

2022

# Framtidens Elnät

Möjliggör den gröna industrirevolutionen genom utveckling av ett Dynamic Grid System



# The Electric Grid of the Future

Empowering the Green Industrial Revolution through the Development of a Dynamic Grid System

## The Precipice of Change – Enabling the Green Revolution

Currently, Sweden – and northern Sweden in particular – has a truly historic opportunity to develop technologies that can substantially reduce not just domestic, but global carbon emissions, through the emergence of its green industrial supercluster. Northern Sweden – a region with only half a million inhabitants, is the chosen location for some of the most transformative industrial breakthroughs in the green technology space – including the development and creation of fossil free steel, fossil free raw materials, fossil free batteries, and fossil free fertilizers.

While there are a multitude of reasons why companies, including Northvolt, H2 Green Steel, Hybrit, LKAB, SSAB, Fertiberia, and Meta, are choosing to develop these extraordinary technologies in the same region of one small Nordic country, the single most important factor is the region's **plentiful renewable and competitively priced electricity**. And that single most important factor also has the potential to curtail the rapid development of these world-leading green industrial initiatives.

## The Capacity Problem

Access to renewable energy has never been an issue in this region, but the size of the proposed projects by LKAB, H2 Green Steel, Fertiberia, and other large-scale industrial developments now requires the grid to deliver more power to a specific region (and exact location) than is currently possible. Without sufficient access to power, these industrial pioneers will leave Sweden and seek other regions with excess capacity, as **time is singularly important for the development of these green technologies**.

To further the possibilities for industrial expansion, Svenska Kraftnät has announced planned physical buildouts of the transmission grids, but the lead times of these projects requires interim solutions to increase the capacity of the grid prior to the completion of the buildout.

## The Paradigm Shift – from Static to Dynamic

The very backbone of modern society, our electric grids, must evolve to confront the simultaneous challenges of an increasingly volatile climate, an expansion of renewable inputs, and an **exponential growth in power-intensive green industries** and consumer demand.

To successfully achieve this transformation, **a paradigm shift is necessary – pushing electric grids to transform static techniques into dynamic and flexible systems** through the unique combination of already existing and thoroughly tested technologies, including dynamic line rating, using excess capacity in existing subscriptions and via offerings of flexible disconnection subscriptions to customers all integrated into a central system together with grid and market data. It is possible to harness these technologies via the creation of a **Dynamic Grid System (DGS)** – a system that does not artificially predetermine the maximum capacity of the grid, but rather fully utilizes its potential through the continuous analysis of real-time data, unlocking a substantial increase in available capacity with minimal investment.

## The Pilot for the Future

To fully realize the incredible opportunities of a DGS, a pilot installation should be tested in the coastal region of Norrbotten, with current projections finding that 1 500 MWs of additional capacity could be made available by the start of 2025 for an approximate investment of 100 million SEK.

This **single installation would deliver almost one third of the 5 000 MWs that Svenska Kraftnät has in connection applications for only an additional 1.2% of the total 8,4 billion SEK** the complete buildout will cost – in a fraction of the time. Thus, access to at least **1 500 MWs in additional capacity will be available 5 years faster than originally planned**, as compared to relying on the transmission grid buildout alone. Through the utilization of a DGS, grid operators can “buy time” before grid buildouts are complete, more effectively utilize the full potential of a buildout once finished, and empower, rather than hinder, Sweden's green industrial revolution.

## Dynamic Grid System

(Pilot Installation in Coastal Region of Norrbotten)

Total capacity increase

**1500 MW**

Estimated cost

**100 MSEK**

Expected completion

**2025**

**30%**

of the 5 000 MW that Svenska Kraftnät has in connection applications could be met with the capacity from the DGS-system

**1.2%**

of total cost to complete the buildout of the transmission grid in the coastal region of Norrbotten.

**5 Years**

The DGS pilot installation will be operational and delivering 1500MW of increased capacity at least 5 years before the buildout of the transmission grid is complete.

# Framtidens Elnät

Möjliggör den gröna industrirevolutionen genom utveckling av ett Dynamic Grid System

## På Gränsen till Förändring – Att Möjliggöra den Gröna Revolutionen

Just nu har Sverige – och specifikt norra Sverige – en historiskt unik möjlighet att utveckla teknologi som skulle kunna bidra till betydande reduceringar av utsläpp av växthusgaser inte bara nationellt, utan på en internationell nivå genom uppkomsten av ett grönt industriellt superkluster. Norra Sverige, en region med endast en halv miljon invånare, har valts ut som hemvist till några av de mest transformativa industrigenombrotten inom grön teknologi – inklusive utvecklingen av fossilfritt stål, fossilfria råmaterial, fossilfria batterier och fossilfritt gödsel.

Det finns en rad olika anledningar till varför företag så som Northvolt, H2 Green Steel, Hybrit, LKAB, SSAB, Fertiberia och Meta har valt att utveckla dessa extraordinära teknologier i en och samma region i ett litet nordiskt land. Av alla dessa faktorer har regionens rikliga **tillgång till grön och konkurrenskraftigt prissatt elektricitet** varit den enskilt mest avgörande.

Denna avgörande faktor riskerar nu också att stoppa den snabba utvecklingen av dessa världsledande gröna industriinitiativ.

## Kapacitetsproblemet

Tillgång till grön energi har aldrig varit ett problem för regionen, men storleken på dessa industrisatsningar från LKAB, H2 Green Steel, Fertiberia och andra storskaliga projekt kräver tillsammans tillgång till mer elektricitet än vad elnätet i dagsläget klarar av att leverera till en region och en specifik plats. Utan tillräcklig tillgång till elektricitet så kommer dessa industriplaner att lämna Sverige och söka sig till andra regioner med tillgänglig kapacitet, då **tid är en helt avgörande faktor för utvecklingen av dessa gröna teknologier**.

För att skapa bättre förutsättningar för industriexpansionen så har Svenska Kraftnät annonserat en planerad investering i utbyggnation av transmissionsnätet, men ledtiderna för denna typ av projekt kräver interimslösningar för att säkerställa ökad kapacitet innan färdigställandet av utbyggnationen.

## Dynamic Grid System

(Pilotinstallation i Norrbottens kustregion)

## Paradigmskiftet – från Statiskt till Dynamiskt

Ryggraden av våra moderna samhällen, våra elnät, måste fortsätta utvecklas för att vara rustade att möta de mångfacetterade utmaningarna av ett allt mer volatilt klimat, en utbyggnation av förnybar energiproduktion, och en **exponentiell tillväxt av energiintensiva gröna industrier** och användarbehov.

För att framgångsrikt genomföra denna transformation så krävs ett **paradigmskifte, som tar elnäten från dagens statiska förhållningssätt till ett dynamiskt och flexibelt system** genom en unik kombination av redan existerande teknologier. I detta inkluderas Dynamic Line Rating, användandet av outnyttjad kapacitet i befintliga abonnemang via flexibla och fränkopplingsbara abonnemang, allt integrerat till ett centralt styrsystem tillsammans med elnäts- och marknadsdata. Det är möjligt att dra nytta av alla dessa teknologier genom att skapa ett **Dynamic Grid System (DGS)** – ett system som inte på artificiella antaganden sätter gränser för elnäts kapacitet, utan istället möjliggör nyttjandet av all kapacitet i elnätet genom löpande analys av realtidsdata, vilket tillgängliggör betydande volymer av kapacitet mot en minimal investering.

## En Pilot för Framtiden

För att fullt ut kunna nyttja de otroliga möjligheterna med ett DGS-system så bör en pilot-installation genomföras i kustregionen i norra Sverige, där nuvarande uppskattningar pekar på att **1 500 MW ytterligare kapacitet skulle kunna tillgängliggöras till början av 2025 för en estimerad investering om 100 miljoner kronor**. Denna installation skulle kunna leverera nästan **en tredjedel av de 5 000 MW** som Svenska Kraftnät har i anslutningsansökningar, och ämnar investera 8,4 miljarder kronor för att snabbare kunna tillgodose. Investeringen skulle då för en **kostnad som motsvarar 1,2% av den totala investeringen** kunna minska effekterna av kapacitetsbristen avsevärt snabbare än den fysiska utbyggnationen.

Genom användandet av ett DGS-system så kan elnätsoperatörerna köpa sig tid innan de fullskaliga utbyggnationerna av elnätet hinner färdigställas, och genom detta då även kunna utnyttja all tillgänglig kapacitet i de nya elnäten. På så sätt kan elnätsoperatörerna **bidra till, snarare än att begränsa, utvecklingen av den svenska gröna industrirevolutionen**.

Total kapacitetsökning

1500 MW

Uppskattad kostnad

100 MSEK

Förväntat färdigställande

2025

30%

av de 5 000 MW som Svenska Kraftnät har i anslutningsansökningar skulle kunna mötas med kapaciteten från DGS-systemet

1.2%

av den totala kostnad för att färdigställa utbyggnationen av transmissionsnätet i kustregionen i norra Sverige

5 år

DGS-pilotinstallationen kommer vara i drift och leverera 1 500 MW i ökad kapacitet åtminstone 5 år innan färdigställandet av den fysiska utbyggnationen av transmissionsnätet

# Vad som står på spel

Norra Sverige står just nu inför en historiskt unik möjlighet att ta en ledande position inom den gröna industrirevolutionen på en global nivå. Med över 1 000 miljarder kronor i planerade investeringar i projekt så som LKAB, Markbygden, Northvolt, H2 Green Steel och Hybrit, leder de alla inom sina egna industrikategorier den tekniska utvecklingen framåt<sup>1</sup>.

