

Luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad

Energieffektiviseringspotential, möjligheter och hinder

LÅGAN Rapport
Juli 2023

Maria Jangsten
Åsa Wahlström

Förord

I detta projekt har involverade aktörer varit representanter från nätverken LÅGAN, BeBo och BeSmå samt från Energimyndigheten. Utöver detta har följande företag bidragit med värdefull information och synpunkter i både intervjuer och vid workshopen: Installatörsföretagen, Svensk Ventilation, Svenska Kyl och Värmepumpföreningen, IV Produkt, Panasonic, NIBE, Trä- och Möbelföretagen, RISE, Isolerfirmorna, Boverket, Enervent och Norska Värmepumpföreningen. Bakgrunden till projektet kommer från mål och ambitioner för att energieffektivisera småhus med direktverkande el, samt från inspiration av forskning på kanalanslutna värmepumpssystem från Nordamerika, presenterat vid ECEEE konferensen 2022. Åsa Wahlström CIT Renergy har stått för idé och diskussioner under genomförandet medan huvudsakligt genomförande med intervjuer, fallstudie, litteraturstudie, beräkningar, projektering och genomförande av workshop har genomförts av Maria Jangsten CIT Renergy som också varit projektledare. Projektet har finansierats av Energimyndigheten.

Göteborg, juli 2023

Maria Jangsten



LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Västra Götalandsregionen, Formas, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibygnader och skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se



Sammanfattning

Denna förstudie avser att undersöka vilken energieffektiviseringspotential det finns för ett luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad och jämföra det med andra traditionella uppvärmningssystem för energieffektivisering. Förstudiens mål var att ta fram underlag för om luft-luftvärmepumpar med hög täckningsgrad är lämpliga för den svenska marknaden, samt att fastställa om det finns ventilations- och värmepumpsleverantörer som är intresserade av att driva utvecklingen av en sådan produkt.

Genomförandet delades upp på följande moment: litteraturstudie inklusive intervjuer och en fallstudie av ett befintligt hus, intervjuer med svenska branschorganisationer och värmepumpstillverkare, beräkningar för att fastställa lönsamhet och energieffektiviseringspotential, framtagning av kravspecifikation, genomförande av en workshop och slutligen rapportskrivning och kompletteringar baserat på utfall från workshop och referensgruppsmöten.

Resultatet från denna förstudie visade att produkter för luft-luftvärmepumpslösningar med hög täckningsgrad redan finns tillgängliga på den svenska marknaden, men att kunskapen om dessa produkter och system ofta är låg eller otillräcklig i alla led, från återförsäljare till beställare. Därutöver kan tillgängliga produkter behöva vidareutvecklas för att anpassas till befintliga småhus med direktverkande el, samt för att integrera ventilation med värmeåtervinning.

För beräkningar av energibesparing och lönsamhet undersöktes fyra olika uppvärmningsalternativ:

1. kanalansluten luft-luftvärmepump (100 % täckningsgrad),
2. multisplit luft-luftvärmepump (87 till 95 % täckningsgrad),
3. installation av två standard luft-luftvärmepumpar (60 till 70 % täckningsgrad),
4. konvertering till vattenburet värmesystem med radiatorer och installation av en luft-vattenvärmepump (100 % täckningsgrad).

För uppvärmningsalternativen som kan nå 100 procents täckningsgrad har ett kanalanslutet luft-luftvärmepumpssystem en betydligt lägre investeringskostnad och något högre lönsamhet (internränta på 7 till 10 procent) än en konvertering till ett vattenburet uppvärmningssystem och installation av en luft-vattenvärmepump. Uppvärmningsalternativen med lägre täckningsgrad, multisplit luft-luftvärmepumpssystem och två standard luft-luftvärmepumpar, ger både en lägre investering och högre lönsamhet (internränta på 12 till 17 procent).

Faktorer som husets byggnadstekniska förutsättningar, U-värden, planlösning och dess klimatzon är viktiga att beakta då de påverkar investeringskostnader, årlig energibesparing och därigenom lönsamheten för respektive uppvärmningsalternativ. Det finns möjlighet att minska investeringskostnader

genom optimering av till exempel inblåsningstemperatur och mer anpassad storlek på inomhusenheter. Utöver dessa faktorer är det viktigt att beakta andra för- och nackdelar, så som möjlighet till effektiv ventilation med värmeåtervinning, kyla, termisk komfort och estetik.

Det finns ett intresse från branschen att driva utvecklingen av luft-luftvärmepumpar med hög täckningsgrad, men samverkan mellan olika aktörer behövs. Detta skulle kunna åstadkommas bland annat genom den framväxande "one-stop-shop" marknaden. Utöver detta behöver potentialen för dessa system påvisas och spridas, vilket kan göras genom till exempel en tekniktävling.

Innehållsförteckning

Förord	2
1 Inledning	6
1.1 <i>Bakgrund</i>	6
1.2 <i>Syfte och mål</i>	7
1.3 <i>Genomförande</i>	7
2 Litteraturstudie	9
2.1 <i>Värme- och kylakulturen för nordamerikanska bostäder</i>	9
2.1.1 Produktutbud	10
2.1.2 Företagsutbud	11
2.1.3 Installation av kanalsystem	12
2.2 <i>Forskning och utveckling av kanalanslutna värmepumpssystem</i>	13
2.3 <i>Förluster i kanalsystem</i>	15
3 Metod	16
3.1 <i>Beräkningar</i>	16
3.1.1 Systemlösning 1: kanalanslutna luft-luftvärmepump	19
3.1.2 Systemlösning 2: multisplit luft-luftvärmepump	19
3.1.3 Översikt och indata lönsamhetsberäkningar	20
3.2 <i>Intervjustudie</i>	22
3.3 <i>Workshop</i>	23
4 Resultat och diskussion	24
4.1 <i>Beräkningar</i>	24
4.1.1 Typhus 1,5-plan	25
4.1.2 Typhus 1-plan	28
4.1.3 Lönsamhetsberäkningar	30
4.2 <i>Intervjuer</i>	33
4.3 <i>Workshop</i>	35
4.4 <i>Sammanfattning: möjligheter, hinder och potential för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad</i>	36
4.5 <i>Förslag fortsatt arbete</i>	37
Referenser	40
Bilaga 1: Fallstudie av befintligt hus	44
Bilaga 2: Utkast på kravspecifikation för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad	53

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Både Sverige och EU har stora ambitioner gällande effektivare energianvändning och minskad klimatpåverkan, och bebyggelsen är en viktig del i de ambitionerna. I EU kommissionens förslag till revidering av Direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD) föreslås införandet av minimikrav på energiprestanda för byggnader (så kallade MEPS), vilket avser att sätta en övre gräns för hur mycket energi en byggnad får använda för att kunna säljas eller hyras ut. Förutom minskad klimatpåverkan skulle en storskalig eleffektivisering i byggnadssektorn kunna bidra till att Sverige klarar utmaningen som Svenska Kraftnät förutspår, om en fördubbling av elanvändningen till 2045. Utdrag ur energideklarationsregistret Gripen visar att för små byggnader (mindre än 350 m²) med sämst energiprestanda (energiklass G och F) är cirka 25 procent uppvärmda med direktverkande eller luftburen el (där några få procent har kompletterande veduppvärmning). Ytterligare cirka 15 procent har en luft-luftvärmepump installerad men det finns sannolikt ytterligare förbättringsmöjligheter eftersom energiprestandan fortfarande är klass F och G. Även inom klass E finns ett stort antal byggnader med direktel. Sammantaget rör det sig om mer än tvåhundrausen små byggnader som har någon form av direktverkande el och hög energiprestanda.

Lämpliga energieffektiviseringsåtgärder för dessa små byggnader är främst att installera en luft-luftvärmepump eller att konvertera till ett vattenburet distributionssystem och ett annat uppvärmningssystem. Det sistnämnda har nackdelen att investeringskostnaden för det vattenburna distributionssystemet ofta är över hundrausen kronor, vilket gör att energieffektiviseringen har svårt att bli kostnadseffektiv. Det traditionella sättet att installera en luft-luftvärmepump i en liten byggnad är att sätta den ovanför dörren i hallen för att den ska få så stor spridning som möjligt i huset. Det är dock sällan som luftspridningen når ut till stora delar utav huset och vanligen räknar man med en täckningsgrad på 50 procent. Det innebär att det finns en större potential att energieffektivisera som inte nyttjas i dessa byggnader.

I Nordamerika är det vanligt att använda sig av en annan teknik vid installation av luft-luftvärmepumpar. Där installeras inomhusdelen på vinden och sedan installeras ett ventilationssystem med till- och frånluftskanaler till varje rum av huset. Fördelar är att täckningsgraden blir betydligt större och att inomhusdelens ljudalstring främst är på vinden och därmed inte blir lika störande för de boende.

Att kunna erbjuda ett liknande system på den svenska marknaden skulle kunna hjälpa till med omställningen till mer eleffektiva små byggnader till en rimlig kostnad och därmed minska sårbarheten för energikostnader. Av denna anledning finns det en möjlighet att undersöka om det på likande sätt som i Nordamerika går att installera luft-luftvärmepumpar som kan nå en högre täckningsgrad.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna förstudie är att undersöka om luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad är ett bra alternativ för att energieffektivisera små byggnader som idag har hög energianvändning för uppvärmning med direktverkande el.

Målet med denna förstudie är därför att:

- undersöka vilken typ av byggnader som kan vara lämpliga för ett luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad,
- undersöka energieffektiviseringspotential och lönsamhet för ett luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad och jämföra det med andra traditionella uppvärmningssystem för energieffektivisering,
- undersöka vad som erbjuds på den svenska marknaden samt möjligheter och hinder för ventilations- och värmepumpsleverantörer att driva utvecklingen vidare,
- ge ett första förslag på kravspecifikation för upphandling av luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad och
- ge förslag på fortsatt arbete.

1.3 Genomförande

Förstudiens genomförande är uppdelad på följande moment:

1. Litteraturstudie genom litteratursök på Scopus och Google Scholar samt informationssök på internet efter produkter, företag och branschinformation för att ta reda på hur tekniken fungerar i andra länder, främst Nordamerika. Intervju med företaget Clover Heating and Cooling i Sleepy Hollow, New York samt Landmark Construction & Development of New York Inc. Fallstudie av befintligt hus i Sleepy Hollow, New York, där en luft-luftvärmepump med kanalsystem installerats vid en renovering.
2. Intervjuer med svenska aktörer så som branschorganisationer och värmepumpstillverkare. Detta för att ta reda på vad som erbjuds på marknaden idag och vilka möjligheter och hinder som finns för att installera en luft-luftvärmepumpslösning med hög täckningsgrad.
3. Beräkningar för att fastställa lönsamhet och energieffektiviseringspotential för en luft-luftvärmepumpslösning med hög täckningsgrad. Detta inkluderar informationssök på internet om teknisk information och kostnader för befintliga produkter och komponenter.
4. Framtagning av ett utkast på kravspecifikation. Kravspecifikationen ska innehålla krav både på energieffektivitet och lönsamhet samt enkel och estetisk installation.

5. Genomförande av en workshop där resultatet från förstudien så långt presenteras samt möjligheter och hinder med luft-luftvärmepumpslösningen diskuteras. Utkastet på kravspecifikationen diskuteras samt möjligt upplägg för framtida utveckling och nästa steg.
6. Komplettera beräkningar efter resultat från workshopen samt rapportskrivning.

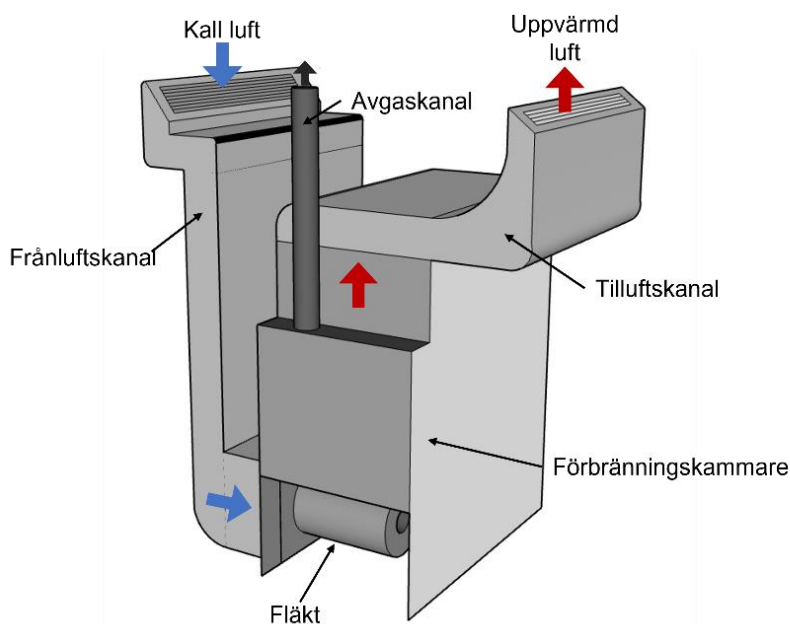
Utöver detta har två referensgruppsmöten genomförts med representanter från nätverken BeBo, BeSmå och LÅGAN samt Energimyndigheten, innan intervjuerna samt efter workshopen.

