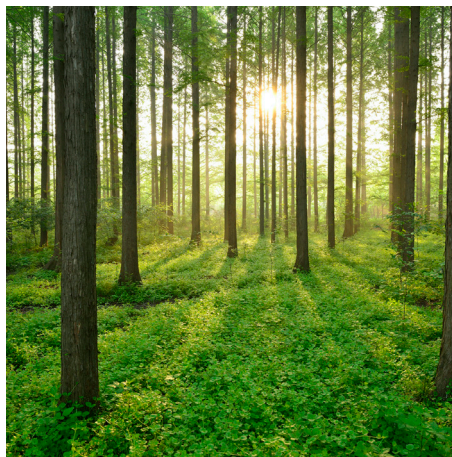
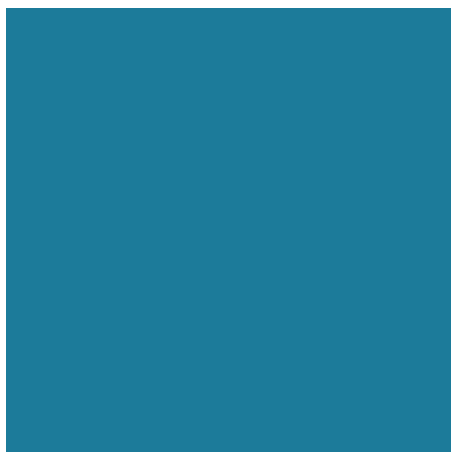


FÖRSTUDIE: AI OCH DIGITALISERING MED FOKUS PÅ ELNÄTEN

RAPPORT 2024:1048



ELNÄTENS HÅLLBARA
TEKNIKUTVECKLING OCH
DIGITALISERING



Förstudie: AI och digitalisering med fokus på elnäten

STEFAN MONTIN

ISBN 978-91-89919-48-8 | © Energiforsk september 2024

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

Förord

Här redovisas resultat och slutsatser från en förstudie om AI. Arbetet har finansierats av Energiforsks forskningsprogram Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering. Det är rapportförfattaren som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Denna förstudie har finansierats av Energiforsks forskningsprogram Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering. Syftet med förstudien är att beskriva utvecklingsfronten inom AI idag och i en nära framtid med fokus på specifika tillämpningar inom energisektorn. Med detta som grund har projektet identifierat angelägna forsknings-satsningar om AI för energisektorn och särskilt för elnät

Nyckelord

AI, Generativ AI, Elnät, Digitalisering elnät, Digitalisering energisektorn

Summary

This study has been financed by Energiforsk's research program Sustainable technology development and digitization of the electricity grids. The purpose of the study is to describe the development front within AI today and in the near future with focus on specific applications in the energy sector. Based on this, the project has identified important research efforts on AI for the energy sector and especially for power grids.

Innehåll

1	Bakgrund	7
2	Förstudie	8
3	Områden som särskilt lyfts fram under intervjuerna	9
4	Energiforsks forskningssatsningar om digitalisering och AI	12
5	Förslag på forskningssatsningar för Energiforsks forskningsprogram "Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering"	14

1 Bakgrund

Energisektorn har kommit olika långt när det gäller digitalisering och specifikt användningen av AI. Flera energiföretag har redan idag avancerade projekt på gång när det gäller AI. Framför allt handlar det om mer "traditionell" AI (optimering, prediktion, anpassning, övervakning, styrning), som är specifikt användbar för olika tillämpningar inom energisektorn. Det pågår också flera forskningsprojekt, några där även Energiforsk deltar.

Generativ AI (ChatGPT, etc) har under de senaste åren fått stor uppmärksamhet och här sker en snabb utveckling. Generativ AI förväntas få genomgripande påverkan på morgondagens samhälle. Utvecklingen är förenat med stora möjligheter, men också betydande risker, vilket uppmärksammas av såväl forskarsamhället som politiskt. Det är dock oklart i vilken utsträckning generativ AI kommer att påverka energisektorn. Applikationer med generativ AI är ofta generella med tillämpningar inom kommunikation, marknad, compliance, informationsbearbetning mm.

