects of load following with nuclear power plants"

¹¹⁵ Huruvida rotorn (den roterande delen i en generator eller en motor) på en infasad synkronmaskin förmår att bibehålla synkronismen med resten av systemet i samband med störningar eller onormala driftfall.

¹¹⁶ Svenska Kraftnät (2018), *Kärnkraftens roll i kraftsystemet*.

¹¹⁷ Energiforsk (2020), *Survey on power system ancillary services*.

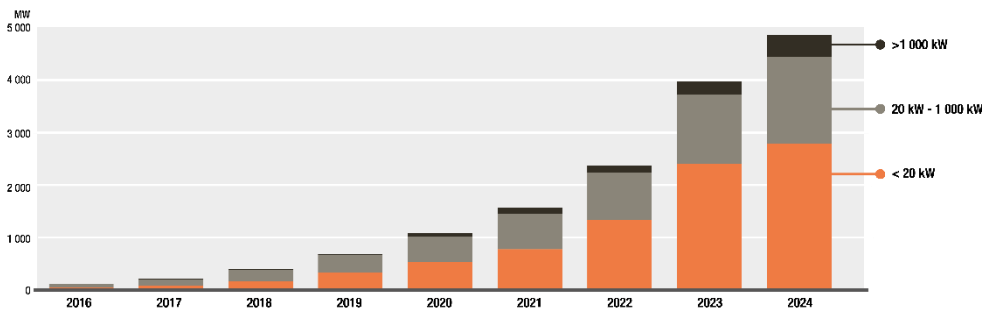
¹¹⁸ Elforsk (2011), *Lastföljning i kärnkraftverk*.

¹¹⁹ Profus, *Flexibel kärnkraft – en översikt*, 2025

¹²⁰ Energimyndigheten, <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2025/over-40000-solcellsanlaggningar-installerades-under-2024/> (hämtad 2025-04-07)

¹²¹ Energimyndigheten, Kortsiktsprognos vinter 2025, Energianvändning och energitillförsel år 2023 – 2028, ER 2025:06

att regeringen annonserar att skattereduktionen ska tas bort 2026, och att skatteavdraget för grön teknik också ska minskas.



Figur 6: Nätanslutna solcellsanläggningar i Sverige, installerad effekt för åren 2016-2024 (Källa: Energimyndigheten ¹²²)

4.6.1 Möjligheter och förutsättningar

Elproduktion från solceller följer tydliga dygns- och säsongsvariationer. Ingen elproduktion är generellt sett möjligt under ett helt dygn¹²³; antal soltimmar på en dag är tydligt högre på sommarn än på vintern, och solens läge under vintern gör att mindre solljus når solpanelerna vilket leder till lägre elproduktion. Teoretisk möjlighet att reglera följer därmed samma mönster, och påverkas därutöver av moln och skuggning som kan ge upphov till både korta och långa uppehåll. Denna intermittens försvårar möjligheten att reglera efter marknadens signaler, i synnerhet för enskilda anläggningar. Antal fullasttimmar för solkraft varierar och beskrivs närmre i avsnitt 4.1.1. Batterier kan vara särskilt lämpade att jämna ut tillförsel från solkraft och ökar då också förmågan att reglera både upp och ned, , se avsnitt 4.1.2 och 4.10.

Solcellsanläggningar ägs av olika typer av aktörer

Nätanslutna solcellsanläggningar för elproduktion inkluderar allt från små anläggningar på hustak eller integrerade i byggnader till stora solcellparker, vilket medför att gruppen som står för tillförsel av solel är diversifierad. Knappt nio procent av den installerade effekten år 2024 är i anläggningar större än 1 MW; och 58 procent består av anläggningar mindre än 20 kW.¹²⁴ Små anläggningar ägs och installeras ofta av privata hushåll, mindre och mellanstora installationer finns kopplade till industrier, lokalfastigheter eller inom jordbrukssektorn, stora parker ägs ofta som samverkanssatsningar mellan aktörer som kommunala energibolag, fastighetsbolag och entreprenörer.¹²⁵

¹²² Energimyndigheten, Nätanslutna solcellsanläggningar, 2024.
<https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/tillforsel-och-anvandning/natanslutna-solcellsanlaggningar/> (hämtad 2025-04-07)

¹²³ Med undantag för solel installerad ovanför polcirkeln.

¹²⁴ Energimyndigheten, Nätanslutna solcellsanläggningar, 2024.
<https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/tillforsel-och-anvandning/natanslutna-solcellsanlaggningar/> (hämtad 2025-01-15)

¹²⁵ CIT Renergy AB, Målgruppsanalys flexibilitet Stöd för framtagande av kunskapsstöd; 2025

Den varierade gruppen aktörer påverkar även förutsättningar och potential för att utnyttja flexibilitet kopplade till solelsproduktion. Större aktörer som energibolag och industrier har ofta bättre kunskap om deltagande på olika typer av marknader och möjligheter för att få ekonomisk ersättning för flexibilitet. Möjligheter för mindre aktörer som prosumenter, eller så kallade mikroproducenter, att tillhandahålla flexibilitet är ofta kopplade till ersättning från lokala energibolag, aktörer så som aggregatorer eller deltagandet inom energigemenskaper.

För de mindre aktörerna kan det vara mer lönsamt att täcka så stor del av den egna elanvändningen med egenproducerad el, eftersom det minskar även kostnaden för energiskatt, moms och eventuellt andra påslag, samt nättariffen från nätbolaget. Kombinationen med batterier är inte helt ovanligt, men även efterfrågeflexibilitet kan öka egenanvändningen. Således kan effektuttagen från nätet från dessa aktörer vara gynnsamt ur både perspektiven effektivt nätutnyttjande och effektiv energianvändning.

Ekonomiska förutsättningar

Solel har väldigt låga marginalkostnader och vilket innebär att det ekonomiska incitamentet att inte producera är lågt, och normal sker först vid negativa elpriser på spotmarknaden. Detta är också synligt i Figur 5. Det är inte osannolikt att många mindre aktörer producerar trots negativa priser på grund av bristande kunskap eller möjlighet att reglera.

Svenska kraftnäts marknader för reserver är en annan möjlighet att skapa intäkter med solkraft, givet att kraven för förkvalificering uppfylls.¹²⁶ I början av 2025 fanns 30 MW från solkraft förkvalificerade på FCR-D ned marknaden, samt mindre än 10 MW på FCR-D upp.¹²⁷ När det gäller mindre aktörer så som privata hushåll finns möjligheten att erbjuda flexibilitet via en så kallade aggregator.¹²⁸ En aggregator samlar flexibilitetsreserver från flera mindre aktörer och erbjuder dessa på lokala flexibilitetsmarknader eller Svenska kraftnäts balansmarknader¹²⁹.

En möjlighet att få ersättning för elproduktion som potentiell har negativ påverkan på hur mycket flexibilitet från solelproduktion är tillgänglig är PPA. Dessa bilaterala avtal tillåter elproducenter att sälja genom ett långsiktigt avtal mellan producent och konsument till en förutbestämt pris. Det kan potentiell begränsa tillgång till flexibilitet från solelproduktion.

4.6.2 Framtida potential

De flesta solceller i Sverige är idag installerade i södra Sverige, och kommer sannolikt ligga mer koncentrerat i södra Sverige även i framtiden. Andelen parker har ökat, och utifrån förslagen om att sänka skatteavdragen, är det också sannolikt att öka, då större parker är mindre känsliga för skatteavdragen.

¹²⁶ Svenska kraftnät, Om olika reserver, 2025. <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/> (hämtad 2025-01-16)

¹²⁷ Svenska kraftnät, Utbud på marknaderna för reserver, 2025. <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/behov-av-reserver-nu-och-i-framtiden/utbud-pa-marknaderna-for-reserver/> (hämtad 2025-01-16)

¹²⁸ Energimarknadsinspektionen, Mikroproduktion av el, 2024. <https://ei.se/konsument/el/mikroproduktion-av-el> (hämtad 2025-01-16)

¹²⁹ Svenska kraftnät, Så kan du som privatperson bidra med stödtjänster, 2024. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-systemansvaret/verktyg-for-systemdrift/stodtjanster-och-avhjalpande-atgarder/sa-kan-du-som-privatperson-bidra-med-stodtjanster/> (hämtad 2025-01-16)

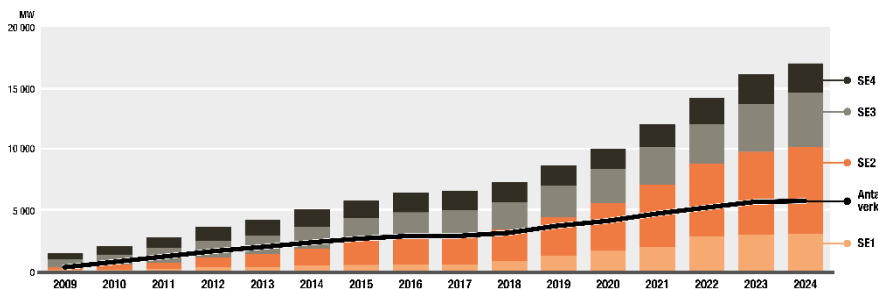
Mindre anläggningar på eller i anslutning till byggnader är ofta kopplade till lokalnätet och nära efterfrågan för el. Det kan vara en fördel för att leverera flexibilitet inom lokala marknader och kopplade till lokala variationer i elanvändning, samt i situationer med kapacitetsbrist i elnätet.

En uppskattning av hur stor potential för flexibilitet från solelproduktion kan finnas tillgänglig i framtiden beror både på utbyggnaden och teknoekonomiska förutsättningar att tillhandahålla flexibilitet. I Energimyndighetens scenarioanalys för 2035 varierar solkraften med 9,0 – 10,1 GW installerad effekt.

4.7 Vindkraft

Elproduktion från vindkraft har de senaste åren ökat stadigt, och 2024 producerades över 40 TWh vilket motsvarade runt 25 procent av Sveriges elproduktion samma år. Den installerade kapaciteten växer år för år, se Figur 7, och väntas fortsätta öka, både på kort¹³⁰ och lång¹³¹ sikt. Den tydliga majoriteten av vindkraft i Sverige installeras på land men det finns en betydande potential för energiutvinning med havsbaserad vindkraft¹³².