2 Litteraturstudie

2.1 Värme- och kylakulturen för nordamerikanska bostäder

I USA och Kanada är det vanligt att bostäder värms med forcerad luft. Det är också vanligt att bostäder har kyla via luftkonditionering. Detta gäller såväl lägenheter i små och stora flerbostadshus, som radhus och fristående enfamiljshus. I USA värms 59 procent av hushållen med forcerad luft och i Kanada är andelen 51 procent [1], [2]. Av hushållen i Kanada har 64 procent luftkonditionering, av vilka 60 procent har ett centralt luftkonditioneringssystem (kallat "central air") [3]. I USA är andelen hushåll med luftkonditionering 88 procent, varav 75 procent har "central air" [4].

Ett uppvärmningssystem med forcerad luft består av en central varmluftspanna som drivs av naturgas, el eller olja, se Figur 1, eller en central värmepump. Hus som har "central air" använder antingen ett centralt luftkonditioneringsaggregat eller en värmepump för kyla, i stället för luftkonditioneringsapparater i fönstren. Om en central värmepump används för uppvärmning brukar den vara reversibel för att också användas till kyla. De vanligaste värmepumparna är uteluftsvärmepumpar eftersom de är billigare och enklare att installera än berg- eller ytjordsvärmepumpar [5].



Figur 1: Varmsluftspanna med anslutna till- och frånluftskanaler för uppvärmning med forcerad luft.

Alla bostäder med ett forcerat luftsystem för antingen värme, kyla eller både ock har ett kanalsystem installerat i vilket luften distribueras till bostadens olika utrymmen [1], [2], [5], [6]. Detta innebär att majoriteten av nordamerikanska

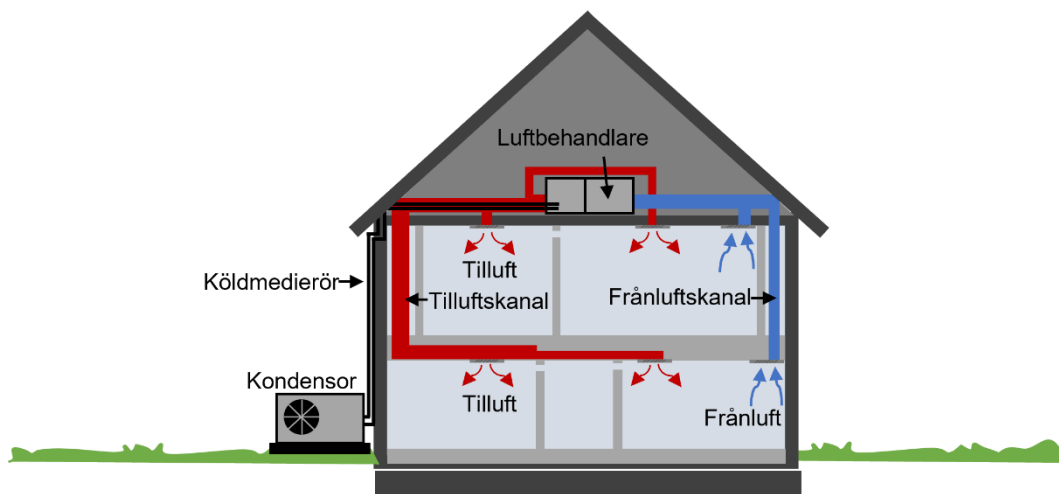
hushåll har kanalsystem för luft, där den primära avsikten med kanalsystemet inte är för ventilationsändamål, utan för att värma och/eller kyla bostaden.

2.1.1 Produktutbud

För att tillgodose behoven som USA och Kanadas värme- och kylkultur skapar, finns det många produkter på den nordamerikanska marknaden som är mer okända ur ett svenskt perspektiv. Exempel på dessa är [7]–[14]:

- kanalanslutna värmepumpar
- split värmepumpar med upp till fem (ibland upp till åtta) inomhusenheter vilka kan kombineras med eller utan kanaler.

Om ett befintligt hus i Nordamerika har en varmluftspanna med tillhörande kanalsystem, och denna panna antingen ska ersättas eller kompletteras, är det idag vanligt att en central kanalansluten värmepump installeras. På så sätt kan existerande kanalsystem användas med den nya värmepumpen. Kanalsystemet kan dock behöva uppgraderas, särskilt om det är äldre och läcker på grund av otätheter [15]. Det kan också visa sig att kanalsystemet är för litet och behöver byggas om [16]. En kanalansluten värmepump består av en utomhusdel (kondensator) och en inomhusdel som ofta kallas för "air handler" (luftbehandlare med förångare och fläkt). Luftbehandlaren, dvs inomhusdelen, kan placeras på vinden eller i källaren och till den ansluts till- och frånluftskanalerna. Utomhus- och inomhusdel kopplas samman med köldmedierör [17], [18], se Figur 2.

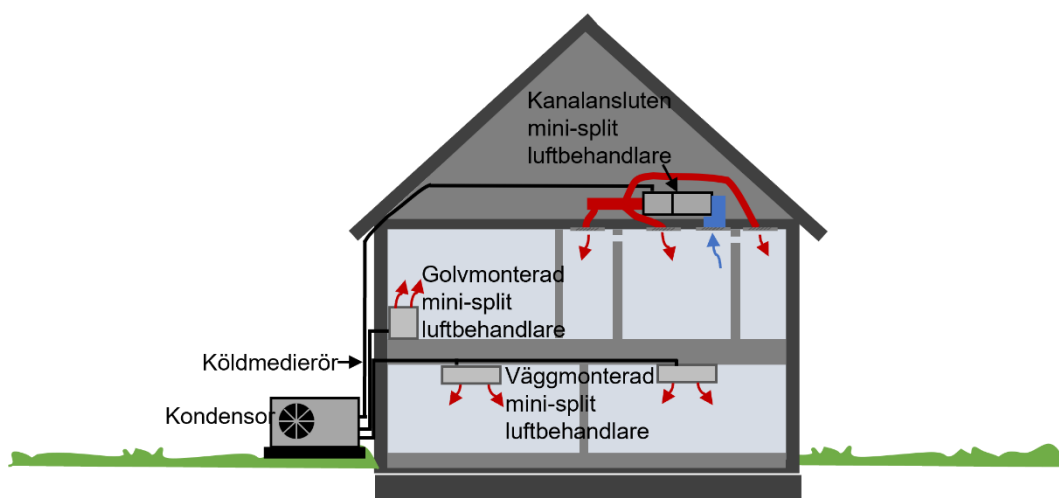


Figur 2: Kanalanslutet värmepumpssystem med uteluftvärmepump.

Om huset inte redan har ett kanalsystem är det vanligt att ett split värmepumpssystem (även kallat för multi- eller minisplit) väljs i stället. Detta för att ett nytt kanalsystem kan bli både dyrt och besvärligt att installera i ett befintligt hus. Det som skiljer den så kallade multisplitvärmepumpen från den kanalanslutna värmepumpen är inomhusdelen. I ett multisplitsystem kan upp till åtta luftbehandlare kopplas till en kondensator, men vanligast är att en kondensator klarar

av fem enheter. Luftbehandlingsdelarna kan antingen vara kanalanslutna (på engelska "ducted") eller kanal fria ("ductless") [17].

En kanalansluten luftbehandlare i ett splitsystem placeras till exempel bakom ett innertak, i en innervägg eller under golvet och kanaldragning kan göras från luftbehandlaren till fler utrymmen. Vid en sådan installation undviks kanaldragning från vindsutrymmet genom att luftbehandlaren placeras närmre det utrymmet den förser, samtidigt som estetiken från ett kanalanslutet system uppnås då det enda som syns i rummet är till- och frånluftsgaller i tak, vägg eller golv. En kanalansluten luftbehandlare kan också med fördel förse flera mindre intilliggande rum med värme eller kyla från en enhet, i stället för att installera en luftbehandlare i varje rum [17], se Figur 3.



Figur 3: Split värmepumpssystem med fyra inomhusdelar, varav en kanalansluten, en golvmonterad och två väggmonterade. Alla fyra inomhusdelar är kopplade till samma utomhusdel.

Splitsystemen kan även väljas utan några kanalanslutna inomhusdelar. Inomhusdelarna kan kombineras så som passar rummen bäst, till exempel genom att välja golvmonterad, väggmonterad eller en integrerad takkassett. En del HVAC entreprenörer i USA har slutat att erbjuda kanalanslutna system, med den främsta anledningen att kanal fria system är enklare och billigare att installera. Dessa system verkar vara på väg att bli mer vanliga och populära än kanalanslutna system [19].

2.1.2 Företagsutbud

I Nordamerika är de företag som kan installera ovan exempel på värmepumpssystem vanligtvis en HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning) entreprenörer för bostäder. Till ett sådant företag vänder sig en privatperson för att få hjälp med hela processen, från dimensionering till inköp, installation och idrifttagning. Företaget hjälper kunden att föreslå system specifikt anpassat för kundens hus, designar kanalsystem och värmepump, köper in material (både kanaler, värmepump och tillhörande komponenter), installerar hela systemet och tar systemet i drift. De kan även hjälpa till med service och underhåll. Dessa

företag organiseras av branschorganisationen ACCA (Air Conditioning Contractors of America) [20] och arbetar alltid lokalt.

För att dimensionera systemen och storleken på värmepumpen har ACCA tagit fram en nationell standard för att beräkna värme- och kyllaster för bostäder som kallas för "Manual J" och som HVAC entreprenörer använder sig av [21]. Enligt HVAC entreprenören Clover Heating and Cooling är indata som behövs till beräkningen bland annat storlek på huset, takhöjd, antal rum, antal och storlek på fönster och dörrar. Entreprenören påbörjar därför alltid dimensioneringsprocessen med att mäta upp huset och ta reda på denna data. Därefter tar entreprenören fram en offert för hela arbetet där material och installation ingår. De använder sig av flera olika leverantörer för att köpa in den utrustning och det material som behövs. De hantverkare som utför arbetet är utbildade inom HVAC/R (Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration), där hantverkaren är certifierad att hantera köldmedium. Elarbeten utförs av elektriker och är vanligtvis ett separat företag vars arbete koordineras av HVAC entreprenören [19].

2.1.3 Installation av kanalsystem

Om ett kanalsystem inte redan finns kan det installeras i befintliga hus, se bilaga 1 för fallstudie. Det är då vanligast att luftbehandlingsdelen placeras på vinden och kanaldragning görs från vinden genom vindbjälklaget till tilluftsgaller i innertaket i våningen under. Om huset har två våningsplan dras vanligtvis kanalerna från våningsplan två till våningsplan ett genom inbyggda garderober på våning två. Detta för att göra minsta möjliga ingrepp samtidigt som kanalerna inte exponeras i rummet. Även luftbehandlare för nedervåning kan placeras i inbyggda garderober för att inte vara synliga i rummet [19], [22], [23].

Det finns flera olika typer av kanaler. Utöver rigida rektangulära eller kvadratiska kanaler kan man välja flexibla tuber. I garderober är det dock bäst att välja rigida kanaler om de inte är täckta bakom en vägg, då flexituber inte klarar slitage så väl och kan lätt bli punkterade [23].

Small-Duct High-Velocity (SDHV) kanalsystem

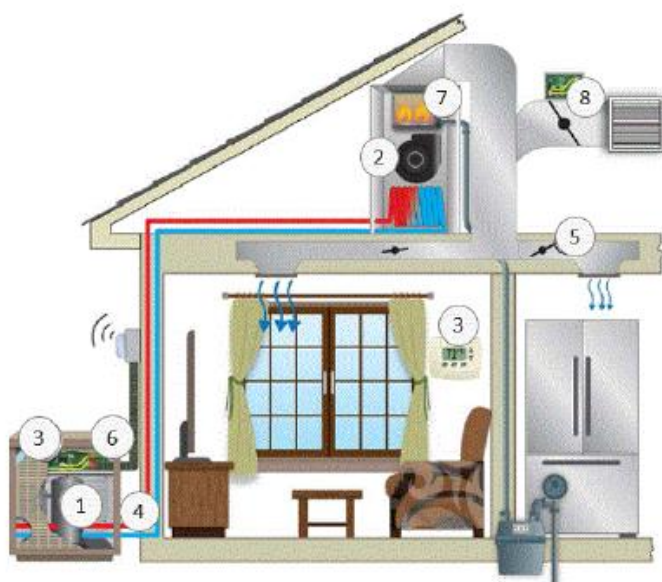
Small-Duct High-Velocity kanalsystem har tagits fram för att enkelt och med ett litet ingrepp kunna installeras i befintliga hus som inte tidigare har ett kanalsystem för värme och kyla. Kanalerna har en diameter på ca 50 mm inklusive isolering och kan få plats i befintliga väggar, golv och andra trånga utrymmen. Eftersom kanalerna har en liten diameter används höga lufthastigheter och fler tilluftsventiler krävs för att distribuera luften jämfört med ett traditionellt kanalsystem [24]. På grund av detta kan problem med ljud uppstå. Det är också viktigt att tilluftsdonen placeras på lämpliga ställen. Till exempel kan tilluftsventiler ovanför fönster med gardiner leda till rörelser i gardinerna då luften tillförs rummet [22].