2 Förstudie

Som ett led i denna förstudie har Energiforsk genomfört en översiktlig kartläggning av hur AI används inom energisektorn och industrin idag samt vad företag inom energisektorn i ett framtidsperspektiv skulle vara intresserade av att åstadkomma med hjälp av AI och maskininlärning. Kartläggningen bygger på intervjuer med ett 30-tal personer som arbetar med digitalisering och AI i olika företag och organisationer i Sverige. Intervjuerna har gjorts av framtidsanalytikern Mats Lewan och resultaten finns redovisade i rapporten AI i energisektorn och industrin – en kartläggning och framåtblick¹. Intervjuerna visar att det finns ett stort intresse hos företagen inom energisektorn att utforska och använda digitalisering och AI för att effektivisera verksamheten och lösa nya utmaningar.

I rapporten har de frågeställningar som tagits upp under intervjuerna delats upp i följande områden; prognoser, simulering, styrning, optimering, hantering av ansökningar, klassificering, fjärrvärme, prediktivt underhåll, LLM/språkmodeller, datorseende/bildanalys/ljudanalys och felsökning. Nedan sammanfattas några av de tankar och förslag som förts fram under intervjuerna.

¹ www.energiforsk

3 Områden som särskilt lyfts fram under intervjuerna

Prognoser

Prognoser och prediktion är ett område där AI har förutsättningar att spela en central roll, förutsatt att man har god tillgång på data av hög kvalitet för att träna modellerna på. Området är dock komplext och omfattar en lång rad frågeställningar. Här listas ett några synpunkter som lyfts fram under intervjuerna:

- Prognostisera efterfrågan på el och effekt, från sekunder, minuter timmar till dagar/veckor samt med lokal/regional uppdelning.
- Prognostisera produktionen från vind och sol i olika tidsperspektiv (även korta ned till minuter) och med lokal/regionalt upplösning.
- Prognostisera tillgängligheten av flexibilitet och hur den kan komma in för att balansera elsystemet. Kopplat till detta finns en särskild problematik med smarta system som autonomt handlar el efter vissa priskriterier (inkl dynamiska nättariffer).
- Prognoser utvecklade för nätplanering, dimensionering och förutspå flaskhalsar i elnätet.
- Prognoser kopplade till flödesbaserad kapacitetsberäknings- och kapacitetsallokering.

Simulering och digitala tvillingar

Simulering är nära kopplat till prognoser och kan baseras på digitala tvillingar. Ett exempel är kraftsystemhubben (en digital tvilling av det svenska kraftsystemet) som utvecklats av Svenska kraftnät och som ska finnas tillgänglig som webbverktyg från 2027. Ett annat exempel är den effektkarta för det framtida elsystemet i Sverige som nu tas fram av AI Sweden. Den är tänkt att vara en visualiseringsplattform med prognosmodell för effektbehovet fram till 2030.

Några frågeställningar med koppling till simulering och digitala tvillingar som diskuterades under intervjuerna:

- Digitala tvillingar skulle kunna användas som beslutsstöd för nya elanslutningar eller som underlag för effektprognoser och nätutvecklingsplaner. Kanske kan digitala tvillingar på lokal nivå användas av nätföretagen för att automatisera beslutsprocessen när det gäller ansökningar om att få ansluta tex. solcellsanläggningar och batterier?
- Simulera effekten av prissättningsmodeller för effekttariffer i elnäten med hjälp av AI.
- Simulera hur efterfrågefleksibilitet kommer in och påverkar kapaciteten i elnäten.
- Digitala tvillingar av kontrollrum (tex. en kraftvärmeanläggning) för träning eller som beslutsstöd för att prioritera och hantera olika larm.