Vindkraft ägs av olika typer av aktörer, men i skillnad till elproduktion från solkraft finns det allmänt färre mindre ägare av vindkraft. De flesta ägare är större energiföretag, mindre ägare inkluderar företag eller föreningar, ofta med andelsfinansiering.¹³³



Figur 7: Installerad effekt och antal verk vindkraft uppdelad per elområde, för åren 2009-2024 (Källa: Energimyndigheten¹³⁴)

4.7.1 Möjligheter och förutsättningar

Likt solkraft är elproduktion från vindkraft väderberoende vilket således innebär att möjligheten att reglera elproduktionen är väderberoende. Vindkraftverk har förmågan att relativt snabbt kunna stänga ned eftersom det är en manöver de behöver klara vid kraftig blåst; då vindhastigheten överstiger ungefär 25 sekundmeter är de mekaniska lasterna så stora att vindkraftverken minskar effekten och till sist stannas för att inte orsaka onödigt slitage. Rätt utrustning och körstrategi kan ge vindkraft bra

¹³⁰ Energimyndigheten, Kortsiktspåbuds vinter 2025, Energianvändning och energitillförsel år 2023 – 2028, ER 2025:06

¹³¹ Energimyndigheten, Utvecklingsvägar för elproduktion, ER 2023:18

¹³² Energimyndigheten, Förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna, ER 2023:12

¹³³ CIT Renergy AB, Målgruppsanalys flexibilitet Stöd för framtagande av kunskapsstöd; 2025

¹³⁴ Energimyndigheten, Vindkraftsstatistik, <https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/tillforsel-och-anvandning/vindkraftsstatistik/> (hämtad 2025-02-13)

förutsättningar att bidra med uppreglering, exempelvis för frekvensreglering.¹³⁵ Med fortsatt teknikutveckling och krav på nya verk ökar möjligheterna för vindkraft att bidra med flexibilitet och till kraftsystemstabilitet¹³⁶, och i synnerhet vid sektorskoppling och hybridlösningar.

Ekonomiska förutsättningar

Vindkraften kan få ett högre incitament för att spara kapacitet om sammanlagringseffekten från vindkraft medför längre perioder med mer negativa elpriser, och prognoserna är tillräckligt tillförlitliga, vilket i sådana fall skulle medföra att trenden i medelintäkten planar ut, se Figur 5. Fasta kontrakt som PPA-avtal kan emellertid göra att den effekten på medelintäkten fördröjs.

Förkvalificerade volymer av vindkraft i Svenska kraftnäts balansmarknader minskade lite från början av 2024 till början av 2025, men utgör fortfarande ett betydande bidrag för stödtjänsterna. I januari 2025 uppgick vindkraftens volymer inom frekvenshållningsreserven FCR-D ned till 390 MW, frekvensåterställningsreserverna aFRR ned till 50 MW, mFRR upp till 370 MW och mFRR- ned till 910 MW. Efter vattenkraft och energilagring har vindkraften därmed tredje största volym förkvalificerad på balansmarknader.

Lokala flexibilitetsmarknader spelar idag en väldigt begränsad roll för finansiell ersättning för flexibilitet från vindkraft. Till skillnad från elproduktion med högre variabla kostnader eller bränslekostnader, så som kraftvärme, ger inte en energy-only marknad som spotmarknaden incitament till flexibilitet för vindkraft.

4.7.2 Framtida potential

Idag finns mest installerad vindkraft i elområde SE2 men potential för mer vindkraft till land och havs finns både i norra och södra Sverige. En fortsatt utbyggnad av vindkraft väntas de närmaste åren, och i scenarioanalysen varierar utfallet av utbyggd vindkraft i de fyra scenarierna mellan ungefär 25 och 34 GW installerad effekt år 2035. Det motsvarar ny kapacitet om 8,0 – 17,7 GW.

Uppreglering idag sker främst på mFRR-marknaden och framtidens faktiska potential för uppreglering av vindkraftverk är något som behöver utredas vidare. Den tekniska potentialen, vid antagande om exempelvis fem procent reglerbar kapacitet skulle kunna vara så stor som 0,5 – 1 GW, men är i praktiken helt beroende på ekonomiska förutsättningar. Uthålligheten för vind är likt själva produktionen väderberoende, och med det prognosberoende. Att i förväg planera för en längre tids överkapacitet är med andra ord komplext och möjligheten för uppreglering med vindkraft kommer troligtvis vara främst för kortsiktiga behov.

¹³⁵ RISE (2020) *Vindkraftens förmåga att leverera systemtjänster till elnätet*, <https://www.ri.se/sv/expertisomraden/projekt/vindkraftens-formaga-att-leverera-systemtjanster-till-elnatet> (hämtad 2025-04-12)

¹³⁶ Energiforsk, *Vindkraftens bidrag till spänningsstabilitet*, Rapport 2025:1079.

4.8 Kraftvärme

Kraftvärme står idag för ungefär hälften av värmeproduktionen i svenska fjärrvärmenät. Mellan åren 2018 och 2023¹³⁷ bidrog kraftvärme (inkl. industriell kraftvärme) med mellan 13,1 och 15,7 TWh elproduktion per år. För år 2022 motsvarar elproduktionen från kraftvärme runt elva procent av den totala elproduktionen i Sverige.¹³⁸ Kraftvärme i fjärrvärmesystemet är idag i Sverige till hög grad utbyggd. Möjlighet att utöka installerad effekt finns exempelvis genom att uppdatera mindre biovärmeverk till biokraftvärmeverk genom så kallade ORC-turbiner (Organic Rankine Cycle), vilket i första hand minskar behov för anläggningarna att köpa el från elnätet. Även investeringar i nya anläggningar diskuteras i flera svenska städer^{139, 140}, även om konkurrenskraften kring biomassan utgör en utmaning för lönsamheten för den framtida kraftvärmen.¹⁴¹ Kraftvärmeanläggningar ägs idag av både mindre aktörer i framför allt kommunala fjärrvärmesystem och större aktörer som driver fjärrvärmenät i olika orter.¹⁴²

4.8.1 Möjligheter och förutsättningar

Kraftvärme i fjärrvärmesystemet producerar mer under vinterhalvåret på grund av ett större värmebehov för uppvärmning av framför allt bostäder och lokaler. Elproduktion är idag ofta en sekundär inkomstkälla från kraftvärmeverk. Det påverkar förutsättningar för flexibilitet från kraftvärme, samt tillgänglighet av flexibiliteten under olika tider av året. Under sommaren kan potentialen för flexibilitet vara begränsat på grund av låg fjärrvärmeunderlag och således mindre produktion. Under kalla vinterdagar kan möjligheter för flexibilitet begränsas av hög efterfråga på värme, eftersom kraftvärme då ofta producerar maximalt med värme och elproduktionen är sekundär.

För kraftvärme är både en upp- och nedreglering relevant och kan uppnås genom

- snabba förändringar av lasten (vilket påverkas av exempelvis ramphastigheten i kraftvärmeverket),
- flexibilitet i drift av ångcykeln (dvs. flexibilitet i alfa-värdet för el- och värmeproduktion), eller
- termisk flexibilitet i form av en förflyttning av värmelasten i tid med exempelvis värmelagring eller flexibel användning av värme.¹⁴³

¹³⁷ Energimyndigheten, Årlig energibalans, 2024.

<https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/energibalanser/arligen-energibalans/> (hämtad 2025-01-21)

¹³⁸ Energimyndigheten, Energiindikatorer, 2024. <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/nulaget-i-energisystemet/energiindikatorer/> (hämtad 2025-01-21)

¹³⁹ Energimyndigheten, Potentiella områden för fossilfri energi, 2024.

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2024/potentiella-omraden-for-fossilfri-energi/> (hämtad 2025-01-21)

¹⁴⁰ E.ON, Nytt kraftvärmeverk i Energihamnen - Malmö, <https://www.eon.se/om-e-on/investeringar/vaermeinvesteringar/nytt-kraftvaermeverk-i-energihamnen> (hämtad 2025-04-12)

¹⁴¹ Energimyndigheten, Långsiktiga scenarier, <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/framtidens-energisystem/langsiktiga-scenarier/> (hämtad 2025-04-12)

¹⁴² CIT Renergy AB, Målgruppsanalys flexibilitet Stöd för framtagande av kunskapsstöd; 2025 eller Energiforsk,

<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energiforetagen.se%2F49d0d5%2Fglobalassets%2Fenergiforetagen%2Fstatistik%2Ffjarrvarme%2Ftillforord-energi%2Fenergitillforsel-2023.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> (hämtad 2025-04-12)

¹⁴³ Energiforsk, Kraftvärme för elsystem med volatila elpriser, 2021. RAPPORT 2021:752

Det finns olika typer av värmelager, såsom ackumulatortankar, bergrumslager eller groplager. Några exempel för värmelager inom fjärrvärmenät finns i olika svenska städer¹⁴⁴. Utmaningar för flexibilitet från kraftvärme är slitage och risker inom driften till följd av snabba lastförändringar samt lönsamhet och intäktsmöjligheter.¹⁴⁵

Uthållighet och aktiveringstid

Kraftvärme är en uthållig resurs som kan drivas större delen av året och kan reglera upp eller ned elproduktionen inom minuter till timmar. För en typisk kraftvärmeanläggning uppgår upprampningstiden till omkring 0,1 – 0,5 MW/minut. Detta gör det utmanande för en kraftvärmeanläggning att delta på marknader med krav om en mycket snabb aktiveringstid (FFR, FCR-D). Kraftvärmeverk kan även tillhandahålla frekvensreglering. För detta krävs i vissa anläggningar utvecklingar gällande IT-utrustning, omställning i organisationen eller investeringar i anläggningen.¹⁴⁶

Ekonomiska förutsättningar

Intäkter för kraftvärme kommer till största del från försäljning av fjärrvärme och el. Inom kraftvärme är elproduktionen oftast styrd efter värmebehovet. Men på grund av korrelationen mellan värmebehovet och elpriset så blir medelintäkten för kraftvärme på spotmarknaden ändå relativt högt, se Figur 5. Timvariationer i priset på spotmarknaden för el kan ge incitament för ökat elproduktion under timmar med högt elpris, även för kraftvärmen. I Energimyndighetens fjärr- och kraftvärme-strategi undersöktes detta mer ingående.¹⁴⁷

En annan intäktskälla när det kommer till flexibilitet är också Svenska kraftnäts marknader för reserver. Idag är 50 MW kraftvärme förkvalificerade på FCR-N, 50 MW på FCR-D upp och ned, samt på mFRR 220 MW upp och 240 MW ned (siffrorna gäller värmekraft generellt, inte enbart kraftvärme; per januari 2025).¹⁴⁸

Framtida möjligheten till reglering av produktionen skulle kunna vara en tillgång hos kraftvärmen som bidrar till att säkerställa en genomsnittligt högre intäkt per timme än om anläggningarna körs mer oplanerat. Trots detta ser investeringsklimatet utmanande ut för nya anläggningar om man endast beaktar intjäningsmöjligheter från de etablerade energimarknaderna. Tillskott från kompletterande marknader för till exempel stödtjänster är värdefulla för att göra kraftvärmeanläggningar långsiktigt mer lönsamma och för att minska risken i dessa kapitaltunga investeringar.