**Den gröna industrirevolutionen vi nu ser början av i norra Sverige är en unik möjlighet för regionen att återigen bli en central del i svensk industri och vända den avbefolkning som pågått sedan andra världskriget.**

För Sverige som nation innebär den gröna industrirevolutionen vi nu har påbörjat en möjlighet att på en global arena ta ledartröjan för så väl industriomställning som teknikutveckling. Detta är en tidigare aldrig skadad chans för Sverige att bli en av förgrundsgestalterna i ett av de största industriella skiftena i historien. Det finns trots den ljusa framtid vi hoppas på ett orosmoln på horisonten.

En avgörande del i investeringsbesluten bakom samtliga dessa projekt har varit den historiskt stabila och rikliga tillgången på fossilfri elektricitet i norra Sverige. De stora och snabba etableringarna kommer kraftigt påverka elbehovet i hela Sverige, vilket spås orsaka en akut kapacitetsbrist i kraftnätet, och många av de planerade investeringarna riskerar att tvingas ställas in om inte skyndsamma åtgärder sätts in<sup>2</sup>. Inställda investeringar i den gröna industrirevolutionen vore inte enbart ett enormt dråpslag för samhälls- och näringslivsutvecklingen i norra Sverige, men riskerar också att påverka Sverige och världens möjligheter till grön omställning.

En snabb och effektiv lösning på kapacitetsbristen i Sverige är således avgörande inte bara för enskilda industriprojekt, utan för det svenska samhället och välfärden som helhet. Lyckas Sverige lösa problemen med kapacitetsbrist skapas inte bara förutsättningar för fortsatt tillväxt och konkurrenskraft för svensk industri, utan möjlighet att stoltsera med ett effektivt nyttjande av central infrastruktur. Lyckligtvis finns tekniska och regulatoriska lösningar tillgängliga som med relativt enkla medel skulle kunna frigöra mer kapacitet genom mer effektivt nyttjande av elnätet och den infrastruktur som redan idag finns på plats. Ett skyndsamt implementerande av sådana lösningar skulle kunna skapa stora samhällsekonomiska värden, nya affärsmöjligheter och ett ökat tidsfönster för fortsatta infrastrukturinvesteringar.



***Den gröna industrirevolutionen vi nu ser början av i norra Sverige är en unik möjlighet för regionen att återigen bli en central del i svensk industri och vända den avbefolkning som pågått sedan andra världskriget.***



<sup>1</sup>Dagens Industri (2022-04-13), Över 1.000 miljarder ska investeras i norra Sverige i klimatkrisens spår

<sup>2</sup>Svenska Dagbladet (2022-04-09), Månader från byggstart – då skakar miljardplanen

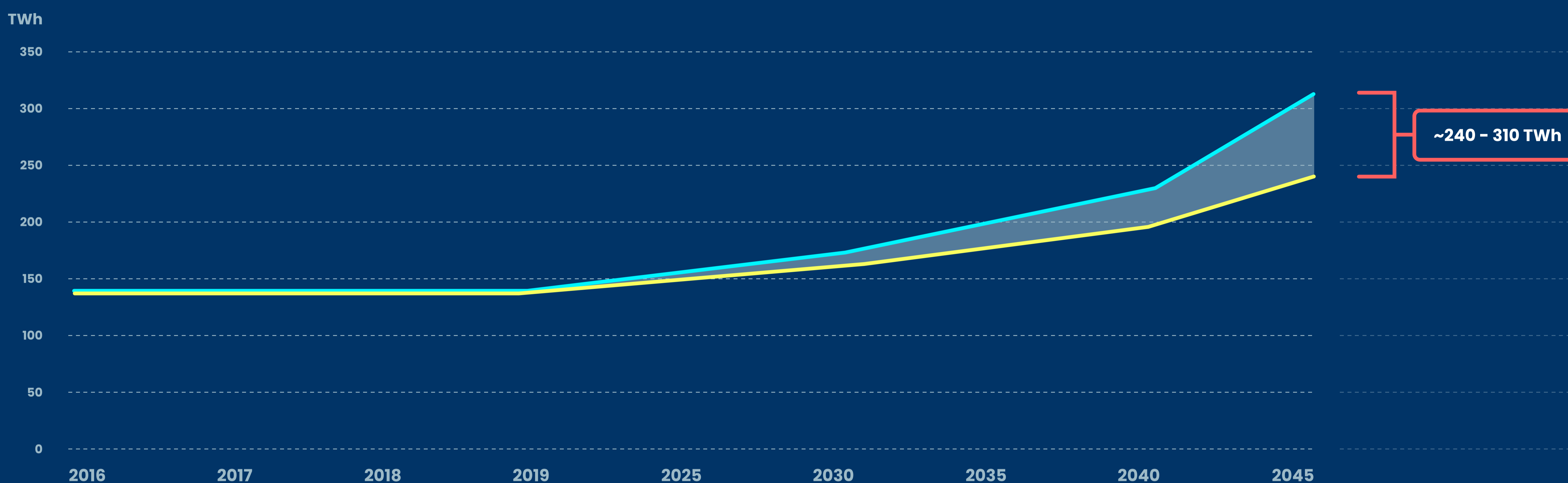
# Ett nytt energilandskap

Ett stabilt och välfungerande elnät är en förutsättning för flera delar av samhällsutvecklingen. Det finns fog att påstå att samtliga intressenter så som regeringen, elnätsoperatörer och medborgare har tagit elförsörjningen i Sverige för givet under en längre tid. Detta kan betraktas som en kvalitetsstämpel och ett gott betyg till Sveriges energiaktörer – ett system som fungerar och levererar nytta till medborgarna i det tysta blir sällan uppmärksammat.

Sveriges elnätsinfrastruktur är uppbyggt under flera decennier parallellt med kraftproduktionens utbyggnad och samhällets ökande elbehov. Sedan 90-talet har investeringarna i nya elnät, särskilt transmissionsnätet varit begränsade och Sveriges samlade elanvändning har sedan början i mitten av 1980-talet varit relativt konstant. Tillkommande elanvändning och elproduktion har kunnat ansluta till elnäten utan större behov av ny infrastruktur, med undantag för vissa storstadsregioner.

Från en period av relativt oförändrad elanvändning förväntas nu behoven öka kraftigt i Sverige från år 2025–2026. Prognoser visar att den samlade elanvändningen kan uppgå till mer än 300 TWh innan 2045. Klimatomställningen och en ökad elektrifiering inom bland annat industri och transportsektorn står för majoriteten av de nya behoven.

Transformationen till ett grönt samhälle ritas även om kartan över vart i Sverige elbehoven är som störst. De tillkommande behoven i norra Sverige är så pass stora att de kan jämföras med den totala elanvändningen i ett flertal europeiska länder.



Prognos över Sveriges elanvändning: hög- & lågscenario, källa: Energiföretagen <sup>3</sup>

För att resan mot ett grönt samhälle ska vara möjlig behöver energiinfrastrukturen i Sverige byggas ut, och detta gäller inte minst elnätet och specifikt det svenska transmissionsnätet. Det är tydligt att elnätets kapacitet behöver utökas snabbare än tidigare möjligt för att vi genom industriomställningen ska klara av att uppnå de globala målsättningarna kring utsläpp och klimatförändringar. Aktörerna bakom de stora industriella satsningarna i norra Sverige har förstått brådskan i att göra något åt klimatförändringarna och agerar efter tidplaner som sätter system och processer för infrastrukturutveckling på prov.

Framtida kapacitetsbrist i elnätet och långa ledtider för elnätsutbyggnad utgör stora utmaningar för den pågående samhällomställningen i norra Sverige. Smarta lösningar inom allt från tillståndprocesser till projektering och byggnation kommer krävas.

Utöver de stora industrietableringarna har även energimixen förändrats i Sverige. De senaste decennierna har vindkraften byggts ut markant i Sverige, en utveckling som kan antas fortgå framöver <sup>4</sup>. Det nya energilandskapet med mer vindkraftsproduktion och nya elintensiva gröna industrier skapar helt nya förutsättningar att nyttja olika former av flexibilitet. Via smart elnätsteknik finns möjligheter att tillgängliggöra idag outnyttjad elnätskapacitet.

Oroligheter i Europa till följd av Rysslands invasion av Ukraina kommer sannolikt också att påverka det svenska och europeiska energisystemet påtagligt. Den svenska energimarknaden inklusive elmarknaden är tätt sammanlänkad med den europeiska energimarknaden, och den rådande turbulensen ställer nya krav på det svenska elnätssystemet. Ett flexibelt elnätssystem ökar Sveriges möjligheter att så väl importera som exportera elektricitet vid behov. Därtill skapar det även möjligheter för Sverige att öka vår egen elproduktion och därmed minska beroendet av importerad elektricitet.



**Därtill skapar det även möjligheter för Sverige att öka vår egen elproduktion och därmed minska beroendet av importerad elektricitet.**

<sup>3</sup>Energiföretagen (2021), Ny analys: Sveriges elanvändning kan landa på 310 TWh

<sup>4</sup>Energimyndigheten (2022), Sverige har överträffat målet om andel förnybar energi för 2020

## En förlegad syn på Sveriges elnät

Det svenska elkraftssystemet är dimensionerat, och nyttjas än i dag, efter ett antal principer som utgår ifrån en traditionell syn på hur elnätet bör dimensioneras och nyttjas. En lång period av oförändrad elanvändning har medfört att behoven av att anamma nya förhållningssätt och lösningar inom elkraftssystemet varit begränsade. Historiskt har elnätets kapacitet, elproduktionen och elanvändning långsamt men succesivt ökat. Dock har elanvändningen stagnerat och legat relativt stabilt de senaste 30 åren.