Styrning och optimering

Även styrning och optimering är nära kopplat till punkterna ovan. Styrning och optimering av tex. en process kräver kännedom om dess tillstånd samt hur processen reagerar på olika styrsignaler och för detta kan prognoser och simulering/digitala tvillingar vara viktiga verktyg. Några exempel på frågeställningar som tagits upp under intervjuerna:

- Många fjärrvärmebolag saknar kvalificerade optimeringsverktyg för driften av sina fjärrvärmesystem. Det kan handla om ekonomisk och miljömässig optimeringen av driften för leveransen av värme/kyla och av elproduktionen från kraftvärme baserat prognoser om framtida elpriser (inkl bud på vissa systemtjänster) kombinerat med att ta hänsyn till flexibiliteten/värmtrögheten i systemet (tex i fastigheter).
- Produktionsoptimering av vattenkraften längs ett vattendrag.
- Optimering av installationen och driften av batterier i ett elsystem.
- Optimera designen och driften av laddinfrastrukturen.
- Optimera lastbalansering av elnät utifrån prognoser.

Prediktivt underhåll

Prediktivt underhåll baserat på sensorer och data om aktuellt tillstånd plus prognoser om fortsatt tillstånd kan bidra till att effektivisera och minska kostnaderna för framtida underhåll. Det är dock ett komplext verktyg som också kräver betydande mängder data för en AI att träna på. Några kommentarer från intervjuerna:

- Erfarenhet genom åren är att detta aldrig kommer att ge tillbaka pengarna. Ska man göra något ska det vara komponenter med hög påverkan på säkerhet om de går sönder.
- Kan kanske vara av intresse för vindkraft och särskilt off shore. Det finns mycket data hos leverantörerna. Vindkraft har andra förutsättningar för underhållsanalys än exempelvis vattenkraft när det gäller instrumentering och datainsamling, med modernare utrustning och ofta nybyggnation, vilket skapar ett mer lättarbetat informationslandskap.
- Monitorering och prediktering av läckage i fjärrvärmerör skulle kanske kunna vara en tillämpning.

Datorseende, bildanalys, ljudanalys

Bild- och ljudigenkänning bygger på mönsterigenkänning som är en väl utvecklad applikation inom AI. Tekniken blir dessutom allt bättre. Inom energisektorn finns en lång rad exempel på hur det används praktiskt redan idag.

Klassificering

Klassificering kan göras effektivt med AI även med relativt enkla modeller och algoritmer. Exempelvis:

- Energiprofil för olika kunder.
- Elkvalitet i ett visst område, tex med hänsyn till solpaneler.
- Upptäckt av onormal förbrukningsmönster.

- Klassificering av olika typer av frågeställningar som ställs till kundtjänster via e-post och chattar.

Språkmodeller

Det finns intressanta idéer och förslag på hur språkmodeller skulle kunna användas. Det kan exempelvis handla om administration, HR, kundrelationer, marknadsföring, men också om mer tekniskt specifikt som felsökning, extrahera information om personrisk och arbetsmiljö ur data från incidentrapporter eller hur ska man hantera och prioritera larm i ett kontrollrum.

4 Energiforsks forskningssatsningar om digitalisering och AI

Energiforsk har idag ett 25 tal pågående (och nyligen avslutade) satsningar kring digitalisering och i viss mån även AI. I tabellen på nedan listas projekten.