En annan utmaning är en pressad biobränslemarknad med högre eller stigande bränslepriser. Högre biobränslepriser försämrar prisförhållandet mellan elpris och pris på biobränslen, vilket betyder att det blir mindre lönsamt att producera el i kraftvärmeverk. Vidare kan det finnas en riskaversion med höga biobränslepriser: höga elpriser skulle motivera en ökad kraftvärme-elproduktion, men i kombination med mycket höga biobränslepriser kan det skapas osäkerheter i driftbesluten. Det innebär att en kraftvärmeaktör har incitament att spara bränsle genom att avstå från att

¹⁴⁴ Se exempelvis <https://www.malarenergi.se/om-malarenergi/framtidens-samhalle/vara-anlaggningar/energilager/> (hämtad 2025-01-29) eller <https://www.goteborgenergi.se/i-var-stad/artikelbank/darfor-byggde-vi-goteborgs-storsta-termos> (hämtad 2025-01-29)

¹⁴⁵ Energimyndigheten, *Förslag till en fjärrvärme- och kraftvärme-strategi*, ER 2023:14, kapitel 9

¹⁴⁶ Ibid

¹⁴⁷ Energimyndigheten, *Förslag till en fjärrvärme- och kraftvärme-strategi*, ER 2023:14

¹⁴⁸ Svenska kraftnät, Utbud på marknaderna för reserver, 2025.

<https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/behov-av-reserver-nu-och-i-framtiden/utbud-pa-marknaderna-for-reserver/> (hämtad 2025-01-16)

använda bränsle för elproduktion för att säkerställa att det finns tillräckligt med bränsle för fjärrvärmeproduktion som utgör huvudaffären; för verkliga kraftvärmeaktörer spelar högre eller stigande biobränslepriser därför in i driftbesluten.

I samband med en pressad biobränslemarknad kan en diversifierad produktionsmix i lokala eller regionala fjärrvärmesystem utgöra förbättrade förutsättningar. Det gör att aktörerna är mindre sårbara för högre eller stigande biobränslepriser. En flexibel produktionsmix skulle exempelvis vara en kombination av biobränslebaserad kraftvärme, avfallskraftvärme, värmepumpar och elpannor. Vidare, och bortsett reglering av elproduktion, kan värmepumpar och elpannor utgöra en möjlig flexibel last som också kan buda in nedreglering, och i synnerhet vid koppling till ett värmelager.

4.8.2 Framtida potential

Kraftvärme finns idag i alla svenska elområden och är relativt utbyggd. Den största andelen befinner sig i södra Sverige, framför allt i elområde SE3 som inkluderar bland annat städer som Stockholm eller Göteborg. I samtliga av Energimyndighetens utforskande scenarier är det tydligt att kapaciteten minskar till följd av ökad konkurrens om biomassa. I takt med att betalningsviljan för fossilfria bränslen ökar inom EU allokeras mer biomassa till produktion av fossilfria bränslen. Detta driver upp priset på biomassa och försämrar kraftvärmens konkurrenskraft. Således är det inte sannolikt att en framtida ökad potential för reglering kommer från en stor utbyggnad av kraftvärme.

Kraftvärmens har däremot en stor betydelse lokalt i elnätet, då den bidrar med elproduktion när elanvändning är som störst och kan därmed förbättra situationer med flaskhalsar i elnätet. I konkurrensen med värmepumpar riskerar de lokala näten bli ytterligare belastade, vilket väger mot den energieffektivitet som kan uppnås med värmepumpar jämfört med bränslebaserad värmeproduktion.

4.9 Gasturbiner och gaskombikraftverk

Gasturbiner utgör en mindre del av Sveriges elsystem idag. Det kommer ett 20-tal gasturbiner som används i Svenska kraftnäts överbelastningshantering för att säkerställa driftsäkerhet vid störningar. Tillsammans utgör dessa 1,3 GW¹⁴⁹. Gasturbiner kännetecknas av att kunna starta snabbt och är därför lämpliga för flexibilitet med korta aktiveringstider. Gasturbiner har låga investeringskostnader (relativt till annan elproduktion) men är dyra i drift, framför allt på grund av höga bränslekostnader. Därför används gasturbiner med fördel som topplastproduktion vid enstaka tillfällen med höga elpriser på en energy-only marknad. Dagens gasturbiner drivs med fossila bränslen men då de körs relativt få, om några, timmar per år så är utsläppen begränsade. Utvecklingen för att i större utsträckning använda grön vätgas, biogas eller andra utsläppssnåla gasformiga och flytande bränslen pågår.^{150 151}

¹⁴⁹ Svenska kraftnät, <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/overbelastningshantering/> (hämtad 2025-04-12)

¹⁵⁰ Energiforsk, Gasturbinteknik – Årsrapport 2022 Rapport 2022:90

¹⁵¹ Energiforsk, Gas för effektflexibilitet i kraftproduktion, Rapport 2019:616

Med ett ökat behov av flexibilitet i elsystemet kan användning av gasturbiner för att balansera och tillföra elproduktion de timmarna med störst behov öka. Likt solkraft och kraftvärme kan gasturbiner tillföra elproduktion lokalt och nära elanvändning, vilket kan vara av nytta i situationer med flaskhalsar i elnätet där längden av tillståndprocesser för utbyggnad av elnät riskera att bromsa den lokala utvecklingen.

¹⁵² I Energimyndighetens scenarioanalys byggts det ut 5,5 – 6,8 GW installerad kapacitet gasturbiner till 2035 och i modellen används de för att hantera topplast, men de körs inte under normala väderår.

Det finns även så kallade gaskombikraftverk som kombinerar en gas- och ångturbin. Kombikraftverk når betydlig högre verkningsgrader och används inte bara till topplastproduktion. I Sverige finns Rya gaskombikraftverket som producerar både el samt värme för fjärrvärmesystemet (se avsnitt **Fel! Hittar inte referensskälla.** för flexibilitet inom kraftvärme), samt Öresundsverket som snart ska återtas i drift för att ingå i den svenska elberedskapen.

4.10 Kombination med batterier

I princip alla kraftslag kan kompletteras med batterier för olika ändamål. För anläggningar med turbiner kan batterier möjliggöra snabbare reglering där batterierna täcker upp för den snabba responsen, exempelvis för FFR¹⁵³ eller nödåtgärder, medan kraftverket rampar upp elproduktionen. För vindkraft och solkraft som redan har snabb respons täcker batterierna bättre upp för intermittens och möjliggör jämnare och mer uthålliga bidrag till reglering. Vid årsskiftet 2024/2025 fanns ungefär 800 MW installerad batterikapacitet förkvalificerat för Svenska kraftnäts marknader FFR, FCR, aFRR och mFRR.

I scenarioanalysen har batterier byggts ut till 2035 motsvarande 10 GWh energilagringsskapacitet, vilket är av samma storlek som genomsnittlig handelsvolymerna på intradagsmarkanden över tio timmar. Batterier har normalt en ett c-tal som varierar mellan 0,5 och 2 vilket betyder att de har en uthållighet på 0, – 2 timmar vid märkeffekt. Därför lämpar de sig bäst till korta insatser, även om de i teorin kan aktiveras sekventiellt på för längre uthållighet men på en bekostnad av effekten.

¹⁵² Som exempelvis diskuteras i Region Västra Götaland; se <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/p3189-ru-accel-rapport.pdf>; eller <https://www.svk.se/press-och-nyheter/press/tre-omraden-for-att-lyckas-med-elforsorjning-i-vastra-gotaland---3532356/> (hämtad 2025-02-06)

¹⁵³ Bodecker Partners AB (2024) *Batterilagring och framtidens hybridparker*. Via Svensk Vindenergi: <https://svenskvindenergi.org/komm-fran-oss/enormt-intresse-for-batterilagring-stora-synergier-for-hybridparker> (hämtad 2025-04-12)

5 Flexibel elanvändning inom industrin

Med en allt växande andel av det totala elbehovet blir industrisektorns möjligheter för effektiv energianvändning allt viktigare, i synnerhet för elsystemet. Potential för flexibilitet från industriella aktörer och förutsättningarna att realisera den har kartlagts.

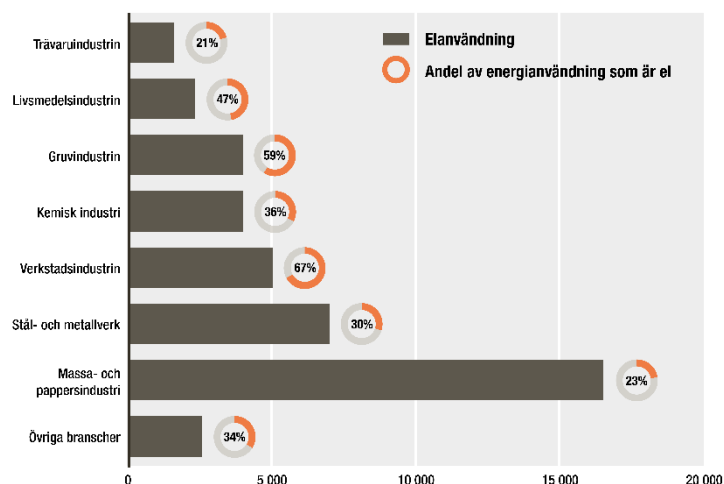
Industrin har tidigare bidragit med flexibilitet på olika sätt men genom detta regeringsuppdrag fanns en möjlighet att titta närmare på industrins nuvarande potential. Den storskaliga industrin har redan idag potential att med små investeringar bidra med flexibilitet i energisystemet. Intervjustudien i detta uppdrag visar att den storskaliga industrins potential inte utnyttjas fullt ut. Givet industrins omställning och ökande elbehov är det viktigt att kontinuerligt arbeta med att tillgängliggöra deras potential, med start i den betydande och faktiskt redan befintliga potential för flexibilitet.

