Energieffektivisering och automatiserad fastighetsstyrning

ÖREBROBOSTÄDERS ERFARENHETER OCH DEN NATIONELLA POTENTIALEN

Fossilfritt Sverige

En rapport av Energiforsk
på uppdrag av Fossilfritt Sverige

Innehållsförteckning

Förord 3

Sammanfattning 4

Systemöversikt av digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning 5

Inledning 7

Om fastighetsautomation 9

Erfarenheter från Örebro 10

Metod 13

- Representativitet och osäkerhet 14

Resultat 15

- Privatägda flerbostadshus 17
- Bostadsrättsföreningar 17
- Allmännyttan 18
- Ekonomiskt värde av energieffektivisering 18
- Klimat- och miljöeffekter 19

Energisystemperspektiv 23

- Effekter på fjärrvärmesystemet 23
- Flexibilitet, effekttoppar och robusthet i energisystemet 23
- Strukturella förändringar och systemeffekter i energiomställningen 24
- Systemeffekter och målkonflikter 25
- System- och miljöeffekter av minskad energianvändning och ökad flexibilitet 25
- Slutsatser ur ett energisystemperspektiv 26

Hinderanalys 27

- 1. Styrsignaler och data speglar inte systemets kostnader och är svåra att använda i praktiken 27
- 2. Begränsad organisatorisk kapacitet hos mindre aktörer hämmar volymen av införandet 27
- 3. Avsaknad av flexmarknader för värme gör att flexibilitet inte värderas eller ersätts 28

Slutsatser 30

Referenser 31

Förord

Energieffektivisering är kanske inte den hetaste eller mest självklara klimatåtgärden, men faktum är att det är ett av de billigaste sätten att snabba på utvecklingen till fossilfrihet. Varje kilowattimme som kan sparas i en byggnad frigör resurser som kan användas för att möjliggöra industrins omställning, elektrifieringen av transportsektorn och ny hållbar tillväxt.

2023 tog Fossilfritt Sverige tillsammans med 29 företag och organisationer fram strategin *Effektiv användning av energi och effekt*. En av huvudslutsatserna var att energieffektivisering är den snabbaste, billigaste och mest miljövänliga energikällan vi har. Strategin visade att betydande mängder energi kan frigöras genom effektivare användning av befintliga resurser och att det i mångt och mycket handlar om att nyttja smartare teknik och ökad automatisering som gör att vi använder energin när vi verkligen behöver den.

Den här rapporten tar avstamp i Örebrobostäders roll som föregångare inom energieffektivisering, digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning. Den visar konkret hur vi kan nyttja modern teknik och åstadkomma minskad energianvändning kombinerat med bättre inomhusmiljö, ökad driftsäkerhet och stora kostnadsbesparingar. Med rapporten vill vi belysa den betydande nationella potentialen. Om alla flerbostadshus i Sverige energieffektiviserar på liknande sätt som Örebrobostäder har gjort skulle 4 TWh värme och 3 TWh el kunna sparas per år.

Vidare lyfter vi i rapporten att Örebrobostäder genom sina åtgärder inom fastighetsautomation och energieffektivisering sparar cirka 140 miljoner kronor varje år, vilket bland har bidragit till att hyreshöjningar motsvarande fem procent har kunnat undvikas för hyresgästerna. Om fler fastighetsbolag skulle energieffektivisera skulle det kunna få betydande effekt på Sveriges energianvändning men även för enskilda medborgare och deras hyreskostnader.

Smarta och uppkopplade byggnader kan också vara med och stärka samhällets beredskap. När energisystemet blir alltmer komplext och efterfrågan på el ökar behöver vi inte bara mer fossilfri elproduktion, utan också större flexibilitet på användarsidan. Fastighetsautomation gör det möjligt att använda energi när den behövs som mest, minska effekttoppar och skapa en mer robust energianvändning. För kommuner, fastighetsbolag och andra samhällsaktörer innebär det bättre förutsättningar att hantera både energikriser, störningar och andra påfrestningar. Det är ytterligare ett exempel på hur klimatomställning, konkurrenskraft och beredskap ofta går hand i hand.

Erfarenheterna från Örebro visar att lösningarna redan finns. Utmaningen framåt handlar framför allt om att skala upp dem. Förhoppningen med den här rapporten är att vi ska inspirera fler fastighetsägare, kommuner, företag och beslutsfattare att ta nästa steg.



Svante Axelsson
Nationell samordnare, Fossilfritt Sverige

Sammanfattning

Digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning av byggnaders energisystem har potential att bidra till både energieffektivisering och ökad flexibilitet i det svenska energisystemet. Denna studie analyserar vilken potential ett brett införande kan få nationellt och utgår från erfarenheter från ÖrebroBostäder (ÖBO), som under lång tid arbetat systematiskt med datadriven driftoptimering av ett stort fastighetsbestånd.

Analysen visar att en genomsnittlig uppvärmningseffektivisering i storleksordningen 18 procent är möjlig att uppnå genom förbättrad driftoptimering, ökad datatillgång och mer avancerad styrning. Vid ett införande i hälften av flerbostadsbeståndet motsvarar detta en årlig energibesparing i storleksordningen 2 till 3 TWh. Vid ett fullt genomslag i hela flerbostadsbeståndet kan potentialen uppgå till cirka 4 TWh per år.

"ÖBO har under de senaste 20 åren investerat cirka 200 miljoner kronor i energieffektiviseringsåtgärder inklusive digital fastighetsautomation, samtidigt som de årliga kostnadsbesparingarna i dag uppgår till omkring 140 miljoner kronor."

Digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning omfattar även elanvändning i fastigheter. Sedan 2005 har fastighetselen hos ÖBO reducerats med omkring 57 procent. Minskningen har skett genom en kombination av tekniska åtgärder, driftoptimering och förändrat beteende, och visar att betydande effektiviseringspotential även finns inom fastighetsel. En illustrativ beräkning av den nationella potentialen av effektivisering av elanvändning visar att även fastighetsel kan utgöra ett betydande bidrag mellan cirka 1,2–3 TWh per år.

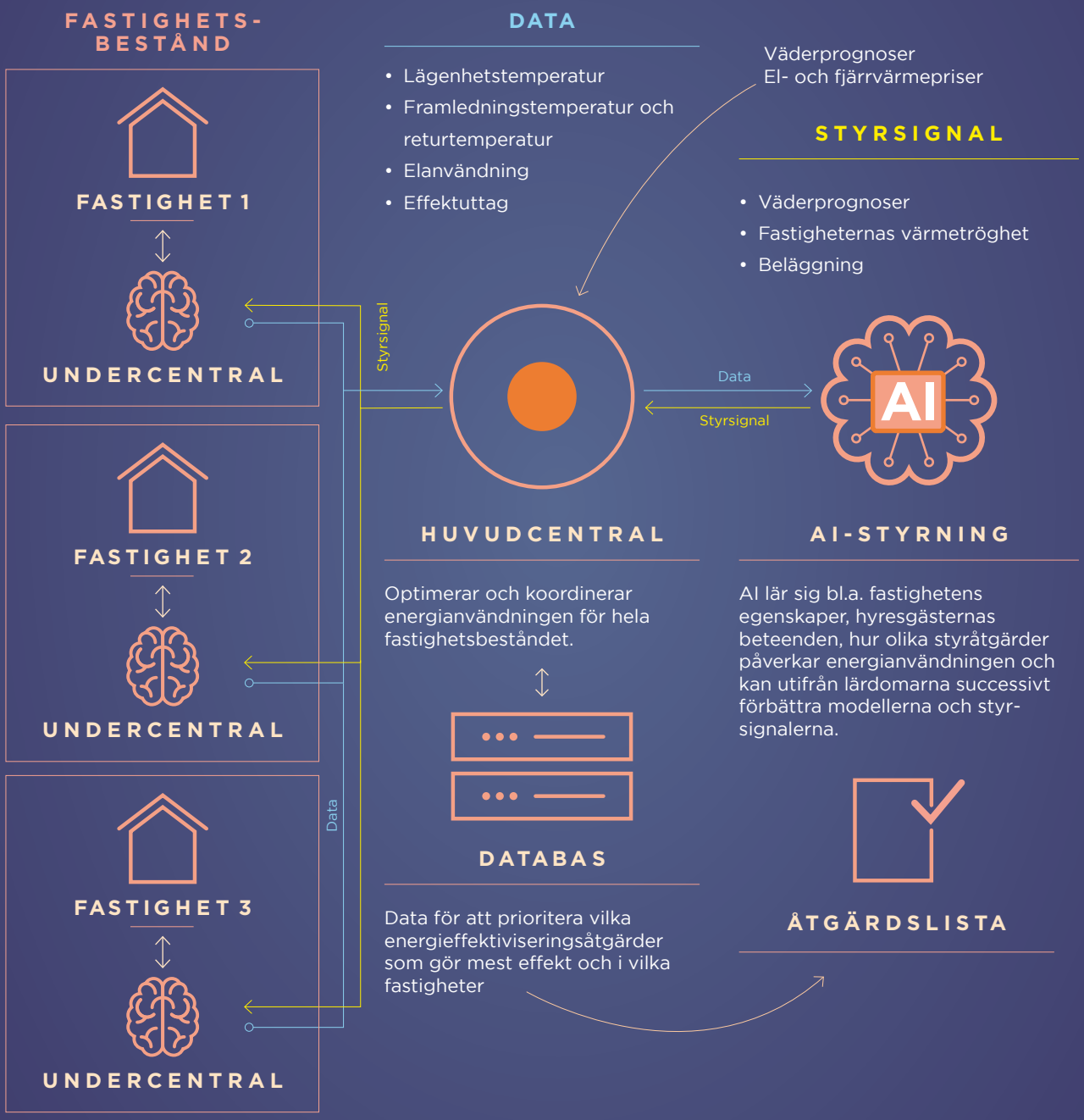
Erfarenheterna från Örebro visar att åtgärderna inte bara ger energibesparingar, utan också är ekonomiskt mycket attraktiva. ÖBO har under de senaste 20 åren investerat cirka 200 miljoner kronor i energieffektiviseringsåtgärder inklusive digital fastighetsautomation, samtidigt som de årliga kostnadsbesparingarna i dag uppgår till omkring 140 miljoner kronor. Detta indikerar en mycket stark lönsamhet, med en återbetalningstid i storleksordningen ett till två år. Åtgärderna framstår därmed inte enbart som energieffektivisering, utan som investeringar med ett betydande positivt kassaflöde över tid.