Vattenkraft	Status
Forum för digitalisering inom vattenkraften	Offert för ny period
Digital twins of regulated river stretches coupling hydraulic modelling with individual based models	Pågår
Using machine learning for improved eel downstream passage design	Pågår
Condition monitoring for the identification of behavioral changes – continuation stage	Pågår
Artificial intelligence for enhanced hydraulic turbine lifetime	Pågår
Prediktivt verktyg för nedströmspassage hos blankål – maskininlärning för IBM ålbeteende och hydraulik	Pågår
Increasing downstream passage efficiency for re-spawners: adding telemetry, in Klarälven	Pågår
Turbine passage study for fish in Sweden	Pågår
Digitaliserad betongskadeinspektion inom vattenkraften	Pågår
Datadrivna metoder - etapp 4	Pågår
Kärnkraft	
On-premise AI solutions	Pågår
Inspektion av betongkonstruktioner på distans	Pågår
Instrumentering av betongkonstruktioner	Pågår
Trendning av data från mätningar/inspektioner	Pågår
Digital twins for Turbogenerators	Pågår
Neutron flux measurments	Förfrågan
Feasibility Study on Artificial Intelligence Technologies 2023-923 (energiforsk.se)	Avslutat
Mapping of condition monitoring systems and methods	Avslutat
Elnät	
Effektprognoser för lokalnät	Pågår
AI-modeller för prognostisering av efterfrågan på el	Pågår
Elnätens digitalisering och IT-säkerhet - slutsyntes	Avslutat
Fjärrvärme	
Plattform för prediktivt underhåll, Predhict	Avslutat
Praktiskt genomförande av samoptimering med systemperspektiv	Pågår
Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov	Avslutat
Digital verktygslåda för prosumtion inom fjärrvärme	Avslutat
Fossileye	Pågår
Energisystem och marknad	
Digitalisering inom energisektorn	Avslutat

Det betyder att Energiforsk sammantaget har en relativt omfattande verksamhet. Men satsningarna är långt ifrån heltäckande och speglar inte heller potentialen med AI. De förslag till nya forskningssatsningar som presenteras nedan utgår från de frågeställningar som lyfts fram underintervjuerna.

5 Förslag på forskningssatsningar för Energiforsks forskningsprogram "Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering"

Användningen av AI inom energisektorn är fortfarande relativt begränsad samtidigt som utvecklingspotentialen är stor. Den utveckling som förutses handlar främst om en ökad användning av mer traditionell AI med maskininläring och applikationer som prognoser, simulering, optimering, prediktering, mönsterigenkänning och anpassning. Även för generativ AI finns det dock intressanta idéer och möjliga applikationer för energisektorn.

En forskningssatsning på AI initierad av Energiforsk bör fokusera på ett begränsat antal frågeställningar/tillämpningar av AI och i första hand kring traditionell AI. I det följande föreslås sex forskningsområden som bedöms vara intressanta att utveckla som forskningsprojekt för Energiforsks forskningsprogram "Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering".

De utpekade forskningsområdena måste utvecklas närmare i samverkan mellan intresserade nätföretag och övriga intressenter. En viktig notering är att förslag inte bedöms hamna i "konflikt" med pågående satsningar inom Energiforsk, dvs de leder inte till dubbelarbete. Snare tvärt om att de kan berika pågående satsningar. Däremot kommer vissa av förslagen att behöva anpassas till och koordineras med satsningar som genomförs av andra organisationer och företag.

Synteser och omvärldsbevakning

I dag saknas inom Energiforsk en permanent mötesplats – forum – för elföretagen och övriga berörda intressenter/forskare rörande forskning och utveckling kring digitalisering och AI. Fråga har hög prioritet och här bör ett initiativ tas. Syftet med att skapa ett forum är att:

- Påskynda och utveckla tillämpningarna av AI inom energiområdet och särskilt nätområdet.
- Stärka kunskapsutbytet mellan energiföretagen och övriga intressenter om AI-utvecklingen.
- Initiera och genomföra fördjupade analyser där AI bedöms kunna spela en avgörande roll för utvecklingen inom energiområde eller för en specifik tillämpning, tex. inom nätområdet.
- Initiera nya FoU-satsningar där så bedöms angeläget.

I forumets arbete bör ingå att med vissa intervall dels analysera AI-utvecklingen generellt, dels analysera hur AI används inom olika delar av energisektorn och specifikt nätområdet. I det senare ingår att sammanfatta konkreta erfarenheter av användningen av AI samt att beskriva olika forsknings- och utvecklingssatsningar som görs inom energisektorn och vilka lärdomar som finns av dessa. Workshops kring specifika frågeställningar bör vara ett regelbundet inslag. Med detta som

grund kan programmet "Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering" ta initiativ till kompletterande eller nya satsningar.

