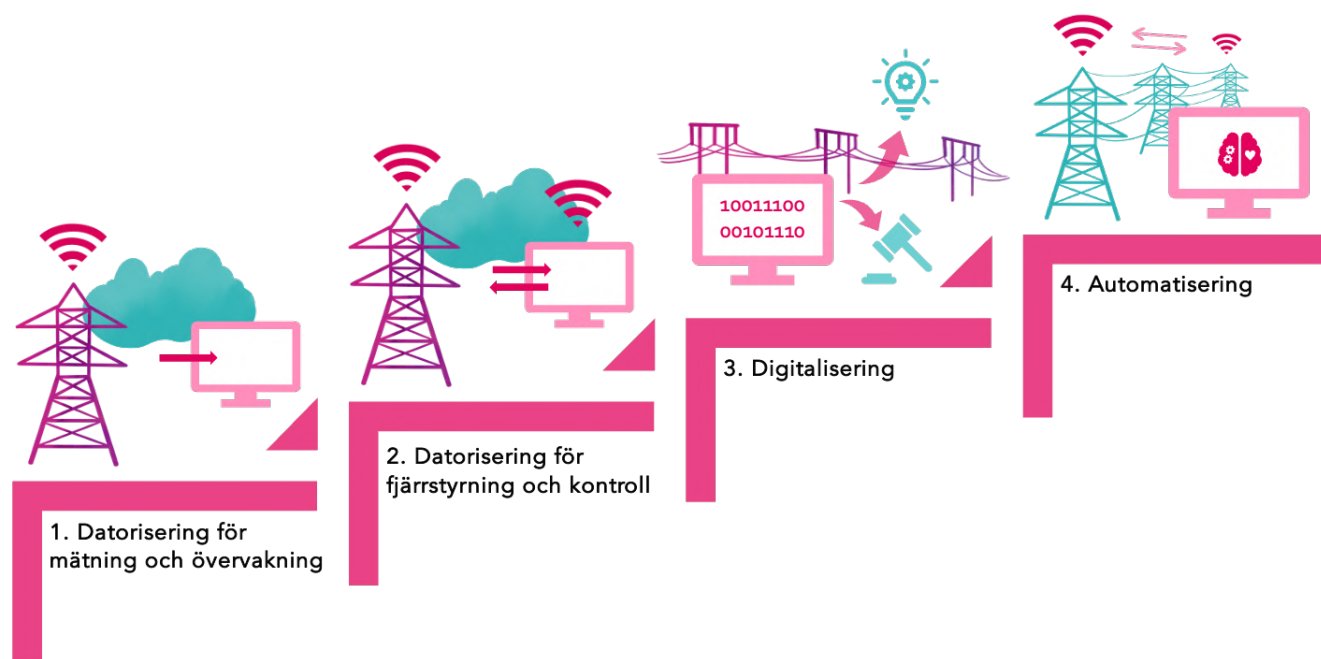


Digitalisering av elnäten

FAKTABLAD FRÅN POWER CIRCLE



NOVEMBER 2022



De nya funktionskraven på elmätare kan ses som en första reglering för elnätens digitalisering.

Datorisering: Skiftet från användandet av analog till digital teknik, ett verktyg för att förbättra befintliga processer.

Digitalisering: Den transformativa effekt som datoriseringen innebär när processer, beslut och beteenden kan förändras för att uppnå en effektivare eller bättre hantering.

Digitalisering pågår!

I juni 2018 beslutade den dåvarande regeringen om förändringar i ellagen för att införa nya funktionskrav på elmätare¹. Funktionskraven – med krav om utökade mätdata och teknik med syfte att bidra till en effektiv nät drift och en utvecklad marknad för energitjänster – kan betraktas som det första konkreta regelverket som antagits för elnätens digitalisering. Det är nätägarna som ansvarar för utrullningen av de nya elmätarna, som ska vara installerade senast den 1 januari 2025.

Nätägarnas digitaliseringsresor har därmed påbörjats. Elmätarna är ett första steg, men digitaliseringen pågår också på flera fronter samtidigt för att uppnå olika nyttor och behov. Nätägarna har kommit olika långt på sina resor, och det upplevs ofta lättare att få till piloter än fullskalig implementering. Flera aktörer är också osäkra på vad "digitaliserade elnät" innebär, och vilka lösningar och områden de ska prioritera. Då begreppet idag saknar en definition menar vissa företag att de *digitaliserat* sina nät, medan andra menar att det är en *datorisering* av elnäten som pågår.