Ett exempel på denna typ av kanalsystem är "Unico systemet". Kanalerna har en dimension på 50–63,5 mm och förutom kanalsystem finns även luftbehandlare med höga lufthastigheter samt spjäll för zonindelning [25]. Luftbehandlaren för SDHV-system behöver vara anpassad för kanalerna och generera den höga lufthastighet som de kräver. Detta innebär att luftbehandlaren storlek blir mindre och kan enklare få plats på vindar, i kryppgrunder och även i garderober. Kostnaden för ett SDHV system brukar variera mellan \$20 000 och \$40 000, vilket även inkluderar luftbehandlare och kondensor [26].

2.2 Forskning och utveckling av kanalanslutna värmepumpssystem

På Electric Power Research Institute i Kalifornien har sedan 2016 forskning på kanalanslutna värmepumpssystem för värme och kyla utförts. Systemet kallas för "Next-Generation Space Conditioning Systems" (Next-Gen RSCS) och är ett kanalanslutet värmepumpssystem som integrerar följande funktioner, se Figur 4 [27]:

- 1) Kompressor med variabelt varvtal (variabel kapacitet)
- 2) Fläkt med variabelt varvtal
- 3) Automatisk efterfrågerespons (demand response)
- 4) Alternativt köldmedia
- 5) Zon-kontroll
- 6) Felsökning och detektering
- 7) Intelligent dubbelbränsleuppvärmning (naturgas/el)
- 8) Integrerad ventilation med värmeåtervinning



Figur 4: "Next-Generation Space Conditioning Systems" (Next-Gen RSCS), utvecklad och testad vid Electric Power Research Institute i Kalifornien.

Systemet har utvecklats och testats i tre olika laboratorier [28] och genom tre fälttester [29]. Utöver de åtta funktionerna ovan utvärderades även värmeförluster i kanalsystemet för en och flera zoner för olika luftflöden (genom att variera kapacitet och varvtal på kompressor och fläkt) samt beroende på temperatur i det icke-behandlade vindsutrymmet [27]. Resultaten från dessa studier visar att en energibesparing på upp till 50 procent kan uppnås genom att de olika funktionerna ovan integreras. Detta jämfört med en standardvärmepump med fast varvtal och SEER 14. Utöver en energibesparing ger detta system en ökad kundkomfort och större flexibilitet [29].

Studierna försågs med produkter från tillverkare Daikin/Goodman. De produkter och komponenter som testades tillhör deras vanliga produktsortiment och finns redan tillgängliga kommersiellt. Detta inkluderar bland annat kompressor och fläkt med variabelt varvtal samt integrerad värmeåtervinningsventilation. De största hindren för att marknaden ska ta sig till den nya produkten som testades i studierna identifierades som höga inköpskostnader samt användarnas okunskap om tekniken och dess fördelar [27].

Zon-kontroll

Zon-kontroll är vanligt i ventilationssystem i kommersiella fastigheter men inte i bostäder, och majoriteten av hushåll i USA kontrolleras vanligtvis av en central termostat för hela huset [30]. Zonindelning i ett kanalanslutet värmepumpssystem uppnås genom att installera ett spjäll för varje zon i tilluftskanalen, som kontrolleras av en termostat installerad i vardera zon. Om man har zonindelning och en fläkt med variabelt varvtal kan luftflödet justeras så att det matchar lasten och antalet zoner som kallar på värme eller kyla [27]. Krishnamoorthy et al. [30] visade genom laborietester att ett värmepumpssystem med variabel kapacitet kopplat till ett multi-zonkanalsystem får ett högre COP då zon-kontroll används, jämfört med samma system utan zon-kontroll. Dock beror det på kanalsystemets temperatur och systemets kapacitet. Zonindelning minskar på så sätt energianvändningen och den maximala effekten genom att bara kyla och värma de zoner där någon befinner sig. Idag är det dock endast 7 till 10 procent av installatörerna som använder zonindelning i bostäder [27].

Ventilation med värmeåtervinning

Även om värmepumpssystemen med kanalanslutna inomhusdelar i första hand endast är till för att värma och kyla bostaden har en funktion för integrerad ventilation med värmeåtervinning (VÅV) utvärderats i Next-Gen RSCS forskningsprojektet. Värmeåtervinningsens sensibla effektivitet utvärderades i laboratorium och via simuleringar för Kaliforniens klimatzon 10 (för vilken kyla är dimensionerad för en utetemperatur på 38°C och värme för 2°C). Resultaten visade att VÅV kunde ge en energibesparing på 1–4 procent under kylsäsongen och 1 procent under värmesäsongen, jämfört med att använda en kombinerad AC och varmluftspanna med SEER 14 respektive 80 procent effektivitet [27].

Integrerad värmeåtervinningsventilation i ett luft-luftvärmepumpssystem för bostäder har även utvärderats genom simuleringar i TRNSYS för tre olika kanadensiska klimatzoner. Resultaten visade att den årliga energianvändningen för uppvärmning minskade med VÅV. För klimatzon 5 med 850 graddagar under värmesäsongen minskade energianvändningen för värme med ca 10 kWh/m² vilket motsvarade 17–19 procent. För klimatzon 7 med 4000 graddagar, minskade energianvändningen för värme med ca 50 kWh/m², motsvarande 42–51 procent [31].

2.3 Förluster i kanalsystem

Det är vanligt att 20 till 30 procent av den luft som transporteras i ett kanalsystem förloras genom läckage, hål och dåligt installerade kanaler [15]. Förutom läckage uppstår konduktionsförluster från kanalerna, och totalt kan energiförlusterna från kanalsystemet utgöra 30 till 40 procent av tillförd energi för värme eller kyla. Utöver detta har ett hus med luftburen värme eller kyla upp till 37 procent mer infiltration än ett hus utan, vilket kan bero på otillräcklig injustering [32].

Värmeförluster i kanalerna kan bli betydande beroende på klimatet där värmepumpssystemet installeras. I Kalifornien, med ett varmt och torrt klimat, sker värmeförluster framför allt genom sensibel värmeökning då uttemperaturen är hög. Det är därför viktigt kanalerna isoleras ordentligt för att ett värmepumpssystem med variabel kapacitet ska erhålla hög effektivitet, både för själva värmepumpen samt för distributionssystemet [27], [30]. Omvänt kan detta bli viktigt för värmepumpar i kalla och torra klimat, då värmeförluster kan ske på kalla vindar med dåligt eller otillräckligt isolerade kanaler.

3 Metod

I detta avsnitt presenteras förstudiens metoder vilka består av beräkningar, en intervjustudie samt en workshop.

3.1 Beräkningar

Beräkningar för att bedöma energieffektiviseringspotential och lönsamhet för en luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad utgår från typiska småhus med direktverkande el som uppvärmningssätt. Bland småhusen i Sverige med direktverkande el som uppvärmningssätt är 47 procent byggda på 1970-talet. Av de småhus som har en kombination av direktverkande el och biobränsle är 30 procent byggda på 1970-talet [33], [34]. Av denna anledning finns det en stor potential för ett typhus från 1970-talet att energieffektiviseras genom att installera en luft-luftvärmepump, och delvis konvertera uppvärmningssystemet bort från direktverkande el. Två olika typhus från 1970-talet har därför valts som exempel för beräkningarna. Typhusen har två olika konfigurationer (1,5 respektive 1 plan), är utan källare och befintligt uppvärmningssystem är direktverkande elradiatorer. Dessutom studeras två olika klimatskärmar för de två typhusen, ett kallat "original klimatskärm" med typiska U-värden för byggåret och ett kallat "förbättrad klimatskärm" med förbättrade U-värden som erhålls genom tilläggsisolering av fasad och vind samt byte till fönster med lägre U-värden, se Tabell 1. Uppgifter om husens konstruktion, U-värden och övriga indata så som persontätet och närvaro har hämtats från rapporten och projektet "Energieffektivisering av typsmåhus – Information till energi- och klimatrådgivning" [34].

Tabell 1: U-värden för de två typhusen i beräkningsexemplen, original klimatskärm samt förbättrad klimatskärm.

Byggnadsdel	U-värde original klimatskärm [W/m², K]	U-värde förbättrad klimatskärm [W/m², K]
Yttervägg ¹	0,29	0,18
Fönster	2,20	1,00
Dörrar	1,87	1,87
Vind ¹	0,32	0,20
Bottenplatta ¹	0,37	0,37

¹U-värde inkluderar 15 % påslag för köldbryggor

Typhusens årliga energibehov för uppvärmning samt dimensionerade effektbehov för värme är beräknade i energiberäkningsprogrammet BV2 baserat på klimatdata för två olika orter: Malmö och Linköping. För värmebehoven är inomhustemperaturen vintertid satt till 21°C. Energi för tappvarmvatten beräknats utifrån Boverkets föreskrifter BEN, där 20 kWh/m², år är schablonvärdet

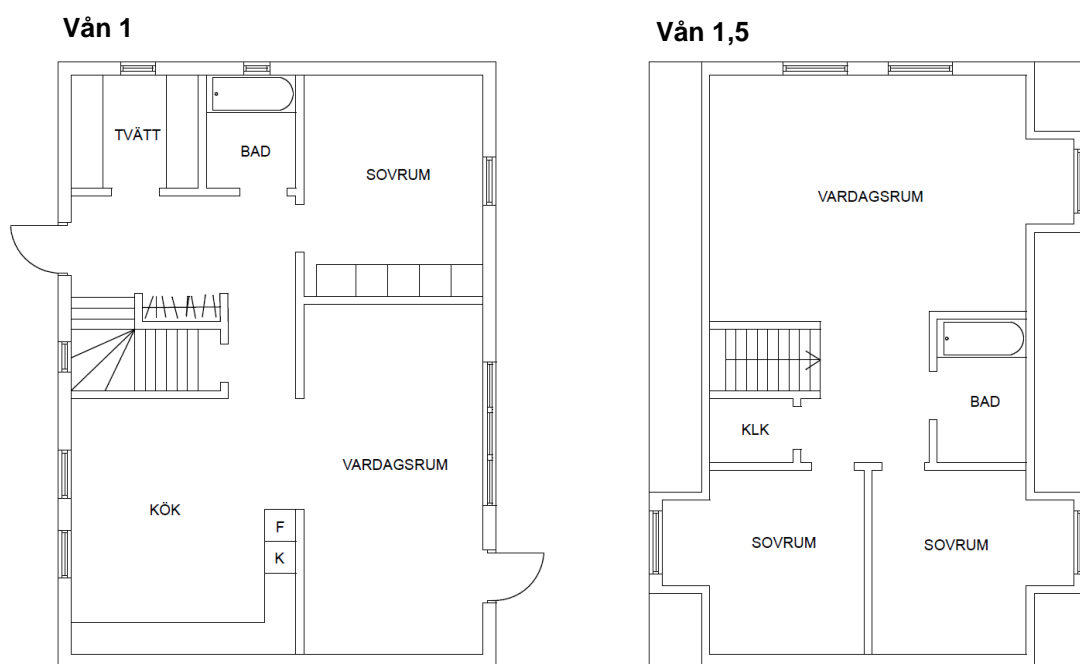
för energianvändning för tappvarmvatten, och en årsverkningsgrad på 1 för en direktverkande elpanna har använts [35].

Typhus 1,5-plan



Figur 5: Typhus 1,5-plan.

Typhus ett, se Figur 5, är en 1,5-plans villa utan källare med planlösning i Figur 6. Inspiration till planlösningen är hämtad från ett 70-talshus på Hemnet. Total A_{temp} är 144 m², fördelat på 82 m² för plan 1 och 62 m² för plan 1,5.