Utöver minskad energianvändning skapar digital fastighetsautomation även betydande systemnytta genom att reducera effekttoppar. Erfarenheter från Örebro indikerar att värmeeffekten kan minska med cirka 5 till 10 procent under topplasttimmar. På systemnivå motsvarar detta en effektreduktion i storleksordningen 400 till 900 MW vintertid, som motsvarar värmeeffekten för uppvärmning av uppskattningsvis 200 000–450 000 lägenheter under en kall vinterdag. Eftersom de högsta effekterna i energisystemet ofta täcks av den mest kostsamma produktionen innebär detta att även relativt små effektreduktioner kan ge stora kostnadsbesparingar.

En viktig iakttagelse är att huvuddelen av effektiviseringen drivs av grundläggande åtgärder kopplade till teknik, drift, datatillgång och organisation. AI-baserad styrning står för en mindre del av den direkta besparingen, men spelar en central roll genom att möjliggöra ett mer systematiskt, skalbart och kontinuerligt optimeringsarbete samt förstärka effekten av övriga åtgärder över tid.

Utöver energi- och systemeffekter medför åtgärderna även klimatnytta. Vid ett brett införande motsvarar energibesparingen en minskning av utsläppen i storleksordningen hundratusentals ton koldioxidekvivalenter per år. Den direkta klimatpåverkan i fjärrvärmesystemet är

Systemöversikt av digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning



Digital fastighetsautomation avser samverkande plattformar som för att övervaka och styra tekniska funktioner i byggnader, exempelvis värme, kyla, ventilation och belysning. Genom att även koppla på AI-baserad styrning kan stora datamängder från fastigheterna användas för att anpassa byggnadernas tekniska system under olika förhållanden, såsom vädervariationer, belastning och användarbeteenden. Därigenom kan de mest träffsäkra och effektivaste åtgärderna synliggöras och identifieras.

dock ofta begränsad, eftersom en stor del av produktionen redan har relativt låga utsläpp. Den huvudsakliga klimatnyttan uppstår i stället genom att frigjord energi kan användas i andra delar av energisystemet, exempelvis för att ersätta fossila bränslen i industrin eller minska behovet av marginalproduktion i elsystemet.

Sammantaget visar analysen att digital fastighetsautomation inte enbart minskar energianvändningen, utan också förbättrar hur energisystemet utnyttjas. Genom att minska effekttoppar och möjliggöra en mer flexibel efterfrågan skapas förutsättningar för ett mer kostnadseffektivt, robust och resurseffektivt energisystem.

Potentialen är tillräckligt stor för att ha betydelse på systemnivå, samtidigt som åtgärderna i stor utsträckning kan genomföras inom ramen för befintlig bebyggelse och med kort återbetalningstid. Detta innebär att digital fastighetsautomation framstår som en av de mest kostnadseffektiva och skalbara åtgärderna i energiomställningen, med potential att samtidigt stärka konkurrenskraft, leveranssäkerhet och klimatnytta.

Inledning

Digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning av byggnaders energisystem kan bidra till både energieffektivisering och ökad flexibilitet i energisystemet. I takt med ökad elektrifiering och större variation i elproduktion ökar behovet av lösningar som kan minska effekttoppar och optimera energianvändningen. Uppvärmning av byggnader utgör samtidigt en betydande potentiell flexibilitetsresurs i energisystemet, eftersom byggnaders värmetröghet gör det möjligt att i viss utsträckning flytta värmebehov i tid utan att påverka komforten. Den parallella utvecklingen av digitalisering och elektrifiering i energisystemet skapar även nya möjligheter att använda energiinfrastrukturen mer effektivt. Genom digital styrning och bättre informationsflöden kan el- och fjärrvärmeanvändningen i byggnader i högre grad anpassas efter systemets behov, vilket möjliggör både energieffektivisering och ökad flexibilitet i energisystemet.

"ÖBOs satsning på AI-baserad fastighetsautomation utgör ett konkret exempel på hur digital styrning kan sänka kommunala fastigheters energibehov i praktiken"

ÖBOs satsning på AI-baserad fastighetsautomation utgör ett konkret exempel på hur digital styrning kan sänka kommunala fastigheters energibehov i praktiken. En allt viktigare aspekt i dagens energilandskap är att säkerställa motståndskraft i energisystemet, det vill säga förmågan att hantera störningar och snabbt återhämta sig vid avbrott eller förändrade förutsättningar. Genom att integrera flexibilitet och digitala lösningar i fastighetsstyrningen kan även motståndskraften i det lokala energisystemet förbättras.

Genom att skala upp lösningar liknande ÖBOs nationellt skulle det svenska fastighetsbeståndet således kunna generera minskade energikostnader och ett robustare energisystem.

Resultaten i denna rapport ska tolkas som en samlad effekt av flera faktorer: aktiv styrning av värme- och ventilationssystem, förbättrad driftoptimering samt löpande uppföljning baserad på energidata. En del av besparingarna hade även kunnat uppnås genom manuellt förbättringsarbete, exempelvis justering av felaktiga inställningar eller åtgärdande av ineffektiv drift. Digital fastighetsautomation skapar dock förutsättningar att genomföra detta mer systematiskt, i större skala och med kontinuerlig uppföljning över tid.



Om fastighetsautomation

Fastighetsautomation avser system som används för att övervaka och styra tekniska funktioner i byggnader, exempelvis värme, kyla, ventilation och belysning. När dessa system integreras i gemensamma digitala plattformar och kan samverka med varandra benämns det digital fastighetsautomation.

"Digital fastighets automation skapar förutsättningar för kontinuerlig uppföljning och styrning av byggnaders energiförbrukning."

Digital fastighetsautomation skapar förutsättningar för kontinuerlig uppföljning och styrning av byggnaders energiförbrukning. Genom realtidsövervakning och analys av historiska driftdata kan energiflöden i ett fastighetsbestånd analyseras och optimeras. Detta möjliggör bland annat minskade topplastperioder, mer effektiv värmeanvändning samt bättre förutsättningar att integrera exempelvis energilagring och laddinfrastruktur.

När en sådan digital infrastruktur finns etablerad kan mer avancerade styrmetoder implementeras, exempelvis algoritmer baserade på artificiell intelligens. Genom att analysera stora datamängder från fastigheternas drift kan AI-baserade system successivt lära sig hur byggnadernas tekniska system samverkar under olika förhållanden, såsom variationer i väder, belastning och användarbeteende och därigenom synliggöra vilka åtgärder som är mest träffsäkra. Denna information kan därefter användas för att optimera styrningen av installationer i syfte att minimera energianvändning och effektuttag på samma gång som krav på komfort och inomhusmiljö upprätthålls.

Sammantaget innebär digital fastighetsautomation och AI-baserad styrning att fastighetsbestånd kan drivas mer resurseffektivt, med lägre energikostnader, minskad klimatpåverkan och förbättrade möjligheter att bidra med flexibilitet i energisystemet.

Det främsta värdet ligger inte enbart i avancerade algoritmer, utan i att digitala system skapar bättre beslutsunderlag och gör energieffektiviserande åtgärder mer träffsäkra. Genom kontinuerlig mätning, uppföljning och analys kan avvikelser, onödig energianvändning och förbättringsmöjligheter identifieras på både fastighets- och beståndsnivå. Detta möjliggör snabbare åtgärder, bättre driftoptimering och ett mer systematiskt effektiviseringsarbete över tid.

AI-baserade funktioner kan därutöver ytterligare stärka nyttan genom att automatisera analyser, förutse behov och optimera styrningen utifrån exempelvis väder, belastning och historiska data.

Erfarenheter från Örebro

ÖBO är Örebro kommuns kommunala bostadsbolag och en av de större aktörerna inom den svenska allmännyttan. Bolaget äger och förvaltar cirka 22 000 bostäder i Örebro kommun.

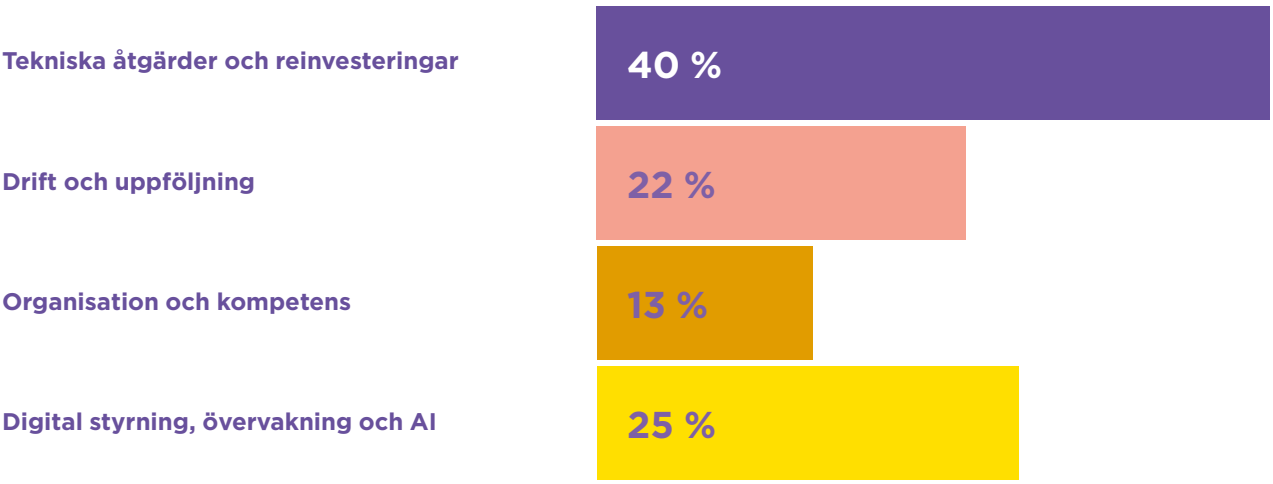
ÖBO har under lång tid utvecklat och implementerat digital fastighetsautomation för att optimera energiförbrukningen i sitt fastighetsbestånd. Genom uppkopplade undercentraler, sensorer och datainsamling i realtid kan värme- och ventilationssystem övervakas och styras centralt. Systemet har successivt kompletterats med AI-baserad analys som optimerar värmetillförseln utifrån bland annat inomhustemperatur, väderprognoser och historiska driftdata.