I det här faktabladet vill vi sätta ljuset på frågor som rör framtidens digitaliserade elnät. Vad innebär elnätens digitalisering, hur görs det i praktiken, vilka olika nyttor kan uppnås och hur digitaliserade är våra elnät idag? Faktabladet utgår från en rapport framtagen i projektet DigiGrid², som finansierats av Energiforsk.

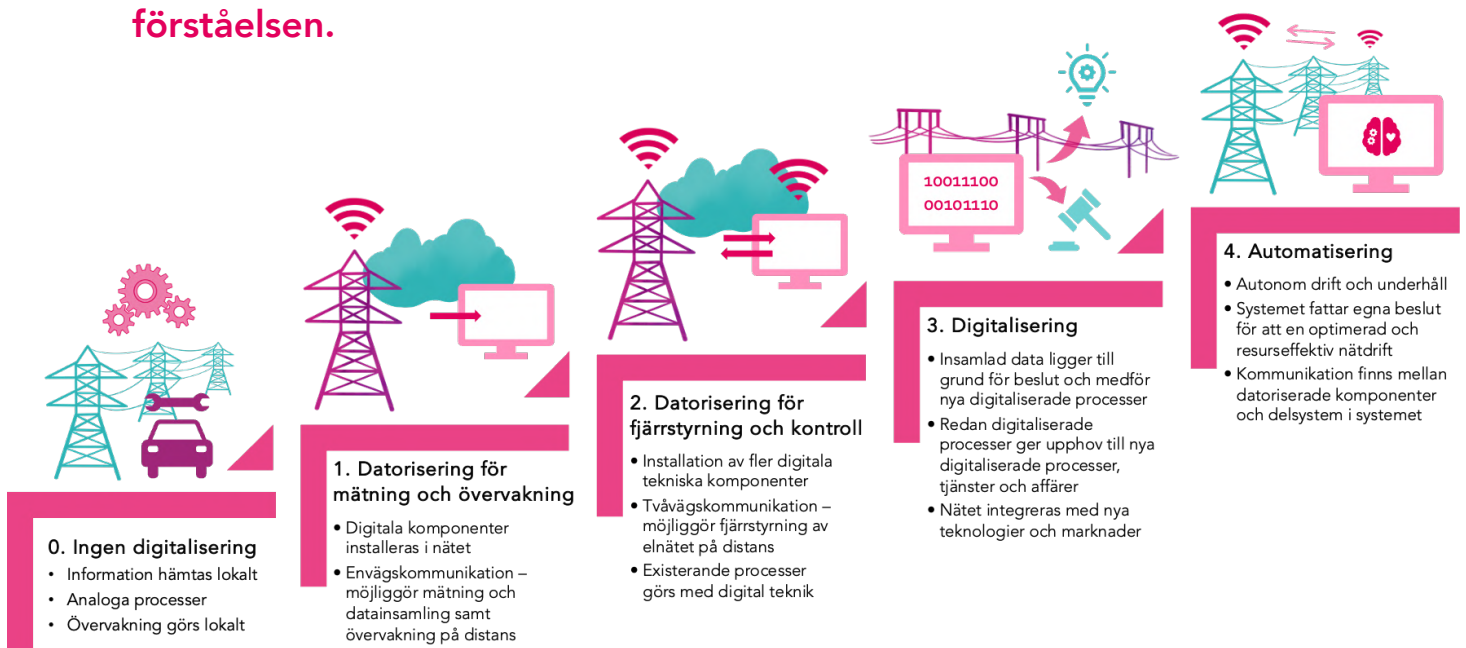
¹ Energimarknadsinspektionen (2020), [Funktionskrav elmätare](#).

² Power Circle (2022), [DigiGrid – Digitaliserade och resurseffektiva nät](#).

Olika nivåer av digitalisering

**Fyra nivåer
av digitalisering
ska underlätta
förståelsen.**

När olika företag och aktörer i elsystemet ska diskutera digitalisering av elnäten är det lätt att prata förbi varandra, då olika saker kan åsyftas. För att underlätta diskussionen framöver vill vi här introducera fyra nivåer av digitalisering. Digitaliseringen av elnäten illustreras här som en trappa, där varje trappsteg motsvarar en ökning av digitaliseringsgraden.



