

DIGITAL UTVECKLING OCH MÖJLIGHETER FÖR ENERGISEKTORN

RAPPORT 2019:557



DIGITALISERING I
ENERGISEKTORN



Digital utveckling och möjligheter för energisektorn

Ett kunskapsprojekt – delrapport 2

EBBA LÖFBLAD
MATS LEWAN
STEFAN MONTIN
THOMAS UNGER
DAVID HOLMSTRÖM

ISBN 978-91-7673-557-2 | © Energiforsk januari 2019

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Den här rapport är den andra och avslutande rapporten i Energiforsks kunskapsprojekt *Digitalisering i energisektorn* som beskriver den digitala utvecklingen och dess möjligheter för energisektorn. Syftet med rapporten är att dels ge en sammanfattning av utvecklingsläget, dels ge en grund för Energiforsks kommande forskningssatsningar inom digitaliseringsområdet.

Digitaliseringens andra våg lägger nu grunden för en omvälvande förändring av vårt samhälle. Utvecklingen inom artificiell intelligens, Internet of things, blockkedjetechniken, avancerad automation och robotisering kommer att påverka energisektorn i grunden.

Energiforsks projekt om digitaliseringen av energisektorn vänder sig brett till aktörerna inom energiområdet. Projektet bygger dels på interjuver av ledande forskare och företag samt litteratursammanställningar, dels på en nära dialog mellan medverkande parter i projektet och olika experter. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet.

Projektet har finansierats av följande företag och organisationer:

E.ON Sverige
 ElectriCity
 Ellevio
 Energiföretagen Sverige
 Forum smarta elnät
 Göteborg Energi
 Halmstads Energi och Miljö
 Jämtkraft
 Karlstads Energi
 Mistra
 Mälarenergi
 Oskarshamn Energi
 Preem
 Siemens
 Skellefteå Kraft
 Statkraft
 Svenska kraftnät
 Teknikföretagen
 Uniper
 Vattenfall
 Västervik Miljö & Energi
 ÅForsk
 Öresundskraft

Sammanfattning

I projektet *Digitalisering i energisektorn* har Energiforsk undersökt hur digitala teknikområden som artificiell intelligens (AI), avancerad automation, Internet of Things (IoT) och blockkedjeteknik kan komma att påverka energisektorn. Målet har varit att öka den allmänna kunskapsbasen inom energibranschen kring digitalisering samt att lägga grunden till en plattform för framtida gemensamma forsknings- och utvecklingsåtaganden inom området.

Projektets första delrapport¹ gav en beskrivning av var den digitala utvecklingsfronten befinner sig samt dess påverkan på energisystemet och energisektorn. Syftet med denna rapport – den andra och avslutande – är att ge en översiktlig sammanfattning av projektet och att ge företag och organisationer inspiration till att påbörja eller fortsätta sin digitaliseringsresa. Rapporten utgör också en grund för Energiforsks kommande forskningsåtaganden inom digitaliseringsområdet.

I delrapport 1 beskrevs hur digitalisering kan erbjuda effektiva verktyg för att hantera den växande utmaningen med att balansera produktion och användning i ett alltmer komplext energisystem, och även åstadkomma minskad energianvändning i kombination med ökad kundnytta, vilket i sin tur kan bidra till att uppnå högt ställda energi- och klimatmål inom energisektorn.

Bland de teknikområden som belystes fanns prediktivt underhåll, avancerad optimering och styrning samt utmaningar och möjligheter för blockkedjetekniken. Under den första fasen av projektet var aktiviteten på de här och andra områden kring digitalisering i energibranschen fortfarande begränsad, men under projektets gång har vi noterat ett stort intresse och en ökad insikt i branschen om möjligheter och utmaningar, samtidigt som flera åtaganden initierats på området.

Det finns också en ökad förståelse för att digitaliseringen förändrar förutsättningarna i branschen och att de aktörer som inte följer med och anpassar sig riskerar att hamna på efterkälken eller förlora lönsamhet. Inte minst handlar detta om den ökade betydelsen av kundarbete där digitaliseringen driver på en snabb förändring.

I den här rapporten beskrivs en rad exempel och pågående projekt som belyser hur digital teknik ger nya möjligheter i energisystemet. På elsidan skapas möjligheter i form av integrationen av variabla, förnybara energikällor, samt utveckling och styrning av ett distribuerat energisystem, där digitaliseringen är både en möjliggörare och en drivkraft för förändring.

¹ Löfblad m.fl. (2018). Digital utveckling och möjligheter för energisektorn. Energiforsk, rapport 2018:501.

Möjligheten till avancerad styrning och optimering utnyttjas även i fjärrvärmenät och i olika sorters hybridnät. Verktyg som AI-baserade system och digitala tvillingar är viktiga inslag.

Även prediktivt och tillståndsstyrt underhåll är ett område som tack vare digital teknik kan komma att spela en central roll inom energisektorn. Bland vinsterna syns minskade drift- och underhållskostnader, ökad effektivisering, färre planerade och oplanerade avbrott, ökad tillgänglighet samt ökad kunskap om den egna anläggningen.

Den digitala tekniken skapar också nya möjligheter på energimarknaden med allt från nya marknadsplattformar, P2P-handel, handel med efterfrågefleksibilitet, systemtjänster till nya prismodeller.

Detta gränsar också till den förändring som digitaliseringen driver på när det gäller affärs- och kundsidan av verksamheten. Rapporten beskriver utvecklingen inom tre områden – kundtjänst, administration samt nya tjänster.

Både kundtjänst och administration kan effektiviseras och automatiseras med AI-baserade system som når allt längre i sin förmåga att utföra rutinmässiga arbetsuppgifter som idag utförs av människor, samtidigt som människors arbetstid frigörs för mer avancerade arbetsuppgifter.

Utöver detta möjliggör digital teknik nya typer av energitjänster som förenklar för kunden och tillför nya värden, vilket i sin tur öppnar för nya affärsmodeller i energibranschen.

Två centrala utmaningar återkommer i alla dessa nya metoder och arbetssätt baserade på digital teknik. Den ena är att behålla kundernas förtroende när nya tjänster byggs på insamlad kunddata. Den andra, och kanske största, är att garantera it-säkerheten i uppkopplade och allt mer komplexa energisystem som är tacksamma föremål för it-attacker och samtidigt centrala för samhällets funktion.

Rapporten avslutas med en beskrivning av tre frågeställningar och förslag till projektidéer för branschen att gå vidare med:

- En testbädd för en marknadsplats för handel med energi och efterfrågefleksibilitet i ett lokalt energisystem.
- En kvalificerad förstudie i syfte att lägga grunden för en arkitektur för ett öppet system för prediktivt underhåll inom energisektorn.
- En fördjupningsstudie om blockkedjeteknologin och dess eventuella möjliga applikationer inom energibranschen.

Beskrivningarna är tänkta att kunna användas som diskussionsunderlag i projektets avslutande workshop 4 då Energiforsk vill starta en diskussion om vilka frågor inom området som känns angelägna för branschen att forska vidare inom.

Summary

In the project *Digital Development and Opportunities for the Energy Sector*, Energiforsk has investigated how digital technologies such as artificial intelligence (AI), advanced automation, the Internet of Things (IoT), and blockchain technology may affect the energy sector. The goal has been to increase the general knowledge base in the energy industry regarding digitalization and to lay the foundation for a platform for future joint research and development initiatives in the field.

The project's first report provided a description of the cutting edge of digitalization and of its impact on the energy system and the energy sector. The purpose of this report—the second and final—is to provide a general summary of the project, and to give companies and organizations inspiration to start or continue their digitalization journey. The report also provides a basis for Energiforsk's forthcoming research efforts in the field of digitalization.

The first report described how digitalization could offer effective tools for managing the growing challenge of balancing production and consumption in an increasingly complex energy system, and also achieving reduced energy use in combination with increased customer value, which in turn can contribute to achieving ambitious climate targets in the energy sector.

Among the technology areas that were highlighted in the report were predictive maintenance, advanced optimization and control, as well as challenges and opportunities related to blockchain technology. During the first phase of the project, the activity in these and other areas of digitalization in the energy industry was still limited, but during the project, we noted a significant interest and an increased insight about opportunities and challenges, while several initiatives related to digitalization were initiated.

We also noted an increased understanding that digitalization changes the conditions for the industry and that players who do not adapt risk being left behind or losing profitability. Not least, this regards the increased importance of customer related activities where digitalization is driving a rapid change.

This report describes a number of examples and ongoing projects that illustrate how digital technologies provide new opportunities in the energy system. On the electricity side, opportunities are created in the form of the integration of variable and renewable energy sources, as well as the development and control of distributed energy systems, where digitalization is both an enabler and a driving force for change.

The possibility of advanced control and optimization is also utilized in district heating networks and in various types of hybrid networks. Tools such as AI-based systems and digital twins are important elements.

Predictive and condition-based maintenance is also an area that, thanks to digital technologies, may play a central role in the energy sector. Among the benefits are

reduced operating and maintenance costs, increased efficiency, fewer planned and unplanned interruptions, increased availability, and increased knowledge of equipment and plants.

Digital technologies also create new opportunities in the energy market, ranging from new market platforms and P2P trading, to demand-side flexibility trading, system services, and new price models.

Closely connected is the change that digitalization brings to business and customer related activities. The report describes the development in three areas—customer service, administration, and new service offerings.

Both customer service and administration can be streamlined and automated with AI-based systems that are getting increasingly powerful in their ability to perform routine tasks that are currently performed by humans. As a consequence, human staff could get working hours freed up for more advanced tasks.

In addition, digital technologies enable new types of energy service offerings that are user-friendlier and that add new customer value, which in turn opens up opportunities for new business models in the energy industry.

All these new methods, practices and processes based on digital technologies entail two general challenges. One is to maintain customer trust when new services are built on customer data. The other, and perhaps the largest, is to ensure IT security in a connected and increasingly complex energy system that is an attractive target for IT attacks, while also being fundamental to the stability of society.

The report concludes with three starting points of discussion and with proposals for project ideas for the industry to proceed with:

- **A testbed for a marketplace** for energy trading and demand flexibility in a local energy system.
- A qualified feasibility study laying the foundation for an architecture for **an open system for predictive maintenance** in the energy sector.
- **An in-depth study of blockchain technology** and its possible applications in the energy industry.

The descriptions are intended to be used as a basis for discussion in the final workshop 4 of the project, at which Energiforsk plans to find out which issues the industry would consider to be most important to continue researching.

Innehåll

Fem insikter från projektet	9
Fem uppmaningar till energiföretagen	12
1 Bakgrund, syfte och omfattning	14
2 Ett energisystem och en energisektor i förändring	15
3 Digitalisering av det tekniska energisystemet	17
3.1 Styrning, balansering och optimering	18
3.2 Prediktivt underhåll	22
3.3 Nya möjligheter på energimarknaden	24
4 Digitalisering av affärer och kundrelationer	27
4.1 Kundtjänst	27
4.2 Administration	29
4.3 Nya tjänster	30
5 Utmaningar som måste hanteras	31
5.1 Kundens förtroende	31
5.2 IT-säkerhet – en central fråga kopplat till digitalisering	32
6 Frågeställningar och förslag till projektidéer för branschen att gå vidare med	35
6.1 En marknadsplats för handel med energi och Efterfrågefleksibilitet i ett Lokalt Energisystem	35
6.2 Prediktivt underhåll	36
6.3 En fördjupningsstudie om blockkedjeteknologin	37
6.4 En fördjupningsstudie om ai-Applikationer för Energibranschen	38
7 Referenser	40
8 Mer att läsa	41

Fem insikter från projektet

INSIKT 1 *Digitaliseringen av energisektorn är endast i sin linda, men mycket har hänt bara på det dryga år som projektet har pågått*

När projektet startade under hösten 2017 framträdde en bild av en energibransch i uppvaknande och intrycket var att det överlag fanns "en stor nyfikenhet men relativt få konkreta satsningar". Merparten av de då pågående aktiviteterna drevs av ett litet antal energiföretag. Framförallt såg många företag det som angeläget att öka sin kunskap om den pågående digitaliseringen, vilket också var skälet till att man medverkade i projektet.