Implementeringen har skett stegvis i samband med ordinarie drift och reinvesteringar. Av ÖBO:s undercentraler har ungefär 95 procent digitaliserats och omkring 91 procent är fullt integrerade i den avancerade styrplattformen. Arbetssättet bygger på kontinuerlig datainsamling, systematisk uppföljning och successiv optimering av driften.

Erfarenheterna visar att digital fastighetsautomation kan möjliggöra betydande energieffektivisering. De senaste 20 åren har ÖBO minskat sin elanvändning med över 57 procent och sin fjärrvärmeanvändning med nära 20 procent. Samtidigt uppskattas energieffektiviseringsarbetet ge årliga kostnadsbesparingar i storleksordningen omkring 140 miljoner kronor, medan de samlade investeringarna uppgår till cirka 200 miljoner kronor över en 20 års period.

Ställt i relation till varandra indikerar detta en mycket stark kapitalavkastning. Även om investeringar och besparingar byggts upp successivt över tid, motsvarar nivåerna en indikativ återbetalningstid i storleksordningen ett till två år. Åtgärderna framstår därmed inte enbart som energieffektivisering, utan som investeringar med hög lönsamhet och ett betydande positivt kassaflöde över tid.

För att bättre förstå vad som faktiskt driver energieffektiviseringen har ÖBO gjort en översiktlig bedömning av hur olika faktorer bidragit till den totala förbättringen. Figur 1 visar denna procentuella fördelning av direkta bidrag.



Figur 1 **Översiktlig bedömning av hur olika faktorer bidrar till ÖBO:s totala energieffektivsering.**

Enligt bedömningen hänförs en stor del av effekten till mer traditionella åtgärder. Tekniska åtgärder och reinvesteringar står för omkring 40 procent av förbättringen, följt av systematisk uppföljning och förbättrade driftprocesser (22 procent). Även organisatoriska faktorer, såsom arbetssätt och kompetens, bedöms ha haft en betydande påverkan (13 procent).

Digital övervakning, datatillgång och AI-baserad analys kan sammantaget ses som en integrerad del av systemets styrning och uppföljning. Tillsammans står dessa komponenter för omkring en fjärdedel (cirka 25 procent) av den totala förbättringen.

Uppdelningen avser direkta bidrag och ska inte tolkas som strikt åtskilda kategorier, eftersom det i praktiken finns ett betydande samspel mellan dem.

En stor del av energieffektiviseringen uppstår genom grundläggande åtgärder kopplade till teknik, drift och datatillgång. Samtidigt möjliggör dessa komponenter mer avancerad analys och styrning, och sambandet går i praktiken i båda riktningar.

I detta perspektiv ligger AI:s främsta bidrag inte enbart i den direkta besparingen, utan i att möjliggöra ett mer systematiskt, skalbart och kontinuerligt optimeringsarbete. Genom att analysera data, identifiera avvikelser och förutse behov kan systemen peka ut var de mest effektiva åtgärderna bör sättas in. När dessa åtgärder genomförs förbättras samtidigt förutsättningarna för ytterligare optimering, vilket skapar en positiv återkopplingsloop mellan teknik, drift, data och styrning.

Den digitala styrningen kan därmed ses som ett lager ovanpå det grundläggande effektiviseringsarbetet, men också som en integrerad del av ett bredare system där effekterna successivt förstärks över tid.

Utöver energibesparingar skapar AI och digital fastighetsautomation även möjligheter till ökad flexibilitet i energisystemet. Genom att styra värmesystem och andra energirelaterade funktioner kan fastighetsbestånd kapa topplast och flytta användning i tid. Erfarenheterna från ÖBO visar att digital fastighetsautomation kan minska värmeeffekten under topplastperioder med cirka 5–10 procent i de fastigheter där systemen används aktivt.

Det är dock viktigt att nyansera vad denna reduktion består av. Effekten kan inte enbart tillskrivas aktiv styrning av värmesystem i realtid, utan uppstår genom en kombination av flera mekanismer. En del av effekten utgörs av faktisk flexibilitet, där värmeproduktionen anpassas över tid, exempelvis genom att utnyttja byggnaders termiska massa för att förvärma inför perioder med högt effektbehov. En betydande del av effektreduktionen härrör från förbättrad drift och uppföljning.

"Digitala system möjliggör bättre inställningar, minskade övertemperaturer och en mer stabil reglering av värmesystemen."

Digitala system möjliggör bättre inställningar, minskade övertemperaturer och en mer stabil reglering av värmesystemen. Tillgång till detaljerade mätdata gör det också lättare att identifiera avvikelser, såsom byggnader med onormalt hög energianvändning, felaktiga temperaturkurvor, pumpar eller ventilationsaggregat som går onödigt mycket samt undercentraler som behöver injusteras eller komponenter som behöver bytas ut.

Detta skapar förutsättningar för riktade åtgärder, exempelvis justering av styrparametrar, optimerade drifttider, serviceinsatser eller investeringar i ineffektiv utrustning. Sådana åtgärder kan i sig bidra till att minska både energianvändning och effektbehov.

Det är även viktigt att skilja mellan den långsiktiga effektreduktion som uppstår till följd av energieffektivisering och den kortsiktiga flexibilitet som möjliggörs genom aktiv styrning under perioder med hög belastning. Den senare innebär att byggnader temporärt reducerar effektuttaget i energisystemet, medan energieffektivisering i första hand minskar det totala energibehovet över tid.

Utöver fjärrvärme för uppvärmning och varmvatten använder ÖBOs fastigheter även el för byggnadens

gemensamma funktioner, så kallad fastighetsel. Fastighetsel omfattar bland annat ventilation, pumpar, hissar, belysning i gemensamma utrymmen samt styr- och reglerutrustning.

I ÖBOs fastighetsbestånd uppgår fastighetselen i dag till omkring 13,4 kWh per m^2 och år. Analyser av energideklarationsdata från Boverket indikerar att fastighetsel i svenska flerbostadshus ligger i intervallet 5–40 kWh per m^2 och år, beroende på byggnadens tekniska system och installationer. Den relativt låga nivån i ÖBO:s bestånd kan delvis förklaras av ett långsiktigt arbete med energieffektivisering. ÖBO har minskat sin förbrukning av fastighetsel från cirka 59,7 GWh år 2005 till 25,4 GWh år 2025, motsvarande en reduktion på omkring 57 procent.

Sammantaget visar erfarenheterna från Örebro att digital fastighetsautomation inte i första hand handlar om en enskild teknik, utan om ett sammanhållet arbetssätt där teknik, data, drift och organisation samverkar. AI utgör i detta sammanhang en viktig komponent för att skala upp och vidmakthålla effekterna, snarare än den enskilt dominerande drivkraften.

Metod

För att analysera den nationella potentialen av digital fastighetsautomation och AI används i denna studie en förenklad scenarioanalys. Syftet är inte att exakt prognosticera framtida utfall, utan att illustrera storleksordningen på möjliga effekter vid olika grader av införande och effektivisering.

I den löpande analysen används 50 procents införandegrad som huvudscenario om inget annat anges. Med införandegrad menas andelen fastigheter där digital fastighetsautomation och AI har införts motsvarande de investeringar som ÖBO har genomfört. Detta motsvarar ett realistiskt mellanläge som illustrerar betydande systemeffekter utan att förutsätta ett fullt genomslag i hela beståndet. Resultat vid 100 procents införandegrad redovisas som en teknisk potential för att belysa det maximala spannet.

Analysen avseende fjärrvärmeanvändning baseras på Energimyndighetens statistik för år 2024 för flerbostadshus och omfattar tre ägarkategorier: privata fastighetsägare, bostadsrättsföreningar och allmännyttiga bostadsföretag. Den totala energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten i denna population används som grund för beräkningarna.

År 2025 uppgick ÖBO:s normalårskorrigerade energianvändning för uppvärmning och tappvarmvatten till 110,6 kWh/m Atemp och år, vilket kan jämföras med omkring 128 kWh/m för allmännyttiga bostadsföretag som helhet.

Klimatinitiativet, som drivs av Sveriges Allmännytta och där ÖBO ingår, har som mål att minska energianvändningen med 30 procent till 2030 jämfört med 2007. I dag uppgår energianvändningen i de fastighetsbolag som ingår i initiativet till cirka 120 kWh/m², vilket kan jämföras med ÖBO:s nivå om 110,6 kWh/m².

Utifrån underlag från Sveriges Allmännytta uppgår energianvändningen i övriga svenska flerbostadshus till cirka 134 kWh/m Atemp och år, rensat för fastigheter inom Klimatinitiativet. Skillnaden jämfört med ÖBO motsvarar därmed cirka 23 kWh/m², eller drygt 18 procent, vilket illustrerar den storleksordning av effektivisering som kan uppnås i mindre optimerade bestånd genom systematisk driftoptimering och digital styrning.

Intervallet 10–25 procent används i analysen för att spegla variationer inom fastighetsbeståndet. Den nedre delen av intervallet representerar fastigheter där delar av effektiviseringspotentialen redan har realiserats, medan den övre delen främst avser mer underoptimerade bestånd med större potential att förbättra drift, styrning och uppföljning. Den övre delen av intervallet bör därför tolkas som en möjlig potential i delar av beståndet, snarare än ett generellt eller isolerat utfall av en enskild åtgärd.

"Klimatinitiativet, som drivs av Sveriges Allmännytta och där ÖBO ingår, har som mål att minska energianvändningen med 30 procent"

Energibesparingen beräknas genom att uppskatta hur stor andel av beståndet som omfattas av digital fastighetsautomation och därefter applicera ett antagande om energibesparing på 10–25 procent för uppvärmning och tappvarmvatten.

Den resulterande energibesparingen omräknas till effekt genom antaganden om 1 800–3 000 fullasttimmar, vilket motsvarar typiska värden för uppvärmningsrelaterad energianvändning. Intervallet speglar variationer i klimatförhållanden, byggnadsstandard och driftförhållanden. I de fall ett enskilt värde används tillämpas 2 500 fullasttimmar som ett representativt mittantagande.

I analysen görs vidare en tydlig åtskillnad mellan energi-

effektivisering och flexibilitet. Energieffektivisering avser en minskning av den totala energianvändningen över tid (kWh eller TWh per år), medan flexibilitet avser möjligheten att temporärt minska eller flytta effektuttaget (kW eller MW) under specifika timmar, exempelvis vid hög belastning i energisystemet. Dessa effekter samverkar men fyller olika funktioner i energisystemet: energieffektivisering minskar den långsiktiga efterfrågan, medan flexibilitet bidrar till att hantera kapacitetsutmaningar under kortare tidsperioder.