**Digitaliseringen
börjar när data
ligger till grund
för beslut och ger
nya processer,
tjänster och affärer.**

Trappan startar vid ingen digitalisering, och det första steget handlar om envägs kommunikation för att övervaka och ta del av mätvärden. På nästa steg finns tvåvägs kommunikation som möjliggör fjärrstyrning. Båda dessa första steg fokuserar på en datorisering där ny digital teknik installeras för att ersätta analog teknik.

På det tredje steget sker en digitalisering, där insamlade data ligger till grund för beslut och ger upphov till nya processer, tjänster och affärer. På det sista sker driften autonomt, där olika system kommunicerar med varandra och fattar egna beslut för optimering av elnätet.



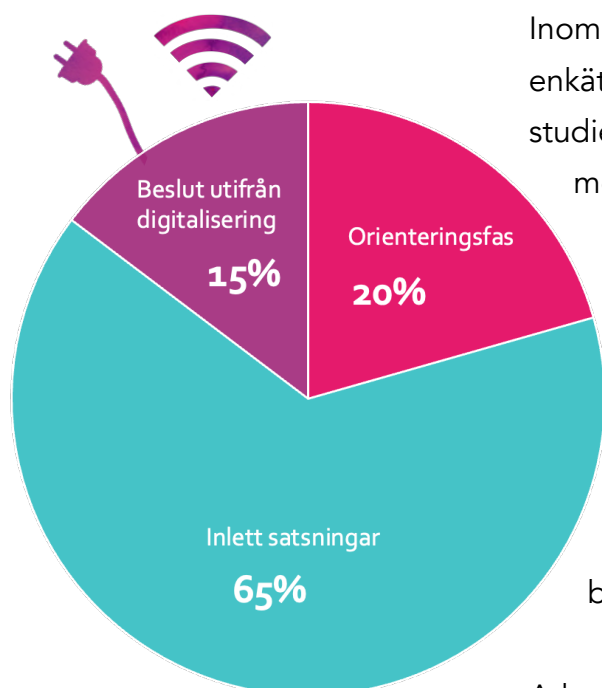
Hur digitaliserade är näten?

Inom ramen för projektet DigiGrid² genomfördes en enkätstudie där alla elnätsföretag som medverkade i studien³ uppgav att de på något sätt börjat arbeta med digitalisering. Hela 65 procent av de svarande uppgav att de inlett satsningar. En mindre andel på 15 procent uppgav att digitaliseringsåtgärder numera ligger till grund för beslut som tas inom verksamheten. Givet tidigare resonemang om datorisering kontra digitalisering skulle man kunna betrakta dessa femton procent som digitaliserade verksamheter, medan övriga nätägare befinner sig på stegen för datorisering.

Arbetet utgörs ännu till stor del av datainsamling och analys. De allra flesta företag som inlett digitaliserings-satsningar samlar idag in data för larmsignaler, aktiv effekt, reaktiv effekt, fasström per fas, huvudspänning, fasspänning per fas och energiåtgång. Den vanligaste insamlingsmetoden är fiberkommunikation, tätt följd av mobil- och radiokommunikation.

Vad som händer efter att datan samlats in är vanligtvis att den sparas, används för analys eller som beslutsunderlag. Samtidigt uppger också hela 85 procent av företagen att det finns data som bara samlas in, men som i dagsläget inte används på grund av brist på tid, kompetens och bra systemstöd som kan användas för visualisering och analys av datan. Av enkäten framgår det också att mellanspänningsnäten har kommit längre i arbetet än lågspänningsnäten.

³ De svarande elnätsföretagen representerar tillsammans cirka 40% av Sveriges totala abonnemang i uttagpunkt, enligt [Ei:s öppna data från 2020](#).



Så långt har elnätsföretagen kommit i digitaliseringen

85% av nätägarna samlar in data som aldrig används på grund av brist på tid och kompetens.



Så bra koll har företagen på sina elnät idag

97% av elnätsföretagen har god eller mycket god kännedom om var det finns anslutna solceller i nätet.

77% har god eller mycket god kännedom om var flaskhalsar kan uppstå i dagsläget.

74% har god eller mycket god kännedom om var nätet behöver byggas ut för att kunna ansluta nya laddpunkter.

65% har god eller mycket god kännedom om var ny produktion kan anslutas.

30% har god eller mycket god kännedom om var det finns nätanslutna energilager.

Nätägarnas högst rankade intressen för digitalisering

88% har stort intresse för övervakning och analys av status på nätet i realtid.

79% har stort intresse för trendanalyser och prognostisering av kommande effektbehov.

77% har stort intresse för identifiering av flaskhalsar.