Efter denna period av gradvis och inkrementell utveckling ser vi nu större förändringar ske, och prognoser pekar på att förändringstakten kommer fortsätta öka under en nära framtid. Energimixen har förändrats till följd av utbyggnation av vindkraft och nedstängning av ett antal kärnkraftsreaktorer. Elanvändning i samhället utvecklas kontinuerligt till följd av bland annat en ökad elektrifiering inom transportarbeten och nya gröna industrier. Denna ökade volatilitet i elproduktion och elanvändning möter idag ett elnät som i många avseenden inte är särskilt anpassat för att agera flexibelt.

### Snabba regleringsmöjligheter inom gröna industrier

Det svenska elnätet är generellt dimensionerat på ett sådant sätt att det finns redundans i systemet för att garantera driftsäkerhet och stabilitet. Detta innebär exempelvis att större elanvändare (större industrier och städer) är anslutna med två eller flera oberoende elledningar. En av ledningarna ska kunna vara ur drift, antingen som en planerad åtgärd eller vid en störning, utan att användare ska påverkas. Detta benämns inom branschen som en "N-1 princip" – där ett ledningsfrånfall inte ska orsaka störningar i elleveransen till ett område.

Sannolikheten för, och konsekvenserna av, ett ledningsfrånfall ska inträffa skiljer sig åt mellan olika nätnivåer. Generellt är sannolikheten att ledningsfrånfall ska inträffa på transmissionsnätets nivå betydligt lägre än på region- och lokalnät, konsekvenserna är däremot betydligt större. På grund av att elnätet i stor utsträckning är dimensionerat efter en N-1 princip finns i princip vid varje given tidpunkt en stor outnyttjad kapacitet inbyggt i denna redundans.

Det finns flera områden där ett mer dynamiskt förhållningssätt kan medföra ett mer effektivt nyttjande av elnäten. Inom tre områden finns särskilt stora möjligheter att tillgängliggöra outnyttjad elnätskapacitet till producenter och användare:

Snabba regleringsmöjligheter inom nya industrier

Dynamisk ledningsförmåga

Skillnaden mellan abonnerad effekt och faktisk användning

Vi ser nu en utveckling mot nya gröna industrier med stora effektbehov, exempelvis vätgasproduktion, som dessutom har helt nya tekniska möjligheter att snabbt reglera sin effekt jämfört med traditionella stora användare.

Givet att säkerhetsaspekter och redundans säkerställs med hjälp av tekniska lösningar kan mer effekt tillgängliggöras till dessa kunder som snabbt kan reglera sin effekt. Detta genom att låta dem nyttja kapaciteten i den redundanta anslutningen, mot ett krav om omedelbar nedstängning/bortkoppling vid eventuella störningar eller vid behov. Figuren nedan visar en principskiss över hur snabba regleringsmöjligheter kan möjliggöra nyttjande av mer kapacitet. I exemplet medför traditionell nät drift att användare kan nyttja 3 500 MW (summan av kapaciteten i de två ledningar med lägst kapacitet av de tre tillgängliga). Givet att användare kan reglera sin elanvändning på kort tid finns möjligheten för denne att nyttja ytterligare uppemot 2 000 MW.

### Traditionell nät drift



Schematisk bild över möjlighet till ökat kapacitetsutnyttjande med snabba regleringsmöjligheter

### Nät drift med snabba regleringsmöjligheter



\* Teoretisk möjlighet, förutsätter 2000 MW snabbt reglerbart effekt samt antagande om inga andra begränsande randvillkor

### Dynamisk ledningsförmåga

Vid dimensionering och installation av elnät görs beräkningar av hur mycket elektricitet ledningarna kan transportera. Dessa beräkningar avgör sedan den övre gränsen för ledningens totala kapacitet.

En given lednings kapacitet begränsas i huvudsak av värmeutveckling som genereras under hög belastning. Vid högre ledningstemperaturer sker en utvidgning av materialet och orsakar ett nedhäng i ledningen som därmed kan hänga under givna säkerhetsavstånd från marken. För att beräkna hur mycket el som kan överföras i en elledning antas i normalfallet en omgivningstemperatur på cirka +30°C och en svag vind om 2 m/s. Utgångspunkten för beräkningen är således ett "worst case scenario". I praktiken uppstår dessa förutsättningar sällan. Där till finns det en positiv korrelation mellan avkylning av ledningar och ökad kapacitet. Belastningen i elnätet är normalt som högst under kalla perioder, då avkylningen av ledningarna generellt är kraftfull och därmed kapaciteten som högst.

Vid lägre omgivningstemperatur, låg solinstrålning och kylande vind ökar en ellednings kapacitet. Om hänsyn tas till de omgivande faktorerna (vindstyrka, vindriktning, omgivande lufttemperatur, solinstrålning) kan elledningens kapacitet öka betydligt under de flesta av årets timmar.

Överföringskapacitet kan vid vissa förutsättningar i realiteten vara uppemot 200% eller mer än vad nuvarande beräkningsmodeller begränsar den till. Vind har en särskilt stor inverkan på ledningstemperaturer och därmed överföringskapaciteten. Vindkraftens produktionsmöjligheter har därmed även den en positiv korrelation med dynamisk ledningsförmåga, där goda förutsättningar för vindkraftsproduktion också ger ökad kapacitet i elnäten.

Att nyttja elnätets överföringskapacitet mer dynamiskt och med utgångspunkt från att omgivande förutsättningar påverkar kapaciteten kan göras på två övergripande sätt. Den enklare metoden – indirekt dynamisk styrning – utgår ifrån historiska väderdata och anpassar gränsvärden för överföringskapacitet efter olika säsonger. Den mer avancerade metoden utgår från tillgång till realtidsdata i form av exempelvis temperatur- och vindmätningar, genom vilka överföringskapaciteter i elnätet kan beräknas utefter faktiska förutsättningar – direkt dynamisk styrning. Figuren nedan illustrerar hur överföringskapaciteten i ett elnät kan utnyttjas mer effektivt med de två olika metoderna (direkt- och indirekt dynamisk styrning).

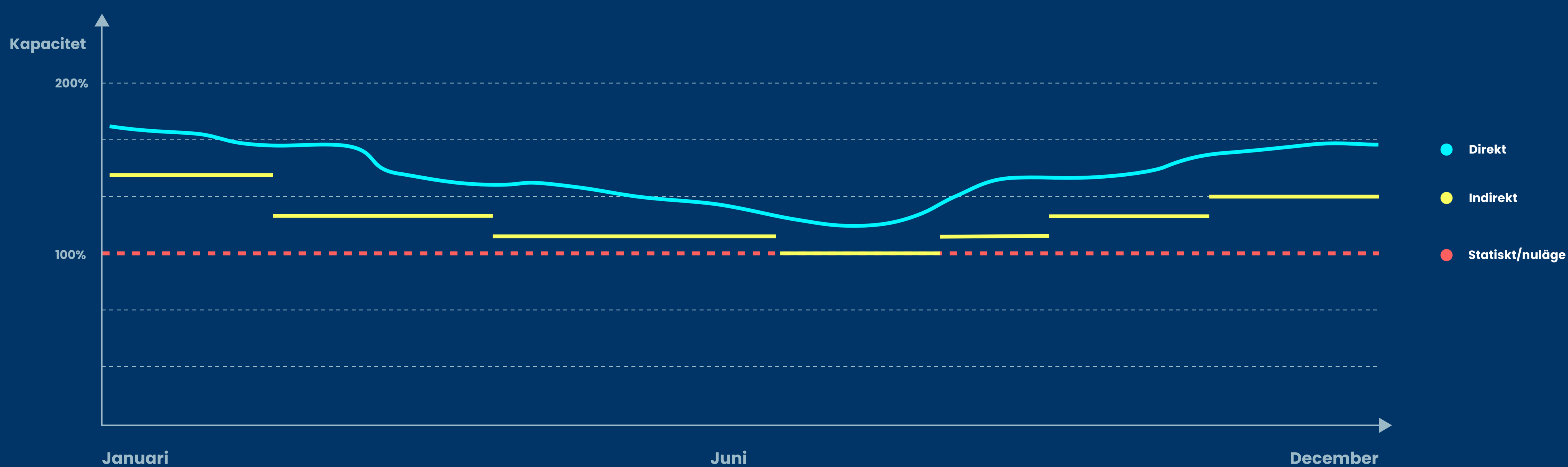


Illustration – Skillnad i ökad kapacitet mellan indirekt- och direkt dynamisk styrning



**Överföringskapacitet kan vid vissa förutsättningar i realiteten vara uppemot 200% eller mer än vad nuvarande beräkningsmodeller begränsar den till.**

### Skillnaden mellan abonnerad effekt och faktisk användning

I dagens elnät finns relativt stor kapacitet som inte nyttjas fullt ut, med undantag för några få timmar per år. Under den absoluta merparten av årets 8 760 timmar nyttjas elnätet långt under maxkapacitet. I elnätsområden med primärt hushåll, kontor och mindre industrier, det vill säga allt utom tung basindustri - nyttjas generellt under 50 % av den effekt som abonneras. För basindustrier med stora effektbehov är behoven mer konstanta över tid. För industrier med egen elproduktion finns därtill stora skillnader mellan abonnerad effekt och använd effekt under långa perioder.

Figuren nedan illustrerar hur differensen mellan abonnerad effekt och faktisk användning av effekt kan se ut under ett typiskt år för en medelstor stad. Under stora delar av året finns outnyttjade kapaciteter att tillgå, vilket i illustrationen representeras av ytan mellan den abonnerade och den faktiska användningen.