5.1 Industrins energi- och elanvändning

Industrins energianvändning uppgick till 136 TWh år 2023. Industrins elanvändning uppgick till 44 TWh och fördelas mellan de olika branscherna där papper och massa står för cirka 38 procent, stål och metallverk cirka 16 procent, kemiindustrin cirka 11 procent och gruvor och mineralutvinning står för cirka 9 procent. I Figur 8 visas hur stor elanvändning olika industribranscher har i absoluta tal (GWh/år) och hur stor andel av branschens energianvändning som utgörs av el. Där kan ses att massa- och pappersindustrin är den sektor som använder mest el, men att elen bara utgör knappa 25 procent av energianvändningen inom branschen. Gruvindustrin använder betydligt mindre el i absoluta tal men den utgör nästan 60 procent av dess totala energianvändning.¹⁵⁴

Storleken på elanvändningen är relevant för att få perspektiv på storleksordningar för möjlig flexibel elanvändning inom olika branscher. Industrin är emellertid diversifierad vilket gör att förutsättningarna för flexibilitet mellan branscher, inom branscher, och till och med mellan anläggningar, kan skilja sig åt väsentligt.

¹⁵⁴ Energiläget i siffror 2024, Energimyndigheten och SCB, tab 4.2 och 4.3, <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energimyndigheten.se%2F4a9942%2Fglobalassets%2Fstatistik%2Fenergilaget%2Fenergilaget-i-siffror-2024.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> (hämtad 2025-04-11)



Figur 8. : Elanvändning inom olika industribranscher och hur stor del av energianvändningen som utgörs av el i dessa branscher, statistik från år 2023¹⁵⁵

5.2 En industri i förändring

Den svenska industrin står för cirka en tredjedel av Sveriges totala territoriella fossila växthusgasutsläpp. Det betyder att industrins omställning till fossilfritt är nödvändig för att Sverige ska kunna nå sitt nationella klimatmål om nettonollutsläpp till 2045 samt EU:s klimatmål. Nya lösningar och ny teknik krävs för att utsläppen ska minska eftersom majoriteten av utsläppen är sammankopplade med produktionsprocesser och insatsråvaror som kräver innovation för att ställas om.

För att ställa om till fossilfrihet satsar industrin på en kombination av olika systemlösningar och tekniker. De mest utsläppsintensiva industrierna fokuserar på sex huvudspår för omställning: energi- och materialeffektivitet, biomassa, elektrifiering, vätgas, avskiljning, transport och lagring av koldioxid (CCS och bio-CCS), samt avskiljning och användning av koldioxid (CCU). De sista fem handlar om nya systemlösningar och tekniker för omställning till minskade koldioxidutsläpp medan förbättrad energi- och materialeffektivitet kan bidra till ett mer resurseffektivt utnyttjande av material och energi. I de olika branscherna utreds generellt flera olika teknikspår för olika processer och i vissa fall behövs också flera tekniker för att kunna ställa om olika delar i en hel tillverkningsprocess.¹⁵⁶

Flera av systemlösningarna och teknikerna kräver mer el, till exempel genom direkt elektrifiering eller vätgasproduktion. Det finns flertalet scenarier som visar på ökande

¹⁵⁵ Energiläget i siffror 2024, Energimyndigheten och SCB, tab 4.2 och 4.3, <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energimyndigheten.se%2F4a9942%2Fglobalassets%2Fstatistik%2Fenergilaget-i-siffror-2024.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> (hämtad 2025-04-11)

¹⁵⁶ Industri – nuläge och förutsättningar för omställning, Energimyndigheten, <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=3e5a3c3136f14b75b76494055e4a4726&q=nul%C3%A4gesanalys%20industrin&lstqty=1> (hämtad 2025-03-02)

framtida elanvändning inom svensk industri, däribland Energimyndighetens scenarier.¹⁵⁷

Elnätsutbyggnad och ny elproduktion behöver komma på plats för att tillgodose det ökade elbehovet, men eftersom det är tidskrävande processer behövs också nya verktyg och metoder, till exempel flexibilitet, användas för att möjliggöra elektrifiering i den takt som krävs för omställningen och för att få ett effektivt nätutnyttjande.

5.3 Kartläggning av industrins potential

För att kartlägga industrins möjligheter till flexibel elanvändning har vi genomfört tre olika aktiviteter som beskrivs mer nedan.

För mindre industrier eller mellanstora industrier men med relativt låg elanvändning har vi använt oss av den målgruppsanalys som genomfördes av CIT.¹⁵⁸ Målgruppsanalysen ger en kvantitativ uppskattning på flexibilitetspotentialen och är ett underlag för vidare intern analys av de mindre och medelstora aktörernas potential.

För att kartlägga potentialen för flexibel elanvändning hos större företag genomfördes med hjälp av RISE ett antal intervjuer och en litteraturöversikt. I ett samtidigt forskningsprojekt, FlexAbility¹⁵⁹, finansierat bland annat av Energimyndigheten skulle Power Circle också intervjua företag för att kartlägga deras flexibilitet. För att minska belastningen på företagen samordnade vi oss om intervjuerna, tog fram frågorna gemensamt och deltog både från forskningsprojektet och regeringsuppdraget i samma intervjuer.

Totalt intervjuades 24 företag i kartläggningen. Dessa företag identifierades som stora elanvändare och valdes ut baserat på faktorer som energi- och elanvändning och betydelse för sina respektive sektorer, även företag med stora kommande förändringar i sin elanvändning valdes ut. Urvalet syftade till att skapa en representativ bild av olika industrisektors förutsättningar och utmaningar. Intervjuerna genomfördes under hösten 2024. Varje intervju varade mellan 30 och 60 minuter och genomfördes med nyckelpersoner inom företagen, ofta energiansvariga. Frågeställningarna fokuserade på att kartlägga företagets nuvarande elanvändning, deras tekniska förutsättningar för att vara flexibla, hur det skulle påverka produktion och i vilken mån de redan idag agerade flexibelt på något sätt. Fokus har legat på kvalitativa intervjuer med ambitionen att både förstå förutsättningarna tekniskt och affärsmässigt snarare än kvantitativa fördjupade data.

Vätgassatsningarnas möjlighet till flexibilitet har kartlagts separat. I samband med det kommande kravet inom Eurostat att rapportera bland annat vätgas genomfördes både 2023 och 2024 en kartläggning av Sweco på uppdrag av Energimyndigheten. Kartläggningen samlade in fakta om kommande och befintliga vätgassatsningar inom

¹⁵⁷Scenarier över Sveriges Energisystem, Energimyndigheten, <https://energimyndigheten.w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=1173312576a844f5a08e2c4a2005ccfb&l=t&cat=%2FPrognoser%20och%20Scenarier&lstqty=1> (hämtad 2025-04-10)

¹⁵⁸ CIT Renergy, 2025, *Målgruppsanalys flexibilitet – Stöd för framtagande av kunskapsstöd*, dnr 2025-202123

¹⁵⁹ FlexAbility - Power Circle <https://powercircle.org/flexability/> (hämtad 2025-01-28)

en rad olika områden. För att bättre kunna förstå hur de kommande projekten inkluderar möjligheten till flexibilitet kompletterades statistikinsamlingen med frågor som kunde förtydliga möjligheten till flexibilitet i vätgasprojekten. Frågor som om projekten innehåller lager för vätgas, om vätgasen skulle användas för energi och om det i så fall fanns alternativa energikällor eller om vätgasen skulle användas i en process och om den processen i så fall kunde köras flexibelt. Resultaten från intervjuerna ger inblick i möjligheterna för de befintliga och kommande vätgasprojektens potential för flexibilitet.

5.4 Tidigare studier

RISE ställde också samman tidigare rapporter som har analyserat industrins möjligheter till flexibel elanvändning, antalet är dock ganska lågt. Flertalet studier refererar dessutom till samma siffror och det är inte alltid lätt att följa var siffrorna ursprungligen kommer ifrån. I IVA:s rapport *Framtidens elanvändning från 2016* finns en sammanställning över ett fåtal tidigare studier där potentialen varierar mellan 500 och 2 000 MW¹⁶⁰. Samma år gjorde också Ei en sammanställning där de presenterade potentialen till 2 000 MW varav 1 700 MW inom elintensiv industri och 300 MW inom lätt industri¹⁶¹, 2021 stod konsultfirman DNV bakom en rapport för Ei som det frekvent refererats till i studier efter det. Där uppskattas den teoretiska potentialen inom industrin till cirka 1 400 MW år 2020 och ca 1800 – 2 400 år 2045 beroende på scenario, där skillnaden framför allt beror på framtida flexibilitetsmöjligheter inom Hybrit¹⁶². Power Circle gjorde 2022 en sammanställning av tidigare studier inom flexibel elanvändning där industrins sammanlagda potential uppskattades till cirka 2 800 MW. Denna delades upp i olika branscher där de flexibla processerna i respektive bransch specificerades. Den största potentialen identifierades för vätgasproduktion via elektrolys för Hybrit år 2045, 1 233 MW och för raffineringsprocessen inom massa- och pappersindustrin, 1 030 MW¹⁶³. Studier som gör mer ingående uppskattningar över specifika potentialer baserar ofta detta på data över elanvändningen för en eller flera industrier. Dessa studier inkluderar också ofta intervjuer i kombination med dataanalysen. De studier som publicerats och använder denna metod är i stor utsträckning examensarbeten. En av rapporterna uppskattar möjligheten till flexibilitet inom massa- och pappersindustrin, stålindustrin och kemiindustrin baserat på elanvändning sdata över ett år, 2012, för ett antal anläggningar i de branscherna, där potentialen var ca 550 MW, 140 MW och ca 60 MW i respektive bransch¹⁶⁴. I ett annat arbete genomförde en kvantitativ fallstudie över SSAB:s stålproduktionsanläggning i Borlänge och där identifierades lastförskjutning som en intressant flexibilitetsmöjlighet för två av

¹⁶⁰ IVA, *Framtidens elanvändning*, 2016.

<https://www.iva.se/contentassets/b3cef5170f58451c88bd3a40ad8caf03/ivavagvarelel-framtidens-elanvandning-delrapport.pdf>

¹⁶¹ Energimarknadsinspektionen, *Åtgärder för ökad efterfrågefexibilitet i det svenska elsystemet*, 2016.