Under det dryga år som projektet har pågått har vi sett en betydande utveckling inom energibranschen mot en förhöjd kunskapsnivå och en ökad insikt om den digitala utvecklingen av samhället och den förändring som samhället och energisektorn står inför. Ett flera energibolag har nu också påbörjat sin egen digitaliseringsresa och det finns en större medvetenhet om den digitala utvecklingen och de möjligheter som ny digital teknik kan komma att skapa inom branschen. Inte minst har ett antal nya satsningar initierats inom branschen i form av pilotprojekt som på olika sätt omfattar och/eller inbegriper digitalisering. Det är också tydligt att det finns ett stort intresse att ytterligare öka kunskapen om vad digitaliseringen innebär och kommer att innebära för energisektorn.

INSIKT 2 *Ibland uttrycks uppfattningen att energisektorn skiljer sig från andra sektorer och att företagen därmed i vissa avseenden är immuna mot digitaliseringens transformerande kraft och konkurrens från nya aktörer*

Det finns en risk att de företag som inte har tillräcklig kunskap om vad digitaliseringens andra våg innebär – inte heller inser nyttan av att testa och tillämpa nya digitala tekniker och lösningar. Vi har i projektets intervjuer i några fall stött på inställningen "vad är det som är nytt?" och "är detta verkligen något för oss?" utifrån bilden att energisektorn skiljer sig från andra branscher. Det faktum att "elektroner och värme är de produkter de är" samt att någon ändå måste fortsätta producera energin tas ibland som argument för att energisektorn och dess aktörer inte riskerar samma omvälvande omvandling som andra sektorer där ny teknik och nya aktörer tar sig in och förändrar spelreglerna.

Den digitala utvecklingen av hela samhället kommer att innebära nya villkor och förutsättningar som energiföretagen måste förhålla sig till vare sig man vill eller inte. Inte minst är risken att hamna på efterkälken uppenbar. Redan idag ser vi nya aktörer som tar sig in på marknaden mellan de etablerade energiproducerande energibolagen och deras kunder. Genom att dessa aktörer kommer närmare kunderna och tar över kundrelationen från de traditionella aktörerna riskerar de senare att tappa relevans på marknaden och på sikt riskera verksamhetens konkurrensförmåga.

Samtidigt är det många energiföretag som har insett just detta. Man ser betydande möjligheter med digitaliseringen. Men som beskrevs i delrapport 1 talar flera

deltagare i projektet också om känslan av att ha "kniven på strupen" när det gäller att hänga med i utvecklingen och inte tappa kunder.

I detta sammanhang bör också påpekas att det finns fördelar med – att inom vissa gränser - skynda långsamt vad gäller implementeringen av nya digitala lösningar. För en så pass viktig samhällsfunktion som energiförsörjning är det viktigt med en viss grad av försiktighet för att undvika störningar, inte minst med tanke på de höga krav på it-säkerhet som följer av en ökad digitalisering. Att koncentrera sig på "godbitarna" och testa och anpassa dessa till den egna verksamheten är sannolikt en vettigare strategi än att gå "all-in" i ett nytt och komplext område.

INSIKT 3 Det råder ingen brist på data, men ibland räcker inte datamängderna till för specifika tillämpningar

Mängden data som samlas in från det tekniska energisystemet växer hela tiden, inte minst tack vare en minskad kostnad för sensorer och smarta mätare.

Det finns dock områden där den svenska energibranschen inte har tillräckliga datamängder för att kunna applicera viss ny digital teknik. Detta gäller till exempel AI-teknik för språkanalys (*natural language processing*), som kan komma att bli en central teknik för kundtjänstsystem hos företag framöver. Den teknik som företaget IP Soft använder (mer känd som Amelia), vilken beskrivs i kapitel 5, kräver datamängder som mindre svenska energibolag idag inte når upp till. Mängden data som krävs för upplärning av Amelia-systemet motsvarar ett antal inkommande samtal till kundtjänst på ca 20 000 per månad, vilket många svenska energiföretag inte har.

INSIKT 4 Det finns en stor nyfikenhet på blockkedjeteknologin, men också stora tveksamheter om dess framtida betydelse för energisektorn

Under det år som projektet har pågått har antalet artiklar och rapporter kring blockkedjeteknik och dess eventuella relevans för energisektorn duggat tätt. Många aktörer, främst på den internationella marknaden, talar om blockkedjeteknologin som en teknik som kommer att påverka energisektorn och öppna för nya aktörer på marknaden.

Inom projektet såg vi initialt en stor nyfikenhet och delvis höga förväntningar på tekniken. Under projektets gång, i takt med att kunskapen och insikten om vad tekniken innebär, växte gradvis en tveksamhet fram i vilken utsträckning och i vilka tillämpningar blockkedjor skulle kunna underlätta för energibranschen.

Generellt sett finns en stor osäkerhet kring vilka möjligheter blockkedjor skapar och var i energisystemet som tekniken eventuellt skulle kunna användas samt i vilken utsträckning blockkedjor är rätt teknik för att lösa olika problem. Befintliga och konventionella lösningar för exempelvis handel, sammankoppling av olika aktörer i energisystemet samt kryptering ses också av många som ett fullgott alternativ till det hittills relativt oprövade kort som blockkedjetekniken fortfarande är. En översiktlig genomgång tyder på att blockkedjor många gånger kommer ut som "second best" i förhållande till mer traditionella lösningar.

INSIKT 5 *Relationen till kunden blir allt viktigare och digital teknik kan hjälpa till i arbetet*

Ny digital teknik öppnar upp för en helt ny typ av automatiserad kundtjänst och nya digitala plattformar för kundrelationerna. Att bygga och utveckla relationer med sina kunder blir allt viktigare för flertalet branscher och inte minst för energibranschen. Det är troligt att det sker en utveckling där nya och starkt kundorienterade mellanaktörer i viss utsträckning tar över delar av verksamheten från de traditionella energiföretagen. I några fall sker denna utveckling i nära samförstånd med energibolagen eftersom vissa företag kan se det som mer rationellt att överlåta kundkontakterna på en extern part. I andra fall kommer utvecklingen att upplevas som ett hot.

Nya automatiserade och digitala kundtjänstsystem kan hjälpa till att utveckla och stärka kundrelationerna. Men det är samtidigt viktigt att inse att den digitala tekniken inte kan vara en ersättare för att bygga kundrelationer.

Fem uppmaningar till energiföretagen

UPPMANING 1 *Var nyfikna och ha en öppen men pragmatisk inställning till digital teknik och digitaliseringens möjligheter*

Var öppen för att testa ny teknik, men ha ingen övertro på tekniken. Ställ er frågan; kan denna teknik på sikt tillföra något utöver det vi har idag? Kom dock ihåg att när det gäller digitalisering är det ofta svårt att se de långsiktiga effekterna. Det är i de flesta fall inte införandet av digitala verktyg i sig som medför de största fördelarna, utan effekter i andra och tredje hand. Till exempel kan digitalisering av dataflöden göra det möjligt att kombinera datakällor vilket kan leda till nya insikter och göra nya tjänster och nya affärsmodeller möjliga. Inom transportsektorn öppnar exempelvis uppkopplade fordon möjligheten att erbjuda nya försäkringsmodeller baserade på hur fordonet faktiskt körs.

UPPMANING 2 *Håll koll på utvecklingen och våga testa*

Fortsätt att bygga upp kunskapen kring digitaliseringens möjligheter och håll koll på utvecklingen av specifik digital teknik som kan gynna er verksamhet. Se till att göra en grundlig analys av hur er verksamhet ska fortsätta vara relevant i ett förändrat energilandskap och vad som krävs för att inte halka efter.

UPPMANING 3 *Våga tänka partnerskap!*

Försök att hitta samarbetspartner med kompetens inom områden som det egna bolag själva inte har. Satsa – särskilt inledningsvis – på samverkan med organisationer som har it-kunnandet. Bygg succesivt upp den egna it-kunskapen. Insikten om den digitala utvecklingen måste genomsyra hela företaget och särskilt företagsledningen.

Vikten av att samarbeta gäller inte bara mellan energiföretag och it-företag. Den gäller i högsta grad även samverkan mellan energiföretag och mellan energiföretag och dess kunder. Se till att samordna er inom branschen, fortsätt dialogen på branschnivå och initiera gemensamma satsningar inte bara inom branschen utan se även till att involvera era kunder fullt ut. Nya aktörer på marknaden har redan kommit och fler kommer att etableras. Uteslut därför inte samverkan även med sådana aktörer. Devisen *"If you can't beat them, join them"* gäller – se till att lära av och dra nytta av de aktörer som kommer in med nya perspektiv och nya affärsmodeller.

UPPMANING 4 *Obeaktat digitaliseringen – fortsätt ert arbete med att vinna kundernas förtroende*

Som en av deltagarna i detta projekt uttryckte sig: "Vi måste återstarta och utgå från kunden och kundens behov som huvudfråga. Hur gör vi det bättre för kunden? Hur och när uppstår behovet och vad upplevs som service?"

Fortsätt ert arbete med kundrelationerna och ta er högre upp i ert relationsbyggande. Endast så kan man som företag behålla relevans och konkurrenskraft i en bransch i förändring.

UPPMANING 5 *Glöm inte it-säkerhetsfrågorna, men låt inte rädslan hindra utvecklingen*

Ta frågor om it-säkerhet på största allvar och låt dem löpa som en röd tråd genom alla projekt. Låt inte it-avdelningen sitta på sin kammare med säkerhetsfrågorna, de ska i högsta grad genomsyra hela företaget. Låt för den sakens skull inte rädslan för eventuella intrång hindra utvecklingen.

1 Bakgrund, syfte och omfattning

Denna rapport utgör den andra och avslutande rapporten i Energiforsks kunskapsprojekt om den digitala utvecklingen och dess möjligheter för energisektorn. Den övergripande ambitionen med rapporten är att på ett kortfattat och översiktligt sätt sammanfatta vad som kommit fram under projektet. Syftet är också att rapporten, tillsammans med delrapport 1, ska ge deltagande företag och organisationer inspiration till att påbörja eller fortsätta den egna digitaliseringsresan. Rapporten utgör också en grund för Energiforsks kommande satsningar inom digitaliseringsområdet.

I projektets första rapport² beskrev vi den digitala utvecklingsfronten samt hur den påverkar och kan komma att påverka energisystemet och energisektorn. Vi sammanfattade också lärdomar och insikter från den första etappens intervjuer och diskussioner med projektets deltagare samt medverkande forskare och experter.

Som en del projektet har vi haft kontakt med eller identifierat ett antal pågående satsningar kopplade till digitalisering av energisektorn. I denna rapport ger vi ett antal exempel på aktuella projekt och aktörer som är aktiva på området i Sverige. Avsikten är inte att vara heltäckande. Snarare vill vi ge en övergripande bild över de områden inom energisektorn där vi ser att det händer saker på digitaliseringsområdet och därmed visa på den pågående utvecklingen.

I kapitel 3-5 beskriver vi den pågående förändringen av energisystemet, energisektorn och dess aktörer samt de utmaningar vi ser framför oss där den digitala teknikens hela spektrum kan komma att spela en avgörande roll för den fortsatta utvecklingen. Vi ger även en rad exempel på tillämpningar av digital teknik inom energisektorn tillsammans med exempel på aktörer eller pågående/genomförda projekt inom området i främst Sverige.