77% har stort intresse för inspektion och felsökning.

71% har stort intresse för utveckling och styrning av ett distribuerat energisystem.

Olika drivkrafter för digitalisering

Det finns flera olika drivkrafter bakom nätbolagens digitaliseringssatsningar. De flesta elnätsföretagen vill genom att investera tid och pengar i digital teknik och nya processer generera:

- Bättre kunskap och förståelse för näten
- Bättre kontroll, övervakning och styrning av näten
- Minskade avbrottstider
- Bättre beslutsunderlag och processer
- Bättre utnyttjande av de befintliga elnäten
- Förbättrad kundupplevelse
- Förbättrad leveranskvalitet
- Ökad lönsamhet.

Bland de digitaliseringsåtgärder som prioriteras högst hos företagen hittas åtgärder som minimerar avbrottstider, underlättar för kunder samt underlättar drift- och underhållsarbete. Andra drivkrafter för företagen är att få bättre kännedom om nätet, driftoptimering, långsiktig nätplanering och prediktivt underhåll.

På kort sikt är företagen mest intresserade av att digitalisera till förmån för att kunna övervaka och analysera status på näten i realtid, och ökad tillförlitlighet och tillgänglighet är den nytta som prioriteras allra högst. På längre sikt vill företagen framför allt få tillgång till bättre beslutsunderlag och verktyg för nätplanering. Som ett långsiktigt mål nämns också ökad lönsamhet.





I framtidens digitaliserade elnät

Från en driftcentral övervakas elnätet i en mellanstor svensk kommun. På skärmen syns effektlöden i nätet i realtid tillsammans med temperaturer i transformatorer, spänningsnivåer och effektuttag i olika mätpunkter. Data samlas in både via kundernas elmätare och mätare i nätbolagets stationer.

Ett larm dyker upp för att indikera att en transformator blivit överhettad och slagit ifrån. Händelsen isoleras automatiskt och kringliggande stationer börjar leverera högre effekt för att kunderna inte ska få strömavbrott. Detta är den femte gången på sju månader som problem uppstått i samma transformator, och information om felet loggas med flaggning om ökad prioritet i nätbolagets system för underhåll. Det är dags att undersöka om någon komponent behöver bytas ut i förtid.

När solen stiger på förmiddagen ändras spänningen i elnätet i takt med att elproduktionen från solceller ökar i vissa delar av nätet. Komponenter i nätet som reglerar spänningen slås automatiskt igång enligt avtal. När solen står som högst aktiveras flera flexibilitetsbud som medför ökad elkonsumtion i området, för att inga delar ska bli överhettade. Information om de aktiverade flexbuderna lagras i elnätsföretagets digitala tvilling, som kontinuerligt förbättrar sitt dataunderlag för att ge ett så bra stöd som möjligt till nätplaneringen. Med flexibilitet kan vissa nätförstärkningar skjutas upp till framtiden.

Samtidigt byggs elnätet ut i maximal takt för att möta elektrifieringen. Nya kunder kan anslutas snabbt genom automatiserade delar i anslutningsprocessen, med kartor där kunderna direkt ser om det finns kapacitet i elnätet för att kunna ansluta t.ex. laddinfrastruktur eller ny elproduktion. Stora mängder historisk data som tidigare inte använts gör nu nytta i AI-verktyg som prognostiserar framtida effektbehov och optimerar nätverksamheten.



Den nya digitala tekniken gör näten mer intelligenta, och bidrar till nya möjligheter för optimering och effektivitet.

Ett mer effektivt utnyttjande av de befintliga elnäten kan minska kostnader och ledtider för nyanslutningar och nätutbyggnad.

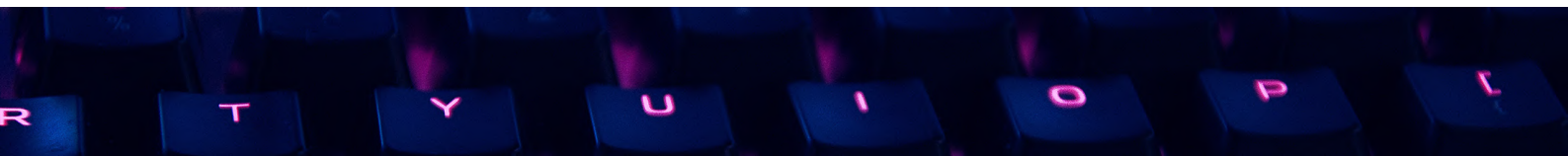
Nyttor med digitaliseringen

Genom digitalisering blir apparater, maskiner och anläggningar mer intelligenta – så även elnäten. Den nya digitala tekniken – med uppkopplade enheter, artificiell intelligens, machine learning och självläkande system – ger flera olika möjligheter till optimering och ökad effektivitet. När elnäten i allt högre grad digitaliseras tillgängliggörs också flera direkta nyttor, såsom:

- Mätning och övervakning i realtid
- Fjärrstyrning och kontroll av elnäten
- Ökad kapacitet/resurseffektivt utnyttjande av elnäten
- Energieffektivisering genom minskade förluster
- Automation, självstyrning och självläkning
- Långsiktig nätplanering.

Digitaliserade elnät möjliggör i högre grad en storskalig elektrifiering och lyckad energiomställning eftersom digitala processer och tekniker skapar nya möjligheter till beslutsstöd för optimerad drift och underhåll, samt nya kundnyttor och tjänster.

När den digitala tekniken blir allt billigare möjliggörs nu också ett mer effektivt utnyttjande av de befintliga elnäten – vilket kan minska investeringsbehoven men också ledtiderna för att ansluta nya kunder. Utöver resurseffektivitet kan digitaliserade elnät också bidra till ökad leveranssäkerhet, när elsystemet får mindre marginaler och en ökad komplexitet. Nedan beskrivs olika exempel där elnätsföretag med hjälp av digitalisering adresserat just ökad komplexitet, och uppnått olika nyttor som bidragit till nätverksamheten.



I elsystemet kan digitala tvillingar skapa förståelse för flera olika driftsituationer.



För att skapa den digitala tvillingen behövs olika data om det fysiska elsystemet.

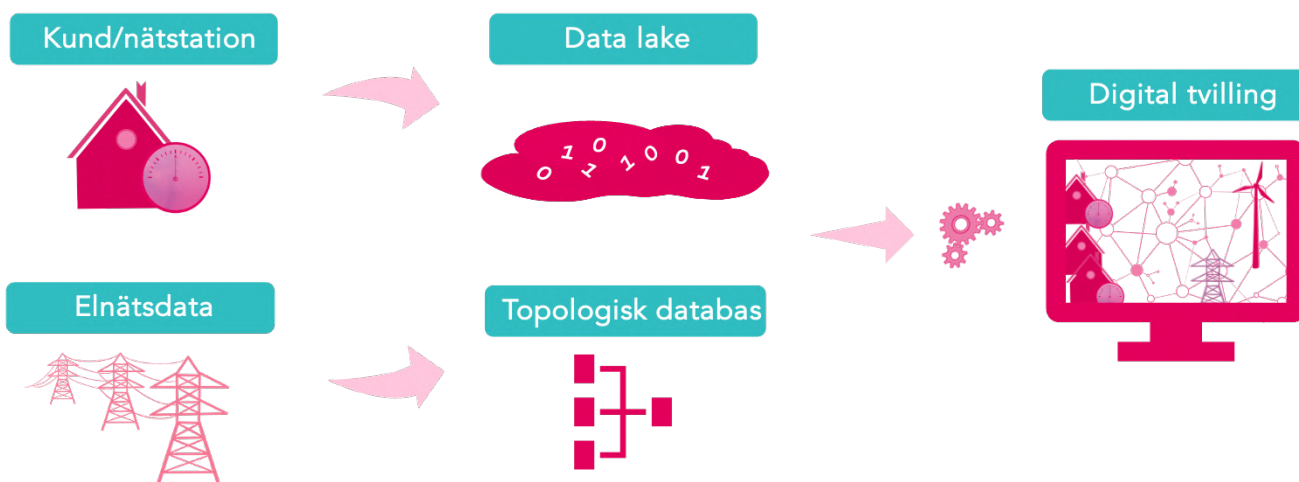
Digitala tvillingar i elsystemet

En utmaning för många lokala elnätsföretag är det ökande behovet av kunskap och insyn i den faktiska situationen som råder i näten. För detta ändamål kan digitala tvillingar komma till nytta.