<https://ei.se/download/18.d4c49f01764cbd606218b36/1608307256769/%C3%85tg%C3%A4rder-f%C3%B6r-%C3%B6kad-efterfr%C3%A5gefexibilitet-i-det-svenska-elsystemet-Ei-R2016-15.pdf>

¹⁶² DNV, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021.

<https://www.ei.se/download/18.1a478d39178a69490b746/1617712863057/DNV%20GL-Samh%C3%A4llsekonomiska-kostnader-och-nyttor-av-smarta-elnet-C3%A4t.pdf>

¹⁶³ Power Circle, *Flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert elsystem – en kartläggning av flexibilitetsresurser*, 2022. https://powercircle.org/kartlaggning_flexibilitet.pdf

¹⁶⁴ Alterbeck, *Förbrukningsreduktion – en alternativ lösning till gasturbiner för snabb aktiv störningsreserv*, 2014. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:698567/FULLTEXT01.pdf>

produktionslinjerna¹⁶⁵.

En annan metod som används för att uppskatta möjligheter till flexibel elanvändning är modellering, där det oftast är en generisk industri inom en viss bransch som modelleras. I arbeten har kemiskt massabruk och dess möjligheter att vara flexibel utifrån optimering av kostnader för energi och intäkter för såld el baserat på olika scenarier för hur flexibelt massabruket kan vara gjorts¹⁶⁶, flexibilitetspotentialen i järn och stålindustrin med nya tekniker och visar att elpris har stor inverkan på lönsamhet för investering i överkapacitet för elektrolysör och i förlängningen flexibilitetspotential¹⁶⁷ samt cementindustrin som en fallstudie för att visa på hur modellering kan användas för att minimera kostnaderna eller CO₂-utsläppen för el¹⁶⁸.

5.5 Förutsättningar för industrin att vara flexibel

Industrin har fokus på sin kärnverksamhet och att leverera produkter till sina kunder. För att kunna göra detta över tid är lönsamhet av största vikt. Aktörer jobbar på att minska alla sina kostnader men det är viktigare att kontinuerligt leverera sina produkter, möta produktionsmål till en budgeterad kostnad och att vara en tillförlitlig leverantör med högt förtroende hos sina kunder än att optimera och minimera kostnader för till exempel el. Många av de aktörer som vi intervjuat om industrins möjlighet till flexibilitet har kontinuerlig drift 24/7 året om med undantag för planerade underhållsstopp. För många industrier är det mycket svårt att helt stänga av vissa processer och speciellt med kort framförhållning. Detta har också varit den initiala reflektionen vid intervjuerna med företagen, att flexibilitet som är en skarp nedstängning med kort aviseringstid skulle kunna innebära stora svårigheter. Även flexibel elanvändning som innebär att snarare reglera ned viss elanvändning kan vara problematiskt och beroende på rådande konjunkturläge, produktionsnivå och driftförutsättningar leder detta till olika kostnader eller förlorade intäkter.

Många industrier har lyft att någon form av överkapacitet krävs för att möjliggöra flexibel elanvändning för att undvika produktionsbortfall. I viss utsträckning finns detta inom några industrin idag men större volymer av överkapacitet skulle kräva större investeringar. Tillgänglig flexibilitet inom industrin varierar beroende på konjunktur, orderingång och produktionsplanering, vilket gör det svårt att generalisera. Under högkonjunktur och hög orderingång är det mer utmanande för industrin att vara flexibel, eftersom det blir svårare att kompensera för förlorad produktion utan att det blir kostsamt.

¹⁶⁵ Bengtson, Tekniskt potentiell efterfrågefleksibilitet hos industriella elkonsumenter – En fallstudie av SSAB:s produktionsanläggning i Borlänge, 2022 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1689658/FULLTEXT01.pdf>

¹⁶⁶ Ingvarsson, S., Odenberger, M., Johnsson, F.; *The chemical pulp mill as a flexible prosumer of electricity*, Energy Conversion and Management: X 20; 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174523000570> (2025-04-12)

¹⁶⁷ Boldrini A., Koolen D., Crijns-Graus, W., Worrell E., van den Broek M., *Flexibility options in a decarbonising iron and steel industry*, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 189, Part B, 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123008468> (hämtad 2025-04-12)

¹⁶⁸ Summerbell D. L.; Khripko, D.; Barlow, C.; Hesselbach, J.; *Cost and carbon reductions from industrial demand-side management: Study of potential savings at a cement plant*, Applied Energy, Volume 197, 2017, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917303240> (hämtad 2025-04-12)

Flera industrier lyfte också att det ibland finns en målkonflikt mellan flexibel elanvändning och andra miljömål, till exempel energieffektivisering eller koldioxidutsläpp. Om en process kan minska sin elanvändning och vara flexibel, kan samma process kanske energieffektiviseras och därmed minska sin elanvändning generellt, men då försvinner också möjligheten till flexibel användning. Ibland kan en flexibel elanvändning innebära att man byter till en annan energibärare, ibland högre koldioxidutsläpp.

5.5.1 Nyttor och kostnader

Det finns flera ekonomiska fördelar med flexibel elanvändning inom industrin. En av de mest påtagliga nyttorna är möjligheten till kostnadsbesparingar. Genom att förflytta elanvändningen från timmar med höga elpriser till perioder med lägre priser kan företag reducera sina totala elkostnader. Därtill kan en sänkning av det maximala effektuttaget bidra till lägre avgifter för elnätanslutning, vilket blir särskilt relevant i ljuset av införandet av en effektavgift som en komponent av elnätstariffen.

Denna typ av flexibilitet är särskilt värdefull för elintensiva industrier, där energikostnader utgör en betydande andel av de totala driftskostnaderna. Mer flexibel elanvändning kan leda till en mer kostnadseffektiv produktion och därmed ge en strategisk fördel gentemot konkurrenter som inte utnyttjar denna flexibilitet.

Utöver direkta besparingar kan en mer optimerad elanvändning minska behovet av investeringar i elnätskapacitet, reservkraft och produktionsutrustning. Genom att effektivisera resursanvändningen kan företag skjuta upp eller helt undvika kapitalintensiva investeringar, vilket stärker deras finansiella handlingsutrymme.

Ytterligare en fördel är möjligheten att generera nya intäktströmmar genom deltagande på olika stödtjänstmarknader eller lokala flexmarknader. Denna typ av marknadsdeltagande kan vara särskilt lukrativ för elintensiva industrier men kan även utnyttjas av mindre aktörer, exempelvis genom samarbete med en aggregator.

Trots de potentiella fördelarna med efterfrågeflexibilitet finns det även betydande kostnader och utmaningar att beakta. En central risk är produktionsbortfall. Förändringar i elanvändningen kan orsaka störningar eller avbrott i produktionsprocessen, vilket kan resultera i ekonomiska förluster. Detta är särskilt kritiskt i industrier där processerna är kontinuerliga eller känsliga för variationer i energitillförseln.

Tillväxtanalys har nyligen publicerat en rapport där ekonomiska effekter på grund av strömvavbrott sammanställts för svensk elintensiv industri¹⁶⁹. Man mäter då kostnader kopplade till förlorad produktion, ofta benämnt *Value of Lost Load* (VoLL). Skillnaden är dock så stor mellan strömvavbrott och flexibel elanvändning, där flexibel användning avser en kontrollerad självvald minskad användning medan ett elavbrott kan vara ofrivilligt och att plötsligt att tappa all elförsörjning att resultaten inte är användbara som ett mått på kostnad för flexibilitet. .

En annan betydande kostnad är det ökade investeringsbehovet. För att möjliggöra en mer flexibel elanvändning kan företag behöva investera i styrsystem, mätutrustning,

¹⁶⁹ The cost of electricity supply interruptions and value of lost load in Swedish electricity intensive industrial plants, Tillväxtverket, https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.9a65e7e1936a3305fd5e116/1733159443581/WP_2024 (hämtad 2025-03-01)

sensorer och energilagringssystem. Utöver initiala kapitalutgifter kan dessa teknologier även medföra löpande kostnader i form av underhåll och uppgraderingar. Därtill kan personal behöva utbildas för att hantera de nya systemen, vilket ytterligare ökar de ekonomiska åtagandena.

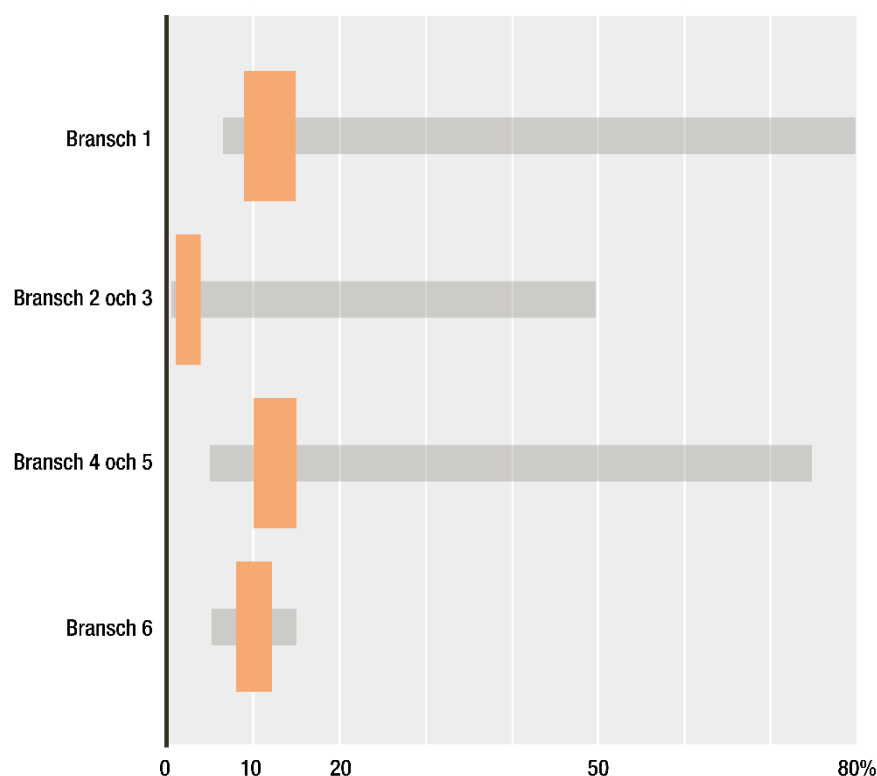
Flexibel elanvändning kan även leda till ökat slitage på maskiner och processutrustning. Frekventa förändringar i driftförhållanden, upprepade start- och stoppsekvenser samt belastningsvariationer kan accelerera nedbrytningen av utrustning, vilket resulterar i högre underhållskostnader och kortare livslängd för kritiska komponenter.