Årlig AI- och digitaliseringskonferens

Som ett resultat av denna förstudie undersöker Energiforsk nu förutsättningarna att till hösten 2024 anordna en AI- och digitaliseringskonferens med fokus på energisektorn. Konferensen kommer att arrangeras i samarbete med flera organisationer. Konferensen ska vara självfinansierad via konferensavgifter.

Prognoser för elefterfrågan

I takt med att elsystemet blir alltmer komplext, med ökad mängd sol- och vindkraft, ökat el- och effektbehov, efterfrågefleksibilitet för att jämna ut effekttoppar, kapacitetsutmaningar i elnäten, övergång till flödesbaserade kapacitetsallokeringsmetoder, en allt starkare koppling till den europeiska elmarknaden, etc. så växer en bild fram av att det blir allt svårare att prognostisera såväl elbehovet som belastningen på elnäten i olika tidsskalor. Det finns tecken på att priskänsliga och flexibla elanvändare nu börjar bli ett betydande problem för elmarknaden i stort och särskilt deras balansansvariga leverantörer. Konsekvensen blir bl.a. att prispåslagen för dessa kundgrupper skjuter i höjden. Svårigheten ligger både i att kunna prognostisera hur elanvändare faktiskt reagerar på spotpriserna och att kunna prognostisera hur spotpriserna blir när buden läggs.

Samtidigt med denna utveckling sker en utveckling mot att använda kundernas flexibilitet som ett alternativ till att investera i nätkapacitet. Det kan både handla om nya sätt att ta betalt för nätkapacitet och nya marknadsplatser för flexibilitet. Flexibilitet hos elanvändare har också blivit en intressant resurs som störnings och frekvensregleringsreserv.

Prognosbarhet och styrbarhet är nyckelbegrepp här. Både balansansvariga och nätägare kommer att behöva utveckla sina prognosverktyg för att kunna prognostisera kundernas förbrukning. AI kan här bli ett avgörande verktyg. Det är tydligt från intervjuerna med el/nätbolagen och fjärrvärmebolagen att AI framöver kommer att bli ett allt viktigare verktyg för prognoser och det finns en lång rad områden som behöver utforskas och vidareutvecklas, bl.a. hur man kan samla in data och utforma effektiva algoritmer. En fråga som särskilt lyfts fram handlar om hur olika prognosmodeller utbyter information med varandra. Att koppla ihop de olika delarna är en betydande utmaning. (Prognos och optimering av produktion, lagring, distribution, kapacitet, laddning av elbilar, etc. – hur får vi ihop delarna till en helhet?). Det saknas också standarder.

Intervjuerna visar samtidigt att det bedrivs flera aktiviteter kring utveckling av prognoserna, inte minst hos Svk, men också att det finns ett uttalat behov från flera av de intervjuade att vidareutveckla både prognosverktygen och prognoserna, särskilt när det gäller att prognostisera dels hur elanvändare reagerar på spotpriserna och hur spotpriserna blir när buden läggs. Området prognoser bör därför vara ett huvudområde för Energiforsks AI-satsning och rikta sig brett till olika delar av elsystemet, dvs elproducenter, balansansvariga, nätägare samt vissa IT-bolag.

Energiforsk avser att ta initiativ till en fördjupad förstudie för att utveckla en forskningssatsning kring dessa frågeställningar. En nära dialog kommer därvid att sökas med bl.a. nätföretagen, Svk och balansansvariga.

Simulering/optimering baserat på digitala tvillingar av elsystemet

Utvecklingen av digitala tvillingar som beskriver elsystemet är en intressant utveckling. Det kan handla om digitala tvillingar som beskriver ett lokalt elsystem och som kan simulera hur kapaciteten i det lokala elnät påverkas av olika kombinationer av effektuttag. Belastningen på elnätet kan i sin tur baseras på kort- och långtidsprognoser som beräknas med AI. Med detta som grund kan systemet tex användas för nätplanering eller för att simulera effekten av nya anslutningar.