En digital tvilling av elsystemet utgörs av tre komponenter: det fysiska elsystemet, en digital representation av det fysiska systemet, och kontinuerlig tvåvägsöverföring av data mellan de båda systemen. Digitala tvillingar kan användas för flera ändamål. Tillsammans med leverantören Plexigrid har Öresundskraft implementerat en digital tvilling i sitt elnät för att:

- Skapa förståelse för den nuvarande driftsituationen i nätet, och hur den har sett ut historiskt. Var finns det flaskhalsar? Var har gränsvärden överskridits? Och var har spänningsdippar inträffat?
- Simulera nyanslutningar, och vad som händer i nätet om nya kunder ansluts eller om nuvarande kunder behöver kopplas om.
- Undersöka framtida kapacitetsbehov i den långsiktiga nätplaneringen.

För att skapa en digital tvilling av ett lokalnät behöver de parametrar som beskriver det fysiska systemet sammanställas i en data lake och i en topologisk databas. Parametrar som behövs är information om elledningar, noder, nätverksinfrastruktur, anslutna enheter och alla kontrollsystem. Det finns både statiska parametrar, såsom fysiska begränsningar för komponenter i nätet, och parametrar som varierar frekvent, såsom aktiv och reaktiv effekt.



Elnätet består av väldigt mycket data, en utmaning är att identifiera vilka data som ska samlas in.

Med rätt indata kan den digitala tvillingen göra uppskattningar för hela elnätet.

Data samlas in från mätare och sensorer i det fysiska nätet, och bearbetas för att sortera ut felaktiga värden samt kategoriseras. Därefter kan mätdata importeras till de matematiska modellerna som beskriver det dynamiska beteendet i nätet. Beroende på användningsområde behöver de matematiska modellerna därefter utföra beräkningar antingen i realtid, nästan realtid eller vid ett senare skede. Baserat på resultaten kan automatiska eller semiautomatiska beslut fattas, och när besluten är fattade kan informationen överföras till det fysiska systemet, för att t.ex. koppla om nätet.

Det är också viktigt att identifiera vilka data som ska samlas in. I elnätet finns väldigt mycket data, och det är inte möjligt att samla in allt. Om rätt indata används kan emellertid den digitala tvillingen göra uppskattningar baserade på hela elnätet. Insamling av mätvärden på aktiv och reaktiv effekt samt spänning och ström, som samlas in via smarta mätare och nätstationer, är ofta ett minimikrav för att tvillingen ska fungera.



Med digital teknik kan potentialen i elsystemets många flexibla resurser realiseras i allt högre grad.

Flexibla resurser: elanvändare, produktionsenheter och komponenter som tillfälligt kan styra ner eller öka sin effektanvändning utifrån rådande behovssituation i nätet.

För att generera flexibilitet från värmepumpar i hushåll behöver de kopplas upp mot internet och styras med mjukvara.

Styrning av flexibla resurser

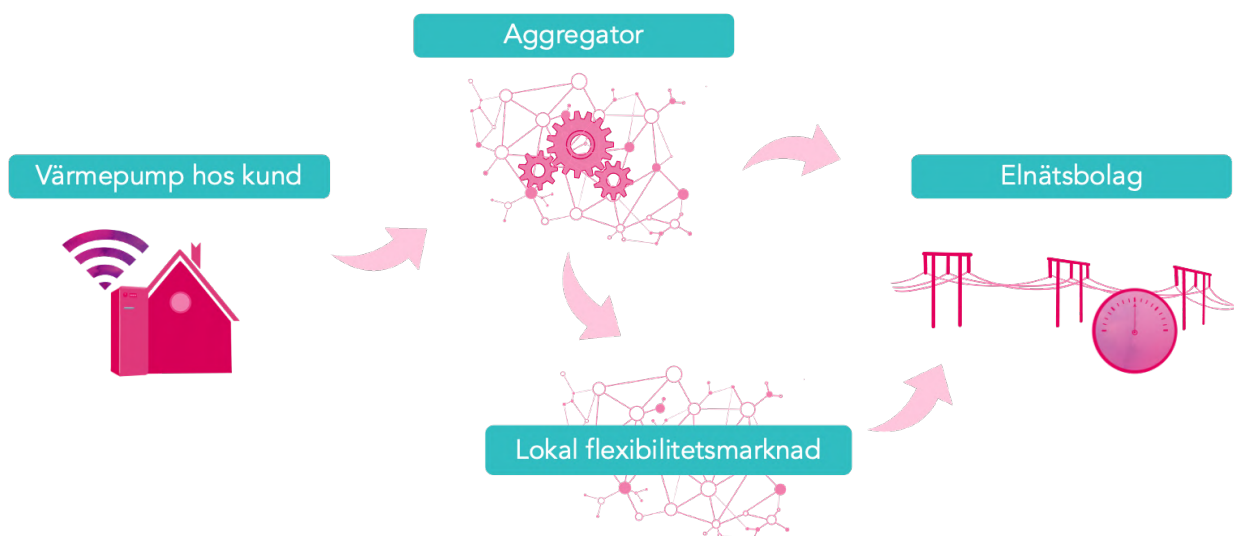
Allt fler nätägare intresserar sig för att arbeta mer med flexibilitet för att lösa effekt- och kapacitetsproblematik i näten. När elpriserna i allt högre grad varierar över dygnet, och nya anslutningar blir svårare att få, ökar dessutom intresset hos elnätskunder att bidra med flexibilitet på olika marknadsplatser som etablerats.