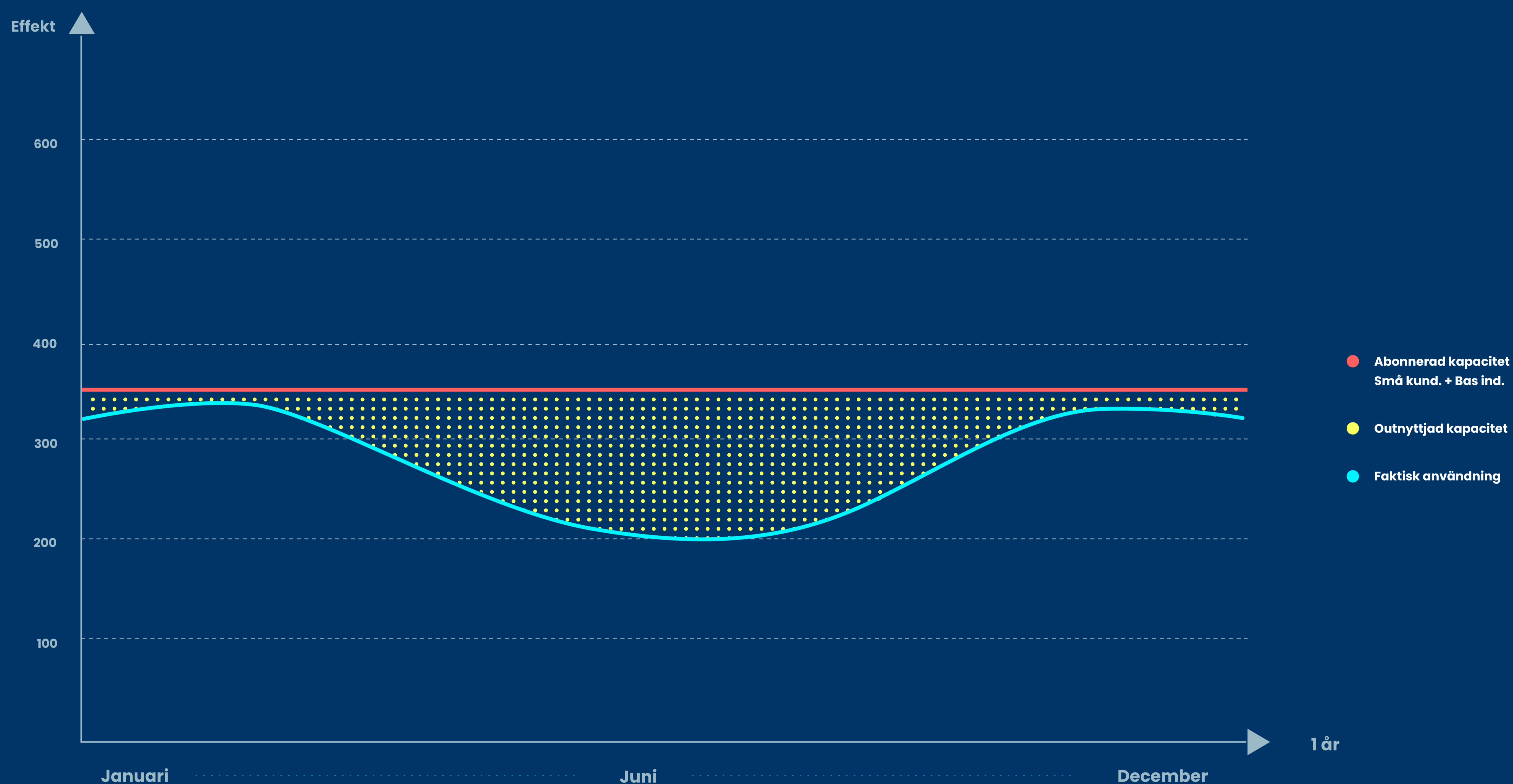


Illustration - skillnaden mellan abonnerad effekt och faktisk användning



**I elnätsområden med primärt hushåll, kontor och mindre industrier, det vill säga allt utom tung basindustri - nyttjas generellt under 50 % av den effekt som abonneras.**



## Ett dynamiskt elsystem – det nya paradigmet

De tre ovan beskrivna möjlighetsområdena för att tillgängliggöra outnyttjad kapacitet i elnäten är samtliga idéer som under längre tid varit kända, och som var för sig testats i olika försöksinstallationer runt om i världen. I bilagan beskrivs övergripande ett antal initiativ inom respektive område. Anmärkningsvärt i sammanhanget är att ovan beskrivna möjlighetsområden aldrig tidigare samkörts med en intelligent och sammanhållen styrning och övervakning, något som skulle kunna öppna upp nya unika möjligheter.

För att skapa ett system som är effektivt, driftsäkert och användbart krävs ett holistiskt förhållningssätt till de tillgängliga tekniska lösningarna för att optimera nyttjandet av elnäten. Endast genom att kombinera alla dessa lösningar i ett övergripande system kan de stora potentiella synergier nyttjas på ett effektivt sätt – och det är här det föreslagna systemet skiljer sig både från tidigare lösningar som testats och det rådande förlegade sättet att se på elnätets kapacitet.

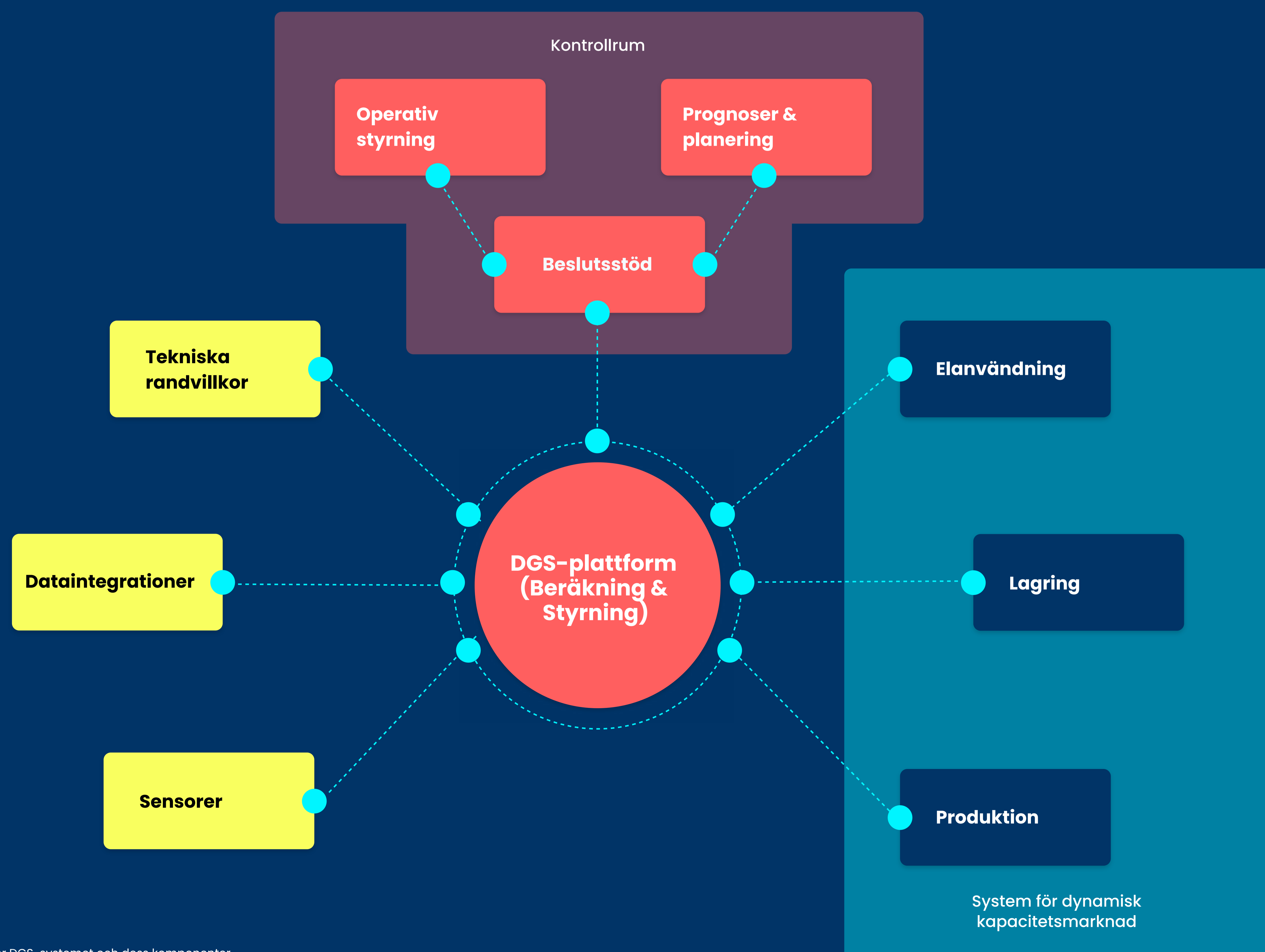
Den fundamentala utmaningen med att implementera kapacitetsökande åtgärder tidigare har varit ett grundantagande om att elnätets kapacitet är statisk, och de nya teknologiska lösningarna har till följd av det aldrig kommit till sin rätt. En grundförutsättning och den centrala förändringen för att ett framtida, mer holistiskt system, ska kunna ge de önskade effekterna blir därför ett paradigmskifte från ett statiskt till ett dynamiskt elnät.