I det avslutande kapitlet 6 beskriver vi sedan några förslag till forskningsområden och projektidéer som branschen skulle kunna ta vidare i ytterligare satsningar inom ramen för bl.a. Energiforsks forskningsprogram.

Under projektets gång har en rad intervjuer och gruppdiskussioner genomförts, både med deltagare i projektet samt en rad experter, forskare och företrädare för de olika teknikområdena artificiell intelligens (AI), avancerad automation, Internet of Things (IoT) och blockkedjeteknik. Inför varje workshop har dessutom omfattande litteraturgenomgångar gjorts.

Projektet har samlat ett tjugofemtal företag och organisationer från bl.a. energibranschen och har hittills omfattat tre workshops. I maj 2018 genomfördes dessutom i samarbete med Forum för Smarta Elnät en större konferens på temat digitalisering av energisektorn.

² Löfblad m.fl. (2018). Digital utveckling och möjligheter för energisektorn. Energiforsk, rapport 2018:501.

2 Ett energisystem och en energisektor i förändring

I Sverige liksom i många andra länder sker nu en kraftig utbyggnad av förnybar el. Oron för klimatförändringar, liksom omvärldstrender som delningsekonomi och en ökad andel aktiva och medvetna kunder och prosumenter, har medverkat till att skapa en stor efterfrågan på vindkraft och solel. Tysklands Energiewende, liksom Kinas stora efterfrågan på dessa kraftslag är två exempel på statliga initiativ som bidragit till en kraftig kostnadsminskning för dessa tekniker.

Med betydande inslag av väderberoende elproduktion i form av vindkraft och solel uppstår en rad nya utmaningar som måste lösas för att säkerställa ett robust och leveranssäkert system. Både på europeisk, nationell och regional nivå har problematiken kopplad till effektbalansen seglat upp som en stor framtida utmaning för energibranschen.

En ökad elektrifiering av alla samhällssektorer, bland annat till följd av ett ökat fokus på åtgärder för att minska klimatförändringarna tillsammans med den ökade digitaliseringen av samhället, skapar dessutom en ökad efterfrågan på el vilket i sin tur ställer nya krav på elsystemet.

Genomsnittsåldern i de svenska elnäten (baserad på rapporterade data) beräknas till ca 25 år, men den verkliga åldern är enligt EI (2017)³ betydligt äldre vilket innebär ett stort reinvesteringsbehov under de kommande åren. I vissa områden i Sverige har vi redan idag flaskhalsar i elsystemet där kapaciteten i nätet inte räcker till. Ett behov av ökad kapacitet i nätet i kombination med en oro för förluster vad gäller styrbar produktionskapacitet ökar utmaningarna ytterligare.

En mer variabel elproduktion skapar också större svängningar i priset på el. Under de timmar då reglerförmågan i baskraften inte räcker till blir prisvolatiliteten hög och det kommer att krävas inte bara förstärkningar i överföringskapacitet mellan länder utan också andra, dyrare resurser för att hjälpa till att reglera systemet. Förutom ökade investeringar i produktionskapacitet med mindre lönsamhet under perioder då solen skiner och vinden blåser samtidigt kommer det att krävas en marknad för efterfrågefleksibilitet och anpassningar hos energianvändare, inte minst en uppbyggnad av energilagringskapacitet.

Energisystemet och energisektorn, såväl i Sverige som i Europa och delar av övriga världen, går dessutom mot en ökad integration av el- och värmesektorn. Den ökade sammankopplingen mellan sektorer, där även bostadssektorn, transportsektorn och industrisektorn knyts ihop med energisystemet i allt högre grad, liksom digitaliseringen i samhället i stort, innebär både nya utmaningar men också möjligheter vad gäller att möta dessa.

Den digitalisering som nu sker av hela samhället skapar stora förutsättningar för att möta alla dessa utmaningar. Ny digital teknik i form av självlärande system och

³

<https://www.regeringen.se/4aa7ef/contentassets/c78b73a88cb84f52be8e1392ebe7d28e/energimarknadsinspektionens-rapport-nya-regler-for-elnsatsforetagen-infor-perioden-2020-2023>

artificiell intelligens ökar möjligheterna till bättre styrning och kontroll av ett alltmer distribuerat och variabelt energisystem med en ökad diversitet av både energikällor och energiaktörer. Inte minst kan tekniken leda till betydligt bättre prognoser vad gäller t.ex. väder, energiförbrukning hos slutanvändare och prisutveckling. Allt fler uppkopplade apparater och maskiner som möjliggörs genom billig digital teknik ökar samtidigt möjligheterna till att komma åt efterfrågefleksibiliteten. Detta sker dels som en följd av en ökad intelligens i såväl anläggningar som i apparater och komponenter, dels som en följd av mer "aktiva" ageranden för exempelvis effektstyrning i industrin, smart laddning av elfordon och smart hantering av elanvändningen för uppvärmning med hjälp av olika aggregatorer. Digitaliseringen erbjuder också möjligheter att effektivare utnyttja befintlig infrastruktur, inte minst elnätet, vilket kan minska investeringsbehovet i ny kapacitet där ledtiderna ofta kan vara avsevärda⁴.

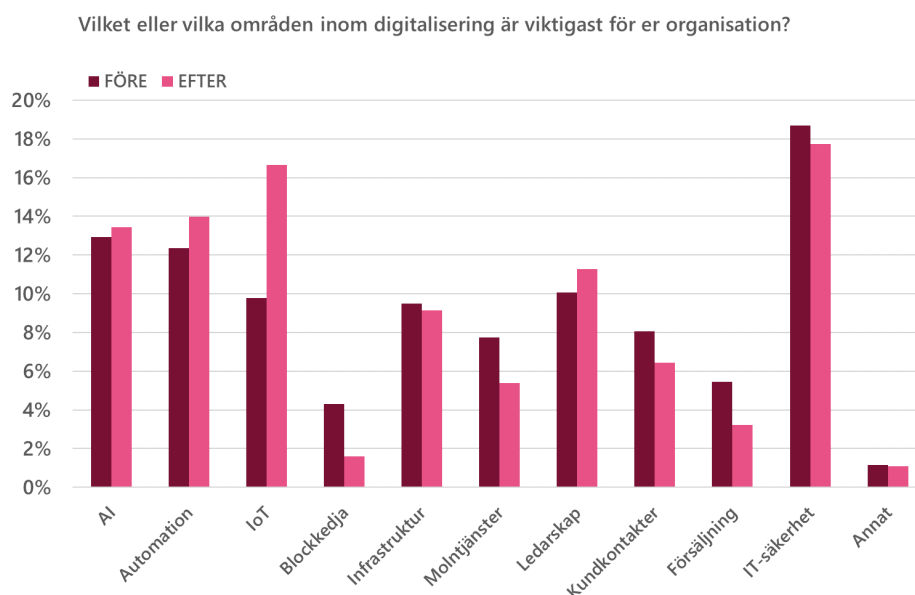
Den effektutmaning som uppstår kopplat till ett alltmer variabelt och svårprognostiserat elsystem, ställer ökade men också nya krav på energiaktörerna vilket i sin tur leder till frågor om ansvar och samverkan inom sektorn. I en sektor i stark omvandling sker branschglidningar vilket leder till möjligheter för nya aktörer att ta plats i energisektorn. För att hantera alla de utmaningar som uppstår krävs det nya lösningar och nya affärsmodeller. Etablerade företag måste hitta nya vägar i ett mer fragmenterat aktörslandskap, där kundens förtroende blir avgörande för att behålla sin roll och attraktionskraft på marknaden.

⁴ Ett exempel är Svenska Kraftnäs pilotprojekt som ska testa DLR-teknik (*Dynamic Line Rating*) där kraftledningen övervakas genom ett mätinstrument och som i realtid visar hur mycket ledningskapacitet som är tillgänglig (*Här testas teknik som ska maxa stammätet*, Tidningen Energi Nr 6, 2018)

3 Digitalisering av det tekniska energisystemet

I detta kapitel ger vi en övergripande beskrivning av olika områden av det tekniska energisystemet där digitaliseringsteknologier kan skapa nya möjligheter och användas för att möta de utmaningar som kan uppkomma i det framtida energisystemet. I delrapport 1 ges en mer detaljerad beskrivning av enskilda tekniker.

I samband med den konferens som anordnades inom projektet tillsammans med Forum för Smarta Elnät under våren 2018 ställdes ett antal frågor till publiken. Samma frågeställningar användes i inledningen och i samband med avslutningen på dagen. Frågorna handlade om hur deltagarna – företrädare från olika delar av branschen – såg på digitaliseringens roll för energisektorn. Figur 1 nedan visar resultatet från frågan "vilket eller vilka områden inom digitalisering är viktigast för er organisation?"



Figur 1 Konferensdeltagarnas svar på frågan "Vilket eller vilka områden inom digitalisering är viktigast för er organisation?" vid inledningen av konferensen (FÖRE) samt inför avslutningen av konferensen (EFTER). Antalet deltagarröster i början av konferensen uppgick till 94, i slutet av dagen röstade 61 personer. Enkäten genomfördes med hjälp av Mentimeter.

Eftersom antalet svarande är relativt begränsat så går det naturligtvis inte att dra några säkra slutsatser. Framförallt verkar deltagarna dock se tydliga vinster vad gäller att applicera digital teknik som AI, automation och IoT inom verksamheten. Redan idag är det många företag som använder uppkopplade enheter och smarta mätare och som därmed samlar på sig betydande mängder data. Men kanske kan resultatet vad gäller IoT peka på att deltagarna, obeaktat detta, efter att ha hört de olika föredragshållarna under dagen, har förstått och insett vikten av stora datamängder för att kunna nyttja olika AI-tekniker. It-säkerhet sågs av

konferensdeltagarna som den kanske största och viktigaste frågan, såväl vid konferensstarten som vid avslutningen.

Industrisektorn har, till skillnad mot energisektorn, redan kommit relativt långt vad gäller att använda och applicera digital teknik för att optimera produktion, förutse och förebygga stopp, korta ner produktdesigncykler m.m. Bloomberg (2017) lyfter motsvarande applikationsområden inom energisektorn/branschen där digital teknik som maskininlärning, artificiell intelligens, och avancerad automation tillsammans med uppkopplade enheter och mätare med fördel kan användas för att hantera olika utmaningar. Man refererar till gjorda uppskattningar som pekar på att drift- och underhållskostnader kan minskas med 10 %, produktionen ökas med 8 % och spill minskas med 25 % genom att implementera digitala system och avancerade dataanalyser på förnybar energiproduktion, inte minst genom förbättrade väderprognoser.

I nedanstående avsnitt ger vi några exempel på områden där digital teknik kan komma att spela avgörande roll för att möta de olika utmaningar som energisystemet och energisektorn står inför. Exempelen kan ses som ett komplement till de exempel vi ger i delrapport 1. Vi ger också några exempel på aktuella projekt och aktörer inom området.

3.1 STYRNING, BALANSERING OCH OPTIMERING

Det framtida energisystemet kommer att bli alltmer komplext, diversifierat och integrerat med andra sektorer jämfört med dagens energisystem. Ny digital teknik kommer i viss mån att bli avgörande för möjligheterna till att styra, balansera och optimera energisystemets olika delar och dess helhet.

På elsidan kan digitaliseringen framförallt skapa möjligheter i form av integrationen av variabla, förnybara energikällor, utveckling och styrning av ett distribuerat energisystem. Här är digitaliseringen både en möjliggörare och en drivkraft. Utvecklingen av ny digital teknik styrs också i hög grad av energisystemets ökade komplexitet som genererar stora datamängder med möjlighet att lära upp AI-system. Utvecklingen sker således i två riktningar.