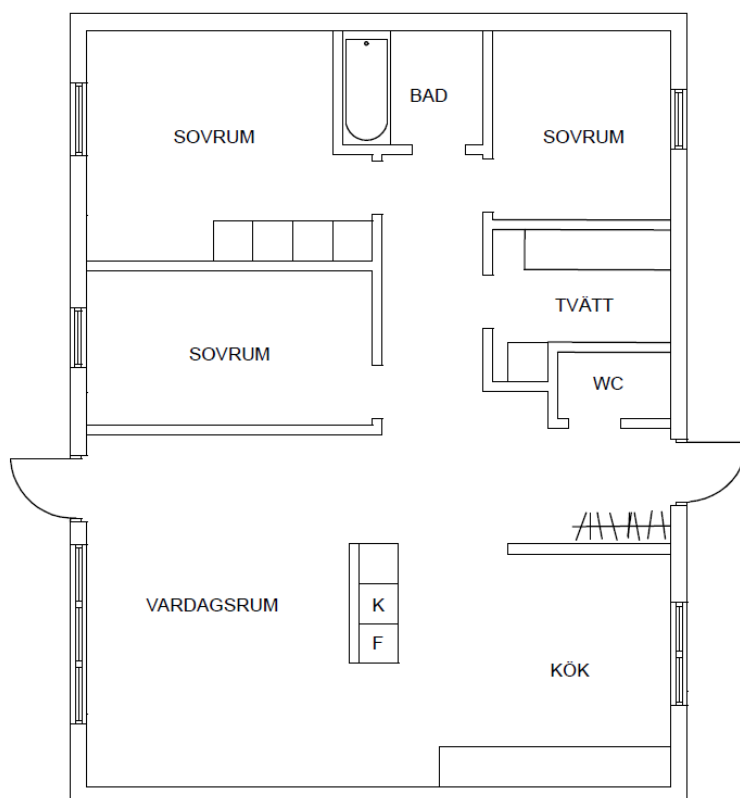
Figur 6: Planlösning för typhus 1,5-plan.

Typhus 1-plan



Figur 7: Typhus 1-plan.

Typhus två, se Figur 7, är en 1-plans villa utan källare med planlösning i Figur 8 och total A_{temp} på 99 m². Även för detta typhus är inspiration till dess planlösning hämtad från ett 70-talshus på Hemnet.



Figur 8: Planlösning för typhus 1-plan.

Två olika systemlösningar för luft-luftvärmepumpar med hög täckningsgrad, baserat på litteraturstudien i avsnitt 2, har tagits fram för beräkningar av energieffektiviseringspotential och lönsamhet (se avsnitt 3.1.1 och 3.1.2). Systemlösning 1 är en kanalansluten luft-luftvärmepump och systemlösning 2 är en multisplit luft-luftvärmepump. De två värmepumpslösningarna har applicerats på respektive typhus.

3.1.1 Systemlösning 1: kanalansluten luft-luftvärmepump

För systemlösning 1 för en luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad har en kanalansluten luftbehandlare valts för luft-luftvärmepumpens inredel. Den placeras på vinden och kanaldragning har gjorts till underliggande våningsplan. När luftburna system är till för att tillgodose ett värmebehov rekommenderas normalt tilluftsdonens placering vara i golvet. Placering av tilluftsdon i tak rekommenderas när kylbehovet är det primära som skall tillgodoses [36]. Trots detta har tilluftsdonens valts att placeras i innertaket för systemlösning 1. Detta för att utrymmet på vinden har bedömts som mest fördelaktigt för placering av den kanalanslutna luftbehandlaren eftersom de två typhusen saknar källare. Detta kan innebära att värmefördelningen blir suboptimal och att golven kan upplevas som kalla.

Dimensionering kanalsystem

Till- och frånluftskanalerna har dimensionerats för att tillgodose husets dimensionerande värmeeffektbehov. Kanalernas storlek har valts utifrån kriterierna att tryckfallet per kanalmeter inte ska överstiga 1 Pa/m samt att luftens hastighet i kanalen skall vara <6 m/s. Om högre tryckfall och lufthastigheter tillåts, kan mindre kanaldimensioner väljas. Tre olika inblåsningstemperaturer för tilluften för dimensioneringsfallet har undersökts: 33°C, 40°C och 52°C. I beräkningarna har följande aspekter exkluderats:

- Typ av till- och frånluftsdon och dess luftdistribution i rummet
- Värmeförluster från kanalerna
- Kanalernas läckfaktor och luftläckage från dem

Kanalsystemet är baserat på cirkulära kanaler och dess dimensioner samt tryckfall per meter är hämtade från tryckfallsdiagram baserat på dimensionerade luftflöde och ovan kriterier för tryckfall och lufthastigheter. Tryckfall för 90 och 45 graders böjar är också hämtade från tryckfallsdiagram [37]. Engångstryckfallen i kanalsystemet är antagna enligt Tabell 2. Kanalerna behöver isoleras med 25–50 mm för att säkerställa låga energiförluster [36].

Tabell 2: Antagna engångstryckfall för kanalsystem och luftbehandlare (inredel värmepump).

Engångstryckfall	
Värme/kylbatteri	50 Pa
Filter (placerad i returkanal)	50 Pa
Ljuddämpare	12,5 Pa
Tryckfall över injusteringspjäll	20 Pa

3.1.2 Systemlösning 2: multisplit luft-luftvärmepump

För systemlösning 2 för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad har en multisplit värmepumpslösning tagits fram bestående av en kombination av

väggmonterade och golvmonterade inredelar. Inredelarna har placerats i sovrum, vardagsrum och kök utifrån typhusens exempelplanlösningar, se Figur 10 och Figur 12, för att erhålla så hög täckningsgrad som möjligt. Dragning av köldmedierör har gjorts på vind och längs utsidan av husets fasad.

3.1.3 Översikt och indata lönsamhetsberäkningar

Lönsamheten för de två luft-luftvärmepumpslösningarna med hög täckningsgrad har jämförts med två traditionella energieffektiviseringsåtgärder: installation av två standard luft-luftvärmepumpar och konvertering till vattenburet värmesystem med radiatorer och installation av en luft-vattenvärmepump. För att jämförelse med det sistnämnda alternativet ska bli likvärdig har även varmvatten inkluderats i beräkningarna, eftersom en luft-vattenvärmepump normalt har en del för varmvattenberedning och en del för uppvärmning. För de övriga alternativen kompletteras luft-luftvärmepumparna med en varmvattenberedare med inbyggd luft-vattenvärmepump vid beräkning av lönsamhet. Totalt studeras och jämförs följande fyra alternativ:

Alternativ 1: kanalansluten luft-luftvärmepump

Alternativ 2: multisplit luft-luftvärmepump

Alternativ 3: installation av två standard luft-luftvärmepumpar

Alternativ 4: konvertering till vattenburet värmesystem med radiatorer och installation av en luft-vattenvärmepump.

I Tabell 3 redovisas antagna SCOP-värden (seasonal coefficient of performance) för respektive värmepump.

Tabell 3: Antagna SCOP-värden för respektive värmepumpslösning utifrån typhus och ort. För luft-vattenvärmepumpen är SCOP för uppvärmning högre än SCOP för varmvattenberedning, därav två antagna SCOP-värden för denna värmepump.

	Malmö		Linköping	
	<i>Typhus 1,5-plan</i>	<i>Typhus 1-plan</i>	<i>Typhus 1,5-plan</i>	<i>Typhus 1-plan</i>
<i>Kanalansluten luft-luft VP¹</i>	3,7	3,6	3,5	3,4
<i>Multisplit luft-luft VP</i>	3,8	4,0	3,6	3,8
<i>Standard luft-luft VP</i>	4,0	4,0	3,8	3,8
<i>VV² beredare med inbyggd VP</i>	2,5	2,5	2,3	2,3
<i>Luft-vatten VP uppvärmning</i>	3,8	3,8	3,6	3,6
<i>Luft-vatten VP VV</i>	2,5	2,5	2,3	2,3

¹ VP = värmepump

² VV = varmvatten

Elförbrukningen för de fyra uppvärmningsalternativen har beräknats utifrån typhusens årliga energibehov för uppvärmning, Q_{uppv} , baserat på klimatskärm

original, med respektive alternativs täckningsgrad samt SCOP-värden från Tabell 3:

$$\frac{Q_{uppv} \cdot \text{täckningsgrad}}{SCOP} + \frac{(1 - \text{täckningsgrad}) \cdot Q_{uppv}}{\eta_{el}} \quad (1)$$

Där η_{el} är verkningsgraden för det befintliga uppvärmningssystemet.

Lönsamhetsberäkningarna för de fyra alternativen är baserad på internräntemetoden som är en metod att bedöma lönsamheten för en betydande investering [38], se ekvation (2).

$$\frac{a}{B_0} = P(r_i, n) \quad (2)$$

Kalkyltiden, n , är 15 år för luft-luftvärmepumpsalternativen 1–3. Kanalsystemet för alternativ 1 antas också ha en kalkyltid på 15 år, även om det är möjligt för livslängden att uppgå till 25 år [39]. För alternativ 4, konvertering till vattenburet värmesystem, är investeringens kalkyltid 35 år, vilken har viktats mot en 15-årig kalkyltid för luft-vattenvärmepumpen genom att fördela investeringen på ett jämförbart sätt. Den årliga besparingen, a kr/år, är beräknad utifrån ett fast elpris på 1,5 kr/kWh, inklusive skatter, fasta avgifter och moms, och är jämförd med kostnaden från det befintliga uppvärmningssystemet. Den antagna investeringskostnaden, B_0 , för respektive alternativ och typhus finns i Tabell 4, där redovisade kostnader är inklusive moms och exklusive ROT-avdrag.

Tabell 4: Investeringskostnader för lönsamhetsberäkningarna. Kostnaderna har antagits vara desamma oavsett husets klimatzon.

Kostnad:	<i>Typhus 1,5-plan</i>			<i>Typhus 1-plan</i>		
	Arbete [kr]	Material [kr]	Totalt [kr]	Arbete [kr]	Material [kr]	Totalt [kr]
<i>Kanalansluten luft-luft VP</i>	4 800	30 000	34 800	4 800	30 000	34 800
<i>Kanalsystem</i>			105 200			72 200
Totalt alternativ 1			140 000			105 000
Alternativ 2	20 800	55 200	76 000	20 800	45 200	66 000
Alternativ 3	12 000	38 000	50 000	12 000	34 000	46 000
<i>Varmvattenberedare med inbyggd VP</i>			30 150			30 150
<i>Vattenburet uppvärmningssystem</i>			115 000			105 000
<i>Luft-vatten VP</i>			125 000			125 000
Totalt alternativ 4			240 000			230 000

3.2 Intervjustudie

Aktörer från luft-luftvärmepumpsbranschen intervjuades med syfte att ta reda på möjligheter, hinder och förutsättningar för den nya luft-luftvärmepumplösningen med hög täckningsgrad. Intervjuerna genomfördes på ett semi-strukturerat tillvägagångssätt vilket innebar att intervjuaren först gick igenom en presentation av problemställning och potentiell lösning som identifierad i litteraturstudien ovan, se Figur 2 och Figur 3. Därefter användes en intervjuguide med fördefinierade frågor som diskussionsunderlag. Respondenten gavs stor frihet att svara på sitt sätt och en diskussion främjades.

Intervjuade aktörer

- Installatörsföretagen
- Svensk Ventilation
- Svenska Kyl och Värmepumpföreningen
- IV Produkt
- Panasonic
- NIBE
- Trä- och Möbelföretagen
- RISE
- Isolerfirmorna
- Boverket
- Enervent
- Norska Värmepumpsföreningen

Intervjuguide

1. Vad är er spontana reaktion till att kunna erbjuda samma system i Sverige? Antingen med kanaler eller splitsystem utan kanaler (men fler än 1 inomhusdel).
 - a. Har ni tidigare fått förfrågan från kunder att installera värmepump med kanaler?
 - b. Har ni upplevt en efterfrågan för denna typ av system?
2. Vilka möjligheter och hinder finns för er eller branschen att ta fram denna lösning och vad är intresset från er sida?
3. Vad anser ni vara viktiga förutsättningar för att kunna installera denna typ av system?
4. Vilka mervärden ser ni med denna typ av installation?

Vid analys av intervjuerna strukturerades intervjumaterialet i olika kategorier under respektive tema (möjligheter, hinder och förutsättningar) enligt intervjustudiens syfte. Resultaten från intervjuerna användes som diskussionsunderlag till workshopen.

3.3 Workshop

Till workshopen bjöds alla intervjuade aktörer, representanter från Energimyndigheten samt förstudiens referensgrupp in. Totalt medverkade 10 personer. Workshopen avsåg att dels identifiera behov, dels vad som krävs från branschen med relaterade aktörer att fortsätta utvecklingen och driva implementeringen av luft-luftvärmepumpssystem med hög täckningsgrad.

Workshopens agenda

1. Presentation
 - a. Problemformulering
 - b. Litteraturstudie
 - c. Kostnadsberäkningar
2. Utfall intervjuer
3. Diskussion möjligheter och hinder
4. Diskussion kravspecifikation
5. Avslut: diskussion av möjligt upplägg för framtida utveckling och nästa steg.

4 Resultat och diskussion

I detta kapitel presenteras förstudiens resultat uppdelat på avsnitten beräkningar, intervjuer och workshop. Slutligen presenteras en sammanfattning om möjligheter, hinder och potential samt förslag till fortsatt arbete.