Genom att kombinera de alla ovan beskrivna teknikerna, och utgå från att elnätets kapacitet är dynamisk istället för statisk, så skapas en helhetslösning för att tillgängliggöra all kapacitet, vilket kommer leda till ett mer effektivt utnyttjande av den befintliga infrastrukturen. Detta ställer krav på att teknikerna och det nya systemet inte enbart ses som ett komplement till den befintliga infrastrukturen, utan tillåts utgöra det centrala styrsystemet för elnätet.

**De nya teknologierna, tillsammans med ett grundantagande om dynamisk kapacitet skapar då en ny kategori av dynamiska styrsystem för elnätet, eller för att ge det ett namn – Dynamic Grid System (DGS).**

Grundpremisen för dynamisk kapacitet är att tillgänglig kapacitet varierar över tid beroende bland annat på användarbeteenden, förutsättningar för elproduktion, rådande väderlek och önskade säkerhetsmarginaler. En stor del av dessa variabler kan följas i realtid och till viss del även prognosticeras med relativt god precision. För att kunna nyttja den dynamiska kapaciteten behöver denna information tillgängliggöras för samtliga marknadsaktörer, till exempel elanvändare, producenter och elhandlare. En avgörande del i att möjliggöra effektiv fördelning och användning av den dynamiska kapaciteten blir således att implementera dels nya marknadssystem för fördelning av kapacitet, men även nya affärsmodeller, exempelvis i form av flexibla elnätsabonnemang. I ett dynamiskt elnätssystem kommer också större krav på en aktiv styrning och reglering av kapacitetsutnyttjandet ställas på elnätsägaren, och för att möjliggöra denna styrning behöver även system- och beslutsstöd utvecklas.

Figuren nedan visar en schematisk beskrivning av hur ett sådant system skulle kunna utformas. Information om tekniska randvillkor för elnätet, förstahandsdata från sensorer i elnätet samt historisk & realtidsdata från olika befintliga källor utgör underlag för att beräkna elnätets kapacitet i realtid. Denna information hanteras och bearbetas tillsammans med input från planering, styrning och övervakning samt elanvändning, lagring och produktion för att ge styrsignaler kring hur elnätet kan och bör nyttjas efter rådande förhållanden. Systemet behöver kunna åskådliggöra relevant information både gällande kapacitet i realtid och prognoser framåt för samtliga intressenter som påverkas eller agerar efter tillgänglig kapacitet.



### Komponenter i ett Dynamic Grid System

#### DGS-Plattformen

Ett DGS-system likt det ovan beskrivna bygger på att genom befintlig och ny data kontinuerligt beräkna den faktiska kapaciteten i elnäten baserat på rådande förhållanden. En central plattform (DGS-plattformen) samlar in och konsoliderar all den data som finns tillgänglig om elnätet, och skapar utifrån denna en modell över elnätets totala kapacitet. Då det är av yttersta vikt att skapa en komplett översiktssbild över hela elnätet bör denna DGS-plattform centraliseras till transmissionsnätoperatören, för att undvika att behöva konsolidera partiella modeller över delar av elnätet i flera steg.

DGS-plattformen utgör hjärtat av DGS-systemet, och är den del av systemet som genererar en datadriven modell över den faktiska kapaciteten i elnätet och därmed skapar förutsättningar för att gå från en statisk- till en dynamisk modell för tillgänglig kapacitet.

#### Data

Det finns många typer av datapunkter ett DGS-system kan använda sig av för att beräkna och prognosticera elnätets totala kapacitet. För att göra systemet så effektivt som möjligt bör det i första hand använda sig av befintlig data via integrationer, men det kan även behöva tillkomma nya sensorer längs nätet för att samla in vissa avgörande datapunkter om rådande väderförhållanden. Då många andra intressenter i sin tur även påverkas av den tillgängliga kapaciteten, så som till exempel producenter, är det även viktigt att integrationerna innefattar ett dubbelriktat informationsflöde så att dessa kan ta hänsyn till hur deras marknad påverkas av den dynamiska kapaciteten.

#### Styrsystem & Beslutsstöd

Överblicksbilden och situationsanalysen som DGS-systemet genererar baserat på den tillgängliga datan görs sedan tillgänglig för elnätsoperatören, vilket sker via ett beslutsstöd uppdelat i operativ styrning och prognostisering & planering. För den operativa styrningen ges en överblicksbild av den nuvarande situationen i elnätet, tillgänglig kapacitet och stöd i hur elnätet för stunden bör styras för att maximera kapacitetsutnyttjandet. Därtill finns även ett beslutsstöd för prognostisering & planering, vilket syftar till att skapa prognoser och planer för hur elnätet väntas utnyttjas och skulle kunna styras över tid. Dessa prognoser skapas baserat på historisk data och kunskap om elnätet, samt prognoser över de parametrar som påverkar elnätets belastning och kapacitet, så som väderprognoser och prognoser för elanvändning och produktion. Baserat på detta beslutsstöd kan elnätsoperatören utnyttja den befintliga infrastrukturen mer effektivt än idag, och därmed göra outnyttjad kapacitet tillgänglig för marknaden.

#### Marknadsgränssnitt

Den kanske viktigaste delen i ett DGS-system är ett marknadsgränssnitt. För att ge övriga intressenter möjlighet att anpassa sig och agera utifrån den dynamiska kapaciteten krävs att de, precis som elnätsoperatören, har tillgång till såväl nulägesbild som prognoser över elnätets kapacitet. Detta ger dem möjlighet att planera och anpassa sin verksamhet utifrån den tillgängliga kapaciteten, vilket är en förutsättning för att den dynamiska kapaciteten ska kunna utnyttjas på bästa sätt. Då handel med kapacitet har en rekursiv påverkan på den tillgängliga kapaciteten måste även en form av routing-system finnas inbyggt, som tar hänsyn inte bara till mängden kapacitet som handlas utan även dess geografiska fördelning.

DGS-plattformen måste utformas på ett sådant sätt att bibehållen driftsäkerhet för elkraftssystemet säkerställs. En ökad digitalisering och mer detaljerad information om elnätets drift och användning skapar förutsättningar för en ökad driftsäkerhet. Ökad digitalisering skapar samtidigt ökade risker för cyberattacker och extern påverkan. All systemutveckling bör därför ske med utgångspunkt från en hög cybersäkerhet och stor motståndskraft mot digitala angrepp.

#### Integrationer & Sensorer

Utgångspunkten för DGS-systemet är att nyttja information och data för att optimera elnätets användning. Detta innefattar redan existerande dataunderlag från olika aktörer och datakällor. En stor mängd information från elnätsägare behöver integreras i systemet. Detta rör bland annat realtidsdata över inmatning och uttag i olika delar av elnätet, uppgifter om abonnerade effekter samt information om avbrott. Tillgängliga väderprognoser kan användas för att prognostisera elnätets kapacitet, elproduktion samt elanvändning, vilka alla tre är direkt korrelerade med olika typer av väderförhållanden. Kompletterande data kommer säkerställas via olika typer av sensorer. Det finns ett relativt stort utbud av testade och verifierade sensorer tillgängliga på marknaden som kan samla in relevant data. Sensortekniken för att mäta denna data är i sig inte anmärkningsvärt avancerade, men höga krav ställs på bland annat pålitlighet och precision. Som konstaterats så påverkas elnätets överföringskapacitet till stora delar av olika typer av väderförhållanden. De huvudsakliga datapunkterna som sensorer kan samla in och användas för att ge input för att nyttja elnätets dynamiska ledningsförmåga är:

- Vindriktning & vindhastighet
- Temperatur
- Solstrålning

Utöver sensorerna för väderförhållanden så kan markfrigångssensorer utgöra en möjlig del i ett system för att öka kapaciteten. Markfrigångssensorerna mäter avståndet mellan den lägsta punkten på elkabeln och marken därunder, oavsett om det är barmark, träd eller annan vegetation. Markfrigången är avgörande då det är den som i slutändan sätter gränserna för hur hårt elnätet kan belastas.



# Framtidens Elnät

Möjliggör den Gröna Industrirevolutionen Genom Utveckling av ett Dynamic Grid System

Fortsättning

## Ett dynamiskt elsystem – det nya paradigmet

### Fördelar med ett Dynamic Grid System

Systemnyttan av ett mer dynamiskt elnät är betydande. Bilden nedan illustrerar övergripande hur olika intressenter kan dra nytta av ett mer dynamiskt elnät. De samhällsekonomiska värden är stora och kommer särskilt gynna nya gröna företagsetableringar både på producent- och användarsidan.

#### Producenter

- Ökade möjligheter att distribuera, och därmed producera, el även när nätet är under hög belastning.
- Ökade möjligheter att introducera förnybar energi i elsystemet utan att påverka stabiliteten.