Olika typer av maskininlärningssystem och AI-teknik kan appliceras på alla delar i energisystemet: på elnät, elproduktion, värmeproduktion och fjärrvärmnät, energilagring liksom för smart laddning av elfordon (inklusive återmatning till nät genom s.k. *vehicle-to-grid*-teknik). AI-system kan komma att användas för att ytterligare öka verkningsgraden i energiproduktionsanläggningar, jäsna ut och flytta toppar i energiförbrukningen och för reglering av nätfrekvensen⁵. På samma sätt kan tekniken användas för att öka den effektiva kapaciteten i elnätet och minska behovet av reinvesteringar i näten.

⁵ I takt med att ökande volymer av vind- och solkraft ersätter konventionellt termisk elproduktion minskar också den stabiliserande svängmassan i elsystemet. Denna kan i stor utsträckning ersättas genom ny teknik, såsom förbättrad kraftelektronik i produktionsanläggningarna och/eller batterier, där digitalisering tros leverera ett viktigt bidrag.

Med hjälp av digitala tekniker möjliggörs en högre grad av integration av el- och värmesystemen liksom sammankopplingen av dessa till övriga sektorer som transportsektorn, bostadssektorn och industrisektorn.

Digitala tvillingar och virtuella kraftverk möjliggör avancerad styrning, balansering och optimering av såväl enskilda produktionsanläggningar som större komplexa system.

Tekniken skapar dessutom förutsättningar för bättre användarprognoser och bättre väderprognoser för vind och sol som i sin tur medför en effektivare balansering av utbud och efterfrågan. Mer precisa väderprognoser i kombination med kännedom om prognoserad efterfrågan utifrån beteendevariationer och kopplingen till prisvariationer skapar möjligheter till mer precisa prisprognoser. Detta i sin tur innebär att man med digital teknik på användarsidan kan komma åt efterfrågefleksibiliteten genom att få kunder att reagera på prissignaler närmast i realtid (något som också kan komma att leda till förändringar i marknadens design och funktion). Genom att utnyttja denna efterfrågefleksibilitet och olika former av energilagring och nätförstärkningar kan spill (*curtailment*) minimeras. Optimering med hjälp av digital teknik bidrar således till ytterligare möjligheter till energieffektiviseringar i alla led och på så sätt till att nå uppställda miljö- och hållbarhetsmål.

Digitaliseringen kan också underlätta drift av hybridssystem, t.ex. lågtemperaturfjärrvärme kombinerad med individuella värmepumpar, styra och samordna många små och decentraliserade produktionsanläggningar liksom använda byggnaders styrsystem för att använda huskroppen som energilager och anpassa energibehovet för jämnare produktion.

De nya digitaliseringsteknikerna kan användas för att i detalj övervaka och analysera status på näten i realtid. Detaljerade dataanalyser av utbud, efterfrågan och flaskhalsar i näten kan användas för avancerad planering av elnätets kapacitet. I vissa fall kan digital teknik även användas för att förlänga livstiden på de befintliga näten och därmed förskjuta reinvesteringar tidsmässigt genom att möjliggöra extra kapacitet vid effekttoppar (Bloomberg, 2017).

Här nedan listar vi ett antal exempel där de nya digitaliseringsteknikerna används inom området styrning och optimering.

RISE SICS North i Luleå har nyligen genomfört en förstudie kring AI för optimering av ett datacenter med ett mikronät av solceller, batterilager och kyllager⁶. Syftet är att ta fram ett upplägg för genomförande och upprättande av maskinlärande algoritmer i datacenter med mikronät.

Företaget NODA Intelligent Systems utvecklar och levererar olika smarta energisystem för systemövergripande optimeringar till energiföretag. Produkterna bygger på självlärande big data-analys i realtid. NODA är en plattform som optimerar den operativa styrningen av fjärrvärmenät, automatiskt och i realtid, genom att beräkna och hantera den virtuella energilagringen i fastigheter. Systemet samordnar effektuttag i understationer och kopplar samman detta med

⁶ <http://www.energiforsk.se/program/elnatens-digitalisering-och-it-sakerhet/projekt/ai-for-optimering-av-datacenter-microgrid-integration/>

operativa förutsättningar i produktionen. Normalt sett är ett fjärrvärmenät helt behovsstyrt och energiföretag kan oftast bara påverka nätverkets framledningstemperatur och tryckhållning. NODA skapar en tredje frihetsgrad genom att möjliggöra operativ behovsstyrning i realtid. NODA Smart Heat Building använder sensorer för att mäta inomhustemperaturen kontinuerligt och tillämpar en matematisk modell för att beräkna olika scenariers inverkan. Enligt NODA skapar denna kombination ett system som ger en mycket exakt uppskattning av en byggnads unika inomhustemperaturbeteende. Systemet använder en modell som bygger på självlärande och självanpassande funktioner för att kontinuerligt beräkna energibalansen i en fastighet och göra det möjligt att kombinera flera klimatzoner inom samma byggnad. Enligt NODA minskar systemet energiförbrukningen i fastigheter med i genomsnitt 10-12 %.

NODA är också projektledare för det europeiska forskningsprojektet STORM⁷ som syftar till att utveckla ett innovativt styrsystem baserat på självlärande algoritmer, som för närvarande testas i två demo-anläggningar. Målet med projektet är att göra det möjligt att maximera användningen av restvärme och förnybara energikällor i fjärrvärme- och fjärrkylanät.

Företaget Expektra har utvecklat en metod för att prognostisera elanvändning i närtid och väderberoende produktion som underlag för spot- och intradag-handel, vilken bygger på AI med maskininläring. Kunder inom svenska energibranschen är bl.a. Vattenfall, Storuman Energi och Kalmar Energi.

Företaget Ngenic medverkar i en rad olika projekt kopplade till möjligheterna med optimering och laststyrning av främst värmepumpar som använder deras fjärrenheter för att skapa ett optimalt inomhusklimat. Projektet Klokel⁸ omfattar 500 villor inom Upplands Energis elnät där Ngenic enheter används för att effektivisera användningen av värmepumpar och koppla ihop dessa till ett "smart elnät". Projektet drivs av Sustainable Innovation tillsammans med Upplands Energi och Ngenic och delfinansieras av Energimyndigheten. Tillsammans deltar dessa aktörer även i projektet NemoGrid (*New Business Models On the Distribution Grid*), se mer under kapitel 4.3.

Projektet FED – Fossil-Free Energy Districts – i Göteborg syftar till att integrera och optimera ett mindre lokalt energisystem. Projektet drivs av RISE och omfattar Göteborgs Stad och en rad lokala aktörer⁹. Chalmers Campus agerar testbädd för integration av fullt förnybar lokal energiproduktion och lagringskapacitet med syfte att minska effekttoppar men även import från det centrala nätet. Som en del i projektet kommer man även utveckla en lokal marknadsplats för el, fjärrvärme och fjärrkyla.

Projektet EctogridTM som drivs av E.ON syftar till att optimera ett områdes hela energiflöden utefter all tillgänglig flexibilitet¹⁰. Projektet avser att koppla ihop byggnader med varandra och balansera deras olika behov av värme och kyla. Projektet omfattar en digital molnlösning som använder algoritmer och data

⁷ <https://storm-dhc.eu/>

⁸ <https://ngenic.se/klokel/>

⁹ *Chalmers testar lokal handelsplats för energi*, tidningen Energi Nr 5 2018

¹⁰ <https://www.eon.se/artiklar/vaerldens-foersta-ectogrid-pa-medicon-village.html>

kopplat till bland annat uppgifter om användare, väder, lokal energiproduktion och elbilsaddning. Medicon Village Science Park i Lund blir den första anläggningen i världen där systemet provas och det ska vara på plats 2020.

E.ON driver även testprojektet "Lokala energisystem" i Simris, vilket är Sveriges första lokala energisystem där man testar ö-nät drift var femte vecka¹¹. I projektet ingår även att styra effektuttaget i ett antal hushåll genom att man erbjuder ett antal kunder att installera solceller tillsammans med batterier och/eller styrutrustning för värmepumpar och varmvattenberedare. Systemet använder sig av neurala nätverk och algoritmer för bl.a. prognostisering.

Inom kärnkraftsområdet arbetar man med digitala modeller, s.k. digitala tvillingar. Ett exempel är Ringhals block 1, 3 och 4, som har digitala modeller anslutna till sina fysiska motsvarigheter och förses med verkliga mätvärden¹². Genom att modellerna räknar ut den teoretiska elproduktionen som anläggningarna borde kunna prestera kan man få kännedom om när systemen avviker från den ideala processen och därmed optimera systemet.

Fingrid, Finlands motsvarighet till Svenska Kraftnät, har tillsammans med Siemens i projektet ELVIS byggt en digital tvilling av transmissionsnätet för att bl.a. kunna använda den för långsiktplaneringen av investeringar i nätet¹³.

Mälarenergi tillsammans med RISE SICS samarbetar i projektet Smarta flöden i syfte att bättre kunna prediktera värmebehov, detektera avvikelser och skapa bättre beslutsunderlag kopplat till Mälarenergis fjärrvärmesystem¹⁴. Konceptet bygger på den senaste IoT-teknologin som möjliggör insamlande av stora mängder data i realtid från tusentals mätpunkter och sensorer. Den data som samlas in analyseras med hjälp av mönsterigenkänning- och maskininlärningsteknik.

Under 2018 startade Energiforsks forskningsprogram *Elnätens digitalisering och it-säkerhet* med fokus på att analysera och utvärdera de möjligheter som ny teknik kan bidra med i det framtida elnätet¹⁵. Bland annat syftar programmet till att identifiera nya tekniska möjligheter för att mäta, planera och styra elnätet. Exempel på områden som programmet vill titta på är nytta för kunden, kompetensförsörjningen inom branschen, energilagring, självläkande nät, digitalisering av nätstationer och nya generationens elmätare. Forskningsprogrammet omfattar ett 30-tal företag, myndigheter och organisationer och kommer pågå under fyra år.

I Linköping testar Tekniska verken analysstjänsteplattformen Aware som har växt fram ur EU-projektet EPR (*European Pattern Recognition Project*)¹⁶. Systemet bygger på självlärande digital mönsterigenkänningsteknik som appliceras på stora mängder data. Målet för projektet är att systemet, förutom att beskriva nätets aktuella tillstånd, ska kunna förutse och varna för kommande händelser genom t.ex. trendanalyser och prognostisering av kommande effektbehov. På så sätt kan

¹¹ <https://www.eon.se/om-e-on/innovation/lokala-energisystem.html>

¹² <https://www.nyteknik.se/energi/den-digitala-tvillingen-avslojade-lackaget-i-karnkraftverket-6898789>

¹³ <https://www.siemens.com/customer-magazine/en/home/energy/power-transmission-and-distribution/digital-twin-power-grid.html>

¹⁴ <https://www.sics.se/projects/smarta-floden>

¹⁵ <https://www.energiforsk.se/program/elnetens-digitalisering-och-it-sakerhet/>

¹⁶ *Linköpings digitala spåkula*, Tidningen Energi Nr 4 2018

systemet bidra till att skapa ett mer stabilt elnät vad gäller effektivitet, kapacitet och flexibilitet. Med Aware kan elnätsföretaget arbeta med avbrott, förluster, flaskhalsar, flexibilitet, kapacitet, ström, spänning osv. Analystjänsten har en inbyggd sökmotor för flaskhalsar i nätet och kan simulera händelser genom att bygga upp virtuell mätning och virtuella reläskydd.

EU-projektet ACES (*Adaptive Control of Energy Storage*) är ett fortsättningsprojekt som sätter EPR-projektets och företaget Metrums teknikutveckling i ett ekonomiskt sammanhang¹⁷. Projektet syftar till att utveckla metoder för att integrera energilagring med hjälp av mönsterigenkänning och annan AI-teknik. Genom att applicera digital teknik för att analysera lastprofiler och trender på både nät och energilagring kan man få en bedömning huruvida energilagring kan bli lönsamt eller inte. Projektet som precis har påbörjats kommer att pågå till 2021 och har utvecklats av Metrum och Seniorit AB.