Slutligen är risken för att investera i flexibilitet viktig att beakta. Marknads- och policyrelaterade osäkerheter en väsentlig utmaning. Intäkter från efterfrågefleksibilitet är beroende av elmarknadspriser och regleringsmässiga ramverk, vilka kan vara volatila eller förändras över tid. Om ersättningen för efterfrågefleksibilitet minskar kan det bli svårt att motivera de initiala investeringar som krävs. Därtill råder osäkerhet kring framtida elmarknadsstrukturer och vilka stöd- och incitamentssystem som kommer att finnas tillgängliga för aktörer som tillhandahåller flexibilitetstjänster.

5.6 Tillgänglig flexibel elanvändning i närtid – resultat från intervjuerna

Att använda el flexibelt kommer alltid innebära en kostnad för industrin i form av minskad produktion eller genom att behöva ha en överkapacitet någonstans i produktionen. Men intervjuerna som genomfördes med de elintensiva företagen i detta uppdrag visade att med rätt utgångsläge finns det ändå förutsättningar att minska elanvändningen i delar av produktionsprocesserna,

I Fel! Hittar inte referensköll. nedan illustreras de intervjuade företagens möjligheter att vara flexibla, uppdelat på olika branscher. Grafen visar att förutsättningarna för flexibel elanvändning skiljer sig mellan branscherna men också inom varje bransch. Eftersom det inte var så många företag i varje bransch som intervjuades har vi valt att inte skriva ut vilken bransch som är vilken i grafen. En försiktig sammanfattning är att cirka 5 – 15 procent av elanvändningen inom industrin skulle kunna vara flexibel.



Figur 9. Illustration av möjligheten för industrin inom olika branschers att vara flexibel. Företagen har svarat med ett uppskattat intervall, i andel av elanvändning.

Observera att en del av den möjliga flexibiliteten redan idag är tillgänglig för elsystemet, se mer i avsnitt 5.7. Nedan följer lite korta noteringar från varje bransch, baserat på intervjuerna. Observera att ordningen nedan inte följer ordningen i **Fel! Hittar inte referenskälla..** Uppgifterna om energi- och elanvändning per bransch kommer från Energiläget (data för 2023 som är den senast tillgängliga statistiken).¹⁷⁰

Branschen med störst elanvändning, **papper och massa**, förbrukar knappt 17 TWh el vilket motsvarar cirka 38 procent av industrins elanvändning. Pappers- och massabranschen är redan idag i relativt stor utsträckning flexibla i både sin elproduktion och elanvändning och är också exponerade mot spotmarknaden i större utsträckning än andra branscher. Flera företag i branschen har el som produkt och flera är aktiva och lägger bud på dagen-före och intradagmarknaden, i vissa fall med både produktions- och konsumtionsbud.

Järn- och stål tillverkning hade en energianvändning 2023 som var cirka 20 TWh, varav 7 TWh utgjordes av el. Branschen har primärt använt kol som reduktionsmedel, nu övergår man till direktreduktion med vätgas producerad via elektrolys. Detta ökar elanvändningen inom sektorn markant, men även flexibilitetspotentialen då både direktreduktion och elektriska ljusbågsugnar teoretiskt har möjlighet att vara flexibla. Inom de närmsta åren finns det planer på elektrolysörer

¹⁷⁰ Energiläget i siffror 2024, Energimyndigheten och SCB, tab 4.2 och 4.3, <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energimyndigheten.se%2F4a9942%2Fglobalassets%2Fstatistik%2Fenergilaget%2Fenergilaget-i-siffror-2024.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> (hämtad 2025-04-11)

med en effekt om sammanlagt cirka 1 200 MW driftsätts^{171 172} utöver de 20 MW som redan är i drift. Jernkontorets egen bedömning av efterfrågeflexibilitet inom branschen, som gjordes 2020, visar på ett flexibilitetsutrymme om ca 15 procent av abonnerad effekt, 900 MW, och kommer framför allt från pannor och processutrustning med överkapacitet. Drygt 75 procent av den uppskattade tillgängliga flexibiliteten agerar flexibelt redan idag baserat på beläggning, elpris och bränsletillgång¹⁷³. De intervjuade aktörerna är i stor utsträckning exponerade mot spotmarknaden och är aktiva på elmarknaden, ett av företagen har också balansansvar. Några av företagen levererar på stödtjänstmarknaden. Inget av företagens flexibilitet stödjer idag nätkapacitetsbrist (flexibilitet för överföring).

Sveriges **verkstadsindustri** är en gruppering av industrier med relativt stor bredd. Storleken på företag inom industrigrenen varierar men domineras av egenföretagare och företag med en till fyra anställda – denna grupp utgör 83 procent av alla registrerade företag år 2023¹⁷⁴. Verkstadsindustrin använde år 2023 cirka 7 TWh energi, varav cirka 5 TWh. De intervjuade företagen inom verkstadsindustrin har inte en flexibel elanvändning idag. De uppskattar att det finns möjligheter till flexibilitet med cirka 10 – 15 procent av elanvändningen, vilket gäller framför allt att planera och/eller förskjuta produktionen samt att styra vissa processer som kan vara flexibla. Möjlighet till buffert, lagerhållning av produkter och intermediära produkter skulle behövas för att kunna vara flexibla i större utsträckning.

Den totala energianvändningen i **kemiindustrin** är ca 11 TWh varav elanvändningen står för cirka 5 TWh. Många kemiska produkter tillverkas från fossila råvaror som olja och naturgas och energibehovet är också till mer än 50 procent beroende av fossil energi.¹⁷⁵ Elektrifieringen av industrin syftar till att ersätta både fossila råvaror och fossila bränslen och detta kan leda till en kraftigt ökad elanvändning. Kemiindustrin har generellt liten möjlighet till flexibel elanvändning, de har kontinuerlig drift och det är ofta kostsamt att stänga ned produktion. Det är en relativt heterogen bransch med specifika processer vilket gör det svårt att generalisera mellan företag och processer kring flexibilitet. Sammankopplade processer utan möjlighet till lager av intermediärer har lyfts som ett hinder för flexibel elanvändning. Felaktigt efterfrågad flexibilitet kan i värsta fall leda till ökade CO2-utsläpp, exempelvis på grund av fackling¹⁷⁶ av gas.

Drivmedelsindustrin använder idag ungefär 1 TWh el¹⁷⁷ som i huvudsak utgörs av produktion av drivmedel från fossila råvaror och en ökande andel bioråvaror på raffinaderier. Det finns väldigt små möjligheter till flexibilitet i dagens elanvändning på grund av en kontinuerlig drift i raffinaderierna. På kort sikt förväntas

¹⁷¹ Hybrit nyheter <https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-demonstration/#:~:text=En%20ny%20anl%C3%A4ggning%20f%C3%B6r%20v%C3%A4tgasproduktion,att%20omvandla%20j%C3%A4rnmaln%20till%20j%C3%A4rnsvamp>. (hämtad 2025-04-11)

¹⁷² Stegra nyheter <https://stegra.com/news-and-stories/thyssenkrupp-nucera-and-h2-green-steel-partner-for-one-of-the-largest-electrolysis-plants-globally-> (hämtad 2025-04-11)

¹⁷³ Jernkontoret, *Stålindustrins bedömning av efterfrågeflexibilitet*, 2020. RISE erhöill dokumentet från Pär Hermerén Jernkontoret.

¹⁷⁴ Företag (FDB), antal efter år, näringsgren SNI 2007 och storleksklass. PxWeb

¹⁷⁵ SCB, *Användning av energivaror inom mineral- och tillverkningsindustri, GWh efter energivara, näringsgren SNI2007 och år*, <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/157891> (hämtad 2025-04-11)

¹⁷⁶ Förbränning av överskottsgas

¹⁷⁷ SKGS. Industrins elbehov till 2035 – en kartläggning. 2024.

<https://skgs.org/app/uploads/2024/06/Industrins-elbehov-SKGS-2024.pdf> (hämtad 2025-04-11)

elanvändningen öka till följd av olika elektrifieringsåtgärder, exempelvis avseende ugnar. Möjligheten till flexibilitet ökar troligen inte. På längre sikt kommer elanvändningen inom drivmedelsbranschen påverkas mycket av etableringen av produktion av elektrobränslen (från koldioxid och vätgas) och avancerade biodrivmedel (bioelektrobränslen från biomassa och vätgas), för vilka det finns specifika mål och kvoter för exempelvis inom flygsektorn. Här finns en helt annan möjlighet till att vara flexibel genom användning av exempelvis vätgas- och produktlager. Graden av flexibilitet är dock fortsatt osäker.

RISE har också, i ett annat samtida projekt benämnt SägFlex, undersökt **trävaruindustrins** möjligheter¹⁷⁸. Energianvändningen i trävaruindustrin är totalt 6,5 TWh, varav knappt 2 TWh är elanvändning. Av detta sker 70 – 75 procent av elanvändningen på sågverk (SNI 16.1) och resten inom tillverkning av trävaror (SNI 16.2). Fläktar i virkestorkning är den process med störst elanvändning, runt 500 GWh/år¹⁷⁹, och bedöms vara den process med störst möjlighet till flexibilitet, framför allt flexibilitet för balansering som inte kräver längre uthållighet. Trävaruindustrin är inte inkluderat i illustrationen ovan.

5.7 På vilket sätt kommer tillgänglig flexibilitet från industrin in i systemet?

I avsnittet nedan beskrivs olika tillämpningsområden som flexibilitet kan bidra till. I detta avsnitt beskrivs om och hur industrin är aktiva idag inom dessa tillämpningsområden. Resultaten bygger även i detta avsnitt på resultaten från intervjuerna med de 24 företagen. Om förutsättningarna ändras genom nya prissignaler, produkter eller andra förändringar kommer dessa även ändra hur industrin är aktiv.

5.7.1 Flexibilitet för energi

De företag som intervjuades visade sig grupperas i två grupper. Den ena gruppen av företag, de flesta, hade bilaterala långsiktiga prissäkrade elavtal för en mycket stor del av sin elanvändning medan den mindre gruppen istället var helt exponerade mot spotmarknaden och var aktiva med användarbud på marknaden eller anpassade sin produktion efter elpriset.