4.1 Beräkningar

I Tabell 5 redovisas resultaten från beräkningarna i BV2 för respektive typhus och klimatzon (ort), vilka inkluderar det årliga värmebehovet samt dimensionerande effekt för uppvärmning. Utöver detta redovisas det specifika luftflödet som behövs för att tillgodose det dimensionerande effektbehovet för uppvärmning för den kanalanslutna värmepumpslösningen, utifrån olika inblåsningstemperaturer.

Tabell 5: Översikt av resultatet från beräkningarna.

	<i>Typhus 1,5-plan</i>		<i>Typhus 1-plan</i>	
	Malmö	Linköping	Malmö	Linköping
Värmebehov uppvärmning [kWh/år]	13 893	16 658	11 795	14 364
Befintlig elförbrukning för uppvärmning ¹ [kWh/år]	14 067	16 998	12 036	14 657
Dim. effekt för uppvärmning [W/m ²]	31,2	35,9	38,6	44,6
Energi för tappvarmvatten [kWh/år]	2 880	2 880	1 980	1 980

**Dim. specifika luftflöden för uppvärmning med kanalansluten värmepump,
original klimatskärm för typhusen:**

Inblåsningstemperatur 33°C [l/s, m ²]	2,2	2,5	2,7	3,1
Inblåsningstemperatur 40°C ² [l/s, m ²]	1,4	1,6	1,7	1,9
Inblåsningstemperatur 52°C ³ [l/s, m ²]	0,8	1,0	1,0	1,2

**Dim. specifika luftflöden för uppvärmning med kanalansluten värmepump,
förbättrad klimatskärm för typhusen:**

Dim. effekt för uppvärmning [W/m ²]	21,8	25,3	26,8	31,3
Dim. specifikt luftflöde, inblåsningstemperatur 33°C [l/s, m ²]	1,5	1,7	1,8	2,2

¹ Verkningsgrad elpanna = 0,98

² Med inblåsningstemperatur 40°C kan kanaldimensionen reduceras en storlek baserat på högsta dimensionerande luftflödet 356 l/s (2,5 l/s, m² för typhus 1,5-plan, Linköping).

³ 52°C är högsta tillåtna inblåsningstemperatur enligt Passivhuskriterier [40].

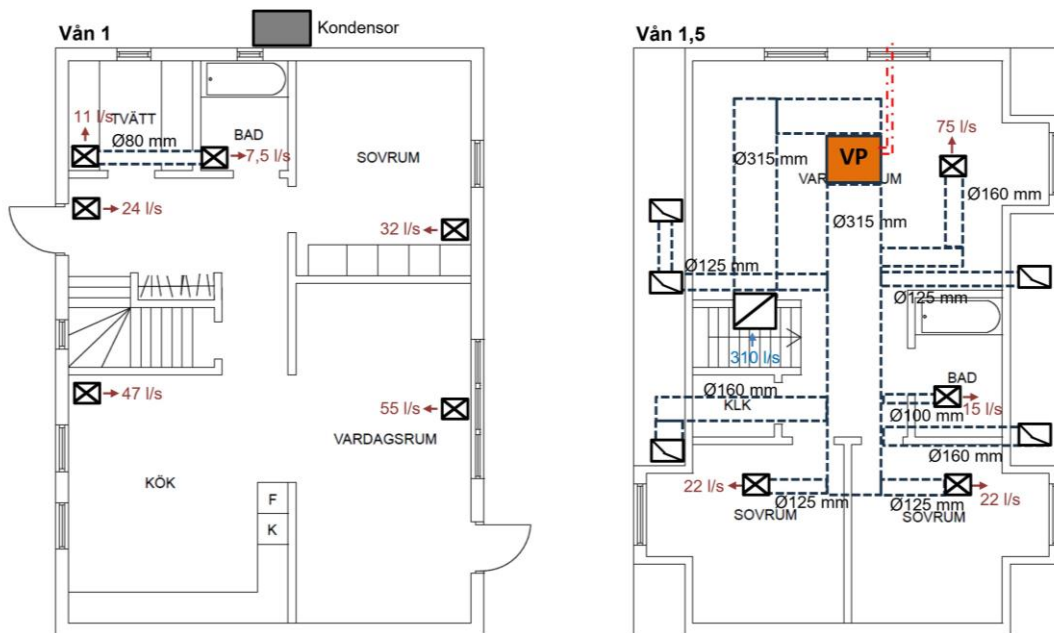
De dimensionerande specifika luftflödena för den kanalanslutna värmepumpslösningen redovisas för tre olika inblåsningstemperaturer (33, 40 och 52 °C), baserat på original klimatskärm. Med inblåsningstemperatur över 40 °C kan kanaldimensionen reduceras en storlek jämfört med inblåsningstemperatur 33 °C, utgående från det högsta luftflödet som erhöles. Om en inblåsningstemperatur på 52 °C används, vilket motsvarar den högsta tillåtna inblåsningstemperaturen enligt Passivhuskriterierna [40], kan det specifika luftflödet minska upp till 60–64 procent beroende på typhus och klimatzon.

En förbättring av klimatskärmen med tilläggsisolering och fönsterbyte (enligt U-värdena presenterade i Tabell 1) kan också leda till en sänkning av det specifika luftflödet. Detta för att det dimensionerande effektbehovet för uppvärmning minskar med ca 30 procent för vardera typhus och klimatzon genom en förbättrad klimatskärm. Tack vare ett fönsterbyte till lägre U-värden erhålls även bättre komfort inomhus då kallras vid fönstren förbättras. Detta gör att inblåsningstemperaturen kan sänkas ytterligare. Utöver förbättrad komfort möjliggör fönster med bättre U-värden fler alternativ för placering av tilluftsventilerna, då de inte längre måste vara placerade tillräckligt nära fönstren för att motverka de negativa effekterna från kallraset. Av denna anledning är det viktigt att se över husets klimatskärm innan val av nytt uppvärmningssystem görs i energieffektiviseringssyfte. Detta för att dels kunna installera en lägre effekt på värmekällan samt mindre storlekar på kanalsystemet, och dels för att uppnå bättre komfort och bättre energiprestanda.

4.1.1 Typhus 1,5-plan

Kanalansluten värmepump

För systemlösningen kanalansluten värmepump för typhus 1,5-plan, se Figur 9, har en kanalansluten luftbehandlare valts för luft-luftvärmepumpens inredel, som placerats på vinden ovanför plan 1,5. Från luftbehandlaren har kanaldragningen gjorts på vinden, därefter via bjälklaget till innertaket på plan 1,5 där tilluftsventiler för rummen på plan 1,5 sitter i innertaket. För kanaldragning till plan 1 har kanalerna dragits längs insidan av det sneda innertaket på plan 1,5, med påföljd att den delen av kanalerna måste täckas med gipsskivor för att inte synas i bostaden. Detta gör även att en del av takutrymmet tas i anspråk. Därefter utnyttjas befintliga utrymmen i kattvinden för kanaldragning via bjälklaget mellan plan 1,5 och 1 till innertaket på plan 1 med placering av tilluftsventilerna i innertaket. Kanalsystemet har en gemensam returkanal som är placerad på vinden, med returgaller ovanför trappan i innertaket på plan 1,5. I Figur 9 kan kanalernas dimensioner ses, vilka varierar från 315 mm för den gemensamma huvudkanalen, ner till 80 mm för den minsta grenen till badrummet. De är baserade på de angivna dimensionerande luftflödena för respektive rum för klimatzon Malmö och en inblåsningstemperatur på 33 °C.



Figur 9: Kanaldragning och placering av värmepumpens inne- och utedel för systemlösning kanalansluten värmepump, typhus 1,5-plan. Dimensionerande luftflöden är redovisade för klimatzon Malmö, tillsammans med kanaldimensioner.

Observera att kanaldragning enligt Figur 9 endast är ett förslag för den givna planlösningen, och att det finns fler möjliga lösningar utöver den föreslagna. Husets byggnadstekniska förutsättningar, planlösning samt att försöka minimera ingreppen i befintlig konstruktion, kommer att avgöra hur kanaldragningen kan göras och kommer därför att variera från hus till hus.

För kanalsystem och värmepump i Figur 9 är uppgifter om systemet sammanfattade i Tabell 6. Storleken på inomhusenheten är vald utifrån befintligt produktblad från en tillverkare av kanalansluten värmepump som säljs på den svenska marknaden [41].

Tabell 6: Information om kanalanslutet värmepumpssystem, typhus 1,5-plan, klimatzon Malmö.

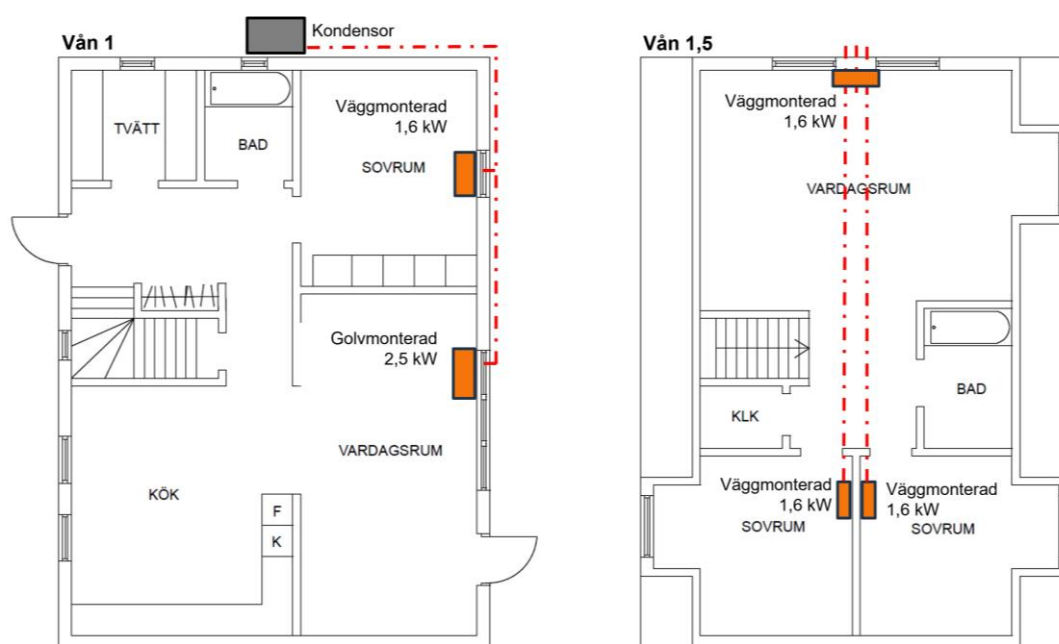
Typhus 1,5-plan, kanalansluten värmepump	
Storlek inomhusenhet ("VP")	6,0 kW
Luftflöde "VP", Hög/Medel/Låg	21,0/19,0/15,0 m ³ /min
Yttre statiskt tryck fläkt "VP", min-max	10–150 Pa
Dimensionerande luftflöde	310 l/s (18,6 m ³ /min)
Uppskattad täckningsgrad	100 %
Inblåsningstemperatur	33 °C
Tryckfall dimensionerande väg, gren vardagsrum plan 1,5 på 75 l/s	173 Pa

Tryckfallet för den dimensionerande vägen för kanalsystemet är 173 Pa (gren 75 l/s till vardagsrum på plan 1,5), vilket är det externa statiska tryck som fläkten i luftbehandlaren måste åstadkomma. Enligt tillverkarens produktblad är det

maximala externa statiska trycket för fläkten för den valda luftbehandlaren 150 Pa, se Tabell 6. Det redovisade engångstryckfallen i Tabell 2 utgör dock 77 procent av det totala tryckfallet. Om dessa komponenter kan väljas med lägre tryckfall kommer detta vara den avgörande faktorn för vilken tryckuppsättning fläkten i luftbehandlaren måste åstadkomma. Oavsett kan det totala tryckfallet i kanalsystemet med tillhörande komponenter i luftbehandlaren utgöra en begränsande faktor för val av kanalanslutna värmepumpars externa statiska tryck närmre för eventuell vidareutveckling av möjliga fläktval.

Multisplit luft-luftvärmepump

För värmepumpslösningen med multisplitenheter utan kanalsystem har val och placering av inredelarna gjorts enligt Figur 10 för typhus 1,5-plan. Inomhusenheterna i exemplet består av både väggmonterade och golvmonterade enheter. Ytterligare ett alternativ för inomhusenhet hade varit en takkassett som installeras bakom innertaket. Dock hade en sådan typ av inredel krävt ett större ingrepp för installation för att döljas bakom innertaket. Väg- och golvenheterna är valda baserat på befintligt produktblad från en tillverkare av multisplitvärmepumpar [42].



Figur 10: Placering av multisplit värmepumpssystemets inne- och utedelar för typhus 1,5-plan. Dragning av köldmedierören har gjorts längs fasaden till inredelarna på plan 1 samt till vinden ovanför plan 1,5. Från fasad till inredelarna i sovrummet på plan 1,5 har köldmedierördragningen gjorts på vinden.

Den minsta storleken på den väggmonterade inredelen är 1,6 kW och för den golvmonterade inredelen 2,5 kW. Totalt har 5 inredelar valts att kombineras med en kondensor vilket ger en total installerad effekt på 8,9 kW. Denna installerade effekt är betydligt större än den dimensionerade effekten för typhus 1,5-plan, vilken är 4,5 kW för klimatzon Malmö och 5,2 kW för klimatzon Linköping. Av

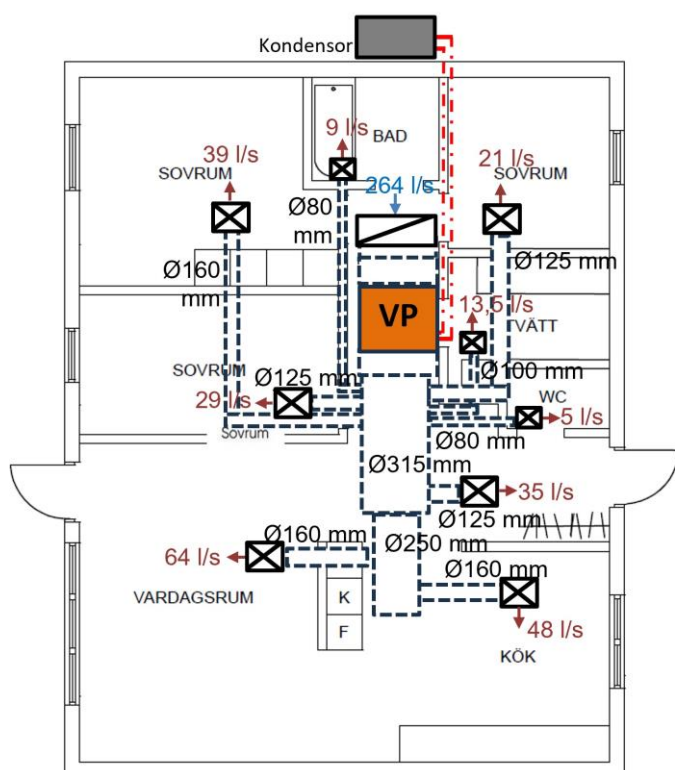
denna anledning kan en möjlighet för vidareutveckling av luft-luftvärmepumpar med hög täckningsgrad vara att anpassa dem till den svenska marknaden genom att ta fram inredelar med lägre effekter som passar de relativt små rum som många typhus med direktverkande el har.

Täckningsgraden för multisplitsystemet för typhus 1,5-plan är uppskattad att vara mellan 87 och 94 procent. Detta är baserat på att inredelarna täcker 100 procent av de rum de är placerade i samt intilliggande rum utan dörrar. För de rum som har dörrar samt inte någon inredel uppskattas utplacerade inredelar att täcka mellan 0 och 50 procent baserat på yta, därav en total täckningsgrad på 87 till 94 procent. För resterande del av uppvärmningsbehovet som inte täcks av värmepumpen används befintliga direktverkande elradiatorer med en verkningsgrad på 0,98, se ekvation (1).

4.1.2 Typhus 1-plan

Kanalanslutna värmepump

I Figur 11 presenteras den kanalanslutna värmepumpslösningen för typhus 1-plan. För inredelens placering har vinden ovanför våningsplanet använts, från vilken kanaldragningen gjorts på vinden till husets olika rum, via bjälklaget till tilluftsventiler i innertaket. Kanalsystemet har en gemensam returkanal med returgaller placerat i korridoren utanför badrummet.



Figur 11: Kanaldragning och placering av värmepumpens inne- och utedel för systemlösning kanalanslutna värmepump, typhus 1-plan.

I Figur 11 kan de dimensionerande luftflödena för de olika rummen baserat på klimatzon Malmö ses, tillsammans med dimensionerna för de olika kanalerna enligt dimensioneringskriterierna i avsnitt 3.1.1. Kanaldimensionerna varierar från 315 mm för den gemensamma huvudkanalen, ner till 80 mm för den minsta grenen till toaletten. Likväl som för typhus 1,5-plan är kanaldragningen i Figur 11 ett förslag, och det är husets byggnadstekniska förutsättningar, planlösning samt minimering av ingrepp i befintlig konstruktion som kommer att avgöra hur kanaldragningen kan göras.

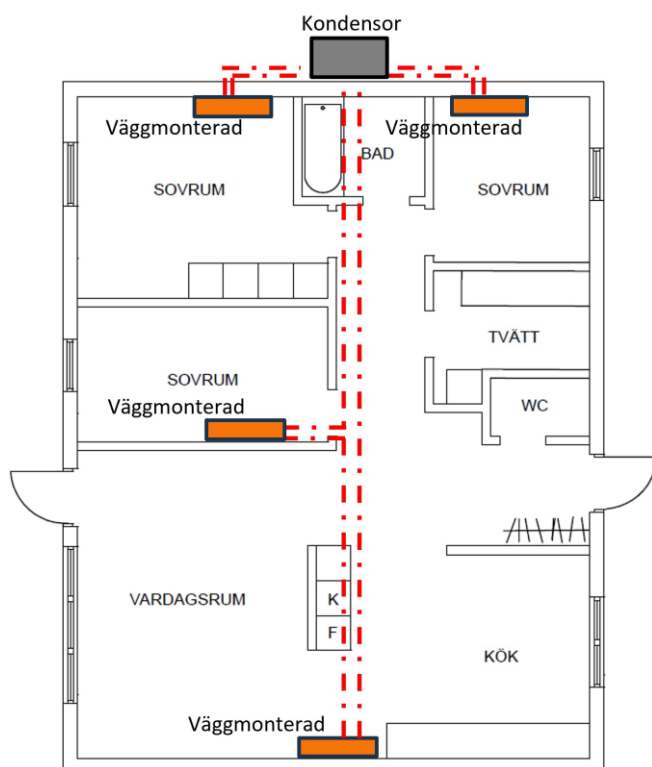
För kanalsystem och värmepumpen i Figur 11 är uppgifter om systemet sammanfattade i Tabell 7. Storleken på inomhusenheten är vald utifrån befintligt produktblad från tillverkare av kanalanslutet värmepump [41].

Tabell 7: Information om kanalanslutet värmepumpssystem, typhus 1-plan, klimatzon Malmö.

<i>Typhus 1-plan, kanalanslutet värmepump</i>	
<i>Storlek inomhusenhet ("VP")</i>	5,0 kW
<i>Luftflöde Hög/Medel/Låg</i>	16,0/15,0/12,0 m ³ /min
<i>Yttre statiskt tryck fläkt, min-max</i>	10–150 Pa
<i>Dimensionerande luftflöde</i>	264 l/s (15,8 m ³ /min)
<i>Uppskattad täckningsgrad</i>	100 %
<i>Inblåsningstemperatur</i>	33 °C
<i>Tryckfall dimensionerande väg, gren vardagsrum 64 l/s</i>	174 Pa

För typhus 1-plan, klimatzon Malmö, kan en mindre storlek på inledningen väljas vilken är 5,0 kW. Detta är baserat på luftbehandlarens redovisade medelluftflöde från befintligt produktblad vilket är 15 m³/min. För typhus 1-plan, klimatzon Linköping, krävs ett dimensionerande luftflöde på 304 l/s vilket motsvarar 18,3 m³/min, varpå en större storlek på luftbehandlaren (6,0 kW, se Tabell 6) som matchar detta flöde har valts i stället.

Multisplit luft-luftvärmepump



Figur 12: Placering av multisplit värmepumpssystemets inne- och utedelar för typhus 1-plan. Dragning av köldmedierören har gjorts längs fasaden till inredelarna i sovrums 1 och 2 samt till vinden ovanför plan 1. För inredelarna i sovrums 3 samt vardagsrum/kök har köldmedierördragningen gjorts på vinden.

För värmepumpslösningen med multisplitenheter utan kanalsystem har val och placering av inredelarna gjorts för typhus 1-plan enligt Figur 12. Fyra väggmonterade inredelar, vardera med storlek 1,6 kW, har placerats i sovrumsrummen samt i vardagsrum/kök [42]. Detta ger en total installerad effekt på 6,4 kW vilket kan jämföras med den dimensionerande effekten för typhuset vilken är 3,8 kW för klimatzon Malmö och 4,4 kW för klimatzon Linköping. Köldmedierördragningen har gjorts på vinden samt längs fasaden på utsidan. Uppskattad täckningsgrad för multisplitssystemet med placering av inredelar enligt Figur 12 är mellan 90 och 95 procent, baserat på en täckningsgrad på 0 till 50 procent för de rum som inte har någon inredel och som kan stängas till (badrum, tvättstuga och WC). För resterande del av uppvärmningsbehovet som inte täcks av värmepumpen används de befintliga direktverkande elradiatorerna med en verkningsgrad på 0,98.

4.1.3 Lönsamhetsberäkningar

I detta avsnitt presenteras resultaten från lönsamhetsberäkningarna för de fyra uppvärmningsalternativen. I Tabell 8 sammanfattas täckningsgrad, investeringskostnad, besparing per år för uppvärmning och varmvattenberedning samt internräntan, för respektive typhus och klimatzon.

Tabell 8: Resultat från lönsamhetsberäkningar för de olika uppvärmningsalternativen för respektive typhus och klimatzon (baserat på klimatskärm original).

Alternativ 1: kanalansluten luft-luftvärmepump,

Alternativ 2: multisplit luft-luftvärmepump,

Alternativ 3: installation av två standard luft-luftvärmepumpar,

Alternativ 4: konvertering till vattenburet värmesystem med radiatorer och installation av en luft-vattenvärmepump.

	<i>Täckningsgrad</i>	<i>Investering¹ [kr]</i>	<i>Besparing¹ [kr/år]</i>	<i>Internränta</i>
Malmö, typhus 1,5-plan				
Alternativ 1	100%	170 150	18 192	6,6%
Alternativ 2	87%	106 150	16 368	12,9%
	94%	106 150	17 355	14,1%
Alternativ 3	60%	80 150	12 237	12,7%
Alternativ 4	100%	240 000	18 339	5,7%
Malmö, typhus 1-plan				
Alternativ 1	100%	135 150	14 983	7,2%
Alternativ 2	90%	96 150	14 072	11,9%
	95%	96 150	14 773	12,9%
Alternativ 3	70%	76 150	11 384	12,3%
Alternativ 4	100%	230 000	15 241	4,1%
Linköping, typhus 1,5-plan				
Alternativ 1	100%	170 150	21 039	8,9%
Alternativ 2	87%	106 150	18 900	15,8%
	94%	106 150	20 070	17,1%
Alternativ 3	60%	80 150	14 031	15,5%
Alternativ 4	100%	240 000	21 086	7,2%
Linköping, typhus 1-plan				
Alternativ 1	100%	135 150	17 491	9,7%
Alternativ 2	90%	96 150	16 481	15,0%
	95%	96 150	17 320	16,1%
Alternativ 3	70%	76 150	13 264	15,4%
Alternativ 4	100%	230 000	17 740	5,7%

¹Investeringskostnad och besparing inkl. VV-beredning.

Internräntorna för alla alternativ är högre för klimatzon Linköping än för Malmö, vilket är ett resultat av högre energianvändning i Linköping pga. ett något kallare klimat. Detta trots att SCOP-värdena för värmepumparna (se Tabell 3) är lägre i Linköping än för Malmö.

För vardera typhus och klimatzon får alternativ 2, multisplit luft-luftvärmepump med den högre täckningsgraden, högst internränta och är därmed det mest lönsamma alternativet. Om täckningsgraden för alternativ 2 i stället visar sig bli likt det lägre redovisade värdet, blir internräntan nästan densamma som internräntan för alt. 3 (installation av två standard luft-luftvärmepumpar). Detta beror på den lägre investeringskostnaden och lägre årliga besparingen för alternativ 3 jämfört med alternativ 2. Fördelarna med ett multisplitsystem är att endast en kondensor med tillhörande kondensuppsamlingssystem krävs på

utsidan av huset i stället för två. Detta kan öka estetiken samt lösa ev. problem med utrymme för kondensorn. Med ett multisplitsystem blir det också möjligt att styra på olika temperaturer i de rum en inredning finns installerad, vilket begränsas med endast två inredningar. Dock krävs köldmedierördragning till samt kondensvattenavdelning (för att omhänderta kondensutfällning vid kyladrift) från vardera inredning. Även om en högre täckningsgrad kan uppnås med multisplitsystemet leder inte detta till en nämnvärd skillnad i lönsamhet trots lägre årliga kostnader jämfört med alternativ 3 (två standard luft-luftvärmepumpar). För att alternativ 2 (multisplit luft-luftvärmepump) skall bli mer attraktiv från ett lönsamhetsperspektiv framför alternativ 3 (två standard luft-luftvärmepumpar) behöver dess investeringskostnad bli lägre och tekniken anpassas för typhuset, till exempel genom att erbjuda mindre inredningar med lägre effekter.