3.2 PREDIKTIVT UNDERHÅLL

Ett område där ny digital teknik kan komma att spela en central roll inom energisektorn är underhållssidan. Inom industrin har man varit tidigt ute med tekniker för prediktivt underhåll och alltfler industriföretag arbetar nu med att gå från tidsstyrt, reaktivt underhåll till mer prediktivt, förebyggande underhåll. På samma sätt som industrin kan energiföretagen skapa stora vinster i form av minskade underhållskostnader, ökad drifttid och en minskad risk för haverier.

Prediktivt och tillståndsbaserat underhåll går ut på att med hjälp av sensorer och analys av data automatiskt styra tidpunkten för när olika underhållsåtgärder ska utföras. Det vill säga att styra underhållet baserat på verkliga förhållanden. Det innebär att en underhållsåtgärd utförs i god tid innan ett haveri inträffar eller alternativt att ett förebyggande underhåll kan senareläggas. Detta ökar tillgängligheten och reducerar underhållskostnaden med bibehållen driftsäkerhet. Tekniken kan även användas för visualisering av information från en anläggning, vilket ger möjlighet till en mer optimal styrning.

I förlängningen kan metodiken utvecklas till ett närmast automatiserat underhåll som innefattar att systemet själv också beställer en underhållsåtgärd, beställer komponenter, synar av åtgärderna har genomförts, hanterar fakturering, etc.

Prediktivt underhåll är i grunden inget nytt. Olika metoder och verktyg för att mäta komponenters tillstånd och försöka räkna ut när de ska gå sönder har funnits länge. Men ändå planeras underhåll väldigt sällan baserat på tillståndsdata. Den digitala utvecklingen som nu pågår i samhället kommer troligen att ändra på detta. Mycket talar för att ett automatiserat underhåll kommer att få stort genomslag inom flertalet sektorer i samhället och inte minst inom energisektorn.

Prediktivt underhåll bygger på att man har en mängd uppkopplade enheter och komponenter inom en anläggning, infrastruktur eller system som möjliggör fjärrövervakning genom inkommande realtidsdata om statusen på dessa enheter och komponenter. Genom att analysera inkommande data med hjälp av

¹⁷ <https://metrum.se/sv/metrum-beviljat-medel-till-nytt-eu-projekt-adaptive-control-of-energy-storage-aces/>

mönsterigenkänning och självlärande teknik kan man förutsäga incidenter, risker och underhållsbehov.

Prediktivt underhåll kan sägas omfatta bland annat:

Tillståndsovervakning och prediktivt underhåll t.ex. genom realtidsanalyser, trendanalyser av kritiska mätvärden, incidentanalyser, läcksökning (fjärrvärmenät), etc. Besluta om underhåll, beställa och följa upp.

Optimering och helhetsperspektiv på underhållsarbeten - både enskilda komponenter och större system

Simulering och felsökning med hjälp av digitala tvillingar av enskilda anläggningar eller ihopkopplade energisystem

Inspektion och felsökning med hjälp av drönare, verktyg för personal i fält med augmented reality och AI-support (automatiserade arbetsordrar)

Den stora vinsten med prediktivt underhåll och övervakning är minskade drift- och underhållskostnader. Andra vinster består i effektivisering, färre planerade och oplanerade avbrott, ökad tillgänglighet samt i slutändan också ökad kunskap om den egna anläggningen.

En av slutsatserna från diskussionerna kring prediktivt underhåll under workshop 2 var just att en övergång till prediktivt underhåll kan innebära en ökad anläggningskännedom som idag många gånger saknas då man har lagt ut inspektion och kontroll av anläggningar på externa utförare. Dessa har inte samma anläggningskännedom som erfarna medarbetare som tidigare arbetat många år på samma ställe. Vid en övergång till prediktivt underhåll är det därför önskvärt att uppnå samma höga nivå på anläggningskännedom som man en gång i tiden hade tack vare erfarna medarbetare på plats.

Frågor som uppkom gällde ansvar; vid prediktivt underhåll måste man hantera problem med fellarm samt ansvarsfrågan vid skador om systemen inte larmar som de ska.

Under gruppdiskussionerna lyftes även vikten av att separera datahanteringen för sådan data som ska användas som underlag för det prediktiva underhållet från styrningen och kontrollen av den dagliga driften (i SCADA-systemet). SCADA-systemet utgör ett helt isolerat system för att undvika intrång utifrån. Dataunderlaget för det prediktiva underhållet tas från SCADA-systemet (utgör "råvaran") men måste hanteras utanför detta.

Ett exempel på projekt inom energibranschen som fokuserar på just prediktivt underhåll inom vattenkraften är det norsk/svenska samarbetsprojektet Monitor X som leds av SINTEF och som samlar ett 30-tal vattenkraftföretag, leverantörer och forskningsorganisationer där även Energiforsk medverkar¹⁸. Verksamheten drivs i konkreta fallstudier, där komponenter i olika anläggningar instrumenteras, modelleras och analyseras. Projektet handlar om optimal livstidsanvändning av vattenkraftsanläggningar baserat på övervakning av tekniskt tillstånd och riskanalyser. Delmål i projektet är att utveckla modeller och prototyper för

¹⁸ <https://www.energiforsk.se/program/monitorx/>

tillståndsutveckling, återstående livstid och risker rörande ekonomi, säkerhet och miljö samt modeller och prototyper för optimal livstidsutnyttjande av komponenter i vattenkraftsanläggningar baserat på övervakning av tekniskt tillstånd och risk.

Ett projekt på fjärrvärmesidan är *Data Analytics for Fault Detection in District Heating* som drivs av forskare vid Högskolan i Borås tillsammans med Borås Energi & Miljö, NODA Intelligent Systems och AB Bostäder¹⁹. Projektet ska använda, förbättra och utveckla nya metoder och algoritmer för prediktiv dataanalys för att förbättra energieffektiviteten i fjärrvärmesystem via övervakning, feldetektering och prediktiva aktiviteter.

3.3 NYA MÖJLIGHETER PÅ ENERGIMARKNADEN

Utöver de rent tekniska delarna inom energisystemet där ny digital teknik kan appliceras skapar digitaliseringstekniker även nya möjligheter för energimarknaden i stort.

Vi ser idag en utveckling där energikonsumenter har möjlighet att bli delaktiga i och bidra till omställningen av energisystemet. Det kan handla om egen elproduktion via solpaneler, energilagring i stationära batterier eller batterier i elfordon samt digital access och aktiv styrning av den egna förbrukningen t.ex. i värmepumpar och kylmaskiner. Utveckling drivs dels av kraftigt sjunkande komponentpriser och en ökad digitalisering i samhället, dels av omställningen av energisystemet vilket i sin tur innebär ökat fokus på effektbalansen i elsystemet och efterfrågefleksibilitet.

I ett framtida scenario skulle till t.ex. en ägare av lagringskapacitet kunna erbjuda att ladda sitt batteri eller sitt elfordon under tider med energi/effektöverskott och relativt lågt elpris för att sedan kunna erbjuda den lagrade energin under tider när efterfrågan är större. En ägare av en värmepump skulle kunna fylla ett termiskt lager med värme under tider med energi/effektöverskott och låga elpriser för att kunna erbjuda att stänga av sin värmepump under eleffektoppar. Samma sak gäller när det finns begränsningar i elnäten. I det enskilda fallet är det dock svårt att se vinster för energisystemet eller för konsumenten och det kan bli svårt att räkna hem investeringar i styrsystem, produktions- och lagringsteknologi, etc. Men om man tittar på större grupperingar av bostads- och kontorsfastigheter, livsmedelsbutiker, serviceinrättningar, mindre industrier, etc så kan dessa tillsammans få en viktig påverkan på energisystemet och skapa vinstmöjligheter för energisystemet som helhet, energiföretagen och de enskilda konsumenterna.

Framväxten av väl fungerande lokala marknadsplatser för elproduktion och efterfrågefleksibilitet skulle på sikt kunna spela en viktig roll när det gäller balanseringen ett kraftsystem med stora effekt- och energivariationer. Lokala marknadsplatser skulle också kunna bidra till att effektivisera och optimera utnyttjandet av elnäten samt att senarelägga investeringar i förstärkningar av näten. De kan även få betydelse när det gäller att tillhandahålla olika

¹⁹ <https://www.hb.se/en/Research/Research-Portal/Projects/Data-Analytics-for-Fault-Detection-in-District-Heating-DAD/>

systemtjänster. Det innebär att lokala marknadsplatser på sikt kan bli en naturlig del i morgondagens elmarknad.

Med hjälp av digital teknik kan olika systemtjänster som frekvens- och spänningshållning t.ex. med icke-konventionella komponenter såsom batterier och efterfrågerespons möjliggöras och utvecklas.

Den digitala tekniken kan också bidra till att skapa nya prismodeller genom att utvärdera och analysera den data man samlar på sig med hjälp av självlärande system, mönsterigenkänningsteknik och på sikt artificiell intelligens som kan upptäcka nya kopplingar och faktorer och därmed identifiera nya kundgrupper.

Realtidsdata och -analyser kan förskjuta handeln närmare leveranspunkten (gå ifrån "day-ahead"). Nya handelsplattformar kan skapas som är anpassade för en framtid med nya aktörer och prosumenter, där blockkedjeteknik eventuellt kan vara en väg för direkthandel mellan t.ex. två villaägare (s.k. P2P-handel).

Tillsammans kan detta skapa nya möjligheter att individanpassa kunderbjudanden och arbeta med sina kundrelationer. Genom att mata AI och maskininlärningssystem med högupplöst energidata (under timnivå) kan man dessutom få kunder att samverka kring och bidra till systemtjänster

NemoGrid (*New Businessmodels On the Distributiongrid*) är ett EU-projekt kring just nya affärsmodeller i distributionsnätet som leds av Sustainable Innovation, Upplands Energi samt Ngenic där Sverige, Schweiz och Tyskland samarbetar kring hur olika affärsscenarier kan fungera i våra framtida elnät²⁰. Projektet utgår från tre olika scenarier för en elnätsägare: 1) centraliserad hantering som är helt styrd av elnätsägaren, 2) decentraliserad spännings- och effektstyrningstariff, 3) en helt distribuerad marknad där slutkunder handlar med varandra (P2P-handel) med hjälp av Ethereum blockchain. Projektet pågår mellan 2017 och 2020 och tanken är att göra verkliga tester av dessa olika affärsmodeller.

I takt med att den prosumenterproducerade elen växer i betydelse pekar Bloomberg (2017) även på en ökad efterfrågan från dessa prosumenter vad gäller olika tjänster för att hantera egenproduktionen av el. Det kan gälla alltifrån virtuella kraftverk för att interagera med nätet på ett effektivt och kontrollerbart sätt, och laststyrning kopplat till system för att styra hemmets energianvändning till V2G-mjukvara (vehicle-to-grid) för att koppla elfordon till nätet.

Digital teknik kommer troligtvis även att utgöra en viktig beståndsdel i att hantera decentraliserad energiproduktion. Energiföretag kan då fungera som aggregatorer för oberoende producenter av el och facilitera systemtjänster. Digitala plattformar kommer att krävas för att koppla samman och optimera mikronät. Här kan s.k. DERMS (*distributed energy resource management systems*) krävas för att automatisera och balansera tillgängligt utbud och efterfrågan.

Det pågår flera projekt i Europa som validerar och demonstrerar teknologi för integration av lokal energiproduktion och lagringskapacitet i lokala samhällen. Ett projekt som ligger i framkanten är EU-projektet SEEV4-City där integration av elektriska fordon kombineras med lokal förnybar energiproduktion och

²⁰ <https://www.sust.se/projekt/nemogrid/>

batterilagring för att minska effekttoppar och möjliggöra hundra procent eldrivna transporter utan nya investeringar i nätinfrastruktur.

