Energimyndigheten

2026

Syntes av forsknings-programmet E2B2

Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende

Rapporten är framtagen på uppdrag av Energimyndigheten

Denna rapport är framtagen av IQ Samhällsbyggnad AB
på uppdrag av Energimyndigheten

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner
eller beställas via energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, september 2026
ER 2026:25
ISSN 1403-1892
ISBN (pdf) 978-91-7993-298-5

Grafisk form: Energimyndigheten (omslag), Arkitektkopia AB (inlaga)

Förord

Energimyndighetens forsknings- och innovationsprogram E2B2 (2013–2025) har spelat en betydande roll för utvecklingen av kunskap om energieffektivitet i den byggda miljön. Programmet har bidragit till att stärka samverkan mellan akademi, näringsliv och offentlig sektor och att samla tidigare fragmenterade forskningsinsatser.

Under programmets tolv år har synen på den byggda miljöns energieffektivitet breddats. Från fokus på energieffektivisering av byggnaders energianvändning i drift till ett helhetsperspektiv som omfattar byggnaders hela livscykel, deras roll i energisystemet och samspelet mellan teknik, klimatpåverkan, resurseffektivitet och människors beteenden.

Genom forskning, innovation och kunskapsuppbyggnad har E2B2 bidragit med metoder, verktyg och insikter som varit betydelsefulla för denna utveckling och som har påverkat såväl branschpraxis som policyutveckling.

I samband med att E2B2 avslutades sammanfattades programmet och dess kunskapsbidrag i den här syntesrapporten. Rapporten ger en översikt över programmets utveckling och resultat. Du får en sammanfattning av programmets viktigaste bidrag och en inblick i framtida kunskapsbehov och de forskningsinriktningar som krävs för en hållbar, resilient och människocentrerad byggd miljö.

Resultaten från syntesen utgör ett viktigt kunskapsunderlag i Energimyndighetens fortsatta arbete med att stödja forskning och innovation för en mer hållbar och resurseffektiv bebyggelse. Vi hoppas också att rapporten ska vara värdefull för de många aktörer som på olika sätt arbetar med att utveckla den byggda miljön och stärka dess centrala roll i framtidens energisystem.

Rapporten är skriven av IQ Samhällsbyggnad på uppdrag av Energimyndigheten. Analys, slutsatser och rekommendationer är författarens egna.

Veronica Eade
Enhetschef enheten för bebyggelse

Innehåll

Förord ... 3

Sammanfattning ... 6

Summary ... 8

1 Om syntesen ... 9
- 1.1 Syfte och mål ... 9
- 1.2 Målgrupp för rapporten ... 9
- 1.3 Metodik ... 9
- 1.4 Disposition ... 10

2 Programmet E2B2, 2013–2025 ... 11
- 2.1 Bakgrund ... 11
- 2.2 E2B2 2013–2017 ... 12
- 2.3 E2B2 2018–2025 ... 15

3 Programanalys ... 20
- 3.1 Finansiering och utlysningar ... 20
- 3.2 Ansökningar och bedömningsprocessen ... 21
- 3.3 Portföljanalys ... 22
- 3.4 Samverkan med behovsägare, avnämare och intressenter ... 24
- 3.5 Programkoordinering och samverkansfunktion ... 26

4 Projektanalys ... 30
- 4.1 E2B2s forsknings- och innovationsområden ... 30
- 4.2 Drift, användning, människors val och vanor ... 32
- 4.3 Tekniska installationer ... 38
- 4.4 Byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel ... 47
- 4.5 Byggnaden som system och byggprocessen ... 53
- 4.6 Byggnader i energisystemet ... 58

5 Diskussion ... 63
- 5.1 Trender och förflyttningar inom energi i bebyggelsen som märkts i E2B2s projekt ... 63
- 5.2 Centrala kunskapsbidrag från E2B2 ... 65
- 5.3 Reflektioner kring gapet mellan forskning och implementering ... 69
- 5.4 Framåtblick – Mot hållbar, resurs- och energieffektiv bebyggelse ... 70

6 Slutsatser och rekommendationer 74
6.1 Slutsatser 74
6.2 Rekommendationer 75
7 Referenser 77
8 Bilagor 78

Sammanfattning

Programmet E2B2 har under perioden 2013–2025 varit den centrala plattformen för forskning, utveckling och innovation med inriktning mot hållbar energi- och resursanvändning i bebyggelsen. Syntesen sammanfattar programmets verksamhet och analyserar kunskapsbidrag som genererats genom 222 projekt som genomförts och där närmare 500 aktörer från akademi, näringsliv och offentlig sektor har samarbetat. Genom bredden av aktörer har programmet skapat strukturer för kunskapsutbyte, där samverkan varit en bärande del för att hantera sektorns fragmenterade karaktär. E2B2 finansierades med statligt stöd från Energimyndigheten, samfinansierades av aktörer, behovsägare och intressenter inom samhällsbyggnad och koordinerades av IQ Samhällsbyggnad.

Forskningen spänner från tekniska detaljlösningar, breda systemanalyser till beteendevetenskapliga studier av användarnas vanor och drivkrafter. Inom områdena för tekniska installationer och klimatskal har projekt levererat verifierade metoder för energieffektivisering och renovering, ofta med fokus på systemintegration snarare än enskilda komponenter. Gällande byggprocessen har digitala verktyg och kvalitetssäkringsmetoder utvecklats för att säkerställa att projekterad prestanda uppnås i verkligheten. På systemnivå har verktyg för stadsplanering tagits fram, vilka möjliggör analyser av energi- och effektbehov i större skalor.

Syntesen identifierar ett antal avgörande förflyttningar som skett under programperioden, där E2B2 bidragit till ny kunskap. Synen på energieffektivisering har vidgats från teknisk optimering till att omfatta sociotekniska system där människans beteende och behov av hälsa utgör centrala parametrar. E2B2 har bidragit med kunskap om hur användare av energi faktiskt agerar, vilket gett en mer nyanserad och mångfacetterad bild. Fokus har även skiftat från enbart driftenergi till ett helhetsperspektiv som inkluderar byggnadens totala livscykel och klimatpåverkan. Utvecklingen av metoder för livscykelanalys (LCA) har varit framträdande och bidragit till branschstandarder och styrmedel. Ett annat exempel är digitala designverktyg för tidiga skeden som ger bättre beslutsunderlag när de har som störst påverkan. Synen på byggnaden har förändrats från att betraktas som en passiv energikonsument till att utgöra en aktiv och flexibel nod i energisystemet, med potential att bidra till energiomställningen genom exempelvis effektutjämning.

Avslutningsvis konstateras att tekniska lösningar visserligen finns på plats, men att utmaningar kvarstår gällande implementering och uppskalning. Analysen av programgenomförandet visar på vikten av att överbrygga gapet mellan informationsspridning och faktiskt nyttiggörande. En central lärdom är behovet av förstärkt närvaro och samverkan med behovsägare redan från början, och tydligare processer för överlämning av resultat, för att säkerställa att innovationer inte stannar av när projektfinansieringen upphör; en slags ”kunskapsmäklare” som hjälper resultat och idéer vidare.

Även om tyngdpunkten i rapporten är retrospektiv, indikerar syntesen ett framtida behov av att stärka bebyggelsens robusthet och resiliens, att både se till den digitala transformationens möjligheter men att också bygga kunskap om risker som cybersäkerhet och dataintegritet, samt att vidareutveckla affärsmodeller och styrmedel som stödjer den fortsatta omställningen av hela byggnadsbeståndet.

Summary

During the period 2013–2025, the E2B2 programme has served as the central Swedish platform for research, development, and innovation aimed at sustainable energy and resource use in the built environment. This synthesis report summarizes the programme's operations and analyzes the knowledge contributions generated through the 222 projects conducted. The programme has engaged nearly 500 stakeholders from academia, industry, and the public sector, creating essential structures for knowledge exchange and collaboration to address the fragmented nature of the construction and real estate sector. E2B2 was funded by the Swedish Energy Agency, with co-funding from industry partners and stakeholders, and coordinated by IQ Samhällsbyggnad.

The research portfolio spans from technical solutions and broad system analyses to behavioral studies of user habits and drivers. In the areas of technical installations and building envelopes, projects have delivered verified methods for energy efficiency and renovation, often prioritizing system integration over individual components. Regarding the construction process, digital tools and quality assurance methods have been developed to ensure that projected performance is achieved in reality. At the system level, urban planning tools have been introduced to enable the analysis of energy and power demand on a larger scale.

The synthesis identifies several decisive shifts that occurred during the programme period, to which E2B2 has contributed new knowledge. The view of energy efficiency has broadened from technical optimization to encompass sociotechnical systems where human behavior and health are central parameters. E2B2 has provided a more nuanced understanding of how energy users actually act. Focus has also shifted from operational energy to a holistic perspective that includes the building's total life cycle and climate impact. The development of methods for Life Cycle Assessment (LCA) has been prominent, contributing to industry standards and policy instruments. Furthermore, the perception of the building has evolved from a passive energy consumer to an active and flexible node in the energy system, with the potential to contribute to peak load management.

In conclusion, while technical solutions are largely in place, challenges remain regarding implementation and scaling. The analysis of the programme execution highlights the importance of bridging the gap between information dissemination and actual utilization. Key lessons include the need for strengthened knowledge brokerage and clearer processes for the handover of results, ensuring that innovations do not stall when project funding ends.

Although the report is primarily retrospective, the analysis indicates a future need to strengthen the robustness and resilience of the built environment. Future efforts must address both the opportunities of digital transformation and the associated risks, such as cybersecurity and data integrity, while further developing business models and policy instruments to support the continued transition.

1 Om syntesen

1.1 Syfte och mål

Syftet med syntesen är att med utgångspunkt i E2B2s syfte och mål, göra en retrospektiv analys av E2B2s programtid, och med E2B2 som ram beskriva hur forskning, utveckling och innovation för energi- och resurseffektiv bebyggelse har utvecklats, hur nuläget ser ut och initiera diskussion och främja dialog om vägval och behov av ny kunskap.

Målet är att utkristallisera det som programmet gjort som är värdefullt för energi- och resurseffektivisering i bebyggelsen, identifiera vad som är användbart för framtiden, och skapa överbryggning till behovsägare och intressenter.

Syfte och mål kan nås genom att i syntesen:

- Analysera de behov som låg till grund för programmets utformning: Sätta in E2B2 i en kontext, vad ville man uppnå och varför? Hur väl har förväntningarna mötts?
- Lyfta fram lärdomar från programmet: vilka är de viktigaste resultaten, kunskapsbidragen och slutsatserna från projekten?
- Återblicka kring vad som hänt under tiden som programmet har pågått och vilka förflyttningar som har skett, exempelvis för byggnaden som system, byggnadens roll i systemet, digital utveckling, mer integrerade system och så vidare.
- Framåtblick – var är vi nu och vad är viktigast att göra nu?

1.2 Målgrupp för rapporten

Syntesen riktar sig till Energimyndigheten i egenskap av finansiär av programmet. Särskilt efterfrågat är en syntes som analyserar programmets resultat, funktion, måluppfyllelse, ändamålsenlighet och effekt. Syftet är att dra lärdomar inför framtida forskningsfinansiering.

1.3 Metodik

Inriktning och omfattning på syntesarbetet har bestämts i överenskommelse med Energimyndigheten. Det primära källmaterialet är de slutrapporter som varje projekt gjort avslutningsvis och de resultatblad som baseras på rapporterna. Sammanställning av resultatblad per FoI-område bifogas i bilagor. Utöver slutrapporterna har även andra programdokument använts som underlag för analyser och slutsatser, till exempel programbeskrivningar, utlysningstexter etcetera.

Även några andra material har använts: tredjepartsutvärderingar samt Energimyndighetens uppföljning och strategiska underlagsrapporter som till stor del påverkat E2B2s utformning och genomförande. Dessa finns angivna i referenslistan.

Arbetsprocessen består av stegen 1) planering, 2) dokumentstudier, 3) sammanställning och analys, främst kvalitativ men även kvantitativ, 4) syntes och rapportering med framåtsyftande slutsatser och rekommendationer.

1.4 Disposition

Inledningsvis i kapitel två i rapporten ges en beskrivning av E2B2 som program, dess bakgrund, utformning, funktion och inriktning. Därefter i kapitel tre beskrivs programmets genomförande; utlysningar, projektstöd, programkoordinering, seminarier och event samt kommunikation och resultatspridning. I kapitel fyra har projektportföljen analyserats med avseende på centrala kunskapsbidrag som programmet bidragit till inom respektive forsknings- och innovationsområde. I kapitel fem vägs resultaten samman på programnivå och sätts också i en större kontext. Här sammanfattas de centrala kunskapsbidrag som E2B2 som program bidragit med samt vilka förflyttningar som skett och som E2B2 har främjat inom området för energi- och resurseffektiv bebyggelse. Avslutningsvis i kapitel 6 dras sammanfattande materialet i ett antal slutsatser och rekommendationer framåt.

2 Programmet E2B2, 2013–2025

För att kunna analysera programmets resultat och de förflyttningar som gjorts, vilket är ett centralt mål för syntesen, måste man först sätta E2B2 i en kontext. Här beskrivs därför bakgrunden till E2B2 och de behov som gjorde att programmet bildades. Därefter beskrivs hur programmets vision och forskningsinriktning har formats och utvecklats över tid, från den första programperioden 2013–2017 till den andra perioden inklusive programmets avslutande 2018–2025.

2.1 Bakgrund

2.1.1 Mot en strategisk plattform (2010–2013)

Inför starten av E2B2-programmet (2013–2017) fanns en etablerad, men fragmenterad, energirelaterad byggforskning i Sverige. Energimyndigheten hade sedan 2006 haft ett huvudansvar för att samordna forskning, utveckling, demonstration och innovationsfrämjande åtgärder inom området. Detta ansvar överfördes till Energimyndigheten från bland annat Formas, dit frågorna i sin tur hade förts från Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

Under perioden 1998–2011 hade Energimyndigheten satsat över 1,1 miljarder SEK på energirelaterad byggforskning. Den totala offentliga finansieringen, inklusive från andra aktörer som Vinnova och Formas, uppgick till minst 1,8 miljarder SEK. En förändring i finansierings-landskapet skedde efter 2005, då andelen medel som gick till universitet och högskolor (UoH) ökade kraftigt till över 60 %, medan privata företag fick en minskad andel.

En viktig utgångspunkt för det nya planerade programmet var att lära av tidigare satsningar, inte minst genom utvärderingen av forsknings-programmet CERBOF (2007–2011). CERBOF hade lyckats väl med att etablera en plattform för samverkan mellan myndigheter, näringsliv, akademi och brukare. Utvärderingen indikerade att programmet blivit alltför teknikinriktat och att viktiga områden som ”beteende, processer och styrmedel” inte hade fått tillräcklig andel av medlen. Denna utvärdering, tillsammans med en bredare kartläggning av energirelaterad byggforskning (Faugert & Co), pekade på ett glapp mellan forskningsresultat och praktisk implementering.

E2B2 formades för att möta dessa utmaningar genom att skapa ett bredare, mer sammanhållet och marknadsdrivet program. E2B2 skulle bli en strategisk plattform för samverkan mellan aktörerna med förmåga att möta de stora samhällsutmaningarna inom energieffektivt byggande.

2.1.2 UP Byggs rekommendationer och hur de formade E2B2

Utvecklingsplattformen Bygg (UP Bygg), en strategisk rådgivande grupp till Energimyndigheten med representanter från akademi, näringsliv och myndigheter, arbetade med att ta fram underlag inför Energimyndighetens strategier för perioden 2011–2016. I rapporten ”Byggnader i energisystemet” rekommenderade UP Bygg en inriktning som skulle möta de stora utmaningarna. De pekade på vikten av att förstärka och stabilisera finansieringen och att fokusera ett FoU-program mot att ta ett helhetsgrepp och koppla samman teknikvetenskaper med beteendevetenskap och samhällsvetenskap. De rekommenderade även att samverka med behovsägare för implementeringssatsningar. Satsningar borde omfatta hela bebyggelsens livscykel, från produktion till rivning. UP Bygg rekommenderade också att programmet skulle utgå från problemområden snarare än specifika tekniker och identifierade fyra centrala utmaningsområden; nya byggnader och stadsdelar, befintliga byggnader och renoveringar, byggnader som en del av energisystemet samt processer och aktörer.

Dessa rekommendationer återspeglas i utformningen av E2B2-programmet. De fyra utmaningsområdena utgjorde den direkta grunden för de FoI-områden som formulerades i E2B2-programbeskrivningen.

2.2 E2B2 2013–2017

2.2.1 Vision

Programmets vision formulerades som att: ”*ta fram ny kunskap och lösningar som bidrar till en effektiv och långsiktigt hållbar energianvändning inom området byggande och boende. En sådan kunskap inkluderar såväl energirelaterad teknik och resursanvändning inom bebyggelsen som ny kunskap om människors energianvändning, utifrån beteende-, samhälls- och tvärvetenskapliga frågeställningar.*

Energieffektivisering och effektivare energianvändning ses som ett av flera sätt att uppnå övergripande samhälleliga effektmål om ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

I programmets vision ingår även att skapa en plattform utifrån vilken myndigheter, näringsliv, akademi och brukare samverkar kring forskning. Det är ett arbete som påbörjades i de tidigare programmen CERBOF och Elan och som här förs vidare.”

2.2.2 Forsknings- och innovationsområden

Forsknings- och innovationsbehovet strukturerades i följande sex områden:

6. **Systemperspektiv inom byggande, boende och verksamhet:** Området fokuserade på att förstå sambandet mellan byggnaders utformning (arkitektur och teknik), installationer, energiförsörjningssystem, samt brukares beteenden och incitament. Målet var att hitta tvärvetenskapliga lösningar som bidrog till ett hållbart energisystem.

7. **Befintlig bebyggelse och särskilt miljonprogrammet:** Här låg fokus på att utveckla paketlösningar och innovativa system för att energieffektivisera befintliga bostadsområden, särskilt miljonprogrammet. Målet var att ta fram robusta och kostnadseffektiva lösningar som även förbättrade boendemiljön och bevarade kulturella värden.
8. **Nybyggnation av lågenergihus och näranollenergibyggnader:** Området syftade till att utveckla robust teknik anpassad för näranollenergibyggnader (NNE-byggnader), med särskilt fokus på fönster- och väggsystem samt effektiva uppvärmnings- och ventilationssystem. Forskningen skulle även undersöka hur tekniska installationer kunde göras enkla att förstå och använda för alla aktörer.
9. **Teknik, arkitektur och samhällsbyggnad i samspel:** Detta område handlade om att integrera samhällsbyggnads- och arkitekturforskning med teknisk utveckling. Det omfattade alla skeden, från översiktsplanering till byggnadsutformning, med målet att skapa hållbara och energieffektiva lösningar som utnyttjade till exempel solenergi.
10. **Byggprocessen – från planering till förvaltning:** Forskningen inom detta område skulle fokusera på att utveckla metoder och processer för att säkerställa kvalitet och energieffektivitet genom hela byggnadens livscykel, från planering och byggande till förvaltning och rivning.
11. **Byggmaterial och byggsystem:** Målet var att öka kunskapen om hur valet av byggmaterial och byggsystem påverkade byggnadens energi- och klimateffektivitet under hela dess livscykel.

Genom att fokusera på dessa problemområden i stället för enskilda tekniker, syftade E2B2 till att överbrygga det tidigare upplevda glappet mellan forskning och praktik.

E2B2-programmet öppnade också särskilt för att främja internationella samarbeten, både genom att agera initiativtagare och som mottagare av resultat. Som särskilt relevanta lyftes arbetet inom EU med SET-plan (The European Strategic Energy Technology Plan), Horisont 2020 samt arbetet med forskningssamarbeten inom International Energy Agencys olika bebyggelserelaterade Implementing Agreements.

2.2.3 Utvärdering av första programperioden

Den första programperioden (2013–2017) utvärderades både i en halvtids- och i en slututvärdering, vilka låg till grund för att forma den andra programperiodens första del (2018–2021).

Sammanfattningsvis konstaterar utvärderarna att E2B2 var ett i många avseenden mycket väl fungerande program. E2B2 hade blivit etablerat och välkänt, och projekten producerade relevanta och goda resultat. Halvtidsutvärderingen noterade vikten av att det finns en kontinuitet i programsatsningen och att det även utåt skulle uppfattas så. En observation som ansågs vara fortsatt relevant även i samband i slututvärderingen.

Utvärderarna slog fast att E2B2 inbjuder till aktörssamverkan och har främjat en bred samverkan mellan olika aktörer; deltagandet från drygt 200 olika aktörer från både offentlig och privat sektor i de 80 projekten var en tydlig indikation på det. En majoritet av projektledarna och projektdeltagarna ansåg dessutom att deras medverkan i E2B2 hade motsvarat eller överträffat förväntningarna och kostnaderna. Det, menade utvärderarna, var ett intressant resultat.

Projekten höll generellt en hög vetenskaplig kvalitet, vilket var en av programmets största styrkor. Projekten bedömdes också hålla hög kvalitet med avseende på nytta, relevans och spridning av resultat. Särskilt kommunikationsinsatserna i programmet lyftes fram som mycket uppskattade.

Utvärderarna konstaterade också att programmet var brett, men inte för brett, utan att det snarare var ett värde att kunna sätta saker i sammanhang och se helheter. Bredden främjade tvärvetenskapliga, tvärsektoriella samarbeten som ledde till lösningar på breda samhällsutmaningar om ett energieffektivare samhälle.

Slutsatsen och rekommendationen från utvärderarna var att kontinuiteten i programsatsningen var viktig. Man menade att det finns ett behov av program som E2B2 som har ett heltäckande perspektiv och som ser till en sammanhängande kontext. Inriktningen borde i en andra programperiod därför kunna fokuseras på utmaningar, som är sektorsövergripande och inbjuder till och kräver samverkan med ett flertal aktörer med olika ingångar, snarare än endast på avgränsade ämnesområden eller discipliner.

Utvärderarna konstaterade slutligen att det resultat som produceras i projekten ofta är starka men att de handlar om teoretiska insikter eller synliga kunskapsluckor med en god väg kvar innan implementering och nyttiggörande. Samtidigt pekade man på programmets funktion som är att, som forskningsprogram genom forskning och innovation, bidra till ett långsiktigt hållbart energisystem. Man menade att finansiera aktiviteter ända fram till implementeringsläge inte är exklusivt eller ens primärt E2B2s ansvar. Och man reflekterade över olika möjligheter för programmet att främja projekt längre ut i tillämpningskedjan.

2.2.4 Centrala ram- och regelverk i omvärlden

I samband med planeringen av förlängningen av E2B2 hade det också gjorts flera policyförändringar som direkt påverkade de forskningsfrågor som E2B2 adresserade. Omarbetningar av EPBD beslutades 2010 och krav kopplat till näranollenergibyggnader infördes i svensk lagstiftning 2017, alltså i perioden före E2B2s andra programperiod vilket skiftade fokus för det området från kunskapsuppbyggnad till konkreta lösningar för implementering och genomförande i sektorn.

Två andra centrala ramverk som också beslutades under den här tiden var Parisavtalet från COP21 i Paris 2015 och Agenda 2030 från FN:s generalförsamling. Genom dem fick man nu två centrala målbilder och ramverk för klimatarbetet respektive för hållbar utveckling. I Sverige märktes detta bland annat genom klimatlagen med klimatmålet om nettonollutsläpp till 2045 och lagen om klimatdeklarationer (införd 2022).

Påverkan i näringslivet från dessa två ramverk har varit förändringsdrivande. Ett centralt initiativ är bygg- och anläggningssektorns färdplan för fossilfri konkurrenskraft som publicerades 2018 och uppdaterades 2024, med huvudmålet om netto-nollutsläpp av växthusgaser till 2045. Det kan betraktas som startskottet för sektorns gemensamma arbete med de direkta utsläppen av växthusgaser från byggprocessen.

E2B2s fortsättning grundades också på Energimyndighetens arbete (FOKUS III) och särskilt den strategiska plattformen för Byggnader i energisystemet som bidrog med inspel kring den strategiska inriktningen av forsknings- och innovationssatsningar inom bebyggelseområdet 2017–2020, i en uppföljning 2015 av rapporten ”Byggnader i energisystemet” (2015). Därifrån kom den långsiktiga visionen för området: en resurseffektiv och hållbar byggd miljö. Man pekade på de strategiska fokusområden som även fortsatt behövde adresseras: tvärvetenskap, systemövergripande och systemperspektiv. Och vikten av att se energieffektivisering som en utmaning bland flera hållbarhetsutmaningar att adressera, alltså integrerade ansatser för robusta lösningar där kunskap om teknik, beteende, arkitektur och samhällsbyggnad bidrar.

2.3 E2B2 2018–2025

2.3.1 Vision och syfte

Programmets vision var en resurs- och energieffektiv byggd miljö.

Syftet med programmet var att ta fram ny kunskap, teknik, tjänster och metoder som bidrar till en hållbar energi- och resursanvändning i bebyggelsen.

2.3.2 Forsknings- och innovationsområden

I E2B2s andra programperiod som först beslutades för perioden 2018–2021 betonades behovet av tvärvetenskapliga angreppssätt i än högre grad. De olika FoI-områdena skulle kopplas samman för att möta de komplexa utmaningarna inom energianvändning i bebyggelse. Till exempel lyftes ”Drift, användning, människors val och vanor” som ett eget område för att säkerställa att sociala och beteendevetenskapliga aspekter integrerades med de tekniska lösningarna.

Forsknings- och innovationsområdena omformades för att få en bättre koppling mellan teknik och människa, och bebyggelsen och det större samhället. Syftet var att främja en mer integrerad och tvärvetenskaplig syn i projekten. Strukturen täcker mer helhetligt in alla aspekter som kopplar till energi i bebyggelsen:

- **Drift, användning, människors val och vanor:** Här flyttades fokus från enbart teknik till interaktionen mellan teknik och människa. Forskningen skulle nu fokusera på att ta fram ny kunskap om hushållens och andra aktörers drivkrafter och beteendemönster för energieffektivitet. Området syftade till att bättre förstå drivkrafter, kunskap och incitament för energieffektivisering hos användare, fastighetsägare och andra aktörer.

- **Tekniska installationer:** Området fokuserade på de interna systemen i en byggnad. Forskningen syftade till att utveckla nya tekniska system (VVS, el, styr- och reglerteknik) som effektiviserade energianvändningen och skapade en god inomhusmiljö. Det inkluderade nya tekniker som digitalisering och ”sakernas internet” för att effektivisera energianvändningen och skapa ett bra inomhusklimat.
- **Byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel:** Detta område utökades för att ta ett tydligt livscykelperspektiv, från produktion till demontering och rivning. Det omfattade forskning som inte bara syftade till att minska energianvändningen utan också klimatpåverkan ur ett helhetsperspektiv. Målet var att ta fram ny kunskap om hur val av material och byggsystem påverkade energianvändningen och klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv.
- **Byggnaden som system och byggprocessen:** Området handlade om hur olika aktörer samverkar i byggprocessens alla faser, från planering till förvaltning och demontering/rivning. Här ingick utveckling av metoder och verktyg för att beställa, följa upp och verifiera energieffektivitet. Det handlar också om samverkansprocesser mellan olika aktörer (till exempel arkitekter och kommuner) i hela byggprocessen, inklusive ombyggnads- och renoveringsprocesser. Målet var att utveckla nya metoder och verktyg som kunde stödja energieffektivitet från planering till förvaltning.
- **Byggnader i energisystemet:** Det bredaste och mest systemövergripande området där byggnader sattes i ett större sammanhang med energisystemet, stadsutveckling och policy. Det inkluderade studier av integrerade lösningar för el, värme, vatten, avfall och transporter i ny och befintlig bebyggelse och byggnader som en aktiv del i det större energisystemet, med fokus på nya lösningar för samverkan mellan el, värme, vatten och stadsutveckling.

Den nya strukturen gav en tydligare, mer heltäckande och progressiv logik, vilket gjorde programmet mer sammanhållet och enklare att förstå för de olika målgrupperna.

Strukturen utgick från byggnadens interna system och vidgas successivt till att omfatta systemperspektivet och var avsedd att främja en mer integrerad och tvärvetenskaplig ansats i projekten. Programbeskrivningen betonade att alla projekt inte behövde omfatta alla delar av den nya strukturen, men att den övergripande inriktningen var att skapa en mer sammanhållen och systematisk syn på forskningsområdet. Dessutom var en av ambitionerna med den nya programstrukturen att den skulle uppmuntra till samverkan och medskapande från olika typer av aktörer, inklusive näringslivet, för att öka programmets innovations- och kommersialiseringsgrad.

2.3.3 Energimyndighetens uppföljning av E2B2 (2020)

Under 2020 gjorde Energimyndigheten en intern uppföljning av den dittills genomförda andra etappen av E2B2. Uppföljningen genomfördes i enlighet med programbeslutet: efter två år och omfattade tidsperioden 2018-02-01

– 2021-12-31 och en programbudget på 160 miljoner kronor i statligt stöd från Energimyndigheten.

Syftet med uppföljningen var att bland annat följa upp programmets strategiska inriktning och utveckling, projektportfölj och prestation gentemot programmets indikatorer. Uppföljning blev ett underlag inför beslut om en eventuell förlängning av programmet och att tillföra ytterligare medel till programmet.

Energimyndigheten konstaterade att:

- Strategisk inriktning: Programmet hade lyckats väl med bred spridning av projekt och god fördelning inom sina delområden, samt hade attraherat många samfinansiärer. Prioriterade områden från strategin ”Resurseffektiv bebyggelse” (kring renovering, systemlösningar, samverkan och sektorsstrategin) skulle komma att integreras i kommande utlysningar. Programmet samverkade också tätt med andra närliggande satsningar inom Energimyndigheten för att hantera tvärdisciplinära frågor, och diskuterade gemensamma ansökningar med exempelvis TERMO-programmet.
- Programhanteringen: Programmet siktade på att fortsätta korta handläggningstiderna, en effektivisering som hade lyckats i utlysning 4 genom ökad personalinvolvering. Kommunikationen via IQ samhällsbyggnad hade fungerat bra för att nå målgrupperna, och programkonferenserna hade skapat värdefulla mötesplatser. Man hade identifierat en underrepresentation av kvinnliga projektledare och skulle arbeta för att öka den andelen, bland annat genom mer inkluderande kommunikation.
- Uppdatering av programindikatorer: En analys av programindikatorerna hade gjorts. Fokus lades på att förbättra indikatorer som bedömdes viktiga men där man hade presterat lägre (till exempel projektpartners, samverkan, nätverksförankring), snarare än de där man redan hade presterat över förväntan (till exempel akademisk excellens). Projekt med företag som huvudsökande lyftes också fram som viktiga för implementering, och nya indikatorer för detta togs fram.
- Förändringar i programmet: Inga strukturella förändringar föreslogs, tack vare god portföljfördelning och uppfyllda indikatorer. Programmet hade också ökat sitt fokus på internationella projekt. För att hantera att få företag var huvudsökande, trots att de deltog på andra sätt, skulle programmet öka informationen till marknadsnära aktörer samt överväga två nya alternativ:
  - Korta och snabba projekt: Ett initiativ som skulle kunna öppna för mindre, marknadsnära projekt, inspirerat av Vinnova ”Bygginnovationen”.
  - Konkurrens på lika villkor: En utlysning skulle kunna öppnas med två separata ingångar (akademiska respektive icke-akademiska huvudsökande) för en mer rättvis konkurrens.

2.3.4 E2B2 förlängs till 2024

Slutsatsen från Energimyndighetens interna uppföljning blev ett förslag om att förlänga programmet. Uppföljningen hade visat på ett brett intresse för programmet, ett högt söktryck och ett stort engagemang från samfinansiärer. Programmet bedömdes bidra till hållbar resursanvändning. Baserat på detta föreslogs en förlängning av programmet och en tillförsel av mer medel, för att möjliggöra nya och längre projekt.

Det föreslogs att programbudgeten skulle utökas med 160 miljoner kronor och att programtiden skulle förlängas till och med 2024-12-31. Syftet var att säkra kontinuiteten och möjliggöra minst en utlysning per år.

2.3.5 Slututvärdering 2022

Under 2022 gjorde Sweco en extern utvärdering av E2B2 på uppdrag av Energimyndigheten. Utvärderingen hade till syfte att bedöma programmets måluppfyllelse, ändamålsenlighet och kvalitet. En del av uppdraget var också att analysera E2B2 i relation till programmet Spara och bevara och utreda konsekvenserna av en eventuell sammanslagning. Utvärderingen byggde på flera metoder, inkluderat dokumentstudier, intervjuer, en expertpanel och en enkät till projektledare.

Rapportens slutsatser var att E2B2 bedömdes vara ett framgångsrikt program som uppfyllde sina mål väl. Den samlade bedömningen från intervjupersoner, projektledare och experter var samstämmig och mycket positiv. Programmet beskrevs återkommande som ”välmående och heltäckande” och ansågs ha hög ändamålsenlighet, där dess forum för dialog och stöd höll hög kvalitet. Det framkom att programmet var väletablerat med ett gott renommé, och det beskrevs av projektledare som en ”självklar nod” eller ”knutpunkt” för aktörer inom området. Relevansen underströks av enkätdata som visade att 68 procent av projekten inte skulle ha genomförts utan finansieringen från E2B2. Det tvärsektoriella arbetet mellan akademi, näringsliv och forskningsinstitut bedömdes fungera väl. Ett utvecklingsområde som pekades ut var behovet av att stärka det tvärvetenskapliga perspektivet, då tekniska perspektiv tenderade att överskugga beteende- och samhällsvetenskapliga perspektiv.

Baserat på detta rekommenderade Sweco att programmet byggde vidare på sitt arbete men att det internationella perspektivet borde stärkas ytterligare. Sweco rekommenderade också att man fortsatte arbetet med att stärka inkluderingen av tvärvetenskapliga perspektiv i både bedömningar och projektgenomförande, samt att behålla den dialog med aktörer som utvärderarna såg som en styrka.

Utvärderingen bedömde även programmet Spara och bevara (SoB). Det konstaterades att programmet hade byggt upp kompetens inom sitt fält, men att det samtidigt var personberoende och hade ett relativt begränsat antal deltagande aktörer. Swecos bedömning var att tidpunkten var inne för en förändring av programmets form.

Sweco förordade därför att Spara och bevara skulle inkorporeras i E2B2. En sammanslagning bedömdes kunna ge fördelar, som att SoB-frågorna kunde få ta del av E2B2:s breda nätverk, att renoveringsperspektivet inom E2B2 kunde stärkas, samt att administrativa effektiviseringar kunde uppnås. Det framhölls att sammanslagningen behövde ske varsamt för att säkerställa att Spara och Bevaras profil och de forskningsmiljöer som byggts upp kunde bibehållas.

För att komplettera ett sammanslaget program och säkra kompetensförsörjningen föreslog Sweco även alternativet att man kunde överväga att omvandla delar av SoB till ett beställarnätverk för marknadsnära insatser, medan fortsatt forskning kunde hanteras inom E2B2. Slutligen föreslogs att en tvärvetenskaplig forskarskola kunde inrättas för att stärka kompetensförsörjningen och det tvärvetenskapliga angreppssättet.

2.3.6 E2B2 avslutas 2025

Energimyndigheten beaktade det som utvärderarna rekommenderat och beslutade att samla huvuddelen av forsknings- och innovationsfrågorna kopplat till energi och resurser i bebyggelsen i ett nytt sammanhållet och bredare program som omfattade både E2B2s och Spara och Bevaras utmaningsområden. Under 2023 startade Energimyndigheten utlysningar inom ramen för det nya och bredare programmet Resurseffektiv Bebyggelse. E2B2 avslutades därmed under år 2025, när de beslutade projekten avslutats.

3 Programanalys

Kapitlet sammanställer och beskriver de processer och strukturer som utgjort ramen för E2B2s verksamhet. Här belyses programmets finansiering och utlysningar, de bedömningsprocesser som styrt urvalet, projektportföljens sammansättning, plattformen för samverkan samt den övergripande programsamordningens olika delar.

3.1 Finansiering och utlysningar

Det genomfördes totalt 12 utlysningar i E2B2. Tabell 1 och Tabell 2 nedan visar ansökt statligt stöd och beviljat statligt stöd, för programmet som helhet och för respektive utlysning. E2B2 var ett genomgående översökt program och beviljandegraden (uttryckt som andelen beviljat statligt stöd per ansökt statligt stöd) i programmets utlysningar var 25 %.

Tabell 1. Ansökt stöd, beviljat stöd och beviljandegrad för E2B2 som helhet.

Sökt statligt stöd	Beslutat statligt stöd	Beviljandegrad
1738621320	427713837	25 %

Tabell 2. Beslutat statligt stöd per utlysning.

Programperiod	Utlysning	Statligt stöd
2013–2017	Utlysning 1	23722748
2013–2017	Utlysning 2	19772129
2013–2017	Utlysning 3	42110112
2013–2017	Utlysning 4	27896609
2013–2017	Utlysning 5	9917947
2018–2025	Utlysning 1	52728466
2018–2025	Utlysning 2	33397349
2018–2025	Utlysning 3	43475758
2018–2025	Utlysning 4	22954728
2018–2025	Utlysning 5	49877585
2018–2025	Utlysning 6	62952627
2018–2025	Utlysning 7	37796429
Summa		**431512719**

3.2 Ansökningar och bedömningsprocessen

Energimyndighetens beslut i enskilda projekt grundades bland annat på rekommendationer från ämnesexperter som bidrog i bedömningarna av ansökningarna. I första programperioden formerades expertgruppen i ett programråd för E2B2 och i den andra programperioden utsågs en bedömargrupp, som var en större och bredare grupp med ämnesexperter. Båda expertgrupperna följde även genomförandet av projekten och bidrog med att kvalitetssäkra projektens slutrapporter.

3.2.1 Programrådet, 2013–2017

Programrådets huvudsakliga syfte var att bedöma inkomna projekt-ansökningar och utvärdera överrensstämmelsen med programmets syfte och mål. Ledamöterna nominerades av Energimyndigheten och IQ Samhällsbyggnad utifrån expertis och en strävan efter mångfald. Energimyndigheten ansvarade för det formella förordnandet och hade även adjungerade representanter i rådet.

Utöver ansökningsgranskning omfattade uppdraget att granska läges- och slutrapporter, lämna synpunkter på kommande utlysningar samt bistå vid programkonferenser. IQ Samhällsbyggnad samordnade mötena och stod för administrativt stöd. Arbetet inleddes med ett möte där arbetsordning och tidsplan fastställdes.

Inför mötena genomfördes individuell granskning enligt fastställda bedömningsprotokoll. Rådet hade möjlighet att begära kompletteringar, avstyrka vissa delar av projekt eller inhämta extern expertis. Hanteringen av jäv och sekretess var strikt reglerad; en jävig ledamot fick inte delta i behandlingen av aktuell ansökan.

Arbetet med att bedöma ansökningar resulterade i en samlad rekommendation för hela utlysningen för att säkerställa likabehandling. Rekommendationen innehöll motiveringar för varje enskild ansökan och utgjorde beslutsunderlag för Energimyndighetens finansieringsbeslut.

3.2.2 Bedömargruppen 2018–2022

Bedömargruppen fungerade som en rådgivande funktion för kvalitets-säkring av ansökningar och bidrog till att styra programmet mot uppställda mål. Uppdraget innebar att enskilt utvärdera tilldelade ansökningar via webbformulär samt delta i inledande informationsmöten och avslutande bedömningsmöten. Arbetet utfördes under krav på sekretess, saklighet och opartiskhet.

Urvalet av experter och fördelning av ansökningar hanterades av Energimyndigheten i dialog med IQ Samhällsbyggnad. Målsättningen var en bred representation från näringsliv, offentlig sektor och akademi, samt en jämn könsfördelning. Experterna i bedömargruppen fyllde i kompetensprofiler för att möjliggöra bästa matchning mot relevanta ansökningar i aktuell utlysning.

Resultatet, bestående av skriftliga utlåtanden och mötesdiskussioner, sammanställdes till en rekommendation som användes därefter av Energimyndigheten som underlag för beslut om vilka projekt som skulle beviljas medel.

3.3 Portföljanalys

I E2B2 genomfördes projekt som tillsammans beviljades 430 Mkr i statligt stöd, se Tabell 3 med fördjupning i bilaga 1. Programmet som helhet finansierades till två tredjedelar med statligt stöd och en tredjedel genom samfinansiering från deltagande projektparter. Samfinansiering är till exempel projektparters arbetstid eller andra stödgrundande kostnader som projektparten haft för genomförande av projektet, samfinansiering kan även utgöras av kontanta medel från icke statlig finansiering (i E2B2 har till exempel flera projekt även finansierats av SBUF. Svenska byggbranschens utveklingsfond). Energimyndigheten strävar efter jämställdhet i projektgruppen och följer även därför hur många projekt som leds av respektive män eller kvinnor. Strax under 40 procent av det statliga stödet gick till projekt som leddes av kvinnliga projektledare.

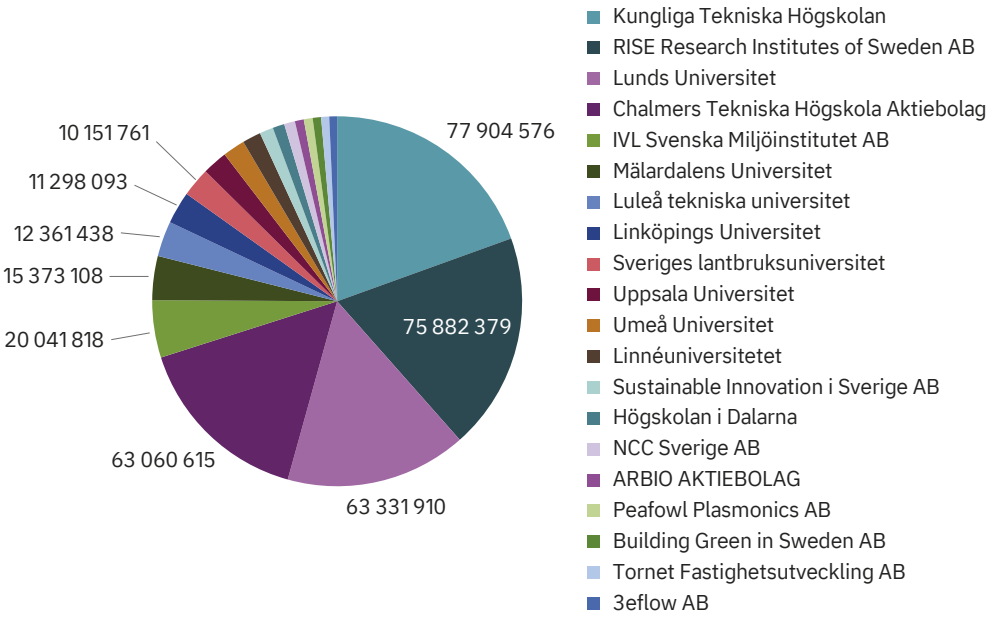
Tabell 3. E2B2s projektportfölj som helhet.

Parameter	Värde
Antal projekt	222
Total projektbudget	660 934 649 SEK
Varav statligt stöd	431 512 728 SEK
Varav samfinansiering	229 421 930 SEK
Andel statligt stöd (%)	65 %
Andel samfinansiering (%)	35 %
Genomsnittligt statligt stöd per projekt	1 943 751 SEK
Genomsnittlig projektlängd (månader)	30 mån
Statligt stöd till projekt ledda av kvinnor	160 833 582 SEK
Statligt stöd till projekt ledda av män	270 679 146 SEK
Andel av stöd till kvinnliga projektledare (%)	37 %

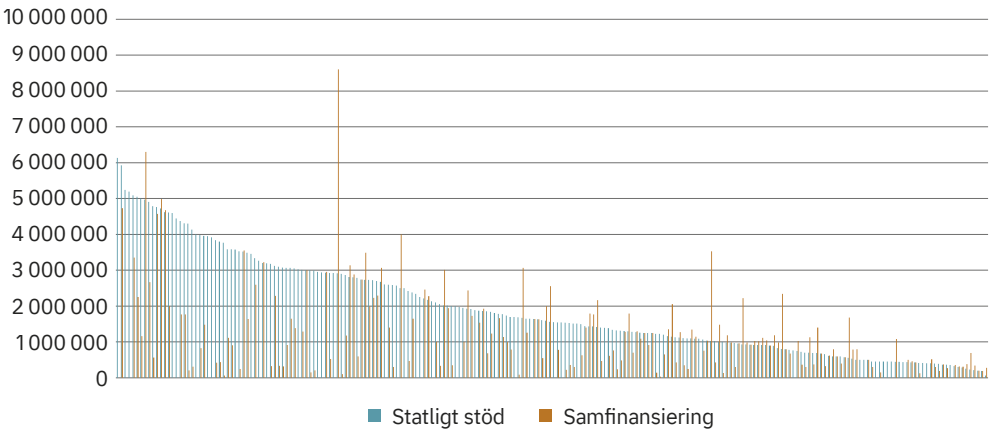
De flesta projekten i programmet har koordinerats av universitet, högskolor och forskningsinstitut. Koordinatorns roll är att ta emot stödet från Energimyndigheten och fördela det till projetkets parter i enlighet med projektbeslut. I tabell 4 ses att det mesta av det statliga stödet, tre fjärdedelar, har betalats ut till projekt som koordinerades av universitet och högskolor som tillsammans med forskningsinstitut koordinerat över 90 procent av det totala stödet i programmet. I E2B2 hade många projekt flera projektparter som stödet fördelas på, värt att notera är att siffrorna som visas per koordinator avser det stöd som beviljades för projektet som helhet. E2B2s projekt varierar i både storlek avseende statligt stöd och grad av samfinansiering. En översikt visas i figur 1. Mer detaljerad information visas i bilaga 1.

Tabell 4. Fördelning av statligt stöd för projekt som respektive kategori koordinator ansvarat för.

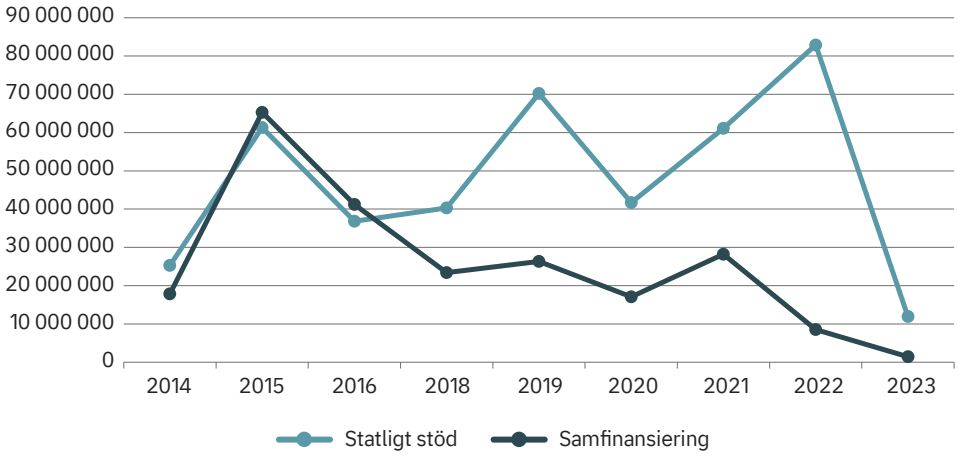
Kategori koordinator	Summerat statligt stöd, SEK	Andel av statligt stöd (%)
Universitet och högskolor	284 717 877	66,2 %
Forskningsinstitut	95 924 197	22,3 %
Företag	45 748 283	10,6 %
Föreningar och stiftelser	3 881 325	0,9 %
Kommunal myndighet	830 000	0,2 %
Enskild firma	411 037	0,1 %



Figur 1. Fördelning av de koordinatorer för projekt som mottagit mest stöd (summa i SEK) i E2B2.



Figur 2. Fördelning statligt stöd och samfinansiering per projekt, fallande sortering på statligt stöd.



Figur 3. Statligt stöd och samfinansiering per projekts startår.

Figur 4 visar samfinansiering respektive statligt stöd per projekts startår. Man ser en minskande trend i för samfinansiering i programmet och det kan delvis förklaras av de mer strikta kraven kopplade till samfinansiering som fanns under den första programperioden (startåren 2014–2016).

3.3.1 Tematiska synteser

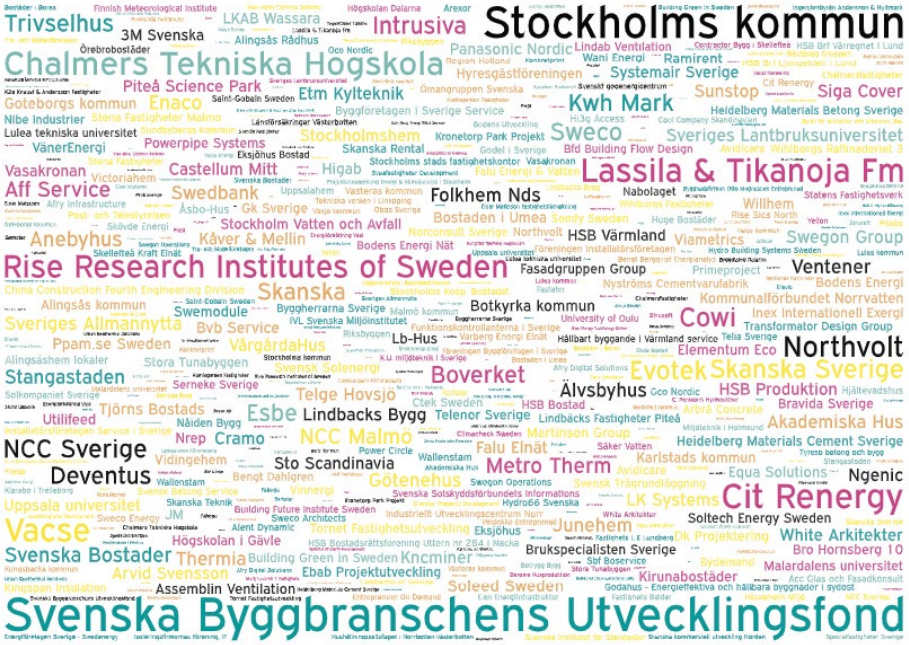
Under E2B2s första programperiod utfördes tre tematiska synteser. Syftet var att lyfta fram och analysera resultat från utförda projekt inom särskilt viktiga områden inom E2B2-programmet. Synteserna gav både en samlad bild av vad som händer inom området, men skulle också utformas för att hjälpa projektdeltagarna att skapa affärsnytta. Fokus låg på att lyfta fram state-of-the-art inom området och de faktiska projektresultaten, förutsättningar för uppskalning samt i vilken mån projekten hade genererat praktiskt nytta. Stort fokus låg just på vilken nytta projekten har genererat och hur den kunde definieras. De tre utvalda tematiska områdena var 1) Installationer och IT, 2) Affärsmodeller och tjänster för energieffektivisering samt 3) Renovering av befintligt bostadsbestånd. För utförandet anlitades Sweco Energuide, RISE och Xlent. De tematiska synteserna finns publicerade och tillgängliga på E2B2-webben.

3.4 Samverkan med behovsägare, avnämare och intressenter

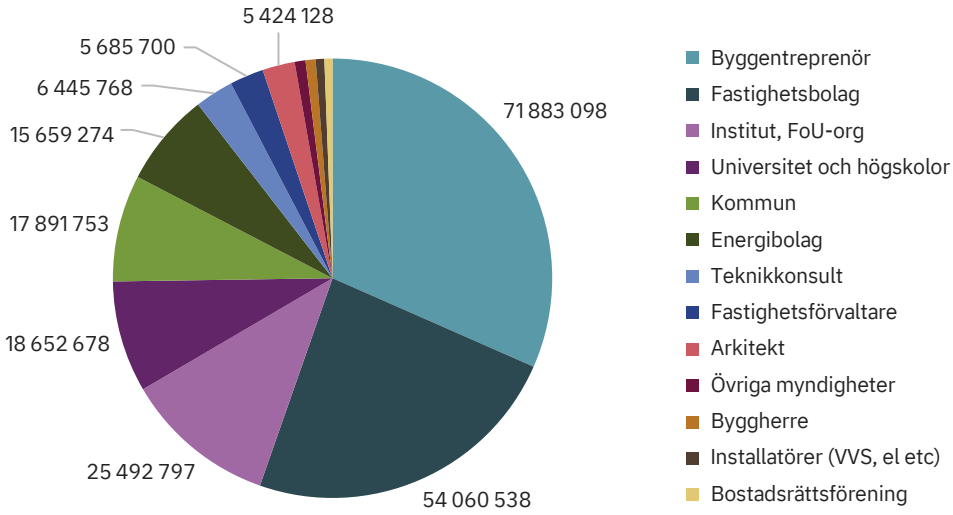
En grundläggande utgångspunkt för forsknings- och innovationsprogrammet E2B2 var insikten att bebyggelsesektorn är fragmenterad och att en omställning av energisystemet kräver mer än enbart teknisk innovation. För att uppnå verkligt genomslag måste forskning och innovation kopplas till marknadens behov samt de drivkrafter, kunskaper och incitament som finns hos sektorns olika aktörer.

Programmets övergripande vision utformades därför för att skapa en plattform där myndigheter, näringsliv, akademi och brukare kunde samverka. Ambitionen var att finansiera forskning med fokus på avnämarrelevanta och problemorienterade frågeställningar.

Samverkan med behovsägare och intressenter har alltså alltid varit centralt i E2B2. Samfinansiering av projekt har varit en viktig del, och totalt har drygt närmare 450 organisationer bidragit med egna resurser i form av samfinansiering. I ordmolnet i Figur 5 nedan visas ett antal av dessa. Ordmolnet är inte heltäckande men visar bredden av samfinansiärer i E2B2. Storleken på texten är proportionerlig mot summan samfinansiering. Och i figur 5 har samfinansiärerna kategoriserats utifrån vilken av programmets målgrupp som de hör till. Mer än hälften av samfinansieringen är från byggentreprenörer och fastighetsbolag.



Figur 4. E2B2s samfinansiärer.



Figur 5. Målgruppers insatser i E2B2-projekt. Samfinansiering i E2B2 fördelad per målgruppskategori.

3.5 Programkoordinering och samverkansfunktion

E2B2 genomfördes av Energimyndigheten tillsammans med IQ Samhällsbyggnad som under hela programperioden varit Energimyndighetens samverkanspart som bidragit till att stärka forskningens relevans och genomslag. Syftet med programkoordineringen var att säkerställa samverkan mellan programmets parter; projektledare, koordinatorer, övriga projektparter, Energimyndigheten samt potentiella sökande och andra behovsägare. Arbetet organiserades i programövergripande koordinering och samordning kommunikation samt genomförande av seminarier och event.

IQ Samhällsbyggnad har under hela programtiden utgjort partnern i arbetet, men formerna för samarbetet och mandatet för genomförandet har skiftat karaktär mellan de två programperioderna. Under den första programperioden bedrevs E2B2 som ett samverkansprogram där IQ Samhällsbyggnad var med och formade programmet. I samband med den andra programperioden ändrades programformen till ett internt program hos Energimyndigheten och samarbetet med IQ Samhällsbyggnad förändrades till att utgöra ett upphandlat kansli med uppdrag att stödja operativa insatser för att upprätthålla dialogen med behovsägare, koordinera aktiviteter och stödja resultatspridning.

Det operativa arbetet inom samverkansfunktionen utformades för att stödja programmets mål om tvärsektoriell samverkan och nyttiggörande. För att stimulera relevanta ansökningar har kansliet varit aktiva i samband med programmets utlysningar genom att sprida information om utlysningar och bistå med vägledning inför ansöknings processen. Arbetet syftade till att sänka trösklarna för deltagande och främja nya konstellationer av aktörer som inte tidigare samverkat.

Inom ramen för uppdraget arrangerades återkommande programkonferenser och resultatspridningsseminarier. Aktiviteterna fyllde två syften: dels att erbjuda en scen för forskare att presentera resultat, dels att skapa en miljö där projektledare kunde utbyta erfarenheter och identifiera gemensamma utmaningar. Kommunikation och nyttiggörande av programmets resultat fokuserade på att paketera och sprida programmets resultat på ett sätt som gjorde dem tillgängliga för sektorns praktiker genom drift av webbplats, nyhetsbrev och riktade medieinsatser. Uppdraget innefattade även ett proaktivt stöd till enskilda projekt i framtagandet av kommunikationsplaner, med målet att stärka projektens egen förmåga att nå ut med sina resultat.

3.5.1 Strategiskt råd

I programmets andra period ersattes det tidigare programrådet med en bedömargrupp och ett strategiskt råd. Det strategiska rådet tillsattes för att komplettera bedömargruppens mer operativa uppdrag. Energimyndigheten beslutade om de 12–15 externa experter med sakkompetens, erfarenhet inom programmet område och särskilt med goda förmågor att se helheter och övergripande trender med relevans för programområdet. Rådets roll

var att stärka programmets funktion genom att ge råd i programfrågor av övergripande karaktär. Det strategiska rådet verkade rådgivande vilket innebar att det skulle lämna rekommendationer om programmets utlysningar och områden, men utan beslutanderätt. Arbetet i det strategiska rådet inriktades på strategiska och taktiska frågor vilket kunde innefatta utvärderingar och inriktningar för programmet vid eventuella program-förlängningar, kommunikationsinsatser, inriktningar på utlysningar, syntesarbete, identifiering av eventuella satsningar utöver utlysningar, program- och projektuppföljning, bidra till nyttiggörande i branschen, samt generell omvärldsbevakning för programmet.

3.5.2 Samverkansgruppen för energi- och resurseffektiv bebyggelse

För att främja samordning, överhörning och erfarenhetsutbyte formerades också en särskild samverkansgrupp som samlade Energimyndighetens verksamheter inom bebyggelseområdet – dels programmen E2B2, Spara och Bevara, Design för energieffektiv vardag samt belysningsprogrammet Elys, dels behovsägarnätverken Bebo, Belok, Lågan och Besmå. Deltagare var Energimyndigheten samt koordinatorer för nätverken och forskningsprogrammen. Syftet med samverkansgruppen var att skapa överblick och säkerställa ett effektivt och samordnat arbete och särskilt säkerställa kontakter och överhörning mellan forskningsinsatser och implementeringsinsatser.

3.5.3 Kommunikation, event och resultatspridning

Kommunikation har genomgående varit en integrerad del i E2B2 och i alla de forskningsprojekt som har ingått i programmet. Arbetet med kommunikationsinsatserna har pågått kontinuerligt och utformats för att stödja programmets syfte och mål. För att underlätta detta togs en genomtänkt och tydlig kommunikationsstrategi fram samt en grafisk profil med syfte att underlätta det praktiska kommunikationsarbetet.

Fem ledord har kännetecknat den kommunikation som bedrivits inom E2B2 som ska vara; inkluderande, trovärdig, modern, aktuell och frekvent. Målet var således att alltid använda ett vårdat, enkelt och begripligt språk som inte exkluderar någon av följande målgrupper:

- Potentiella deltagare i programmens olika projekt
- Deltagare i forskningsprojekten inom E2B2
- Potentiella samfinansiärer i programmet
- Intressenter som har nytta av forskningsresultaten

Den sista punkten, intressenter som har nytta av resultaten, består i sin tur av en bred palett av mottagare med olika kunskapsnivåer. Målgrupper och intressenter i E2B2 som helhet har varit:

- Arkitekter
- Byggherrar, det vill säga beställare av byggnader

- Entreprenörer, det vill säga utförare och leverantörer av byggnader
- Energibolag
- Fastighetsbolag
- Bostadsrättsföreningar och villaägare
- Fastighetsförvaltare
- Installatörer inom VVS, el, etcetera
- Institut och forskningsorganisationer med verksamhet på området
- Kommuner
- Stadsplanerare
- Övriga myndigheter på området, exempelvis Formas, Vinnova, Boverket, Konsumentverket, med flera.

Det innebar också att korrekt och faktabaserad information alltid skulle spridas med utgångspunkt från målgruppernas specifika behov och förkunskaper.

Huvudmålet med den interna och externa kommunikationen var att synliggöra projekt och forskningsresultat för att säkerställa att de nådde och blev till nytta för relevanta behovsägare och branschaktörer. Kärnuppgifterna för IQ Samhällsbyggnad inkluderade:

- Publicering och bred distribution av programutlysningar.
- Projektstöd, exempelvis att säkerställa att alla projekt tog fram en kommunikationsplan. IQ Samhällsbyggnad erbjöd feedback på planerna, och erfarenheten visade att det engagerade projekten i deras egen resultatspridning och skapade en praktiskt användbar struktur för dem att arbeta med. Planerna togs fram tidigt i projekten och användes som ett levande dokument.
- Kvalitetssäkring, redaktionellt stöd och publicering av slutrapporter.
- Hantering av programmets huvudsakliga kommunikationskanaler.
- Organisation av årliga event, både interna (projektledarmöten) och publika konferenser.

Budskapet har alltid paketerats och presenterats på ett modernt och intresseväckande sätt och spridits genom genomtänkta kanaler:

- **E2B2s webbplats:** Fungerade som det primära navet för all kommunikation. Varje projekt hade en egen sida. En journalist intervjuade projekten tidigt för en populärvetenskaplig artikel. När slutrapporten publicerades skapades en resultatsida som summerade slutsatserna. Webbplatsen innehöll även nyheter och stödmaterial för projekten. Trafiken till hemsidan låg stabilt på 5 000–6 000 användare årligen.
- **Nyhetsbrev:** Programmet skickade 6–10 nyhetsbrev per år till cirka 800–1 000 prenumeranter. Kanalen hade gott genomslag för att sprida projektresultat och marknadsföra event, med en öppningsgrad på 40–70 %.

- **LinkedIn (sociala medier):** Kommunikation skedde via Energimyndighetens och IQ Samhällsbyggnads befintliga LinkedIn-kanal. Syftet var att väcka nyfikenhet och uppmärksamma programmet, sprida resultat och nyheter om event och driva trafik till hemsidan. Inlägg om ”Kunskapsluncher” och ”Effektarenan” genererade mest engagemang.
- **Informationsmaterial och media:** Utöver de digitala kanalerna spreds information via tryckt och digitalt informationsmaterial, proaktivt medie-arbete samt via andra kanaler i sektorn (till exempel genom samarbete med andra bransch- och intresseorganisationer).

Ett exempel på riktade insatser i programmets slutskede är satsningen ’Veckans verktyg’, där utvalda, praktiskt tillämpbara resultat lyfts fram individuellt i kommunikationen för att synliggöra konkret nytta och underlätta för behovsägare att hitta relevanta lösningar.

- **Event och webbinarier:** Event var centrala för att ge projekt möjlighet att sprida sina resultat och knyta kontakter. Det inkluderade allt från informationsseminarier och mindre möten till specifika format som:
  - **Effektarenan:** Programmets huvudsakliga mötesplats (både fysisk och digital) för att presentera de senaste forskningsnyheterna med fokus på ett större utmaningsområde för bebyggelsens energiomställning, exempelvis vägen mot klimatneutral bebyggelse, renovering och småhus.
  - **Kunskapsluncher:** Ett populärt webbinarieformat (resultatspridnings-seminarium) där projekt presenterade forskning, följt av en expertpanel och publikfrågor. Alla luncher spelades in och publicerades på YouTube.
  - **Projektledarmöte:** Interna konferenser där projekt presenterade för varandra och fick inspiration från externa talare om forsknings-kommunikation.
  - **Årskonferenser:** Den huvudsakliga mötesplatsen före Effektarenan. En större, bred konferens med fokus på nya resultat från programmet.
  - **EU-mobilisering:** Nischade webbinarier för projekt intresserade av EU-ansökningar.

4 Projektanalys

Efter att föregående kapitel har belyst programmets genomförande och de strukturer som ramat in verksamheten, övergår syntesen nu till att belysa själva kärnan: projektportföljen. Kapitlet är strukturerat utifrån de fem forsknings- och innovationsområden som formades för den andra programperioden. För varje område görs en genomgång av vilka frågor projekten har adresserat och vilka centrala resultat och kunskapsbidrag som vuxit fram ur portföljen. Syftet är att ge en samlad bild av den kunskap som E2B2 har bidragit med inom respektive fält.

Sammanfattningar och fullständiga slutrapporter för de nämnda projekten under varje område finns tillgängliga i Energimyndighetens projektdatabas och kan nås genom sökning på respektive projektnummer.

4.1 E2B2s forsknings- och innovationsområden

Forsknings-, utvecklings- och innovationsområden E2B2 2018–2024 var:

- Drift, användning, människors val och vanor
- Tekniska installationer
- Byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel
- Byggnaden som system och byggprocessen
- Byggnader i energisystemet

Forsknings- och innovationsområden E2B2 2013–2017 var:

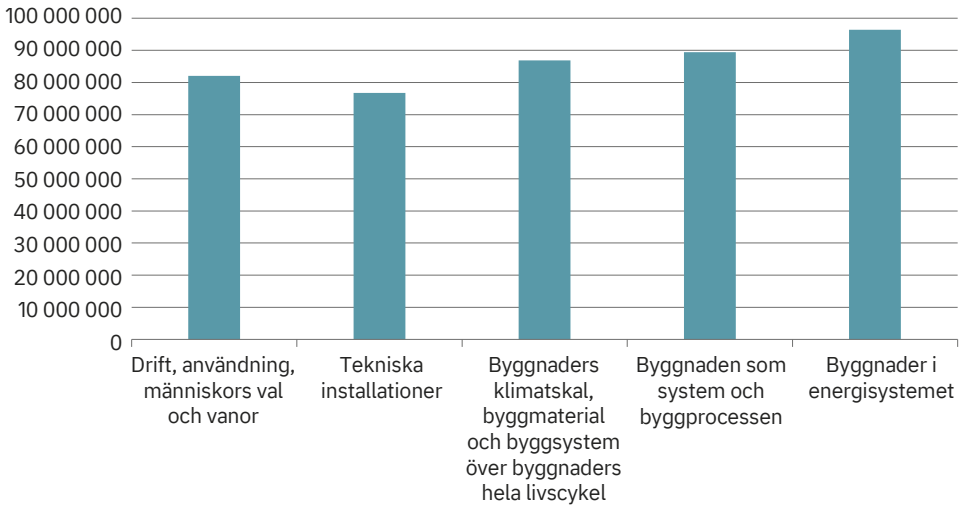
- Systemperspektiv inom byggande, boende och verksamhet
- Befintlig bebyggelse och särskilt miljonprogrammet
- Nybyggnation av lågenergihus och näranollenergibyggnader
- Teknik, arkitektur och samhällsbyggnad i samspel
- Byggprocessen – från planering till förvaltning
- Byggmaterial och byggsystem

För att underlätta överblicken har projekten från den första programperioden (2013–2017) kategoriserats enligt strukturen för den andra programperioden (2018–2025).

I E2B2 är det vanligt med relativt breda ansatser i projekten, vilket gör att de ämnesmässigt kan tillhöra flera FoI-områden. Det gör att antalet projekt som anges per FoI-område är större än det totala antalet projekt i programmet. För varje projekt som hör till flera FoI-områden så har det statliga stödet fördelats enligt en viktad bedömning gjord av Energimyndighetens handläggare. Det statliga stödet är därför inte dubbelräknat någonstans

i analysen, utan summan för samtliga FoI-områden blir lika med summan för programmet som helhet. Den samfinansiering som anges per projekt har viktats proportionerligt, så att om ett projekt har 25 procent inom ett område och 75 procent inom ett annat område så fördelas samfinansieringen enligt samma fördelning som det statliga stödet.

Figur 7 visar fördelningen av statligt stöd i programmet, per forsnings- och innovationsområde och i den efterföljande tabellen 5 återfinns mer detaljerad information om projektportföljens fördelning.



Figur 6. Fördelning statligt stöd till projekt fördelat per FoI-område.

Tabell 5. Analys av E2B2s projektportfölj per forsknings- och innovationsområde.

	Drift och användning, val och vanor	**Tekniska installationer**	**Klimatskal, byggmaterial, byggsystem**	**Byggnaden som system, byggprocess**	**Byggnader i energisystemet**
Antal projekt	52	59	60	67	57
Statligt stöd	82 084 553	76 708 811	86 832 363	89 460 457	96 426 544
Samfinansiering	41 149 776	51 633 620	49 018 626	53 131 086	34 488 822
Andel statligt stöd, %	67	60	64	63	74
Medel, per projekt	1 578 549	1 300 149	1 447 206	1 335 231	1 691 694
Projektlängd (medel antal månader)	29	31	31	31	30
Andel samfinansiering (%)	33	40	36	37	26
Andel statligt till kvinnl. projektledare (%)	59	31	21	38	37

4.2 Drift, användning, människors val och vanor

4.2.1 Projektanalys

Forsknings- och innovationsområdet Drift, användning, människors val och vanor sätter människan, användaren av energi, i centrum för energieffektivisering. Utgångspunkten är att tekniska lösningar inte ensamt kan nå hela vägen till ett energieffektivt och hållbart byggnadsbestånd; de boendes och användarnas beteenden, vanor, val och beslut är avgörande. Projekten adresserar de ”mjuka” men väsentliga faktorerna för en byggnads energisystem genom att studera de sociotekniska aspekterna av energianvändning – samspelet mellan byggnadens prestanda, drift, dess tekniska system och användarnas beteende. Den centrala utmaningen för området är ”prestandagapet”, skillnaden mellan beräknad och verklig energianvändning, som till stor del kan förklaras av hur en byggnad används, driftas och förvaltas.

Projekten har fokuserat på att förstå drivkrafter och hinder för ett energieffektivt beteende, utveckla effektiva kommunikationsstrategier samt undersöka hur samspelet mellan människa och teknik kan utformas för att främja hållbara livsstilar. Portföljen syftar till att gå bortom schablonantaganden och skapa en mer nyanserad bild av hur och varför människor använder energi. Forskningen inom området är tvärvetenskaplig och metoderna kombinerar ofta tekniska mätningar med samhällsvetenskapliga ansatser som enkäter, intervjuer och observationer. Många projekt är fallstudier i verkliga boende- eller kontorsmiljöer. Målgrupperna är breda och inkluderar fastighetsägare, förvaltare, boende, anställda på kontor, tjänsteutvecklare och beslutsfattare, med målet att ge dem djupare förståelse och verktyg för att agera mer energieffektivt. Utförare är främst UoH. Det i kombination med en lägre nivå av samfinansiering än programmet som helhet visar på att det här är forskning av kunskapsuppbyggande karaktär på mer grundläggande nivå och av mer generellt intresse för samhällsutvecklingen.

I bilaga 1 återfinns korta projekt- och resultatbeskrivningar för E2B2s projekt inom området drift, an vändning, människors val och vanor.

4.2.2 Centrala resultat

Portföljen har flyttat fram kunskapsfronten om användarens roll. En viktig övergripande slutsats är att brukarbeteende inte kan behandlas som en osäkerhetsfaktor, utan måste ses som en central parameter i all energiplanering och -uppföljning. Området sammanfattas inom följande huvudsakliga teman; Beteende och drivkrafter, Kommunikation, styrning och incitament, Hälsa, komfort och produktivitet, Tjänster och affärsmodeller samt Arkitektur och gestaltning för hållbara livsstilar.

Beteende och drivkrafter

Resultaten visar att skillnaden i energianvändning mellan olika hushåll i identiska lägenheter kan vara över 100 %. Drivkrafterna bakom beteendet är komplexa, där komfort, vanor, sociala normer och enkelhet ofta väger tyngre än ekonomiska incitament. Standardiserade antaganden (schablonvärden) är otillräckliga för att förutsäga en byggnads verkliga energianvändning.

Studier visar att boendes agerande, som vädring och termostatjusteringar, har påverkan men ofta bortses från i beräkningar. Projekt har också adresserat hur ökad trångboddhet påverkar en byggnads funktion och kan leda till fukt- och ventilationsproblem. I renoveringsprocesser är den sociala dimensionen betydelsefull. Forskning visar att den främsta orsaken till att hyresgäster flyttar är oron för störningar i vardagen, inte nödvändigtvis hyreshöjningen.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Förväntningar och handlingar – vägen mot energieffektivt beteende i bostadshus:** Skillnaden i energianvändning mellan identiska hushåll är stor och styrs ofta av komfort och vanor snarare än ekonomiska incitament. Schablonvärden visar sig vara otillräckliga för att förutsäga en byggnads faktiska energianvändning. (P49576-1))
- **Beteende och värmebehov i bostäder:** Boendes agerande, såsom vädring och termostatjustering, har betydande påverkan på energianvändningen men exkluderas ofta i beräkningar. En slutsats är att interaktionen mellan boende och byggnadens system behöver förbättras. (P46850-1)
- **Brukarnas påverkan på energianvändning och effektbehov i NNE-byggnader:** I energisnåla byggnader får variationen i brukarbeteende en relativt större inverkan på energiprestandan. Korrekta bedömningar kräver kunskap om hela energibalansen snarare än enbart genomsnittliga användarvärden. (P41819-1)
- **Boendetäthetens påverkan på byggnadens funktion:** Hög boendetäthet påverkar byggnadens funktion och kan leda till problem med fukt och höga koldioxidhalter, vilket försämrar innemiljön. Studien belyser behovet av att anpassa teknik och förvaltning för att hantera utmaningarna vid trångboddhet. (P47826-1)
- **Åtgärder för att minska boendetäthetens påverkan på inomhusmiljön:** Projektet fokuserar på konkreta åtgärder för att säkerställa en god inomhusmiljö i trångbodda lägenheter utan att energianvändningen ökar markant. Målet är att identifiera lösningar som fungerar i praktiken för både fastighetsägare och boende. (P2020-90132)
- **Samsyn vid energirenovering:** Den främsta orsaken till att hyresgäster flyttar vid renovering är oro för störningar i vardagen snarare än hyreshöjningar. Resultaten visar att delaktighet och information om energifrågor kan öka hyresgästernas acceptans och engagemang. (P2019-90202)
- **Bättre inomhusmiljö – vädringsvanor i flerfamiljshus:** Vädringsvanor har en direkt inverkan på både energianvändning och inomhusmiljö i flerfamiljshus. Kunskap om vanorna är nödvändig för att förstå skillnaden mellan beräknad och faktisk energiförbrukning. (P2021-00215)

Kommunikation, styrning och incitament

Projekten visar att det ofta finns en kunskapsbrist hos teknikutvecklare om hushållens vardag. Hushållen ser främst smarta system som ett sätt att utföra vardagssysslor, inte som ett verktyg för att spara energi. För att tekniken ska få genomslag krävs användarvänlighet och tydlig kommunikation om nyttan. Försök med visualisering och ”nudging” visar att det går att påverka beteenden, men förändringen är ofta temporär om inte återkopplingen är kontinuerlig och relevant. Generisk information har litet genomslag; den måste vara personlig och lätt att agera på. Studier visar att ekonomiska incitament, som förskottsbetalning av el, kan ge en besparing på 10–15 %, vilket tyder på att betalningsmodeller kan fungera för beteendeförändring.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Smarta elnät – för vem?:** Teknikutvecklare saknar ofta kunskap om hushållens vardag, vilket leder till att smarta system inte används för energieffektivisering som avsett. Hushållen betraktar primärt elsystemet som ett medel för att utföra vardagssysslor. (P42629-1)
- **Hemmens berättelser om smarta elnät och deltagande i framtidens elsystem:** Det finns ett gap mellan elbranschens förväntningar och hushållens faktiska agerande gällande smarta elnät. För att tekniken ska få genomslag krävs en djupare förståelse för användarnas perspektiv och vardagsliv. (P49533-1)
- **BeyondViz, varaktigt energieffektivt beteende på arbetsplatsen:** Försök med visualisering på arbetsplatser visar att beteenden kan påverkas, men förändringen riskerar att bli temporär utan kontinuerlig återkoppling. Tekniken måste fungera felfritt för att upprätthålla engagemanget hos användarna. (P40844-1)
- **Studiecirklars påverkan på småhusägares benägenhet att genomföra åtgärder (Nudging för ökad energieffektivisering i småhus):** Studien undersöker genomslaget av utbildning och nudging för att få småhusägare att energieffektivisera. Resultaten tyder på att generisk information har begränsad påverkan och att insatserna behöver vara mer personliga för att leda till handling. (P2021-00219)
- **Långtidsuppföljning av energianvändning i lågenergihus:** Ekonomiska incitament, såsom förskottsbetalning av el, har visat sig kunna minska förbrukningen med 10–15 procent. Det indikerar att betalningsmodeller kan fungera för beteendeförändring. (P47847-1)
- **Kommunikation för hållbara energisystem:** Tydligt ledarskap och en kommunikation som involverar alla medarbetare behövs för framgångsrikt energieffektiviseringsarbete i organisationer. Energifrågan bör integreras i den ordinarie verksamheten för att skapa långsiktighet. (P42636-1)

Hälsa, komfort och produktivitet

Forskningen har belyst viktiga synergier och målkonflikter mellan energiåtgärder och inomhusmiljö. En studie av aktivitetsbaserade kontor visar att de kan spara energi men samtidigt skapa problem med välmående om de inte utformas och förvaltas med ett helhetsperspektiv. Ett växande problem i moderna, välisolerade bostäder är övertemperaturer under sommaren, där en majoritet av studerade bostäder inte uppfyller Folkhälsomyndighetens riktvärden. Även belysning och ljudmiljö påverkar välbefinnandet. Ett byte till energieffektiv LED-belysning på kontor kan ge energibesparingar på 35–46 procent, men det är viktigt att samtidigt ta hänsyn till belysningskomforten för att undvika att ljuset upplevs som onaturligt eller ”sjukhusliknande”.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Bättre arbetsmiljö i energieffektiva aktivitetsbaserade kontor:** Aktivitetsbaserade kontor kan spara energi men riskerar att skapa problem med välmående om utformningen saknar ett helhetsperspektiv. Det krävs en balans mellan energimål och de anställdas behov av en god arbetsmiljö. (P46864-1)
- **Övertemperaturer i bostäder – mätning, analys och lösningar:** Höga inomhustemperaturer är ett växande problem i moderna bostäder, där en majoritet av studerade objekt inte uppfyller myndighetskrav under sommaren. Behovet av lösningar för kyla och solavskärmning förväntas öka. (P2021-00191)
- **Energieffektiv belysning, upplevelse och komfort:** Byte till LED-belysning i kontorsmiljöer kan ge energibesparingar på upp till 46 procent. Det är dock viktigt att beakta den visuella komforten för att ljuset inte ska upplevas som onaturligt eller kallt. (P39700-1))
- **Metoder för objektiv belysningsbedömning (Innemiljö i nytt ljus – metoder för objektiv bedömning av belysning):** Projektet har utvecklat metoder för att objektivt bedöma upplevelsen av belysning. En sådan metodik är en förutsättning för att säkerställa att energieffektivisering inte sker på bekostnad av ljuskomforten. (P39707-1)
- **Dagsljusanvändning i byggnader:** Simuleringar visar att dagsljusförhållandena i många flerfamiljshus understiger gällande krav. Byggnadens utformning avgör möjligheten att maximera nyttan av dagsljus för både hälsa och energibesparing. (P41816-1)
- **Ljud och luft i innemiljön – avvägningar för boendes välbefinnande:** Ventilationsljud kan upplevas som störande och studien visar att det krävs noggranna avvägningar för att säkerställa både god luftkvalitet och en acceptabel ljudmiljö. Hörbara toner i ljudet upplevs som särskilt stressande. (P41861-1)
- **VOC-pass – proaktiv och energieffektiv ventilation i byggnader:** En ny metodik har utvecklats för att optimera ventilationen i nybyggda hus i syfte att vädra ut emissioner utan onödig energianvändning. Metoden möjliggör en behovsstyrd process i stället för schablonmässig vädring. (P2021-00173)

Tjänster och affärsmodeller

Det finns ett stort behov av nya tjänster som stöttar fastighetsägare och boende. För bostadsrättsföreningar, som ofta saknar tid och professionell kompetens, har personliga möten och tydligt kommunicerade erbjudanden visat sig vara avgörande för att de ska investera i energitjänster. För att underlätta kunskapsdelning har virtuella forum utvecklats där föreningar kan jämföra sin energianvändning. Andra projekt har utvecklat affärsmodeller som sätter hushållens perspektiv i centrum vid försäljning av solceller, vilket visat sig mer framgångsrikt. Innovativa projekt visar även hur beteendeförändringar och tekniska åtgärder i storkök kan minska effekttoppar med 25 procent.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Energitjänster för bostadsrättsföreningar:** För bostadsrättsföreningar har personliga möten visat sig vara avgörande för beslut om att köpa energitjänster. Tydligt kommunicerade erbjudanden som adresserar föreningens specifika behov är en framgångsfaktor. (P39694-1)
- **Virtuellt forum för kunskapsutbyte i bostadsrättsföreningar:** Ett webbaserat verktyg har utvecklats för att möjliggöra för föreningar att jämföra sin energianvändning och dela erfarenheter. Tjänsten syftar till att underlätta beslutsprocessen genom ökad transparens. (P41859-1)
- **Utveckling av holistiska affärsmodeller och IT-tjänster för prosumenter:** Försäljning av solceller blir mer framgångsrik om affärsmodellerna utgår från hushållens perspektiv och behov av trygghet. En förenklad kundresa och tydliga kalkyler är centrala delar i de föreslagna modellerna. (P40831-1)
- **Flex-o-Mat: möjligheter med effektutjämning i storkök:** Genom en kombination av tekniska åtgärder och beteendeförändringar har storkök kunnat minska sina effekttoppar med 25 procent. Projektet demonstrerar potentialen för effektutjämning i verksamheter med hög energianvändning. (P2020-90108)
- **När elbilen flyttar in – Den sociala och tekniska potentialen med samordnad styrning av värmepumpar och elbilsladdning i småhus:** Simuleringar visar att hushåll kan göra kostnadsbesparingar genom samordnad styrning av elbilsladdning och uppvärmning. För att realisera potentialen krävs användarvänliga tjänster som automatiserar styrningen mot tider med lågt elpris. (P2022-00921)
- **Balanserad styrning för smarta fastigheter:** Ett styrkort har tagits fram för att underlätta för fastighetsägare att fatta beslut om hållbarhetsinvesteringar. Verktyget väger in ekonomiska, sociala och miljömässiga faktorer för ett balanserat beslutsunderlag. (P2018-90014)

Arkitektur och gestaltning för hållbara livsstilar

Den byggda miljön kan i sig underlätta en klimatsmart livsstil. I ett projekt i Malmö, Greenhouse, har en fastighet bland annat odlingsmöjligheter och smart teknik för att hjälpa de boende att minska sin miljöpåverkan utan att inskränka på komforten. Resultaten visar på minskade utsläpp av växthusgaser per spenderad krona hos de boende. Samtidigt visar studier att bostadsrättsinnehavare bygger om sina lägenheter i större utsträckning än väntat, vilket orsakar en större klimatpåverkan från material än man tidigare trott. Det här pekar på ett behov av nya lösningar för material och återbruk för att minska ombyggnationernas negativa miljöpåverkan.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Boendemiljö för klimatsmart livsstil:** I fastigheten Greenhouse i Malmö har den fysiska miljön utformats för att underlätta en hållbar livsstil, bland annat genom odlingsmöjligheter. Uppföljningen visar på minskade utsläpp av växthusgaser från de boende. (P39702-1)
- **Arkitektur, materialflöden och energianvändning i bostäder:** Bostadsrätts-innehavare bygger om sina lägenheter i större omfattning än förväntat, vilket driver på materialflöden och klimatpåverkan. Det indikerar ett behov av nya lösningar för återbruk och flexibilitet i bostadsutformningen. (P39703-1)
- **Framtidsgränd, Framtidsgränd – Utveckling av hållbara livsstilar i renoverade bostäder med smarta elnäthållbara livsstilar i renoverade hyreslägenheter:** Projektet undersökte hur renovering av miljonprogramsområden kan kombineras med insatser för hållbara livsstilar. Erfarenheterna visar att teknikinstallationer måste kompletteras med kommunikation för att de boende ska kunna nyttja systemen effektivt. (P38890-1)

4.2.3 Sammanfattande bedömning

Forsknings- och innovationsområdet har varit betydelsefullt för att bredda perspektivet på energieffektivisering från en rent teknisk fråga till en som även inkluderar mänskliga och sociala dimensioner. Resultaten har ökat medvetenheten i sektorn om att användarna inte är passiva mottagare av teknik, utan aktiva aktörer som måste involveras. Potentialen för investeringar i ”mjuka” åtgärder som kommunikation, användarcentrerad design och smarta tjänster kan vara lika viktiga som tekniska investeringar. En central utmaning är att omsätta dessa insikter i praktiska verktyg, affärs-modeller och policyer som på ett effektivt sätt kan stödja ett mer hållbart beteende i stor skala.

4.3 Tekniska installationer

4.3.1 Projektanalys

Forsknings- och innovationsområdet Tekniska installationer har utgjort en central del av programmet E2B2. Projekten har byggt kunskap om den energianvändning som är kopplad till en byggnads tekniska system och inkluderar systemen för uppvärmning, ventilation, tappvarmvatten, strömförsörjning och fastighetsautomation. Projekten har fokus på att öka systemeffektiviteten, minska energiförluster och integrera smart styrning. De omfattar en stor del av en byggnads livscykel; planering, nybyggnation/driftsättning, drift, förvaltning samt renovering. Det största fokuset i bebyggelsen är på bostadsbebyggelse (både flerfamiljshus och småhus) men även lokal- och servicebebyggelse som skolor, äldreboenden, sjukhus, kontor och storkök har studerats i projekt. Huvudsyftet har varit att utveckla, utvärdera, optimera och demonstrera nya, mer energieffektiva tekniska system och komponenter.

En central utmaning som många projekt angriper är energiförluster i de tekniska systemen och/eller låga systemverkningsgrader i befintliga installationer, särskilt i miljonprogrammet och andra äldre byggnader. De ser en stor potential i att inte bara byta ut enskilda komponenter, utan att optimera hela system och integrera smart styrning för att anpassa driften efter det faktiska behovet.

Projekten handlar sammanfattningsvis om:

- Ventilation och inneklimat: Behovsstyrning, brukarbeteenden, reglering, styrning och därtill kopplad utrustning som sensorer, FTX-system för befintlig bebyggelse (småhus och miljonprogrammet).
- Byggnadsanknuten energiförsörjning: Främst solenergi men också PCM-lager (lager med fasomvandlingsmaterial), smarta fönster med inbyggda solceller, värmepumpsystem samt projekt som minskar eller tar vara på förluster i el- eller värmesystem.
- Optimering (mätning, reglering och styrning) för effektiv drift och förvaltning, med projekt som fokuserar på optimering och styrning av de installationstekniska systemen.
- Cirkulationssystem för värme och vatten, VVC: Effektivare system för att minimera förluster eller risker.
- Innovativa tekniska installationer: Projekt som utforskat ny teknik, exempelvis kombinationslösningar med tekniska installationer och nya byggsystem eller material.

Arbetet har successivt skiftat fokus från optimering av enskilda komponenter till en mer systemövergripande ansats och helhetsperspektiv. En mer integrerad strategi har bidragit till att uppnå större energibesparingar samtidigt som den bidrar till ett förbättrat inneklimat.

Portföljen kännetecknas av en stark närvaro från både akademi (särskilt KTH, Chalmers och Lunds universitet) och forskningsinstitut (RISE), men även en betydande andel företag som både leder och deltar i projekten. Detta tyder på en god balans mellan grundläggande och tillämpad forskning med sikte på innovation och marknadsimplementering. Aktiviteterna i projekten är ofta praktiskt orienterade och inkluderar fältmätningar i verkliga byggnader, utveckling och demonstration av ny teknik, samt framtagande av beräkningsmodeller och simuleringsverktyg. Flera projekt har som mål att utveckla konkreta beslutsstöd, guider och dimensioneringsanvisningar.

Målgrupperna är breda men har en teknisk profil: fastighetsägare (både tekniska förvaltare och beställare), VVS-konsulter, installatörer, systemleverantörer och komponenttillverkare. Syftet är att förse dem med verifierad kunskap och pålitliga verktyg för att kunna projektera, installera och driva mer energi- och resurseffektiva installationssystem. Det här området i E2B2 har den högsta andelen samfinansiering, se tabell 5.

I bilaga 2 återfinns korta projekt- och resultatbeskrivningar för E2B2s projekt inom området tekniska installationer.

4.3.2 Centrala resultat

Den samlade forskningen adresserar frågor om allt från enskilda komponenter till hela systems funktion och styrning. Resultaten har varit betydelsefulla för att flytta branschen mot mer holistiska, intelligenta och integrerade installationslösningar. Området sammanfattas i följande huvudsakliga teman; Ventilation och inneklimat, Byggnadsanknuten energiförsörjning, Optimering (mätning, reglering och styrning) för effektiv drift och förvaltning, Cirkulationssystem för värme och vatten (VVC) samt Innovativa tekniska installationer.

En övergripande slutsats är att det fortfarande finns en stor och ofta outnyttjad potential för energieffektivisering i de tekniska installationerna. En genomgående insikt är att den största energisparpotentialen inte ligger i att enbart optimera enskilda komponenter, utan i att säkerställa att byggnadens alla tekniska system samverkar optimalt. Projekt har använt verktyg som ”digitala tvillingar” för att demonstrera hur smarta styrsystem, baserade på faktisk användning och behov, kan anpassa värmetillförseln dynamiskt och därigenom generera betydande energibesparingar. Korrekt installation, injustering och styrning är helt avgörande för att uppnå den teoretiska prestandan i praktiken. Många av resultaten har därför landat i handböcker, beräkningsverktyg och rekommendationer som direkt kan användas av yrkesverksamma.

Ventilation och inneklimat

Forskningen har visat att ventilation är ett område med stor energisparpotential. Behovsstyrning som minskar luftflöden baserat på närvaro är en nyckelstrategi för att förena hög inomhuskomfort med låg energianvändning. Resultaten visar att man med sensorer (för till exempel CO2 och fukt) kan anpassa ventilationen och därmed undvika det energislöseri som konstanta flöden innebär. Flera projekt har utvärderat och tagit fram riktlinjer för installation av FTX-system i befintlig bebyggelse, särskilt i miljonprogrammet och småhus, där de visat sig kunna ge betydande energibesparingar. Andra studier har utvecklat och utvärderat ny teknik som decentraliserade fläktar och vätskekopplad värmeåtervinning. Ett av de mer framgångsrika resultaten är en ny typ av ventilationslösning (TAF-teknik) utvecklad för ultrarena miljöer, som sjukhus, vilken nu marknadsförs kommersiellt.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Behovsstyrd ventilation i bostäder:** Projektet visar att behovsstyrning av ventilationen kan reducera värmebehovet med mellan 15 och 25 procent jämfört med konstanta flöden, utan att inomhusmiljön försämras. (P38861-1)
- **Sensorer för energieffektiv ventilation:** Studien utvärderar sensorer för flyktiga organiska föreningar (VOC) och partiklar, där resultaten indikerar att det krävs vidareutveckling och standardisering för att VOC-sensorer ska fungera tillförlitligt för behovsstyrning. (P2019-90061)
- **Användning av värmeåtervinning i miljonprogrammet:** Genom att konvertera äldre ventilationssystem till FTX-system i flerbostadshus från miljonprogrammet går det att spara över 20 procent av uppvärmningsenergin. (P39394-1)
- **Styrning av FTX för fuktsäkra småhus:** En ny provningsmetodik har utvecklats för att optimera styrningen av FTX-aggregat i moderna lufttäta småhus, vilket minimerar risken för fuktkonvektionsskador vintertid. (P46894-1)
- **Energieffektiv ventilation genom användning av decentraliserade fläktar:** Installation av decentraliserade fläktar i ventilationssystem har visat sig kunna sänka elanvändningen för fläktdrift med 10–20 procent genom minskade tryckfall. (P42638-1)
- **Vätskekopplad värmeåtervinning:** Forskningen presenterar en ny metod för att styra vätskeflödet baserat på temperaturmätning, vilket höjer prestandan och temperaturverkningsgraden i vätskekopplade system. (P2018-90129)
- **Energieffektiv ventilation för ultraren luft:** En ny typ av ventilationsteknik (TAF) har utvärderats för ultrarena miljöer och visar på cirka 30 procent lägre energiåtgång jämfört med konventionella system, med bibehållen eller förbättrad renhet. (P38862-2)
- **Energieffektiv ventilation för sjukhus och renrumsmiljöer inom industrin:** Projektet jämför olika ventilationstyper i operationssalar och visar att temperaturstyrda luftflöden kan uppfylla höga hygienkrav med väsentligt lägre energianvändning än traditionella laminärflödestak. (P38862-1)

- **Luftrening som komplement till ventilation:** Resultat från internationell samverkan indikerar att återcirkulation och filtrering av inomhusluft kan spara 10–20 procent energi jämfört med att enbart använda uteluft, särskilt i förorenade stadsmiljöer. (P50403-1)
- **Utvärdering av filterklasser vid ventilation av kontor:** Studien visar att valet av filterklass i behovsstyrda system har marginell påverkan på energianvändningen men stor betydelse för att hålla partikelhalter låga inomhus. (P47881-1)
- **Ny teknik för väggintegrerad ventilation:** Ett koncept med väggintegrerad, rumsbaserad ventilation styrd av AI-teknik har testats för att förbättra luftkvaliteten och sänka installationskostnaderna i flerbostadshus. (P46854-1)
- **Tekniktävling – ventilation i energieffektiva flerbostadshus etapp 2:** Två innovativa lösningar för ersättningsluft vid spiskåpeforcering har testats och befunnits klara av att begränsa undertryck i täta lägenheter. (P47884-2)
- **Modernisera och utnyttja potentialen i OVK:n – obligatorisk ventilationskontroll:** En genomgång av systemet för obligatorisk ventilationskontroll (OVK) påvisar brister i genomförandet av energisparåtgärder och föreslår moderniseringar för att bättre säkerställa både innemiljö och energiprestanda. (P42644-1)
- **Metod för optimal rengöring av värmeväxlare:** Projektet har tagit fram en modell för att beräkna optimala rengöringsintervall för värmeväxlare, där regelbunden rengöring visar sig vara lönsam genom förbättrad värmeåtervinning och minskat tryckfall. (P41832-1)

Byggnadsanknuten energiförsörjning

Solenergi är ett dominerande tema, och programmet har lämnat viktiga bidrag för att underlätta dess integration i bebyggelsen. Resultaten inkluderar utveckling av beslutsstöd och validerade kalkylmodeller för solcellsinvesteringar. Forskningen har även drivit på innovation inom närliggande områden; projekt har utvecklat och testat PCM-lager (fasändringsmaterial) för att effektivt lagra solvärme och förskjuta energianvändning. Banbrytande forskning på smarta fönster med inbyggda solceller har visat potentialen för ett aktivt el-producerande klimatskal. Flera projekt har också demonstrerat återvinning av spillvärme från gråvatten och storkök. Vidare har forskning om lågtemperaturvärmesystem visat att det är möjligt att sänka framledningstemperaturen till cirka 40 °C utan att kompromissa med komforten, vilket behövs för en effektivare integration med värmepumpar.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Optimerad renovering för effektiva solcellstak:** Forskningen belyser hur takrenoveringar kan samordnas med installation av solceller för att maximera ytan och lönsamheten, samt vikten av anpassade entreprenadformer. (P46867-1)
- **Integrerade solpaneler på prefabricerade byggnader:** Ett nytt koncept och digitalt beställarverktyg har utvecklats för att underlätta valet av byggnadsintegrerade solpaneler vid köp av prefabricerade småhus. (P50392-1)
- **Optimering av självförsörjande mikronät med energihub:** Studien undersöker hur en bostadsrättsförening kan öka sin självförsörjningsgrad genom att optimera och samköra solceller, energilager och värmepumpar i en gemensam energihub. (P50400-1)
- **Solvärmelager med fasändringsmaterial för bättre energihushållning:** Ett dimensioneringsverktyg har tagits fram för att underlätta projektering av energilager med fasändringsmaterial (PCM), vilket möjliggör kompaktare lagring än vatten. (P39695-1)
- **Design och driftanvisningar för värmelager med fasändringsmaterial, Demonstrationsanläggning kyllager i kontorsbyggnad:** Utvärdering av ett fullskaligt PCM-kyllager visar att tekniken kan kapa effekttoppar, men att den verkliga lagringskapaciteten kan vara lägre än den teoretiska. (P39695-3)
- **Semi-transparent solcells- och fotokromt smart fönster:** Projektet har demonstrerat en prototyp av ett smart fönster som kombinerar solskydd med elproduktion genom transparenta solceller och kvantprickar. (P2022-00859)
- **Smart Glas 2.0: Självförsörjande smarta glas med inbyggda sensorer:** Ett koncept för smarta glas med inbyggd strömförsörjning från transparenta solceller har utvecklats för att förenkla installationen genom att eliminera behovet av externt kablage. (P49539-1)
- **Effektiv värmeåtervinning från spillvärme i flerbostadshus – en undersökning av värmepumparnas potential som ett alternativ och komplement till FTX:** En teknisk lösning för att förvärma tilluften med värme från fastighetens spillvatten har utvärderats, vilket visade sig kunna minska effekttoppar för uppvärmning markant. (P42650-1)

- **Värmeåtervinning ur byggnaders spillvatten:** Genom mätningar och modellering har potentialen för värmeåtervinning ur spillvatten analyserats, där resultaten pekar på vikten av rätt dimensionerade värmeväxlare för att maximera energiutbytet. (P41811-1)
- **Energiåtervinning från spillvatten i storkök:** Projektet har kartlagt potentialen för återvinning av värme från fettrikt spillvatten i storkök och tagit fram en kravspecifikation för fettavskiljare med integrerad värmeåtervinning. (P2020-90150)
- **Energieffektiva lågtemperaturssystem i byggnader – Etapp 3:** Forskningen visar att framledningstemperaturen i värmesystem kan sänkas till 40 grader utan att komforten påverkas negativt, vilket möjliggör effektivare drift av värmepumpar. (P30326-4)
- **Teknik, ekonomi och brukaracceptans – Analys av en ny energilösning för 100 % förnybart i närvärmenät:** Utvärdering av ett system som kombinerar solhybridpaneler och bergvärme visar att teknikerna stöttar varandra genom att solen återladdar borrhålen och kyler panelerna för högre elproduktion. (P38902-1)
- **Solhybrid och bergvärme – Optimering av systemprestanda:** Genom justerade styrstrategier för solkrets och värmepump har solvärmeutbytet i en kombinationsanläggning kunnat ökas med cirka 50 procent. (P42632-1)
- **Folkborrhål för Europas småhus:** En förstudie visar att kostnaden för bergvärmeinstallationer i energieffektiva småhus kan sänkas genom anpassad borrteknik och standardiserade koncept. (P50404-1)
- **Energieffektiv komfortkyla med markvärmeväxlare:** Studien visar att frikyla via markvärmeväxlare är ett energieffektivt alternativ till kylmaskiner och att systemet kan optimeras genom kontinuerliga flöden och tillåtna temperaturvariationer. (P49581-1)
- **Ny värmepump – utvärdering ur ett livscykelperspektiv:** Livscykelanalyser visar att konvertering från fjärrvärme till värmepump kan ha miljöfördelar beroende på hur elproduktionen värderas, samt att köldmedieläckage är en kritisk faktor. (P39701-1)

Optimering (mätning, reglering och styrning) för effektiv drift och förvaltning

Resultaten binder samman många av de tekniska lösningarna och den entydiga slutsatsen är att avancerad teknik endast når sin fulla potential med intelligent styrning. Programmet har utvecklat och utvärderat nya, smartare reglerstrategier för värmesystem som minskar både energianvändning och effekttoppar. Kunskapen om mätning och verifiering av systemprestanda har stärkts avsevärt, vilket ger fastighetsägare bättre verktyg för att säkerställa önskad funktion.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Utvärdering av nyttan med behovsanpassad värmereglering:** Genom att använda en digital tvilling för värmereglering i ett flerbostadshus kunde energianvändningen minskas med 11 kWh/kvadratmeter, vilket överträffade resultatet från enbart återkopplad styrning. (P2021-00217)
- **Mätbaserad jämförelse av reglerstrategier för värmesystem i flerbostadshus:** Projektet utvärderar hur mätbaserade metoder kan användas för att injustera och styra värmesystem, vilket säkerställer rätt inomhustemperatur och minskad energianvändning. (P40838-1)
- **Aktiv laststyrning i flerbostadshus:** Praktiska försök visar att aktiv laststyrning, särskilt genom samkörning av elbilsladdning och batterilager, kan minska effekttoppar och sänka kostnader för fastighetsägare. (P2020-90025)
- **Minskat effektbehov för kylning i byggnader:** Mätningar och simuleringar visar att kyleffekten kan stängas av eller minskas under flera timmar utan att inomhustemperaturen stiger kraftigt, tack vare byggnadens termiska tröghet. (P46804-1)
- **Kostnads- och energieffektiva styrsystem i byggnader:** Forskningen fokuserar på utveckling av metoder för automatiserad feldetektering och diagnos i ventilationssystem för att säkerställa energieffektiv drift. (P2018-90132)
- **Metodik för kravställande och stegvis verifiering av ventilationsaggregats funktion och energianvändning i flerbostadshus – vilken helårsrelevans har standarddriftpunkter?:** En ny metodik har tagits fram för stegvis kravställning och verifiering av ventilationsaggregats funktion och energiprestanda, i syfte att minska gapet mellan beräknad och verklig energianvändning. (P2021-00208)
- **Verifiering av prestanda och demonstration av nya kombinerade värme- och ventilationssystem:** Tester av fyra nya kombinerade värme- och ventilations-system för småhus visar på god energiprestanda, lågt effektbehov och förbättrat inomhusklimat. (P2019-90002)

Cirkulationssystem för värme och vatten (VVC)

Projekten har kartlagt och kvantifierat de ofta betydande och dolda energiförlusterna i system för varmvattencirkulation. Resultaten har lett till konkreta rekommendationer för hur man kan designa effektivare system. Som ett svar på detta har projekt utvecklat alternativa lösningar, bland annat ett system som eliminerar behovet av cirkulationsledningar genom att tömma rören när de inte används. Denna teknik har inte bara visat sig vara mycket energieffektiv utan minskar också risken för legionellatillväxt.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Kartläggning av VVC förluster i flerbostadshus:** Omfattande mätningar visar att värmeförlusterna i VVC-system ofta är betydligt högre än schablonvärdena, samtidigt som oväntat låga förluster kan indikera funktionsbrister. (P46884-1)
- **Ny teknik för tappvattensystem utan varmvattencirkulation:** En teknik har utvecklats som eliminerar behovet av cirkulationsledningar genom att tömma rören när de inte används, vilket minskar energiförluster och risken för legionella. (P41841-1)
- **Legionellatillväxt i cirkulerande varmvattenledningar:** Projektet syftar till att fördjupa kunskapen om sambandet mellan VVC-förluster, systemutformning och risken för legionellatillväxt. (P2022-00868)
- **Energimärkta blandare i fält:** Byte till energieffektiva blandare i flerbostadshus resulterade i en minskning av varmvattenanvändningen med cirka 28 procent, en besparing som bestod över tid. (P40807-1)
- **Energieffektiva äldreboenden med god inomhuskomfort– mätning och analys av energianvändning och inomhustemperatur:** Genom mätningar föreslås ett nytt, mer rättvisande schablonvärde för varmvattenanvändning i äldreboenden, vilket skapar utrymme för att installera komfortkyla inom ramen för energikraven. (P49558-1)

Innovativa tekniska installationer

Denna kategori representerar den mer framåtblickande forskningen inom tekniska installationer. Resultaten inkluderar lyckade förstudier och demonstrationer av innovativa installationer, såsom likströmsnät i byggnader för att minska omvandlingsförluster. Inom området elektriska installationer har ett nytt koncept för en utanpåliggande eluttagslist utvecklats. Listen minskar installationsarbetet, förenklar utplacering av uttag och har visat sig kunna minska klimatpåverkan för elinstallationer med upp till 50 procent i nybyggnation.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Besparingspotential för likströmsdistribution – En förstudie:** Förstudien visar att en övergång till likströmsdistribution i bostäder kan minska energiförlusterna i elsystemet med upp till 50 procent. (P41848-1)
- **Energieffektiv energiomvandling för elektriska laster i byggnader:** Projektet undersöker potentialen för likspänningsmatning i fastigheter och hur moderna omvandlare kan minska förluster och materialåtgång. (P2019-90060)
- **Bidra till resurseffektivt byggande och boende:** En ny typ av utanpåliggande list för eluttag har utvecklats, vilken möjliggör flexibel placering av uttag och minskar klimatpåverkan från installationen avsevärt. (P2021-00264)

Sammanfattande bedömning

Forsknings- och innovationsområdet har bidragit till utvecklingen av mer effektiva och intelligenta byggnadssystem. Resultaten har skapat en ny kunskapsbas för hela byggsektorn, från konsulter till fastighetsägare, och flyttat fokus från enskilda komponenter till en systemintegrerad helhetssyn. Portföljen har levererat en rad konkreta innovationer, verifierade beräkningsmodeller och praktiska riktlinjer som ger branschen verktyg för att minska energianvändningen, sänka driftkostnader och förbättra inomhusklimatet.

En fortsatt utmaning är att säkerställa att den teoretiska potentialen hos dessa innovationer också realiseras i praktiken genom korrekt installation, driftsättning och optimering över tid. Programmet har lagt grunden för nästa generations smarta och resurseffektiva byggnader, där de tekniska systemen inte bara är passiva installationer utan aktiva, intelligenta och samverkande delar av ett större energisystem.

4.4 Byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel

4.4.1 Projektanalys

Projekten inom forsknings- och innovationsområdet byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel, adresserar byggnadens fysiska skal och de material och system som det är uppbyggt av. Den övergripande utmaningen är att minska energiförlusterna genom klimatskalet och samtidigt reducera den klimatpåverkan som är inbyggd i materialen och byggsystemen. FoI-området fokuserar på att minimera byggnadens klimatpåverkan genom att optimera dess passiva egenskaper.

Potentialen som projekten utforskar ligger i utvecklingen av nya högpresterande material, industrialiserade bygg- och renoveringsmetoder samt ett breddat livscykelperspektiv. Strategin är att dels utveckla och implementera högpresterande material och komponenter, dels att etablera livscykelperspektiv och livscykelanalys (LCA) som ett standardiserat verktyg för att kvantifiera och reducera den totala miljöpåverkan, inte bara energianvändningen i driftfasen, utan även den energi och klimatpåverkan som är inbyggd i materialen och byggprocessen.

Området har en stark koppling till renovering av det befintliga beståndet, där åtgärder på klimatskalet ofta är grundläggande för att uppnå stora energibesparingar på ett fuktsäkert, kostnadseffektivt och skalbart sätt.

Aktörsbilden är en blandning av universitet med starka institutioner inom byggteknik och materialvetenskap (Lunds universitet, Chalmers, KTH, Luleå tekniska universitet), forskningsinstitut samt en betydande andel materialtillverkare och byggentreprenörer. Detta indikerar en komplett kedja från grundforskning till demonstration och implementering.

Projektens aktiviteter sträcker sig från grundläggande materialforskning i labb, till utveckling av nya byggsystem, tester av komponenters prestanda under verkliga förhållanden och fullskaliga demonstrationsprojekt. En viktig del är också metodutveckling, till exempel för fuktsäkerhetsprovning och livscykelanalys.

Målgrupperna är primärt aktörer inom bygg- och fastighetssektorn: materialtillverkare, byggentreprenörer, arkitekter, tekniska konsulter och fastighetsägare. Målet är att förse dem med nya material, verifierade tekniska systemlösningar och metoder för att kunna bygga och renovera med högre prestanda och lägre klimatpåverkan.

I bilaga 3 återfinns korta projekt- och resultatbeskrivningar för E2B2s projekt inom området byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel.

4.4.2 Centrala resultat

Portföljen har producerat en stor mängd konkreta och tillämpbara resultat som driver utvecklingen mot ett mer hållbart byggande. Portföljen inom klimatskal och material har drivit utvecklingen mot mer högpresterande komponenter och samtidigt breddat perspektivet till att inkludera hela livscykeln. De viktigaste resultaten ligger i utvecklingen av nya material, koncept för hållbar renovering och etableringen av robusta metoder för livscykelanalys, LCA. Portföljen har därmed byggt en solid kunskapsbas för omställningen mot ett klimatneutralt och cirkulärt byggande. Området sammanfattas inom följande huvudsakliga teman; Högpresterande klimatskal, Effektiva renoveringskoncept samt Innovativa och hållbara material.

Högpresterande klimatskal

Forskningen har resulterat i ny kunskap och förbättrade produkter för nästan alla delar av klimatskalet. Det inkluderar nya beräkningsmetoder för entrépartiers energiprestanda, validerade metoder för att säkerställa lufttäthetens beständighet över tid, och utvecklingen av kommersiellt tillgängliga, högpresterande murade väggsystem. Fokus är på att förbättra de enskilda delarna i klimatskalet för att minimera värmeförluster och säkerställa långsiktig hållbarhet.

Lufttäthet och fuktsäkerhet: Nya provmetoder har utvecklats för att säkerställa klimatskalets lufttäthet under verkliga förhållanden och ge ökad förståelse för hur material åldras. Samtidigt har fuktsäkerhet varit en central fråga, särskilt vid invändig tilläggsisolering där risken för fuktskador är påtaglig.

Murade ytterväggar: En serie projekt har lett fram till utveckling och demonstration av ytförstärkta, högpresterande murade ytterväggar, vilket resulterat i en kommersiellt tillgänglig produkt.

Dörrar och entrépartier: Forskning har tagit fram nya beräkningsmetoder för U-värden och luftläckage för karuselldörrar, vilket ger bättre underlag för projektering.

Klimatvänliga grunder: Projekt har visat att man kan ersätta en stor del av cementen i en husgrund med makadam, vilket kan minska klimatpåverkan från grunden med 60–65 %.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Energi- och resurseffektiva murade ytterväggar:** Projektet har resulterat i en kommersiellt tillgänglig produkt genom utveckling och demonstration av ytförstärkta, högpresterande murade ytterväggar. Tekniken möjliggör tunnare väggar med förbättrad isolering, vilket sänker U-värdet med 20–25 procent. (P37582-3)
- **Beständighet hos lufttäthetssystem – Utveckling av metodik och verifiering av några systemlösningar:** Forskningen har tagit fram validerade metoder för att säkerställa lufttäthetens beständighet över tid, vilket behövs för långsiktig energiprestanda. En metod och testbädd har utvecklats för att prova beständigheten hos material och materialkombinationer i klimatskalet. (P40636-1)
- **Metod för beräkning av U-värde för karuselldörrar:** Arbetet har resulterat i nya beräkningsmetoder för entrépartiers energiprestanda, specifikt för karuselldörrar, vilket ger ett standardiserat underlag för projektering. Metoden fyller en viktig lucka i standardiseringen och möjliggör rättvis produktjämförelse. (P46856-1)
- **Energieffektiva och klimatvänliga husgrunder genom användning av cementbunden makadam:** Projektet visar att ersättning av cement med makadam i husgrunder kan minska klimatpåverkan med 60–65 procent. Lösningen bibehåller uttorkningstakten och funktionaliteten hos traditionella betongplattor. (P2021-00245)
- **Testmetod för funktion och beständighet hos regn- och vindskydd:** Nya provmetoder har utvecklats för att säkerställa klimatskalets täthet under verkliga förhållanden, inklusive kombinerad regn- och vindbelastning. Metodiken avslöjar brister som inte upptäcks vid standardtester och bidrar till ökad fuktsäkerhet. (P46796-1)

Effektiva renoveringskoncept

Med tanke på det befintliga beståndets stora energianvändning är renovering ett centralt tema. En stor del av portföljen har fokuserat på att utveckla kostnadseffektiva och hållbara renoveringsmetoder, särskilt för miljonprogrammet. En av de viktigaste slutsatserna är potentialen i att industrialisera renoveringsprocessen. Projekt har utvecklat och utvärderat koncept med prefabricerade fasad- och takelement som kan minska både byggtid och störningar för de boende. Det har även, som nämndes ovan, tagits fram metodik och riktlinjer för hur man utför fuktsäker invändig tilläggsisolering.

Prefabricerade fasadelement: Koncept för renovering med prefabricerade fasad- och takelement, ofta med integrerade solceller, visar på stor potential för att industrialisera renoveringsprocessen.

Varsam renovering: Viktiga exempelprojekt visar hur man kan kombinera höga energiambitioner med social och kulturhistorisk hänsyn.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Miljontak – Takrenovering med solceller:** Koncept för renovering med prefabricerade takelement och integrerade solceller visar på en stor potential att industrialisera renoveringsprocessen. Lösningen möjliggör storskalig installation av solenergi utan att driva upp kostnaderna jämfört med traditionell renovering. (P41857-1)
- **Förstudie av prefabricerade multiaktiva fasadelement för energirenovering av flerbostadshus:** Projektet har utvärderat koncept med prefabricerade fasadelement som kan minska både byggtid och störningar för boende vid renovering. Tekniken inkluderar integrerad tilläggsisolering och ventilation för att möta nybyggnadskrav. (P40797-1)
- **Invändig tilläggsisolering av ytterväggar:** Metodik och riktlinjer har utvecklats för att säkerställa att invändig tilläggsisolering blir fuktsäker, vilket är kritiskt för byggnader där utvändig isolering inte är möjlig. Arbetet baseras på systematiska riskanalyser och mätningar för att undvika fuktskador. (P2018-90034)
- **Varsam energieffektiv renovering Tjärna Ängar:** Viktiga exempelprojekt visar hur höga energiambitioner kan kombineras med social hänsyn genom en process för varsam renovering. Metoden prioriterar skalåtgärder och boendeinvolvering för att minimera negativa konsekvenser för hyresgäster. (P40811-1)
- **Indu Zero Sweden – förstudie för etablering av en smart och högautomatiserad fabrik för hållbara renoveringspaket till den nordiska marknaden:** Förstudien belyser potentialen i att industrialisera renoveringsprocessen genom etablering av en fabrik för prefabricerade renoveringspaket. Projektet adresserar tekniska utmaningar kring brandsäkerhet och montage för att möjliggöra kostnadseffektiv massrenovering. (P2021-00268)

Innovativa och hållbara material

Ett framåtblickande tema som utforskar nästa generations byggmaterial med fokus på energieffektivitet och minskad klimatpåverkan. Projekt har testat och validerat superisolerande material som aerogelputs för svenska förhållanden, vilket visar att de fungerar utmärkt för att skapa tunna och effektiva isolerskikt. Forskning på biobaserade material med fasändrande egenskaper för ökad värmelagring visar på stor potential för framtidens byggande.

Superisoleringsmaterial (aerogel): En rad projekt har systematiskt studerat, validerat och testat aerogelbaserad puts, vilket öppnar för tunnare och effektivare tilläggsisolering, särskilt på kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Biobaserade material: Forskning har visat att biobaserade fasändringsmaterial, impregnerade i träkonstruktioner, kan minska uppvärmningsbehovet med minst 10 procent genom att jämna ut inomhustemperaturen.

Trä som konstruktionsmaterial: Flera projekt belyser träbyggandets möjligheter och utmaningar, från långtidsstudier i extrema klimat till utveckling av digitala verktyg för design av träfasader och jämförelser med betong ur ett livscykelperspektiv.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Superisolerande puts för renovering och nybyggnation:** Projektet har testat och validerat aerogelputs för svenska förhållanden, vilket visar att materialet fungerar utmärkt för tunna och effektiva isolerskikt. Tekniken är särskilt värdefull för kulturhistoriskt värdefulla byggnader där fasadens tjocklek inte får öka. (P46822-1)
- **Biobaserade Biobaserade fasförändringsmaterial enkapsulerat i lignocellulosa för energilagring i byggnader (BIO-NRG-STORE):** Forskning visar att biobaserade fasändringsmaterial, impregnerade i trä, kan minska uppvärmningsbehovet med minst 10 procent genom att jämna ut inomhustemperaturen. Materialen bidrar till ökad värmelagring och visar på stor potential för framtidens byggande. (P2020-90194)
- **Långtidsstudie av byggnader av trä i kallt klimat:** Studier i extrema klimat ger insikter om träbyggandets möjligheter och utmaningar, särskilt gällande fuktsäkerhet och beständighet. Resultaten ger vägledning för konstruktion av täta fasader som klarar framtida klimatförändringar. (P47847-1)
- **Klimatsmart renovering med innovativa träfasader:** Utveckling av digitala verktyg för design av träfasader underlättar industriell tillverkning och anpassning till befintlig arkitektur vid renovering. Verktyget kopplar samman gestaltning med produktion för att effektivisera processen. (P2020-90317)
- **Långsiktig prestanda hos superisoleringsmaterial i byggnader:** Projektet har systematiskt studerat superisoleringsmaterial och konstaterat att värmeförluster kan halveras med bibehållen konstruktionstjocklek. Arbetet har resulterat i rekommendationer för säker installation och användning i byggnader. (P40798-1)

Livscykelanalys, klimatpåverkan och resurseffektivitet

Ett genomgående tema är det ökade fokuset på byggnaders hela livscykel. Portföljen har varit avgörande för att etablera livscykelanalys (LCA) som ett självklart verktyg i svensk byggsektor. Resultaten inkluderar utvecklade metoder, databaser och verktyg för att kunna göra välgrundade materialval ur ett livscykelperspektiv. Något som legat till grund för branschstandarder och klimatdeklarationer. En trend under senare delen av programmet är det ökade fokuset på byggmaterialens inbyggda klimatpåverkan. Forskningen har kvantifierat klimatpåverkan från olika byggmaterial och visat att val i tidiga skeden har en betydande inverkan.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Verktygslåda för marknadsimplementering av LCA i:** Portföljen har varit avgörande för att etablera livscykelanalys (LCA) som ett verktyg i svensk byggsektor genom framtagande av rekommendationer och vägledning. Resultaten inkluderar metoder för att ställa och följa upp LCA-baserade krav i upphandlingar. (P40817-1)
- **Strategier för energi- och resurseffektiva byggsystem:** Forskningen har kvantifierat klimatpåverkan från olika byggmaterial och visar att trähus har lägre primärenergianvändning och utsläpp i produktionsskedet jämfört med betong. Studien belyser vikten av att inkludera hela livscykeln, inklusive återvinning, vid val av byggsystem. (P41856-1)
- **Klivpå småhus – klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv:** Verktyg, mallar och schabloner har tagits fram för att hjälpa småhustillverkare att redovisa byggnaders klimatpåverkan inför lagkrav om klimatdeklarationer. Arbetet underlättar framtagandet av LCA genom standardiserade arbetssätt. (P49546-1)
- **Livscykelanalys för byggnader i en internationell kontext:** Projektet har bidragit till harmonisering av metoder för LCA i byggnader internationellt och identifierat behovet av standardiserade livslängdsdata. Resultaten ökar robustheten i beräkningar av klimatpåverkan och underlättar jämförelser. (P2018-90015)
- **Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken:** Uppföljning visar att ställda klimatkrav i tidiga skeden har en stor inverkan och kan minska klimatpåverkan med upp till 30 procent för betongkonstruktioner. Projektet bekräftar att genomtänkta materialval och konstruktionskrav är nödvändiga för resurseffektivitet. (P37569-2)

4.4.3 Sammanfattande bedömning

Forsknings- och innovationsområdet har varit mycket produktivt och levererat resultat som är direkt tillämpbara för bygg- och materialindustrin. Projekten har lett till betydande framsteg inom materialutveckling, provningsmetoder och systemlösningar för både nyproduktion och renovering. Forskningen har bidragit till en helhetssyn där klimatskalet inte bara ses som en passiv barriär mot värmeförluster, utan som ett aktivt system som kan integreras med tekniska installationer och bidra till energilagring. Sammanfattningsvis har projekten inte bara bidragit till att göra enskilda byggnader mer energieffektiva, utan har också lagt grunden för en systemomställning mot byggnader som är hållbart över hela livscykeln. Utmaningen framåt är att skala upp de industriella renoveringskoncepten och säkerställa att nya material och system är robusta, fuktsäkra och hållbara över hela sin livslängd.

4.5 Byggnaden som system och byggprocessen

4.5.1 Projektanalys

Projekten tar ett helhetsgrepp om byggnaden och de processer som formar den – från tidiga skedens planering och projektering, till byggprocessen och vidare till förvaltning och drift. I stället för att fokusera på enskilda komponenter, betraktas byggnaden som ett komplext, integrerat system där olika delar som klimatskal, installationer och användare påverkar varandra.

Projekten inom området fokuserar på den integration som krävs för att skapa välfungerande, energieffektiva byggnader. Den centrala utmaningen som adresseras är bristen på systemperspektiv i en fragmenterad byggsektor, där olika aktörer ofta optimerar sin egen del utan tillräcklig samordning. Detta leder i många fall till att den slutgiltiga prestandan blir sämre än den projekterade. Potentialen man vill realisera ligger i att med hjälp av digitalisering, standardiserade processer och nya samverkansformer säkerställa kvalitet i alla led – från tidigt programskede till långsiktig förvaltning. Det handlar om kvalitetssäkring, utveckling av digitala verktyg för design och livscykelanalys, nya affärsmodeller och metoder för en effektivare förvaltning. Målet är att förbättra hela byggprocessen för att säkerställa att de färdiga byggnaderna verkligen uppnår den prestanda som avsågs i planeringsskedet.

Aktiviteterna kretsar kring utveckling av metoder, processer och verktyg. Det handlar om att skapa beslutsstöd för tidiga skeden, där de viktigaste besluten för en byggnads hållbarhetsprestanda fattas. Vidare utvecklas metoder för kvalitetssäkring under byggprocessen och strategier för mer effektiv och hållbar förvaltning. Många projekt genomförs i bred samverkan mellan olika aktörer i värdekedjan, vilket är en förutsättning för att lösa de gränsöverskridande utmaningarna.

Målgrupperna är alla de aktörer som är involverade i en byggnads livscykel: byggherrar, arkitekter, projektörer, entreprenörer, installatörer och förvaltare. Målet är att förse dem med gemensamma metoder och verktyg som underlättar kommunikation, förbättrar beslutsunderlag och säkerställer att de gemensamma målen för en byggnad uppnås.

En övergripande slutsats är att teknik ensam inte löser problemen; framgång kräver integration mellan teknik, processer och människor. Portföljens resultat bidrar med de metoder och verktyg som behövs för att uppnå denna integration i praktiken.

I bilaga 4 återfinns korta projekt- och resultatbeskrivningar för E2B2s projekt inom området byggnaden som system och byggprocessen.

4.5.2 Centrala resultat

Portföljen har levererat viktiga verktyg och insikter för att överbrygga glappen i byggandets värdekedja. Resultaten kan grupperas i tre huvudsakliga teman: Digitalisering och beslutsstöd i tidiga skeden, Optimerad byggprocess och kvalitetssäkring, samt Strategier för drift och förvaltning.

Digitalisering och beslutsstöd i tidiga skeden

En stor del av forskningen har fokuserat på att utveckla digitala verktyg som ger bättre beslutsunderlag när de har som störst påverkan. Projekt har utvecklat och kopplat samman BIM (byggnadsinformationsmodeller) med energisimuleringsverktyg (BEM) för att möjliggöra bättre designval. Andra har fokuserat på att integrera livscykelanalys (LCA) direkt i projekteringen för att kunna optimera både driftenergi och den inbyggda klimatpåverkan från material och byggprocess. Ett viktigt resultat är framtagandet av optimeringsverktyg som med hjälp av algoritmer kan hjälpa beställare att utvärdera effekterna av olika systemval på livscykelkostnad och klimatpåverkan. Ett annat centralt resultat är utvecklingen av metoder för att beräkna den sannolika energianvändningen, i stället för att förlita sig på schablonvärden. Det ger en mer realistisk bild av framtida prestanda och minskar risken för dyra säkerhetsmarginaler.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Energieffektiv sjukhusarkitektur med hjälp av BIM:** Analys av informationsöverföringen mellan BIM och energisimuleringsverktyg påvisar behovet av integrerade statiska modeller för snabbare återkoppling i tidiga skeden. (P2018-90130)
- **Livscykeloptimering av byggnader i tidiga designfaser:** Verktyget Heath integrerar livscykelanalys i arkitekters arbetsflöde, vilket möjliggör snabb utvärdering av miljöpåverkan när påverkansmöjligheterna är störst. (P2020-90103)
- **Öppet miljöberäkningsverktyg baserat på branschöverenskommelser (Branschgemensamt miljöberäkningsverktyg för byggnader):** Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM1.0) möjliggör upprättande av klimatdeklarationer och jämförelse av konstruktionslösningars klimatpåverkan på ritbordsstadiet. (P42870-1)
- **Klimat- och design driven byggnation(Byggnadsdesign med livscykelperspektiv):** En prototyp för förenklade klimatkalkyler kopplad till etablerade designprogram ger arkitekter direkt återkoppling baserat på volymskisser och generiska byggdelar. (P50419-1)
- **Klimatsmart bygg- och konstruktionsdesign i tidiga skeden – från prototyp till tillämpat verktyg:** Vidareutvecklade funktioner möjliggör precisionsberäkning av materialmängder och kostnader för stommar, inklusive energinyckeltal för avvägning mellan materialval och drift. (P2021-00213)
- **Utveckling av ett energioptimeringsverktyg för byggnadskluster och distrikt – MODEO:** Ett optimeringsverktyg baserat på genetiska algoritmer minimerar totalt effektbehov och maximerar nyttjandet av lokala energiresurser på områdesnivå. (P38886-1)
- **Datordrivna optimeringar för ökad hållbarhetsprestanda:** Automatiserad optimering identifierar designlösningar som minimerar energianvändning och koldioxidutsläpp genom både passiva och aktiva effektiviseringsåtgärder. (P2019-90058)
- **Beräkningsmetod för sannolik energianvändning i bostadshus:** Statistiska metoder för probabilistiska energibalansberäkningar erbjuder säkrare riskbedömningar och minskar behovet av säkerhetsmarginaler jämfört med schablonvärden. (P39706-1)
- **Beräkningsmetod för sannolik energianvändning i flerbostadshus:** Den probabilistiska metodiken anpassad för flerbostadshus med zonindelning påvisar att korrekta indata ger resultat nära verklig energianvändning. (P39706-2)

Optimerad byggprocess och kvalitetssäkring

Temat adresserar utmaningarna i byggskedet med att säkerställa att den projekterade prestandan faktiskt uppnås. Ett återkommande problem i sektorn är glappet mellan teoretiska beräkningar och verkligt utfall. Projekt har därför utvecklat branschgemensamma metoder och verktyg för att standardisera och verifiera energiberäkningar genom hela processen, vilket ökar transparensen och tillförlitligheten. Resultaten inkluderar konkreta kvalitetssäkringsmetoder som säkerställer att energi- och effektkrav följs upp från projektering till färdig byggnad. En viktig slutsats är att en tydlig kravställning från byggherren och en strukturerad process för samordning och överlämning är avgörande. Rekommendationer har även tagits fram för hur samordningen av tekniska installationer kan förbättras för att undvika prestandaproblem. Dessutom har portföljen belyst och tagit fram standarder för att minska energianvändningen från byggprocessen, inklusive uppvärmning av byggbodar.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Sveby-projekt för utveckling av energiberäkningar:** Kartläggning av variationer i beräkningsresultat syftar till att standardisera branschens metoder för ökad precision och minskat glapp mellan beräkning och utfall. (P40847-1)
- **ByggaE-Bas metod för kvalitetssäkring av energieffektivt byggande:** Metoden ByggaE säkerställer uppföljning av energikrav genom hela processen genom att identifiera och hantera kritiska moment för energiprestandan. (P41810-1)
- **Förbättrad samordning av installationstekniska system:** Kartläggning av brister i teknisk samordning visar att ökad installationskompetens och kommunikation krävs för att optimera systemhelheten. (P39686-1)
- **Energisamordnarens roll i renoveringar genom Nationella Riktlinjer (Tydligare roll för energisamordnare vid renovering):** En rollbeskrivning för energisamordnare har tagits fram och integrerats i nationella plattformar för att säkra kontinuitet vid renoveringsprojekt. (P2021-00247)
- **Energiklassning byggbodar:** Ett branschgemensamt system ställer krav på klimatskal och installationer i byggbodar för att minska energianvändningen under produktionsskedet. (P50383-1)
- **Implementering av klimatberäkningar för renovering och ombyggnad:** En vägledning för upphandling med klimatkrav vid renovering har utvecklats tillsammans med metoder för beräkning av klimatpåverkan. (P2020-90314)

Strategier för drift och förvaltning

Projekten har lyft fram vikten av den långsiktiga förvaltningen för att säkerställa optimal prestanda över tid. Forskningen visar att en energieffektiv byggnad kräver kontinuerlig uppföljning och optimering under drift. Resultaten inkluderar ramverk för systematisk och miljöanpassad förvaltning, såsom Klimatstegen, som hjälper fastighetsägare att arbeta strukturerat med att minska sin klimatpåverkan. Nya avtalsmallar har utvecklats som underlättar för fastighetsägare, särskilt bostadsrättsföreningar, att upphandla energitjänster och driftoptimering. Dessutom har innovativa grepp som tekniktävlingar använts för att sporra utvecklingen av bättre och mer användarvänliga energiuppföljningssystem, vilket direkt gynnar förvaltare i deras dagliga arbete.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Utveckling av ramverk för miljöanpassad förvaltning av byggnader:** Verktyget Klimatstegen strukturerar arbetet med att minska klimatpåverkan genom att prioritera åtgärder baserat på klimatkritiska nyckeltal. (P2020-90028)
- **Implementering av avtal för teknisk förvaltning energi:** En ny avtalsmodell för teknisk förvaltning fokuserad på energioptimering sänker kostnader genom effektivisering av befintliga system. (P42464-3)
- **Tekniktävling energiuppföljningssystem:** En tekniktävling resulterade i en kravspecifikation som fungerar som branschstandard och driver utvecklingen av användarvänliga uppföljningssystem. (P2021-00212)
- **Solmätt – Mätning och utvärdering av solcellsanläggningar:** Ett upphandlingsstöd för uppföljningssystem av solel hanterar behovet av larmfunktioner och dataanalys för att verifiera anläggningars prestanda. (P49532-1)
- **Visualisering av energiflöden och realtidsindikatorer för förbättrat beslutsstöd:** Visualisering av energiflöden och realtidsindikatorer för komplexa fastigheter ökar förståelsen för effektbehov och möjliggör genomtänkta driftåtgärder. (P42651-1)
- **Systematisk utvärdering av hållbarhet vid renovering:** Metodiken Renobuild väger samman ekonomiska, miljömässiga och sociala aspekter för att stödja systematisk hantering av hållbarhetsfrågor vid renovering. (P41830-1)

4.5.3 Sammanfattande bedömning

Forsknings- och innovationsområdet har adresserat några av byggsektorns mest grundläggande utmaningar: fragmenterade processer och det ihållande glappet mellan teoretisk prestanda och praktiskt utfall. Resultaten i form av nya metoder, digitala verktyg och förbättrade förvaltningsstrategier är nödvändiga för att hela värdekedjan ska kunna arbeta mer effektivt mot gemensamma energi- och klimatmål. Projekten har visat att nyckeln till hög prestanda ligger i integration, helhetssyn och välstyrda processer, snarare än i enskilda tekniska lösningar.

Portföljen har därmed bidragit till att bygga broar mellan olika discipliner och aktörer, från arkitekter och projektörer till entreprenörer och förvaltare. En fortsatt och betydande utmaning ligger dock i att implementera dessa nya arbetssätt brett i en till stora delar traditionell bransch. Det kräver inte bara tillgång till nya verktyg, utan också en kompetenshöjning hos alla aktörer, från beställare till förvaltare, för att säkerställa att den fulla potentialen i ett systematiskt och integrerat arbetssätt kan realiseras i praktiken.

4.6 Byggnader i energisystemet

4.6.1 Projektanalys

Projekten lyfter blicken från den enskilda byggnaden till dess roll i ett större sammanhang – energisystemet på kvarters-, stads- och regionnivå. Fokus ligger på att förstå och optimera samspelet, synergierna och de komplexa kopplingarna mellan byggnader och den omgivande energiinfrastrukturen, primärt el- och fjärrvärmenäten. Dagens energisystem blir alltmer ansträngt, särskilt med avseende på effekt, och mer variabelt i takt med att väderberoende elproduktion som vind- och solkraft byggs ut. Projekten i E2B2 ser byggnadsbeståndet, en av de största energianvändarna, inte som ett problem utan som en central del av lösningen.

Området behandlar strategiska frågor som hur byggnader kan bidra till att balansera elnätet genom effektutjämning och flexibilitet, hur urbana restflöden som spillvärme kan utnyttjas effektivt, och hur stadsplanering kan fungera som effektiva verktyg för att skapa energieffektiva och klimatneutrala stadsdelar. Potentialen som utforskas är att transformera byggnader från passiva konsumenter till aktiva, flexibla resurser som kan producera, lagra och flytta energi i tid. Projekten använder sig ofta av avancerad systemanalys, modellering och simulering på olika skalnivåer, från kvarter till nationell nivå. Tekniska och ekonomiska scenarier analyseras, nya policyinstrument utformas och utvärderas, och konkreta planeringsverktyg utvecklas.

Området har den högsta andelen statlig finansiering vilket speglar områdets karaktär av att hantera komplexa systemfrågor och utveckla kunskap av stort allmänt intresse, där enskilda aktörer sällan kan driva forskningen på egen hand. Målgrupperna är aktörer som verkar på en systemnivå: stadsplanerare, kommuner, energibolag samt nationella och lokala beslutsfattare och myndigheter. Målet är att förse dem med kunskap och verktyg för att kunna planera och styra mot ett mer integrerat, resurseffektivt och hållbart energi- och samhällsbyggnadssystem.

I bilaga 5 återfinns korta projekt- och resultatbeskrivningar för E2B2s projekt inom området byggnader i energisystemet.

4.6.2 Centrala resultat

Resultaten från denna portfölj har bidragit med ett nytt och breddat perspektiv på byggnaders roll och levererat strategiskt viktig kunskap för den pågående energiomställningen. De kan sammanfattas inom tre huvudsakliga teman; Stadsplanering och design för energieffektivitet, Byggnader som en flexibel resurs och Policy, styrmedel och affärsmodeller.

Stadsplanering och design för energieffektivitet

Här har fokus legat på hur utformningen av bebyggelse på en övergripande nivå kan skapa ett mer energieffektivt och klimatsmart samhälle.

Verktyg för storskalig analys: Avancerade verktyg och metoder har utvecklats, baserade på big data, GIS (Geografiska Informationssystem) och avancerad databearbetning. Verktyg som MUBES och Oden möjliggör analys av hela städers energianvändning och renoveringsbehov. Det ger kommuner och fastighetsägare möjlighet att identifiera energiintensiva områden och planera renoveringsinsatser mer strategiskt för maximal effekt.

Optimerad solenergiplanering: Forskningen har tagit fram planeringsprocesser och metoder för att optimera tillgången och nyttjandet av solenergi i nya och befintliga stadsdelar. Genom att tidigt i planeringsskedet ta hänsyn till faktorer som byggnaders orientering, höjd och skuggning kan potentialen för både passiv solvärme och aktiv solelproduktion maximeras.

Lågtemperaturfjärrvärme: Flera projekt har påvisat de betydande systemfördelar som uppstår när ny, energieffektiv bebyggelse samplaneras med lågtempererade fjärrvärmenät. Lägre temperaturer i näten minskar värmeförlusterna och möjliggör ett effektivare utnyttjande av spillvärme och storskaliga värmepumpar, vilket sänker den totala systemkostnaden.

Hantering av målkonflikter: I tät stadsplanering uppstår ofta konflikter mellan olika hållbarhetsmål. Projekt har utvecklat konkreta handböcker och processtöd som hjälper arkitekter och stadsplanerare att i tidiga skeden balansera och hantera målkonflikter mellan energieffektivitet, god dagsljustillgång och låga bullernivåer, vilket minskar risken för suboptimeringar och kostsamma omtag.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Ny metod för storskalig energieffektivisering i städer – MUBES:** Ett simuleringsverktyg har tagits fram för att modellera energianvändning på stadsnivå, vilket möjliggör analyser av renoveringseffekter och driftsstrategier för hela stadsdelar. (P2018-90102)
- **Big data-analys för energieffektivisering av städer:** Projektet har vidareutvecklat verktyget Oden som nyttjar fastighetsdata för att identifiera lämpliga energiåtgärder inom specifika geografiska områden och byggnadsbestånd. (P2018-90054)
- **Att hantera buller, dagsljus och energi i stadsplanering och arkitektur:** En handbok och processtöd har utformats för att hjälpa aktörer att balansera kraven på buller, dagsljus och energi parallellt i tidiga skeden av planprocessen. (P47837-1)
- **Optimerad soltillgång i nya stadsdelar genom en förbättrad stadsplaneringsprocess:** Projektet tar fram förenklade metoder och prediktionsmodeller som stödjer stadsplanerare att säkra tillgången på solenergi och dagsljus i allt tätare städer. (P2021-00175)
- **Optimerad värme till områden med lågenergibyggnader:** Systemanalyser visar att småskalig lågtempererad fjärrvärme utgör ett kostnadseffektivt uppvärmningsalternativ för områden med lågenergibyggnader på lång sikt. (P2020-90024)

Byggnader som en flexibel resurs

Ett starkt växande tema är att betrakta byggnader som aktiva och intelligenta noder i energisystemet.

Potential för flexibilitet: Forskningen har kvantifierat den stora, outnyttjade potential som finns i byggnadsbeståndet att erbjuda flexibilitet och effektstyrning till elnätet. Genom att utnyttja byggnaders termiska tröghet kan uppvärmningen styras smart för att minska elanvändningen under effekttoppar utan att komforten påverkas. Studier visar att enbart genom att tillåta avvikelser i inomhustemperaturen med ±1 °C kan de dagliga efterfrågevariationerna i fjärrvärmenätet jämnas ut med upp till 18 procent.

Energigemenskaper: Koncept med energigemenskaper, där boende eller fastighetsägare inom ett område kan producera, lagra och dela lokalt producerad energi (främst solel), har utforskats ingående. Projekten belyser både de tekniska möjligheterna och de betydande regulatoriska, ekonomiska och sociala hinder som idag försvårar ett storskaligt genomförande.

Återvinning av urban spillvärme: Potentialen i att återvinna spillvärme från urbana källor som datacenter, transformatorstationer och annan teknisk infrastruktur har kartlagts och visat sig vara en betydande resurs. Att integrera dessa värmekällor i fjärrvärmesystemen kan minska behovet av primärenergi och sänka koldioxidutsläppen.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Energiflexibilitet från termisk tröghet i svenska småhus:** Projektet kvantifierar potentialen hos småhus att minska elanvändningen under höglastperioder genom att utnyttja byggnadens termiska tröghet. (P2021-00223)
- **Green Power – användning av spillvärme från datacenter:** Forskarna har utvecklat modeller och arbetssätt för att utvärdera möjligheterna att nyttiggöra spillvärme från datacenter i närliggande verksamheter som växthus. (P41845-1)
- **Sätra – Stadsdelen som präglas av egen solelförsörjning:** Arbetet identifierar lagstiftningsmässiga hinder för virtuella elnät och presenterar affärskoncept för delning av el mellan slutkunder. (P2021-00229)
- **Framtidens lastkurva för Sveriges byggnadsstock:** Resultaten visar att byggnader kan fungera som termiska lager där små avvikelser i inomhustemperaturen utjämnar lastvariationer i fjärrvärmenätet. (P38892-1)
- **Självförsörjande bostadsområde i urban miljö – energianalys och optimering:** Simuleringar av ett flerbostadshus visar att kombinationen solceller, vätgaslagring och värmepumpar möjliggör en hög grad av självförsörjning i stadsmiljö. (P49573-1)

Policy, styrmedel och affärsmodeller

För att de tekniska lösningarna ska få genomslag krävs effektiva ramverk. Detta tema analyserar hur existerande styrmedel fungerar och hur nya kan utformas.

Analys av styrmedel: Projekt har utvärderat effekten och legitimiteten hos styrmedel som Miljöbyggnad och de nya klimatdeklarationerna. En viktig slutsats är att styrmedel måste vara tydliga, långsiktiga och upplevas som legitima av branschens aktörer för att driva utvecklingen i önskad riktning. Studier visar att det finns brister i dagens system som behöver adresseras.

Styrmedel för effekt: I takt med att effektutmaningen blir alltmer akut har ett ramverk tagits fram för hur framtida styrmedel kan utformas för att specifikt hantera effekt snarare än bara energi. Det ger beslutsfattare ett viktigt underlag för att modernisera energipolitiken.

Affärsmodeller för renovering: För att underlätta för mindre fastighetsägare har nya affärskoncept utvecklats där företag erbjuder helhetslösningar och paket för energirenovering. Genom att skapa nätverk för kunskapsdelning och erbjuda standardiserade lösningar kan trösklarna för att genomföra omfattande renoveringar sänkas.

Projekt som bidragit till resultaten:

- **Vägledning för effektanpassade styrmedel:** Ett ramverk presenteras för hur framtida styrmedel kan utformas för att specifikt adressera effektutmaningar i elnätet snarare än enbart energi. (P2020-90151)
- **Klimatdeklaration för byggnader – ett legitimt styrmedel?:** Projektet granskar legitimiteten i lagstiftningen om klimatdeklarationer och pekar på brister i transparens och förankring hos branschens aktörer. (P2022-00877)
- **Miljökrav, Energianvändning och Klimatpåverkan – Samband och Möjligheter:** Certifieringssystemet Miljöbyggnad utvärderas avseende dess förmåga att driva på minskade utsläpp av växthusgaser och energieffektivisering. (P47844-1)
- **Energirenovering – ett nytt affärskoncept för mindre företag:** Pilotprojekt visar att nätverk för erfarenhetsutbyte och utbildning är väsentliga för att mindre fastighetsägare ska genomföra energieffektiviseringar. (P2020-90197)
- **Påverkansarbete, beslutsfattande och förändring av EU:s politik för resurs- och energieffektiva byggnader (ADVOCACY-REEB) (Ökad kunskap – att påverka EU:s politik för resurs- och energieffektiva byggnader):** Studien analyserar policyprocesser inom EU för att ge svenska aktörer verktyg att mer effektivt påverka utformningen av energipolitik. (P2021-00238)

4.6.3 Sammanfattande bedömning

Forsknings- och innovationsområdet ”Byggnader i energisystemet” har bidragit till ett skifte i synen på byggnaders roll. Perspektivet har vidgats från optimering av enskilda byggnader till ett integrerat systemtänkande där byggnader, energiinfrastruktur och stadsplanering är sammanlänkade. Resultaten är av strategisk betydelse för kommuner, energibolag och nationella beslutsfattare som står inför energiomställningens komplexa utmaningar.

De verktyg och metoder som utvecklats för storskalig dataanalys och simulering ger nya möjligheter för mer holistisk och effektiv stads- och energiplanering. Kvantifieringen av byggnaders potential som flexibla resurser för el- och värmenäten har lagt grunden för utvecklingen av nya marknader och affärsmodeller för flexibilitetstjänster.

En central utmaning framåt är att omsätta dessa systemanalyser och tekniska möjligheter i praktiken. För att realisera de identifierade synergierna krävs att de organisatoriska, ekonomiska och juridiska hinder som ofta finns mellan olika aktörer – som fastighetsägare, nätägare, energibolag och kommuner – kan överbryggas. Framtida insatser bör därför i högre grad fokusera på att utveckla och testa nya samverkansformer, affärsmodeller och policy-instrument som kan accelerera övergången till ett intelligent och integrerat energilandskap där byggnader spelar en aktiv och central roll.

5 Diskussion

Efter programanalysen i kapitel 3 och den tematiska genomgången av projektportföljen i kapitel 4, syftar kapitel 5 till att väga samman resultaten på en övergripande programnivå. Här lyfts blicken från de enskilda projekten för att genomföra syntesens huvuduppgift: att identifiera mönster, dra slutsatser och sätta programmets bidrag i en större kontext.

Kapitlet inleds med en diskussion om de stora trender och förflyttningar som har präglat området under programtiden och som E2B2 har främjat. Därefter utkristalliseras de mest centrala och övergripande kunskapsbidragen från programmet som helhet. I kapitlet sammanfattas också lärdomar kopp lat till genomförande och koordinerande av E2B2 som programsatsning och avslutningsvis förs en framåtblickande diskussion om kommande utmaningar och vilka kunskapsbehov som kvarstår.

5.1 Trender och förflyttningar inom energi i bebyggelsen som märkts i E2B2s projekt

5.1.1 Från teknisk optimering till sociotekniska system

Energiomställningen är en del av en genomgripande samhällsförändring i hållbar riktning och trenden är att människans roll i detta i ett systemperspektiv värnas i högre grad och att fler aspekter av hållbar utveckling, i enlighet med FN:s globala mål, tas tillvara; hälsa och välbefinnande, rättvisa och demokrati, social trygghet och säkerhet, med flera. Trenden fångar också insikten att människa och teknik inte kan separeras. Framgångsrika lösningar kräver en förståelse för samspelet mellan tekniska system och användarnas beteenden, behov och drivkrafter. Det är en mognadstrend där insikten att energiomställningen också är en samhällsomställning blir alltmer central i policyutformningen.

E2B2 har genom att inkludera humaniora och samhällsvetenskap bidragit med kunskap om fördelningseffekter, acceptans för ny teknik och sociala drivkrafter. Framtida kunskapsbehov handlar om att förstå hur omställningen kan utformas för att vara rättvis och inkluderande. Det handlar om att säkerställa att energieffektivisering inte leder till ökade boendekostnader för ekonomiskt svaga grupper och att hitta nya former för delaktighet och lokalt ägande.

Det finns behov av att utreda huruvida nya regelverk krävs eller om befintliga behöver anpassas, samt vilka fördelningseffekter som kan uppstå. En central frågeställning är hur samtliga hållbarhetsperspektiv kan säkerställas och huruvida en genomgripande strukturomvandling för klimatet kommer att ske. Alltså en annan utveckling med en mer mycket ambitiös energieffektivisering och beteendeförändringar som leder till en betydligt lägre elanvändning (180 TWh 2035, baserat på Energimyndighetens långsiktiga scenarier). För bebyggelsen innebär det i så fall ett större fokus på djupgående renoveringar för att minska värmebehovet, resurseffektivitet och ändrade vanor.

5.1.2 Från driftenergi till livscykelperspektiv och cirkulär ekonomi

Under E2B2s tid har det skett en mobilisering hos aktörerna i sektorn. Inom ramen för bygg- och anläggningssektorns färdplan för fossilfri konkurrenskraft finns det nu åtaganden, om att ”söka lösningar för att optimera nyttjandet av befintliga byggnader och anläggningar”. Det beskriver den avgörande förflyttningen i målsättning – från att fokusera ensidigt på energibesparing i driftskedet till att minimera den totala klimatpåverkan över hela livscykeln, inklusive material och byggprocess. Mobiliseringen inom ramen för branschens färdplaner visar att denna trend har fått fäste.

E2B2:s bidrag har varit betydelsefullt för implementeringen genom att tillhandahålla LCA-metodik. Nästa logiska steg är en förflyttning från att beräkna påverkan till att designa för cirkularitet. Målbilden för den här trenden handlar alltså om att vi bygger och bygger om på ett sätt som gör att vi kan demontera och återanvända material, anpassa/konvertera befintlig bebyggelse när behov ändras och vi har en cirkulär ekonomi.

En viktig aspekt att beakta är sannolikheten för en utveckling mot en omfattande elektrifiering för klimatet. Alltså en högteknologisk utveckling med en mycket hög elanvändning (220 TWh 2035 baserat på Energimyndighetens långsiktiga scenarier). För bebyggelsen innebär det en framtid som domineras av tekniska lösningar som värmepumpar och smarta system för laststyrning.

De två framtidsscenarier som skissats av Energimyndigheten – det med fokus på högteknologisk elektrifiering och det med större fokus på strukturomvandling och beteendeförändringar – är inte ömsesidigt uteslutande; E2B2:s resultat ger stöd åt båda, men en kombination är sannolikt nödvändig. Det krävs strategier för hur byggnader och energisystem kan utformas och byggas för att möta dessa krav. Vidare bör behovet av nya tjänster, affärsmodeller och regelverk utvärderas.

5.1.3 Från datainsamling till datadriven intelligens

Trenden mot datadriven förvaltning är tydlig. Utvecklingen går från reaktiv till proaktiv och prediktiv förvaltning, mot att byggnader och bebyggelsen utvecklas till att vara kognitiva och autonoma: självlärande, prediktiva och på sikt autonoma byggnader som agerar proaktivt och kan hantera oförutsedda händelser. E2B2 har bidragit till de första stegen.

Centrala framtidsfrågor rör säkerhet, integritet och interoperabilitet. Utan gemensamma standarder och öppna API:er riskerar vi inlåsningseffekter i proprietära system. Att skapa en ”digital allmänning” för den byggda miljön – med regler för dataägande, delning och säkerhet – är en central utmaning.

Utmaningen ligger i att utforma system som är säkra och robusta, samtidigt som hänsyn tas till etik, transparens och integritet. Det är även av vikt att skapa system för interoperabilitet baserade på öppna data och gemensamma standarder.

5.1.4 Från optimering av byggnader till integrering i energisystemet

Trenden är att byggnader alltmer blir integrerade i energisystemet och fungerar som aktiva noder för delning av energi och resurser. Vi går från att se byggnaden som en isolerad enhet till att förstå den som en integrerad och aktiv del av en större infrastruktur för energi och stadsplanering.

Elektrifieringen är en dubbelriktad kraft som både ökar bebyggelsens elbehov (värmepumpar, elbilsladdning och användning av elektriska apparater i hushållen) och dess potential som flexibilitetsresurs (batterierna en källa till el, husens inbyggda värmetröghet, byggnadsanknuten energiproduktion till exempel solel). Framåt krävs en djupare förståelse för de systemkonsekvenser och nya marknadsmodeller detta medför. Centrala frågor rör ägande och styrning av flexibla resurser, hur små aktörer ska kunna delta på systemmarknader och hur robusta och cybersäkra system kan skapas.

Framtidens byggnad är inte bara en nod i energisystemet, utan en integrerad del av en cirkulär ”stadsdelsmetabolism”, vilket ställer nya krav på stadsplanering, arkitektur och juridiska ramverk. Man kan tänka sig att bebyggelsens roll utvecklas till en skärningspunkt också för andra system – mobilitet, VA, avfall, material och resurser.

Det är nödvändigt att analysera hur arkitektur och byggnadsutformning påverkas av nya funktionskrav, såsom lokala resursdelningssystem. Vidare bör konsekvenserna för ägarskap, styrning, risker och vinster utredas. En central del i analysen är att identifiera vilka vinster och värden som skapas i det samlade systemet, samt för vem och av vem de realiseras. Slutligen bör principerna för hur värdena ska fördelas klargöras.

5.2 Centrala kunskapsbidrag från E2B2

Forsknings- och innovationsprogrammet E2B2 har under mer än ett decennium utgjort en central plattform för att accelerera omställningen av den svenska bygg- och fastighetssektorn. En analys av programmets samlade portfölj visar att det framgångsrikt har adresserat sina övergripande mål om att bidra till en mer energi- och resurseffektiv bebyggelse. Detta avsnitt syftar till att sammanfatta programmets särskilt betydelsefulla kunskapsbidrag.

5.2.1 Förståelse för användaren och mänskligt beteende

Skillnaden mellan beräknad och uppmätt energiprestanda är välkänd och en utmaning för energisystemets omställningsförmåga. E2B2, genom att bjuda in och ge stöd till samhälls- och beteendevetenskaplig forskning, har kunnat förklara orsaker till denna skillnad som handlar om användarbeteende, vanor, drivkrafter, val och prioriteringar. E2B2 har bidragit till att skapa mer realistiska och mer nyanserade användarprofiler för energisimuleringar och att utveckla effektiva strategier, såsom ”nudging” och förbättrad återkoppling via appar, för att främja ett energieffektivt beteende.

Forskningen har gått på djupet med vad som styr våra vanor och beslut, och visat att komfort, enkelhet och sociala normer ofta väger tyngre än ekonomiska incitament. I stället för att se användaren som en felkälla, har forskningen visat hur teknik och tjänster kan utformas med människan i centrum. Resultaten är direkt användbara för fastighetsägare som vill förbättra sin dialog med hyresgäster och för teknik- och tjänsteutvecklare som vill skapa produkter som leder till önskat resultat i praktiken.

5.2.2 Gott inneklimat för hälsa och välbefinnande

I takt med att byggnader blir tätare och bättre isolerade uppstår nya utmaningar kopplade till luftkvalitet, fukt, termisk komfort, dagsljus och akustik. Det finns målkonflikter mellan en byggnads energiprestanda och kvaliteten på inneklimatet; för låg ventilation kan ge fukt och CO2 i luften, stora fönster försämrar energiprestandan men små ger låga dagsljusinsläpp. E2B2 har utvecklat och utvärderat tekniska system som bidrar till att kunna hantera dessa avvägningar, exempelvis luftkvalitet, övertemperaturer och störande ljud.

I takt med att EU:s direktiv EPBD och svenska BBR-regler driver på utvecklingen mot nära-nollenergibyggnader (NNE) och framtida noll-utsläppsbyggnader (ZEB), har E2B2-forskningen varit fundamental för att hantera avvägningar mellan en byggnads energiprestanda och kvaliteten på inneklimatet. Ett bidrag är att programmet har lyft blicken från att enbart fokusera på energi (kWh) till att inkludera och prioritera människors hälsa och välbefinnande. Forskningen har systematiskt undersökt sambanden mellan tekniska system och upplevd komfort. Kunskap har genererats kring hur behovsstyrd ventilation kan säkerställa god luftkvalitet utan energi-slöseri, hur man hanterar risker med fuktskador och föroreningar (VOC), samt hur dagsljus och termisk komfort påverkar vår produktivitet och hälsa. Detta har bidragit till att säkerställa att jakten på energieffektivitet inte sker på bekostnad av de människor som ska leva och verka i byggnaderna.

5.2.3 Omställningen av det befintliga byggnadsbeståndet

Vi måste lyckas med energieffektivisering genom upprustning och renovering i det befintliga byggnadsbeståndet – det är vår största utmaning för att nå energi- och klimatmålen. Vi kommer inte att kunna bygga oss till en energi- och resurseffektiv byggd miljö. Programmet har konsekvent adresserat utmaningen med att energieffektivisera det befintliga byggnads-beståndet. Temat har varit centralt för vad E2B2 har bidragit med.

Kunskapsbidraget är en bred portfölj av lösningar som balanserar tekniska, ekonomiska och sociala hänsyn: mer kostnadseffektiva, resurseffektiva och skalbara renoveringsmetoder, gärna med industrialiserade processer och prefabricerade fasad- och takelement som minskar byggtider och störningar för boende. E2B2 har också, och kanske framför allt, bidragit med värdefull kunskap och utveckling av metoder för hållbar och varsam renovering som tar hänsyn till boende och kulturhistoriska och sociala värden. Programmet har bidragit till en mer nyanserad syn på renovering och vi ser att fastighets-ägare i högre grad tar hänsyn till hyresgästers förmåga och önskemål. Det

här är särskilt betydelsefull i kontexten av ”Renovation Wave” inom EU, som betonar vikten av att motverka renovräkning och säkerställa en socialt hållbar omställning. E2B2s resultat ger underlag för processer där tekniska åtgärder, sociala värden och kulturhistorisk hänsyn kan integreras.

5.2.4 Datadriven design, byggnation och förvaltning

Digitaliseringen är en genomgripande förändringskraft, och E2B2 har visat hur den kan användas för att skapa en obruten informationskedja genom byggnadens hela livscykel. Förändringen är central för bebyggelsens utveckling. Digitala verktyg skapar helt nya möjligheter att effektivisera och optimera planerings-, bygg-, drift- och förvaltningsprocesser. E2B2 har bidragit över flera skalnivåer: från användning av AI och big data för att analysera hela städers energianvändning och renoveringsbehov, till utveckling av digitala tvillingar för driftoptimering av enskilda fastigheter.

En utmaning för byggsektorn är att säkerställa att den färdiga byggnaden uppnår den prestanda som avsågs i designfasen, vilket kräver ändamålsenliga analys- och designverktyg, obrutna informationskedjor och kvalitetssäkrade processer genom hela värdekedjan. Det handlar också om avvägningar mellan olika mål – exempelvis ekonomi, teknik, klimat, hållbarhet – och målkonflikter. E2B2 har utvecklat metoder och verktyg för bland annat holistisk design, kvalitetssäkring, verifiering av prestanda, förbättrad samordning mellan aktörer samt vägledning för upphandling och certifieringssystem. Det här bidrar till att risken för fel och prestandabrister minskar och möjligheterna att investeringar i energieffektivitet ger avsedd effekt ökar.

Ett särskilt kunskapsbidrag ligger i utvecklingen av metoder och holistiska designverktyg som stärker analyser i tidiga skeden. Genom att integrera BIM, LCA och energisimuleringar har programmet gett beställare och projektörer förmågan att fatta välgrundade beslut och göra avvägningar mellan investeringskostnad, klimatpåverkan och driftsekonomi långt innan byggstart.

Denna utveckling representerar också den förflyttning som beskrivs i föregående kapitel – från att bara konstatera ett behov av mer data till att faktiskt skapa datadriven intelligens. E2B2 har stöttat utvecklingen av AI, modeller och smarta algoritmer som omvandlar data till verklig kunskap. Det används inte bara för design, utan är också nyckeln till optimerade byggprocesser och kvalitetssäkring. Genom att använda digitala modeller och datadriven uppföljning från produktion till förvaltning skapas förutsättningar för att verifiera prestanda och därmed stänga det ”prestandagap” som ofta uppstår mellan beräknat och verkligt utfall.

5.2.5 Livscykelperspektiv och byggnaders klimatpåverkan

I takt med att byggnaders energianvändning i driftfasen minskar, ökar den relativa betydelsen av den klimatpåverkan som är inbyggd i material och byggprocesser och faktum är att byggandet dominerar klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv. Att beräkna byggnaders klimatpåverkan i ett

livscykelperspektiv är något som vuxit fram under E2B2s tid och här har E2B2 bidragit med att bygga upp värdefull svensk kompetens. E2B2 har utvecklat metoder och databaser för livscykelanalys (LCA) och genererat kunskapsunderlag som varit vägledande för utformningen av styrmedel, såsom den lagstadgade klimatdeklarationen för byggnader.

Det här är kanske det mest transformativa bidraget, från E2B2, att programmet har drivit på och underbyggt skiftet från fokus på driftenergi till ett helhetsperspektiv på klimatpåverkan över hela livscykeln. Programmet har spelat en nyckelroll i den kompetensuppbyggnad som möjliggjorde detta genom att finansiera utveckling av metoder, verktyg och databaser för livscykelanalys som nu används av branschen. Förflyttningen är helt i linje med internationella ramverk som Science Based Targets och EU:s taxonomi, vilka ställer krav på en holistisk bedömning av en investerings hållbarhet. Genom att ge sektorn de medel som krävs för att identifiera och reducera den ”inbyggda” klimatpåverkan från material och byggprocesser, utgör kunskapen från E2B2 en förutsättning för att svenska aktörer ska kunna navigera i en marknad där klimatkrav blir alltmer integrerade i finansiering och lagstiftning.

5.2.6 Byggnaden som aktiv nod i energisystemet

Det kommer inte att räcka med att minska och effektivisera energianvändningen i bebyggelsen, utan bebyggelsen kommer att behöva bidra på helt nya sätt. Vi ser idag hur byggnader har gått från att vara passiva energikonsumenter till att vara aktiva producenter av solenergi eller lagring av el i elbilens batteri, och det är en utvecklingstrend som fortsätter.

E2B2 har bidragit genom att möjliggöra arkitektonisk, teknisk och ekonomisk integration av system och teknik i byggnader, både tekniska installationer och byggnadsanknuten energiförsörjning, så att de synkar med det större energisystemet – både som tillförsel och som effektavlastare. Programmet har också utvecklat affärsmodeller och system för att dela energi i exempelvis energigemenskaper och tillvarata andras lokala resurser som spillvärme från exempelvis datacenter eller storkök.

Programmet har vidare adresserat den akuta effektfrågan och förflyttningen från att enbart fokusera på energianvändning (kWh) till att även hantera effektuttag (kW). E2B2 var tidigt ute med att kvantifiera potentialen i byggnaders termiska tröghet och visat hur smart styrning av värme och ventilation kan förvandla en byggnad till ett virtuellt batteri som hjälper till att balansera elnätet. Sådan samlad kunskap är nödvändig för att möjliggöra en hög andel förnybar elproduktion och för att undvika kostsamma förstärkningar av elnäten.

Även om effekt har varit på energibolagens radar under många år, så ser vi i E2B2 en mognad hos aktörer i bebyggelsen. Förflyttningen från kilowatttimmar till kilowatt drivs av ökande andel intermittent förnybar kraft. I takt med att också bebyggelsen är växande producenter av sådan el ökar medvetenheten och kunskapen. Varierande effekt i elnätet ger högre behov av flexibilitet på efterfrågesidan.

E2B2 har bidragit med kunskap om hur byggnaders inneboende egenskaper och styrbara installationer kan användas för att tillhandahålla flexibilitetstjänster till elnätet samt utvecklat styrsystem och strategier för laststyrning och energilagring som kan minska kostsamma effekttoppar. E2B2:s styrka ligger i ett tvärvetenskapligt perspektiv.

5.3 Reflektioner kring gapet mellan forskning och implementering

E2B2 har verkat i gränssnittet mellan forskning, näringsliv och offentlig förvaltning. Erfarenheterna från programperioden belyser både styrkan i aktörssamverkan och de strukturella utmaningar som begränsar möjligheten till fullskaligt genomslag. Nedan diskuteras fyra centrala lärdomar rörande programmets funktion som innovationsmotor, mottagarkapaciteten hos sektorn, hanteringen av kunskap över tid samt överlämningen av resultat.

Gapet mellan informationsspridning och möjlighet till implementering: En central insikt är skillnaden mellan att tillgängliggöra information och att säkerställa att kunskapen faktiskt kan tillämpas. Programmet har lagt omfattande resurser på kommunikation och resultatspridning via konferenser och digitala kanaler. Aktiviteterna har varit framgångsrika i att skapa uppmärksamhet och sprida kännedom om projektresultat.

Analysen visar dock att det finns en diskrepans mellan sändarens utbud och mottagarens kapacitet. Många behovsägare, särskilt mindre företag – fastighetsägare, entreprenörer bostadsrättsföreningar etcetera – saknar ofta resurser eller teknisk kompetens att omsätta forskningsrapporter till praktisk handling. För att överbrygga avståndet krävs mer än informationsspridning; det krävs ett aktivt samarbete där forskningsresultat översätts och anpassas till specifika mottagares behov.

Projektformens ”kortsiktighet” kontra långsiktigt lärande: Forskningsprogrammet har verkat långsiktigt över mer än ett decennium, medan de enskilda projekten ofta varit begränsade till två eller tre år. Tidsaspekten skapar en inbyggd utmaning för kunskapsförvaltningen. När en projektgrupp upplöses vid slutrapportering, riskerar den upparbetade kunskapen och de informella nätverken att skingras.

Vidare tenderar rapporteringen i projektform att premiera måluppfyllelse och positiva resultat. Hypoteser som inte infriades eller tekniska lösningar som visade sig vara återvändsgränder dokumenteras sällan med samma tydlighet. Det innebär att en del av det systematiska lärandet går förlorat. För att accelerera innovationstakten behöver sektorn i högre grad ta del av ”negativa resultat” för att undvika att resurser läggs på att upprepa misslyckade försök.

Överlämning vid teknisk mognad och uppskalning: En kritisk punkt i innovationssystemet är övergången från verifierad prototyp till marknadsintroduktion och uppskalning. Detta beskrivs bland annat genom en förflyttning på TRL-skalan (Technology Readiness Level).

Risken att innovationer fast nar i ett utvecklingsvakuum efter projektavslut är viktig att omhänderta. Energimyndigheten har i sin programportfölj satsningar som stöttar nästa steg i värdekedjan, exempelvis programmet för pilot och demonstration och olika satsningar inom affärsutveckling. E2B2 hade kunnat arbeta mer med att synliggöra dessa möjligheter för programmets aktörer.

Samverkan som strategiskt verktyg: Aktörssamverkan har varit avgörande för att etablera en neutral plattform där akademi och näringsliv kan mötas. Det har byggt förtroende och skapat förståelse för parternas olika villkor. Samtidigt visar erfarenheterna att verklig samverkan är resurskrävande. För mindre aktörer innebär deltagande i forskningsprojekt ofta en betydande investering i tid som inte alltid ryms inom den ordinarie verksamheten. Det är nödvändigt att säkerställa att hela sektorns bredd involveras i omställningsarbetet.

5.4 Framåtblick – Mot hållbar, resurs- och energieffektiv bebyggelse

Den kunskapsmassa som byggts upp i E2B2 visar att tekniska lösningar för energieffektivisering finns på plats. Utmaningen har förskjutits. Från att tidigare ha handlat om vad som är tekniskt möjligt, handlar frågan nu om hur lösningar kan skalas upp och implementeras i befintlig struktur.

En iakttagelse är att glappet mellan forskningsfront och förvaltningsvardag består. Trots att programmet levererat verifierade metoder för renovering och driftoptimering, hämmas utrullning av organisatoriska och ekonomiska hinder. Incitamenten för fastighetsägare att investera i systemnytta, exempelvis flexibilitetstjänster för elnätet, är svaga eller otydliga. Även om affärsmodeller har utvecklats i enskilda projekt, saknas den marknadsacceptans som krävs för att mindre aktörer ska kunna agera utan administrativt merarbete.

Samtidigt ställer omvärlden krav på robusthet. Fokus har vidgats från optimering av kilowattimmar till att även omfatta resiliens och hushållning med resurser. Byggnader förväntas inte enbart vara energisnåla utan också fungera som trygga noder i ett ansträngt energisystem och klara av påfrestande väderhändelser. Kravbilden skapar en komplexitet där målkonflikter mellan energi, ekonomi, hälsa och trygghet måste hanteras systematiskt.

5.4.1 Identifierade kunskapsluckor och framtida behov

För att möta utmaningarna krävs ny kunskap och metodutveckling inom fler områden. Nedan redovisas vad som uppnåtts och varför ytterligare insatser bedöms nödvändiga.

Klimatanpassning och resiliens i det befintliga beståndet: Medan kunskapen om att minska byggnaders klimatpåverkan genom mitigation finns, är beredskapen för att hantera klimatförändringarnas fysiska konsekvenser, adaptation, lägre. Programmet har haft fokus på energi-

effektivisering och inomhusklimat i moderna bostäder, men ett helhetsgrepp kring det befintliga beståndet saknas. Det finns en lucka gällande metoder för att utforma den byggda miljön så att den är robust och resilient mot ökade risker för värmeböljor, skyfall, översvämningar och bränder. Forskning behövs kring passiva kylstrategier, dagvattenhantering och materialval som skyddar byggnaden. Vidare krävs kunskap om byggnaders funktion vid störningar i energi- och vattenförsörjning, för att säkerställa att fastigheter förblir beboeliga även under kriser.

Fördjupning kring resurser, material och värdering: Programmet har adresserat energieffektivitet, men kunskapen kring bredare resurshushållning och begreppet tillräcklighet, sufficiency, kan fördjupas. Det saknas metoder för att värdera och balansera olika värden, exempelvis vid avvägningen mellan konvertering av lokaler och rivning. Forskningen behöver belysa hur sektorn kan gå från att enbart effektivisera till att hushålla med resurser genom omprövade och förändrade behov och konvertering. Det handlar om att utveckla förmågan att mäta för att veta och för att värdera, vilket möjliggör mer informerade beslut om resursanvändning och bevarande.

Bebyggelsen som helhet: Bebyggelsen består av olika typer av byggnader där de största kategorierna är småhus, flerbostadshus och lokaler. I kategorin lokaler ingår en mängd olika typer av byggnader såsom kontor, butiker, skolor, idrottshallar och logistikcentraler. För att nå nationella energi- och klimatmål krävs en kartläggning och metodutveckling som inkluderar bebyggelsen som helhet. Frågeställningar om vad vi studerar och vilka typer av byggnader som exkluderas behöver adresseras för att undvika blinda fläckar i omställningen.

Beredskap, energisäkerhet och civilförsvar: Tidigare insatser har koncentrerats på systemoptimering under normala driftsförhållanden. Begrepp som civilförsvar eller antagonistiska hot har inte styrt projektportföljen. Det förändrade omvärldsläget skapar behov av ny kunskap om bebyggelsens roll i totalförsvaret. Det behövs studier som belyser vilken funktion och betydelse bebyggelsen har i det civila försvaret och hur förberedda bygg- och fastighetssektorn är på krissituationer. Kunskapsluckan rör gränssnittet mellan energieffektivitet och säkerhet samt hur system designas för att vara robusta vid yttre hot.

Hälsa och välbefinnande i ett bredare systemperspektiv: E2B2 har levererat resultat kopplade till tekniskt inomhusklimat och termisk komfort. Det som saknas är ett bredare perspektiv där bebyggelsens utformning och energilösningar kopplas till folkhälsa. Forskning behövs för att förstå hur energi- och resursval påverkar faktorer som barns behov, mental hälsa, närhet till återhämtning och behov av fysisk aktivitet. Utöver att mäta luftkvalitet och temperatur finns ett behov av att bättre förstå kopplingen mellan stads- och byggnadsutformning och mänskligt välbefinnande på en samhällelig nivå.

Byggsektorns produktivitet och industriella förmåga: Programmet har studerat produktivitet i begränsad skala, exempelvis genom prefabricerade renoveringslösningar, men sektorns strukturella utmaningar kvarstår. Det är ett område med potential att påverka sektorns energi- och resursanvändning. Kunskapsluckan gäller också hur industriella processer, logistik och robotisering kan appliceras brett för att möjliggöra systemlösningar. Det finns ett behov av att adressera sektorns strukturella utmaningar kopplat till produktivitet och affärsmodeller för att möjliggöra omställning av det befintliga beståndet.

Digitaliseringens risker och sårbarhet: Digitalisering har i programmets projekt främst behandlats som möjliggörare för optimering och effektivare design. Baksidan av utvecklingen har inte belysts i samma omfattning. I takt med att fastighetssystem blir alltmer uppkopplade behövs studier av risker kopplade till cybersäkerhet, integritet och sårbarhet. Utan ökad kunskap om riskhantering riskerar den digitala omställningen att skapa nya hotbilder i förvaltningen, där uppkopplade byggnader kan utgöra en säkerhetsrisk.

Finansiering och implementering av omställning: Tekniska lösningar för renovering finns ofta på plats, men de finansiella modellerna släpar efter. Att överbrygga gapet mellan tekniska lösningar och implementering kräver fortsatt utveckling av finansiella instrument och affärsmodeller. I en tid av ekonomisk åtstramning krävs innovation kring finansiering som kan hantera de initiala kostnaderna för energirenovering och klimatanpassning, samt värdera de långsiktiga samhällsvinsterna.

5.4.2 Forskningsaktörer och behovsägare

I samband med konferensen Energiutblick Bebyggelsedagarna genomfördes ett antal framåtblickande rundabordssamtal med forskningsaktörer och behovsägare. Nedan följer en sammanfattning av vad de rapporterade.

Från optimering till robusthet och resiliens: Samtalen indikerade ett skifte i fokus från enskild optimering till systemövergripande robusthet. Deltagarna efterlyste analyser av materialförsörjning i krissituationer och föreslog bildandet av ett nätverksgemensamt fördjupningsområde om civilförsvar. För att kunna använda byggnader som aktiva noder i energisystemet snarare än passiva slutanvändare, krävs utvecklad samverkan mellan fastighetsägare och energileverantörer. Forskning efterfrågades kring energilagring och hur elnätet kan avlastas, exempelvis genom att undersöka när och var ellager respektive värme- eller kyllager var mest lämpade. Klimatanpassning lyftes som en central fråga där framtida forskning behövde adressera hur byggnader skyddas mot fysiska risker såsom övertemperaturer och nederbörd. Det efterfrågades även studier kring transformativt nyttjande av energi för att hantera effekttoppar, snarare än de stationära system som nu används.

Implementeringsgapet och behovet av kunskapsmäklare: En slutsats från diskussionerna var att gapet mellan tillgänglig expertkunskap och slutanvändares agerande, exempelvis i bostadsrättsföreningar, var omfattande. Deltagarna såg behov av kunskapsmäkleri och nya former för kunskapsutbyte. Det efterfrågades pedagogisk framställning och visualisering av

underlag för att göra komplexa samband begripliga för lekmän och göra det enkelt att göra rätt. För att överbrygga gapet behövs mer tillgängliga beräkningar av lönsamhet och nytta vid investeringar. Forskning kring beteendepåverkan, så kallad nudging, och återkoppling på utförda insatser ansågs nödvändig. Det fanns även ett behov av stöd för mindre installationsföretag att expandera och sprida innovativa lösningar som utvecklats lokalt.

Cirkularitet i praktiken – det befintliga beståndets värde: Rundabordssamtalen underströk vikten av att hantera det befintliga byggnadsbeståndet. Fokus borde ligga på att förlänga livslängden på befintlig bebyggelse snarare än att ensidigt fokusera på cirkularitet vid nyproduktion. En central frågeställning var avvägningen mellan bevarande och rivning, samt hur livslängden på byggnader kunde optimeras. Det efterfrågades tekniska lösningar och one-stop-shop-koncept för renovering där ansvarsfrågan var tydlig. Modulära system för lösningar i gamla hus och metoder för att hantera specifika problem, såsom ventilation i utrymmen med låg takhöjd, behövde utvecklas. Det saknades oberoende utvärderingar och mätverktyg för återbruk för att kunna verifiera besparingar och kvalitet.

Datakvalitet för verifierad prestanda: Deltagarna lyfte fram behovet av kvalitetssäkrad data och uppföljning. Det finns en efterfrågan på nationell statistik över verklig energianvändning i nyproduktion för att verifiera att ställda krav faktiskt uppfylls. Orsaker till diskrepansen mellan projekterad och uppmätt energiprestanda, särskilt gällande värme, behövde utredas vidare. För att möjliggöra implementering av AI och avancerad styrning krävs standardisering av terminologi och ontologier, exempelvis Real Estate Core. AI sågs som ett potentiellt verktyg, men det förutsätter kompetens och spårbarhet i beslutsfattandet. Digitala tvillingar och BIM-modeller som följer byggnaden över tid efterfrågades för att säkra att information om drift och installationer inte går förlorad vid personalbyten. Interoperabilitet mellan olika digitala system identifierades som en nyckelfråga för framtiden.

6 Slutsatser och rekommendationer

Programmet E2B2 har verkat under en period präglad av genomgripande förändringar för såväl energisystemet som samhällsbyggnadssektorn. Syftet med föreliggande syntes var att, med utgångspunkt i programmets mål, göra en retrospektiv analys av programtiden samt beskriva hur forskning och innovation för en energi- och resurseffektiv bebyggelse har utvecklats. Målet var att utkristallisera vad som varit värdefullt, identifiera vad som är användbart för framtiden och skapa en brygga till behovsägare och intressenter.

Analysen bekräftar att E2B2 framgångsrikt mött de behov som låg till grund för programmets utformning. Programmet har fungerat som en sammanhållande plattform i en annars fragmenterad sektor och byggt nödvändiga broar mellan akademi, näringsliv och offentlig sektor. Genom att förena teknikvetenskap med samhälls- och beteendevetenskap har programmet levererat nyckelkunskap för energi- och resurseffektiv bebyggelse, där förväntningarna på marknadsnära och samverkansinriktad forskning har infriats.

6.1 Slutsatser

De viktigaste resultaten och lärdomarna kan sammanfattas genom fyra centrala skiften. Förändringarna markerar hur synen på byggnaden, människan och systemet har utvecklats.

Skifte i perspektiv – människan i centrum

Programmet har drivit på en förflyttning från teknisk optimering till en fördjupad förståelse för sociotekniska system. Resultaten visar entydigt att teknik och beteende är oskiljaktiga komponenter; energieffektivisering kan inte lösas enbart med hårdvara. E2B2 har bidragit till insikten att användaren inte är en passiv mottagare utan en aktiv del av systemet. Genom att inkludera beteendevetenskapliga perspektiv har kunskapen fördjupats kring drivkrafter, vanor och vikten av hälsa och välbefinnande. Forskningen visar att schablonvärden ofta är otillräckliga för att förutsäga verklig energianvändning då sociala normer och komfortkrav väger tungt. Det har möjliggjort utvecklingen av mer träffsäkra styrmedel och användarcentrerade lösningar som tar hänsyn till rättviseaspekter och fördelningseffekter i omställningen.

Skifte i målbild – från driftenergi till livscykelperspektiv

Under programtiden har definitionen av hållbara byggnader vidgats. Fokus har skiftat från att främst mäta levererad energi i driftskedet till att omfatta byggnadens totala klimatavtryck. E2B2 har spelat en avgörande roll i att etablera livscykelanalys som branschstandard och lagt grunden för nuvarande regelverk kring klimatdeklarationer. Gällande det befintliga beståndet visar syntesen att framgångsrik renovering kräver en komplex

balansgång mellan energieffektivisering, bevarande av kulturvärden och social hänsyn. Industrialiserade metoder och prefabricerade element har visat potential för att effektivisera processen, men beståndets variation kräver flexibla lösningar snarare än en universalmodell. Värdeskapandet mäts nu i termer av resurseffektivitet och cirkularitet över hela livscykeln.

Skifte i metoder – mot datadriven intelligens och kvalitetssäkring
Digitaliseringen har under perioden gått från datainsamling till att skapa reell intelligens och beslutsstöd. E2B2 har visat hur digitala tvillingar, AI och uppkopplade system kan användas för att överbrygga det identifierade ”prestandagapet” – skillnaden mellan beräknad och verklig energianvändning. Genom att möjliggöra en obruten informationskedja från tidiga skeden till förvaltning har förutsättningarna för kvalitetssäkring och driftoptimering stärkts. Metodskiftet innebär att sektorn nu har verktygen för att gå från reaktiv till prediktiv och proaktiv förvaltning. Avancerad teknik kräver dock intelligent styrning och kontinuerlig uppföljning för att leverera utlovad prestanda, där interoperabilitet mellan system blir en nyckelfråga för att undvika inlåsningseffekter.

Skifte i perspektiv – byggnaden som aktiv systemnod
Det kanske tydligaste systemskiftet rör byggnadens roll i det övergripande energisystemet. Perspektivet har vidgats från optimering av den enskilda fastigheten till integration i staden och energinäten. Forskningen har påvisat potentialen i att använda byggnader som flexibla resurser för lagring och effektutjämning. Byggnaden betraktas inte längre enbart som en konsument, utan som en aktiv nod som genom termisk tröghet och styrbara laster bidrar till elnätets stabilitet. Utvecklingen är väsentlig för ett robust energisystem med hög andel förnybar produktion. Här har programmet också bidragit till utvecklingen av energigemenskaper och nya modeller för att dela resurser lokalt.

6.2 Rekommendationer

6.2.1 Framtida forskningsinriktning

Syntesens framåtblick visar att tekniska lösningar för energieffektivisering i stor utsträckning redan finns på plats. Kvarvarande hinder är ofta präglade av systemtekniska, marknadsmässiga och organisatoriska barriärer. För att Energimyndigheten och sektorns aktörer ska kunna driva utvecklingen vidare rekommenderas följande prioriteringar:

Från optimering till robusthet och resiliens: Fokus bör vidgas till att också omfatta klimatanpassning och civil beredskap. Forskning behövs kring hur beståndet kan säkras mot fysiska klimatrisker och hur byggnader kan fungera under kriser i energiförsörjningen. Det handlar om att stärka samhällsbyggnadens förmåga att hantera störningar och upprätthålla funktion över tid.

Överbrygga implementeringsgapet: Tyngdpunkten bör förskjutas mot skalbarhet och marknadsintroduktion. Det krävs nya affärsmodeller och finansiella instrument som hanterar initiala investeringskostnader och värderar långsiktig systemnytta. Det finns även ett behov av förstärkt ”kunskapsmäkleri” för att hjälpa mindre aktörer att tillgodogöra sig ny kunskap och sänka trösklarna för implementering.

Breddat systemperspektiv och sektorsintegrering: Fokus måste vidgas för att spegla hur gränserna mellan byggnads-, transport- och energisystemen luckras upp. När transportsystemet flyttar in i fastigheten via laddinfrastruktur och energiproduktionen decentraliseras genom solceller, lagring och lågvärdig spillvärme, förändras rollerna för vem som är producent, användare och leverantör. Nya satsningar bör därför omfatta nya sektorsgränssnitt och affärsmodeller. För att nå nationella mål är det också avgörande att inkludera hela byggnadsbeståndet i det nya systemlandskapet, inklusive logistikcentraler och samhällsfastigheter som utgör viktiga noder i energiomställningen.

Digital säkerhet: I takt med att byggnader blir alltmer uppkopplade måste baksidan av digitaliseringen också belysas. Forskning kring cybersäkerhet, dataintegritet och sårbarhet i fastighetsautomationen behöver prioriteras för att undvika nya risker.

Resurshushållning och tillräcklighet: Energieffektivisering bör kompletteras med ett tydligare fokus på bevarande, återbruk och konvertering. Här behöver begreppet tillräcklighet (sufficiency) undersökas närmare, det vill säga hur sektorn kan möta behov med mindre resursanspråk genom ändrade vanor och ytoptimering.

7 Referenser

Till bakgrundsbeskrivningen och utformningen av E2B2 i kapitel 2:

2011: Utvärdering av Cerbof-programmet. Profu AB.

2012: Energirelaterad byggforskning i Sverige: En kartläggning. Författare: Tommy Jansson, Sven Faugert, Anders Håkansson, Peter Stern, Miriam Terrell, Faugert & Co Utvärdering AB

2012: UP-rapport Byggnader i energisystemet. Underlag från Utvecklingsplattformen Bygg till Energimyndighetens strategiarbete FOKUS.

2015: UP-rapport Byggnader i energisystemet. Rådgivande underlag från utvecklingsplattformen Byggnader i energisystemet till Energimyndighetens FOKUS-process

2016: Halvtidsutvärdering av Samverkansprogrammet Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende (E2B2), Tommy Jansson, Karolina Henningsson, Miriam Terrell, Technopolis Group AB

2017: Slututvärdering av Samverkansprogrammet Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende (E2B2). Tommy Jansson, AnnaKarin Swenning, Markus Lindström och Elin Berglund, Technopolis Group AB

2020: Uppföljning av forskningsprogrammet Energieffektivt byggande och boende E2B2, 2018–2020. Energimyndigheten Dnr 2017–001078.

2022: Utvärdering av forskningsprogrammet Energieffektivt Byggande och Boende (E2B2), Tommy Jansson, Sweco AB

8 Bilagor

Som komplement till kapitel 4 finns fördjupande projekt- och resultatbeskrivningar för E2B2s projekt inom respektive område.

Resultat från forsknings- och innovationsområde:

1. Drift, användning, människors val och vanor
2. Tekniska installationer
3. Byggnaders klimatskal, byggmaterial och byggsystem över byggnaders hela livscykel
4. Byggnaden som system och byggprocessen
5. Byggnader i energisystemet

För en fossilfri och robust *energiframtid*

Ett samhälle utan energi är ett samhälle som står stilla. Energimyndigheten arbetar för att trygga energin som samhället behöver och för att forma framtidens fossilfria energisystem.

Vi ser till helheten och energisystemets alla delar. Från produktion till användning, från teknik till marknad, från lokala lösningar till globala samband. Vi visar var utmaningarna finns och var möjligheterna skapas.

Med den kunskapen utformar vi styrmedel, föreslår åtgärder och riktar insatser dit de gör mest nytta. Vi kopplar ihop analys med policy, forskning med praktik och innovation med marknad för största möjliga samhällsnytta och en stärkt konkurrenskraft.

Vi ser till att kunskap och fakta driver utvecklingen av energisystemet.
Vi identifierar nuläge och framtid, risker och potential. Det ger underlag för beslut som väger in olika perspektiv och skapar förutsättningar för en hållbar energiframtid för oss alla.

Tillsammans med andra aktörer arbetar vi för att Sveriges energisystem ska vara fossilfritt och att vi har en trygg och konkurrenskraftig energiförsörjning. Inte bara i dag, utan även i morgon och långt in i framtiden.

I vardag och i kris, i tillväxt och i omställning.

Energimyndigheten
Box 310 • 631 04 Eskilstuna • 016-544 20 00 • registrator@energimyndigheten.se • energimyndigheten.se