Internräntan för alternativ 1 (kanalansluten luft-luftvärmepump) varierar mellan 6,6–9,7% beroende på typhus och klimatzon. För klimatzon Linköping är internräntan högre, eftersom den årliga besparingen är högre. Mellan de två typhuset är internräntan för alternativ 1 högre för typhus 1-plan än typhus 1,5-plan vilket beror på den högre investeringskostnaden för kanalsystemet för typhus 1,5-plan. Av denna anledning är typhusets planlösning en viktig faktor att beakta vid val av typ av luft-luftvärmepumpslösning med hög täckningsgrad, som påverkar dess investeringskostnad och lönsamhet.

Trots att internräntan för alternativ 1 (kanalansluten luft-luftvärmepump) är högre än alternativ 4 (konvertering till vattenburet värmesystem) är det endast mellan 0,9 och 4 procent som skiljer de två alternativen åt, beroende på typhus och klimatzon. Detta beror på den lägre investeringskostnaden för alternativ 1, samtidigt som den årliga besparingen för alternativ 1 och 4 är likartad. Av denna anledning måste för- och nackdelar med de olika systemen beaktas. fördelarna med konvertering till ett vattenburet värmesystem är att endast *en* luft-vattenvärmepump behöver installeras, i stället för en luft-luftvärmepump för uppvärmning och en luft-vattenvärmepump för varmvattenberedning. Den termiska komforten från ett vattenburet värmesystem kommer upplevas högre än komforten från ett luftburet värmesystem med tilluftsventiler i taket, särskilt om klimatskärmen inte åtgärdas och är av en sämre nivå.

Om man som husägare vill begränsa ingreppet från installationen kan ett kanalsystem vara fördelaktigt jämfört med ett vattenburet system, men detta kommer att avgöras av husets planlösning och tillgängliga utrymmen för kanaldragning (särskilt mellan våningsplan). fördelen med en kanalansluten värmepump är att det kan finnas en möjlighet att integrera ventilation och på så sätt förbättra det, liksom möjligheten att kyla huset tillkommer med de luftburna systemen framför det vattenburna. Användning av luftkonditionering kommer dock påverka husets energiprestanda negativt då elförbrukningen för klimathållning kommer att öka sett över hela året. För att en kanalansluten luft-luftvärmepump skall bli mer konkurrenskraftig jämfört med att konvertera till ett vattenburet uppvärmningssystem, bör den kanalanslutna inomhusdelen integreras med ventilation med värmeåtervinning.

4.2 Intervjuer

Resultaten från intervjuerna har generaliserats i kategorier utifrån de tre teman *möjligheter, hinder och förutsättningar*. Utöver detta identifierades ytterligare ett tema vid bearbetning av intervjumaterialet: *mervärden*.

Möjligheter

- Finns inga tekniska hinder:
 - Multisplit värmepumpar med olika typer av inomhusenheter finns redan på den svenska marknaden.
 - Både kanaler och isolering är produkter som finns tillgängliga på marknaden, men nya innovationer har också kommit så som kanaler tillverkade direkt av isoleringsmaterial. Detta gör det möjligt för en ny aktör att utföra kanalinstallationen.
 - Luft-luftvärmepumpar är ej en främmande teknik för beställarna.
- Kostnaden:
 - Om den blir tillräckligt låg och ett mellanting till standard luft-luftvärmepump och konvertering till vattenburen värme.
 - Konverteringsbidraget.
- Kyla:
 - Efterfrågan ökar.
 - Om BBRs nya regelverk får genomslag får kyla en mer central roll.
- Multidisciplinära aktörer:
 - Finns redan inom branschen.
 - Kan utföra hela installationen och ha en samordnande roll.
 - Kyltekniker tillsammans med ventilationsentreprenör.
- Erbjudas på områdesnivå:
 - Kostnadseffektivt.
 - Pilotprojekt.
 - Ev. kan en systemlösning tas fram som kan patenteras.
- Befintliga småhus:
 - Relativt stor potential i antal hus som behöver energieffektiviseras.
 - Byggnadstekniska förutsättningar generellt goda.

Hinder

- Revision av F-gasförordningen och REACH-direktivet:
 - Kommer leda till en övergång till naturliga köldmedier vilket blir problematiskt med dragning av köldmedierör.
- Kostnaden:
 - Om den blir för hög och hamnar nära kostanden för konvertering till vattenburet värmesystem.
 - Underhållskostnader för att hålla kanalerna rena.
- Samordning:

- Krävs samordning mellan yrkesgrupper och att många olika aktörer är involverade.
- Behövs en samordnare som har hand om helheten. Beställaren ska endast behöva vända sig till en aktör för att få installationen utförd.
- Behövs en aktör som utför projekteringen, men som även kan ta fram och visa på den bästa systemlösningen för huset.
- Behövs någon som kan marknadsföra systemet.
- Behövs en aktör som kan erbjuda serviceavtal.
- Konservativ och traditionell bransch:
 - Finns motstånd och skepsis till det som är nytt.
 - Vattenburen värme är traditionen i Sverige.
 - Tidigare innovation på området har inte fått genomslag.
 - Idag finns det en uppdelning mellan det som säljs kommersiellt och privat. Det kan krävas att de som traditionellt arbetar på den kommersiella marknaden behöver övergå till den privata.
- Otillräcklig kunskap:
 - Om luftburna värme- och kylsystem pga. att installatörer är mer bekväma med vattenburna system.
 - Om tillgängliga produkter och möjliga lösningar bland återförsäljare, konsulter, rådgivare och projektörer.
 - Bland beställare pga. att information inte når fram till dem.
 - Svårt att hitta kyltekniker.
- Teknikmässiga hinder:
 - Prestandan på luft-luftvärmepump i norra Sverige försämras när det är kallt.
 - Ljudalstring från inomhusenheternas fläktar, kanaler och don.
 - Kan upplevas som golven blir kalla när luftvärme tillförs i takhöjd.
 - Tidigare problem med zonstyrning.
 - Korta livslängder för luft-luftvärmepumpar.
- Risker:
 - Ingen aktör vill ha ansvaret om något blir fel.
 - Köldmedieläckage.
 - Luftvärme har dåligt rykte.
- Befintliga småhus:
 - Ingreppet som de båda nya värmepumpslösningarna med hög täckningsgrad innebär kan eventuellt påverkas av BBRs krav vid ändring av byggnad.
 - Installationen innebär ett stort ingrepp och bör koordineras med andra renoveringar som planeras att utföras.
 - Om installationen leder till en ändring av ventilationssystemet kan bygglov, OVK, injustering och besiktning komma att krävas.

Förutsättningar

- Enkelhet.
- Goda byggnadstekniska förutsättningar i huset.
- Acceptans av inomhusenheternas utseende och ev. exponerade kanaler.

- Efterfrågan på marknaden som bör komma från beställarledet.
- Tydliga regelverk kring tillåtna köldmedier.

Mervärden

- Kyla.
- Möjlighet till ventilation med värmeåtervinning som ger bättre och friskare inomhusmiljö och möjlighet till rening av luften.

Generellt gav intervjuerna många olika infallsvinklar och intressant återkoppling till de föreslagna luft-luftvärmepumpslösningarna med hög täckningsgrad. Intresset från de intervjuade aktörerna sträckte sig från en stark tilltro till de presenterade värmepumpslösningarna med hög täckningsgrad och dess potential till ett starkt ifrågasättande. De aktörer som hade en stark tilltro till lösningarna framhävde bland annat att produkterna redan finns på marknaden och att de kan ha en stor potential om informationen når ut till beställarna. Även mervärden så som möjlighet till kyla och effektiv ventilation med värmeåtervinning framhövdes. Några ansåg också att den luftburna lösningen med ett kanalsystem endast är intressant i kombination med ett ventilationssystem med värmeåtervinning. Utöver detta kan det inom branschorganisationerna finnas ett intresse att driva denna utveckling och exempelvis stötta med kunskapsspridning och framtagande av nya utbildningar vid behov. De aktörer som var ifrågasättande till lösningarna ansåg i första hand att det är bättre att satsa på vattenburna system för energieffektivisering av hus med direktverkande el och att förändring av F-gasförordningen och REACH-direktivet kommer att skapa problem för multisplitvärmepumpar.

4.3 Workshop

Resultatet från workshopen inkluderade utfallet från diskussionen av identifierade *möjligheter* och *hinder* från intervjuerna, samt diskussion av möjligt upplägg för framtida utveckling. Baserat på dessa diskussioner kan det fastställas att:

- Revidering av F-gasförordningen och REACH-direktivet *inte* innebär ett hinder för multisplitvärmepumpar, utan att nya och anpassade värmepumpslösningar kommer göras tillgängliga för både värme och kyla. T.ex. kan monoblock används med vattenledningar mellan ute- och inredel alternativt att mängden köldmedia minskas.
- "One-stop-shop" aktörer kan möjliggöra den totalentreprenad som behövs för att inkludera hela kedjan från tillverkare till installatör av de föreslagna värmepumpslösningarna med hög täckningsgrad, men även för att kunna genomföra flera energieffektiviseringsåtgärder samtidigt genom att ta fram ett paket och undvika suboptimering.
- Inspiration för hur värmepumpslösningarna med hög täckningsgrad ska kunna spridas på ett effektivt sätt i ett område skulle kunna inhämtas från t.ex. bredbandsleverantörer.

- Fortsätta utforska integrerad ventilation för luft-luftvärmepumpslösningen med hög täckningsgrad (gäller kanalanslutningen inuti).
- Skarvar på köldmedieledningarna ska beläggas utomhus och ledningarna skall helst ej vara täckta bakom väggar så de inte av misstag går att borra i.

Utöver detta diskuterades och förbättrades utkastet till Kravspecifikationen, se bilaga 2.

Under workshopen identifierades följande möjliga upplägg för framtida utveckling:

- Teknikutveckling: erbjuda värmepump med lägre (10A) säkring.
- Ta fram ett demonstrationsprojekt, t.ex. genom att först dokumentera goda exempel på installationer som har gjorts samt företag som kan utföra dem.
- Tekniktävling för pilotprojekt:
 - Exempelvis hittar leverantörerna kunder som kan ingå i tävlingen och Energimyndigheten håller i tävlingen via behovsägarnätverket.
 - Annonsering av tävlingen för att hitta objekt som kan delta skulle kunna göras via t.ex. Villaägarna.
- Skapa ett marknadsdriv från leverantörerna för denna typ av lösning genom samverkan mellan tillverkare, installatörer och byggare.
- Utveckla leasing- och tjänstemarknaden samt utveckla servicemarknaden för underhåll av dessa typer av värmepumpslösningar inklusive kanalsystem.

4.4 Sammanfattning: möjligheter, hinder och potential för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad

Luftburen värme och kyla är det vanligaste uppvärmningssystemet för småhus i Nordamerika, och produkt- och företagsutbudet där är därför anpassat för detta. Det är vanligt att befintliga luftvärmepannor och centrala luftbehandlingsaggregat byts ut mot multisplitvärmepumpar där upp till fem olika typer av inndelar kombineras med en kondensator utomhus. Inndelarna kan utgöras av både vägg- och golvmonterande, takkassetter och kanalanslutna enheter och har huset ett befintligt kanalsystem är det vanligast att enbart kanalanslutna inndelar används för värmepumpen. Dessa typer av multisplitvärmepumpar kan erhålla en högre täckningsgrad än vad installation av en vanlig luft-luftvärmepump gör. Produkterna finns tillgängliga även på den svenska marknaden, men kunskapen om dem når oftast inte fram till beställarna. Detta beror på att det finns kunskapsluckor bland alla aktörer i ledet, från återförsäljare till installatör m.fl.

I Nordamerika fokuserar forskning inom området befintliga värmepumpssystem på att integrera fler funktioner, så som ventilation med värmeåtervinning. Detta är något som anpassningar av tillgängliga produkter på svenska marknaden också

bör beakta för att inkorporera i denna studie identifierade mervärden med luftburna värmesystem.

Lönsamhetsberäkningarna visade att ett multisplit luft-luftvärmepumpssystem med en hög täckningsgrad är det mest lönsamma alternativet av de fyra studerade uppvärmningslösningarna. Dock blir detta alternativ mindre lönsamt jämfört med att installera två vanliga luft-luftvärmepumpar om en lägre täckningsgrad erhålls. En kanalansluten värmepumpslösning blir endast mellan 0,9 och 4 procent mer lönsam än konvertering till ett vattenburet uppvärmningssystem med luft-vattenvärmepump. Dock har kanalsystemet och det dimensionerande luftflödet beräknats utifrån en inblåsningstemperatur på 33 °C. Om en inblåsningstemperatur på 40 °C används i stället kan kanalsystemets dimensioner reduceras med en storlek. Enligt passivhuskriterierna kan inblåsningstemperaturer upp till 52 °C accepteras, vilket ytterligare kan minska luftflöden och kanaldimensioner och på så sätt leda till en lägre investeringskostnad för kanalsystemet. Tillverkare av kanalanslutna värmepumpar bör därför kunna erbjuda inredlar med inblåsningstemperaturer upp till 52 °C, då det kan göra detta alternativ betydligt mer lönsamt jämfört med konvertering till ett vattenburet system tack vare en lägre investeringskostnad för kanalsystemet.