NordPool och Agder Energi i Norge har tillsammans med Microsoft utvecklat ett koncept för en marknad som kan utnyttja decentraliserad flexibilitet. Projektet utgår från en molnbaserad digital plattform som kan använda avancerad analys och maskininläring för att optimera befintliga resurser. Målet med projektet är att skapa en öppen marknad öppen för alla potentiella marknadsaktörer.

CoordiNet är ett EU-projekt om effektiv DSO/TSO/konsumentkoordination för lokal flexibilitet. Projektet genomförs av ett konsortium under ledning av ENEL med 23 partners och inkluderar 3 nationella demonstrationer av regionala marknader för systemtjänster (Sverige, Grekland och Spanien). Vattenfall Eldistribution, E.ON Energidistribution och SvK utgör kärnan av den svenska demonstrationen med fyra demositer. Energiforsk medverkar i projektet.

Förstudien 3L syftar till att förbereda en storskalig testbädd för medborgare att producera och dela energitjänster på en lokal marknadsplats med bas i stadsdelen Hammarby Sjöstad i Stockholm. Medborgarna ska via marknadsplatsen kunna leverera nyttigheter som förnybar el, effektutjämning samt styrning av värme- och kylbehovet till energimarknaden och på så sätt bidra till ett uthålligt och klimatneutralt samhälle. Förstudien är ett samarbete mellan KTH, Energiforsk och ElectriCity samt delfinansieras av Energimyndigheten via Viable Cities.

4 Digitalisering av affärer och kundrelationer

I detta kapitel ger vi en övergripande beskrivning av hur digitaliseringsteknologier kan användas för energiföretagens kundrelationer och affärer.

En väsentlig del av digitaliseringen i näringslivet handlar om kunder och affärer. Initialt gäller det digital hantering och automatisering av processer och informationsflöden. Många svenska företag, bland annat inom energisektorn, har här kommit en bra bit på vägen, men det är ett pågående arbete som ständigt behöver utvecklas.

Med användning av AI finns en stor potential att nå längre när det gäller digitalisering på kund- och affärssidan. Grovt kan man dela upp fältet i tre områden som dock överlappar varandra:

- Kundtjänst
- Administration
- Nya tjänster

Generellt handlar det om ökad automation och om analys av olika former av kunddata som kan leda till allt från individanpassade kunderbjudanden och proaktiv kontakt med kunder, till nya typer av tjänster och affärsmodeller.

Medan Gartner uppger att 86 procent av energibolagen redan använder AI på kundsidan²¹ är bilden hos svenska företag i energisektorn snarare att man ligger i startgroparna för olika typer av försök men ännu inte har kommit till skarp användning.

Ett typiskt hinder är att det är relativt lätt att samla in kunddata och att analysera den på olika sätt, men för att det ska leda till praktisk affärsnytta behöver nya processer skapas och implementeras vilket är ett mer omfattande arbete.

Här följer några exempel på hur digitaliseringen fortskrider inom de tre områdena.

4.1 KUNDTJÄNST

Kravet på kundtjänst av hög kvalitet är särskilt stort i branscher. Å andra sidan kan kostnaden för traditionell kundtjänst vara hög, varför all form av effektivisering är välkommen.

Sedan några år har en stor del av företagets kontakt med kunder flyttat över till sociala nätverk som Facebook, Instagram och Twitter, samt till egna chattplattformar. För att hantera de olika kanalerna mer rationellt kan de samlas i ett gemensamt gränssnitt. Ett exempel på ett sådant verktyg som används av flera större svenska företag är **Relation Desk**.

²¹ Uppgiften förekommer i två olika blogginlägg: <https://techsee.me/blog/ai-in-utilities/> samt <https://utilityanalytics.com/2018/05/road-mapping-for-artificial-intelligence-are-utilities-already-there/>, möjligen från en intern Gartner-rapport. Gartner har dock inte bekräftat uppgiften.

Verktyget gör det möjligt att följa kontakten med samma kund i flera olika kanaler och se en samlad historik. Det kan också användas för att ställa om kundtjänstarbetet mellan normalläge och krisläge då antalet inkommande kontakter på kort tid kan öka mycket kraftigt.

Viktigt att notera är att användningen av sådana verktyg måste kompletteras av en organisation som är utformad för att utnyttja verktygets möjligheter, inte minst i krislägen.

Relation Desk arbetar för närvarande med att integrera ett automatiserat chattbotsystem i sitt verktyg. Sådana system används redan i kundtjänst av många företag och har både fördelar och begränsningar.

Chattbotsystemen är tillgängliga dygnet runt och svarar omedelbart. Men eftersom svaren ges enligt en trädstruktur, i princip på samma sätt som automatiska telefontjänster med knappval fast med lite större utrymme för alternativ, finns det en mycket tydlig gräns för vilka frågor systemet kan svara på.

Nästa steg vid digitalisering av kundtjänst är så kallade kognitiva system som bygger på förståelse av naturligt språk i kombination med en förmåga att tolka *intention* – vad någon egentligen vill ha hjälp med. Detta är en betydligt mer avancerad nivå som även kräver tolerans för att människor ändrar sig, växlar mellan att prata om flera olika saker osv. System med den här förmågan finns redan idag, och de kan dessutom analysera kundens känslouttryck och hantera situationen utifrån analysen, exempelvis genom att koppla samtalet till en mänsklig handläggare om kunden blir irriterad av maskinens bemötande.

Två av de internationellt mest kända systemen för sådan kognitiv dataanalys är Watson från IBM och Amelia från det amerikanska företaget IP Soft, där Amelia i högre utsträckning fokuserat på tillämpningar i kundtjänst.

Den första icke-engelska implementationen av Amelia gjordes av svenska SEB som inledde försök med att använda systemet för intern it-support 2016. Under 2017 utökades verksamheten så att även kunder kunde få hjälp av systemet som av SEB fått namnet Aida.

Exempel på frågor som Aida löser är återställning av lösenord, problem med betalkort samt att hitta närmaste bankkontor. Aida kan också hantera autentisering av användare när det krävs.

Enligt Ip Soft hanterar Aida omkring 200 kundfrågor om dagen och löser kundernas problem i 80 procent av fallen inom de områden systemet är tränat på. Aida kan också tolka intentionen i kundernas frågor i 85 procent av fallen²².

Ett par saker är viktiga att notera när det gäller system som Ip Softs Amelia:

- Eftersom systemet lär sig genom träning krävs en viss minsta mängd inkommande kundfrågor för att träningen ska bli effektiv och systemet ska kunna nå en tillräckligt hög förmåga att lösa kundernas problem. Enligt IpSoft krävs det idag en volym på mellan 100 000 och 250 000 inkommande

²² https://www.ipsoft.com/wp-content/uploads/2017/11/Case-Study-SEB_PDF.pdf

kundfrågor per år, under förutsättning att minst hälften av kundfrågorna fördelar sig på de fem till tio vanligast förekommande problemen.

- Vid införandet av sådana system är det avgörande att det sker i samarbete med företagets medarbetare, dels för att systemet ska bli ett stöd som avlastar medarbetarna och inte ett hot mot deras jobb, dels för att medarbetarnas kunskap är fundamental för träningen av systemet, även på längre sikt i takt med att systemets förmåga utökas.

4.2 ADMINISTRATION

Administrativa uppgifter som redan kan eller har automatiserats i energibranschen är till exempel:

- hantering av data från uppkopplade elmätare
- fakturahantering
- adressändring
- meddelande om strömavbrott mm

Ytterligare intressanta möjligheter är automatisk analys av kundbeteenden, exempelvis kring förändrad förbrukning, vilket kan trigga förslag från elleverantören om nytt elavtal, tips om förbrukning eller om problem med elutrustning. Signaler om att kunder är på väg att byta elleverantör skulle också kunna identifieras och hanteras.

Olika tekniska lösningar utvecklas och erbjuds för den här typen av automation.

En teknik som vuxit fram de senaste åren är **RPA** – Robotic process automation. RPA är en sorts system som "ser" samma gränssnitt i datorn som en mänsklig medarbetare ser, och som får lära sig att göra vissa repetitiva uppgifter "på skärmen" precis som människor gör dem, genom att härma människans handgrepp.

När RPA-systemet väl tränats upp behöver det däremot ingen bildskärm, men dock en dator och login-uppgifter, precis som en mänsklig medarbetare.

Fördelen är att automation kan ske utan ingrepp i underliggande system. Det möjliggör också automation när systemen saknar API – *Application Programming Interface* – den typ av gränssnitt som gör att ett system kan kommunicera med andra system genom direkta kommandon och direkt dataöverföring.

Typiska exempel på när RPA kan erbjuda effektivisering är när människor manuellt måste hämta data från ett system och föra in i ett annat.

Även **IP Soft** arbetar med kontorsautomation och hävdar att det kognitiva systemet Amelia om något år kommer att kunna hantera de flesta vanliga kontorsjobb på de flesta vanliga företag.

Automation av administrativa uppgifter kan också leda till nya affärsmöjligheter och nya affärsmodeller. Ett exempel är Uppsalaföretaget **Soft Robot** som specialiserat sig på att extrahera information ur bilder av dokument (att jämföras med system som IP Softs Amelia som istället extraherar information ur naturligt språk).

Företaget har sin största kundbas inom företag som arbetar med revision och bokföring där tekniken används för att automatisera flöden och processer och för att granska skatteärenden, juridiska dokument med mera.

På energiområdet har Soft Robot inlett ett samarbete med företaget **Alltid** som ägs av Vattenfall.

Alltid erbjuder sina kunder ett fast månadspris för elkostnad, inklusive nätavgift, med eller utan bindning på ett år. Månadspriset bygger på en analys av kundens nuvarande förbrukning och elavtal. Bakom tjänsten ligger Soft Robots teknik för att extrahera data från kundfakturer och elavtal samt algoritmer för dataanalys.

Soft Robot understryker att deras kompetens ligger i att fånga in och analysera data. För att åstadkomma en intressant tjänst eller en ny affärsmöjlighet krävs samarbete med företag som tillför domänkunskap, till exempel ett företag i energibranschen.

4.3 NYA TJÄNSTER

Samarbetet mellan Soft Robot och Alltid är ett exempel på hur administrativ automation och nya tjänster är två områden som flyter in i varandra.

Ett mer renodlat exempel på nya tjänster som byggs på AI och datainsamling är ett samarbete mellan Eon och Microsoft kring smarta hem. Samarbetet som presenterades i september 2018 bygger på att samla in data från alla hemmets elapparater – uppvärmning, kyla, solpaneler, lagring, elbilsladdning mm – och sammanställa informationen i en gemensam kontrollpanel i en app.

Med hjälp av AI-analys och maskininlärning ska systemet bli ett slags personlig assistent som lär sig hemmets rutiner och exempelvis ställer in rätt temperatur i tid när de boende kommer hem. Systemet ska också kunna se till att egenproducerad el används så långt möjligt, och även sälja lagrad eller egenproducerad el när det är mest förmånligt med hänsyn till aktuellt elpris.

De första tjänsterna från den gemensamma plattformen ska enligt ett pressmeddelande börja säljas 2019²³.

Ett annat exempel på en ny aktör på elmarknaden är det svensk-norska företaget Tibber vars affärsmodell är att, med hjälp av smart teknik, sälja så lite el som möjligt till så lågt pris som möjligt. I konceptet ingår att både hjälpa konsumenterna att minska sin elanvändning och att Tibber köper in el direkt från kraftverken utan några mellanhänder. Företagets vinst ligger istället i den månadskostnad på 39 kronor som alla kunder betalar. Bland företagets senaste tjänster finns styrning av uppvärmning med hjälp av smarta termostater som kopplar värmepumpar och radiatorer direkt mot elbörsen. Man har även lanserat mjukvara till elbilar som kan tala om för kunden när det är bäst läge att ladda elbilen.