Representativitet och osäkerhet

En central fråga vid uppskalning av erfarenheter från ett enskilt fastighetsbolag är hur representativt fastighetsbeståndet är i förhållande till det nationella flerbostadsbeståndet. Enligt uppgifter från Sveriges Allmännytta har medlemsorganisationernas fastighetsbestånd, inklusive ÖBO, i stort sett liknande struktur som Sveriges flerbostadshus som helhet, även om vissa skillnader förekommer i energiprestanda och datagränser i energideklarationer.

ÖBO kan i flera avseenden betraktas som ett relativt moget fastighetsbestånd med lång erfarenhet av systematisk driftoptimering. Samtidigt innebär detta att resultaten inte enbart speglar ett övre scenario, utan också illustrerar vad som är möjligt att uppnå genom ett konsekvent och datadrivet arbetssätt.

Erfarenheter från sektorn indikerar att delar av det svenska flerbostadsbeståndet, särskilt bland mindre privata fastighetsägare och bostadsrättsföreningar, i dag har en lägre grad av systematisk driftoptimering. Detta innebär att effektiviseringspotentialen i många fall är minst lika stor, och i vissa fall större, än i redan optimerade bestånd.

Den tekniska utvecklingen bidrar dessutom till att sänka trösklarna för införande. Moderna, standardiserade och mer öppna systemlösningar gör det möjligt att implementera digital fastighetsautomation utan omfattande intern kompetens, exempelvis genom externa tjänsteleverantörer. I praktiken innebär detta att mindre aktörer i ökande grad kan ta del av samma funktionalitet som större organisationer.

Införandetakten är därmed inte i första hand en fråga om teknisk potential, utan om tillgång till lösningar, incitament och stödstrukturer som möjliggör implementering i praktiken. Med rätt förutsättningar kan även mindre fastighetsägare utgöra en betydande del av den totala effektiviseringspotentialen.

Erfarenheterna från Örebro visar att digital fastighetsautomation inte är beroende av unika lokala förutsättningar, utan bygger på ett arbetssätt som i stor utsträckning är skalbart och replikerbart i andra delar av beståndet.

Tabell 1 **Energianvändning för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus –potential för energieffektivisering**

Fastighetskategori	Uppvärmd area (miljoner m2)	Energianvändning uppvärmning + varmvatten (kWh/m2, temperaturkorrigerad)
Privatägda flerbostadshus	56.6	131
Bostadsrättsföreningar	76.1	131
Allmännyttan	45.3	128
Klimatinitiativet (genomsnitt)	-	116
Övriga flerbostadshus (exkl. KI)	-	134
Örebrobostäder (ÖBO)	-	110.6

Resultat

Analysen visar att digital fastighetsautomation och förbättrad driftoptimering kan ge betydande energibesparingar i det svenska flerbostadsbeståndet. Erfarenheterna från Örebro indikerar att en genomsnittlig effektivisering i storleksordningen omkring 15–20 procent är realistisk att uppnå genom systematisk styrning, ökad datatillgång och kontinuerlig uppföljning.

I referensscenariot 50 procents införandegrad* uppgår energibesparingen till omkring 2–3 TWh per år. Resultatet indikerar att även ett sådant partiellt införande ger betydande effekter på systemnivå, både i termer av minskad energianvändning och förbättrat systemutnyttjande.

Om en effektiviseringsnivå motsvarande ÖBO, cirka 18 procent, skulle uppnås i hela det svenska flerbostadsbeståndet motsvarar detta en energibesparing på cirka 4 TWh per år. Detta scenario illustrerar den tekniska potentialen vid ett brett genomslag. Besparingen är därmed av en sådan storleksordning att den motsvarar värmeleveranserna i ett större svenskt fjärrvärmesystem. Som en illustration kan detta motsvara uppvärmningen av cirka 250 000–350 000 lägenheter, beroende på antaganden om genomsnittlig energianvändningper bostad.

Även om delar av sektorn redan har genomfört energieffektiviseringar indikerar skillnaderna mellan mer och mindre optimerade bestånd att det fortfarande finns en betydande kvarvarande potential, särskilt kopplad till systematisk driftoptimering och digital styrning. Erfarenheterna från Örebro visar att denna potential inte enbart är teoretisk, utan i stor utsträckning bygger på resultat som redan uppnåtts i praktiken.

Som framgår ovan ligger ÖBOs genomsnittliga uppvärmning omkring 18 procent lägre än det snitt för svenska flerbostadshus (rensat för Klimatinitiativet) i den statistik om Sveriges allmännytta tagit fram. Skillnaden illustrerar den potential för energieffektivisering som kan realiseras genom systematisk driftoptimering och digital fastighetsautomation.

Den totala fjärrvärmeanvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten i svenska flerbostadshus uppgår till cirka 21,9 TWh per år enligt Energimyndighetens statistik. Detta inkluderar ägarkategorierna, privata fastighetsägare, bostadsrättsföreningar och allmännyttiga bostadsföretag.

Resultaten indikerar att även relativt måttliga införandegrader kan ge påtagliga systemeffekter i enlighet med vad som framgår av tabellen nedan:

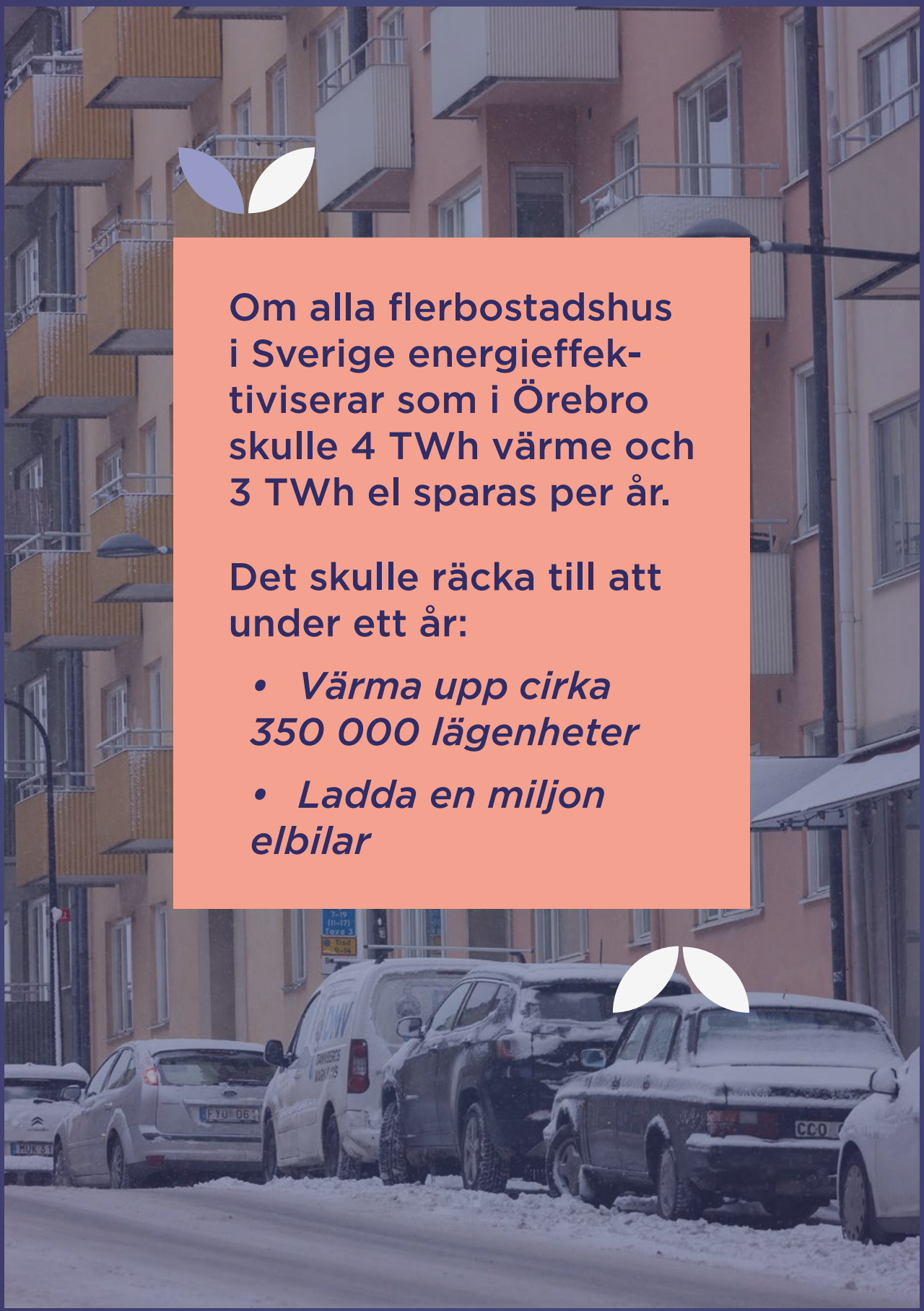
Vid ett införande i 25 procent av beståndet uppgår den potentiella energibesparingen till mellan cirka 0,6 och 1,5 TWh per år. Detta motsvarar en värmeeffektreduktion på cirka 200–800 MW under uppvärmningssäsongen, beroende på antaganden om fullasttimmar. Redan vid denna nivå kan digital fastighetsautomation därmed skapa betydande flexibilitet.

Vid ett införande i hälften av beståndet ökar potentialen till 1,2–2,9 TWh per år, vilket motsvarar en värmeeffektreduktion på cirka 400–1 600 MW. Om tekniken implementeras i 75 procent av beståndet uppgår energibesparingen till 1,7–4,4 TWh per år och effektreduktionen till 580–2 400 MW.

I ett maximalt tekniskt scenario, där hela beståndet omfattas och effektiviseringen uppgår till 25 procent, kan den potentiella energibesparingen uppgå till cirka 2,3-5,8 TWh per år, vilket motsvarar en värmeeffektreduktion på ungefär 770-3 200 MW. Detta illustrerar det maximala spannet i analysen och ska ses som en teknisk potential snarare än ett sannolikt utfall på kort sikt.

Om erfarenheterna från ÖBO, cirka 5–10 procents minskat effektbehov under topplastperioder, skalas upp till flerbostadsbeståndet nationellt, motsvarar det ungefär 400–900 MW reducerad toppeffekt, givet ett antagande om 21,9 TWh årlig energianvändning för uppvärmning och varmvatten och 2500 fullasttimmar. För att sätta detta i perspektiv motsvarar det värmeeffekten

* Med införandegrad menas andelen fastigheter där digital fastighetsautomation och AI har införts motsvarande de investeringar som ÖBO har genomfört.