#### Elnätsoperatörer

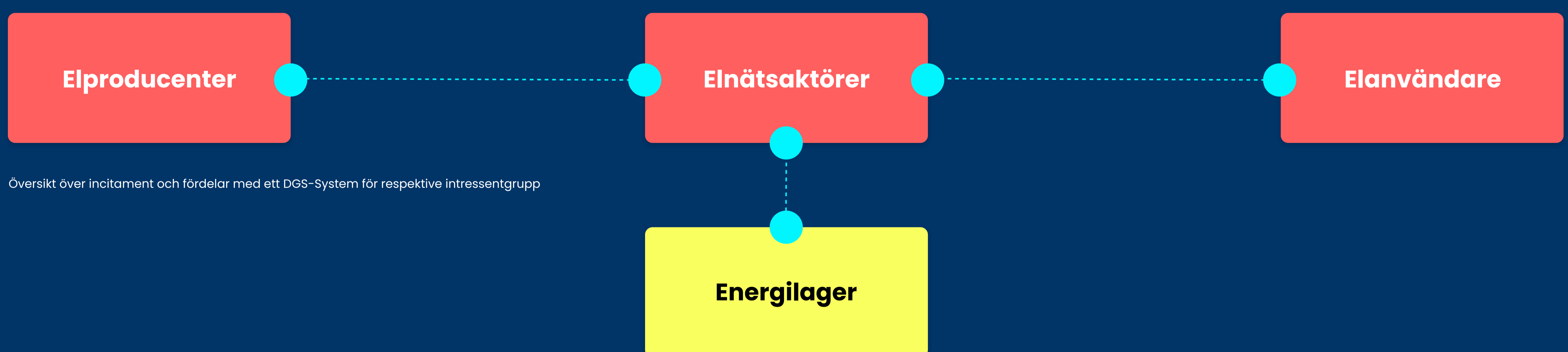
- Ökad nyttjandegrad av befintlig infrastruktur, vilket i sin tur leder till reducerat investeringsbehov.
- Kostnadseffektivt sätt att öka kapaciteten i elnäten.
- Bättre service till samtliga kundgrupper i och med högre servicegrad.
- Ökad kontroll och översyn av elnäten.
- Ökad möjlighet till att introducera mer grön energi i elnäten.

#### Användare

- Möjlighet att försätta leda den gröna industrirevolutionen på en global arena.
- Möjlighet att fortsätta bygga ut, expandera och nyinvestera i Svensk industri.
- Minskade pristoppar för el/kapacitet under perioder med hög belastning.
- Ökad säkerhet och stabilitet i elsystemet.
- Förbättrade förutsättningar för vissa typer av verksamheter (Vätgasproduktion) genom mer anpassade kontraktstyper.

#### Lagring

- Bättre förutsättningar att bygga storskalig energilagring kopplat mot elnätet, vilket ger lägre volatilitet i elförsörjningen från gröna elkällor.



#### Samhälle

- Ökat välbefinnande till följd av fortsatt industrialisering av Sverige.
- Minskad risk för extrema pristoppar.
- Minskad risk för kapacitetsbrist.
- Lägre kostnader för ökad kapacitet (Mer kostnadseffektiva investeringar).

#### Randvillkor och begränsningar

I ett system likt det ovan beskrivna kommer det givetvis även att finnas begränsningar och tekniska randvillkor av olika slag som begränsar möjligheten att i praktiken tillgängliggöra den outnyttjade kapaciteten.

En av de tydligaste begränsningarna, som också förekommit i tidigare försök med kapacitetsökande insatser (se bilaga), är att andra delar av elnäten än själva ledningarna i vissa fall inte är dimensionerade för att kunna hantera ytterligare kapacitet. Detta kan till exempel röra sig om transformatorstationer och dyligt, och precis som i alla andra kedjor är systemet inte starkare än sin svagaste länk. Denna typ av begränsande flaskhalsar är dock ofta långt enklare och mindre kostsamma att byta ut än att bygga ut helt nya delar av ett elnät. Utöver dessa flaskhalsar finns även säkerhetsaspekter kopplade till ett högre kapacitetsutnyttjande, så som till exempel storleken på elnätets kortslutningsströmmar, som måste tas hänsyn till för att inte öka risken vid störningar.

Utöver de tekniska begränsningarna så måste även samspelet med den totala elproduktionen hanteras varsamt, då högre effektuttag ur elnätet generellt sett sänker spänningsnivån för vilken tydliga begränsningar finns.

# Ett pilotprojekt som visar vägen (Testområde Norr)

Den pågående gröna industriomställningen i norra Sverige kommer ge upphov till betydande minskningar av Sveriges koldioxidutsläpp och utgör en möjlighet för svensk industri att ta ledartröjan i transformationen till ett grönt samhälle. De ekonomiska effekterna utifrån både ett nationellt och regionalt perspektiv är omfattande, dels sett till de ökade förädlingsvärden som kommer skapas, samt utifrån möjligheterna till övrig produkt- och tjänsteutveckling.

Utöver de direkta ekonomiska effekterna bör även övriga samhällseffekter för en region som idag brottas med utmanande demografi och negativa flyttnetton beaktas. Så väl industriutvecklingen som samhällsutvecklingen är avhängig energisystemet, och i synnerhet elnätets möjligheter att snabbt tillgängliggöra ytterligare kapacitet för att möta de ökade energibehoven.

### Regional potential för ökad kapacitet

Enligt preliminära beräkningar kan cirka 1 500 MW outnyttjad dynamisk kapacitet frigöras för kustregionen i Norrbotten inom de tre områden som beskrivits ovan:

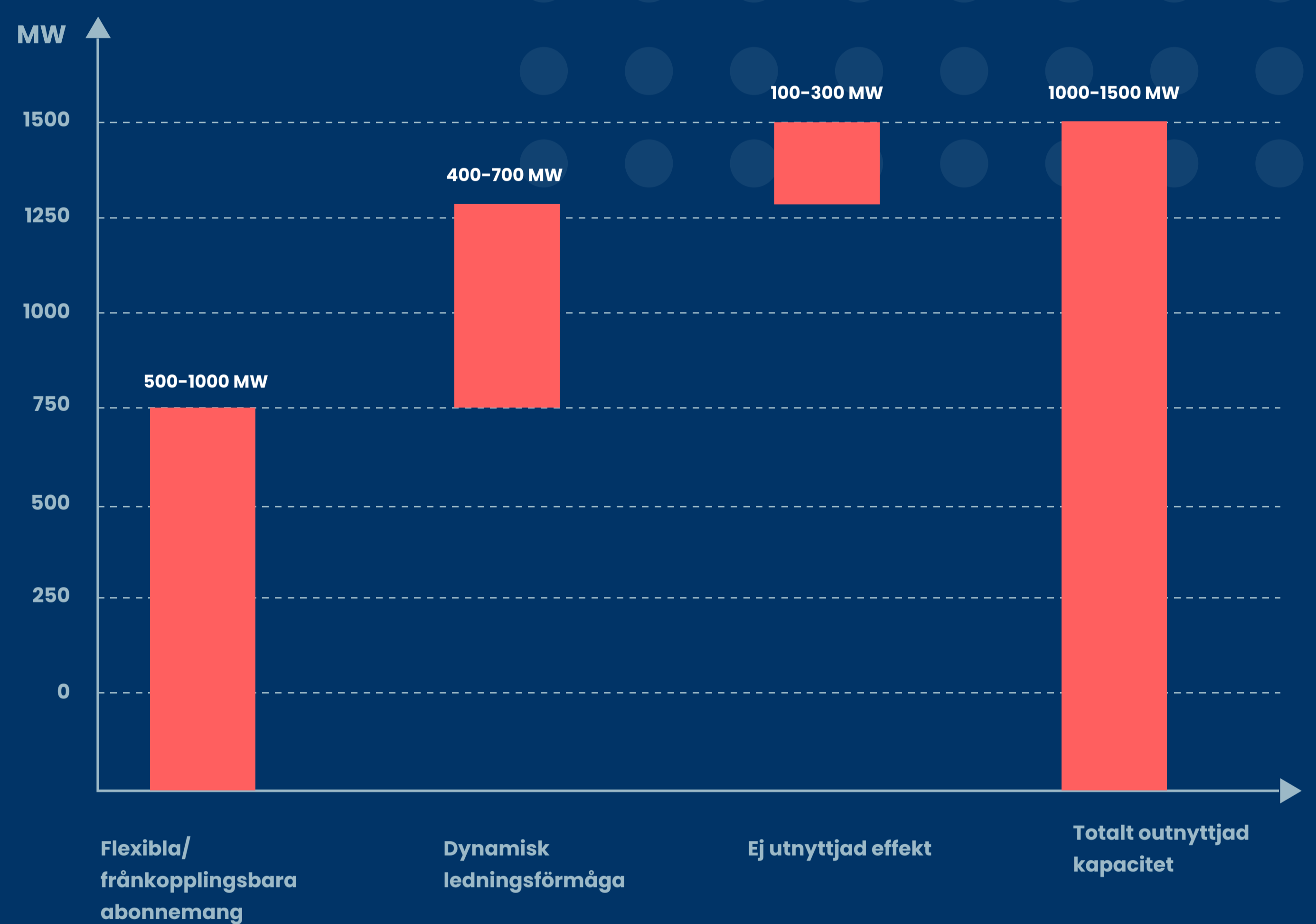
- **Beräkningar indikerar att det är möjligt att tillgängliggöra cirka 100 – 300 MW genom att nyttja effekt som i dagsläget är abonnerad men ej nyttjad.**
- **Med sensorer för övervakning av linjetemperaturer, prediktioner utifrån väderprognoser och justerade säkerhetsmarginaler kan ytterligare cirka 400 – 700 MW tillgängliggöras i dynamisk ledningsförmåga.**
- **Genom att implementera nya säkerhetsfunktioner och snabba frånkopplingsmöjligheter kan cirka 500 – 1 000 MW tillgängliggöras via nyttjande av flexibla abonnemang.**

Det kan under vissa förutsättningar förekomma harmonisering av de uppskattade effekterna och den totala kapacitetsökningen blir därmed lägre än totalsumman av de enskilda delarna.

Kostnaden för att utveckla och implementera ett DGS-system som kan tillgängliggöra denna kapacitet utgör endast en bråkdel av kostnaden för en fysisk elnätutbyggnad. En indikativ kostnadsuppskattning för utveckling och implementering av DGS-systemet uppgår till 100 miljoner kronor.