²³ <https://www.eon.com/en/about-us/media/press-release/2018/eon-develops-highly-secure-smart-and-efficient-connected-home-solution-in-collaboration-with-microsoft.html>

5 Utmaningar som måste hanteras

Digitaliseringen skapar många nya möjligheter i form av nya tjänster, affärsmodeller och verktyg för att optimera sin verksamhet. På samma gång för den också med sig nya risker och utmaningar som energiföretagen måste hantera på ett eller annat sätt.

En central del i de risker och utmaningar som den ökade graden av digitalisering skapar gäller företagens hantering av kunddata, inte bara vad gäller säkerhets- och integritetsaspekter utan också vad gäller frågan om kundernas förtroende. Vilka risker medför datainsamling, vilka krav ställer det på företagen och hur ska företagen agera för att inte riskera kundernas förtroende?

Eftersom data utgör grunden för digitaliseringen och dess möjligheter är det viktigt att kartlägga risker och utmaningar kopplat till hanteringen av kunddata.

5.1 KUNDENS FÖRTROENDE

Lakomaa (SOU, 2016) lyfter det faktum att tidigare studier som gällt företagsrisker kopplat till digitalisering främst har fokuserat på risken att ett etablerat företag slås ut av nya konkurrenter som är snabbare/bättre på att anamma ny teknik. En minst lika viktig fråga är dock risken för anseendeskador kopplade till just hantering av data, vilket gäller för både existerande och nya företag. Enligt Lakomaa ses dock denna fråga inte alltid som en strategisk fråga för företagen, trots att risken för förtroendeskador inte är ny eller något som endast rör digital teknik.

Däremot kan man se ökade risker i och med uppkomsten av företag som bygger på hantering av data som genereras av oss konsumenter, som t.ex. Google och Facebook. Denna typ av företag erbjuder tjänster som möjliggörs av kunders användande av deras programvara. Hitintills har de flesta användare av dessa företags olika tjänster nästintill ofreflekterat gått med på deras affärsmodeller, och företagen har åtnjutit relativt högt förtroende genom att skapa tjänster som användarna efterfrågar baserat på den data som användarna genererar.

Exemplet Facebook visar dock på vad som händer när denna relation utnyttjas och skadas. Under 2018 avslöjades det att ett tredjepartsföretag, som samarbetat med Facebook, samlat in personlig information om miljoner Facebook-användare i många fall utan deras vetskap. Anklagelserna består också i att man sedan har använt informationen till att påverka väljare under det amerikanska valet under 2016. Efter denna incident har det dessutom framkommit uppgifter om säkerhetsintrång som har läckt användares information. Facebooks vd Mark Zuckerberg har fått utstå massiv kritik som har riktats inte bara mot Facebook utan också mot honom personligen. Enligt en nyligen genomförd undersökning är Facebook nu det tech-företag som har lägst förtroende vad gäller hantering av personliga data²⁴. Enligt undersökningen rankas Facebook lägst vad gäller ledarskap, etik, förtroende och anseende.

²⁴ <http://fortune.com/2018/11/08/mark-zuckerberg-facebook-reputation/>

Hur ett företag hanterar sin kunddata bör därför utgöra en viktig fråga inte bara för it-säkerhetsavdelningar utan även företagsledningar.

5.2 IT-SÄKERHET – EN CENTRAL FRÅGA KOPPLAT TILL DIGITALISERING

I takt med att allting i samhället, på företag och i våra privata liv blir alltmer uppkopplat och ihopkopplat ökar risken för it-attacker. Eftersom samhällets funktioner är ständigt mer beroende av fungerande it-system blir också konsekvenserna av skadliga attacker större. Därför ökar behovet och betydelsen av it-säkerhet kontinuerligt.

Många inom it-säkerhetsområdet vittnar idag om att ett problem som länge försvårat säkerhetsarbetet har varit en bristande kommunikation och förståelse mellan de som arbetar med it-säkerhet och den övriga verksamheten i organisationer.

Från verksamheten har man ofta utgått från att ansvaret för it-säkerhet ligger på it-säkerhetsavdelningen, medan de som arbetat med it-säkerhet många gånger har misstrott övriga medarbetares förmåga att förstå och upprätthålla it-säkerheten.

De allvarliga säkerhetsbristerna som uppstod i samband med en it-upphandling hos Transportstyrelsen från 2014/15, och som uppmärksammades stort under 2017, blev en väckarklocka för svagheten i det här synsättet.

I samband med medieuppmärksamheten ökade den allmänna medvetenheten om att it-säkerhetsarbete är ett lagarbete och något som måste pågå varje dag i hela organisationen.

Detta understryks av att den näst vanligaste anledningen till allvarliga it-intrång är misstag av mänskliga medarbetare som låter sig luras på olika sätt, näst efter attacker med virus och annan skadlig kod²⁵. En avgörande del i it-säkerhetsarbetet är därför att medvetandegöra alla medarbetare om hur ett säkert vardagligt arbetssätt ser ut, hur man känner igen tecken på intrång med mera.

Ytterligare en aspekt av it-säkerhet som är särskilt viktig för energibranschen är hotbilden mot uppkopplad industriell utrustning och mot system för infrastruktur.

Hotbilden har två sidor.

Den ena är att uppkopplad industriell utrustning många gånger har ett mycket dåligt utgångsskydd, exempelvis med enkla lösenord som ofta lämnats oförändrade efter leverans från fabrik. Dessutom handlar det i många fall om utrustning byggd på gamla osäkra system som inte uppdateras med avseende på säkerhet, eller inte ens kan uppdateras. En stor del av all uppkopplad industriell utrustning ligger därför vidöppen för attack.

Den andra sidan är att konsekvenserna av it-intrång och it-attacker kan bli mycket stora. Dels kan en inkräktare skaffa sig värdefull information om systemets design och har ofta gott om tid att göra det – den genomsnittliga tiden från intrång till

²⁵ <https://www.kaspersky.com/blog/the-human-factor-in-it-security/>

upptäckt är idag 197 dagar²⁶. Dels kan en inkräktare åstadkomma stora skador i samhället genom att slå ut omfattande datasystem och infrastruktur.

Allvaret i den typen av hot har blivit uppenbart genom en rad stora attacker på nationell nivå i Ukraina, som enligt de flesta bedömare genomförts inom ramen för cyberkrigföring under Rysslands kontroll. Under 2015 och 2016 slogs stora delar av det ukrainska elnätet ut, och det framstod då dessutom som att angreppen avsiktligt upphörde vid en viss punkt trots att hela elnätet mycket väl kunde ha slagits ut²⁷.

Och under sommaren 2017 inträffade ytterligare en attack i Ukraina där intrånget började genom en allmänt använd hjälpprogramvara för skattedeklaration. På några timmar spred sig den skadliga koden, kallad *NotPetya*, genom Ukraina och släckte ner samtliga datorer och gjorde dem obrukbara på minst fyra sjukhus, sex energibolag, två flygplatser och mer än 22 ukrainska banker – totalt över 300 företag. Tiden från att koden nådde ett system till total nedsläckning var bara något tiotal sekunder – man hann inte ens rycka ut nätverkssladden för att rädda utrustningen.

Angreppet spred sig även internationellt och slog bland annat ut hela datorsystemet på den danska sjötransportjätten Maersk som står för nära en femtedel av världens totala godstransporter till sjöss. Efter två veckor av intensivt återuppbyggnadsarbete kunde Maersk återgå till normal verksamhet, men bara tack vare att en kopia av en avgörande del av nätverket råkade klara sig i ett lokalt it-system i Ghana på grund av ett strömavbrott. Kostnaderna för Maersk beräknades till mellan 250 och 300 miljoner dollar, medan kostnaden för de totala skadorna av NotPetya uppskattas till mer än 10 miljarder dollar²⁸.

Till den här hotbilden ska läggas att det idag är allt lättare utföra effektiva it-attacker – allt från kriminell aktivitet i syfte att tjäna pengar till statsunderstödd cyberkrigföring – med hjälp av färdiga verktyg och kod som går att köpa via internet.

Sammantaget understryker detta betydelsen av att it-säkerhet måste vara en integrerad del av alla system och alla projekt med digital teknik, och att säkerhetsarbetet måste beröra alla involverade.

Just inom området infrastruktur är det viktigt att notera det så kallade NIS-direktivet som trädde i kraft som svensk lag den 1 augusti 2018.

²⁶ <https://securityboulevard.com/2018/07/survey-finds-breach-discovery-takes-an-average-197-days/>

²⁷ <https://www.wired.com/story/russian-hackers-attack-ukraine/>

²⁸ <https://www.wired.com/story/notpetya-cyberattack-ukraine-russia-code-crashed-the-world/>

NIS-direktivet syftar till att åstadkomma en hög gemensam säkerhetsnivå för nätverk och informationssystem inom EU. Lagstiftningen gäller leverantörer av samhällsviktiga tjänster, för nätverk och informationssystem, både inom privat och offentlig verksamhet, och omfattar sju sektorer:

- Energi
- Transport
- Hälso- och sjukvård
- Dricksvatten
- Digital infrastruktur

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) koordinerar nationellt arbetet med tillsynsmyndigheterna²⁹.

²⁹ <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Informationssakerhet/NIS-direktivet/>

6 Frågeställningar och förslag till projektidéer för branschen att gå vidare med

I detta avslutande kapitel ger vi några övergripande förslag till frågeställningar och projektidéer som branschen kan gå vidare med för att fortsätta bygga kunskap inom digitaliseringsområdet. Syftet är inte att ge färdiga projektförslag utan istället är kapitlet tänkt att kunna användas som diskussionsunderlag kring olika frågeställningar inom området som känns angelägna för branschgemensamma forskningsinsatser.

Framtidens energisystem bjuder på många utmaningar. Digital teknik kan bidra med lösningar på många av dessa utmaningar, inte minst vad gäller styrning och optimering av variabla, distribuerade energisystem samt bättre prognoser och prediktivt underhåll. Fortfarande finns det frågetecken om vad blockkedjeteknologin skulle kunna bidra med i framtidens energisystem, medan det finns stora förhoppningar på en alltmer automatiserad kundtjänst och administration.

Nedan ges några skissartade projektförslag och frågeställningar för branschen att diskutera.

6.1 EN MARKNADSPLOTS FÖR HANDEL MED ENERGI OCH EFTERFRÅGEFLEXIBILITET I ETT LOKALT ENERGISYSTEM

I syfte att öka kunskapen om hur framtidens energisystem kan möta kommande utmaningar i form av lokalt producerad el kopplat till energilagring och laddning av elfordon föreslås en testbädd för en marknadsplats för handel med energi och efterfrågefleksibilitet.

Tanken är att realisera en lokal marknadsplats (eller flera) med tillhörande infrastruktur för handel med lokalt producerad el, energilagring, efterfrågefleksibilitet, laddning av elfordon, med mera. Marknadsplatsen ska erbjuda nyttigheter till el- och värmemarknaden som förnybar el, effektutjämning och styrning av värme- och kylbehovet och på så sätt bidra till ett uthålligt och klimatneutralt samhälle.

Projektet delas lämpligen upp i två etapper, dels en förstudie, dels en genomförandefas som baseras på förstudiens resultat.