Kunderna i elnäten sitter på många olika flexibla resurser, och genom digitaliserade processer kan potentialen i dessa flexibla resurser realiseras i högre grad. Dessutom finns det potential för att använda efterfrågefleksibilitet som ett nätplaneringsverktyg framöver.

I Upplands Energis lokalnät har energiteknikföretaget Ngenic installerat smart styrning av värmepumpar i ca 500 hushåll. Värmepumparna har kunnat bidra med flexibilitet för att kapa effekttoppar när kapaciteten i nätet riskerat att övertrasseras. För hushållskunderna har den smarta styrningen resulterat i en ökad komfort, och viss energieffektivisering.

För att en värmepump ska kunna användas för flexibilitet behöver den vara uppkopplad mot internet; dels för att dela data, dels för att kunna ta emot styrsignaler från den app som används för att en aggregator eller hushållet själv ska kunna styra värmepumpen. Det centrala systemet för styrningen är aggregatorns mjukvara med algoritmer, som baserat på data för temperatur, solinstrålning, luftfuktighet, elpris och behov av effektflexibilitet beräknar prognoser för – och optimerar styrningen av – varje värmepumps energianvändning.





Aggregatorn styr värmepumpen genom en egen app, eller via ett API mot värmepumpens medföljande app. I dagsläget finns det inget standardiserat kommunikationsprotokoll för värmepumpar. Elbilsaddare, solceller och energilager är andra exempel på resurser som kan styras för att bidra med flexibilitet.

Digitalisering av nätstationer

Genom att byta ut analoga nätstationer mot digitala kan fel upptäckas tidigare, och avbrottstider kan minskas.

Minskade avbrottstider är en prioritet för alla nätägare. Många nätägare har dock idag ett reaktivt arbetssätt för att hantera de avbrott som uppstår, där drifttekniker skickas ut till platsen för avbrottet efter att strömlösa kunder rapporterat in information om avbrott.

Genom att digitalisera nätstationer kan felen upptäckas innan kunderna själva behöver rapportera in dem, elen kan kopplas om på distans – och avbrottstiderna kan minskas. I ett senare skede kan driftdata i kombination med rätt analysmetoder till och med förvarna den personal som arbetar med felsökning och reparation – redan *innan* problemen uppstår.



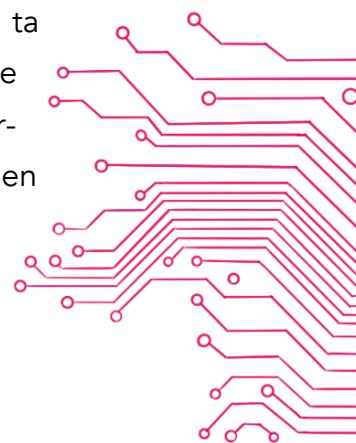
Idag är det ofta kunderna själva som rapporterar in om avbrott – med data och analysmetoder kan fel detekteras innan avbrott uppstår.

Digitalisering av nätstationer kan också leda till bättre förståelse för andra nätsituationer än avbrott.

Ellevio har startat ett digitaliseringsprogram med målet att uppgradera över två tusen nätstationer fram till år 2030. Arbetet inleddes med att digitalt dokumentera nätstationerna, för att sedan identifiera vilka stationer som ska uppgraderas. Stationerna kan uppgraderas till tre olika nivåer som Ellevio definierat genom projektet:

- På den första nivån skickas mätdata om spänning och ström i ett envägsflöde från nätstationen, så att avbrott och fel kan upptäckas på distans.
- På den andra nivån finns tvåvägskommunikation, frångiljare och omkopplingsautomatik, så att driften kan koppla om nätet på distans och de kunder som inte är direkt drabbade kan få strömmen tillbaka.
- På den tredje och högsta nivån installeras reläskydd och mjukvara som möjliggör för nätstationen att autonomt fatta egna beslut direkt i stationen, men då krävs det att flera av de närliggande stationer har samma egenskaper och kan utbyta information.