Den planerade utbyggnationen av transmissionsnätet<sup>5</sup> för övre Norrlandskusten kommer inte att räcka för att möta de tidplaner och behov som finns inom den nya gröna industrin. Samtidigt finns tekniska möjligheter att tillgängliggöra outnyttjad elnätkapacitet relativt snabbt och ekonomiskt fördelaktigt genom ett DGS-system.

Med den industriutveckling som sker och de förutsättningar som redan finns i Norrbotten är möjligheterna att implementera nya systemlösningar i området unika. Stor reglerbar produktionskapacitet via vattenkraft tillsammans med stor vindkraftsproduktion ger en flexibel produktionsapparat. Därtill har den elintensiva industrin som växer fram helt nya förutsättningar att anpassa sin elanvändning vid behov. Ett dynamiskt elnät utgör en viktig nyckelkomponent för att få full ekonomisk och samhällelig effekt av energisystemet.



Översikt av de olika komponenternas bidrag till den totala möjliga kapacitetsökningen

Detta kan ställas i relation till de 8,4 miljarder kronor som Svenska Kraftnät annonserat i investeringar längs Norrlandskusten (Fossilfritt Övre Norrland - FÖN), vilket är en investering riktad mot att kunna ansluta de 5 000 MW i uttag och 4 000 MW i produktion Svenska Kraftnät just nu har i liggande ansökningar.

Ambitionen är att investeringen ska bidra till att dessa elanvändare och producenter ska kunna ansluta snabbare än tidigare väntat, med förhoppningen att korta byggtiderna med upp till 50%<sup>6</sup>. Det föreslagna systemets implementationskostnad om 100 miljoner kronor utgör då endast strax över 1% av den totala investeringen i fysisk utbyggnation, men väntas ge upp till en tredjedel av kapacitetsökningen. Sett ur ett kostnads/nyttoperspektiv är det föreslagna systemet flera storleksordningar mer effektivt.

<sup>5</sup> Svenska Kraftnät (2022), FÖN – programmet som ska leverera el till industrierna i norr på rekordtid

<sup>6</sup> Svenska Kraftnät (2022), Svenska kraftnät vill investera över åtta miljarder vid Norrlandskusten

### Tidplan för implementation & regionala behov

Under en överskådlig framtid som sträcker sig från idag fram tills att Svenska Kraftnät färdigställer utbyggnationen av fysisk infrastruktur, så kommer regionen längs Norrlandskusten lida av kapacitetsbrist för nyetableringar. Enligt tidplanerna för de pågående industrietableringarna i regionen önskar de ansluta sina anläggningar runt ca 2025 – 2026. Detta kan jämföras med de planer för utbyggnad av elnätet som idag finns från Svenska Kraftnät och Regeringen, som pekar på en ledtid om ca 6–7 år och betydande osäkerheter behöver tas i beaktning<sup>7</sup>.

För att inte dessa industrietableringar ska avstanna eller i värsta fall utebli helt krävs det därför att lösningar för att frigöra kapacitet från nuvarande infrastruktur hinner komma på plats innan 2025 – 2026, eftersom den fysiska utbyggnationen kommer dröja längre än så. Det finns således ett tidsfönster just nu, med möjlighet att hinna att utveckla, testa och implementera ett DGS-system för att tillgängliggöra outnyttjad kapacitet från elnätet innan kapacitetsbristen riskerar att påverka industrietableringarna i regionen.

Tidplanen nedan visar övergripande hur ett pilotprojekt för att utveckla nödvändiga system- och beslutsstöd kan formuleras. Givet att projektet kan initieras i närtid finns goda möjligheter att utveckla ett robust system som kan frigöra upp till cirka 1 500 MW dynamisk effekt i Norrbottensskusten, innan kapacitetsbristen hinner påverka de planerade industrietableringarna. Det system som utvecklas kan på sikt även implementeras i andra delar av Sverige där behov finns. Beslut om projektgenomförande är dock tidskritiskt främst för regionen längs Norrlandskusten.

Ser man till de prognostiserade effektbehoven i närtid önskar producenter av bland annat värtgas, fossilfritt stål och ammoniak ansluta anläggningar motsvarande 8 000 MW inom elområdet SE1, som Svenska Kraftnät i dagsläget har i utredningsfas. Detta kommer medföra behov av kapacitetsökningar i elnätet som sannolikt inte kommer kunna mötas med enbart fysisk utbyggnation.

Enligt rådande planer väntas kapacitetsökning till följd av fysisk utbyggnad av elnätet inte ge effekt förrän 2028–2030 och framåt, och det faller sig således uppenbart att snabbare lösningar behöver implementeras. Dessa projekt om totalt 5 000 MW som Svenska Kraftnät har i utredningsfas utgör där till endast en delmängd av alla de som snarast står i tur för att ansluta större projekt. Ser man ännu längre fram i tiden finns ytterligare flera projekt som riskerar ställas in eller försenas om inte lösningar skyndsamt kommer på plats.

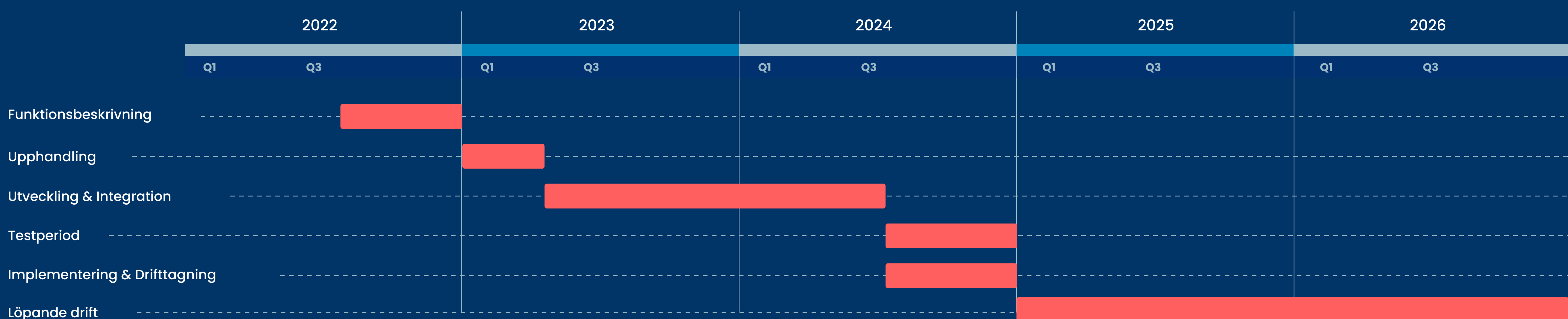
### Genomförandeplan

Ser man till förutsättningarna för en snabb, effektiv och säker process så har dessa aldrig tidigare varit så goda. Detta inkluderar bland annat:

- **Befintligt pilotområde med unikt och tydligt behov, samt stark marknadsefterfrågan från involverade aktörer inom elområde SE1 kustregionen, motsvarande FÖN**
- **Konstellation av aktörer som är villiga att engagera sig i att bidra till utveckling och implementation av ett DGS-system**
  - Elintensiva industrier, regionala och lokala elnätsbolag samt offentliga regionala intressenter
- **Konstellation av avgörande aktörer på nationell nivå som visat starkt intresse för nationella lösningar på kapacitetsbristsfrågan**
  - Regeringen, berörda myndigheter och Svenska Kraftnät
- **Begränsade regulatoriska hinder för implementation och driftsättning av ett DGS-system**

### Processöversikt

Utveckling och implementering bör enligt ovan angivna resonemang och tidsramar hanteras med skyndsamhet. På principiell nivå skulle en process framåt kunna se ut enligt nedan.



Preliminär tidplan för utveckling & implementering av ett DGS-System i norra Sverige

<sup>7</sup>Svenska Kraftnät (2022), Hemställan om regeringens godkännande av investering

# Framtidens Elnät

Möjliggör den Gröna Industrirevolutionen Genom  
Utveckling av ett Dynamic Grid System

## Projektägare



## Finansiärer

Sparbanken Nord



REGION  
NORRBOTTEN

I SAMARBETE MED

tillväxt  
verket



EUROPEISKA UNIONEN  
Europeiska regionala  
utvecklingsfonden

## Samarbetspartners

H2green steel

STIMO



MOBILARIS  
Group

MIND—  
DIG

EXERI  
Smart Grid Surveillance



## FÖRFATTARE

**Mats Brännström**  
VD – MGB Energy Consulting

**Simon Strandberg**  
Projektledare – STIMO

**Chana Svensson**  
VD – MindDig

**Ludwig Rosendal**  
Strategic business developer –  
MindDig

## PROJEKTGRUPP

**Fredrik Engström**  
VP Electricity Solutions –  
H2 Green Steel

**Anne Graf**  
VP Infrastructure Services –  
H2 Green Steel

**Markus Gustafsson**  
Styrelseordförande – MindDig

**Gunnar Eikeland**  
VD – Sparbanken Nord

**Magnus Karlsson**  
VD – Exeri

**Daniel Enström**  
VD – Mobilaris

**Mikael Nyström**  
Senior Advisor – Mobilaris

**Claes Nordmark**  
Kommunstyrelsens Ordförande  
– Boden Kommun

**Nils Lindh**  
Business Developer – Boden  
Business Agency

**Stefan Burström**  
CTO – Exeri

## Bilaga: Andra initiativ från omvärlden

Nedan följer en övergripande omvärldsanalys av tekniktester och pilotstudier inom respektive område för outnyttjad kapacitet, samt en beskrivning av hur den föreslagna lösningen i aktuell rapport skiljer från dessa. En betydande skillnad gentemot andra projekt och initiativ som belyses nedan är att förslaget i denna rapport utgår ifrån ett holistiskt perspektiv och sammanfogar flera områden i ett systemtänk.