Om alla flerbostadshus i Sverige energieffektiviserar som i Örebro skulle 4 TWh värme och 3 TWh el sparas per år.

Det skulle räcka till att under ett år:

- *Värma upp cirka 350 000 lägenheter*
- *Ladda en miljon elbilar*

för uppvärmning av uppskattningsvis 200 000–450 000 lägenheter under en kall vinterdag. Beräkningen är förvisso förenklad och bygger på schablonantaganden om fullasttimmar och genomsnittlig energianvändning, men ger en indikation på storleksordningen, och illustrerar att även relativt små procentuella effektiviseringar på fastighetsnivå kan få stor betydelse för effekttopparna i fjärrvärmesystemet när de aggregeras.

Privatägda flerbostadshus

Tabell 3 visar den potentiella energibesparingen och effektreduktionen i privatägda flerbostadshus vid olika införandegrader av digital fastighetsautomation. Beräkningarna utgår från en total energianvändning om 7,4 TWh per år och ett besparingsintervall på 10–25 procent.

Det privatägda flerbostadsbeståndet står för en betydande del av energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten i Sverige, vilket innebär att även relativt begränsade effektiviseringar kan ge stora effekter på systemnivå. Vid huvudscenariot i denna analys, där digital fastighetsautomation implementeras i 50 procent av beståndet, uppgår energibesparingen till cirka 0,37–0,93 TWh per år beroende på antagen effektiviseringsnivå.

Detta motsvarar en effektreduktion på upp till cirka 500 MW, givet antaganden om 1 800–3 000 fullasttimmar. Vid fullt genomslag uppgår besparingspotentialen till 0,74–1,85 TWh per år, vilket motsvarar en effektreduktion på upp till cirka 1 000 MW. Spannet speglar variationer i byggnadsbestånd samt antaganden om fullasttimmar och driftförhållanden.

Resultaten indikerar att även ett partiellt införande av digital fastighetsautomation i det privatägda beståndet kan bidra till betydande minskningar av energianvändning och effekttoppar, samtidigt som fastighetsägarnas energikostnader reduceras.

Bostadsrättsföreningar

Tabell 4 visar motsvarande beräkningar för bostadsrättsföreningar, som utgör den största enskilda kategorin sett till energianvändning med cirka 10 TWh per år. Vid huvudscenariot i denna analys, där digital fastighetsautomation implementeras i 50 procent av beståndet, uppgår energibesparingen till cirka 0,5–1,25 TWh per år beroende på antagen effektiviseringsnivå. Effektreduktionen uppgår samtidigt till upp till omkring 700 MW i ett högre scenario.

Tabell 2 **Total potential för energibesparing, effektreduktion, ekonomiskt värde och klimatnytta i det svenska flerbostadsbeståndet vid olika införandegrader av digital fastighetsautomation, i intervallet 10-25 procent energieffektivisering.**

Införandegrad	Energibesparing (TWh/år)	Effektreduktion (MW)	Ekonomiskt värde (miljarder kr/år)	Klimatnytta (tusen ton CO2e/år)
25%	0,6 - 1,5	193 - 805	0,7 - 1,8	30 - 80
50%	1,2 - 2,9	386 - 1610	1,5 - 3,5	60 - 160
75%	1,7 - 4,4	580 - 2415	2,1 - 5,3	90 - 240
100%	2,3 - 5,8	773 - 3220	2,8 - 7,0	120 - 310

Tabell 3 **Potential för energibesparing och effektreduktion i privatägda flerbostadshus vid olika införandegrader av digital fastighetsautomation, i intervallet 10-25 procent energieffektivisering.**

Införandegrad	Energibesparing (TWh/år)	Effektreduktion (MW)
25%	0,19 - 0,46	61 - 256
50%	0,37 - 0,93	123 - 513
75%	0,56 - 1,39	185 - 770
100%	0,74 - 1,85	246 - 1027

Vid fullt genomslag uppgår energibesparingen till 1,0–2,5 TWh per år, vilket gör denna kategori till den största i absoluta tal. Effektreduktionen kan uppgå till nära 1 400 MW i ett högt scenario.

Resultaten visar att bostadsrättsföreningar har stor potential att bidra till både energieffektivisering och flexibilitet i energisystemet, särskilt eftersom kategorin omfattar en stor del av det svenska flerbostadsbeståndet.

Allmännyttan

Tabell 5 visar potentialen för allmännyttan, med en total energianvändning på cirka 5,8 TWh per år.

Vid huvudscenariot i denna analys, där digital fastighetsautomation implementeras i 50 procent av beståndet, uppgår energibesparingen till cirka 0,29–0,73 TWh per år beroende på antagen effektiviseringsnivå. Detta motsvarar en effektreduktion på cirka 95–400 MW, givet antaganden om 1 800–3 000 fullasttimmar.

Vid fullt genomslag uppgår energibesparingen till 0,58–1,45 TWh per år, vilket motsvarar en effektreduktion på cirka 190–800 MW. Spannet speglar variationer i byggnadsbestånd samt antaganden om driftförhållanden. Resultaten indikerar att fortsatt utveckling av driftoptimering, digital styrning och flexibilitet i det allmännyttiga beståndet kan bidra till både minskad energianvändning och ett mer effektivt utnyttjande av energisystemet, samtidigt som energikostnaderna kan reduceras över tid.

Ekonomiskt värde av energieffektivisering

Den beräknade energibesparingen från digital fastighetsautomation innebär inte enbart minskad energianvändning utan också betydande ekonomiska besparingar för fastighetsägare.

För att uppskatta storleksordningen har energibesparingen i scenarioanalysen värderats med utgångspunkt i ett genomsnittligt fjärrvärmepris i Sverige på cirka 1 215,6 kr per MWh.[1] I sammanhanget är det viktigt att ha med sig att fjärrvärmepriserna varierar mellan olika orter i Sverige eftersom systemen är lokalt organiserade och påverkas av lokala förutsättningar. Bränslepriserna är en central faktor i prissättningen, men även nätens struktur har betydelse. Mindre och mer glesa nät tenderar att ha högre kostnader per levererad energienhet, medan stör-

Tabell 4 **Potential energibesparing och effektreduktion i bostadsrättsföreningar vid olika införandegrader av digital fastighetsautomation, i intervallet 10-25 procent energieffektivisering.**

Införandegrad	Energibesparing (TWh/år)	Effektreduktion (MW)
25%	0,25 - 0,62	83 - 347
50%	0,5 - 1,25	166 - 694
75%	0,75 - 1,88	250 - 1041
100%	1,0 - 2,5	333 - 1388

Tabell 5 **Potential energibesparing och effektreduktion i Allmännyttan vid olika införandegrader av digital fastighetsautomation, i intervallet 10-25 procent energieffektivisering.**

Införandegrad	Energibesparing (TWh/år)	Effektreduktion (MW)
25%	0,14- 0,36	48 - 201
50%	0,29 - 0,73	96 - 402
75%	0,43- 1,09	145 - 604
100%	0,58 - 1,45	193 - 805

re nät och system med kraftvärmeproduktion ofta kan hålla lägre prisnivåer. I denna analys används därför ett genomsnittligt fjärrvärmepris som ett förenklat antagande för att kunna uppskatta de ekonomiska effekterna av energieffektivisering på nationell nivå.

Resultaten, redovisade i tabell 2, indikerar att även vid relativt begränsad implementering kan digital fastighetsautomation generera betydande ekonomiska besparingar i fastighetssektorn.

Vid ett införande i hälften av flerbostadsbeståndet uppgår den potentiella kostnadsminskningen till cirka 1,5–3,5 miljarder kronor per år, medan ett genomförande i hela beståndet kan ge upp till omkring 7 miljarder kronor i årliga energikostnadsbesparingar, vi antagande om 25 procent minskad energianvändning.

Utöver de direkta energikostnadsbesparingarna kan ytterligare ekonomiska nyttor uppstå genom minskade effektkostnader, lägre driftkostnader och möjligheten att delta på flexibilitetsmarknader, vilket utvecklas nedan. De ekonomiska nyttorna av energieffektivisering tillfaller i första hand fastighetsägaren, medan vissa systemnyttor, såsom minskade effekttoppar och reducerat behov av nätutbyggnad, uppstår på systemnivå. Detta innebär att incitamentsstrukturen inte alltid är fullt ut linjerad, vilket kan påverka investeringstakten.

Vidare kan initiala investeringskostnader och tillgång till kompetens utgöra praktiska hinder för implementering, särskilt för mindre fastighetsägare.

Klimat- och miljöeffekter

Digital fastighetsautomation kan skapa miljömässiga systemförbättringar genom två huvudsakliga mekanismer: minskad energianvändning över året och minskat effektuttag under perioder med hög belastning i energisystemet. Tabell 2 visar den uppskattade klimatnyttan av digital fastighetsautomation vid olika införandegrader. Beräkningarna baseras på ett genomsnittligt utsläppsvärde för fjärrvärme om 53,5 g CO_2e per kWh[2] och ett besparingsintervall om 10–25 procent.

Vid huvudscenariot i analysen, där erfarenheterna från ÖBO skalas upp till 50 procent av flerbostadsbeståndet, uppgår energibesparingen till cirka 2 TWh värme per år. Detta motsvarar en minskning av klimatpåverkan på omkring 110 000 ton CO_2e per år.

Inom huvudscenariots spann uppgår energibesparingen till cirka 1,6–2,9 TWh värme per år, beroende på antagen effektiviseringsnivå. Detta motsvarar en minskning av klimatpåverkan på omkring 85 000–155 000 ton CO_2e per år.

I ett övre scenario, med 100 procents införandegrad och 25 procents energibesparing, uppgår den analyserade energibesparingen till maximalt cirka 5,8 TWh värme per år. Med samma antaganden motsvarar detta en minskning av klimatpåverkan på omkring 310 000 ton CO_2e per år.

Resultaten illustrerar att energieffektivisering i flerbostadsbeståndet kan ge betydande klimatnytta vid nationell uppskalning. Samtidigt uppstår en viktig del av den långsiktiga systemnyttan genom att frigjord energi och biobränslen kan användas i andra delar av energisystemet, där de kan ersätta fossil energianvändning med högre klimatpåverkan.

Flexibilitet och effekttoppar

En central systemnytta med digital fastighetsautomation och integrering av AI är möjligheten att minska och flytta effekttoppar. Uppvärmningsrelaterad energiförbrukning är starkt kopplad till utomhustemperaturen och sammanfaller därför ofta med perioder då elsystemet är som mest ansträngt.

Genom prediktiv styrning och kontinuerlig optimering kan värmesystem i byggnader anpassas så att värme produceras och lagras i byggnadens termiska massa innan topplast uppstår. På så sätt kan effektuttaget reduceras under de timmar då belastningen i systemet är som högst. Detta innebär att byggnader i praktiken kan fungera som en distribuerad flexibilitetsresurs, där många små effektreduktioner tillsammans ger en betydande systemeffekt.

Som tidigare nämnts visar erfarenheterna från Örebro att digital fastighetsautomation kan minska värmeeffekten i enskilda fastigheter med cirka 5–10 procent under

[1] Medelvärde för 2025

topplastperioder. Om en liknande flexibilitet realiseras i större delar av det svenska flerbostadsbeståndet kan detta sammantaget motsvara en betydande effektreduktion på systemnivå.

Som även framgått tidigare uppgår energianvändningen för uppvärmning och varmvatten i svenska flerbostadshus till cirka 21,9 TWh per år 2024, vilket motsvarar en värmeeffekt på omkring 9 GW vid ett antagande om 2 500 fullasttimmar. Om en flexibilitet i storleksordningen 5–10 procent realiseras i större delar av det svenska flerbostadshusbeståndet skulle detta kunna minska effektbehovet i energisystemet med omkring 400–900 MW under vintertid. För allmännyttans fastighetsbestånd motsvarar detta ungefär 140–300 MW.

En central iakttagelse är att de observerade effekterna inte drivs av en enskild mekanism, utan av ett samspel mellan aktiv styrning och förbättrad drift baserad på ökad datatillgång. Erfarenheterna från ÖBO visar att digital fastighetsautomation skapar förutsättningar för ett mer systematiskt och träffsäkert optimeringsarbete, där kontinuerlig uppföljning och analys av driftdata gör det möjligt att identifiera och åtgärda avvikelser i stor skala.

Detta innebär att en betydande del av effektiviseringen uppstår genom förbättrad grunddrift, exempelvis optimerade temperaturinställningar, mer ändamålsenliga drifttider och åtgärdande av tekniska brister. Dessa åtgärder är ofta kostnadseffektiva och ger snabb ekonomisk effekt. Samtidigt möjliggör den digitala infrastrukturen att åtgärderna kan genomföras kontinuerligt, skalbart och med hög precision, vilket förstärker effekterna över tid.

Den aktiva styrningen utgör i detta sammanhang ett viktigt komplement genom att möjliggöra anpassning i realtid, exempelvis genom att utnyttja byggnaders termiska massa för att förvärma inför perioder med hög belastning och därigenom reducera effektuttaget under topplasttimmar.

Sammantaget visar erfarenheterna att digital fastighetsautomation inte bara skapar flexibilitet i snäv bemärkelse, utan etablerar ett mer datadrivet och proaktivt arbetssätt där drift, analys och styrning samverkar. Det är just denna kombination som förklarar både de betydande energibesparingarna och den starka ekonomiska lönsamheten som observerats i Örebro.

Fastighetsel i flerbostadsbeståndet - nivåer och effektiviseringspotential

Fastighetsel utgör den del av elanvändningen i flerbostadshus som används för byggnadens gemensamma funktioner, exempelvis ventilation, pumpar, hissar, belysning i gemensamma utrymmen samt styr- och reglerutrustning.

Som tidigare framgått visar underlag från Boverket att fastighetsel i svenska flerbostadshus ligger i intervallet 5–40 kWh per m² och år, beroende på byggnadens tekniska system och installationer. Givet det svenska flerbostadsbeståndets uppvärmda area om cirka 178 miljoner m² motsvarar detta en fastighetselanvändning i storleksordningen 1–7 TWh per år. Fastighetsel utgör därmed en mindre, men inte obetydlig, del av energiförbrukningen i sektorn.

Vidare uppgår, som tidigare nämnts, användningen av fastighetsel hos ÖBO i dag till 13,4 kWh per m² och år, vilket placerar beståndet i den lägre delen av det nationella intervallet sett till det underlag som Boverket presenterar. Om denna nivå appliceras på det svenska flerbostadsbeståndets uppvärmda area motsvarar det en fastighetselanvändning på omkring 2,4 TWh per år. Beräkningen är illustrativ men ger en indikation på storleksordningen. Utvecklingen över tid visar att fastighetselen i beståndet har minskat betydligt.

Sedan 2005 har fastighetselen hos ÖBO reducerats med omkring 57 procent, vilket indikerar att effektivisering av byggnaders tekniska installationer kan ge betydande energibesparingar över tid. Minskningen har skett genom en kombination av tekniska åtgärder, driftoptimering och förändrat beteende, och visar att betydande effektiviseringspotential även finns inom fastighetsel. Den faktiska energibesparingen per åtgärdsområde framgår av tabell.

En viktig iakttagelse är att en relativt liten del av besparingen, cirka 2,55 GWh,[4] kan kopplas direkt till förändrat beteende, medan merparten härrör från tekniska åtgärder och förbättrad styrning. Detta indikerar att den

[2] Enligt statistik från Energiföretagen Sverige uppgår klimatpåverkan från fjärrvärmeproduktionen till cirka 53,5 g CO_2e per kWh.

"Resultaten illustrerar att energieffektivisering i flerbostadsbeståndet kan ge betydande klimatnytta vid nationell uppskalning"

största effektiviseringspotentialen ligger i systematisk driftoptimering och investeringar i styrsystem, snarare än enbart i beteendeförändringar. Resultaten från ÖBO visar därmed att fastighetsel kan reduceras kraftigt genom riktade åtgärder.

Ur ett uppskalningsperspektiv kan den nationella besparingspotentialen illustreras genom en jämförelse mellan ÖBOs nivå och antagna genomsnittsnivåer i flerbostadsbeståndet. Om fastighetselen i sektorn exempelvis uppgår till 20, 25 respektive 30 kWh per m^2 och år, motsvarar en minskning till ÖBOs nivå en besparing på cirka 1,2 TWh, 2,1 TWh respektive 3,0 TWh per år. Beräkningen är illustrativ men visar att även fastighetsel kan utgöra en betydande effektiviseringspotential när åtgärder implementeras i större skala.

Även om fastighetsel utgör en mindre del av energianvändningen jämfört med uppvärmning kan effektiviseringar inom detta område bidra till ytterligare minskningar av elanvändningen i sektorn när åtgärder implementeras i större skala.

Tabell 6 **ÖBO:s besparing av fastigehetsel per åtgärdsområde sedan 2005.**

Åtgärdsområde	"Ursprunglig användning (GWh)"	Besparing (GWh)	Kommentar
Tvättstugor	13,1	5,7	Teknik + beteende
Ventilation	11,9	2,1	Driftoptimering
Belysning	11,3	9	LED, styrning
Kollektiv elmätning	9,6	8,5	Individuell mätning
Motorvärmare	3,6	1,7	Styrning
Uppvärmda garage	3	2,8	Temperaturstyrning
Markvärme	3	2,4	Optimering
Hissar	3	1,2	Effektivare drift
Hängrännor	1,2	0,6	Behovsstyrning
Undercentraler	–	0,35	Driftoptimering
Totalt		**34,4**	

[3] 2025

[4] Enligt uppgift från ÖBO.



Energisystemperspektiv

Effekter på fjärrvärmesystemet

En stor del av det svenska flerbostadsbeståndet värms i dag med fjärrvärme. Energieffektivisering i dessa byggnader innebär därför i första hand ett minskat värmebehov, vilket reducerar både den totala energileveransen och effektuttaget i värmenäten.

En central effekt av energieffektivisering är att belastningen under topplastperioder minskar. Eftersom produktionen i fjärrvärmesystem ofta har en icke-linjär kostnadsstruktur, där de högsta effekterna täcks av anläggningar med betydligt högre rörliga kostnader, kan även relativt begränsade effektreduktioner ge oproportionerligt stora kostnadsbesparingar. Minskad topplast bidrar därmed till ett mer effektivt utnyttjande av befintlig produktionskapacitet och ett minskat behov av spetsproduktion.

Samtidigt innebär energieffektivisering att de levererade volymerna minskar, vilket i system med höga fasta kostnader kan påverka intäktsbasen. Denna effekt behöver dock ses i ljuset av de samtidiga kostnadsreduktionerna, särskilt kopplade till minskad spetslast och mer optimerad drift. I praktiken beror utfallet på hur dessa faktorer samverkar, liksom på lokala förutsättningar såsom produktionsmix, efterfrågeutveckling och prismodeller.

Effekterna varierar även mellan olika typer av fjärrvärmesystem. I system med kraftvärme kan ett minskat värmebehov påverka elproduktionen, särskilt under perioder med hög efterfrågan. I system med en hög andel restvärme eller avfallsförbränning kan ett minskat värmeunderlag påverka hur tillgängliga resurser utnyttjas. Samtidigt kan ökad flexibilitet i efterfrågan skapa bättre förutsättningar att integrera dessa resurser och minska behovet av mer kostsam marginalproduktion.

Sammantaget innebär detta att energieffektivisering och digital fastighetsautomation inte enbart reducerar energianvändningen, utan också förändrar hur fjärrvärmesystemen utnyttjas. Genom att minska effekttoppar och möjliggöra en mer flexibel efterfrågan skapas förutsättningar för ett mer kostnadseffektivt, robust och resurseffektivt system. Detta öppnar även för en utveckling av affärsmodeller där värdet av flexibilitet och systemoptimering i högre grad tas till vara.

Flexibilitet, effekttoppar och robusthet i energisystemet

En central systemnytta med digital fastighetsautomation är möjligheten att minska och jämna ut effekttoppar i fjärrvärmesystemen. Uppvärmningsbehovet är starkt temperaturberoende och sammanfaller därför ofta med perioder då energisystemet är som mest ansträngt. Genom prediktiv styrning och optimerad drift kan värmeproduktion tidigareläggas och lagras i byggnaders termiska massa, vilket gör det möjligt att reducera effektuttaget under topplasttimmar.

"Även relativt små effektreduktioner per byggnad kan, när de aggregeras, ge betydande systemeffekter. Ur ett fjärrvärmeperspektiv är detta särskilt värdefullt eftersom produktionskostnaden ofta är starkt stigande vid höga effektuttag."

Detta innebär att byggnader kan fungera som en distribuerad flexibilitetsresurs. Även relativt små effektreduktioner per byggnad kan, när de aggregeras, ge betydande systemeffekter. Ur ett fjärrvärmeperspektiv är detta särskilt värdefullt eftersom produktionskostnaden ofta är starkt stigande vid höga effektuttag. Topplastproduktion sker typiskt i anläggningar med högre rörliga kostnader, såsom

bioolje- eller gaspannor, vilket innebär att reducerade effekttoppar kan ge oproportionerligt stora ekonomiska besparingar i förhållande till den minskade energivolymen.

Denna typ av flexibilitet har även en direkt koppling till energisystemets robusthet, det vill säga förmågan att hantera variationer, störningar och höga belastningsnivåer utan att leveranssäkerheten påverkas. Genom att minska belastningen under de mest kritiska timmarna stärks systemets motståndskraft och behovet av spetsproduktion reduceras. Eftersom denna produktion ofta är mer kostsam och i vissa fall mer beroende av bränslen med högre osäkerhet bidrar detta till ett system med lägre känslighet för såväl prisvariationer som störningar i bränsleförsörjningen.

Genom ökad digital styrning stärks även efterfrågesidans anpassningsförmåga. Byggnader kan därmed i större utsträckning anpassa sin energianvändning till systemets aktuella tillstånd, vilket minskar behovet av att dimensionera energisystemet för extrema situationer. Sammantaget innebär detta att digital fastighetsautomation inte enbart bidrar till minskad energianvändning och lägre effekttoppar, utan även till en mer robust, flexibel och resurseffektiv drift av energisystemet.

På kort sikt innebär detta en tydlig förstärkning av robustheten, framför allt genom minskade effekttoppar och ett reducerat behov av spetsproduktion. De långsiktiga effekterna beror i högre grad på hur dessa förändringar samverkar med utvecklingen av energisystemets produktionsstruktur och efterfrågemönster.

Strukturella förändringar och systemeffekter i energiomställningen

Fjärrvärme och elsystemet är nära sammankopplade, framför allt genom kraftvärmeproduktion och alternativa uppvärmningslösningar. Förändringar i värmebehovet påverkar därför även elsystemet, men effekterna är inte entydiga utan beror på hur systemen samverkar och utvecklas över tid.

Energieffektivisering i byggnader innebär att det totala energibehovet minskar, vilket på kort sikt kan påverka ekonomin i fjärrvärmesystem med höga fasta kostnader. I system med kraftvärme kan ett minskat värmeunderlag även leda till lägre elproduktion, särskilt under vinterperioder då elsystemet ofta är som mest ansträngt. Ur ett lokalt systemperspektiv kan detta påverka effekttillgängligheten under perioder med hög belastning.

Samtidigt pågår flera strukturella förändringar som påverkar fjärrvärmens framtida roll i energisystemet. Tillgången på avfall för energiåtervinning kan minska till följd av ökade krav på materialåtervinning och cirkularitet, medan konkurrensen om biomassa och andra biobaserade resurser väntas öka i takt med energi- och industriomställningen. Detta kan på sikt förändra kostnadsbilden för förbränningsbaserad fjärrvärmeproduktion.

Parallellt etableras nya verksamheter med potential att leverera restvärme, såsom datacenter och elektrolysörer. Tillsammans med en ökad användning av stora värmepumpar kan detta successivt förändra produktionsstrukturen i fjärrvärmesystemen och minska beroendet av traditionella bränslen och spetslastproduktion.

"Genom att minska effekttoppar och flytta energianvändning till mindre belastade timmar kan trycket på både fjärrvärme- och elsystemet reduceras."

I detta sammanhang kan digital fastighetsautomation och ökad flexibilitet på efterfrågesidan spela en central roll. Genom att minska effekttoppar och flytta energianvändning till mindre belastade timmar kan trycket på både fjärrvärme- och elsystemet reduceras. En jämnare belastning över tid skapar bättre förutsättningar att utnyttja kostnadseffektiv basproduktion, såsom restvärme och värmepumpar, samtidigt som behovet av dyr spetslastproduktion minskar.

På längre sikt kan förändrade kostnads- och användningsmönster även påverka valet av uppvärmningslösningar. I vissa fall kan detta leda till en ökad andel elba-

serad uppvärmning, exempelvis genom värmepumpar. Samtidigt innebär ett lägre värmebehov att det totala tillskottet till elefterfrågan begränsas, särskilt i relation till de effekt- och energibesparingar som uppnås genom effektivisering och flexibilitet.

Mot denna bakgrund är en minskad fjärrvärmeanvändning inte nödvändigtvis ett systemproblem på lång sikt, utan kan i många fall bidra till ett mer effektivt och robust energisystem. Särskilt om utvecklingen drivs av lägre effekttoppar, förbättrad driftoptimering och bättre anpassning av efterfrågan kan digital fastighetsautomation bidra till att stärka samspelet mellan fjärrvärme och elsystem, samtidigt som befintlig produktion och nätkapacitet utnyttjas mer effektivt.

Systemeffekter och målkonflikter

Effekterna av energieffektivisering och flexibilitet i byggnader påverkar flera delar av energisystemet samtidigt:

- Minskad efterfrågan i fjärrvärmesystem kan innebära lägre utnyttjande av produktionskapaciteten och påverka kostnadsfördelningen, särskilt i system med höga fasta kostnader.
- Minskad värmeefterfrågan i kraftvärmesystem kan minska elproduktionen, särskilt under vinterperioder med hög belastning i elsystemet.
- Minskade effekttoppar reducerar behovet av spetslastproduktion, vilket ger lägre kostnader och ett mer effektivt resursutnyttjande.

Erfarenheterna från Örebro indikerar att dessa effekter i praktiken inte utgör ett hinder för utvecklingen. Tvärtom visar resultaten att minskade effekttoppar, förbättrad drift och ökad flexibilitet sammantaget stärker energisystemets funktion, genom att reducera behovet av den mest kostsamma och resurskrävande produktionen.

Det innebär att de förändringar som uppstår i energisystemet i första hand bör ses som en omfördelning av värde, från volymbaserad leverans till effektivare systemutnyttjande. Detta skapar nya förutsättningar för hur energisystemet kan optimeras, snarare än att utgöra en målkonflikt i egentlig mening.

Utifrån ett systemperspektiv är det därför centralt att analysera digital fastighetsautomation som en integrerad del av energisystemets utveckling. Detta understryker behovet av samordning mellan olika delar av systemet samt av styrmedel och marknadsmodeller som bättre tar tillvara värdet av flexibilitet och efterfrågeanpassning.

System- och miljöeffekter av minskad energianvändning och ökad flexibilitet

Effekterna av minskad energianvändning och ökad flexibilitet i byggnader är inte enbart tekniska eller ekonomiska, utan även miljömässiga. Utfallet påverkas av hur energisystemet är uppbyggt och vilka produktionsslag som påverkas när efterfrågan förändras.

I fjärrvärmesystem består baslastproduktionen ofta av kraftvärme, avfallsförbränning och restvärme, där delar av produktionen har relativt låg rörlig kostnad och i vissa fall är mindre känslig för kortsiktiga variationer i efterfrågan. Produktion under topplastperioder sker däremot i anläggningar med högre kostnader, såsom bioolje- eller i vissa fall fossilbaserade spetslastpannor.

Produktionskostnaden i fjärrvärmesystem är inte linjär i förhållande till producerad volym. Vid höga effektuttag, särskilt under kalla vinterdagar, aktiveras produktion med betydligt högre kostnader än baslasten. Det innebär att en minskning av effektuttaget under topplastperioder inte bara reducerar energianvändningen, utan även kan undvika den dyraste produktionen i systemet. Därmed kan värdet av flexibilitet och effektreduktion vara oproportionerligt stort i förhållande till den reducerade energivolymen.

Minskningar i effektuttaget under sådana perioder påverkar därför i första hand den mest kostsamma och ofta mest utsläppsintensiva produktionen. Detta ger ett högt systemvärde genom minskade produktionskostnader, bättre resursutnyttjande och i många fall minskad klimatpåverkan.

Den mest genomgripande effekten uppstår vid minskad total energianvändning över året. Om detta leder till att produktion med högre kostnader eller större resursanspråk kan reduceras uppstår både ekonomiska och miljömässiga vinster. Flexibilitet i efterfrågan förstärker denna effekt genom att minska behovet av marginalproduktion under perioder med hög belastning i energisystemet.

Digital fastighetsautomation med AI möjliggör en sådan anpassning genom att styra värmesystemens drift över tid. Med hjälp av prediktiv styrning kan värme produceras och lagras i byggnaders termiska massa innan belastningen når sin topp, vilket gör det möjligt att reducera effektuttaget under de timmar då systemet är som mest ansträngt.

Ur ett systemperspektiv innebär detta att nyttan inte enbart uppstår genom minskad energianvändning, utan även genom en bättre tidsmässig anpassning av efterfrågan. Genom att jämna ut belastningen över dygnet och året kan energisystemet utnyttjas mer effektivt, vilket minskar behovet av både spetsproduktion och ny kapacitet.

Slutsatser ur ett energisystemperspektiv

Digital fastighetsautomation och mer effektiv värmestyrning i byggnader utgör en betydande systemresurs i energisystemet genom att kombinera energieffektivisering och flexibilitet.

"Analysen visar att åtgärderna inte enbart minskar den totala energianvändningen, utan också förbättrar hur energisystemet utnyttjas."

Analysen visar att åtgärderna inte enbart minskar den totala energianvändningen, utan också förbättrar hur energisystemet utnyttjas. Den kanske viktigaste effekten är reduktionen av effekttoppar och det mer effektiva utnyttjandet av befintlig produktions- och nätkapacitet. Detta minskar behovet av spetsproduktion, sänker systemkostnader och bidrar till ett mer robust energisystem.

Samtidigt innebär utvecklingen att efterfrågemönster förändras, vilket kan påverka befintliga affärsmodeller, exempelvis i fjärrvärmesystem med höga fasta kostnader. Detta bör dock i första hand ses som en anpassningsfråga, där ökad flexibilitet och förändrade användarmönster skapar nya möjligheter till effektivisering och systemoptimering.