Konkret ska förstudien behandla följande frågor:

- Identifiera vad som kan/bör styras och handlas med på den lokala marknadsplatsen och identifiera de viktigaste aktörerna samt deras tänkbara roller
- Hur ska testbädden utformas för att vara relevant både för energiföretagen och de lokala aktörerna i stadsdelen?
- Val av testplats/platser

- Specifikation för testbädden, innefattande interface mellan teknologi, medborgare/prosumenter samt energimarknadens aktörer
- Identifiera teknologier som kan ingå i testbädden (solceller, batterier, termiska lager, elbilar, kontrollalgoritmer, styrsystem och ICT infrastruktur, användarinterface)
- Identifiera systemplattformen, digitala lösningar och agenter för marknadsplatsen
- Förutsättningarna att koppla marknadsplatsen till handel via blockchain
- Hur it-säkerhet kan säkerställas samt frågor relaterade till GDPR
- Uppskatta kostnader samt ställa upp en projektbudget för genomförandefasen
- Beskriva en genomförandeplan med arbetspaket och tidplan för installation och utvärdering av testbädden
- Identifiera den eller de roller som lämpligen kan tas av de "traditionella" energiföretagen

För att kunna motivera investeringar i en lokal marknadsplats samt tillhörande produktions- och lagringsinfrastruktur samt system för styrning bör marknadsplatsen vara uppsatt så att konsumenterna/prosumenterna enkelt kan bli delaktiga i och se vinsten av sina investeringar direkt. Det bör vara ett plug-and-play system med digital access och enkla styrregler där man kan välja att vara aktiv eller passiv konsument/producent. Att tillhandahålla energitjänster såsom lagringskapacitet och efterfrågefleksibilitet bör kopplas till ett marknadsvärde som den enskilde kan handla över en digital marknadsplattform.

Marknadsplatsen kräver implementering av flera teknologier, bland annat produktions- och lagringsinfrastruktur, mät-, styr- och reglerinfrastruktur, algoritmer för styrning, en systemplattform för marknadsplatsen, etc. En central fråga handlar om plattformens it-säkerhet.

6.2 PREDIKTIVT UNDERHÅLL

Det finns goda argument som talar för att energiföretagen bör påskynda utvecklingen mot prediktivt och tillståndsstyrt underhåll av sina anläggningar, system och komponenter. Några av motiven är effektivisering, kostnadsoptimering, färre planerade och oplanerade avbrott, ökad tillgänglighet samt i slutändan också ökad kunskap om den egna anläggningen.

Samtidigt är det uppenbart att energisystemet innehåller ett mycket stort antal komponenter och delsystem som byggs samman till helheter. Varje anläggning eller system blir på så sätt i flera avseenden unik. Dessutom byts komponenter och delsystem ut kontinuerligt, vilket gör att förutsättningarna i en anläggning hela tiden förändras. Det innebär att managementsystem för prediktivt underhåll måste vara flexibla och att inte minst data från olika sensorer bör hanteras på ett standardiserat sätt.

En satsning skulle kunna inledas med att energibranschen tillsammans med övriga intressenter genomför en kvalificerad förstudie i syfte att lägga grunden för en arkitektur för ett öppet system för prediktivt underhåll inom energisektorn.

En vision för arkitekturen för ett managementsystem för prediktivt underhåll skulle möjligtvis kunna innefatta följande punkter:

- Ett öppet system som inte låser en anläggningsägare till en viss leverantör. Anläggningsägaren äger data som samlas in från sensorer
- En öppen plattform som möjliggör att olika leverantörer av systemlösningar för prediktivt underhåll kan ansluta sina lösningar. Dessa system i sig kan vara slutna system. En målbild kan kanske vara att skapa något som påminner om app:ar i mobiltelefonen
- Lärande system baserat på AI
- Standardiserade lösningar för hantering av data från sensorer och den vidare hanteringen i molnet
- Möjlighet att bygga samman helhetsbilder för prediktivt underhåll av en energianläggning baserat på kunskap om underhåll av enskilda komponenter i systemet. Det innebär att resultaten från analyserna av komponenter och delsystemen troligen bör vara öppna och standardiserade
- Plattformen och de delsystem som ansluts måste uppfylla kraven för it-säkerhet

Baserat på arkitektur som föreslås görs sedan konkreta demonstrationer på ett antal delsystem i energisystemet.

Aktuella frågeställningar kopplat till projektförslaget är:

- Vilken potential finns till kostnadsminimeringar/energieffektiviseringar/ökad tillgänglighet genom prediktivt underhåll i Sveriges energisektor?
- Generaliserbarhet över hela energisektorn?
- Kravskillnader mellan olika delar av energisystemet?

6.3 EN FÖRDJUPNINGSSTUDIE OM BLOCKKEDJETEKNOLOGIN

För att ytterligare fördjupa kunskapen kring blockkedjeteknologin och dess eventuella möjliga applikationer inom energibranschen föreslås en förstudie kring tekniken. Projektet bör inledas med en övergripande kartläggning över tillämpningsområden relaterat till energi för att översiktligt kunna värdera dessa.

I övrigt bör projektet omfatta följande arbetsmoment:

- Välj ut några tillämpningar som bedöms som särskilt intressanta för blockkedjetekniken. Detta moment kan lämpligen knytas till en scenarioanalys
- Dessa områden analyseras mer på djupet avseende fördelar/nackdelar och hinder för blockkedja – i lite olika aktörsperspektiv. Kan vi t.ex. bedöma värdet för en viss aktör att medverka?
- Skissera på hur blockkedjan skulle kunna utformas
- Försöka bedöma vilka som skulle vara intresserade/målgrupp, vilka som bjuds in att delta, organisation, huvudmän etc.
- Beskriva handelsplatsen/handelsplatserna
- Kostnad för att sätta upp och drifva ett system som bygger på blockkedjetekniken
- Skissera pilotprojekt

Ett ytterligare förslag är en mer specifik utvärdering av P2P-handel och blockkedjeteknik. Syftet skulle då vara att undersöka möjligheter kring hur man genom tillämpning av blockkedjeteknik och P2P-nätverk kan förbättra energisystemets funktion, affär, hållbarhet och säkerhet.

Aktuella frågeställningar kopplat till detta förslag är:

- Kan ny teknik bidra till affärsnytta och isåfall hur? Vari ligger affären?
- Kan ny teknik bidra till hållbarhet och isåfall hur?
- Kan ny teknik bidra till säkerhet och isåfall hur?
- Kan P2P respektive blockkedjeteknik leda till minskade administrativa kostnader? För vem?
- Innebär P2P och blockkedjeteknik indirekta kostnader? För vem?

Aktuella arbetsmoment kunde då vara:

- Kartläggning kring aktörer (delvis gjord)
- Analys av nuvarande energisystem och marknad utifrån frågeställningarna
- Analys av P2P med respektive utan implementering av blockkedjeteknik, där man identifierar följande:
- Jämförelse över hur de tre systemen (nuvarande, P2P med blockkedja, P2P utan blockkedja) – var finns styrkor, svagheter, hur uppnås totalt sett högst nytta samt finns det något delområde där något av systemen sticker ut?

Dessutom bör projektet identifiera:

- Vad krävs för teknik i systemet för att möjliggöra detta och vad kostar den relativt eventuella besparingar för marknadsaktörerna?
- Vem ska operera blockkedjan? Vem tar eventuell förtjänst av att blockkedjan existerar?
- Utifrån ett kostnadsnyttoperspektiv – hur och på vilket sätt blockkedjeteknik kan bidra till säker styrning av olika anläggningar?

6.4 EN FÖRDJUPINGSSTUDIE OM AI-APPLIKATIONER FÖR ENERGIBRANSCHEN

För att ytterligare fördjupa kunskapen kring artificiell intelligens och dess eventuella möjliga applikationer inom energibranschen föreslås en förstudie kring tekniken. Ett viktigt syfte med ett sådant projekt skulle vara att bevaka utvecklingen av tekniken – var tekniken befinner sig idag, exempel på möjliga applikation samt vad man ser framför sig kommer att bli verklighet inom 5-10 år.

Mer konkret kan en sådan förstudie omfatta följande frågeställningar:

- En genomgång av AI-tekniker och applikationer i ett vidare perspektiv
- Inom vilka områden (t.ex. språk- och/eller bildanalys) ser man snabbast utveckling?
- Var används AI idag inom energisektorn i Sverige och utomlands?
- Inom vilka delar av energisektorn/energiföretagen ser man störst användningspotential? Prognoser? Felsökning? Styrning/optimering? Kundtjänst/administration?
- Vilken potential finns för AI för energisektorn i form av t.ex. energieffektiviseringar, kostnadseffektiviseringar?
- Vilka regelverk och standarder behövs?
- Etiska aspekter – vilka är fallgroparna inom energisektorn?

7 Referenser

Ytterligare referenser finns i Delrapport 1 (Löfblad m.fl, 2018).

Bloomberg (2017). *Digitalization of Energy Systems. A white paper*. November 6, 2017. Bloomberg New Energy Finance.

Löfblad, E., Unger, T., Holmström, D., Lewan, M. & Montin, S. (2018). *Digital utveckling och möjligheter för energisektorn*. Ett kunskapsprojekt. Delrapport 1. Energiforsk rapport 2018:501.

SOU (2016). *Digitaliseringens effekter på individ och samhälle*. Fyra temarapporter. Kapitlet: *Lakomaa, E. Digitaliseringen, förtroendet, företagen och konsumenterna*. Digitaliseringskommissionen. Statens offentliga utredningar, SOU 2016:85.

8 Mer att läsa

Ytterligare referenser finns i Delrapport 1 (Löfblad m.fl, 2018).

DHC+ Technology Platform (2018). *Digital Roadmap for District Heating & Cooling*.

ENISA (2016). *Report on Cyber Security Information Sharing in the Energy Sector*. Final version 1.1, November 2016.

Garrick, H. & Rauchs, M. (2017). *Global Blockchain Benchmarking Study*. Cambridge Centre for Alternative Financing, University of Cambridge Judge Business School.

Kounelis, I., Guiliani, R., Geneiatakis, D., Di Gioia, R., Kaopoulos, G., Steri, G., Neisse, R. & Nai-Fovino, I. (2017). *Blockchain in Energy Communities*. JRC Technical Reports. European Commission.

OECD (2018). *OECD Reviews of Digital Transformation: Going Digital in Sweden*, OECD Publishing, Paris. ISBN 978-92-64-30225-9.

Vinnova (2016). *Digitalisering av svensk industri. Kartläggning av svenska styrkor och utmaningar*. Vinnova och Roland Berger, januari 2016.

World Energy Council (2018). *World Energy Insights Brief 2018. Is Blockchain in Energy Driving an Evolution or a Revolution?*

World Energy Council (2018). *World Energy Issues Monitor 2017. Exposing the New Energy Realities*. ISBN 978 0 946121 65 6.

DIGITAL UTVECKLING OCH MÖJLIGHETER FÖR ENERGISEKTORN

Digitaliseringens andra våg kommer att påverka energisektorn i grunden. Målet är här att öka den allmänna kunskapen inom energibranschen kring digitalisering och att lägga grunden till branschgemensamma forsknings- och utvecklingssatsningar inom området.

Rapporten ger exempel på hur digital teknik skapar nya möjligheter att styra och optimera såväl enskilda energianläggningar som energisystemet i sin helhet. Verktyg som AI-baserade system och digitala tvillingar är viktiga inslag. Även prediktivt och tillståndsstyrt underhåll är ett område som tack vare digital teknik kan komma att spela en central roll inom energisektorn.

Bland vinsterna med digital teknik syns minskade drift- och underhållskostnader, en ökad effektivisering, färre planerade och oplanerade avbrott, en ökad tillgänglighet och en bättre kunskap om den egna anläggningen.

Den digitala tekniken skapar också nya möjligheter på energimarknaden med allt från P2P-handel, systemtjänster och handel med efterfrågefleksibilitet till nya prismodeller. Det gränsar också till den förändring som digitaliseringen driver på när det gäller affärs- och kundsidan av energiföretagens verksamhet.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk