



Utvärdering av Energimyndighetens forsknings- och innovationsstöd till värmepumpar och kylteknik

*Rapporten är framtagen av
IVL Svenska Miljöinstitutet
på uppdrag av
Energimyndigheten*

ER 2020:13



Rapporten har tagits fram av IVL Svenska Miljöinstitutet på uppdrag av Energimyndigheten.
Författare: Peter Bjerkesjö, Johanna Nilsson och Jonas Ottosson

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner eller
beställas via www.energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, mars 2020
ER 2020:13
ISSN 1403-1892
ISBN (pdf) 978-91-89184-47-3
Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma

Förord

Sverige behöver kraftsamla för att bli världens första fossilfria välfärdssamhälle. Forskning och innovation är en nyckelfaktor som leder till nya lösningar och accelererar energiomställningen till ett hållbart samhälle.

Sedan 1970-talet har Energimyndigheten och dess föregångare stöttat forskning och innovation rörande värmepumps- och kylteknik. Det övergripande syftet med insatserna har varit att ställa om värme- och kylsektorn genom energieffektivisering och förnybar energi samt utveckla ett konkurrenskraftigt näringsliv inom området. Mellan 2006–2018 bedrevs insatserna inom forskningsprogrammen EFFSYS som även varit mål för denna utvärdering.

I utvärderingen analyseras effekterna av de satsningar inom forskning och innovation på värmepumps- och kylteknik som Energimyndigheten stöttat under senare år.

Utvärderingen fokuserar på samhällsekonomisk analys, påverkan och betydelsen för omställningen av energisystemet samt hur forskningen påverkat regler och bestämmelser för värmepumpar.

Rapporten har tagits fram av IVL svenska miljöinstitutet på uppdrag av Energimyndigheten. Analyser, slutsatser och förslag som framförs i rapporten är konsultens egna.

Sofia Andersson
Handläggare Energimyndigheten

Rémy Kolessar
Avdelningschef Energimyndigheten

Innehåll

Sammanfattning	4
Uppdraget	11
De tre forskningsprogrammen – Effsys 2, Effsys Plus och Effsys Expand.....	12
Design av studien.....	12
Energisystemets omställning	16
Från olja till el på uppvärmningsmarknaden.....	17
Värmepumpar täcker en stor del av vårt värmebehov.....	18
Värmepumpar kan stå för en betydande del av eleffektbehovet.....	18
Flexibla värmepumpar blir allt viktigare.....	20
Kylteknik utgör en viktig men mindre del av det svenska energisystemet.....	21
Värmepumpar och kylteknik kan bidra till att nå energipolitiska mål.....	21
Sammanfattning – värmepumparnas del i energisystemets omställning.....	23
Marknads- och branschutveckling för värmepumpar och kylteknik	24
Stark marknadsutveckling för värmepumpar och kyltekniska applikationer.....	24
Den svenska värmepumpindustrin internationellt ledande.....	25
Förbättrad kvalitet och prestanda för värmepumpar.....	26
Flera statliga stöd och styrmedel för främjande av värmepumpar.....	26
Nationella och internationella regelverk har påverkat marknadsutvecklingen.....	27
Sammanfattning – flera faktorer har påverkat marknadstillväxt och industrins utveckling.....	29
Effsys-programmens betydelse för branschen och energisystemets omställning	30
Analys av Effsys-programmens projektportfölj.....	30
Fokus på tidiga utvecklingsskeden.....	30
Akademi och institut projektleder, näringslivet motfinansierar.....	32
Uppbyggnad av en kompetenspool av forskare inom området.....	36
Sammanfattning av portföljanalys.....	37
Branschaktörernas syn på forskningsprogrammets betydelse.....	38
Kunskapsutveckling i branschen som helhet.....	38
Ny kunskap och data ger viktig vägledning för branschen.....	42
Utveckling av breda nätverk och långsiktiga relationer.....	45

Mobilisering och uppbyggnad av kompletterande resurser.....	48
Introduktion av mer effektiva produkter och lösningar på marknaden.....	49
Sammanfattning – många branschföreträdare ser stor nytta med Effsysprogrammen.....	50
Slutsatser om effekter av Effsysprogrammen.....	52
Mobilisering av resurser mot viktiga utvecklingsfrågor.....	53
Samverkan som integrerar hela värdekedjan.....	54
Utveckling av ny kunskap och ömsesidigt lärande mellan aktörer.....	54
Kompetensförsörjning för branschen.....	55
Stärkt industrins förmåga att driva produkt- och teknikutveckling.....	56
Oberoende teknikverifiering som stärker teknikens legitimitet.....	56
Indirekt påverkan på Ekodesigndirektivet och andra regelverk.....	56
Effektivare produkter med bättre prestanda.....	57
Starkare marknadsposition för värmepumpar.....	57
Bidrag till energisystemets omställning genom mer effektiva och flexibla värmepumpar.....	58
Vad har inte uppnåtts inom programmen.....	59
Lärdomar för policy från Effsysprogrammets genomförande.....	60
Referenser.....	61
Skriftliga källor.....	61
Intervjuer.....	63
Bilaga 1 Effsysprogrammets mål.....	64

Sammanfattning

Energimyndigheten och dess föregångare har sedan 1970-talet stött forskning, utveckling, demonstration och innovation rörande värmepumpstekniker. Det har skett främst inom forskningsprogram och teknikupphandling samt inom enskilda projekt. Sedan 2001 har forskningsstödet till värmepumpstekniker skett genom forskningsprogram under namnet *Effektivare kyl- och värmepumpssystem; Effsys*.

Syftet med detta uppdrag är att dokumentera, analysera och redovisa vilka effekter som Energimyndighetens stöd till forskning, utveckling, demonstration och innovation för värmepump- och kylteknik har haft i samhället. Studien omfattar en samhällsekonomisk analys, programmets bidrag till regelutveckling inom området samt programmets bidrag till energisystemets omställning. Analysen avgränsas även till de tre senaste programmen Effsys 2, Effsys Plus och Effsys Expand som genomförts under perioden 2006–2018. Uppdraget har utförts genom en litteraturstudie, en analys av programmets projektportföljer samt en omfattande intervjustudie bland forskningsprogrammets deltagare och intressenter.

Värmepumpar och kylteknik en viktig del av energisystemets omställning

Värmepumpar har haft en stor inverkan på den svenska uppvärmningsmarknaden och i förlängningen även på elsystemet och energisystemet i stort. 1970-talets oljekriser innebar att elektrifieringen av det svenska energisystemet tog sin början. Från och med då började fossila energikällor för uppvärmning (främst eldningsolja) fasas ut till förmån för eluppvärmning av olika slag. Värmepumpar anses vara en starkt bidragande orsak till denna utveckling i och med att många system med direktverkande el byts ut mot mer effektiva värmepumpar. År 2017 täcktes mer än 30 procent, cirka 30 TWh, av värmebehovet i bostäder och lokaler av värmepumpar. Värmepumparna spelar en viktig roll för att Sverige ska uppnå energipolitiska mål om ökad andel förnybar energi, men även energieffektivisering genom att värmepumparnas effektivitet ökar över tid.

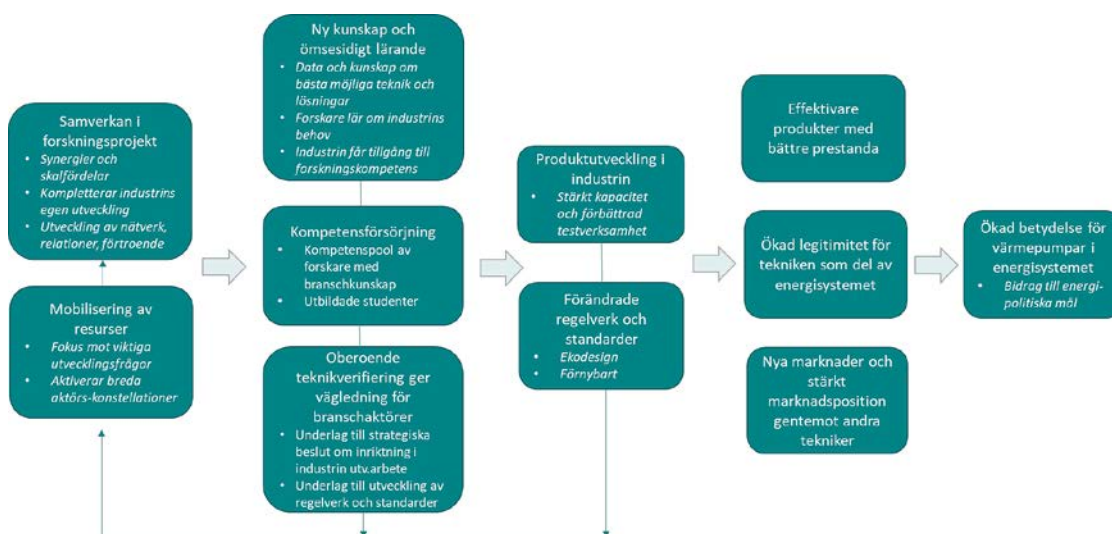
Kyltekniska installationer utgör nästan hälften av elanvändningen i livsmedelshandeln. Den totala elanvändningen i lokaler, där livsmedelshandeln ingår, var 3 TWh år 2009. I jämförelse med värmepumparna utgör kyltekniska installationer en mindre del av energisystemet, men marknaden för kyla är växande i Sverige såväl som internationellt.

Stark marknadsutveckling för värmepumpar och produktion och utveckling lokaliserad i Sverige

Värmepumpar levererar mer värme per capita i Sverige än i något annat land i världen och har haft en mycket stark tillväxt i Sverige sedan 1990-talet. Värmepumpmarknaden i Sverige är också unik i den bemärkelsen att en stor del av utvecklingen och tillverkningen av produkter är lokaliserad i Sverige, trots att de svenska tillverkarna också är starkt internationaliserade. Exporten av värmepumpar har ökat kraftigt under 2000-talet. För kyltekniska produkter är läget ett annat; det finns få tillverkare av komponenter för kylindustrin, men svenska aktörer är internationellt ledande inom CO₂-kyla i kylsystem.

Effekter av Effsysprogrammen

Studien har syftat till att analysera forskningsprogrammets additionalitet i innovations-systemet, det vill säga vilka effekter som programmen bidragit till. Studiens slutsats är att forskningsprogrammen bidragit med olika typer av effekter, vilka kan sammanfattas i en effektkedja som beskriver samband mellan olika effekter som följer på varandra (Figur 1). Sammantaget har programmen bidragit till att stärka branschens kapacitet att driva produkt- och teknikutveckling som har potential att bidra till energisystemets omställning. Däremot är det svårt att kvantifiera *hur stora* effekterna är, särskilt i relation till andra yttre omständigheter och drivkrafter.



Figur 1 Effsysprogrammets funktioner och effektkedja

Mobilisering av resurser, samverkan och synergier inom viktiga utvecklingsområden

Till Effsysprogrammets viktigaste funktioner hör att utgöra en neutral, branschsamlande plattform för FoI-samarbete mellan näringsliv, lärosäten och forskningsinstitut. Energimyndigheten har spelat en viktig roll som långsiktig finansiär av insatserna. Detta långsiktiga samarbete är unikt i ett internationellt perspektiv och har gett den svenska marknaden och branschen en tydlig konkurrensfördel jämfört med andra europeiska länder. Programmen och samverkan i dem innebär att branschen kan kraftsamla och gemensamt fokusera på frågor och problemställningar på ett mer effektivt sätt än vad enskilda aktörer kan åstadkomma genom egen forskning och utveckling. Utan programmens långsiktiga finansiering hade denna mobilisering av aktörer och resurser inte varit möjlig. Utan programmen hade den stora volym av forskning som faktiskt har utförts på områdena värmepumpar och kylteknik sannolikt inte uppstått eller varit så fokuserad på just de områdena. Projekten i programmet har i många fall fokuserat på tekniker eller lösningar av tillämplig art, industrin har deltagit antingen genom att leverera utrustning och bidra med kunskap alternativt mer passivt följa projekten genom att delta på möten och konferenser. Vidare har programmen gett möjligheter för forskningsinstitut och lärosäten att samverka internationellt genom exempelvis IEA vilket ger ytterligare möjligheter för fortsatt forskning och resultatspridning. Effsys har således möjliggjort för forskningsinstitut och lärosäten att delta i stora internationella forskningsprogram.

Forskningsprojekten kompletterar industrins eget utvecklingsarbete, där företag ofta saknar tid, kunskap eller resurser att göra breda fältundersökningar, utvärderingar och djuplodande analyser av resultat. Speciellt är denna funktion viktig för mindre aktörer i branschen, vilka i vissa fall helt saknar egen utveckling av produkter och tjänster. Viktiga aktörer inom branschen har engagerat sig i forskningsprojekt över samtliga tre programperioder som studeras.

En ytterligare additionalitet hos Effsysprogrammen är deras förmåga att samla hela värdekedjan för värmepumps- och kyltekniker i gemensamma projekt med fokus på produkt- och teknikutveckling. Detta hade inte kunnat uppnås utan programmens finansiering och neutrala arena. Effsysprogrammen har haft fokus på att utveckla och förbättra hur värmepumpar och kyltekniska applikationer fungerar som del av system, i klart högre grad än enskilda produkter och tjänster. Detta har bidragit till den stora bredden av aktörer i värdekedjan som har deltagit i projekt. I och med mobiliseringen av värdekedjan har industriaktörer kunnat öka sin kunskap på systemnivå och använt detta för att utforma sina interna utvecklingsstrategier. Det har också bidragit till att utveckla långsiktiga relationer mellan aktörer som stärker kunskaps- och värdenätverk över hela värdekedjan.

Långsiktig kunskapsuppbyggnad och ömsesidigt lärande

Forskningsprogrammen har bidragit till generell kunskapsuppbyggnad; kompetensförsörjning för branschen genom att bygga upp en kompetenspool av forskare på lärosäten och institut; utbildning av doktorander och studenter som får sysselsättning inom branschen; samt ömsesidigt lärande genom bred samverkan och engagemang. Detta är sammantaget en mycket viktig effekt för branschens långsiktiga utveckling.

Effsysprogrammen har bidragit till branschens kompetensförsörjning i form av utbildade doktorander, forskare och i förlängningen även studenter på grund- och avancerad nivå. Många intervjuade representanter från industrin ser detta som en viktig effekt även om programmen sällan leder till mobilitet mellan akademien och näringslivet, det finns dock exempel. Istället har programmen bidragit till att bygga upp en kompetenspool av kompetenta forskare inom akademien och vid forskningsinstitut, med förståelse för branschens behov. Detta utgör en viktig kompetensresurs för industrin som kan bidra i produkt- och teknikutvecklingsfrågor. Flera aktörer i industrin menar att den kunskap och kompetens som har byggts upp i branschen genom Effsysprogrammen har fört branschen framåt genom att sprida information kring exempelvis bästa möjliga systemutformningar med dagens och framtida tekniker.

En anledning till att bred och generell kunskapsuppbyggnad varit en dominerande effekt är dels programmens fokus vid utveckling av systemlösningar snarare än utveckling av enskilda produkter och komponenter. Dels det faktum att tyngdpunkten i programmen legat på tidiga utvecklingsskeden. Omkring 70 procent av projekten i samtliga studerade Effsysprogram har utförts utan en specifik produkt-, process eller komponentutveckling som resultat, även om projektet i sig kan ha varit av tillämpad natur. Projekten har ofta utmynnat i en akademisk leverans såsom doktorsavhandlingar och vetenskapliga artiklar.

Stärkt kapacitet att driva produkt- och teknikutveckling inom industrin

Den kunskap och data som tagits fram inom Effsysprogrammen används ofta som ett vägledande underlag för hur företag ska inrikta sitt eget utvecklingsarbete på strategisk nivå. Programmen bidrar på olika sätt till att stärka företagets förmåga att driva sitt eget utvecklingsarbete. Dels genom den kompetensförsörjning som programmen förser bran-

schen med. Detta bidrar till förbättrade processer för produktutveckling och utformning av andra processer som till exempel provning och verifiering. Det senare uppstår även i somliga fall som en direkt effekt av företagens engagemang i projekt. De förbättrade processerna och påföljande utökade underlagen från standardiserade provmetoder och mätningar bidrar i företagets produktutveckling, exempelvis genom att ge vägledning kring vilka tekniker som är mogna och vilka som inte är det, hur olika produkter och komponenter fungerar i system och i relation till andra tekniker.

Oberoende teknikverifiering som stärker teknikens legitimitet

En viktig del av programmen har varit att undersöka, värdera och dokumentera befintliga teknikers verkliga prestanda och effektivitet. Tillsammans med förbättrade provningsmetoder bidrar detta till att stärka legitimiteten för teknikerna som används i branschen och hur de kan användas som del i energisystemet. Speciellt faktumet att Effsysprogrammen har en oberoende, utvärderande funktion med statligt stöd har varit viktigt för detta. När en viss tekniks prestanda studeras och verifieras i ett oberoende forskningsprogram med en statlig myndighet som finansiär, får resultaten en helt annan tyngd än om exempelvis enskilda tillverkare av värmepumpar hade presenterat dem. Detta har bidragit till att öka förtroendet för värmepumpsteknik på uppvärmningsmarknaden. Det är dock svårt att isolera betydelsen av forskningsprogrammen, exempelvis i relation till Energimyndighetens testverksamhet.

Nya data och kunskap har använt för att påverka Ekodesigndirektivet och andra regelverk

Utvärderingen visar att Effsysprogrammen haft en indirekt påverkan på hur regelverk och standarder med relevans för branschen utformats. Utvärderingen bedömer att svenska aktörer haft en stark position och påverkan i internationella processer rörande utformning av regelverk och standardisering. Delvis tack vare kunskap och data, men också samsyn och samverkan som utvecklats genom Effsysprogrammen. Ökade krav på (energi)effektivitet och prestanda i internationella regelverk och standarder gynnar svenska tillverkare som ligger långt framme i sin produktutveckling och teknik.

Vad gäller Ekodesigndirektivet har forskningen en generell roll att driva kraven framåt. Där utgör resultat från Effsysprogrammen ett ingångsvärde i de förstudier som görs i samband med utformning och revideringar. Förstudierna ligger sedan till grund för förhandlingar där bland annat industrins krav går in. Energimyndigheten har som svensk förhandlare i dessa processer haft stor nytta av att det finns mycket svenska data från Effsysprogrammen, men även annan testverksamhet. Branschorganisationen, RISE, KTH och ledande tillverkare har också varit viktiga för att tillföra kunskap till processen och förstudien för ekodesign och andra internationella regelverk och standarder, inte minst med kunskap och data från Effsysprogrammen som grund.

Effektivare produkter med bättre prestanda

Det är svårt att i studien påvisa enkla eller direkta kopplingar mellan projekt och specifik teknikutveckling i företagen som fått tillämpning i någon produkt, tjänst eller system även om sådana exempel finns. Effsysprogrammen har haft ett uttalat fokus på att utveckla *system* snarare än *produkter* vilket kan förklara varför det är svårt att finna exempel på direkta produktutvecklingar bland projektens resultat. Fokuset på systemlösningar har istället gett en bredare kunskapsbas i branschen vilket har inneburit att befintliga produkter har kunnat användas på ett mer effektivt sätt och förbättrats inkrementellt.

Utvärderingen visar emellertid att programmen haft en indirekt påverkan vad gäller utveckling av mer energieffektiva produkter. Effekten består framförallt i att forskningsprogrammen accelererat utvecklingen inom vissa teknikområden och frågor. Konkreta exempel på detta är:

- Varvtalsreglerade kompressor för värmepumpar.
- Energieffektivisering inom livsmedelskyla och övergång till naturliga köldmedier.
- Dimensionering av borrhål inom geoenergi, värmeväxlare och styrning för bergvärme och frikyla.

Starkare marknadsposition för värmepumpar

En slutsats i utvärderingen är att Effsysprogrammen har bidragit till att stärka värmepumpars position på marknaden gentemot andra tekniker och energikällor samt möjliggjort nya tillämpningar för tekniken. Detta genom programmens identifierade (ofta indirekta) effekter vad gäller (1) teknikens ökade legitimitet, (2) förbättringar och utveckling av produkter och lösningar för värmepumpsteknik samt (3) stöd för teknikerna i form av standardisering, direktiv och regelverk. Sammantaget har detta bidragit till den starka marknadsposition som värmepumpar har på den svenska energimarknaden. Det har också bidragit till att stärka de svenska tillverkarnas position internationellt. I och med att marknaden för framförallt värmepumpar växer internationellt blir standarder, regelverk och direktiv på internationell nivå allt viktigare. Detta är därför en mycket viktig effekt för tillverkarnas internationalisering, men även för teknikens möjligheter att bidra till energisystemets omställning internationellt.

Effektivare och mer flexibla värmepumpar har bidragit till energisystemets omställning

I studien har omställningen av det svenska energisystemet beskrivits och vilken roll som värmepumpar och kylteknik haft i denna. Genom att kombinera resultat från portföljanalysen, dokumentstudier och intervjustudien kan vissa slutsatser dras rörande hur Effsysprogrammen påverkat energisystemets omställning. Programmens betydelse är dock svårt att härleda på ett direkt sätt från de forskningsprojekt som bedrivits inom Effsysprogrammen. Effekterna har uppstått genom effektkedjor enligt den effektlogik som identifierats i denna utvärdering. Effekterna är inte möjliga att kvantifiera.

Additionaliteten i Effsysprogrammen består primärt i att dessa utvecklats och byggt upp ny kunskap och kompetens som kommit till användning och fått spridning genom samarbete och samverkan inom branschen och i hela värdekedjan. Vidare visar utvärderingen att värmepumptillverkarnas förmåga att långsiktigt och strategiskt driva produkt- och teknikutveckling har stärkts. Detta har i sin tur bidragit till att stärka legitimiteten och marknadspositionen för värmepumpstekniker på energimarknaden genom oberoende teknikverifiering, utveckling av effektivare produkter och lösningar samt utveckling av stöd för teknikerna i form av standardisering, direktiv och regelverk.

Sammantaget har denna effektkedja bidragit till att stärka värmepumparnas centrala roll i det svenska energisystemet, men även svenska tillverkares starka ställning internationellt. Programmen har sammantaget accelererat kunskapsutveckling som bidragit till mer energieffektiva och flexibla kyl- och värmepumpstekniker.

- Effekterna på Energisystemets omställning består i: inkrementell utveckling inom industrin som gör att mer effektiva värmepumpar kan introduceras på marknaden och att värmepumpar kan användas mer effektivt med andra tekniker (såsom geoteknik) och som del av byggnaders energisystem.
- Smartare styrning och användning av värmepumpar så att eleffektoppar kan reduceras och förnybar el från variabel produktion kan utnyttjas mer effektivt och i högre utsträckning. Sammantaget innebär detta ett effektivare utnyttjande av energisystemet med lägre användning av el som i sin tur förenklar omställningen till ett hållbart energisystem. Detta möjliggörs bland annat genom varvvalsstyrda kompressorer som utvecklats genom Effsys.
- Energieffektivisering inom livsmedelskyla tack vare utveckling och verifiering av CO₂-baserad kylteknik och andra kyltekniska applikationer inom svensk livsmedelshandel.

Vad har inte uppnåtts inom programmen

Ett av målen för programmet Effsys Expand har varit att bidra till utveckling av nya naturliga köldmedier, som i enlighet med internationell rekommendation kan ersätta dagens. Forskningen inom Effsysprogrammen har emellertid inte lyckats ta fram naturliga köldmedier, främst då få projekt har haft en sådan inriktning.

En ytterligare brist som påtalats i utvärderingen är, trots att fältmätningar och verifiering av teknik och prestanda varit en viktig del av programmet, bristen på storskaliga fältmätningar över hur värmepumpar de facto presterar över tid.

Vidare finns i utvärderingen få exempel på konkreta (direkta) resultat och effekter som ligger längre fram i värdekedjan i form av exempelvis nya patent, komponenter, produkter. Programmen har heller inte bidragit till att utveckla nya företag i någon större utsträckning som kan påverka och förändra branschdynamiken inom värme och kyla. Utvecklingen har istället skett inom existerande branschstrukturer.

Lärdomar för policy från Effsysprogrammets genomförande

Det är en *mångfald av samverkande faktorer och insatser* som har bidragit till att värmepumparna blivit en framgång i Sverige och för svenska företag internationellt. Effsysprogrammen ingår som en del i denna palett med faktorer tillsammans med exempelvis makroekonomiska faktorer som energipriser, räntor med mera, naturliga förutsättningar, utbildning, subventioner och branschdynamik.

Effsysprogrammen har pågått i flera etapper med *kontinuitet över tid*. Det har möjliggjort en långsiktig investering i forskning och utveckling som bidragit till att bygga kompetens och kunskapsmiljöer.

Fokus i programmen har varit på *olika nivåer som komponenter och system*, men också inom fastigheter och på nationell nivå. Det har gett en bredd och djup inom forskningen.

Programmen har i sin konstruktion och i fokuset på systemfrågor haft *mekanismer som främjat samverkan mellan akademi och näringsliv*. Samverkan har medfört att skapa nätverk samt att branschen kunnat kraftsamla och gemensamt fokusera på frågor och problemställningar.

Ha rätt förväntningar och mål för FoI-programmen. Förväntningarna på programmen behöver ligga i linje med vad de teoretiskt sett kan åstadkomma. Ett fokus på tidiga utvecklingskedan och hur värmepumpar fungerar i system, ger som vi sett i denna utvärdering främst en långsiktig kunskapsuppbyggnad och indirekta effekter, inte direkt produktutveckling, patent eller nya företag genom avknoppningar.

Uppdraget

Energimyndigheten och dess föregångare har sedan 1970-talet stött forskning, utveckling, demonstration och innovation rörande värmepumpande tekniker. Det har skett främst inom forskningsprogram och teknikupphandling samt inom enskilda projekt.

Den svenska energipolitiken har sedan 1970-talets oljekris/-er varit inriktad mot att minska beroendet av olja och andra fossila bränslen. På senare tid har fokus skiftat mot att öka andelen förnybar energi och energieffektivisering för att nå både nationella och internationella klimat- och energimål. Utvecklingen av energisystemet har påverkats av olika styrmedel så som koldioxidskatt, energiskatter och stöd till forskning och innovation.

Syftet med uppdraget är att dokumentera, analysera och redovisa vilka effekter som Energimyndighetens stöd till forskning, utveckling, demonstration och innovation för värmepump- och kylteknik har haft i samhället. Analysen begränsas till stöd för värmepumpar och kylteknik som getts via de tre senaste programmen Effsys 2, Effsys Plus och Effsys Expand.

Uppdraget omfattar följande delar och genomförts under perioden maj–september 2019:

- samhällsekonomisk analys
- påverkan/betydelsen för omställningen av energisystemet
- hur forskningen påverkat regler och bestämmelser för värmepumpar och kylteknik med särskilt fokus på ekodesign-direktivet

Programmen kan förväntas bidra till olika typer av effekter, som kan analyseras och beskrivas såväl kvantitativt som kvalitativt. Studien förväntas ge kunskap om additionalitet och kausalitet i fråga om både utveckling och användning av värmepumpsteknik i Sverige. Begreppet additionalitet är centralt i studien och innebär att dra slutsatser om vilken skillnad som forskningsprogrammen gjort med avseende på ovanstående punkter.

Additionalitet brukar delas in i tre huvudtyper: outputadditionalitet, inputadditionalitet och beteendeadditionalitet.

- Outputadditionalitet innebär olika typer av utfall i form av kort och långsiktiga resultat och effekter som en policyinsats ger upphov till. Det kan här röra sig om fler vetenskapliga publikationer, patent, prototyper, nya eller förbättrade produkter med mera och i förlängningen ökad omsättning, förädlingsvärde, produktivitet och export i företag och branscher.
- Inputadditionalitet innebär att de offentliga satsningarna leder till att företag investerar mer i FoU än vad de skulle ha gjort annars. Tidigare studier visar på betydelsen av tröskeeffekter i detta perspektiv, det vill säga det kan krävas en viss nivå på investeringar för att nå kritisk massa. Potentiella negativa effekter är undanträngningseffekter (privata investeringar uteblir) eller dödviktseffekter (insatserna hade genomförts även utan offentlig finansiering). Därför behöver offentliga program utformas så att de kompletterar och skapar synergier till andra privata och offentliga FoU-investeringar.

- Beteendeadditionalitet innebär att de offentliga satsningarna leder till förändringar i beteenden hos företag och andra aktörer. Det kan handla om att större FoU-projekt genomförs, ökad risknivå, att projekt inleds tidigare eller med ökad kvalitet.

Vidare ska synergier med Energimyndighetens övriga arbets- och ansvarsområden, t.ex. energieffektiviseringsarbete, ska analyseras i relation till forskningsprogrammen.

De tre forskningsprogrammen – Effsys 2, Effsys Plus och Effsys Expand

De tre forskningsprogram som är inkluderade i denna effektanalys, Effsys 2, Effsys Plus och Effsys Expand har alla initierats för att med forskning, utveckling, demonstration och innovation inom kyl- och värmepumpsystem samt kyl- och värmelager bidra till samhällets omställning till en mer resurseffektiv och hållbar energianvändning. De tre Effsysprogrammen, härafter omnämnda som forskningsprogrammen, utgör fortsättningen av kontinuerliga statligt finansierade forskningsprogram inom värmepumps- och kylteknik, som hade sin början i samband med programmet *Alternativa köldmedier* år 1994–1996. Forskningsprogrammen som fokuseras på i denna studie sammanfattas i Tabell 1 nedan. En mer detaljerad beskrivning av programmen återfinns i Bilaga 1.

Tabell 1 Översikt över inkluderade forskningsprogram i denna effektanalys

Program	År	Total budget (Energimyndighetens andel), Mkr	Antal projekt	Antal deltagande företag	Exempel mål
Effsys 2	2006–2010	70 (28)	25	108	Med samma nytta, väsentligt minska behovet av topp effekt i värmepumps- och kylsystem jämfört med idag. Spara minst 5 TWh energi i värmesektorn och 0,5 TWh el i kylsektorn.
Effsys Plus	2010–2014	88 (36)	24	121	Tillhandahålla systemlösningar baserade på värmepumpande teknik som bidrar till att EUs 2020-mål avseende miljö och energi kan nås.
Effsys Expand	2014–2018	96 (48)	24	93	Tillhandahålla systemlösningar för kyla och värme som långsiktigt bidrar till att nå EUs 2050-mål. Bidra till att nya miljövänliga köldmedier, i enlighet med internationell rekommendation, ersätter dagens.

Design av studien

Det finns flera olika tänkbara sätt att närma sig frågan om att analysera vilken skillnad som forskningsprogrammen gjort över tid. Det finns också flera utmaningar.

Den första utmaningen är att hantera den kontrafaktiska situationen, det vill säga vad hade hänt om forskningsprogrammen inte funnits. Är det rimligt att tänka sig att inget av

det som gjorts med finansiering från de tre forskningsprogrammen hade genomförts utan dessa, eller hade liknande insatser genomförts med andra medel, alternativt hade liknande insatser gjorts men i mindre omfattning.

Den andra utmaningen relaterar till yttre faktorer som har betydelse för de förlopp och förändringar på samhällsnivå över tid som vi kan observera. Utöver forskningsprogrammen har makroekonomiska faktorer, andra policyinsatser, företagsinterna strategier och branschdynamik med mera betydelse för utvecklingen på en övergripande samhällsnivå. Komplexiteten ökar ju längre ifrån de enskilda projekten vi kommer.

Den tredje utmaningen att hantera är det faktum att det är en lång tidsperiod som studeras, som också föregåtts av tidigare och liknande satsningar på forskning och innovation inom området. Effekter uppstår ofta på lång sikt och genom komplexa orsakssamband, samtidigt som dessa rent metodologiskt är svåra att spåra i efterhand. Utdragna tidsförlopp är en utmaning i alla utvärderingar och tillgången till data över tid är en nyckelfaktor.

Ofta hanteras den första och andra utmaningen genom att använda kontrollgrupper eller andra studieobjekt att jämföra med. En relevant kontrollgrupp utgörs ofta av organisationer som inte deltagit i ett forskningsprogram men som i övrigt liknar de aktörer som gjort det. Skillnaden mellan grupperna som inte kan förklaras av andra faktorer är effekten av den policyinsats som studeras, det vill säga den skillnad som policyinsatsen gjort. Detta kan göras med såväl statistiska metoder som kvalitativa metoder. I verkligheten är dock detta ofta mycket komplext. I sammanhanget forsknings- och innovationspolitiska satsningar blir begreppet additionalitet också komplext på grund av innovationssystemens dynamiska och systemiska karaktär.

I den här studien har vi valt att utgå från ett systemperspektiv, då forskningsprogrammen måste förstås i relation till andra policyinsatser och omvärldsfaktorer. Det har heller inte varit möjligt att identifiera en relevant kontrollgrupp, då i praktiken hela branschen engagerat sig i forskningsprogrammen. Istället har andra metoder använts för att analysera forskningsprogrammets betydelse i olika avseenden.

Med hjälp av en **litteraturstudie** och **statistik** görs en översiktlig beskrivning av branschens och marknadens utveckling över tid samt energisystemets omställning och värmepumparnas betydelse i detta sammanhang. Med stöd av tidigare studier identifieras olika förklaringsfaktorer till utvecklingen som beskrivs, varav Energimyndighetens forskningsprogram utgör en del.

Som del av utvärderingen genomförs även en **portföljanalys** baserad på slutrapporter från de projekt som finansierats med medel från forskningsprogrammen. Portföljanalysen syftar till att skapa överblick över forskningsprojektens omfattning och inriktning, vilka aktörer som varit involverade vilka resultat som projekten genererat etc.

En viktig källa till information har även varit **intervjuer** med nyckelaktörer som varit involverade i forskningsprogrammets genomförande eller som varit mottagare av resultat. Totalt har drygt 20 intervjuer genomförts utifrån ett strategiskt urval av nyckelpersoner inom akademien, forskningsinstitut, företag i hela värdekedjan, branschorganisationer och myndigheter. Intervjuerna har genomförts i semistrukturerad form med fokus på frågor kring forskningsprojektets betydelse för den egna organisationen och för branschen som helhet. Vidare har ett seminarium hållits med branschaktörer för att presentera och diskutera slutsatser från arbetet. Detta har varit en viktig kvalitetssäkrande funktion i genomförandet.

Målet med studien är att så långt det är möjligt beskriva och belägga olika typer av effekter som forskningsprogrammen har bidragit till. Detta görs i ett första steg genom analys av data om de enskilda projekten från portföljanalysen och intervjuer med nyckelaktörer inom branschen. I ett andra steg analyseras dessa data i relation till den övergripande beskrivningen av förändringar av branschens, marknadens och energisystemets omställning. En begränsning i studien är att det inte är möjligt att kvantifiera effekter av programmen i relation till samhällsekonomi eller energisystemets omställning.

Analysram för studien

I fokus för denna studie är de tre forskningsprogrammen Effsys 2, Effsys Plus och Effsys Expand. Programmen handlar övergripande om:

- Utveckling av teknik för ett mer energi- och kostnadseffektivt energisystem.
- Uppbyggnad av kunskap och kompetens inom forskningsinstitutioner samt för långsiktig kompetensförsörjning.
- Kommersialisering av resultat för utveckling av näringslivets konkurrenskraft.
- Samverkan nationellt och internationellt.

Samtliga av dessa fyra övergripande syften med programmen har samhällsekonomisk relevans utifrån att dessa vilar på ett antagande om att det råder ett marknads-, innovations- eller transitionsmisslyckande. Det är detta som programmen genom sina resurser och sina inriktningar ska söka förändra.

För att kunna bedöma samhällsekonomiska effekter behövs en analys av om de aktiviteter som programmet finansierar hade ägt rum ändå eller i annorlunda form (den kontrafaktiska situationen). En viktig del av analysen är således att fastställa om och i vilken mån programmen finansierat aktiviteter som aktörerna (institutioner, företag, branschorganisationer etc.) inte hade genomfört utan programmet. Då har programmet en additionalitet i innovationssystemet.

För att möjliggöra en omställning av energisystemet krävs grundläggande tekniska, organisatoriska och institutionella förändringar inom både produktion och konsumtion. Sådana socio-tekniska förändringar analyseras oftast i ett systemperspektiv. En vanligt förekommande ansats för att analysera hur detta sker är innovationssystemansatsen, inte minst är denna vanlig då det handlar om att analysera och förbättra förutsättningarna för utveckling av ny teknik (Farla, Markard, Raven, & Coenen, 2012).

För att ge riktning åt analysen utgår utvärderingen från teorier och tidigare studier om effekter av samverkan kring tillämpad forskning och utveckling samt framväxt av teknologiska innovationssystem. Dessa betonar att kunskap och innovationer utvecklas och får spridning genom ett samspel mellan olika aktörer.

Att omvandla idéer till innovationer som gör insteg på en marknad i form av en produkt, teknisk lösning eller tjänst involverar ett stort antal aktörer och sammanhängande processer. Innovationssystemperspektivet analyserar informations- och teknikflödet samt interaktionerna och relationerna mellan berörda aktörer, såsom företag, forskningsinstitutioner och offentliga aktörer (Edquist, 2004).

Ett teknologiskt innovationssystem kan analyseras med avseende på dess strukturella *komponenter* (aktörer, nätverk och institutioner) och vad gäller dess *funktioner* (kunskapsutveckling och kunskapsspridning, resursmobilisering, vägledning, relationer och socialt kapital) (Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark, & Rickne, 2008).

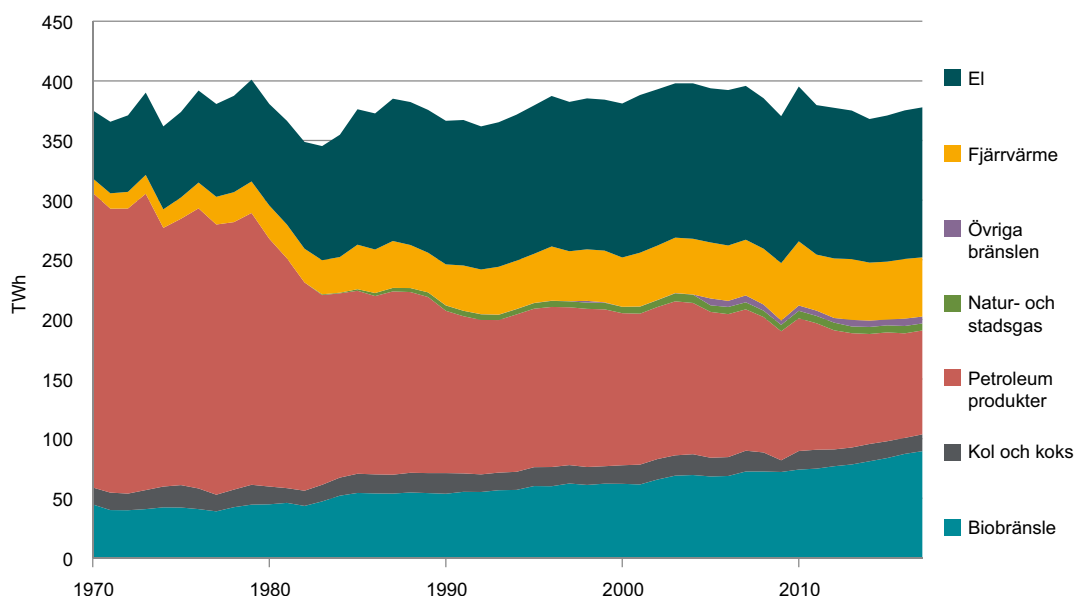
Med utgångspunkt i ramverket ovan menar vi att det finns olika kategorier av effekter som potentiellt uppstår genom den forskning som bedrivits i samverkan inom Effsys-programmen (Perez Vico, 2013):

1. Kunskaps och lärandeffekter (branschgemensam kunskapsuppbyggnad, kunskapsutbyte, personrörlighet etc.).
2. Vägledningseffekter (verifiering av metoder, tekniker, prestanda etc.).
3. Nätverkseffekter (relationer, förtroende).
4. Resurseffekter (mobilisering aktörer och gemensamma resurser, finansiering och tid till att testa nytt, experimentera).
5. Marknadseffekter (utveckling av nya tekniker, processer, tjänster, produkter och system som implementeras på marknaden).

För att skapa en förståelse för hur och varför effekter uppstått genom forskningsprogrammen, utvecklas effektkedjor i utvärderingen, som beskriver hur programmen gett upphov till olika typer av effekter.

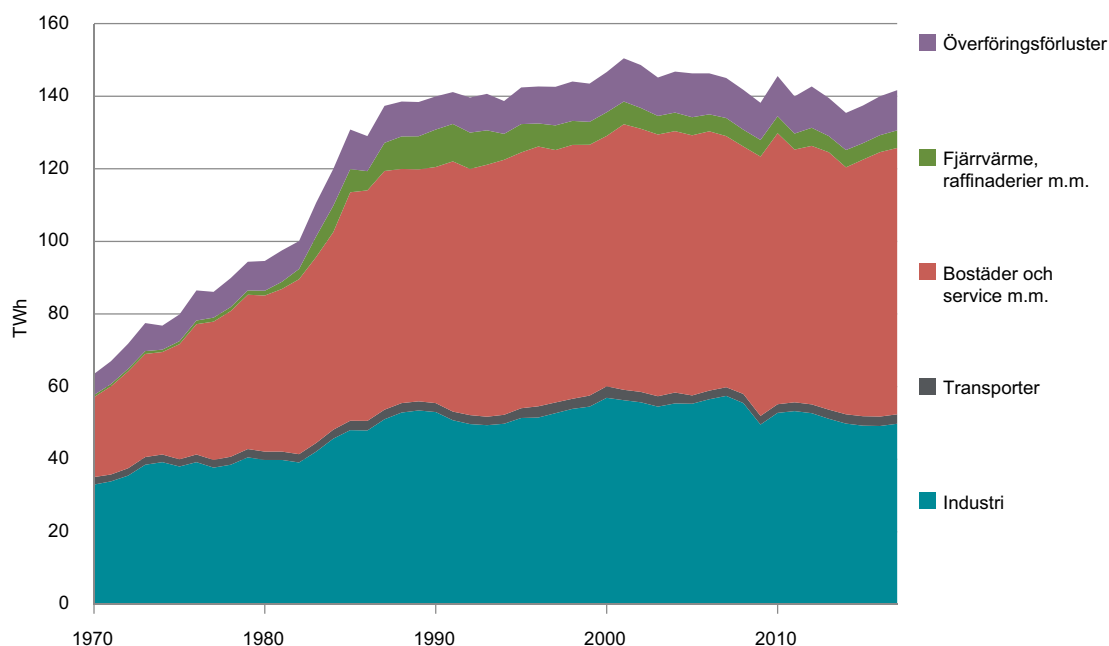
Energisystemets omställning

Det svenska energisystemet har från 1970-talet fram till idag kännetecknats av en övergång från att till stor del varit baserad på olika petroleumprodukter till en ökad användning av energibärare som elektricitet, biobränslen och fjärrvärme. Användningen av olja ersattes till viss del av elektricitet från kärnkraft, vilken byggdes ut under 1970- och 1980-talet. Energieffektiviseringar har även varit viktiga strategiska verktyg för att minska oljeanvändningen (Nilsson, Åhman, & Nordqvist, 2005). Skiftet från oljebaserad energi syns tydligt i Figur 2, där den totala energianvändningen i Sverige visas från 1970 till 2017. Den fortsatta utfasningen av petroleumprodukter kan också bero på ett ökat fokus på förnybar energi bland klimat- och energipolitiska mål, vilket även förklarar den stadigt ökade användningen av biobränslen.



Figur 2 Total slutlig energianvändning per energibärare 1970–2017, TWh. Källa: (Energimyndigheten, 2019b)

Elanvändningen i Sverige är hög, ca 14 MWh/capita vilket kan jämföras med genomsnittet i hela EU-28 på 6 MWh/capita år 2016 (IEA, 2019). Elanvändningen i Sverige ökade markant från början av 1970-talet fram till början av 1990-talet då den totala elanvändningen planade ut omkring 140 TWh per år. Sektorerna industri samt bostäder och service står för majoriteten av elanvändningen, se Figur 3. Den stora ökningen av elanvändning har bland annat sin förklaring i oljekriserna under 1970-talet, vilket exempelvis föranledde övergången från oljebaserade uppvärmningsformer i framförallt småhus mot eluppvärmning i form av direktverkande el (Nilsson, Åhman, & Nordqvist, 2005). En betydande del av elanvändningen i bostäder och service består av energi för uppvärmning. År 2013 stod användningen av el för uppvärmning (elpannor, direktverkande el och el till värmepumpar) för 25 % av den totala energin för uppvärmning bland flerbostadshus, småhus och lokaler (Energimyndigheten, 2015).



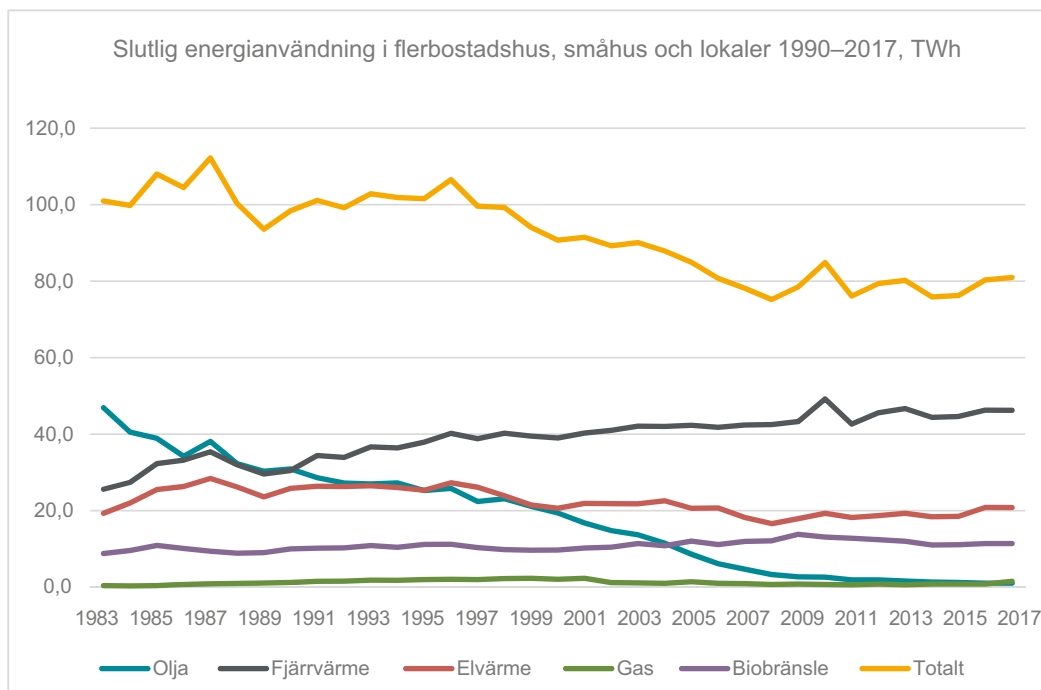
Figur 3 Elanvändning per sektor 1970–2017, TWh. Källa: (Energimyndigheten, 2019)

Den sektor där värmepumpar spelar en stor roll är naturligtvis framför allt bostäder och service, där de används till uppvärmning. Därför följer här en genomgång av hur värme-marknaden i Sverige har utvecklats över tid och hur användningen av värmepumpar har ingått i denna utveckling.

Från olja till el på uppvärmningsmarknaden

Till uppvärmningsmarknaden räknas uppvärmning i sektorn småhus, flerbostadshus och lokaler, där det årligen används totalt 80 TWh (år 2017) för uppvärmning och varmvattenproduktion (Energimyndigheten, 2018). För uppvärmningen av bostäder och lokaler syns samma trender som för energisystemet i stort, oljeanvändningen har minskat från 30.9 TWh 1990 till 1 TWh 2017. Samtidigt har fjärrvärmens andel ökat med cirka 10 TWh, medan elvärme, vilket inkluderar el till värmepumpar, har minskat något från 25.8 TWh 1990 till 20.8 TWh 2017 (Energimyndigheten, 2019b).

Värmepumpar har generellt sett ersatt uppvärmning från direktverkande el, elpannor och oljepannor. Till viss del har även värmepumpar ersatt bibränslen i småhus och villor samt fjärrvärme (Karlsson, Kovács, Gustavsson, Persson, & Haglund Stignor, 2013). Energimyndigheten anser att en stor del av minskningen av el för uppvärmning sedan 1990 förklaras av en ökad användning av värmepumpar, speciellt i småhus. Totalt sett har den årliga elvärmekonsumtionen minskat med 5 till 10 TWh från åren kring 1990 till slutet av 2010-talet (Energimyndigheten, 2015). Omställningen av Sveriges uppvärmningsmarknad kan alltså sammanfattas med att användningen och beroendet av oljeprodukter har minskat mycket kraftigt från den andra halvan av 1990-talet, även den totala energianvändningen har minskat sedan dess. Detta har möjliggjorts genom energieffektiviseringar i byggnadsbeståndet och genom att använda tekniker som använder energi för uppvärmning på ett mer effektivt sätt, vilket värmepumpar är ett utmärkt exempel på. Men även till exempel omställning till förnybara bränslen inom fjärrvärmerna.



Figur 4 Slutlig energianvändning i flerbostadshus, småhus och lokaler 1990–2017, TWh. Källa: (Energimyndigheten, 2019b)

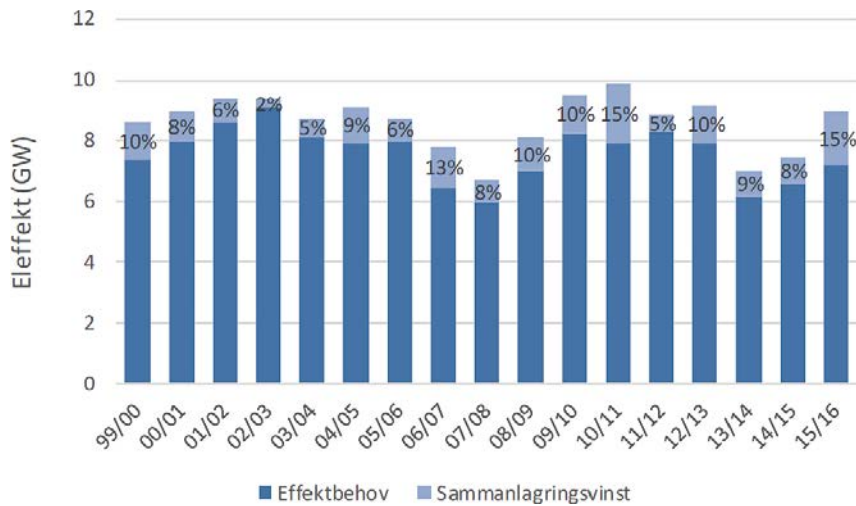
Värmepumpar täcker en stor del av vårt värmebehov

Inom Effsys Expand utförde Profu en inventering och utredning av användningen av värmepumpar på uppvärmningsmarknaden baserat på tillförd nyttig energi, det vill säga den värme som nyttiggörs i byggnaders uppvärmningssystem (Axelsson, Blomqvist, & Unger, 2018). I sin rapport uppskattar de att byggnader med värmepumpar i Sverige år 2016 behövde tillföras cirka 32,2 TWh nyttig värme per år. Hus som värms med direktverkande el eller elpannor kräver runt 6,5 TWh årligen. Det totala behovet av nyttig värme i småhus, flerbostadshus och lokaler uppges vara cirka 95 TWh. Observera att mängden nyttig värme inte är densamma som använd energi, vilket presenterades i Figur 4 ovan, där är det istället värmepumpars elanvändning som inkluderas. Även i framtida scenarion förväntas värmepumpar möta en stor andel av värmebehovet i Sverige. År 2030 kan fortfarande upp till 30 procent av den nyttiga värmen i svenska bostäder levereras av värmepumpar, enligt Profu (Axelsson, Blomqvist, & Unger, 2018). Även Energimyndigheten och SKVP förutser en fortsatt ökande användning av värmepumpar i uppvärmningssystemet, speciellt vid fortsatt relativt låga elpriser genom att bland annat ersätta fjärrvärme (Energimyndigheten, 2019c; Jonasson, 2019).

Värmepumpar kan stå för en betydande del av eleffektbehovet

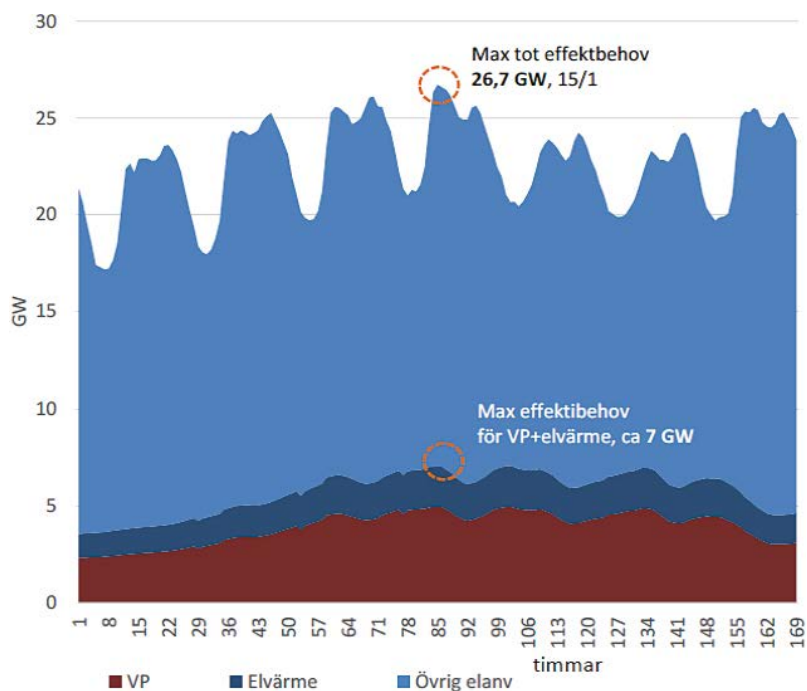
I en studie har Profu uppskattat eleffektbehovet för värmepumpar idag och i framtiden. Genom antaganden kring värmepumparnas prestanda, användning och spridning i landets olika klimatområden översattes den nyttiga värmen till ett motsvarande behov av eleffekt som krävs för att värmepumparna totalt ska leverera sina 32 TWh värme idag och motsvarande i framtiden. Eleffektbehovet beräknades timme för timme under perioden september 2015 till augusti 2016, den maximala eleffekten som krävs (för både värmepumpar och andra typer av eluppvärmning) uppgick då till 7,2 GW. Detta år representerar

enligt författarna ett typiskt medelår avseende temperaturer i Sverige, för ett kallare år uppgår motsvarande eleffektbehov till 9,1 GW och för ett varmt år till 5,9 GW. Figur 6 visar Profus sammanställning över sina beräkningar för eleffektbehovet historiskt. Andra källor, med justeringar gjorda av Profu, uppger att eleffektbehovet för uppvärmning och varmvatten i bostäder och lokaler kan vara mellan 9,5 och 11 GW (Nyholm, Puranik, Mata, Odenberger, & Johnsson, 2016), (Palm & Nowacki, 2010).



Figur 5 Eleffektbehov för värmepumpar, direktverkande el och elpannor år 1999–2016. Sammanlagringsvinsterna beskriver faktumet att årets kallaste temperaturer inte uppstår vid samma tidpunkt i hela landet. Källa: (Axelsson, Blomqvist, & Unger, 2018).

I Figur 6, vilken är hämtad direkt från Profus rapport, visas den timvisa elförbrukningen i Sverige under den kallaste veckan under 2016. År 2016 var alltså det högsta eleffektbehovet för eluppvärmning och värmepumpar 7,2 GW, vilket motsvarade närmare en fjärdedel av det maximala totala effektbehovet under timmen med högst effektuttag i det svenska elsystemet under året. Användningen av värmepumpar har därmed en stor betydelse för Sveriges effektbalans under årets kalla perioder.



Figur 6 Timvis elförbrukning under veckan med högst elförbrukning under 2016. Effektbehovet för värmepumpar och elvärme har beräknats av Profu. Källa: (Axelsson, Blomqvist, & Unger, 2018).

Flexibla värmepumpar blir allt viktigare

Värmepumpar och elvärme tas ofta upp som en potentiell källa till efterfrågeflexibilitet. Genom att utnyttja faktumet att byggnader och deras uppvärmningssystem har en viss tröghet går det att flytta värmelaster i tiden genom att värma upp en byggnad extra mycket under timmar då det totala energibehovet i systemet är lågt. Tanken med efterfrågeflexibilitet, eller i det här fallet lastförskjutning, är för att undvika att använda energi vid de högsta effektbehovstopparna i syfte att avlasta systemet (Kensby, 2017). För byggnader som värms upp av värmepumpar eller direktverkande el fås lastförskjutningen i elsystemet och kan potentiellt vara ett verktyg för att balansera elsystemet med avseende på produktion och förbrukning av el. En ytterligare potentiell fördel med att kunna utnyttja efterfrågeflexibilitet, inklusive flexibilitet från exempelvis värmepumpar, är att det kan förenkla integrationen av intermitterant, förnybar elproduktion. Efterfrågeflexibilitet kan nämligen användas för att öka användningen av el under timmar då det finns ett överskott av el från förnybara källor som exempelvis vind- och solkraft (Axelsson, Blomqvist, & Unger, 2018).

Det poängteras att efterfrågeflexibilitet kommer att vara en viktig del i hanteringen av variabel elproduktion i framtiden och att värmepumpar sannolikt har mycket goda förutsättningar för att kunna bidra till denna flexibilitet. Tekniken för att låta värmepumpar reagera på exempelvis elpris-signaler finns redan och att implementera detta på bred front bör sannolikt inte vara praktiskt komplicerat (Axelsson, Blomqvist, & Unger, 2018). Framförallt lämpar sig varvvalsstyrda värmepumpar väl för extern styrning av det slag som efterfrågeflexibilitet innebär eftersom värmepumpens effekt kan justeras steglöst.

Kylteknik utgör en viktig men mindre del av det svenska energisystemet

Kyltekniska applikationer spelar precis som värmepumpar en viktig roll i det svenska energisystemet. I energistatistik redovisas inte energianvändningen för komfortkyla, elanvändning i kyl- och frysskåp i hushåll, handel och industri separat utan är ofta inkluderad i den totala elanvändningen. En vanlig applikation där kyl- och fryssystem står för en betydande del av den totala elanvändningen är livsmedelshandeln. Den totala specifika användningen av el i livsmedelsbutiker uppgick 2009 till 399 kWh/m² och år och har enligt Energimyndigheten ökat från en redan hög nivå år 1990. Livsmedelskyla stod 2009 för nästan hälften av elanvändningen i livsmedelshandeln (Energimyndigheten, 2010). I samma rapport påpekar Energimyndigheten att det finns stort utrymme för energieffektiviseringar genom att äldre kyl och frysutrustning byts ut mot modern utrustning med förbättrad styrning och värmeåtervinning. Den totala elanvändningen i lokaler, där livsmedelshandeln ingår var år 2017 ungefär 3 TWh.

Värmepumpar och kylteknik kan bidra till att nå energipolitiska mål

Värmepumparnas roll och påverkan på energisystemet, bestäms i hög grad av deras möjligheter till att bidra till svensk energipolitiks övergripande mål. De gällande övergripande målen i svensk energipolitik kommer från propositionen *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Energi (2008/09:163)* och kan enkelt sammanfattas i tre punkter:

- Andelen förnybar energi ska utgöra minst 50 procent av den totala energianvändningen år 2020. Efter 2020 finns inga mål uppsatta för andelen förnybar energi i skrivande stund.
- Energianvändningen ska vara 20 procent effektivare år 2020 än år 2008.
- 40 procent minskning av utsläppen av klimatgaser för den icke-handlande sektorn, varav två tredjedelar inom Sveriges gränser.

De ovan nämnda målen gäller till år 2020 och nya mål finns på plats eller arbetas fram vid tidpunkten då denna rapport skrivs. Framtida svenska energipolitiska mål ställs upp med grund i energiöverenskommelsen från 2016 och regeringens proposition *Energi- politikens inriktning (2017/18:228)* och innefattar bland annat att:

- År 2040 ska elproduktionen vara 100 % förnybar.
- År 2030 ska Sverige ha 50 % effektivare energianvändning jämfört med år 2005.

De nationella målen utformning påverkas av mål och direktiv på EU-nivå, exempelvis nu gällande och kommande förnybartdirektiv¹ och energieffektiviseringsdirektivet EED².

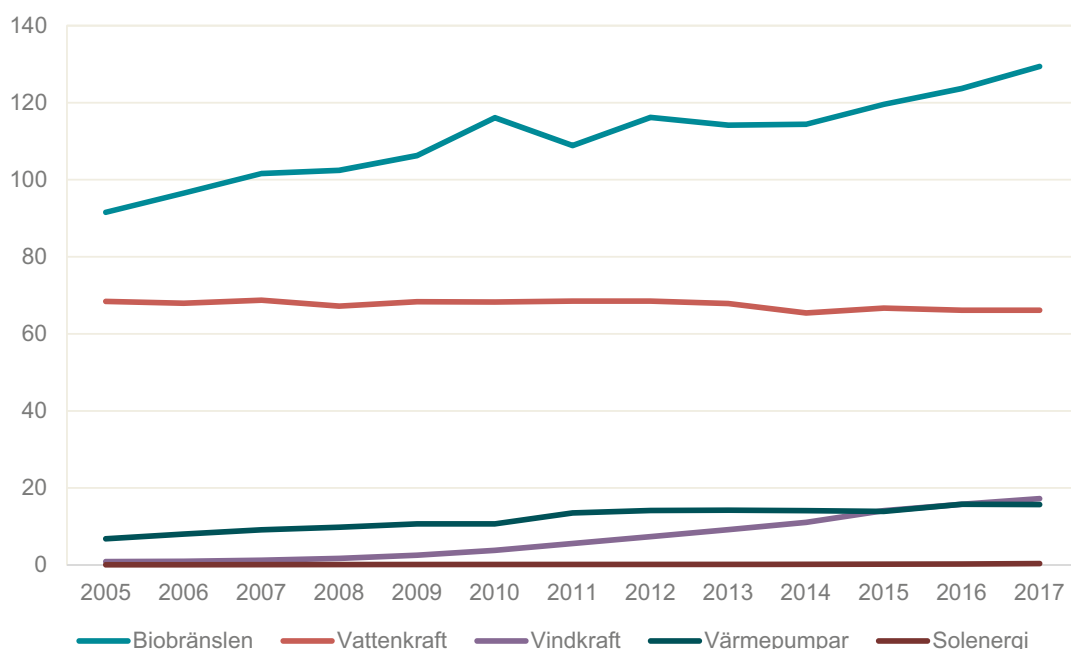
Värmepumparnas bidrag till att uppfylla målen för 2020 utreddes av Energimyndigheten 2015, där det fastslogs att värmepumpar tydligt kan bidra till att uppfylla mål som avser användning av förnybar energi, med stöd i förnybartdirektivet³ medan det för övriga mål saknas beräknings- och utvärderingsmetoder för värmepumpar på EU-nivå (Energimyndigheten, 2015).

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

² 2012/27/EU

³ 2009/28/EG

För att beräkna hur mycket förnybar energi som värmepumpar bidrar till i enlighet med förnybartdirektivet ges riktlinjer av Europakommissionen och Eurostat⁴. I praktiken är mängden förnybar energi som levereras från en värmepump enligt Eurostats beräkningsmetodik hela den mängd energi som tagits upp i värmekällan. Värmekällan måste dock bestå av aerotermisk, geotermisk eller hydrotermisk energi. År 2016 var den totala andelen förnybar energi i Sverige 54 procent och andelen förnybart förutspås öka något till år 2020 (Energimyndigheten, 2019c). Figur 7 visar fördelningen av förnybar energi per källa i Sverige för åren 2005–2016. Värmepumpar bidrog under 2017 med 16 TWh förnybar energi, ungefär lika mycket som vindkraften i Sverige bidrog med under samma år (17 TWh). Historiskt sett har förnybar energi från värmepumpar varit den tredje största källan till förnybar energi i Sverige (Energimyndigheten, 2019a). Utanför Sveriges gränser har värmepumpar inte haft samma genomslag på marknaden, men i IEAs senaste kartläggning av utvecklingen av ett förnybart energisystem nämns värmepumpar som en bidragande nyckelfaktor till ett förnybart uppvärmningssystem (IEA, 2017).



Figur 7 Förnybar energi uppdelat per källa för åren 2005–2017, TWh. Källa: (Energimyndigheten, 2019a)

För att bidra till energieffektiviseringsmålen kan självklart även värmepumparnas effektivitet utvecklas. Energimyndigheten uppskattade 2015 att värmepumpar med luft som värmekälla ökar sin effektivitet (COP) med 1,5 procent per år. Berg-, jord-, sjö- och markvärmepumpars effektivitet antas öka med i genomsnitt 2 procent per år. En sådan utveckling skulle innebära att värmepumpar år 2050 skulle vara 1,95 respektive 2,43 gånger mer effektiva än vad de var år 2005. År 2006 användes cirka 3,8 TWh el i värmepumpar (inkluderat stora värmepumpar för fjärrvärmeproduktion) (Energimyndigheten, 2015). Om den nyttiga mängden värme från värmepumpar som ska levereras år 2050 är densamma som år 2006 skulle höjningen av verkningsgrad som antogs ovan innebära att

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:062:0027:0035:EN:PDF>

1,74 TWh el skulle användas för att leverera samma mängd värme, en minskning på 55 procent. Detta är en mycket grov uppskattning men ger en viss indikation på potentialen för värmepumpar att bidra till energieffektiviseringsmålens uppfyllnad. Denna effektivisering gäller endast för den avgränsade del av energianvändningen som el till värmepumpar utgör. Prognoser visar att elanvändning i bostäder och service år 2050 kan uppgå till mellan 67 och 80 TWh (Energimyndigheten, 2019c).

Sammanfattning – värmepumparnas del i energisystemets omställning

Sammanfattningsvis har värmepumpar haft en stor inverkan på den svenska uppvärmningsmarknaden och i förlängningen även på elsystemet och energisystemet i stort. Från och med deras stora genombrott på 1990-talet och fram till idag har användningen av värmepumpar ökat och flera källor pekar på en stor betydelse för energisystemet även i framtiden. Värmepumparnas roll i energisystemet kan förenklat sammanfattas enligt nedan.

Det svenska energisystemet har präglats av en övergång från fossila energikällor till en ökad elektrifiering, en utveckling som inleddes under 1970-talets oljekriser. Speciellt uppvärmningen av byggnader elektrifierades i hög grad, användningen av olja för uppvärmningen sjönk med 90 procent mellan 1990 och 2013 och ersattes till stor del av elektrisk uppvärmning av olika slag.

Trots en ökad befolkning och bebyggelse har den totala energianvändningen för uppvärmning minskat på grund av bland annat energieffektivisering genom exempelvis värmepumpar som ersätter direktverkande elvärme.

Mer än 30 procent av värmebehovet i bostäder och lokaler levereras av värmepumpar år 2017 och andelen förutses öka till följd av ökad konkurrenskraft genom höjd effektivitet och fortsatta relativt låga elpriser.

Värmepumpar ger viktiga förutsättningar för Sverige att uppnå energipolitiska mål. Värmepumpar bidrog år 2017 med 16 TWh förnybar energi, ungefär lika mycket som all vindkraft i Sverige producerade.

Värmepumpar (och annan eluppvärmning) påverkar elsystemet genom att vid vissa lastsituationer stå för en betydande del av eleffektbehovet i det svenska elsystemet. Uppskattningsvis kan värmepumpar och elvärme stå för närmare en fjärdedel av det totala eleffektbehovet under de dagar då lasten i elsystemet är som högst under året.

Värmepumpar kommer sannolikt även att spela en ny, viktig roll i framtidens elsystem. Värmepumpar är en potentiell källa till efterfrågeflexibilitet som kan dra nytta av fördelar i värmesektorn och ge effekter i elsystemet. Genom att styras smart kan värmepumpar användas för att avlasta elsystemet vid effekttoppar eller användas för att maximera utnyttjandet av intermittent, förnybar el som annars hade gått förlorad. I och med detta bör värmepumpar kunna ses som en del av vägen fram till Sveriges energipolitiska mål, som exempelvis 100 procent förnybar elproduktion år 2040.

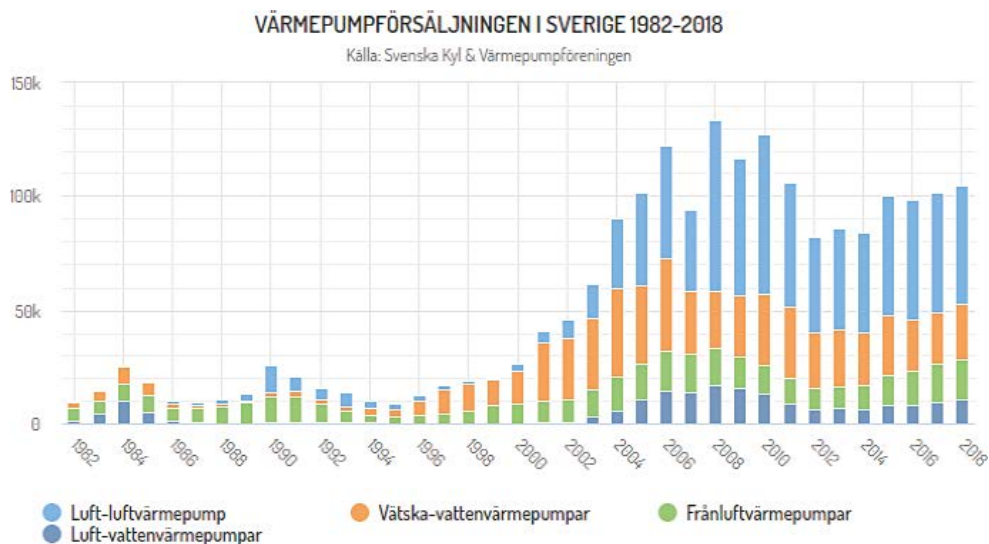
Marknads- och branschutveckling för värmepumpar och kylteknik

Det tidigare kapitlet behandlade energisystemets omställning och värmepumpars och värmepumpsteknikers roll i detta. I det här kapitlet riktas fokus mot den svenska bransch- och marknadsutvecklingen inom området samt vilka faktorer som påverkat denna.

Stark marknadsutveckling för värmepumpar och kyltekniska applikationer

Värmepumpar har sedan 1970-talets oljekris spelat en viktig roll i omställningen av det svenska energisystemet. Värmepumpar levererar mer värme per capita i Sverige än i något annat land och ungefär hälften av alla svenska småhus har enligt en marknadsanalys från Energimyndigheten, en värmepump installerad (Energimyndigheten 2015).

Svenska Kyl och Värmepumpsföreningen för statistik över den årliga försäljningen av värmepumpar i Sverige, en sammanställning av denna statistik visas i Figur 8. Från år 1995 till omkring 2010 ökade den totala försäljningen av värmepumpar kraftigt i Sverige (observera dock att värdena för luft-luftvärmepumpar består av grova uppskattningar). Efter toppnoteringarna minskade försäljningen under ett par år för att år 2015 åter öka något (Svenska Kyl och Värmepumpsföreningen (SKVP), 2019).



Figur 8 Sålda värmepumpar per år och typ av värmepump Källa: SKVP

Det totala antalet värmepumpar i Sverige fortsätter att öka i Sverige, men marknaden har stabiliserats (Johansson, 2017). Samtidigt menar IEA:s organisation för värmepumpar, genom SKVP, i april 2019 att den svenska kyla- och värmepumpmarknaden har en mycket stark utveckling och kan närmast anses närma sig överhettning. Tillverkare har svårigheter att rekrytera kompetent personal och installatörer har svårt att hinna med att utföra alla beställda installationer av värmepumpar (Jonasson, 2019).

I Sverige sågs applikationer för komfortkyla länge som en onödig lyxprodukt, men SKVP menar att marknaden för till exempel luftkonditionering idag är högst relevant. Man påpekar också att trender inom livsmedelsbranschen på senare tid har ökat behovet av kyl- och frysapplikationer i exempelvis livsmedelsbutiker. Allt fler industriella processer kräver också kyla. Detta, tillsammans med faktumet att många kyl- och frysanläggningar måste byggas om eller bytas ut på grund av f-gasförordningen⁵ har gjort att den svenska kyl- och frysmarknaden har ökat med omkring 70 % mellan 2010 och 2018. För framtiden förutspås en fortsatt årlig försäljningsökning på 5 till 7 % (Jonasson, 2019).

Den svenska värmepumpindustrin internationellt ledande

Den svenska värmepumpsindustrin etablerades under slutet av 1970-talet och början av 1980-talet, i samma period som den tidiga expansionen av värmepumpmarknaden. 2015 var det en industri med en total omsättning på mellan 6 till 7 miljarder SEK och en export på över 1 miljard kr. De största tillverkarna av värmepumpar i Sverige (och Europa) är IVT/Bosch, Thermia/Danfoss, CTC/Enertech och Nibe. IVT, Thermia och CTC är utlandsägda bolag, medan Nibe är den enda industriella värmepumpstillverkaren med sitt huvudkontor fortfarande i Sverige. Alla dessa företag är internationellt orienterade.

Sedan 1995 har den svenska värmepumpmarknaden växt till att bli den största i Europa. Den svenska värmepumpsindustrin hade en period av stark ekonomisk tillväxt mellan 1995 och 2005. Det byggde i huvudsak på den snabba tillväxten på den inhemska marknaden. Den svenska marknaden och industrins utveckling och tillväxt gav svenska företag en relativ fördel gentemot europeiska konkurrenter. Följden blev att tillverkningen av värmepumpar förblev koncentrerad till svenska anläggningar även efter det att en stor del av svensk värmepumpsindustri blivit uppköpt av utländska företag efter 2005. Efter 2005 började tillväxten på den svenska marknaden att avta, istället blev den internationella marknaden allt viktigare. Den svenska värmepumpsexporten ökade från 172 miljoner kr 2003 till 1,2 miljarder fem år senare.

Internationaliseringen av den svenska värmepumpsindustrin påbörjades under 1990-talet. Bosch köpte upp IVT 2005 (och bytte namn år 2008 till Bosch Thermoteknik). Danfoss gjorde motsvarande med Thermia samma år. Med detta byttes fokus från den svenska till en internationell marknad för företagen. Vid den här tidpunkten var CTC redan en del av ett internationellt konsortium (Enertech Group sedan 2001). Nibe hade sedan tidigt 90-tal fokuserat på en internationell marknad. Samtliga företag höll kvar sin produktion i Sverige och ökade även produktionskapaciteten. Bidragande faktorer till detta var hög kompetens kring utveckling av värmepumpar och en stor hemmamarknad.

Trots internationellt ägande och inriktning har det varit en fortsatt koncentration av både utveckling och tillverkning på flera platser i Sverige: Markaryd (Nibe), Tranås (IVT), Arvika (Thermia) och Ljungby (CTC). När Bosch förvärvade IVT flyttades all värmepumpsproduktion (utveckling, utbildning och tillverkning) till Tranås och Katrineholm i Sverige (Eriksson 2004; Bosch Thermoteknik AB 2014. 2009 öppnade Bosch ett utbildningscentrum i Tranås och koncentrerade även produktionen dit som en långsiktig investering. 2012 gick Danfoss ut med att företaget skulle flytta hela sin produktion från fem europeiska siter till Thermia och Arvika.

⁵ 1 januari 2015 trädde den europeiska f-gasförordningen EU/517/2014 i kraft och ersatte då den tidigare förordningen EG/842/2006. En ny svensk f-gasförordning SFS 2016:1128 publicerades i slutet av november 2016 och trädde i kraft från 1 januari 2017.

Andra anledningar till att flytta produktion till Sverige var de nära banden mellan produktion och utveckling, och fortsatt produktutveckling inom den diversifierade värmepumpsmarknaden. Utöver det påverkade att den svenska och skandinaviska marknaden fortfarande var en av de största i Europa, och även andra fördelar av att hålla produktionen nära kunderna.

År 2015 var Sverige fortfarande det land med mest värme från värmepumpar per capita i Europa och den svenska utvecklingen låg 10–20 år före många andra europeiska värmepumpmarknader (Johansson, 2017).

Förbättrad kvalitet och prestanda för värmepumpar

Sedan den tidiga marknadsutvecklingen har värmepumparnas prestanda ökat kontinuerligt. Bedömare inom branschen menar att effektiviteten hos små värmepumpar förbättrats med i genomsnitt 1,5 % per år sedan 1970-talet. Under samma period har värmepumparnas säsongsbetonade prestationskoefficient (SCOP – Seasonal Coefficient of Performance) ungefär fördubblats till cirka 4,5 i nyligen installerade installationer (Energimyndigheten, 2015).

Värmepumparnas förbättrade effektivitet kan vara resultatet av både förbättrade komponenter och bättre systemapplikationer. Värmepumpforskare vid KTH anser att följande är de viktigaste värmepumpsförbättringarna under de senaste decennierna (Björk et al. 2013):

- Mer kompakta och effektiva värmeväxlare med minskade temperaturskillnader.
- Ökad effektivitet hos kompressorer och elmotorer.
- Förmåga att kontrollera driftshastighet vilket leder till ökad energieffektivitet.
- Mindre temperaturskillnader i värmekällor och värmefördelningssystem.
- Mer avancerad styrutrustning och digitalisering som ger ökad energieffektivitet.
- Minskat energibehov för pumpar och fläktar genom bättre systemdesign.

Flera statliga stöd och styrmedel för främjande av värmepumpar

Staten har under lång tid och på olika sätt arbetat med främjande insatser för stöd till värmepumpar eller värmepumpars fördel. Bland dessa kan övergripande nämnas NUTEKs teknikupphandlingar i början av 1990-talet, stöd till forskning och utveckling genom olika program sedan början av 1990-talet, testverksamhet för utvärdering av produkters effektivitet och prestanda, subventioner och ekonomiska stöd, internationellt arbete med utveckling av regelverk, informationsinsatser till konsumenter med mera.

Mellan 1998 och 1999 (Förordning (1997:635)) infördes ett stöd med syfte att främja konvertering bort från direktverkande el för uppvärmning. Stödberättigade var de som helt eller delvis ville ersätta uppvärmning med direktverkande el till andra alternativ som värmepumpar. Stödet togs bort 2000, men återintroducerades igen mellan 2001–2003. Det finns olika tolkningar av vad effekten av dessa subventioner varit. Vissa menar på att det bidragit till tillväxten på marknaden, medan andra pekar på att subventionerna varit marknadsstörande.

I januari 2006 introducerades ett stöd för bostäder (småhus och flerbostadshus) som använde direktverkande el eller oljepanna för uppvärmning. Stödet täckte 30 % av den

totala kostnaden för att konvertera till värmepump, bibränsle, fjärrvärme eller solvärme (SFS 2005:1255 och 2005:1256). Det maximala stödet var 30 000 kr per bostad med direktverkande el och 14 000 kr för hus med oljepanna. Stödperioden var planerad att fortsätta till 2010, men det totala budgeterade stödbeloppet tog slut inom några månader. Konverteringsstödet avslutades 2007.

Sedan 2008 ges inga direktriktade subventioner för värmepumpar, men andra typer av stöd kan användas vid installation av en värmepump. ROT¹ infördes 2009 och är sådant att avdrag kan göras för reparation, underhåll, ombyggnad och tillbyggnad. Inledningsvis kunde ROT-avdrag göras upp till 50 % av arbetskostnaderna för installationen av värmepumpen. Sedan 2016 har nivån minskat från 50 % till 30 % av arbetskostnaderna, och max 50 000 kr/ägare och år.

Utöver subventioner och stöd har även andra typer av insatser gjorts till förmån för värmepumpar. Ett exempel på det är informationskampanjen "Värme i Villan" som lanserades 2002. Åtgärden hade en budget på 1 miljon kronor och syftade till att informera svenska villaägare om olika tekniska alternativ för uppvärmning (Johansson, 2017).

Nationella och internationella regelverk har påverkat marknadsutvecklingen

Olika typer av regelverk har haft en viktig påverkan på marknadsutvecklingen och utvecklingen av värmepumpar och kyltekniska applikationer. Samtidigt kan naturligtvis forskning och industrins eget utvecklingsarbete påverka utformningen av regelverk.

Några exempel på regelverk under den period som studeras är Boverkets nya krav på U-värden för nya bostäder från 2006. Kraven reglerar storleken på energiförluster som bostäder tillåts att ha. I oktober samma år introducerades en lag som ställer krav på att upprätta energideklarationer för alla byggnader. Lagen gav blivande bostadsköpare rätt att se energideklarationen för bostaden innan sitt beslut om eventuell investering. En energideklaration ska tas fram av en oberoende expert och ska innehålla information om byggnadens energiprestanda. Energideklarationen kan på så vis användas för att jämföra olika bostäder med varandra. Båda dessa regelverk hade positiva effekter för värmepumpar.

En reglering som under en period motverkade värmepumpinstallationer var att då en vätska-vattenvärmepump installerades gav det även ett ökat fastighetsvärde, vilket i sin tur höjde fastighetsskatten. Som en följd av detta förändrades reglerna för fastighetsbeskattningen och en kommunal avgift infördes. Denna justering underlättade installationer av värmepumpar samt andra tekniker inom förnybar energi.

Boverket införde 2009 energieffektiviseringskrav för byggnader som använder el för uppvärmning eller kylning. Detta skapade en ökad efterfrågan på isolering av hus samt för effektivare värmepumpar. Den 1 januari 2012 (BFS 2011:6) höjdes dessutom kraven för alla byggnader som inte använder el för uppvärmning.

Sedan 2008 har EU-lagstiftningen haft en större påverkan på värmepumpar i Sverige än den nationella lagstiftningen. Enligt EU-målen till 2020 utifrån förnybartdirektivet (2009/28/EC) och energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU) ska EU-medlemsstaterna utveckla en strategi för att möta målen om 20 % ökad energieffektivisering, 20 % ökad förnybar energi och 20 % minskade växthusgaser till 2020, jämfört med nivåerna 1990. Effektiviseringsåtgärderna som beslutas av EU kan ha haft en indirekt positiv effekt för värmepumpar (Johansson, 2017).

Ekodesign och energimärkning

På EU-nivå har två andra direktiv direkt påverkan på värmepumpar, Ekodesigndirektivet (2009/125/EC) och energimärkningsdirektivet (2010/30/EU). Ekodesigndirektivet sätter minimikrav på energiprestandan hos produkter och förbjuder de mest energi- och resurskrävande produkterna på EU-marknaden. Energimärkningsdirektivet delar in de återstående produkterna i energiklasser i skalan A–G. I september 2015 hade alla nya värmepumpar i Sverige och EU krav om energimärkning (Johansson, 2017). Ekodesignkraven gäller för värmepumpar med en nominell avgiven värmeeffekt upp till och med 400 kW. Från och med den 26 september 2015 gäller krav på energieffektivitet för rumsuppvärmning (säsongsmedelverkningsgrad), tappvattenuppvärmning samt ljudeffektnivå för alla produkter. Från den 26 september 2017 gäller skärpta krav på säsongsmedelverkningsgrad för värmepumpar. Samtidigt skärps kraven på energieffektivitet för tappvattenuppvärmning för alla värmepumpar med tappvarmvattenproduktion. Från och med 26 september 2018 ställs krav på utsläppen av kväveoxider. Förordningen för energimärkning omfattar samma typ av uppvärmningsprodukter som ekodesignförordningen. Skillnaden är att endast värmepumpar med nominell avgiven värmeeffekt upp till och med 70 kW omfattas av energimärkningskraven. Värmepumpar med en termisk effekt upp till och med 70 kW som säljs i kombination med temperaturregulatorer och/eller solvärmeutrustning omfattas också av kraven. (Energimyndigheten, 2019), (Johansson, 2017).

F-gasförordningen

Den europeiska f-gasförordningen (EU/517/2014) trädde i kraft vid årsskiftet 2014/2015 och ersatte förordningen EG/842/2006. F-gasförordningen ställer krav på en reduktion av användningen av HFC-köldmedier, på grund av deras påverkan på växthuseffekten. Det innebär i praktiken att värmepumpsbranschen inom 4–5 åren behövde byta till andra köldmedier i huvuddelen av sin produktportfölj. Exempel på köldmedier som ersatte HFC-köldmedierna var t.ex. propan, ammoniak, koldioxid eller nya syntetiska köldmedier med mycket liten växthuspåverkan (Energimyndigheten, 2015).

Byggregler och energiprestandadirektivet

När det kommer till målen kring energieffektivisering påverkas värmepumpar av riktlinjer och regleringar på nationell nivå genom exempelvis boverkets byggregler (BBR) och det europeiska energiprestandadirektivet. I EU-direktivet om byggnaders energiprestanda, 2010/31/EU eller *Energy Performance of Buildings Directive 2* (EPBD2), anges att energi till byggnader med låg energianvändning ska utgöras till stor del av förnybar energi eller från energikällor på plats eller i nära anslutning till byggnaden, vilket gynnar användningen av värmepumpar. Byggnaderna kallas ofta för nära nollenergibyggnader eller NNE-byggnader och för dessa byggnader kan värmepumpar vara en kostnads-effektiv uppvärmningsform.

I Boverkets byggregler som trädde i kraft i juni 2018 sätts krav på maximal energianvändning för nybyggda hus, där energianvändningen beräknas med avseende på primärenergi som används i byggnaden och inte på hur mycket energi som krävs för byggnadens uppvärmning. Detta ger fördelar för värmepumpar som genom sin effektivitet kräver mindre mängder primärenergi än till exempel fjärrvärme för att tillgodose samma värmebehov. Byggreglerna räknar dock upp värmepumpars (och annan eluppvärmning) mängd primärenergi genom en primärenergifaktor (Boverket, 2019). Hur

dess primärenergifaktorer samt kraven på maximal primärenergianvändning i nybyggda hus sätts har varit ämne för diskussion då de ger stort utfall för konkurrenssituationen mellan olika uppvärmningssätt. Boverket har i ett remissförslag, med avsikt att träda i kraft i januari 2020, föreslagit än mer skärpta krav på energiprestanda i nybyggda hus ska gälla. I förslaget ingår även uppdateringar av primärenergifaktorerna, vilka påverkar värmepumpars konkurrenskraft positivt, bland annat vid miljöklassning av byggnader (Göransson, 2017).

Sammanfattning – flera faktorer har påverkat marknadstillväxt och industrins utveckling

Detta kapitel har beskrivit hur marknaden för värmepumpar växt kraftigt över tid, så även marknaden för kyltekniska applikationer. Den svenska industrin har konsoliderats och internationaliserats, men tillverkning och utveckling har stannat och till och med förstärkts i Sverige. Det finns många faktorer och förklaringar till den här utvecklingen.

Industrin har bedrivit ett kontinuerligt utvecklingsarbete som ökat produkternas effektivitet och prestanda. Allteftersom tekniken i sig mognat har industrin fokuserat på inkrementella förbättringar. Staten har över tid investerat i forskning och utveckling i nära samverkan med industrin, för att stödja och komplettera industrins utvecklingsarbete. Staten har även över tid genomfört andra främjande åtgärder och insatser såsom teknikupphandling, konverteringsstöd, testverksamhet och informationskampanjer, inte minst via Energimyndigheten och dess föregångare.

Vidare finns ett stort antal regelverk som dels rör användarsidan, dels utformningen av värmepumpar eller kyltekniska applikationer specifikt. Dessa påverkar marknaden och branschens utveckling samtidigt som branschen genom att ställa krav och driva utvecklingsarbete har möjlighet att proaktivt påverka utformningen av dessa.

Effsys-programmens betydelse för branschen och energisystemets omställning

I detta kapitel redovisas det empiriska underlaget från studien med ett inledande fokus på portföljanalys av forskningsprogrammets omfattning, inriktning, aktörer och leveranser baserat på projektrapporter. Därefter redovisas resultatet från de intervjuer som genomförts inom ramen för studien. Resultatet från intervjuerna struktureras utifrån den analysram som utvecklades i det inledande kapitlet; det vill säga betydelsen av forskningsprogrammen för kunskapsutveckling och lärande, utveckling av nätverk, vägledning i teknik- och produktutveckling, utveckling av komplementära resurser samt betydelsen för marknadsutvecklingen.

Analys av Effsys-programmens projektportfölj

I det här avsnittet redovisas en översiktlig analys av forskningsprogrammets omfattning, inriktning, aktörer och leveranser baserat på projektrapporter.

Fokus på tidiga utvecklingskedan

För att ge en uppfattning kring vilka inriktningar som programmen har haft så har varje projekt i programmen delats in i någon av de fyra kategorierna Forsknings-, Utvecklings-, Demonstrations-, och Innovationsaktiviteter (FUDI). De fyra typerna av aktiviteter har i denna utvärdering definierats utifrån Frascati-manualen, vilken beskriver metoder för att insamling och analys av statistik över forskning och utvecklingsaktiviteter (OECD, 2015).

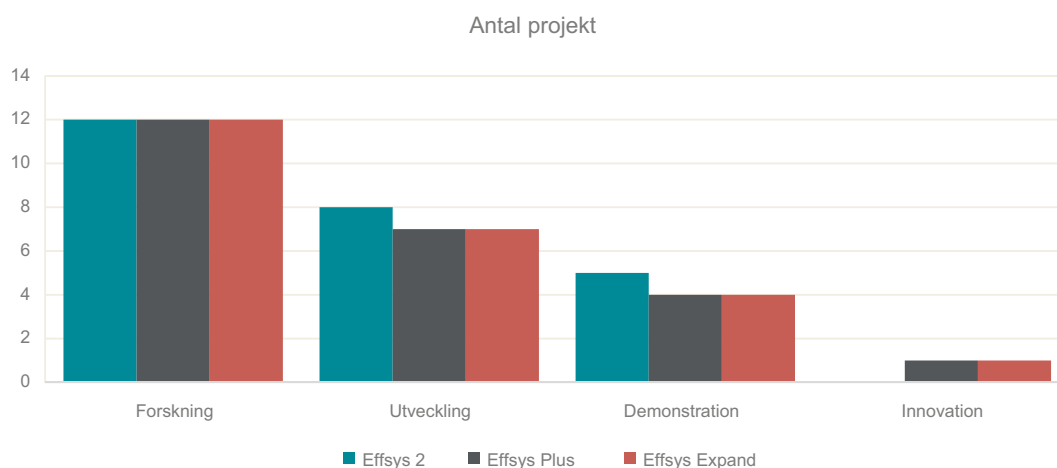
Frascati-manualen delar in och definierar forsknings- och utvecklingsaktiviteter i grundforskning (Basic research), tillämpad forskning (Applied research) samt experimentell utveckling (Experimental development). Vidare omnämns även innovation som ett bredare samlingsbegrepp som fokuserar på och tar upp hur nya produkter och tjänster kan marknadsintroduceras.

Med utgångspunkt i detta ramverk kan de fyra FUDI-kategorierna sammanfattas enligt nedan:

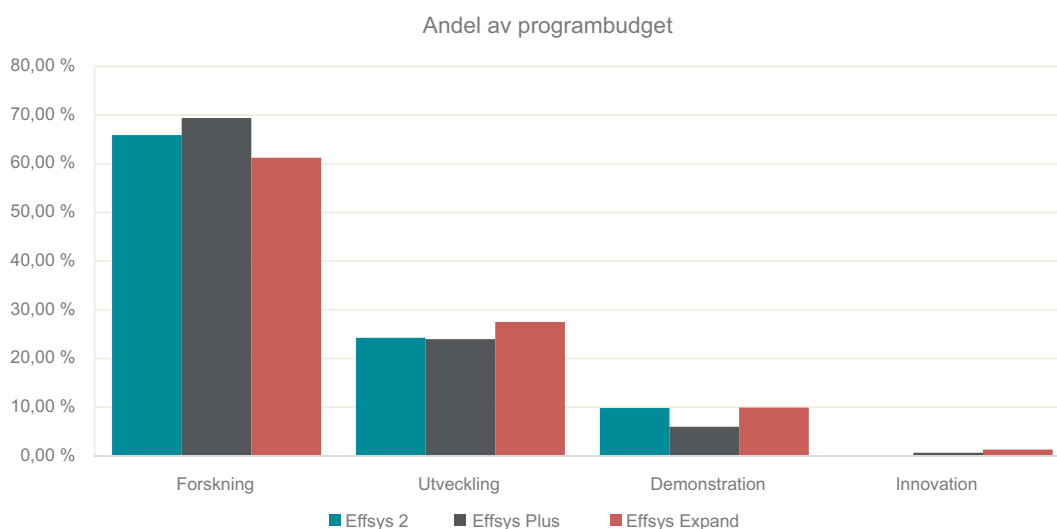
- **Forskning (F):** Grundforskning eller tillämpad forskning enligt Frascati-manualen. Allmänna resultat som avses kunna spridas brett. Ett typiskt forskningsprojekt inom Effsys är ett projekt som resulterar i en doktorsavhandling. I princip alla forskningsprojekt inom Effsys är att betrakta som tillämpad forskning, det vill säga har utförts med ett specifikt syfte.
- **Utveckling (U):** Experimentell utveckling enligt Frascati-manualen. Tidigare framtagen kunskap används för att vidareutveckla eller utveckla nya produkter eller tjänster.

- Demonstration (D): Demonstrationsprojekt av båda typer som beskrivs i Frascati-manualen. Tekniska demonstrationsinstallationer med prototyper i eller nära full skala samt utvärdering av potentialer för teknologier och lösningar.
- Innovation (I): Innovationsprojekt har, i enlighet med Frascati-manualen, en mer marknads- och affärsorienterad inriktning och tar till exempel fram nya affärsmodeller och metoder för att marknadsintroducera ny teknik.

Programmets projektportföljer har bedömts utifrån hur de kan placeras i innovationssystemet enligt uppdelningen forskning, utveckling, demonstration och innovation. Varje projekt har bedömts tillhöra någon av de ovanstående kategorierna men det ska påpekas att många projekt ligger mellan gränserna för två eller flera innovationskategorier, vilket försvårar bedömningen. I Figur 9 visas antalet projekt indelat efter inriktning för varje program. I Figur 10 visas samma indelning, men som andelar av respektive programs totala budget. Indelningen av projekten enligt Figur 9 och Figur 10 bekräftas även i den intervjustudie som utförts. Många industriaktörer uppger att projekten i stor utsträckning är av tillämpad natur, men oftast inte ger en direkt produktutveckling för ett medverkande företag.



Figur 9 Antal projekt per inriktning enligt uppdelningen FUDI.



Figur 10 Projektens inriktning som andel av respektive programs totala budget.

Samtliga program har haft en tyngdpunkt mot forskningsprojekt, vilket även har noterats av tidigare utvärderingar av respektive program. Det ska dock tilläggas att samtliga forskningsprojekt har varit av tillämpad natur och har ofta utförts i nära samarbeten med näringslivet. Ett exempel på ett sådant samarbete är projekten *EP13 Magnetokaloriska kyl- och värmepumpprocesser i vitvaror, värmepumpar och luftkonditioneringar* i Effsys Plus och *P01 Magnetokaloriska kylprocesser för konsumentprodukter* i Effsys Expand vilka har utförts som doktorandprojekt vid KTH med finansiering från Electrolux AB.

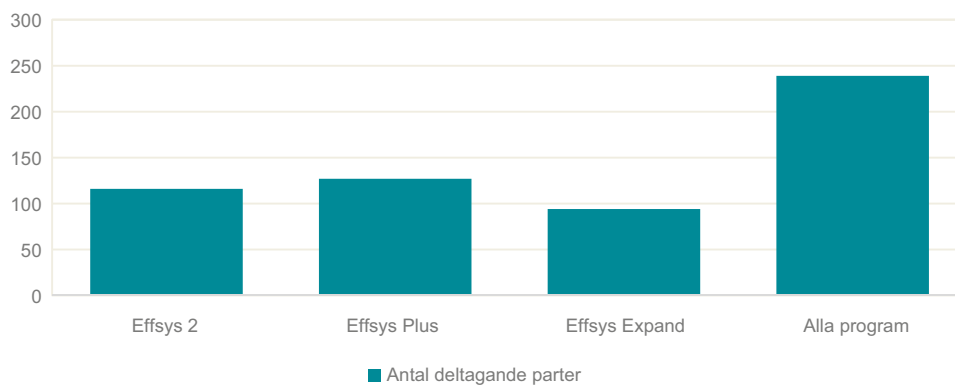
Akademi och institut projektleder, näringslivet motfinansierar

I de tre programmen har totalt 73 projekt utförts av 13 projektledande organisationer. Tabell 2 ger en översikt över fördelningen av projekt per organisation och program. KTH har projektlett störst andel projekt av organisationerna, 49 procent. RISE (Tidigare SP) har projektlett 22 procent av projekten och Chalmers Tekniska högskola 8 procent. Det är ytterst få projekt som projektleds av en aktör utanför akademien och institutssektorn.

Tabell 2 Antal projekt per projektledande organisation och program

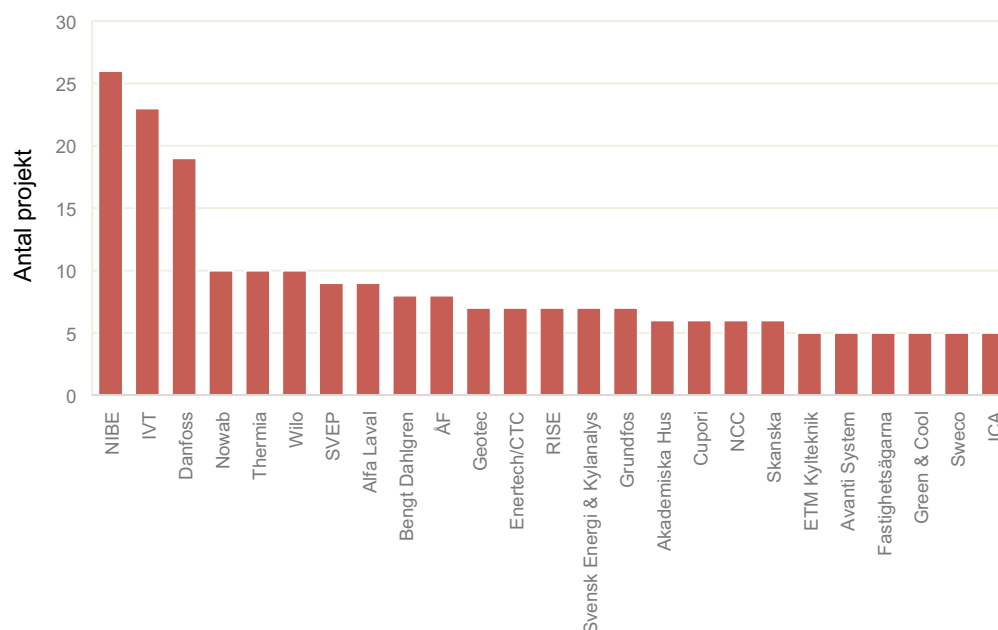
Projektledare	Program			Totalt
	Effsys 2	Effsys Plus	Effsys Expand	
KTH	12	12	12	36
RISE	6	4	6	16
Chalmers Tekniska Högskola	2	2	2	6
Svensk Energi & Kylanalys	2	2	1	5
CIT Energy Management		2		2
NCC			1	1
Klas Andersson Engineering			1	1
Profu			1	1
SIK		1		1
Lunds Tekniska Högskola	1			1
Thermia	1			1
Mittuniversitetet	1			1
Mälardalens högskola		1		1
Totalt	25	24	24	73

I de tre forskningsprogrammen har totalt 239 olika partners från näringsliv och forskning deltagit, se Figur 11. I varje program har omkring 100 parter varit delaktiga i olika utsträckning genom att bidra med tid, material, synpunkter, feedback och i somliga fall kontanta medel.



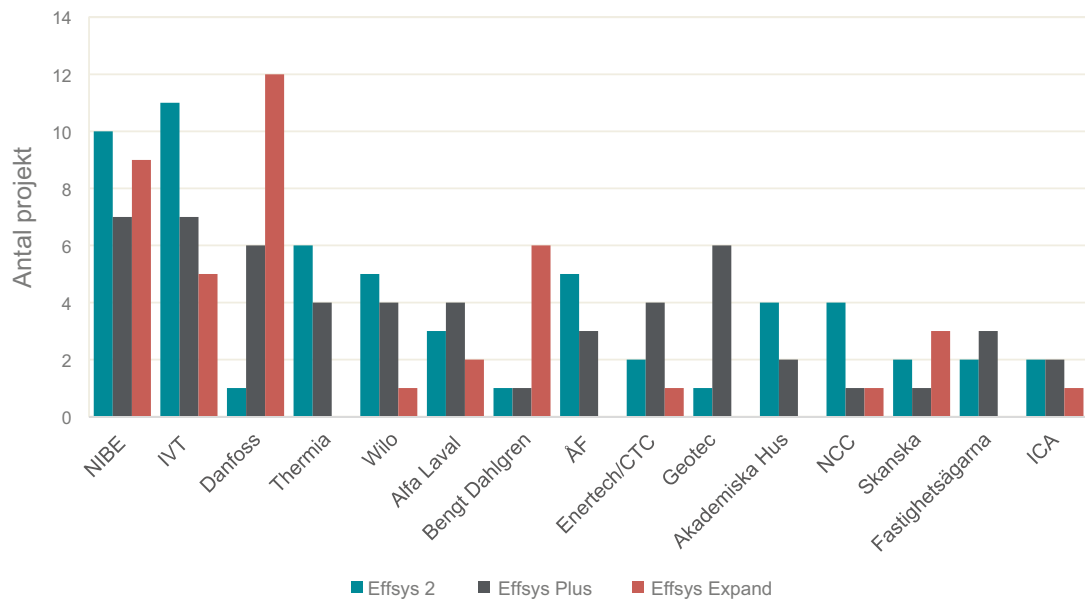
Figur 11 Antal deltagande parter per program. Stapeln "Alla program" visar det totala antalet unika parter.

En stor del av de deltagande parterna har varit delaktiga i alla tre forskningsprogram, vilket visar på den långsiktiga naturen av Effsys-programmen. Figur 12 visar de 25 företag som har deltagit i flest projekt genom samtliga för denna rapport aktuella Effsys-program. Den nära kopplingen till industrin blir tydlig då de största värmepumpstillverkarna på den svenska marknaden har varit delaktiga i flest projekt av alla aktörer. Förutom värmepumpstillverkare återfinns även fler aktörer i värmepumpars och kylmaskinernas värdekedja såsom komponentleverantörer, teknikkonsulter och projektörer samt slutanvändare.



Figur 12 De 25 företag som varit delaktiga i flest projekt under samtliga program.

Sett över tid har de mest deltagande företagen från näringslivet varit delaktiga i ungefär samma utsträckning i alla tre forskningsprogrammen. Bland teknikleverantörerna (Wilo, Alfa Laval) har deltagandet sjunkit något med tiden, vilket även gäller för företag som representerar kunder och användare (ICA, Fastighetsägarna). Figur 13 visar ett urval av hur deltagande företag har deltagit i de tre forskningsprogrammen.



Figur 13 Exempel på företag från näringslivets medverkan över tid i de tre programmen, notera att Danfoss och Thermia kan ses som en aktör.

Generell kunskapsuppbyggnad

Som ett led i att analysera vilka effekter som forskningsprogrammen haft undersöks här även vilka leveranser som projekten gett, eller syftat till att ge, upphov till. För att göra detta har varje projekts leveranser bedömts och indelats i någon av kategorierna *kunskapsuppbyggnad*, *metodutveckling*, *processutveckling*, *informationsspridning* och *komponentutveckling*. De olika typerna av kategorier beskrivs kortfattat i faktarutan nedan. Återigen är det viktigt att poängtera att projekten ofta kan delas in i flera av dessa kategorier samtidigt. Ofta har större forskningsprojekt i denna bedömning blivit indelade som kunskapsuppbyggande, men de har i många fall också resulterat i någon eller flera av de andra typerna av leveranser.

Olika typer av leveranser i Effsys-programmens projekt

Kunskapsuppbyggnad: Forsknings- och utvecklingsprojekt utan en specifik produkt eller tjänst som resultat. Projektet i sig kan dock ha varit av tillämpad natur, med syfte att höja kunskapen och kompetensen i branschen. Projekten utmynnar ofta i akademiska leveranser (doktors/licentiatavhandlingar). Även inkluderat i denna kategori är utredningar av konsekvenser av ändringar eller utredningar av olika framtidsscenarier.

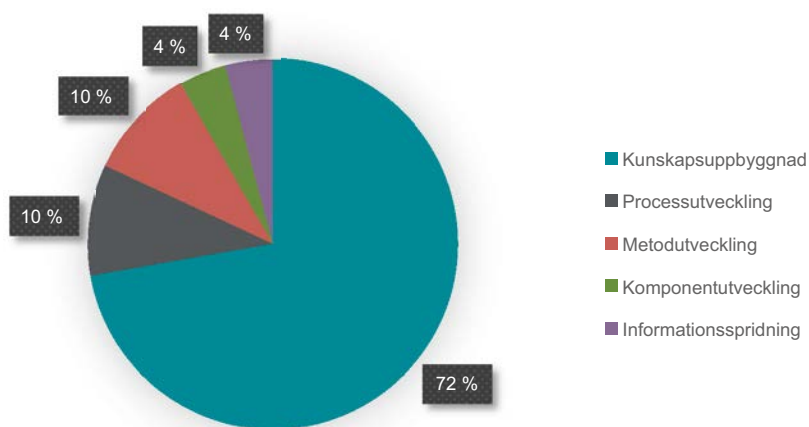
Processutveckling: Projekt med avsikt att utveckla/förbättra kyl/värme/lagringsprocesser i sin helhet. Exempelvis systemoptimering, införande av nya komponenter. Miljö kvalitetsmål

Metodutveckling: Projekt som avser att ta fram/utveckla/utvärdera beräkningsmetoder, provningsmetoder, standarder.

Komponentutveckling: Projekt med fokus på att förbättra konstruktionen eller utförandet av en specifik komponent, exempelvis värmepump, styrning.

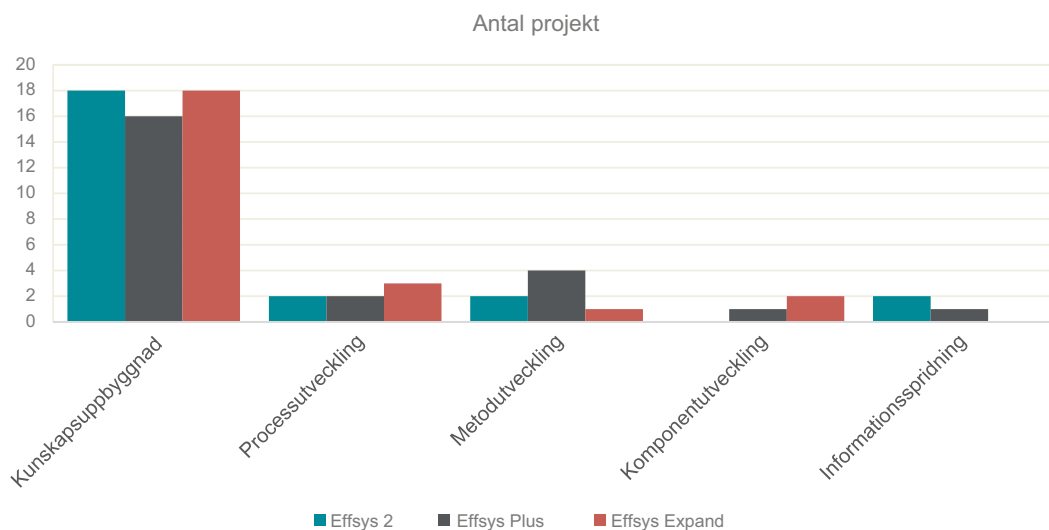
Informationsspridning: Projekt som har haft som syfte att sammanställa information, samla branschkunskap och kommunicera den genom olika media.

För samtliga tre program indelades projekten enligt Figur 14. En majoritet av programmens projekt har haft kunskapsuppbyggnad som huvudsaklig leverans. Detta stämmer överens med projektens indelning enligt FUDI i tidigare avsnitt, där forsknings- och utvecklingsprojekten utgjorde en majoritet av projekten.

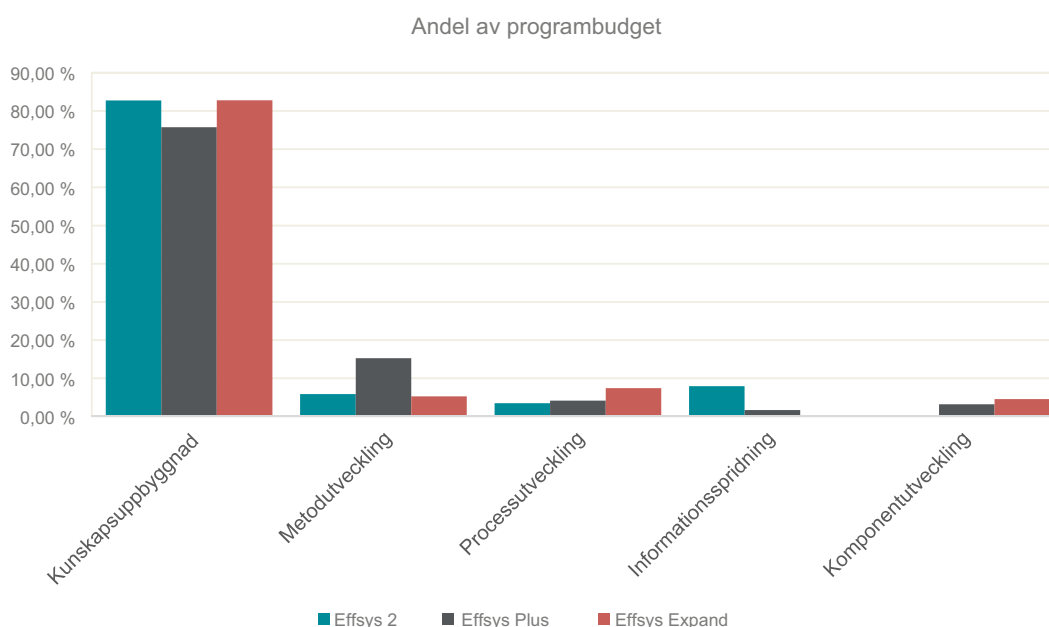


Figur 14 Leveranser från projekten i alla tre program, baserat på antal projekt.

Fördelningen av leveranser per projekt redovisas i Figur 15 och som andel av respektive programs totala budget i Figur 16.



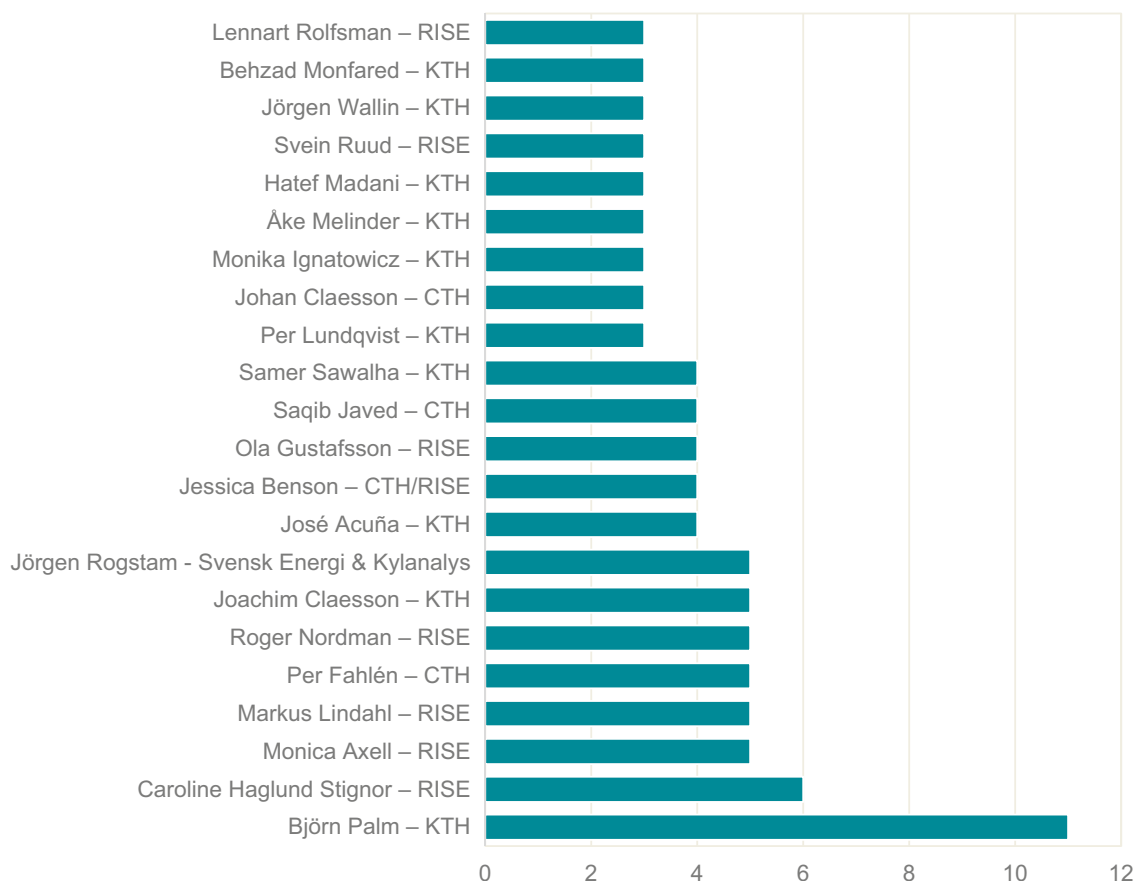
Figur 15 Projektens leveranser per program, baserat på antal projekt.



Figur 16 Projektens leveranser per program, baserat på respektive programs totala budget.

Uppbyggnad av en kompetenspool av forskare inom området

Ett stort antal utförare har medverkat i ett flertal projekt inom Effsys-programmen. 10 utförare har deltagit i projekt i samtliga tre Effsys-program som tas upp i denna effektanalys. I hälften av dessa fall har utföraren startat sin yrkeskarriär inom värmepump- och kylteknikbranschen som doktorand i Effsys 2 för att i Effsys Expand ha en roll som senior forskare och handleda egna doktorander. Figur 17 nedan sammanställer de utförande personer som har deltagit i totalt tre eller fler projekt inom alla tre program. Denna lista har bland annat använts för att identifiera personer att inkludera i intervjustudien i denna rapport. Sammanlagt har 190 utförare deltagit i samtliga projekt under programmen.



Figur 17 Projektutförare som deltagit i minst tre projekt under samtliga program.

Bland de 22 projektutförare som listats i Figur 17 har 9 personer fått sin doktorandutbildning finansierad genom Effsys eller tidigare forskningsprogram. Övriga utförare var seniora forskare redan innan Effsys startade eller saknar forskarutbildning. Bland de 9 doktorer som examinerats är 6 personer i dagsläget verksamma som forskare vid svenska lärosäten, en är verksam inom industrin och tre andra personer är verksamma som rådgivare eller konsulter för industrin, parallellt med sitt arbete vid lärosätet.

Programmen har sammantaget bidragit till att upprätthålla och bygga upp en kompetenspool av forskare inom olika relevanta områden. Dessa har förmåga och kunskap för att formulera för branschen relevanta forskningsfrågor, fylla kunskapsluckor och samarbeta med branschen i forsknings- och utvecklingsprojekt.

Sammanfattning av portföljanalys

Effsysprogrammen har samlat ett stort antal aktörer från industri, forskningsinstitut och akademi under en lång tidsperiod. Projekten har engagerat stora delar av värdekedjan för kyl- och värmepumpsbranschen och bör ha gett upphov till samverkan inom branschen. Projekten som har utförts har ofta haft en långsiktig horisont, där projektutförare och projektdeltagare har återkommit, ofta i samtliga program som har studerats här. Exempelvis har flera projektutförare inom akademien gått från att vara doktorand i det första Effsysprogrammet för att sedan ha en roll som senior forskare i det senaste programmet.

Projektet har varit av tillämpad natur, även om det ofta inte har utvecklats en färdig produkt i projektet. Projektets leveranser består ofta av generell kunskapsuppbyggnad som kan komma hela branschen till gagn, vilket också har varit programmets mål. Det ska poängteras att en uppdelning av forskningsprojekt i kategorier ofta är svårt och ett projekt kan delas in i flera kategorier samtidigt, men en överblick av projektet kan sägas ha gett resultat i form av generell kunskapsuppbyggnad och kompetenshöjning.

Programmen har också bidragit till att bygga upp och upprätthålla en kompetenspool med forskare inom området.

Branschaktörernas syn på forskningsprogrammets betydelse

Från intervjustudiens resultat kan vissa effekter identifieras direkt, vilka redovisas i detta avsnitt. Redovisningen och resonemangen bygger, om inget annat specifikt anges, på den samlade bild som målats upp av intervjupersonerna. Eventuella specifika kommentarer eller åsikter som tas upp redovisas uttryckligen i texten.

Kunskapsutveckling i branschen som helhet

Den samlade bilden från intervjustudien är att Effsysprogrammen inneburit att kyl- och värmepumpbranschen har kunnat öka sin gemensamma kunskap kring frågor som i många fall har varit viktiga för branschen som helhet. Kombinationen av systemperspektiv och fokus på specifika komponenter och teknologier förefaller ha varit framgångsrik. Projektet har utvecklat kunskap kring hur hela systemet för kyla och uppvärmning kan utformas effektivt, samt hur vissa komponenter kan optimeras. Därutöver har programmen bidragit till en kompetensförsörjning till branschen genom att utbilda doktorander, forskare och studenter. Nedan beskrivs de lärandeffekter från Effsysprogrammen som har identifierats genom intervjustudien mer detaljerat.

Programmen innebär lärande för branschen som helhet

Genom intervjustudien har flera kunskaps- och lärandeffekter kunnat identifieras, dels på en övergripande, generell nivå för branschen som helhet men även i form av kunskapslyft kring specifika metoder, tekniker och system. I stort sett samtliga intervjupersoner tar upp att forskningen i Effsys-programmen har bidragit till *branschens gemensamma utveckling av kunskap, kompetenser och teknik*. Förutom att höja kompetensen och kunskapen i branschen som helhet ser intervjupersonerna också att den interna kunskapsnivån i företaget har lyfts genom att resultat från forskningsprogrammen har spridits och diskuterats.

Programmen ökar kunskapen på systemnivå

En viktig lärandeffekt från forskningsprogrammen är att projektet samlar stora delar av värdekedjan för värmepumps- och kyltekniker. Representanter från tillverkande företag påpekar att i projektet får de ofta möjlighet att arbeta med ett större övergripande system än vad de i vanliga fall gör. I och med att de får ett utbyte med exempelvis pumpleverantörer får värmepumpstillverkare en bredare kunskapsbas kring hur deras produkter fungerar i samspel med andra tekniker och system. Ett annat konkret exempel som tas upp av representanter från värmepumpstillverkare är att genom programmen har deras kunskap kring geoenergilösningar ökat markant. Utformningen av borrhål ligger till exempel inte bland värmepumpstillverkarnas huvudkompetenser, men genom att delta i samverkans-

projekt genom Effsys har de fått ett kunskapsutbyte som har lett till en ökad förståelse kring hur deras värmepumpar fungerar och presterar i verkligheten. En intervjuperson uttrycker det:

”Vi är en värmepumpstillverkare, men vi vill även ha kunskap om hur systemet där vår värmepump är installerad fungerar i sin helhet”

Även om ingen intervjuperson har kunnat sätta fingret på hur en sådan lärandeeffekt har lett till en särskild produkts utformning, så anser de flesta värmepumpstillverkare att den övergripande kunskapshöjningen kring systemet har lett till att man utvecklar värmepumparna med den slutgiltiga installationens energieffektivitet i åtanke.

Även på området kylteknik ses exempel på lärandeeffekter för hur installationer utformas och används på ett resurseffektivt sätt. Flera projekt inom livsmedelskyla har fokuserat på hur energisystemet som helhet utformas och används på bästa sätt i samverkan med hårdvaruleverantörer, projektörer, forskare och slutanvändare. För slutanvändaren har programmet inneburit att man har kunnat öka sin kunskap kring vad som är det i dagsläget teoretiskt bästa systemet i utbytet med forskare. Detta har sedan kunnat diskuteras med projektörer och hårdvaruinstallatörer vilket har ökat kunnandet kring praktiska omständigheter för tekniken och har gett vägledning för hur energisystemet i livsmedelsbutiker ska utformas.

I samma projekt får hårdvaruleverantörer och installatörer kunskap kring hur systemet kan utformas som helhet och vad det innebär för deras egna produkter och det ges möjlighet att utvärdera och följa upp sina produkter i verkliga miljöer. En tillverkare och leverantör av cirkulationspumpar uttrycker det:

”Utformningen av decentraliserade pumpsystem för livsmedelskyla påverkar våra produkter mycket, projektet som undersökte hur detta skulle se ut följde vi med stort intresse”.

En annan projektdeltagare inom kylteknik i Effsysprogrammen menar att programmen är en stor källa till kompetenshöjning inom det egna företaget, vilket arbetar med övergripande utformning av industriella kylsystem: *”Vår djupa tekniska kunskap kommer ju i viss del från att medverka i sådana här forskningsprojekt”.* Framförallt påpekar man att kompetensen kring att använda koldioxid som köldmedium har höjts markant genom forskningen i Effsysprogrammen. Även slutanvändare av livsmedelskyla lyfter faktumet att det i Sverige finns hög kompetens kring koldioxidkyla genom att dess potential undersöktes i ett tidigt skede genom Effsys. Samma projektdeltagare uttrycker vidare att i just exemplet livsmedelskyla med koldioxid som köldmedium har kunskapsuppbyggnaden och kompetenshöjningen kring sådana system höjts för hela livsmedelsbranschen, inte endast bland de aktörer som deltog i programmet. Resten av branschen kunde ta del av kunskapen och teknikerna och systemen implementerades brett.

Ökad kunskap kring fältmätning, teknikutvärdering, geoenergi och alternativa köldmedier

Bland värmepumpstillverkare och projektörer går det genom intervjustudien identifiera att Effsysprogrammen har bidragit till en ökad kunskap kring hur installerade anläggningar presterar i verkligheten i och med att många projekt har gjort breda undersökningar av installerade värmepumpar och kylsystem för exempelvis livsmedelskyla. Värmepumpstillverkarna menar att arbetet med fältmätningar i programmen har gett

mycket värdefull kunskap, inte minst kring hur själva fältmätningarna ska utföras och analyseras. En värmepumpstillverkare trycker på en viktig effekt från Effsysprogrammen:

”Vid fältmätning gäller det ju att förstå hur produkterna fungerar, vi gör egna mätningar men får ett större statistiskt material i forskningsprojekten”.

På liknande sätt beskriver en projektdeltagare situationen i kylbranschen:

”Det har utvecklats unik kunskap om fältmätning av CO₂-system från programmen. Jag ser ingen annan i branschen som jobbar på det sättet, förutom de som deltagit i Effsysprogrammen”.

Kunskapen från fältmätningarna gör att produkter och system kan anpassas efter verkligheten och ytterligare effektiviseras, även om det är svårt för de tillfrågade intervjupersonerna att kvantifiera exakt hur stor effekten från forskningsprogrammen har varit i det avseendet.

Samtliga värmepumpstillverkare som deltagit i Effsysprogrammen tar upp att geoenergi är ett område där de har sett stora lärandeffekter genom programmen. Utformningen av borrhål och borrhålsvärmväxlare ligger generellt sett utanför värmepumpstillverkarnas kompetensområde och genom att medverka och ta del av resultat i projekt som sammankopplar tillverkarna med aktörer inom geoenergi ökar värmepumpstillverkarnas kunskap om denna närliggande teknik. I det långa loppet tror intervjupersonerna bland värmepumpstillverkarna att denna kunskap påverkar och förbättrar deras egna produkter. Bland aktörerna inom geoenergi tas en del lärandeffekter upp i form av att ett flertal beräkningsprogram och riktlinjer för utformning av borrhål baserat på rigorösa mätningar har utvecklats i Effsysprogrammen. Generellt sett har den teoretiska kunskapsbasen kring borrhålsutformning höjts i stor utsträckning genom programmen, vilket har gett effekter även hos praktiker i branschen. En intervjuperson uttrycker att geoenergimarknaden tidigare har präglats av en viss uppdelning mellan teori och praktik, borrentreprenörer har haft begränsad kunskap kring fenomen som påverkar värmeöverföringen i borrhålen. Genom forskningsprogrammen har gapet till viss del överbryggats och branschens kompetens har höjts genom de tidigare nämnda beräkningsprogrammen och riktlinjerna, men även från det direkta utbytet som har skett mellan teoretiker och praktiker i projekten. En intervjuperson sammanfattade det hela med orden:

”Generellt sett har Sverige mycket hög kompetens när det gäller värmepumpar och speciellt när det kommer till geoenergi, jag tror att forskningsprogrammen är en del av förklaringen till det.”

Ytterligare ett område där flera intervjupersoner bedömer att Effsysprogrammen har bidragit till kunskapshöjningar inom enskilda företag och branschen som helhet är då alternativa köldmedier har studerats i programmens projekt. Ett tydligt exempel på detta sammanfattas av en intervjuperson:

”Generellt sett så tror jag att programmen har bidragit till att vi i Sverige har hög kompetens på just området CO₂-kyla, det har lagts mycket vikt vid utvecklingen av sådana system inom programmen över åren”.

Speciellt när det gäller livsmedelskyla med koldioxid som köldmedium påpekar intervjupersoner att Effsysprogrammen har lett till ökad kunskap som till exempel används i slutanvändares kravspecifikationer vid systemutformningar. Även för värmepumpar har forskningen lett till att kunskapen kring potentialer, fördelar och nackdelar med olika

naturliga köldmedier har ökat och kunskapen formar i olika utsträckning de tillverkande företagens egna utvecklingsstrategier. Att jämförelser av köldmedier görs genom ett oberoende forskningsprogram bidrar till att kunskapen i hela branschen höjs mer effektivt än om arbetet hade utförts av varje tillverkare separat. Speciellt anser en intervju-person att detta var fallet då koldioxidsystem för livsmedelskyla började undersökas i Effsysprogrammen.

Utbildning av forskare och studenter ger underlag till branschens kompetensförsörjning

En direkt effekt av forskningsprogrammen är att akademien – framförallt KTH, men också Chalmers – har kunnat utbilda personer upp till doktorsnivå. Vilket även bidragit till att kunna hålla igång grundutbildning för studenter. Projekten har sammantaget genererat en stor mängd doktorsexamina (21 stycken enligt uppgifter i programutvärderingarna) inom området värmepumpar, kylanläggningar, kylskåp, nya köldmedier, miljöpåverkan, värmeöverföring, värmeväxlare, byggnaders energisystem, styr- och reglerfrågor kopplade till värmepumpar och energisystemet, energilagring etc. Allt detta hade inte varit möjligt utan forskningsprogrammen.

Kontinuiteten i programmen och därmed kunskapsutvecklingen över tid innebär att det utbildats nya generationer av kompetenta forskare och nyckelpersoner som kunnat och kommer att kunna leda utvecklingen inom den svenska värmepumpbranschen forskningsmässigt.

Kompetensförsörjningen är en viktig fråga för branschen, då det är viktigt med personal som har rätt kunskap för att driva utvecklingsfrågor. Ett stort antal av de studenter som utbildats på KTH och Chalmers finns nu inom näringslivet, som utvecklare, ledare och chefer etc. Både hos tillverkare, teknik- och konsultbolag. Detta är helt centralt för att den svenska industrin kunnat vara internationellt framgångsrik och konkurrenskraftig. Flera svenska bolag har blivit uppköpta av större utländska företag, men tillverkning och produktutveckling har stannat kvar i Sverige.

Många intervjuade representanter från industrin lyfter den långsiktiga uppbyggnaden av kompetens som en viktig effekt. Dock har vi få exempel på att programmen direkt har lett till exempelvis anställningar av projektdeltagare. Vissa värmepumpstillverkare pekar på att forskningsprogrammen har en marknadsförande effekt som på lång sikt ger kompetensförsörjning till branschen genom att till exempel öka intresset bland studenter för värmepumpande tekniker.

Forskare får kunskap om industrins och branschens konkreta utmaningar

En viktig effekt av programmen som lyfts av företrädare för akademien är att forskare genom projekten får träning på riktiga produkter i verkliga miljöer. Forskarna får därmed en inblick i hur produkterna fungerar i praktiken och i system med andra produkter och tekniker. Genom samverkan i projekten får forskarna samtidigt en inblick i vad som är industrins aktuella utmaningar. Det ger underlag för nya projektidéer och forskningsfrågor som bidrar till industrins behov.

Forskarna lyfter fram att näringslivets roll i projekten är viktig. Företagen ställer krav på forskarna att producera resultat längre upp på TRL-skalan. Det finns också ett lärande för forskarna i att inte bara arbeta med teoretiska modeller utan pröva sina kunskaper i riktiga

system, med riktiga produkter och utrustning. Forskaren får träning på befintliga värmepumpar och produkter under utveckling, hur data överförs mellan olika anläggningar, hur det fungerar i praktiken i olika system etc.

Programmen fungerar som en omvärldsbevakning för aktörer i branschen

Intervjustudien har även visat att forskningsprogrammen genom dels sina projektmöten och dels genom resultatseminarier som exempelvis Effsysdagarna, har en funktion som omvärldsbevakning för många näringslivsaktörer. Bland annat genom utbytet med lärosätena får näringslivet insikt i var teknikfronten ligger nationellt och internationellt, vilket hjälper till att flytta fram den gemensamma kunskapsbasen i branschen. En intervju-person uttrycker det som:

”Det ökar vårt kunnande om teknik och teknikutveckling. Programmen ger ett stort nätverk och mycket input utifrån. Vi traskar inte bara runt i vår egen värld utan ökar kunskap om teknik och olika områden. Det kanske inte har lett till någon ny särskild produkt, det handlar mer om att det allmänna kunnandet om produkten har ökat och det hjälper oss i vår produktutveckling”.

Forskare och projektutförare i Effsys-programmen har lättare att göra bredare undersökningar och samla information kring tekniker från flera tillverkare och aktörer än vad enskilda företag kan göra. Därmed sprids kunskap kring de bästa möjliga lösningarna till hela branschen.

Ny kunskap och data ger viktig vägledning för branschen

Vägledningseffekter innebär exempelvis verifiering av metoder, tekniker, prestanda etc. Där forskningsprojekten ger vägledning om vilka tekniker som är mest intressanta eller lovande, belysa vad olika alternativ och vägval kan betyda etc.

Projekten ger i många fall viktig vägledning för branschen

En viktig funktion som programmen haft är att skapa tydlighet och klargöra frågor som det funnits oenighet kring i branschen. Forskning som har utvärderat och ställt tekniker mot varandra i samband med nya regler eller förordningar har hjälpt branschen att kunna fatta beslut med bra underlag. Vidare har forskningsresultat bidragit till att ibland påvisa fördelar med värmepumpsteknik i den allmänna debatten och i policyutveckling. För tillverkande företag har forskningsprogrammen i vissa fall kunnat bidra till att forma långsiktiga utvecklingsstrategier genom att tekniker har utvärderats vid ett tidigt stadie.

Att forskningsprogrammen är branschsamlande ses av många intervjupersoner som en mycket viktig faktor som i förlängningen ger vägledningseffekter. Den heterogena samslingen aktörer ger en viss legitimitet till forskningen som sådan och att en statlig myndighet står för en stor del av finansieringen ökar på denna legitimitet. Effsysprogrammen innefattar ofta analyser och utredningar kring hur en viss teknik presterar i verkligheten, eller hur teknikerna påverkar energisystemet i stort. Flera intervjuade värmepumpstillverkare tar upp att sådana utredningar ger ett viktigt underlag vid inlägg i debatten kring exempelvis byggregler och elsystemets utformning. Själva inläggen i debatten görs ofta genom branschorganisationen SKVP. Branschorganisationen tar i sin tur upp att exempel-

vis resultat från de båda utredningar⁶ som utformades inom Effsysprogrammen kring hur värmepumpar påverkar effektuttaget i elsystemet har använts som argument ibland annat diskussioner kring utformningen av boverkets byggregler. En värmepumptillverkare anser även att samma utredningar kring effektproblematik ledde till att dimensioneringen av värmepumpinstallationer ändrades och att utvecklingen av kapacitetsreglerade värmepumpar startades tidigare.

Ökad legitimitet för tekniken

Förutom att ge kunskap och resultat som är användbara i diskussioner på en övergripande nivå så har forskningsprogrammen en viktig roll som oberoende, objektiv instans för verifiering, utvärdering och jämförelse av olika tekniker, lösningar och tillvägagångssätt. En intervjuperson påpekar att industrin generellt sett inte utför uppföljande analyser av sina produkter och lösningar ute i fält och då ger forskningsprogrammen värdefull information i stället. Återigen är koldioxidkyla i livsmedelsbutiker ett tydligt exempel på hur forskningsprogrammen har bidragit till att ge riktlinjer till branschen om huruvida en viss teknik har potential eller ej. Genom att koldioxidkyla undersöktes i Effsys gavs tekniken legitimitet och vidareutvecklingen av den startade på allvar. Intervjupersoner på företag som arbetar som projektörer eller systemkonstruktörer belyser också att forskningsprogrammen är viktiga för att kunna peka på att nya tekniker och lösningar faktiskt fungerar och är effektiva. Utvärdering av teknik och lösningar i i ett oberoende forskningsprogram bidrar med en kvalitetsstämpel, som gör det lättare för olika aktörer att argumentera för nya och innovativa lösningar.

Intervjuerna visar även att resultat från forskning inom programmen använts i internationella sammanhang och policypåverkan där man kan peka på oberoende resultat med svenska data som visar på värmepumparnas faktiska effektivitet. Det kan handla om diskussioner kring regelutformning på EU-nivå för branschorganisationen eller Energimyndigheten. Men även i försäljningssammanhang för värmepumpstillverkare. Situationen sammanfattas väl av en intervjuperson:

”Det är uppenbart att forskningsprogrammen har haft en legitimerande funktion, även historiskt! Från början gällde det att verifiera så basala funktioner som att värmepumpar hade ett COP på 4 och vad det innebär till exempel. Den diskussionen få man ta idag i länder med mindre utvecklade värmepumpmarknader. Det har varit väldigt viktigt att man har fått en stämpel från myndigheter i att tekniken faktiskt fungerar.”

Programmen har även en vägledande funktion speciellt för slutanvändare av värmepump- och kylteknik. I många fall saknar slutanvändare egen kompetens kring teknikerna och har ingen möjlighet att själva utvärdera vilka lösningar som egentligen fungerar bäst. Vissa slutanvändare känner sig då utelämnade till att lyssna på leverantörer som möjligen har ett egenintresse i att rekommendera en särskild teknik eller lösning. Genom forskningsprogrammen fås en oberoende utvärdering som slutanvändarna kan basera sina beslut på.

⁶ Effsys 2: P23 Värmepumparnas betydelse för topeffekter i elsystemet och Effsys Expand: P25 Värmepumpars påverkan på effektbalansen idag och i framtiden

En ytterligare viktig vägledande effekt från forskningsprogrammen kan observeras i utformningen av tillverkande företags utvecklingsstrategier. Ett exempel återfinns i den forskning kring magnetokaloriska processer som undersöktes av Electrolux tillsammans med KTH, där tidiga indikationer från forskningen i Effsys kunde arbetas in i och påverka den långsiktiga forsknings- och utvecklingsstrategin. I just det här fallet var indikationerna att tekniken inte lämpade sig för Electrolux applikationer och tid, resurser och pengar kunde i stället satsas på andra tekniker som exempelvis ökad energieffektivitet i befintliga produkter. För värmepumpstillverkare finns liknande exempel där solvärmelösningar kopplade till värmepumpar tidigt utvärderades. Utvärderingen indikerade att sådana installationer för tillfället inte innebar lönsamma investeringar och utvecklingen har styrts bort från detta i viss mån. Man tar även upp att resultat från Effsys gällande brännbara köldmedier har påverkat inriktningen av utvecklingsarbetet på ett företag. En värmepumpstillverkare menar att:

”Genom programmen har svenska tillverkare fått möjlighet att utforska nya tekniklösningar på ett tidigt stadie och fått indikationer på vad som kan fungera och inte, det har varit nyttigt”

Underlag för standardisering och utformning av regelverk

Effsysprogrammen har enligt en del intervjupersoner en viktig funktion i att samla och likrikta branschen i vissa frågor. Mycket av arbetet med att utveckla standarder sker i andra sammanhang än Effsysprogrammen, men i vissa fall har resultat från programmen använts i det arbetet. Speciellt tar värmepumpstillverkare upp att Effsysprogrammen har inkluderat många projekt där fältmätningar på verkliga installationer har utförts, vilket har gett underlag för testmetoder och standardiseringsarbete gällande årsvärmefaktorer och bullerkrav. För värmepumpar gäller bullerkrav enligt EN12102, vilka är under ändring och utveckling under tiden denna rapport skrivs. En intervjuperson diskuterar utformningen av dessa på EU-nivå och använder då vissa data från forskning i Effsys i processen.

Ett exempel på hur resultat från projekt inom Effsys har påverkat utformningen av regelverk och direktiv står att finna i underlag till förnybartdirektivet⁷. I ett kommissionsbeslut⁸ som fastställer riktlinjer för hur mängden förnybar energi som värmepumpar bidrar med refereras det till systemavgränsningar som togs fram i Effsys 2 projektet *P9: Beräkningsmetoder för årsvärmefaktor för värmepumpsystem för jämförelse, systemval och dimensionering*.

Effsysprogrammen har genererat stora mängder data och kunskap om värmepumpande tekniker och kyla. Detta har haft betydelse för svenska aktörers – Energimyndigheten, branschorganisation och industri – förmåga att påverka i processen med att ta fram Ekodesigndirektivet. Varje förordning inom Ekodesigndirektivet samt revideringar av Ekodesignskraven föranleds av djupgående förstudier. Förstudierna följer en definierad metodik där miljöaspekter analyseras samt energianvändning i användningsfasen. Förstudier görs utifrån dagens kunskap och där spelar forskning om värmepumpars prestanda och effektivitet en viktig roll. Forskningen kan bidra till att visualisera morgondagens ekodesignkrav. I intervjustudien framhålls att Effsysprogrammen bidragit till ökad kunskap och teknikutveckling inom värmepumpmarknaden. Detta har blivit ingångsvärden för de analyser som görs inom ramen för förstudierna. Programmen har

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:02013D0114-20130306>

således indirekt bidragit till att driva på att kraven för ekodesign kontinuerligt ökar. De framtagna förstudierna ligger sedan till grund för efterföljande förhandlingar. Där går bland annat industrins krav in, men även andra aspekter tas upp. I intervjustudien lyfts att i dessa processer har Effsysprogrammen haft en betydelse för svenska aktörers djupa kunskap om teknik och produkter samt tillgång till egna data från svenska förhållanden.

Det är svårt att härleda specifika resultat från projekt till konkret utformning av ekodesigndirektivet, även om det finns exempel. Ett projekt som exempelvis *P06: Vidareutveckling av värmepumpssystem för Nära-Noll-Energi-hus* i Effsys Expand på längre sikt påverka utformningen av kommande ekodesignkrav. Projektet har exempelvis utvärderat hur verkliga driftfall för värmepumpar som inte kravsätts explicit i direktivet (genom standard EN14825) uppfyller krav på temperaturnivåer och prestanda för värmepumpen då den används för att producera tappvarmvatten och rumsvärme samtidigt. En annan värmepumpstillverkare har beskrivit hur resultat från ett projekt inom Effsys används för att påverka hur berg- och markvärmepumpar ska testas för att uppfylla krav i förnybartdirektivet.

För den allmänna debatten som förs av till exempel branschorganisationen SKVP kommer ibland Effsysprogrammets resultat till nytta. Bland annat tar SKVP upp att utredningen inom Effsysprogrammen kring hur värmepumpar påverkar effektuttaget i elsystemet har använts som argument i bland annat diskussioner kring utformningen av Boverkets byggregler. En värmepumpstillverkare anser även att samma utredningar kring effektproblematik ledde till att dimensioneringen av värmepumpinstallationer ändrades och att utvecklingen av kapacitetsreglerade värmepumpar startades tidigare.

När det kommer till standardiseringar och provmetoder går det att finna några exempel på hur projekt inom Effsys direkt används vid utformning och ändringar. Ett av de mer tydliga exemplen är standarden för mätning av buller, EN12102, vilken utvärderades för olika typer av värmepumpar i ett Effsys-projekt, *P17: Metodutveckling – utvärdering av buller från värmepumpar*, och föreslog en förbättrad mät- och provmetod samt indikatorer för konsumenter. En värmepumpstillverkare som deltog i intervjustudien tog upp att resultaten från detta projekt nu användes i diskussioner kring standardens uppdateringar.

Utveckling av breda nätverk och långsiktiga relationer

Bland de effekter som forskningsprogrammen har haft så är nätverkseffekter – dvs uppbyggnad av kontakter, relationer, förtroende mellan aktörer – de som intervjustudien med störst tydlighet har kunnat visa på. Samtliga intervjupersoner lyfter att nätverkande, samarbete och möjligheten att knyta nya kontakter inom branschen är bland de viktigaste funktionerna som Effsysprogrammen har haft. Forskningsprogrammen fungerar som kontaktytor mellan aktörer i branschen och blir en plattform för kunskapsutbyte och kunskapsspridning som i sin tur ger de lärandeffekter som har redogjorts för tidigare. Det är svårt att bygga den typen av plattform inom ramen för exempelvis en branschorganisation och forskningsprogrammen utgör alltså ett viktigt komplement till det arbete som branschorganisationen gör. Att flera aktörer samlas kring konkreta projekt med gemensamma problemställningar utgör en katalysator för samarbete och gemensam utveckling och erbjuder en friare samarbetsyta än i andra sammanhang. Programmen ger också branschen möjlighet att diskutera mer detaljerade och tekniska frågor på ett meningsfullt sätt.

Effsys uppfattas som en neutral och effektiv plattform för samverkan

Forskningsprogrammen har varit en viktig källa till samarbete för branschen i stort och framför allt för samarbete mellan industri och akademi. Många intervjupersoner tar upp att själva faktumet att man inom forskningsprogrammen samverkar är kompetenshöjande för den egna organisationen och branschen som helhet. Tillsammans med branschorganisationens arbete utgör programmen en viktig del av branschens infrastruktur, som en intervjuperson uttrycker det. Genom forskningen i programmen ges möjligheter till ett mer naturligt möte mellan aktörer i värdekedjan och kontaktytor som inte hade uppstått annars skapas. I och med att många projekt har involverat representanter från hela värdekedjan vid exempelvis en värmepumpinstallation så har samverkans effekterna bidragit till ett kunskapsutbyte från båda ändar av kedjan. Forskare vid institut och akademi har kunnat dela sina resultat med hantverkare som utför installationer och har samtidigt kunnat forma sitt arbete till att i högre grad återspegla verkligheten. Ett exempel på detta återfinns i de många projekt inom Effsys som har behandlat utformningen av borrhål för bergvärmepumpar. En intervjuperson sammanfattar:

”Arbetsgrupperna som man sitter med i ger väldigt bra kontaktytor och nya relationer som i slutändan byggs upp till viktiga nätverk. Bara att sitta med i arbetsgrupper är självklart kompetenshöjande för oss men det viktigaste är nog ändå att vi får ett bra nätverk inom hela kedjan för teknikerna”.

Utan forskningsprogrammen anser flera intervjupersoner att liknande samarbeten mellan akademi och industri inte hade uppstått. De menar att utan att tvinga fram samarbeten genom forskningsprojekt är sannolikheten stor att både industri och akademi fastnar i sina egna sfärer och kunskap och kompetens får en mindre nytta än om de delas. En alternativ arena för liknande samarbeten skulle kunna vara genom enbart branschorganisationen SKVPs arbete men många intervjupersoner menar att den samverkan som uppstår där ofta inte har den tekniska detaljnivå som krävs för att till exempel industrin ska dra nytta av det arbetet.

”Genom forskningsprogrammen kan branschen samlas och diskutera relevanta tekniska frågor på ett meningsfullt sätt”.

Effsysprogrammen har genomsyrats av en öppen kommunikation och hög grad av samarbete i projekten. Många intervjupersoner belyser detta genom att beskriva hur direkta konkurrenter har kunnat sitta i gemensamma projektmöten och talat öppet om lösningar och tillvägagångssätt. Ofta har forskningsprojekten gett möjlighet för aktörer att diskutera frågor som berör alla i branschen och i många fall har kontakterna som knutits i projekten varit långtgående och fortsatt efter projektets slut. Samverkans effekterna är starkt kopplade till lärandeffekter på lång sikt, många intervjupersoner beskriver hur samarbetet inom Effsysprogrammen har inneburit att nya idéer, lösningar och kunskap har skapats genom kontinuerlig samverkan.

En intervjuperson jämförde Effsysprogrammen med liknande satsningar i Europa och menar att det i Sverige har arbetats med samverkan mellan industri, akademi och myndigheter på ett helt unikt sätt. I vissa länder går det att finna sporadiska samarbeten mellan värmepumpindustri och akademi, men myndigheter är sällan närvarande i de samarbetena. Att just myndigheter finns närvarande i samarbetet ger en ökad legitimitet till forskningen som helhet och underlättar då aktörer tillfrågas om medverkan i programmen.

Programmen har lyckats engagera hela branschen över tid

Samverkans effekterna har även haft en positiv inverkan på själva utformningen av programmen och deras projektportföljer. Kontinuitet över tid med en långsiktig investering från staten, har varit en viktig framgångsfaktor. Det har inneburit att akademien och forskningsinstitut kunnat anställa doktorander och forskare som haft en viktig finansieringskälla. Det är forskarna som driver forskningsprojekten och kan formulera forskningsfrågor och ansökningar. Det är därför centralt att programmen kunnat utveckla en kompetenspool med forskare som kan formulera forskningsfrågor som samtidigt är relevanta för näringslivet. Utan ett långsiktigt engagemang och samarbete hade det inte varit möjligt.

Att över tid engagera nyckelaktörer som representerar en stor del av branschen, har varit viktigt för att få input och idéer om vart branschen är på väg. Detta har kunnat vägleda inriktningen för programmen. Programmen har över tid lyckats engagera branschens aktörer att samlas kring för branschen relevanta forskningsfrågor på ett effektivt sätt enligt många intervjupersoner. En viktig faktor är enligt många en engagerad branschorganisation som varit med i utformning och genomförande av programmen.

”Jag tror att kontinuiteten i satsningar som Effsys ända sedan 80-talet har bäddat för vår starka position, helt klart! Vi har gått igenom utvecklingskedjan redan och många andra tittar idag på Sverige för att se var teknikfronten ligger”.

Enkelt för näringslivet att engagera sig i Effsysprogrammen

En tydlig framgångsfaktor hos Effsysprogrammen, som bör ha bidragit till att uppnå samverkans effekter i förlängningen, är att programmen är utformade på ett sätt som uppmuntar till och underlättar för aktörer i industrin att medverka i projekt. I normalfallet bidrar industrin med tid, kunskap och hårdvara och mer sällan med kontanta medel, vilket har varit en stor anledning till att så många aktörer från industrin har kunnat delta. Många intervjupersoner tar även upp att den låga administrativa bördan för industrideltagare i projekten gör att man i större utsträckning deltar i Effsysprojekt.

Programmets inriktning är vidare mer övergripande och inte så nära själva produkterna eller detaljerade tekniska lösningar. Detta är nödvändigt om konkurrenter ska kunna samverka inom ramen för samma projekt. Det är svårt för de större tillverkarna att gå in i alltför tillämpade produktutvecklings- och innovationsprojekt när det är konkurrenter med i projektet. Det är mer systeminriktade projekt som utvecklar kunskap inom en viss teknik, som dessa kan delta i och det har även varit inriktningen för många projekten inom Effsys, vilket definitivt har gett ökade samverkans effekter.

En fördel med Effsysprogrammen som tas upp av en del intervjupersoner är att de möjliggör för mindre aktörer att engagera sig i forskning. Den administrativa bördan och projektets storlek har varit hanterbar för mindre aktörer. Det har möjliggjort att aktörer som annars inte har kapaciteten att leda och engagera sig i forskningsprojekt kunnat delta och öka sin kompetens och kunskap samt testa och verifiera sina lösningar och idéer. Programmen har vidare utgjort en viktig plattform för mindre företag att ta del av forskningsresultat.

Mobilisering och uppbyggnad av kompletterande resurser

Effsysprogrammen har gett vissa resurseffekter, vilket innebär att resurser som annars inte varit tillgängliga för vissa aktörer tillgängliggjorts. För akademi och forskningsinstitut kan det handla om att hårdvara för tester och utvärdering har tillhandahållits av industrin och för industrin uppstår resurseffekterna i form av att forskning och utveckling kan utföras utanför den egna organisationen. Ofta kompletterar forskarnas arbete det utvecklingsarbete som utförs av industrin och intervjustudien har visat på en del synergieffekter som uppstått genom Effsysprogrammen.

Forskningsprojekten kompletterar företagets/branschens eget utvecklingsarbete

Från tillverkande företag kommer synpunkten att forskningsprojekten i Effsys möjliggör att detaljstudier som går på djupet, bland annat tester och verifieringar, har kunnat genomföras. Industrins egna utvecklingsavdelningar har ibland inte tid, kunskap eller resurser att göra breda fältundersökningar och göra djuplodande analyser av resultaten. Forskningsprogrammen har också en roll som oberoende resurs som kan ge upplysningar till alla aktörer i branschen om huruvida nyskapande tekniker och lösningar har potential eller inte. Sådana resurser finns sällan hos enskilda aktörer och blir än mer sällsynta då konkurrenssituationer uppstår, vilket speglas av en intervjupersons tankar:

”Forskare och projektutförare har lättare att göra bredare undersökningar och samla information kring tekniker från flera tillverkare och aktörer än vad vi kan göra. Det är inte så troligt att vi skulle gå till vår största konkurrent och fråga dem direkt hur de löser ett problem”.

Industrin lyfter också fram nyttan med att samverka med akademien och institut, som en sorts extern oberoende kvalitetssäkring. Forskningsprojekten kan bekräfta eller förkasta resultat från industrins eget utvecklingsarbete. Industrin har ofta inte tid att studera alla detaljer, bygga modeller och liknande. Speciellt är detta en viktig funktion för mindre aktörer som i många fall har utvecklingsavdelningar med mindre tillgängliga resurser för forskning på den nivå som Effsysprogrammen representerar. För aktörer som fungerar som slutanvändare och beställare av kyl- och värmepumpssystem kan Effsysprogrammen till och med sägas utgöra hela aktörens utvecklingsavdelning eftersom man internt endast kravsätter och beställer systemen. Även denna bild bekräftas till viss del från ett tillverkande företag som deltagit i Effsysprogrammen:

”Vi kan också se ett värde i att vi kan ”outsourca” en del av vår utveckling till akademien genom programmen. Vi frigör lite resurser i och med att någon annan kan verifiera, analysera och utveckla tekniker”.

Som tidigare har nämnts under rubriken ”Vägledningseffekter” så innebär Effsysprogrammen en chans för industrin att på ett tidigt stadie testa och utvärdera nya tekniker och lösningar. Ett tydligt exempel på hur Effsysprogrammen har gett resurseffekter beskrivs av hur Electrolux hanterade frågan kring huruvida magnetokaloriska processer var tillämpbara i deras produkter. Tekniken hade fått stor uppmärksamhet i många sammanhang och Electrolux upplevde ett tryck från branschen att utreda teknikens potential för deras produkter. Potentialen var dock vid tillfället mycket oklar och det fanns farhågor om att man skulle köpa grisen i säcken och satsa tid, pengar och resurser på en teknik som inte skulle ge det som utlovats av leverantörer. Alternativen för Electrolux bestod då i: att själva anställa kompetens och satsa resurser för att själva

utreda tekniken, investera i tekniken utan att först utreda den, att dra nytta av kompetens hos akademien för att utreda teknikens potential. Man valde det sistnämnda alternativet genom Effsysprogrammen, vilket minskade risken något för Electrolux samtidigt som kunskapen som fick kring tekniken gagnade hela branschen, inklusive akademien. Med facit i hand var det ett lyckat val, då tekniken inte levde upp till de förväntningar som fanns på den och Electrolux utveckling kunde styras mot andra inriktningar i stället.

Introduktion av mer effektiva produkter och lösningar på marknaden

Med marknadseffekter menas de effekter som Effsysprogrammen kan ha haft på utvecklingen av nya tekniker, processer, tjänster, produkter och system i kyl- och värmepumpsbranschen i Sverige. Generellt sett visar intervjustudien på att aktörer i branschen har svårt att sätta fingret på att projekt inom Effsys har bidragit till att nya produkter har introducerats på marknaden i någon bredare mening. Däremot är samtliga intervjupersoner överens om att forskningen i Effsysprogrammen accelererar utvecklingen av vissa utvalda tekniker och har varit delaktiga i att branschen förs framåt som helhet. Med detta sagt har det gått att identifiera vissa konkreta exempel på produkter eller lösningar som går att härleda till projekt inom Effsys genom åren, vilka redogörs för i detta avsnitt.

”Generellt har jag svårt att se särskilt konkreta exempel på banbrytande teknikutvecklingar och liknande, men jag tror att på ett övergripande plan är programmen viktiga för den allmänna kompetenshöjning och kunskapsuppbyggnaden i branschen”.

”Man måste ju tro på att forskning och utveckling ger resultat, även när det är svårt att sätta siffror på effekterna från dem”.

Varvtalsreglerade värmepumpar

Bland värmepumpstillverkarna som har tillfrågats i studien tar flera upp att utvecklingen av varvtalsreglerade värmepumpar med stor sannolikhet har accelererats genom att frågor om det togs upp i Effsysprojekt i ett tidigt skede. Fördelarna med varvtalsreglerade kompressorer i värmepumpar belystes i forskningen och gav indikationer på hur tillverkarna skulle inrikta sin produktutveckling. Projekten inom Effsys var inte den enda faktorn som påverkade utvecklingen, marknaden hade redan börjat ställa krav på det, men värmepumpstillverkarna menar att forskningen var en katalysator för utvecklingen. En effekt som en intervjuperson tar upp är att då en viss teknik, i det här fallet varvtalsreglering, börjar undersökas i forskningsprojekt kan tekniken få mer uppmärksamhet generellt i branschen vilket leder till att mer fokus läggs på utveckling av just den tekniken inom industrin.

Användning av naturliga köldmedier i livsmedelskyla

Övergången från syntetiska köldmedier i kylsystem för livsmedel påskyndades enligt flera intervjupersoner av att djuplodande utredningar och jämförelser utfördes i projekt inom Effsys. Även på detta område var inte forskningen inom Effsys den enda bidragande orsaken och kylsystem med koldioxid som köldmedium hade länge diskuterats i branschen. Däremot hade inga livsmedelsbutiker vågat ta steget fullt ut och installera ett CO₂-baserat kylsystem innan ett Effsysprojekt kunde visa på att tekniken var mogen och kunde ge tillräcklig prestanda kontra system med syntetiska köldmedier. I och med att omställningen kunde påbörjas så pass tidigt i svenska livsmedelsbutiker finns det idag en stor kompetens kring CO₂-kyla i Sverige som är tämligen unik. Troligtvis gav

Effsysprojektet ett försprång på flera år jämfört med om utredningen inte hade utförts. En slutanvändare i livsmedelsbranschen som deltog i Effsysprogrammen och implementerade tekniken blev trendsättare i branschen och snart hade flera andra aktörer följt efter i utvecklingen. Om inte teknikklivet hade tagits då hade branschen idag stått inför en mycket stor utmaning i form av f-gasförordningen och haft en mycket pressad situation. Förutom att användningen av CO₂-kyla fick ett startskott genom Effsys så har även olika systemoptimerande åtgärder för livsmedelskyla tagits fram och kartlagts, mycket av resultaten från sådana projekt har därefter implementerats i beställningar och kravspecifikationer från slutanvändare. Enligt en intervjuperson är nybyggda livsmedelsbutiker idag 50 % mer energieffektiva än de som byggdes 2009, något som intervjupersonen tillskriver Effsysprogrammen till viss del.

I och med att CO₂-system implementerades i livsmedelskyla tidigt byggdes en stark kompetens kring tekniken upp i Sverige som även kunde utnyttjas i andra applikationer som exempelvis mjölkkyllning, ishallar och industriella sammanhang. Sverige har enligt flera intervjupersoner en mycket stark internationell position när det kommer till CO₂-system trots att det i stor utsträckning saknas tillverkare av hårdvara nationellt.

Utformning av geoenergilösningar

På den del av marknaden som utgörs av lösningar för geoenergi har Effsysprogrammen haft en stor påverkan. Ett flertal projekt har över lång tid syftat till att öka kunskapen kring utformningen av borrhål och värmeväxlare för bergvärmepumpar. Resultaten av dessa projekt har varit beräkningsprogram samt riktlinjer och rekommendationer för dimensionering av borrhål och detta påverkar direkt hur installatörer och projektörer arbetar. Resultaten har spridits till branschen via seminarier och programmöten. Genom projekten har geoenergisystems effektivitet kunnat ökas över tid och gett konkurrensfördelar gentemot andra uppvärmningsalternativ.

Sammanfattning – många branschföreträdare ser stor nytta med Effsysprogrammen

Ett generellt intryck från intervjuerna som genomförts inom ramen för utvärderingen är att många branschföreträdare ser stor nytta med Effsysprogrammen. Kapitlet har strukturerats med utgångspunkt i analysramen som presenterades i kapitel 1 och dess relevans är tydlig i utvärderingen. Sammanfattningsvis visar intervjuerna följande:

För det första har programmen bidragit till uppbyggnad av den gemensamma kunskapsbasen inom branschen. Detta yttrar sig främst genom utveckling av kunskap kring hur värmepumpstekniker fungerar på systemnivå. Mer specifikt har branschen också ökat sin kunskap kring fältmätning och teknikutvärdering, geoenergi och alternativa köldmedier. Viktigt för branschens långsiktiga utveckling är också att programmen bidrar till kompetensförsörjning och ömsesidigt lärande mellan aktörer.

För det andra har programmen genom de projekt som finansierats genererat kunskap och data som ger viktig vägledning för aktörer i branschen. Dels har industrin nytta av kunskap om vilka tekniker som är mogna och vilka som inte är det, hur olika produkter fungerar etc. Kunskap och data från programmen används även för policypåverkan och utveckling av regelverk och standarder av aktörer i branschen.

För det tredje har programmen bidragit till utveckling av nätverk och långsiktiga relationer mellan akademin, institut, myndigheter och företag i olika delar av värdekedjan. Kontinuiteten över tid är en viktig förutsättning för detta.

För det fjärde har programmen bidragit till att mobilisera och bygga upp kompletterande resurser på så sätt att programmen kompletterar industrins eget utvecklingsarbete. Vidare bedöms programmen varit viktiga för att lärosäten och institut kunnat bygga internationella nätverk och engagera sig i internationella forskningsprojekt.

För det femte har programmen indirekt bidragit till introduktion av mer effektiva produkter och lösningar på marknaden, men sällan som en direkt effekt av enskilda projekt.

Slutsatser om effekter av Effsysprogrammen

I detta avslutande kapitel summeras slutsatserna från utvärderingen. Slutsatserna baseras på underlaget från portföljanalysen och intervjuer som analyserats med utgångspunkt i den analysram som presenterades i kapitel 1 och bedömts i relation till den övergripande beskrivningen av energisystemets omställning samt bransch- och marknadsutvecklingen.

Den svåraste frågan i en effektanalys är oftast att kunna bedöma vad som hade hänt om inte den policyinsats som studeras hade funnits. Hade inga av de aktiviteter som forskningsprogrammen finansierat ägt rum? Hade motsvarande aktiviteter genomförts ändå, i annan omfattning eller med annan inriktning? Hade i så fall utvecklingen i branschen, på marknaden och i energisystemet varit ungefär densamma eller radikalt annorlunda? Det är naturligtvis inte möjligt att fullt ut besvara dessa frågor, analysen baseras därför på aktörernas egna bedömningar och tidigare studiers slutsatser om olika faktorer som påverkat utvecklingen.

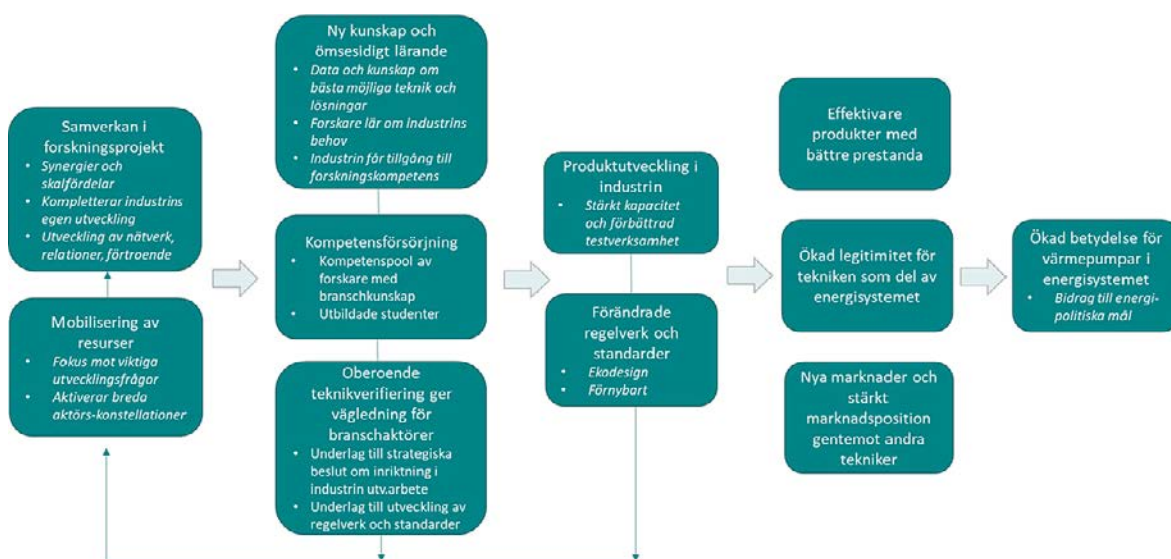
Den övergripande slutsatsen från utvärderingen är att forskningsprogrammen bidragit med olika typer av effekter (additionalitet). Sammantaget har de bidragit till att stärka branschens kapacitet att driva produkt- och teknikutveckling som har potential att bidra till energisystemets omställning. Däremot är det svårt att kvantifiera *hur stora* effekterna är, särskilt i relation till andra yttre omständigheter och drivkrafter.

Vad gäller programmens additionalitet är de viktigaste slutsatser i studien att:

- Forskningsprogrammen mobiliserar resurser och bidrar till samverkan över tid kring viktiga utvecklingsfrågor rörande både systemlösningar samt specifika komponenter och tekniker. Denna kontinuerliga mobilisering och samverkan hade inte varit möjlig utan programmens finansiering. Programmen och samverkan i dem innebär att branschen kan kraftsamla och gemensamt fokusera på frågor och problemställningar på ett mer effektivt sätt än om enskilda aktörer skulle bedriva forskning och utveckling kring dem.
- Samverkan i forskningsprojekten bidrar till att utveckla långsiktiga relationer mellan aktörer som stärker kunskaps- och värdenätverk över hela värdekedjan.
- Projekten utvecklar ny kunskap och bidrar till ömsesidigt lärande mellan forskare, näringsliv och myndighet. Genom programmen utvecklas och upprätthålls en kompetenspool av forskare med expertis inom olika teknikområden. Programmen har indirekt möjliggjort en kontinuerlig kompetensförsörjning till branschen av studenter och i viss mån forskare som anställs hos tillverkare, teknikleverantörer och teknik konsulter.
- Forskningsprojekten genererar data och ny kunskap som – framförallt sett till sin helhet men också i specifika fall – ger vägledning i olika aktörers utvecklingsarbete och verksamheter.

- Data och ny kunskap bidrar till förbättrad testverksamhet och produktutveckling i företagen som deltar i projekten, men det är svårt att härleda detta till specifika produkter eller lösningar. Snarare handlar det om företagens generella förmåga som stärks.
- Data och ny kunskap om produkter och lösningar ger underlag för lobbyarbete och policypåverkan som bidragit till att stärka legitimiteten för värmepumpar och kylteknik som del av energisystemet. Det används också i viss mån som underlag till utveckling av standardisering och regelverk.
- Programmen bidrar framförallt indirekt genom effekter i flera led (figur 18) till bättre och effektivare produkter som ger företagen möjlighet att utveckla nya marknader och stärka sin marknadsposition.
- Programmen har sammantaget haft en påverkan på värmepumparnas och kyltekniska applikationers betydelse för energisystemets omställning, framförallt genom att accelerera en utveckling som sannolikt ändå hade kommit till stånd genom andra faktorer och drivkrafter.

Figur 18 beskriver den i utvärderingen identifierade effektlogiken för Effsysprogrammen. Den sammanfattar programmens funktion, leveranser och effekter i innovationssystemet. Bilden är naturligtvis en grov förenkling av verkligheten och orsakssamband. Den ska ses som ett sätt att förenklat beskriva hur programmen och forskningsprojekten samlat har bidragit till att skapa olika typer av nyttor på systemnivå.



Figur 18 Effektlogik för Effsysprogrammen

Mobilisering av resurser mot viktiga utvecklingsfrågor

Effsysprogrammen har inneburit en mobilisering av resurser i branschen och av myndigheter för att kunna undersöka och svara på viktiga frågor som branschen som helhet kan dra nytta av. Tillverkande företag anser att forskningsprojekten i Effsys möjliggjort detaljstudier som går på djupet i bland annat tester och verifieringar har kunnat göras. Forskningsprojekten kompletterar således industrins eget utvecklingsarbete, där utvecklingsavdelningarna ofta saknar tid, kunskap eller resurser att göra breda fältundersökningar, utvärderingar och djuplodande analyser av resultaten.

Genom att branschen samlas kring en fråga som anses vara viktig för många ges frågan extra uppmärksamhet och forskningsprojektet kan bidra till att en viss typ av teknik-utveckling accelereras. Inom Effsys har exempel på sådana utvecklingar varit varvtalsreglering för värmepumpar och användningen av koldioxid som köldmedium för livsmedelskyla.

I och med att projekten i Effsysprogrammen ofta tar upp frågor som är gemensamma för branschen som helhet uppstår vissa synergieffekter och skalfördelar för företagen i branschen. Ett exempel på detta är projekt då fältmätningar av installerade värmepumpar har utförts, vilket ger en bred kunskapsbas som hela branschen kan dra nytta av. Det är inte troligt att sådana mätningar där produkter från konkurrerande tillverkare utförs av en enskild industriaktör.

Samverkan som integrerar hela värdekedjan

Programmets utformning ”tvingar” genom krav på privat motfinansiering fram en samverkan mellan forskningsorganisationer och näringslivet. I varje program har mellan 90 och 120 företag, forskningsinstitut och lärosäten medverkat i forskningsprojekt som i många fall har samlat teknikens hela värdekedja. Konsensus bland de intervjuade deltagarna i programmen är att Effsys på ett unikt sätt har utgjort en neutral plattform med fokus på teknik- och produktutveckling, där samverkan mellan företag i branschen möjliggjorts. Detta har på flera sätt bidragit till synergier och skalfördelar för företag, akademi och forskningsinstitut, där olika aktörer bidrar med sin specifika kunskap och perspektiv. Den samverkan vi ser i Effsysprogrammen hade med stor sannolikhet inte uppstått utan dessa. Branschorganisationen SKVP har en liknande branschsamlande funktion, men når inte lika brett och forskningsprojektet möjliggör samverkan och diskussioner kring gemensamma tekniska utvecklingsfrågor.

Effsysprogrammen har därmed haft en påtaglig additionalitet för att möjliggöra bred samverkan och utveckling av nätverk och relationer över hela värdekedjan.

Programmets utformning ses av många som en viktig faktor för att samverkan ska uppstå, genom kravet på samfinansiering av projektet. Utan att tvinga fram samarbeten är sannolikheten hög att både industri och akademi ”fastnar” i sina egna sfärer och kunskap och kompetens får en mindre nytta än om de delas. Genom att samtidigt lyfta mycket av den administrativa bördan från näringslivets projektdeltagare har det varit relativt enkelt för näringslivsparter att välja att delta i forskningsprojektet. Detta möjliggör även för mindre aktörer att engagera sig i forskningsprojekt.

Effsysprogrammen har utgjort en samarbetsplattform som saknar motsvarighet internationellt genom att samla näringsliv, forskningsinstitut, lärosäten och myndigheter i gemensamma projekt. Vidare har programmet engagerat en stor mängd små företag med liten egen kapacitet att driva FoU-verksamhet, som genom programmet fått tillgång till resurser och forskningskompetens. Detta har möjliggjort att forskningsresultat, nätverk och relationer kunnat tas vidare i aktörernas egna processer, fortsatta samarbeten och gemensamma processer samt nya relevanta forskningsprojekt.

Utveckling av ny kunskap och ömsesidigt lärande mellan aktörer

Effsysprogrammen har på ett påtagligt sätt bidragit till gemensam kunskapsutveckling och ömsesidigt lärande inom branschen. Effekten är naturligtvis svår att kvantifiera,

men lyfts fram av i stort sett samtliga intervjupersoner i studien. Forskningsprogrammen har bidragit till *branschens gemensamma utveckling av kunskap, kompetens och teknik*. Förutom att höja kompetensen och kunskapen i branschen som helhet har också den interna kunskapsnivån i företagen lyfts genom att resultat från forskningsprogrammen har spridits och diskuterats. Detta arbetas sedan in i företagens arbete med produktutveckling.

Konkret bidrar många projekt till kunskapsutvecklingen genom fältmätningar, test och verifiering av produkters prestanda, hur olika tekniker fungerar och kan utvecklas etc. Dels får företag som engagerar sig i denna typ av projekt en kunskap om metoder för test och mätning som man kan dra direkt nytta av i sin egen verksamhet. Vidare bidrar denna typ av projekt med kunskap om mognadsgrad för olika tekniker och lösningar, kunskap och data om prestanda, effektivitet etc. som kan nyttjas i fortsatt utvecklingsarbete. I andra typer av projekt genomförs utredningar och systemanalyser som bidrar till att utveckla kunskapen om värmepumpars potential relativt andra tekniker värmepumpars effekt på energisystem.

Exempel som vi identifierat i studien är:

- Bredare kunskapsbas kring hur värmepumpar fungerar i samspel med andra tekniker och system.
- Ökad kunskap kring geoenergilösningar som bidrar till förståelsen för hur värmepumpar fungerar och presterar i verkligheten.
- Ökad kunskap om hur kyltekniska installationer utformas och används på ett resurseffektivt sätt.

Forskningen i programmen kompletterar ofta företagets eget utvecklingsarbete genom att tillgängliggöra forskningsinfrastruktur och laboratorier, metodkunskaper, fördjupade analyser, generering av större datamängder etc. För mindre aktörer utan eget forskningsarbete utgör projekten en möjlighet att engagera sig i forskning och utveckling.

Ett ytterligare exempel på ömsesidigt lärande är att forskare vid akademi och institut genom projekten behöver utveckla sina forskningsfrågor utifrån näringslivets behov. Forskare får i projekten även en träning på riktiga produkter och system där teorier och hypoteser kan prövas mot verkliga förhållanden.

På en mer övergripande nivå har projekten genom gemensam kunskapsutveckling, samverkan, forskningsrapporter, projektmöten och resultatseminarier en kunskapspridande funktion och omvärldsbevakning för många näringslivsaktörer. Bland annat genom utbytet med lärosätena får näringslivet insikt i var teknikfronten ligger nationellt och internationellt, vilket hjälper till att flytta fram den gemensamma kunskapsbasen i branschen.

Kompetensförsörjning för branschen

Effsysprogrammen har bidragit till branschens kompetensförsörjning i form av utbildade doktorander, forskare och i förlängningen även studenter på grund- och avancerad nivå. Många intervjuade representanter från industrin ser detta som en viktig effekt även om programmen sällan leder till mobilitet mellan akademien och näringslivet, det finns dock exempel. Istället har programmen bidragit till att bygga upp en kompetenspool av kompetenta forskare inom akademien och vid forskningsinstitut, med förståelse för branschens behov. Detta utgör en viktig kompetensresurs för industrin som kan bidra i produkt- och teknikutvecklingsfrågor.

Stärkt industrins förmåga att driva produkt- och teknikutveckling

Den kunskap och de data som tagits fram inom Effsysprogrammen används ofta som ett vägledande underlag för hur företag ska inrikta sitt eget utvecklingsarbete på strategisk nivå, men också underlag för att bedriva påverkansarbete inom branschen. Programmen bidrar på olika sätt till att stärka företagens förmåga att driva sitt eget utvecklingsarbete. Dels har vi den kompetensförsörjning som programmen förser branschen med. Detta bidrar till förbättrade processer för produktutveckling och utformning av andra processer som till exempel provning och verifiering. Det senare uppstår även i somliga fall som en direkt effekt av företagens engagemang i projekt. Det kan exempelvis handla om projekt som utvärderat, tagit fram statistiska underlag och vidareutvecklat provningsmetoder för produkter.

De förbättrade processerna och påföljande utökade underlagen från standardiserade provmetoder och mätningar bidrar i företagens produktutveckling, exempelvis genom att ge vägledning kring vilka tekniker som är mogna och vilka som inte är det, hur olika produkter och komponenter fungerar i system och i relation till andra tekniker.

Oberoende teknikverifiering som stärker teknikens legitimitet

En viktig del av programmen har varit att undersöka, värdera och dokumentera befintliga teknikers verkliga prestanda och effektivitet. Tillsammans med förbättrade provningsmetoder bidrar detta till att stärka legitimiteten för teknikerna som används i branschen och hur de kan användas som del i energisystemet. Speciellt faktumet att Effsysprogrammen har en oberoende, utvärderande funktion med statligt stöd har varit viktigt för detta. När en viss tekniks prestanda studeras och verifieras i ett oberoende forskningsprogram med en statlig myndighet som delfinansiär, får resultaten en helt annan tyngd än om exempelvis enskilda tillverkare av värmepumpar hade presenterat dem. Att teknikerna studerats under lång tid med vetenskapliga metoder har gett en stark tilltro för teknikerna bland allmänheten och beslutsfattare. Detta har bidragit till att öka förtroendet för värmepumpsteknik gentemot andra alternativ på uppvärmningsmarknaden. Det är dock svårt att isolera betydelsen av forskningsprogrammen, exempelvis i relation till Energimyndighetens testverksamhet.

Ökad legitimitet ger också en förbättrad utgångspunkt för värmepumpstekniker i mer övergripande diskussioner och processer kring exempelvis hur elsystemet ska utformas i framtiden. Flera projekt har gett en direkt inverkan på sådana diskussioner.

Indirekt påverkan på Ekodesigndirektivet och andra regelverk

Utvärderingen bedömer att svenska aktörer haft en stark position och påverkan i internationella processer rörande utformning av regelverk och standardisering. Delvis tack vare kunskap och data, men också samsyn och samverkan som utvecklats genom Effsysprogrammen.

Utvärderingen visar att Effsysprogrammen har haft en indirekt påverkan på hur regelverk och standarder med relevans för branschen utformats. I ett par fall har projekten direkt riktat in sig mot att utvärdera hur produkter presterar jämfört med ekodesign- och energimärkningsförfordningarna, men resultaten är ofta en del av ett större sammanhang kring arbetet med standarder, förordningar och regelverk.

Resultat och data från Effsysprogrammen har dock generellt gett goda förutsättningar för svenska representanter att kunna argumentera med en viss tyngd i processer på EU-nivå och nationell nivå.

Vad gäller Ekodesigndirektivet har forskningen en generell roll att driva kraven framåt. Där utgör resultat från Effsysprogrammen ett ingångsvärde i de förstudier som görs i samband med utformning och revideringar. Förstudierna ligger sedan till grund för förhandlingar där bland annat industrins krav går in. Energimyndigheten har som svensk förhandlare i dessa processer haft stor nytta av att det finns mycket svenska data från Effsysprogrammen, men även annan testverksamhet. Branschorganisationen SKVP har också varit viktig för att tillföra kunskap till processen och förstudien för ekodesign. Något som forskningsprogrammen bidragit till genom att kunna tillföra kunskap och argument för olika tekniker och kravnivåer. Programmen har också bidragit till en påtaglig samsyn inom branschen mellan olika tillverkare.