### Skillnaden mellan abonnerad effekt och faktisk användning

Det finns stora möjligheter att tillgängliggöra outnyttjad elnätskapacitet genom att nyttja skillnaden mellan abonnerad effekt och faktisk användning. Det är endast under ett fåtal tillfällen per år som elnätet faktiskt nyttjas fullt ut. Elanvändare och producenter som har möjlighet att anpassa sin elanvändning efter elnätets rådande belastning kan nyttja denna differens under årets övriga timmar. Användarflexibilitet är ett begrepp som används för att beskriva hur kunder på olika sätt kan vara flexibla i sin elanvändning och anpassa sig efter tillgång och efterfrågan på elektricitet på kort varsel<sup>8</sup>. Historiskt sett har utgångspunkten för dessa resonemang varit att användarflexibiliteten är begränsad av praktiska skäl, och möjligheter har främst identifierats kopplat till en växande flotta av laddningsbara fordon<sup>9</sup>. Tillkomsten av elintensiva industrier som till exempel vätgasproducenter skapar nu helt nya möjligheter till storskalig användarflexibilitet.

Olika former av flexibilitetsmarknader utvärderas på flera håll i landet. Bland annat via Coordinet – med tester i Uppsala, Skåne, Västernorrland och på Gotland – samt sthlmflex.

### Dynamisk ledningsförmåga

Genom att ta hänsyn till väderförhållanden kan ytterligare kapacitet i elnätet nyttjas, bortom den statiska begränsningen som bygger på pessimistiska antaganden. Hårdvara i form av bland annat sensorer för att mäta väderförhållanden och därmed tillgängliggöra ytterligare kapacitet har funnits utvecklade och implementerade sedan 1990-talet. Att tekniken inte fått något utbrett genomslag på marknaden beror primärt på att behoven inte varit speciellt påtagliga, samt att tekniken i viss mån inte framstår som en fördelaktig investering givet rådande kostnads- och debiteringsregleringar för elnätsoperatörer<sup>11</sup>.

Franska och Belgiska nätoperatörer var tidiga med att implementera teknik för att möjliggöra dynamisk ledningsförmåga. I dagsläget finns ett flertal installationer i en rad olika länder i Europa och resten av världen<sup>12</sup>. Som framstående exempel kan transmissionsbolaget Elia i Belgien nämnas. Bolaget har sedan 2008 arbetat med att systematiskt implementera DLR-teknik i sitt elnät och har i dagsläget tekniken installerad på sina hårdast belastade sträckor. Elia uppger att de med DLR-teknik lyckats uppnå upp till 100% kapacitetsökning i nätet, men att andra delar av infrastrukturen begränsat den praktiska kapacitetsökningen. I dagsläget har de begränsat den totala kapacitetsökningen som DLR-tekniken tillåts bidra med till 30% av säkerhetsskäl. Det system som implementerats visar den dynamiska kapaciteten i realtid samt i prognoser 60 timmar framåt i tiden<sup>13</sup>.

I Tyskland har kravställande ramverk på transmissionsnätoperatörer implementerats, vilket medför att det finns tydliga incitament och krav på att via exempelvis DLR-teknik optimera användandet av elnätet. Ramverket kallas NOVA-principen och innebär i praktiken att transmissionsnätoperatörer i första hand måste optimera utnyttjandet av den befintliga infrastrukturen via digitala verktyg, så som DLR, innan de tillåts investera i fysisk utbyggnation av elnäten<sup>14</sup>.

Projekten Coordinet och sthlmflex är aktiva inom geografier som i dagsläget har en utmanande kapacitetssituation. Utgångspunkten för dessa initiativ är att adressera denna problematik genom att, på olika sätt, skapa incitament för användare flytta elanvändning iväg från perioder med hög elnätsbelastning<sup>10</sup>.

En markant skillnad mellan andra initiativ inom användarflexibilitet och den lösning som föreslås i aktuell rapport är en mer möjlighetsorienterad ansats. Andra initiativ utgår ifrån problemsituationen under tidpunkter med hög belastning i elnätet. I det föreslagna DGS-systemet är utgångspunkten de tidpunkter på året då det finns ledig kapacitet. Detta perspektiv är möjligt och fördelaktigt att utgå ifrån när det finns användare med stora effektbehov och möjligheter till flexibilitet, exempelvis vätgasproducenter.

I Sverige har både Vattenfall och Svenska Kraftnät genomfört test- och demoprojekt för DLR-tekniken<sup>15</sup>. Två projekt har genomförts inom Svenska Kraftnät, ett i Stockholmsområdet och ett i Skåne. Utfallet av de två projekten har varit goda. Det framkommer dock, både i dialog med nyckelpersoner inom Svenska Kraftnät samt från strategiska ställningstaganden att tekniken inte fullt ut integrerats varken mot kontrollrummets processer och system eller i system för nätplanering.

Ett elnäts förutsättningar att överföra el ökar med kallare klimat. De svenska väderförhållandena med ett relativt kallt klimat i kombination med hög elförbrukning under kalla vinterdagar gör att DLR-teknik är särskilt lämplig i svensk kontext. Studier visar att stora mängder outnyttjad effekt kan tillgängliggöras med tekniken.

Ur dialoger med representanter för Svenska Kraftnät har det framkommit att många DLR projekt i Sverige i huvudsak bedrivits som FoU-projekt utan tydlig koppling till faktiska behov. Syftet har i regel varit att validera tekniken. Den lösning som föreslås i aktuell rapport utgår ifrån verkliga behov både bland elanvändare i samhället likväl som behoven inom kontrollrum och nätplanering. Vidare utmärker sig den föreslagna lösningen på så sätt att en implementering görs över ett maskat elnät, medan tekniken historiskt sett främst nyttjats för enskilda sträckor. Detta medför bättre förutsättningar att i praktiken kunna nyttja den dynamiska effekt som finns tillgänglig.

<sup>8</sup> Powercircle (2021) Användarflexibilitet i framtidens energisystem

<sup>9</sup> Swedish Smartgrid (2019) SMARTA NÄT I SVERIGE – Kartläggning av projekt inom smarta elnät

<sup>10</sup> SWECO (2022) Kartläggning av lokala flexibilitetsmarknader

<sup>11</sup> IRENA (2020) DYNAMIC LINE RATING INNOVATION LANDSCAPE BRIEF

<sup>12</sup> ENTSOE (2015) Dynamic Line Rating for overhead lines

<sup>13</sup> TransnetBW (2022) Nova principle. Responsibility in network construction, IRENA (2020) Dynamic Line Rating

Elia (2017) Explanatory note on the Elia proposal for a 'Methodology for the use of Dynamic Line Rating in the capacity calculation

<sup>14</sup> TransnetBW (2022) Nova principle. Responsibility in network construction

<sup>15</sup> Swedish Smartgrid (2019) SMARTA NÄT I SVERIGE – Kartläggning av projekt inom smarta elnät

## Snabba regleringsmöjligheter inom gröna industrier

Elnätsoperatörer har historiskt tillämpat olika former av avtalsformer med utvalda kunder för att kunna koppla bort last vid behov, ett upplägg som aktualiseras allt mer. Studier och resonemang om möjligheterna att snabbt kunna sänka eller koppla bort elanvändning – så kallad frånkopplingsbar användning – förs numera på flera håll och av olika aktörer<sup>16</sup>. Svenska Kraftnäts "Effektreserv" har årligen upphandlat avtal och åtaganden om förbrukningsreduktion respektive elproduktion. Dessa reserver har sedan kunnat nyttjas vid effektbristsituationer i transmissionsnätet genom att antingen sänka den totala elanvändningen, eller öka produktionen.

En EU-förordning från 2019 begränsar dock de framtida möjligheterna för Svenska Kraftnät att utnyttja denna typ av upplägg<sup>17</sup>.

Utvecklingen av gröna industrier medför nu nya och helt unika förutsättningar att kunna reglera stora volymer av elanvändning efter behov. Den huvudsakliga anledningen till den ökade flexibiliteten är vätgasproduktion, vilket många av de gröna industrierna kommer behöva bedriva i stor skala. Tillverkning av vätgas i stora volymer kräver hög effekt, men har fördelen att produktionen snabbt kan regleras både upp och ned vilket skapar en användarflexibilitet.

Det som kan sägas vara nytt är de mycket stora effekterna som snabbt kan regleras. Den ökade flexibiliteten öppnar nya möjligheter för hur nyttjande av elnätets kapacitet kan ökas väsentligt. Att utnyttja mer kapacitet ställer dock också krav på att säkerhetsfunktioner skapas, som kan övervaka och hantera styrsignaler så att elnätet fortsätter vara stabilt och robust. Genom att erbjuda effektkapacitet utöver N-1 kriteriet där snabb effektfrånkoppling samordnas med elnätövervakning kan därmed betydande tidigare outnyttjad effekt tillgängliggöras.

Vätgastillverkningens snabba reglerbarhet gör också att vissa systemtjänster för frekvensreglering kan stödjas, exempelvis aFFR och FCR-D up/down och därmed bidra till stabilitet och robusthet i elnätet.



<sup>16</sup> Powercircle (2021) Användarflexibilitet i framtidens energisystem

<sup>17</sup> Svenska Kraftnät (2022-06-01) Effektreserv