Sammantaget pekar resultaten på att digital fastighetsautomation stärker energisystemets funktion, genom att göra efterfrågesidan mer aktiv, flexibel och anpassningsbar till systemets behov. Detta innebär att byggnader i ökande grad kan fungera som en integrerad del av energisystemet, snarare än enbart som en passiv energikonsument.

Hinderanalys

1. Styrsignaler och data speglar inte systemets kostnader och är svåra att använda i praktiken

En central förutsättning för att realisera potentialen i digital fastighetsautomation är att energianvändare möter styrsignaler som speglar de faktiska kostnaderna i energisystemet och som samtidigt är möjliga att använda i praktiken. I dag är detta endast delvis fallet.

"I fjärrvärmesystemen är kostnadsstrukturen i praktiken icke-linjär, där produktion under topplastperioder ofta har avsevärt högre rörliga kostnader än baslast"

I fjärrvärmesystemen är kostnadsstrukturen i praktiken icke-linjär, där produktion under topplastperioder ofta har avsevärt högre rörliga kostnader än baslast. Trots detta utformas prismodeller ofta så att dessa variationer inte fullt ut återspeglas i kundens kostnadsbild. Det innebär att värdet av att reducera eller flytta effektuttag underskattas ur ett användarperspektiv, samtidigt som incitamenten för att investera i flexibilitet och styrning försvagas.

Samtidigt är styrsignalerna ofta svåra att omsätta i operativ styrning. Prismodeller är komplexa, varierar mellan system och saknar i många fall maskinläsbar och tidsupplöst information. Bristande standardisering och interoperabilitet försvårar integrationen med digitala styrsystem, vilket innebär att den tekniska potentialen i fastighetsautomation inte fullt ut kan utnyttjas.

Samtidigt finns en tydlig utvecklingsriktning. Inom ramen för Energimyndighetens beställarnätverk BeBo pågår arbete med att utveckla maskinläsbara prismodeller för fjärrvärme. Syftet är att göra prismodeller digitalt tillgängliga och därmed möjliga att integrera i automatiserade styrsystem. Detta skapar förutsättningar för att i större utsträckning styra energianvändningen mot perioder med lägre systemkostnader och därigenom minska behovet av dyr topplastproduktion.

En sådan utveckling innebär att värdet av flexibilitet kan synliggöras tydligare, både för fastighetsägare och på systemnivå. I takt med att styrsignaler blir mer tidsupplösta, kostnadsreflekterande och digitalt tillgängliga kan efterfrågesidan i större utsträckning bidra till att optimera energisystemets drift.

För att realisera potentialen krävs därmed inte enbart teknisk utveckling i fastigheter, utan även en utveckling av prismodeller, standarder och datagränssnitt. I praktiken handlar det om att göra styrsignaler enklare, mer transparenta och möjliga att använda i automatiserad styrning. Detta kan i sin tur skapa bättre förutsättningar för investeringar i flexibilitet, särskilt hos mindre fastighetsägare där trösklarna i dag är högre.

Utvecklingen mot mer digitala och kostnadsreflekterande styrsignaler är därmed en central möjliggörare för att skala upp digital fastighetsautomation och realisera de systemnyttor som identifieras i denna studie.

2. Begränsad organisatorisk kapacitet hos mindre aktörer hämmar volymen av införandet

Förutsättningarna att implementera digital fastighetsautomation varierar mellan olika typer av fastighetsägare. Större organisationer har ofta tillgång till egna driftorganisationer, centrala styrsystem och resurser för kontinuerlig uppföljning och analys av energianvändning. Detta möjliggör ett mer systematiskt arbete med optimering och effektivisering.

Samtidigt består en stor del av det svenska flerbostadsbeståndet av mindre aktörer, såsom bostadsrättsfören-

ingar och mindre privata fastighetsägare. Dessa saknar i många fall motsvarande organisatoriska kapacitet, både i form av teknisk kompetens och administrativa resurser. Detta kan innebära högre trösklar för att initiera investeringar i digitala system och förändrade arbetssätt, även när åtgärderna är lönsamma.

Samtidigt indikerar erfarenheter från sektorn att mindre aktörer ofta har en relativt hög energieffektiviseringspotential, eftersom arbetet med systematisk driftoptimering i många fall inte har kommit lika långt som i större organisationer. Det innebär att åtgärder liknande de som genomförts i Örebro i många fall kan ge betydande effekter även i dessa delar av beståndet.

Den tekniska utvecklingen bidrar också till att sänka trösklarna över tid. Digitala plattformar, standardiserade lösningar och externa tjänsteleverantörer gör det i ökande grad möjligt att implementera avancerad styrning utan att bygga upp omfattande intern kompetens. Detta skapar förutsättningar för att även mindre aktörer ska kunna ta del av de nyttor som identifieras i studien. Införandetakten är därmed inte enbart en fråga om teknisk potential, utan i hög grad om tillgång till lösningar, incitament och stödstrukturer som gör det möjligt att realisera denna potential i praktiken. Med rätt förutsättningar kan mindre aktörer utgöra en betydande del av den totala effektiviseringspotentialen i flerbostadsbeståndet.

3. Avsaknad av flexmarknader för värme gör att flexibilitet inte värderas eller ersätts

En central aspekt för att realisera värdet av digital fastighetsautomation är möjligheten att tillvarata flexibilitet i energisystemet. I dag är dessa möjligheter begränsade, särskilt inom fjärrvärmesystemet, där det i många fall saknas etablerade marknadsstrukturer för att värdera och ersätta efterfrågeflexibilitet.

Detta innebär att även om fastigheter tekniskt kan bidra till att minska effektuttaget av värme under perioder med hög belastning, finns det ofta ingen tydlig mekanism för att omsätta denna systemnytta i ekonomisk ersättning. Därmed begränsas incitamenten att investera i och aktivera flexibilitet.

Inom elsystemet finns i vissa fall marknader för flexibilitet, men kopplingen till värme och byggnader är ofta indirekt och svår att realisera i praktiken. Aggregering, mätning och verifiering av flexibilitet innebär ytterligare komplexitet, vilket kan utgöra en tröskel för deltagande.

Detta innebär att en betydande del av den identifierade flexibilitetspotentialen, i synnerhet för värme, riskerar att inte realiseras, eftersom det saknas strukturer för att värdera och ersätta den på ett systematiskt sätt.



Slutsatser

Stark ekonomisk lönsamhet

Digital fastighetsautomation och mer effektiv styrning av byggnaders energisystem framstår som en av de mest kostnadseffektiva och skalbara åtgärderna i energiomställningen. Erfarenheterna från Örebro visar att åtgärderna inte bara ger betydande energibesparingar, utan också mycket stark ekonomisk lönsamhet, med kort återbetalningstid och ett varaktigt positivt kassaflöde.

Kan bidra till att stärka Sveriges energisystem

Analysen visar att potentialen är betydande även på systemnivå. Genom att kombinera energieffektivisering med ökad flexibilitet kan både den totala energianvändningen och effekttopparna reduceras. Den kanske viktigaste effekten är minskningen av topplast, där även relativt små procentuella förändringar kan ge stora systemvinster genom minskat behov av spetsproduktion och ett mer effektivt utnyttjande av befintlig kapacitet. Digital fastighetsautomation innebär därmed inte enbart en minskning av energianvändningen, utan en förändring av hur energisystemet utnyttjas. Efterfrågesidan blir mer aktiv och anpassningsbar, vilket skapar förutsättningar för ett mer robust, kostnadseffektivt och resurseffektivt energisystem.

Minskar effekttopparna

Effekterna på fjärrvärme- och elsystemen är i vissa avseenden motsatta, med både fördelar och nackdelar, men den övergripande bilden är att minskade effekttoppar och ett lägre totalt energibehov avlastar systemen och minskar behovet av den mest kostsamma och resurskrävande produktionen. Detta stärker systemens långsiktiga funktion, samtidigt som det skapar utrymme för att integrera mer restvärme, förnybar energi och andra resurseffektiva lösningar.

Utvecklingsmöjligheter för fjärrvärmesystemen

För fjärrvärmesystem med höga fasta kostnader innebär utvecklingen att affärsmodeller och prismodeller kan behöva anpassas. När värdet i ökande grad ligger i att reducera effekttoppar och optimera systemets drift snarare än att leverera stora energivolymer, uppstår nya förutsättningar för hur värmeproduktion och distribution bör organiseras. Detta bör ses som en utvecklingsmöjlighet snarare än ett hinder.

Grundläggande åtgärder ger mest effektivisering

En viktig slutsats är att huvuddelen av effektiviseringen drivs av grundläggande åtgärder kopplade till drift, teknik, datatillgång och organisation. AI-baserad styrning spelar en viktig roll genom att möjliggöra ett mer systematiskt, skalbart och kontinuerligt optimeringsarbete, men utgör i sig inte den dominerande källan till besparingarna.

Styrsignaler och marknadsmodeller behöver utvecklas

Samtidigt varierar förutsättningarna mellan olika typer av fastighetsägare. Mindre aktörer har ofta hög effektiviseringspotential men möter högre trösklar i form av kompetens, resurser och investeringskapacitet. Den tekniska utvecklingen, i form av standardiserade lösningar och externa tjänster, skapar dock snabbt bättre möjligheter även för dessa aktörer att ta del av nyttorna.
För att realisera potentialen fullt ut krävs inte enbart teknisk utveckling, utan även att styrsignaler och marknadsmodeller utvecklas. Prismodeller behöver i högre grad spegla systemets faktiska kostnader och göras tillgängliga i former som kan integreras i automatiserad styrning. Detta är en förutsättning för att värdet av flexibilitet ska kunna omsättas i praktiken.

Kan spela en central roll i energiomställningen

Resultaten pekar tydligt på att digital fastighetsautomation kan spela en central roll i energiomställningen. Åtgärderna kan genomföras i befintligt bestånd, kräver begränsade systemingrepp och ger snabb effekt. Genom att kombinera lönsamhet på fastighetsnivå med betydande systemnytta utgör de en åtgärd som samtidigt stärker konkurrenskraft, leveranssäkerhet och klimatprestanda.

Referenser

BeBo (2023:06) – Erfarenheter av digital fastighetsautomation inom ÖBO (2023)

BeBo (2025:03) Maskinläsbara prismodeller för fjärrvärme.

Energimyndigheten – Energistatistik för flerbostadshus.

Energiföretagen Sverige, Fjärrvärmestatistik 2025

Intervju med Björn Berggren, Sveriges allmännytta.

Intervju med Jonas Tannerstad, ÖBO.