Effektivare produkter med bättre prestanda

Det är svårt att i studien påvisa enkla eller direkta kopplingar mellan projekt och specifik teknikutveckling i företagen som fått tillämpning i någon produkt, tjänst eller system även om sådana exempel finns. Effsysprogrammen har haft ett uttalat fokus på att utveckla *system* snarare än *produkter* vilket kan förklara varför det är svårt att finna exempel på direkta produktutvecklingar bland projektens resultat. Fokuset på systemlösningar har istället gett en bredare kunskapsbas i branschen vilket har inneburit att befintliga produkter har kunnat användas på ett mer effektivt sätt.

Utvärderingen visar emellertid att programmen haft en indirekt påverkan vad gäller utveckling av mer energieffektiva produkter. Effekten består framförallt i att forskningsprogrammen accelererat utvecklingen inom vissa teknik- och frågeområden. Ett konkret exempel är att det på ett tidigt stadium studerades varvtalsreglerade kompressor för värmepumpar i Effsys, vilket bidragit till att accelerera och möjliggöra utvecklingen av sådan teknik. Sannolikt hade en sådan utveckling skett även utan Effsys, men additionaliteten ligger i att utvecklingen tog fart tidigare än vad som annars varit möjligt. För livsmedelskyla visar utvärderingen att programmen varit avgörande för den 50-procentiga ökningen i energieffektivitet man har upplevt i branschen under den senaste 10-årsperioden. Det är även ett faktum att man inom livsmedelskyla gjorde en mycket tidig övergång till naturliga köldmedier, tack vare Effsys.

Inom geoenergiområdet har en del resultat haft direkta tillämpningar då de utgjort riktlinjer för utformning av borrhål, värmeväxlare och styrning för bergvärme och frikyla. Additionaliteten har då varit i form av att rigorösa, systematiska tester och mätningar har utförts och analyserats för att ge faktabaserade underlag till branschen. Detta har sedan använts av till exempel borrentreprenörer i branschen och mer effektiva installationer har kunnat utföras.

Starkare marknadsposition för värmepumpar

En slutsats i utvärderingen är att Effsysprogrammen har bidragit till att stärka värmepumpars position på marknaden gentemot andra tekniker och energikällor samt möjliggjort nya tillämpningar för tekniken. Detta genom programmens identifierade (ofta indirekta) effekter vad gäller (1) teknikens ökade legitimitet, (2) förbättringar och utveckling av

produkter och lösningar för värmepumpsteknik samt (3) stöd för teknikerna i form av standardisering, direktiv och regelverk. Sammantaget har detta bidragit till den starka marknadsposition som värmepumpar har på den svenska energimarknaden. Det har också bidragit till att stärka de svenska tillverkarnas position internationellt.

I många europeiska länder är värmepumpar inte lika accepterat och välkänt som i Sverige. Genom bland annat forskningsresultat och oberoende kartläggningar i Effsysprogrammen har tillverkare, branschorganisationer, forskningsinstitut och lärosäten kunnat argumentera för tekniken inom exempelvis IEA och standardiseringsorgan på europeisk nivå. I och med att marknaden för framförallt värmepumpar växer internationellt blir standarder, regelverk och direktiv på internationell nivå allt viktigare. Detta är därför en mycket viktig effekt för tillverkarnas internationalisering, men även för teknikens möjligheter att bidra till energisystemets omställning internationellt.

För området kylteknik är situationen något annorlunda då man studerar den svenska marknaden och jämför den internationellt. Sverige har få nationella tillverkare av kyltekniska maskiner, men en stark position när det kommer till utformning av kyltekniska system. Effsysprogrammen har bidragit till att utveckla mer effektiva kyltekniska system och att göra Sverige till en ledande nation internationellt rörande koldioxidbaserade köldmedier.

Bidrag till energisystemets omställning genom mer effektiva och flexibla värmepumpar

I studien har omställningen av det svenska energisystemet beskrivits och vilken roll som värmepumpar och kylteknik haft i denna. Genom att kombinera resultat från portföljanalysen, dokumentstudier och intervjustudien kan vissa slutsatser dras rörande hur Effsysprogrammen påverkat energisystemets omställning. Programmens betydelse är dock svår att härleda på ett direkt sätt från de forskningsprojekt som bedrivits inom Effsysprogrammen. Effekterna har uppstått genom effektkedjor enligt den effektlogik som identifierats i denna utvärdering. Effekterna är inte möjliga att kvantifiera.

Additionaliteten i Effsysprogrammen består primärt i att dessa utvecklats och byggt upp ny kunskap och kompetens som kommit till användning och fått spridning genom samarbete och samverkan inom branschen och i hela värdekedjan. Vidare visar utvärderingen att värmepumptillverkarnas förmåga att långsiktigt och strategiskt driva produkt- och teknikutveckling har stärkts. Detta har i sin tur bidragit till att stärka legitimiteten och marknadspositionen för värmepumpstekniker på energimarknaden genom oberoende teknikverifiering, utveckling av effektivare produkter och lösningar samt utveckling av stöd för teknikerna i form av standardisering, direktiv och regelverk.

Sammantaget har denna effektkedja bidragit till att stärka värmepumparnas centrala roll i det svenska energisystemet, men även svenska tillverkares starka ställning internationellt. Programmen har sammantaget accelererat kunskapsutveckling som bidragit till mer energieffektiva och flexibla kyl- och värmepumpstekniker.

- Effekterna på Energisystemets omställning består i: inkrementell utveckling inom industrin som gör att mer effektiva värmepumpar kan introduceras på marknaden och att värmepumpar kan användas mer effektivt med andra tekniker (såsom geoteknik) och som del av byggnaders energisystem.

- Smartare styrning och användning av värmepumpar så att eleffektoppar kan reduceras och förnybar el från variabel produktion kan utnyttjas mer effektivt och i högre utsträckning. Sammantaget innebär detta ett effektivare utnyttjande av energisystemet med lägre användning av el som i sin tur förenklar omställningen till ett hållbart energisystem. Detta möjliggörs bland annat genom varvtalsstyrda kompressorer som utvecklats genom Effsys.
- Energieffektivisering inom livsmedelskyla tack vare utveckling och verifiering av CO₂-baserad kylteknik och andra kyltekniska applikationer inom svensk livsmedelshandel.

Det är svårt att beräkna effekten av programmen utifrån energieffektivisering inom energisystemet, men ett räkneexempel kan dock göras. Värmepumpande tekniker anses förbättra sin prestanda med ungefär 1,5 till 2 % per år. I underlaget till utformningen av Effsys Expand nämns att 8 % effektivisering av elanvändningen hos värmepumpar motsvarar 0,6 TWh/år i minskad elanvändning. År 1999 var elanvändningen för uppvärmning 21,5 TWh och år 2015 hade denna minskat till 18,5 TWh. Om effektiviseringstakten på 1,5 % gäller, innebär det att värmepumparna mellan 1999 och 2015 ökat sin effektivitet med 21 %. Med andra ord borde 1,6 TWh besparing kunna tillskrivas effektiviseringen av värmepumpar, vilket skulle kunna vara rimligt om resterande minskning tillskrivs konverteringar från direktverkande el till värmepumpar. Dock kan vi inte säga hur stor del av detta som kan tillskrivas påverkan från forskningsprogrammen.

Vad har inte uppnåtts inom programmen

I uppdraget har en avgränsad analys gjorts kring om det finns områden som programmen inte uppnått alternativt om ytterligare förväntningar funnits på programmen som inte uppfyllts. Som ett exempel på detta kan frågan om naturliga köldmedier för värmepumpar lyftas. I intervjustudien och under det avslutande tolkningsseminariet påtalades att forskningen inte lyckats ta fram naturliga köldmedier. Ett av målen för programmet Effsys Expand har varit att bidra till att nya miljövänliga köldmedier, i enlighet med internationell rekommendation, ersätter dagens. Detta har emellertid inte uppnåtts.

En ytterligare brist som påtalats i utvärderingen är, trots att fältmätningar och verifiering av teknik och prestanda varit en viktig del av programmet, är bristen på storskaliga fältmätningar över hur värmepumpar presterar över tid. Bristen på den typen av storskaliga fältstudier är också en anledning till att frågor om värmepumparnas och forskningsprogrammets betydelse för energisystemets omställning är svår att besvara i den här studien. Den typen av projekt har dock varit våra att finansiera via Effsysprogrammen, enligt bedömningar på grund av låg forskningshöjd.

I utvärderingen har vi kunnat identifiera många indirekta effekter som i sin tur emanerar från långsiktig kunskapsuppbyggnad och generell kunskapsutveckling. Däremot ser vi få konkreta (direkta) resultat och effekter som ligger längre fram i värdekedjan i form av exempelvis nya patent, komponenter, produkter. Programmen har heller inte vad vi kunnat identifiera bidragit till att utveckla nya företag i någon större utsträckning som kan påverka och förändra branschdynamiken inom värme- och kyla. Utvecklingen har istället skett inom existerande branschstrukturer. Vi tolkar detta som en konsekvens av ett fokus i programmen på tidiga utvecklingsskedan för olika tekniker och system, snarare än fokus på specifik teknikutveckling och komponenter.

Lärdomar för policy från Effsysprogrammets genomförande

Effsysprogrammen har bidragit till utvecklingen av värmepumpar och kylsystem på olika vis och några sammanfattande lärdomar från programmen sammanfattas nedan.

För det första är det viktigt att vara medveten om att det är en mångfald av samverkande faktorer och insatser som har bidragit till att värmepumparna blivit en framgång i Sverige och för svenska företag internationellt. Bland dessa faktorer kan makrofaktorer såsom energipriser, skattesystem och räntenivåer nämnas men även naturliga förutsättningar och klimat samt bebyggelsestruktur. Vidare har olika statliga investeringar, stöd, subventioner och styrmedel över tid haft en viktig roll, bland annat stöd till forskning (där Effsysprogrammen ingår) och utbildning. Vi ser också att branschdynamiken inom värme- och kyla haft betydelse med inslag av både konkurrens och samverkan. Det viktiga är att ha förståelse för och rimliga förväntningar på vad forskningen ska bidra med i detta komplexa system av samverkande faktorer.

För det andra vill vi lyfta fram betydelsen av *kontinuitet över tid*. Effsysprogrammen har pågått i flera etapper och även föregåtts av andra forskningsprogram som givit en kontinuitet över tid. Det har möjliggjort en långsiktig investering i forskning och utveckling som satt goda ramvillkor för lärosäten och institut. Detta har bidragit till att bygga kompetens och utveckla starka kunskapsmiljöer inom akademien och institut. Med Effsysprogrammen som grund har forskningsaktörerna kunnat söka bland annat EU-medel och delta i internationella forskningsprojekt som ytterligare stärkt miljöerna.

För det tredje vill vi lyfta fram Effsysprogrammets *delade fokus på dels system och dels enskilda tekniker och komponenter*. Programmen har följt och format utvecklingen från köldmedel, komponenter till system. Fokus i programmen har varit på olika nivåer som komponenter och system, men också inom fastigheter och på nationell nivå. Det har gett en bredd och djup inom forskningen som innefattat dels hur värmepumpar fungerar med andra tekniker och energisystem och dels fokus på komponenterna i produkterna. Kombinationen inom programmen med både systemperspektiv – hur värmepumpar fungerar i system och med andra tekniker – och specifika komponenter och tekniker har varit gynnsam för kunskapsutvecklingen.

För det fjärde vill vi lyfta fram betydelsen av mekanismer *som främjar samverkan*. Programmen har i sin konstruktion med krav på motfinansiering från näringslivet och i fokuset på systemfrågor, haft viktiga mekanismer som främjat samverkan. Dels mellan akademi och näringsliv och dels mellan olika delar av värdekedjan för teknikerna. Det har bland annat bidragit till att skapa nätverk och flyttat fram den gemensamma kunskapsbasen i branschen. Samverkan har medfört att branschen kunnat kraftsamla och gemensamt fokusera på frågor och problemställningar på ett mer effektivt sätt än om enskilda aktörer skulle bedriva forskning och utveckling kring dem.

En avslutande lärdom är att det är viktigt med förväntningar och mål för FoI-programmen som ligger i linje med vad de teoretiskt sett kan åstadkomma. Exempelvis med ett fokus på systemfrågor som i fallet med Effsysprogrammen, kan utfallet handla om en långsiktig uppbyggnad av kunskap, relationer och samverkan, men inte konkreta teknikutvecklingsprojekt som har potential att generera till exempel patent, nya företag eller nya produkter. Vi menar att målen för de senaste Effsysprogrammen har mer relevanta mål, jämfört med t.ex. Effsys 2 där skarpare mål om energieffektivisering formulerades och som reflekterar en linjär syn på forskning och innovation. Det sistnämnda är olyckligt då det är svårt att härleda forskningsresultat till kvantitativa effektmått.

Referenser

Skriftliga källor

- Axelsson, E., Blomqvist, P., & Unger, T. (2018). *Värmepumpars påverkan på effektbalansen – Idag och i framtiden*. Effsys Expand.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research policy*, 407–429.
- Boverket. (den 11 07 2019). *Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BFS2011:6 med ändringar till och med BFS2018:4*. Hämtat från https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf
- Edquist, C. (2004). Reflections on the systems of innovation approach. *Science and public policy*, 485–489.
- Energimyndigheten. (2010). *Energianvändning i handelslokaler – Förbättrad statistik för lokaler, STIL2*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2015). *Värmepumparnas roll på uppvärmningsmarknaden*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2015). *Värmepumparnas roll på uppvärmningsmarknaden – Utveckling och konkurrens i ett föränderligt energisystem. ER 2015:09*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2018). *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2017*.
- Energimyndigheten. (2019a). *Energiindikatorer 2019*.
- Energimyndigheten. (2019b). *Energiläget i siffror 2019*.
- Energimyndigheten. (2019c). *Scenarier över Sveriges energisystem 2018*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Farla, J., Markard, J., Raven, R., & Coenen, L. (2012). Sustainability transitions in the making: A closer look at actors, strategies and resources. *Technological forecasting and social change*, 991–998.
- Göransson, A. (2017). *Skärpta energikrav i BBR-remiss – Resultatblad i Värmemarknad Sverige*. Hämtat från <http://www.varmemarknad.se/pdf/BBR.pdf>
- IEA. (2017). *Tracking Clean Energy Progress 2017*. OECD/IEA.
- IEA. (den 20 06 2019). *IEA Statistics*. Hämtat från www.iea.org/statistics/
- Johansson, P. (2017). *A Silent Revolution – The Swedish Transition towards Heat Pumps, 1970–2015*. Stockholm: KTH.
- Jonasson, P. (2019). Market Report: Sweden. *HPT Magazine*, 37, 21–26.
- Karlsson, F., Kovács, P., Gustavsson, L., Persson, H., & Haglund Stignor, C. (2013). *Nuvarande status och framtidsutsikter för värmepumpar, solvärme och pellets på den svenska värmemarknaden*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

- Kensby, J. (2017). Smart Energy Grids – Utilization of Space Heating Flexibility. Doktorsavhandling vid Institutionen för Bygg- och miljöteknik, Installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola.
- Lindahl, M., Benson, J., Walfridsson, T., Markusson, C., Räftegård, O., & Gustafsson, O. (2018). *Värmepumpar i fjärrvärmesystem – Slutrapport P23 Effsys Expand*.
- NEPP. (2016). *Reglering av kraftsystemet med ett stort inslag av variabel produktion*.
- Nilsson, L. J., Åhman, M., & Nordqvist, J. (2005). *Cygnets or ugly duckling – what makes the difference? A tale of heat-pump market developments in Sweden*.
- Nyholm, E., Puranik, S., Mata, É., Odenberger, M., & Johnsson, F. (2016). Demand response potential of electric space heating in Swedish single-family dwellings. *Building and Environment* 96(1), 270–282.
- OECD. (2015). *Concepts and definitions for identifying R&D, in Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. Paris: OECD Publishing.
- Palm, B., & Nowacki, J.-E. (2010). *Värmepumpars inverkan på effekttoppar i elnätet – Slutrapport P23, Effsys 2*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan och Vattenfall Research and Development.
- Perez Vico, E. (2013). The Impact of Academia on the Dynamics of Innovation Systems: Capturing and explaining utilities from academic R&D. Doktorsavhandling vid avdelningen för Energi och Miljö, Miljösystemanalys, Chalmers Tekniska Högskola.
- Svenska Kyl och Värmepumpföreningen (SKVP). (den 11 07 2019). *Värmepumpsförsäljning*. Hämtat från <https://skvp.se/aktuellt-o-opinion/statistik/varmepumpsforsaljning>
- Värmemarknad Sverige. (den 10 07 2019). *Värmemarknad Sverige Etapp 3*. Hämtat från <http://www.varmemarknad.se/index.htm>

Intervjuer

Namn	Organisation	Datum
Björn Palm	KTH	2019-06-20
Carl Godmark	Grundfos AB	2019-08-16
Carlos Lopes	Energimyndigheten	2019-06-26
Caroline Haglund Stignor	RISE	2019-06-28
David Kroon	NIBE AB	2019-07-01
José Acuña	KTH/Bengt Dahlgren AB	2019-07-04
Jörgen Rogstam	Svensk Energi & Kylanalys AB	2019-08-13
Kent Karlsson	Enertech/CTC AB	2019-08-19
Martin Forsén	NIBE AB	2019-08-13
Monica Axell	RISE	2019-06-28
Per Jonasson	SKVP	2019-08-20
Per-Erik Jansson	ICA Fastigheter AB	2019-08-09
Richard Furberg	Electrolux AB	2019-08-15
Saqib Javed	Chalmers Tekniska Högskola/ Lunds Tekniska Högskola	2019-08-22
Signhild Gehlin	Svenskt Geoenergicentrum	2019-08-16
Styrbjörn Drugge	IVT/Bosch Thermoteknik AB	2019-07-09
Victor Fransson	IVT/Bosch Thermoteknik AB	2019-08-15
Viktor Ölen	SKVP	2019-06-18
Willy Ociansson	Willys CleanTech AB	2019-08-23

Bilaga 1 Effsysprogrammens mål

Programmen inom Effsys har haft uppställda mål på olika nivåer, vilka har sett något annorlunda ut mellan varje program. I huvudsak går det att dela in programmens mål enligt den indelning som gjordes i Effsys 2, vilket innebär *övergripande mål*, *10-års mål* och *projekt mål*. Övergripande mål syftar till mål som är närbesläktade med programmens visioner och syften. 10-års mål avser kvantitativa mål som ska uppfyllas inom en 10-årsperiod, i Effsys Expand benämns dessa som *effekt mål*. Projekt mål är den mest kvantifierbara nivån där kortsiktiga mål för programmens projekt ställs upp. I Tabell 3 visas programmens övergripande mål enligt denna indelning.

Tabell 3 Övergripande mål för samtliga forskningsprogram

Program	Övergripande mål
Effsys 2	<ul style="list-style-type: none">• Bidra till utveckling av energisystemet genom att ta fram effektivare värmepumps- och kylteknik som när den tillämpas i det svenska energisystemet minskar energianvändningen.• Bidra till utveckling av energisystemet genom att ta fram effektivare värmepumps- och kylteknik som när den tillämpas i det svenska energisystemet reducerar effekttoppar i kraftsystemet.• Stärka och utveckla den kunskap och kompetens inom universitet, högskola, forskningsinstitut och industri som behövs för utvecklingen av energisystemet.• Stärka svensk industris konkurrenskraft inom området värmepumpande tekniker.• Stärka samverkan mellan stat, forskning och näringsliv vad gäller värmepumpande tekniker.
Effsys Plus	<ul style="list-style-type: none">• Bidra till uppbyggnad av kunskap och kompetens om kyl- och värmepumpsteknik med tillämpningar syftande till ett resurseffektivt och uthålligt energisystem anpassat till användares behov.• Bidra till fortsatt teknikutveckling i den svenska industrin för kylteknik och värmepumpar så att dess konkurrenskraft kan stärkas.• Behålla och ytterligare stärka den starka position som svenska institutioner har inom kyl- och värmepumpande teknik.• Vara en ledande mötesplats där myndigheter, universitet och högskolor, institut, näringsliv och brukare stimuleras till samverkan inom kyl- och värmepumpande teknik.
Effsys Expand	<ul style="list-style-type: none">• Teknikutveckling: Utveckling av hållbara tekniker och system för framtiden ska säkerställa energieffektivitet samt kostnadseffektivitet.• Kommersialisering av resultaten: Bidra till att stärka konkurrenskraften för svenskt näringsliv samt öka välfärden i stort.• Kunskaps- och kompetensuppbyggnad: stärka kompetensen inom såväl forskningsvärlden som inom näringslivet samt användarsektorn.• Nationell samverkan: Utgöra en ledande mötesplats för myndigheter, forskningsvärld, näringsliv samt användare som ska Utgöra en grund för en bred syn på hur teknik och människa kan mötas utan negativ exploatering av natur eller människor.• Internationell samverkan: Aktivt dela med sig samt ta del av den kunskap som tas fram nationellt och internationellt inom de definierade sakområdena.

De övergripande målen har över tid alltid syftat till att utveckla teknik som kan minska eleffektbehov och energianvändning, bygga upp eller bibehålla konkurrenskraft för svenska institutioner och företag genom teknikutveckling och kompetensutveckling samt att stärka samverkan mellan stat, forskning och näringsliv genom att utgöra en mötesplats för dessa aktörer.

Programmets 10-års mål redovisas i Tabell 4 nedan:


Tabell 4 10-års mål för samtliga forskningsprogram

Program	10-års mål
Effsys 2	<ul style="list-style-type: none"> Vid utbyten och nyinstallation finns värmepumpbaserade systemlösningar som är minst 15 % energieffektivare än dagens system för uppvärmning och kyla. Med samma nytta, väsentligt minska behovet av toppeffekt i värmepumps- och kylsystem jämfört med idag. Spara minst 5 TWh energi i värmesektorn och 0,5 TWh el i kylsektorn (livsmedelskyla).
Effsys Plus	<ul style="list-style-type: none"> Tillhandahålla systemlösningar baserade på värmepumpande teknik som bidrar till att EUs 2020-mål avseende miljö och energi kan nås. Genom effektivisering av komponenter och system skapa lösningar som medför en minskad specifik energianvändning av 8 procent jämfört med bästa på marknaden förekommande värmepumpande teknik vid programmets start.
Effsys Expand	<ul style="list-style-type: none"> Tillhandahålla systemlösningar för kyla och värme som långsiktigt bidrar till att nå EUs 2050-mål. Bidra till att nya miljövänliga köldmedier, i enlighet med internationell rekommendation, ersätter dagens. Skapa förutsättningar för systemlösningar med väsentligt reducerad klimatpåverkan från användningen av köldmedier i kyl- och värmepumpsystem. Skapa en plattform för innovationsprojekt med stor potential samt stort nyhetsvärde. Bidra till att värmepumpar från svensk industri drar nytta av, och uppfyller kommande krav i EUs Ekodesigndirektiv.

Programmets 10-års mål konkretiserar hur de övergripande målen ska uppnås. I Effsys Expand läggs även extra vikt vid att nya köldmedier ska undersökas och utvecklas, vilket inte specifikt har varit i fokus i tidigare program. Programmets projektmål sammanfattas i Tabell 5.

Tabell 5 Projektmål för samtliga forskningsprogram

Program	Projektmål
Effsys 2	<ul style="list-style-type: none"> Kompetensuppbyggnad akademi – minst 4 examinerade licentiater. Förnya och utöka programmets intressentkrets. Vidga systemsynen i projektportföljens sammansättning – minst 3 programöverskridande samarbetsprojekt och minst 2 projekt om energioptimering ska genomföras i samarbete med brukare på aggregerad nivå. Information och resultat ska spridas till relevanta aktörer inom forskning och industri.
Effsys Plus	<ul style="list-style-type: none"> Utöka användningsområdena för resurseffektiv kyl och värmepumpsteknik i minst två nya tillämpningar. Samverkan med minst 100 företag som samfinansierar. Examination av minst nio forskarstuderande (lic-/dr-examina). Medverka i minst fyra internationella forskningsprojekt inom internationella organisationer som IEA-HPP, IIR, Rehva, EUs ramprogram eller ASHRAE.
Effsys Expand	<ul style="list-style-type: none"> Utöka användningen av resurseffektiv kyl- och värmepumpsteknik med minst tre nya tillämpningar. Ta fram minst fem tillämpningar av fristående värme- eller kylsystem. Samverkan med över 100 företag som samfinansierar där programmet ger även små samt medelstora företag möjlighet till ökad forskning och innovation. Ta fram tre helt kontantfinansierade (50/50 %) doktorandprojekt, motsvarande de s.k. särskilda doktorandprojekten inom EFFSYS+, för att öka möjligheterna för företag att satsa på egen teknikutveckling och därmed stärka konkurrenskraften samt bidra till samhällsnyttan. Examination av minst 10 forskarstuderande (lic.-/dr-examina). Medverka inom minst fyra internationella forskningsprojekt.



Energimyndigheten leder energiomställningen in i ett modernt och hållbart fossilfritt välfärdssamhälle – med hjälp av trovärdighet, helhetssyn och mod.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället, och arbetar för en trygg energiförsörjning.

Denna rapport är framtagen av IVL Svenska Miljöinstitutet på uppdrag av Energimyndigheten.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se