De företag som har långsiktigt prissäkrade elavtal har inga incitament för flexibilitet inbyggt i sina avtal idag. Möjligheten finns förstås att avstå från att använda el och sälja tillbaka elen på spotmarknaden när priset där är högt. Flera företag har dock påpekat att det kräver en god kontinuerligt uppdaterad kunskap om elmarknaderna och ett aktivt arbetssätt som kräver resurser, så väldigt få utnyttjar möjligheten.

De företag som har valt att vara helt exponerade för spotmarknaden har i många fall egen elproduktion eller har andra förutsättningar som till exempel en överkapacitet i

¹⁷⁸ Projektet Sägflex, RISE <https://www.ri.se/sv/expertisomraden/projekt/sagflex-el-flexibilitet-pa-sagverk> (hämtad 2025-04-11)

¹⁷⁹ Johnsson S., Andersson E., Thollander P., Karlsson M., 2019. Energy savings and greenhouse gas mitigation potential in the Swedish wood industry. Energy, 187, 115919. DOI: 10.1016/j.energy.2019.115919

produktionsprocessen och har då valt att satsa på att bygga upp en god egen kompetens om elmarknaden.

5.7.2 Flexibilitet för balansering

Några av företagen (5 av 24) som intervjuades var aktiva med olika produkter på Svenska kraftnäts balansmarknad, och några till hade börjat undersöka möjligheterna när ersättningsnivå steg för några år sedan, men var nu lite tveksamma till att fortsätta arbetet när ersättningsnivån sjunkit igen. Kommentarer från några aktiva industrier är att de många ändringarna i reglerna kräver en relativt omfattande kontinuerlig insats.

5.7.3 Flexibilitet för överföring

Endast ett av företagen vi intervjuade hade långtgående planer på att delta på en lokal flexmarknad. De flesta företagen har inte möjligheten då de inte har någon lokal flexmarknad i sitt område.

Villkorade anslutningsavtal ses som en kommande risk/möjlighet av flera industrier. De uttryckte en stark farhåga att villkorade avtal skulle komma med krav på skarp neddragning av elanvändningen med kort framförhållning, vilket kan skapa stora problem. Hittills var det bara två av företagen som hade villkorade anslutningsavtal, där det ena handlade om villkor vid uppstart för att minimera påverkan på det närliggande nätet och det andra handlade om en reservation för att andra aktörer skulle utnyttja sina avtal fullt.

Inga av företagen hade bilaterala överenskommelser med elnätsbolagen.

5.7.4 Flexibilitet för energiberedskap

Industrin har tidigare kunnat vara aktiva på både störningsreserven och effektreserven. Störningsreserven har övergått till så kallad överbelastningshantering, och som effektreserv har Karlshamnsverket upphandlats de senaste åren. Den potential som finns hos industrin är enligt kartläggningen dock betydande även sett till uthållighet.

5.7.5 Sammanfattning kring efterfrågan av industrins flexibilitet

Sammanfattningsvis konstateras att en del av den tillgängliga flexibiliteten redan idag finns aktiv på olika sätt inom elsystemet, men en relativt stor del av den tillgängliga flexibla elanvändningen används idag inte och speciellt inte som flexibel elanvändning för att avhjälpa nätkapacitetsbrist.

Det är nya produkter på väg in i systemet, på olika marknader. Under våren 2025 kommer Svenska kraftnät tillsammans med Vattenfall Eldistribution handla upp så kallade kapacitetsåtgärder¹⁸⁰, en åtgärd för att öka kapaciteten i elsystemet på västkusten i väntan på utökad nätkapacitet. Under februari och mars pågår leverantörsdialog med tänkbara leverantörer. En potentiell leverantör måste dock befinna sig i området runt Stenungsund ner mot nordvästra Göteborg. Detta var inte känt under intervjuerna, så det är oklart om några av företagen som intervjuades

¹⁸⁰ Leverantörsdialog för tidigare anslutning av elanvändning i Västra Götaland inleds | Svenska kraftnät, <https://www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/allmanna-nyheter/2025/leverantorsdialog-for-tidigare-anslutning-av-forbrukning-i-vastra-gotaland-inleds/> (hämtad 2025-02-19)

kommer visa intresse för kapacitetsåtgärderna med sin potentiella efterfrågeflexibilitet.

Under slutet av februari har medlemmar i Energiföretagen tagit fram nya produkter för att kunna erbjuda flexibilitet för överföring som ligger hos Ei för godkännande innan de offentliggörs.

Energimyndigheten bedömer att det är viktigt att den tillgängliga flexibiliteten kommer elsystemet till godo och kommer under 2025 fortsätta jobba med frågan, framför allt genom främjande arbete. Det är viktigt att skapa erfarenhet kring nya och utökade möjligheter kring efterfrågeflexibilitet för både industri och elsystemsaktörer i takt med att mer flexibilitet behövs. God kunskap kan också underlätta för svenska aktörer i arbetet inom EU där bland annat nya produkter för flexibilitet tas fram.

5.8 Kommande flexibilitet från den industriella omställningen

Som nämnt i avsnitt 0 är industrin i förändring och elanvändningen inom industrin kommer inte bara öka, utan också förändras i karaktär. Möjlig produktion av vätgas för olika tillämpningar, koldioxidinfångning, batteritillverknings är några exempel på satsningar som leder till helt nya behov av både stor mängd energi och effekt.

5.8.1 Flexibilitet i vätgasprojekt

Vätgas kommer ha många och viktiga roller i industrins omställning, både som energikälla och som råvara i den industriella processen till exempel vid tillverkning av drivmedel från biobränsle eller e-bränsleproduktion. Vätgas från elektrolysörer kommer öka elanvändningen och ses också ofta som en stor möjlighet till flexibilitet genom att antingen bygga efterföljande användning av vätgasen så att elektrolysören kan köras flexibelt eller genom att ha ett vätgaslager.

För att förbereda Sverige på de kommande kraven från Eurostat på statistik om vätgasproduktion och användning¹⁸¹ genomförde Sweco för Energimyndighetens räkning datainsamling och intervjuer under 2023 och 2024. För att få bättre kunskap om vad som praktiskt planeras och genomförs kring vätgas och flexibilitet kompletterade Energimyndigheten statistikinsamlingen med specifika frågor kring vätgas och flexibilitet. Följande frågor ställdes:

- Kommer er vätgassatsning ha ett lager och i så fall hur länge räcker vätgasen i lagret?
- Om vätgasen används som energi, har processen möjlighet att använda en annan energikälla?
- Om vätgasen används som processråvara, kan processen köras flexibelt?

I den första insamlingsrundan 2023 gjordes 22 intervjuer, i den andra insamlingsrundan gjordes 16 intervjuer. Intervjuerna visade att få aktörer idag planerar att bygga storskaliga vätgaslager utöver det som LKAB planerar för eget

¹⁸¹ Kommissionens förordning om energistatistik, EU <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0132> (hämtad 2025-04-11)

behov. De flesta aktörer med integrerade processer siktar på ett absolut minimum av vätgasbuffert för sina industriella processer, oftast enbart en till två timmar, eftersom vätgaslager är dyra.

I de fall vätgasen används som energikälla så har några få av aktörerna system där de kan byta till annan energikälla, exempelvis Ovako som sedan 2023 har vätgas för att värma stålet inför valsningen men som har kvar möjligheten att använda gasol istället. Det skapar visst utrymme för flexibilitet i vätgasproduktionen.

När vätgasen ska användas som processråvara krävs, om det inte finns lager, att processen kan köras flexibelt. Detta var initialt tanken med exempelvis vissa e-bränsleprojekt. De flesta har dock övergivit den tanken, både då efterföljande processer är svåra att anpassa och för att få så stor kostnadstäckning som möjligt för bland annat elektrolysören.

Sammanfattningsvis visade intervjuerna att det är få av aktörerna med existerande vätgasproduktionen eller med kommande satsningar som kommer kunna vara flexibla i samband med vätgasproduktionen så som förutsättningarna ser ut idag.

Modelleringar inom projektet NEPP, North European Energy Perspectives Project¹⁸² visar dock att förutsättningarna för flexibilitet från vätgas ser ut att komma in i systemet runt 2035, först på västkusten.¹⁸³

5.8.2 Koldioxidinfångning och lagring eller användning

Negativa utsläpp behövs för att nå mål om klimatneutralitet och därefter för att globalt uppnå nettonegativa utsläpp. Att samla in koldioxiden och sedan lagra eller använda molekylerna (Carbon Capture and Storage, CCS eller Carbon Capture and Utilisation, CCU) är två möjligheter till negativa utsläpp. Bio-CCS, att samla in och lagra koldioxid från biobaserat bränsle är en kompletterande åtgärd som tillskrivits stor potential i Sverige.¹⁸⁴

Specifik elanvändning för bio-CCS beror av teknikval, integrationsmöjligheter och applikation. Hur möjligheter för anläggningar för avskiljning av koldioxid ser ut vad gäller flexibilitet är viktigt att undersöka, med tanke på den stora kommande elanvändningen.

5.8.3 Flexibilitet i batterifabriker

Batterifabriker är en annan stor ny elanvändare i omställningen och nyindustrialiseringen enligt Energimyndighetens scenarier. Batteritillverkning kan grovt delas in i tre delar. I den första delen tillverkas de olika delarna inklusive anod och katod. I det andra steget monteras batterierna ihop och i det tredje steget formeras batterierna genom att laddas upp och ur några gånger. Det sista steget står för en relativt stor andel av elanvändningen, cirka en fjärdedel¹⁸⁵. Formeringen sker relativt långsamt så detta steg är ofta en flaskhals i produktionen, men med rätt

¹⁸² NEPP - North European Energy Perspectives Project, <https://www.nepp.se/> (hämtad 2025-03-02)

¹⁸³ Presentation av Lisa Göransson, Chalmers Tekniska Högskola på Fossilfritt Sveriges seminarium [Seminarium: Så löser vi industrins elbehov fram till 2035 - Fossilfritt Sverige](#)

¹⁸⁴ Vägen till en klimatpositiv framtid, SOU 2020:14 <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2020/01/sou-20204/> (hämtad 2025-02-13)

¹⁸⁵ Energy consumption of current and future production of lithium-ion and post lithium-ion battery cells | Nature Energy, <https://www.nature.com/articles/s41560-023-01355-z> (hämtad 2025-04-01)

förutsättningar finns det en möjlighet att bidra med en flexibel elanvändning i sista steget. Även här är det viktigt med fortsatt kunskapsökning.