Det pågår flera forsknings- och utvecklingsprojekt inom detta område. Ett exempel är Västerås Mälarporten. Tanken med projektet var att bygga en digital tvilling av en stadsdel i Västerås citykärna med infrastruktur, laddmöjligheter, elbussar och en plan 30 år framåt för att kunna simulera vad som händer om man tex. har flexibilitet i lasterna, lokal produktion med solceller och batterilager. Region Skåne håller på att bygga upp något liknande för lokala effektprognoser. AI-Swedens pågående projekt med en effektkarta kan sägas vara något liknade.

En satsning inom ramen för programmet "Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering" skulle förslagsvis kunna fokusera på att vidareutveckla AI-baserade verktyg och algoritmer för digitala tvillingar som kan bistå elnätsföretagen när det tex gäller driften av näten, nätplanering, nätutbyggnad eller för att hantera nya ansökningar om anslutningar av tex solceller, batterier, laddare till elfordon. Det kan också bli ett verktyg för att bedöma och säkerställa elsystemets resiliens.

Ett nästa steg är att göra en fördjupad förstudie i samverkan med nätägare och berörda intressenter för att precisera upplägget av en FoU-insatser.

AI för att underlätta företagens interna administration

AI kan på olika sätt bidra till att effektivisera administrationen inom företag och offentlig förvaltning. Det finns många uppskattningar kring vilka besparingar och vilken effektivisering som skall kunna göras. Vilka möjligheter det finns att använda AI för att effektivisera administrationen inom olika energibolag är inte känt, men det kan vara intressant att fördjupa insikterna om detta. Ett nästa steg kan därför vara att göra en generell genomlysning av nätföretagens administration och värdera hur en tillämpning av inte minst generativ AI kan bidra till effektiviseringar. Ett nästa steg kan vara att ta en dialog med AI Sweden som inlett en motsvarande satsning för kommunal förvaltning.

Prediktivt underhåll

Ibland är felsökning trivial, men ibland mer komplicerad och tar tid. I många fall kan det vara svårt att träna upp AI-modeller för att hjälpa till med att identifiera orsaken till fel eftersom det saknas data för träning, men några möjliga områden nämns i rapporten och det borde gå att hitta fler. Här kan det finnas ett gemensamt intresse om man kan hitta relativt allmängiltiga applikationer. Ett område som tagits upp under intervjuerna är prediktivt underhåll.

Syntetisk data

Intresset för syntetiska data växer inom många branscher eftersom det ger möjligheter att träna och testa AI-modeller och även implementera dem, utan att riskera de integritetsproblem och risker som kan uppstå om man använder data från verkliga kunder. Lösningen kan i själva verket visa sig vara relativt enkel eftersom språkmodeller som ChatGPT tycks vara effektiva och lättanvända när det gäller att producera syntetiska data. Möjligen vore det värdefullt att undersöka detta närmare och specifikt för tillämpningar inom nätområdet.

Digitalisering av nätstationer

Ellevio har sedan ett par år en satsning kallad Vision 2030 och som är ett program med målet att digitalisera och automatisera olika anläggningar. I nätstationer görs retrofit för att kunna etablera nya kommunikationsmekanismer och skicka mer data. Syftet med satsningen är att underlätta feldetektering och lokalisering. Det kan finnas skäl för ett flertal nätföretag att göra motsvarande satsningar, vilket kanske också kan bidra till ökad standardisering inom området. Om detta i sin tur bör föranleda några gemensamma branschgemensam satsningar har inte diskuterats inom ramen för denna förstudie.

FÖRSTUDIE: AI OCH DIGITALISERING MED FOKUS PÅ ELNÄTEN

Syftet med denna förstudie är att beskriva utvecklingsfronten inom AI idag och i en nära framtid med fokus på specifika tillämpningar inom energisektorn. Med detta som grund har angelägna forskningssatsningar om AI för elnäten identifierats.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.



Energiforsk