Projektet kan, utöver att minska avbrottstiderna, leda till bättre förståelse för olika nätsituationer – och de mätdata som samlas in kan bl.a. användas till prediktivt underhåll. Samtidigt är det en utmaning att ta vara på all data som tillgängliggörs, då både nya system och kompetens behövs för att förvalta data. Den nya utökade kommunikationen med nätstationerna kan även medföra nya säkerhetsrisker som behöver beaktas.



En förutsättning för lyckad digitalisering är rätt kompetens, och en utmaning för nätföretagen blir att attrahera personal.

NIS-direktivet: "The directive on security of Network and Information Systems", ett EU-direktiv som ställer krav på informationssäkerhet i offentliga nätverk och IT-system inom hela unionen. Omfattar i svensk reglering leverantörer av samhällsviktiga tjänster, såsom digital infrastruktur och energi.

Transparens, öppen och delad tillgång till data samt cybersäkerhet är viktiga utvecklingsfaktorer.

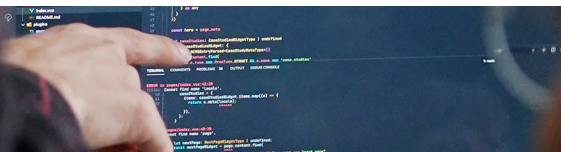
Utvecklingsbehov framåt

En grundläggande förutsättning för att elnätsföretagen ska lyckas med sina digitaliseringsåtgärder är att det finns en god förståelse för åtgärderna och vad som motiverar dem. Den mest avgörande resursen som krävs för att dra nytta av digitaliseringens fördelar är tillgång till personal med blandade kompetenser inom elkraftteknik, IT och datakommunikation, samt att det finns installatörer som har kunskap om nya mätare och kommunikationsutrustning. Här står nätbolagen inför en utmaning att attrahera dessa kompetenser.

För att i större utsträckning och på bättre sätt kunna förvalta den data som samlas in behöver företagen också tillgång till bra systemstöd för visualisering och analys av data. Utöver kompetensförsörjning och systemstöd behöver företagen också öppna sig för förändrade arbetssätt och metoder för att uppnå nivå tre och fyra på digitaliseringstrappan.

För att realisera digitaliseringen av elnäten finns det flera pådrivande – och skyddande – regelverk och standarder; bland annat de nya funktionskraven för elmätare, NIS-direktivet⁴ och ett antal standarder för kommunikation och informationsöverföring. Transparens samt öppen och delad tillgång till data är både en utmaning och viktig utvecklingsfaktor. Här blir en god förståelse för cybersäkerhet viktig. Fler standarder behövs dock framåt för att underlätta utvecklingen och samarbetet mellan elnätsföretag och olika teknik- och tjänsteleverantörer – både nationellt och globalt.

⁴ Europeiska unionens officiella tidning (2016), [Europaparlamentets och rådets direktiv \(EU\) 2016/1148](#).



Sammanfattning

Som vi visat i detta faktablad finns det många olika nyttor som en digitalisering av elnäten kan medföra, både för nätägarna själva och samhället i stort. I en tid när fossil energi snabbt behöver fasas ut och samhället ökar sitt elbehov är det extra viktigt att våra befintliga elnät används så effektivt som möjligt. Därför är en fortsatt digitalisering väldigt angelägen, då den ger nätägarna tillgång till nya verktyg att arbeta med.

För att nå den fulla potentialen krävs emellertid ett stort förändringsarbete där nya arbetssätt och systemstöd behöver implementeras. Det behövs också ny kompetens som nätägarna ofta inte har tillgång till idag, vilket leder till ett behov av att rekrytera. Samtidigt krävs fortsatt utveckling av säker kommunikation och standarder för att alla system ska fungera tillsammans på ett driftsäkert sätt.

En fullskalig digitalisering kräver mer än vad enskilda nätägare kan åstadkomma. Nya standarder, regelverk och marknadsplatser behöver utformas tillsammans och i dialog mellan politik och bransch. Samtidigt behöver nätägarna ta ansvar för sin del i digitaliseringen, och de behöver bland annat utveckla sina samarbeten med externa bolag som sitter på den kompetens som de själva inte har – men som digitaliseringen kräver.