5.9 Summering

Intervjuerna med 24 företag visar att industrin har möjlighet att vara flexibel med cirka 5 till 15 procent av sin elanvändning i närtid utan stora investeringar. Förutsättningarna och möjligheterna varierar mellan branscherna och inom respektive bransch. Att vara flexibel innebär oftast en kostnad för en industri, antingen genom ett produktionsbortfall eller genom att det krävs en överkapacitet i hela eller delar av processen.

Denna tillgängliga möjliga flexibilitet finns till viss del verksam redan idag, dock är ingen flexibilitet från de intervjuade företagen verksam för att stötta vid nätkapacitetsbrist i elnäten. Energimyndigheten avser arbeta främjande för att mer flexibilitet från industrin ska kunna stötta elsystemet på olika sätt, främst vid nätkapacitetsbrist, i första hand med ett konkret fortsättningsprojekt

Trots hög teoretisk potential till flexibel elanvändningen från vätgasprojekt har de projekt som finns eller planeras inte byggt eller designat projektet för att praktiskt kunna erbjuda möjlighet till flexibilitet. Detta då fokus ligger främst på att få processerna att fungera och på att få hög intjäning på elektrolysören. Detta kan komma att ändras om olika förutsättningar ändras, till exempel investeringskostnader för elektrolysörer eller kostnader för större vätgaslager.

Förutsättningarna för flexibel elanvändning hos andra nya satsningar inom industrins gröna omställning, till exempel batterifabriker och insamling av koldioxid, behöver studeras ytterligare.

5.9.1 Prognos av flexibilitet från industrin

Industrins förutsättning är som tidigare nämnts diversifierade, det skiljer sig inte bara mellan branschen utan kan skilja sig från anläggning till anläggning. Konjunkturläge som styr efterfrågan är en annan parameter. Även industrins framtida elbehov är oviss eftersom planerade projekt kan förskjutas, och nya projekt kan tillkomma.

Energimyndigheten har emellertid, gjort ett försöka att likt kraftproduktionen ovan uppskatta en total kvantitativ potential från industrin. Antagandena baseras på den intervjustudien tillsammans med data och analys från Profu som har uppdrag av Energimyndigheten att arbeta med modellering och scenarioanalys. Vi utgår från de tillfrågade företagens svar för andel flexibel last, elbehov från Energimyndighetens scenarioanalys samt uppskattade lastprofiler för olika branscher från Profu. Lastprofilerna ger en fördelning av last för årets timmar. I Tabell 6 motsvarar 95-percentilen ett effektvärde som är större än 95 procent av årets alla värden, och 5-percentilen motsvarar ett effektvärde som är lägre än 95 procent av årets alla värden.

Vi har för presentationen av denna uppskattning valt att slå samman olika branscher med varandra, baserat på deras svar om andel flexibel last i intervjustudien. Gruppindelningen nedan följer samma indelning som **Fel! Hittar inte referensskälla..** Observera att potentialerna inom en bransch inte behöver sammanfalla för ett och samma ändamål, utan kan göra olika nytta olika tider av året, veckan eller dygnet.

Tabell 6. Uppskattad flexibilitetspotential för olika hopslagna branscher år 2030. Värdena är i MW.

Bransch¹⁸⁶	Potential – 5 percentilen	Potential – medeleffekt	Potential – 95 percentilen	Potential – teoretisk
1	200	275	317	774
2+3	49	79	121	1444
4+5	402	507	587	889
6	52	96	157	1055
Övriga	27	64	131	841
Summa	730	1021	1313	5003

I tabellen anges värdet i MW för uppskattade flexibilitetspotentialer vid olika driftförhållanden. Potentialen för flexibilitet vid medeleffekten avser i teorin en potential som skulle vara tekniskt tillgänglig när industrin ligger på en genomsnittlig effektanvändning. I detta fall är potentialer för upp- och nedreglering i teorin ungefär lika stor. Flexibilitetspotentialen vid 95-percentilen avser i teorin hur stor potentialen är när industrin kör nära toppeffekt, och bör då avspegla möjligheten att reglera ned sin effektanvändning. Den teoretiska potentialen är ett referensvärde för hur stor effekt som skulle tillgängliggöras om industrin reglerade ner sin effektanvändning från 95-percentilen till 5-percentilen, eller upp från 5-percentilen till 95-percentilen. Man bör beakta sammanlagringseffekter vid dessa typer av analyser, att olika resurser i anläggningarna har olika tillgänglighet vid olika tillfällen under året, veckan eller dygnet, och dessutom att flexibilitet från dessa resurser kan ha olika tillämpningsområden. Uthålligheten för industrin angavs i intervjustudien vara från timmen och uppåt dygnet, och ramphastigheter, framförhållning är något som skulle behöva utredas vidare men kan antas variera kraftigt mellan branscher, anläggningar och även specifik utrustning.

¹⁸⁶ De branscher som inte intervjuades är fördelade i grupperna 1-5; metall och gjuterier, övrig tillverkning och elektrobränslen. Övrigt är en sammanslagning av livsmedelsindustrin, trävaruindustrin, grafisk produktion och jord och sten.

6 Slutsatser och reflektioner

Flexibilitet är en nyckel till en mer hållbar energiomställning. Möjligheterna att bidra med flexibilitet är betydande från flera grupper, men det krävs ett kontinuerligt fortsatt arbete för att tillgängliggöra den.

Flexibilitet är på grund av dess mångfacetterade betydelser ett begrepp som behöver diskuteras utifrån olika aktörers perspektiv. Bland professionella aktörer likaväl som bland lekmän är flexibilitet ett begrepp som kan förvirra, i synnerhet i samtal mellan aktörer i olika delar av elsystemet. Energimyndighetens syn är att flexibilitet i dess olika former kan bidra till flera av systemets viktiga funktioner för att klara av en effektiv och trygg omställning av energisystemet. Stegen mot målbilden är dock många och går ibland i till synes olika riktningar. I detta regeringsuppdrag har vi dels påbörjat ett mer fokuserat arbete med målgruppsanpassad information, dels fördjupat oss kring elproducenternas och industrins möjligheter och potential.

Spridning av målgruppsanpassad information är avgörande för att öka flexibiliteten hos olika aktörer, inklusive hushåll, mindre företag och offentlig verksamhet. För att uppnå detta på ett effektivt sätt är det viktigt att identifiera och adressera specifika informationsbehov hos målgrupperna. Målgruppsanalysen som utfördes inom ramen för detta regeringsuppdrag var ett första steg i detta och pekar på att verkstadsindustrin, livsmedelsindustrin, sågverk, fastighetsägare och livsmedelshandeln, samt alla typer av aktörer med laddning av fordon och arbetsmaskiner bör prioriteras. Dessa aktörer har bedömts både besitta en betydande potential och ha behov av information för att tillgängliggöra den. För riktigt stora industrier och stora elproducenter är oftast inte generell kunskap en barriär för att tillgängliggöra mer flexibilitet.

Energimyndigheten avser genomföra spridningsinsatser mot nämnda målgrupper genom våra kanaler och kommunikationsvägar. Vi avser också fortsätta samverka med andra relevanta myndigheter i det fortsatta arbetet med att ta fram och sprida information om flexibilitet. Genom att kontinuerligt uppdatera och anpassa informationen efter förändringar i teknik, regelverk och marknadsförutsättningar, kan man säkerställa att aktörerna har tillgång till kunskap byggd på relevant och aktuell information i syfte för att bidra till en mer effektiv energianvändning och ett mer effektivt nätutnyttjande.

Elproducenternas framtida potential att reglera och styra sin elproduktion beror på investeringar i befintliga och nya anläggningar. Den totala nyutbyggnaden av kraftproduktion skulle kunna bli mellan ungefär 20 och 32 GW till 2035 i enlighet med våra långsiktiga scenarier. Kraftslagen har olika förutsättningar för uppreglering, dels över säsongerna, veckor och dygn, dels utifrån investeringar och driftskostnader, och slutligen dels utifrån risker med affärsmodeller. En förenklad bedömning är att ungefär 6 – 10 GW av den ovan nämnda utbyggda kapacitet skulle kunna vara tekniskt tillgänglig flexibilitetspotential, med antagandet att även kärnkraften

reinvesterat i möjligheten för lastföljning, och att dess minimilastnivå ligger på 65 procent av märkeffekten. Det är viktigt att betona att förutsättningarna som nämns ovan påverkar både tillgänglighet och uthållighet.

Industrin har tidigare bidragit med flexibilitet på olika sätt men genom detta regeringsuppdrag fanns en möjlighet att titta närmare på industrins potential. I arbetet har vi fokuserat på den i tid mest närliggande potentialen som bör kunna tillgängliggöras med relativt små investeringar, och de nuvarande förutsättningar som råder för att tillgängliggöra den. Produktion av vätgas inom industrin som tidigare har pekats ut som en av de största potentialer för flexibilitet har i närtid endast marginell potential. Sammantaget från övrig storskalig industri av vilka 24 företag intervjuades finns en betydande potential motsvarande cirka 5 till 15 procent av deras elanvändning. Idag nyttjas relativt lite av de intervjuade företagens flexibilitetspotential och i princip inget används för att minska problemet med nätkapacitetsbrist. Faktiska kostnader för tillgängliggörande och aktivering av industrins flexibilitet, samt de specifika förutsättningar som råder, återstår för branscherna själva, relevanta myndigheter, samt intresseorganisationer och akademi att reda ut. Givet industrins roll i omställningen och deras framtida elbehov är de industriella aktörerna viktiga att fortsätta samverka med.

Samtantaget kan vi konstatera att det finns goda möjligheter att förbättra flexibiliteten i elsystemet genom informationsinsatser, särskilt hos vissa aktörer, och genom att arbeta kontinuerligt med elproducenterna och i synnerhet industrins viktiga flexibilitetspotential. Hela elsystemet fortsätter att utvecklas och det krävs därför ett kontinuerligt arbete på bred front för att tillgängliggöra befintlig och framtida flexibilitetspotential inom alla delar av systemet. Energimyndigheten avser att arbeta vidare för att främja en utveckling i den riktningen.