Lönsamheten beror på husets byggnadstekniska förutsättningar och planlösning, befintlig klimatskärm och vilken klimatzon det är beläget i, då dessa faktorer påverkar investeringskostnaderna samt de årliga energibesparingarna för de olika alternativen. Det mest lönsamma alternativet kan vara ett mellanting av de två presenterade luft-luftvärmepumpslösningarna med hög täckningsgrad, med en kombination av vägg- eller golvmonterade inredlar och kanalansluten inredel med ett litet kanalsystem. Kan den kanalanslutna inredelen dessutom kombineras med integrerad ventilation kan husets ventilationssystem förbättras även om inte varje rum förses med en tilluftsventil. Övriga aspekter att beakta vid val av ett multisplitsystem eller ej är att endast en kondensor krävs samtidigt som upp till fem inredlar kan kombineras, att rumsreglering möjliggörs och att ett ytterligare mervärde är möjligheten att kyla huset. Helheten bör dock uppmärksammas och aspekter så som förbättring av husets klimatskärm genom tilläggsisolering och fönsterbyte bör beaktas i samband med val av nytt uppvärmningssystem.

Det finns en växande "one-stop-shop" marknad med aktörer som kan erbjuda helhetskoncept där ovan nämnda aspekter som förbättring av klimatskärm beaktas, samt ta fram förslag på mest optimal systemlösning för ett befintligt småhus. Denna aktör behöver även kunna projektera och installera kanalsystem. Ett alternativ till "one-stop-shop" aktörerna är att öka samverkan mellan tillverkare av multisplitvärmepumpar och installatörer av kanalsystem, och få dessa aktörer att marknadsföra luft-luftvärmepumpslösningarna med hög täckningsgrad.

4.5 Förslag fortsatt arbete

Baserat på resultaten från denna förstudie har det påvisats att produkterna för en luft-luftvärmepumpslösning med hög täckningsgrad redan finns tillgängliga på svenska marknaden. Dock behöver de vidareutvecklas och anpassas för befintliga småhus med direktverkande el för uppvärmning, samt för att integrera identifierade mervärden så som ventilation med värmeåtervinning. Som förslag på fortsatt arbete är därför en uppföljningsstudie i vilken följande områden fördjupas:

- Beräkningsoptimering där parametrar så som SCOP för värmepumpen, ort (klimatzon) för huset och inblåsningstemperatur (framför allt för kanalansluten värmepump för att få rätt dimensioner på kanalerna) varieras för att hitta den mest optimala lösningen för valt hus. Dessa aspekter identifierades ha störst inverkan på potential för lönsamhet för luft-luftvärmepumpslösningen med hög täckningsgrad. För att beakta helheten och undvika en suboptimering av värmepumpsystemets storlek är husets U-värden också viktiga optimeringsparametrar där aspekter som tilläggsisolering och fönsterbyte bör inkluderas. Utöver detta bör en känslighetsanalys för elpriset göras inklusive effekttariffer.
- Beräkna hur stor den potentiella marknaden är för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad. Denna beräkning görs utgående från underlag av befintliga småhus i Sverige med direktverkande el som uppvärmningssystem. Byggnadstekniska förutsättningar bör beaktas då potentialen för att implementera denna lösning varierar beroende på husets planlösning.
- Undersökning av tillgängliga produkter på marknaden där ett FTX-aggregat för ventilation är integrerat med en luft-luftvärmepump för uppvärmning av huset samt en luft-vattenvärmepump för beredning av tappvarmvatten. Dessa produkter erbjuds till exempel idag av Flexit, Panasonic, Metrotherm och Kuben Ventilation, men kan behöva vidareutvecklas. Framför allt bör möjligheten att med luftburen värme tillgodose de värmebehov som finns i ett typhus från 1970-talet med direktverkande el undersökas. Detta kan i första hand innebära att högre luftflöden samt ett högre externt statiskt tryck för fläkten krävs än vad de produkter som finns på marknaden idag erbjuder. Förslagsvis görs denna undersökning genom intervjuer med föregående identifierade aktörer samt att ytterligare aktörer eftersöks.
- Undersökning av "one-stop-shop" marknaden med företag som erbjuder helhetslösningar från projektering, till installation och idrifttagning samt arbetar med privatpersoner och småhus. Exempel på dessa företag kan vara Dryft och Smart-Front. Utöver detta kan uppföljning med aktörer så som Installatörsföretagen behövas för rådgivning kring ytterligare företag att kontakta, men också för att identifiera installatörsföretag som är intresserade av att kunna erbjuda denna typ av lösning i samverkan med leverantörer. Förslagsvis genomförs intervjuer med dessa aktörer och därefter genomförs en workshop tillsammans med intervjuade aktörer

samt leverantörer som erbjuder luft-luftvärmepumpar med integrerad ventilation, till exempel identifierade företag i föregående punkt.

- Baserat på föregående fördjupade beräkningar och undersökningar, vidareutveckla kravspecifikationen för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad. Kravspecifikationen ska utgöra underlag och stöd för att de produkter som finns tillgängliga på marknaden idag ska kunna vidareutvecklas för att tillgodose de behov som finns i befintliga hus med direktverkande el gällande i första hand värme, tappvarmvatten och ventilation, men även kyla. Kraven bör identifieras som skall- respektive börkrav.
- Ta fram underlag till föreslagen tekniktävling för pilotprojekt från avsnitt 4.3. För att hitta företag som vill delta kan tidigare nämnd workshop med one-stop-shop företag och deras leverantörer användas även för detta ändamål. Underlaget bör innehålla detaljer kring hur tekniktävlingen skall genomföras, hur avtal skall upprättas mellan leverantör och husägare, en tidsplan för annonsering, genomförande och utvärdering, förslag på utvärderingskriterier och definiering av jury m.m. Underlaget bör förankras med aktörer som är intresserade att vara delaktiga i tävlingen på olika sätt.

Referenser

- [1] Statistics Canada, "The heat is on: How Canadians heat their home during the winter," 2023. <https://www.statcan.gc.ca/o1/en/plus/2717-heat-how-canadians-heat-their-home-during-winter> (accessed Apr. 04, 2023).
- [2] National Association of Home Builders, "Which Heating and Cooling Systems are Most Common for New Homes?," Apr. 04, 2023. <https://www.nahb.org/blog/2021/09/which-heating-and-cooling-systems-are-most-common-for-new-homes/> (accessed Apr. 04, 2023).
- [3] Statistics Canada, "Table 38-10-0019-01 Air Conditioners," 2023. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810001901> (accessed May 02, 2023).
- [4] R. Beall and B. McNary, "Today in Energy," May 31, 2022. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=52558#> (accessed May 02, 2023).
- [5] Smarter House, "Types of Heating Systems," 2023. <https://smarterhouse.org/heating-systems/types-heating-systems#:~:text=The%20majority%20of%20North%20American,forced%20warm%20air%20distribution%20system> (accessed Apr. 04, 2023).
- [6] Smarter House, "Ventilation and Air Distribution," Apr. 04, 2023. <https://smarterhouse.org/home-systems-energy/ventilation-and-air-distribution> (accessed Apr. 04, 2023).
- [7] Daikin Comfort Technologies North America, "FDMQ - Ducted Concealed Heat Pump," 2023. <https://www.daikinac.com/content/residential/single-zone/fdmqsz-ductless-heat-pump-concealed-/> (accessed Apr. 12, 2023).
- [8] Tran Climatisation, "Carrier Heat Pump with ducted indoor unit 38MAQB18R--3," 2023. <https://montreal.tranclimatisation.com/en/duct-free-systems/630-carrier-heat-pump-with-ducted-indoor-unit-38maq18r-3.html> (accessed Apr. 12, 2023).
- [9] Trane, "Horizontal Ducted – TPEAD," 2023. <https://www.trane.com/residential/en/products/ductless-systems/multi-zone/pead-horizontal-ducted-heat-pumps/> (accessed Apr. 12, 2023).
- [10] Mitsubishi Electric Trane HVAC US LLC, "UNIQUE HORIZONTAL-DUCTED SOLUTIONS FOR YOUR UNIQUE SPACE," 2023. <https://www.mitsubishicomfort.com/residential/products/intelli-air-ducted-solutions?modelID=SVZ> (accessed Apr. 12, 2023).
- [11] Fujitsu General United States & Canada, "Airstage Single-Room Mini-Split Systems Slim Duct," 2023.

- <https://www.fujitsugeneral.com/us/products/split/s-duct/index.html> (accessed Apr. 12, 2023).
- [12] Pioneer Official Store, “Ducted Central Air Split Unit,” 2023. <https://www.pioneerminisplit.com/collections/dyr> (accessed Apr. 12, 2023).
- [13] Johnson Controls - HITACHI Air Conditioning Company, “Ducted Heat Pumps,” 2023. <https://www.hitachiaircon.com/nz/ranges/ducted-systems> (accessed Apr. 12, 2023).
- [14] Comfort Up, “MULTI-ZONE MINI SPLIT SYSTEMS,” 2023. <https://comfortup.com/blogs/learn-center/ductless-multi-zone-cooling-heating-work#:~:text=Currently%2C%20most%20ductless%20mini%20split,one%20single%20compressor%2Fcondenser%20unit.> (accessed Apr. 19, 2023).
- [15] United States Environmental Protection Agency, “Improve your Home’s Duct System for Comfort and Savings,” 2023. Accessed: Apr. 20, 2023. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/ES_Duct_Sealing_flyer.pdf
- [16] Daikin, “Heat Pump vs Furnace: Which is Better?,” 2023. <https://daikinatlantic.ca/how-do-heat-pumps-work/heat-pump-vs-furnace-which-is-better/> (accessed Apr. 20, 2023).
- [17] Source Heat Pump, “Ducted vs Ductless Air Source Heat Pumps (Explained),” 2023. <https://sourceheatpump.com/ducted-vs-ductless-air-source-heat-pumps/> (accessed Apr. 27, 2023).
- [18] Efficiency Maine, “Heat Pump Installation Considerations,” 2023. Heat Pump Installation Considerations (accessed Apr. 27, 2023).
- [19] “Intervju med Clover Heating and Cooling i Sleepy Hollow, NY.” 2023.
- [20] ACCA, “ACCA - Air Conditioning Contractors of America,” 2023. <https://www.acca.org/home> (accessed Apr. 20, 2023).
- [21] ACCA, “Technical Manuals - Manual J,” 2023. <https://www.acca.org/standards/technical-manuals/manual-j> (accessed Apr. 20, 2023).
- [22] “Intervju med Fred Chiaravalle från Landmark Construction & Development of New York Inc.” 2023. Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <http://thinklandmark.com/index.html>

- [23] This Old House, “Central Air Installation: Costs & Best Units to Get,” 2023. <https://www.thisoldhouse.com/heating-cooling/21015106/adding-central-air-unit> (accessed Apr. 20, 2023).
- [24] AHRI, “Small Duct, High-Velocity Air Conditioning Systems,” 2023. <https://www.ahrinet.org/scholarships-education/education/homeowners/how-things-work/small-duct-high-velocity-air-conditioning-systems> (accessed Apr. 20, 2023).
- [25] The Unico System, “The Unico System,” 2022. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unicosystem.com/wp-content/uploads/2022/08/Homeowner-Brochure-Tri-Fold-1.pdf
- [26] Unique Indoor Comfort Heating & Cooling, “High Velocity Air Conditioning Systems,” 2023. <https://www.uniqueheatingandcooling.com/hvac-university/high-velocity-ac-systems> (accessed Apr. 20, 2023).
- [27] A. Amarnath *et al.*, “Development and Testing of the Next-Generation Residential Space Conditioning System for California,” Palo Alto, 2021.
- [28] S. Krishnamoorthy, M. Modera, and C. Harrington, “Efficiency optimization of a variable-capacity/variable-blower-speed residential heat-pump system with ductwork,” *Energy Build*, vol. 150, pp. 294–306, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.05.066.
- [29] A. Tam, S. Beaini, and A. Amarnath, “Field testing of the next-generation residential space conditioning system,” in *ECEEE 2022 Summer Study*, 2022. [Online]. Available: <https://www.pnnl.gov/main/publi->
- [30] S. Krishnamoorthy, M. P. Modera, and C. Harrington, “Improving system efficiency for a variable-capacity/variable-blower-speed residential heat-pump system with multizone ductwork,” *Sci Technol Built Environ*, vol. 25, no. 1, pp. 91–102, Jan. 2019, doi: 10.1080/23744731.2018.1499384.
- [31] B. Li, P. Wild, and A. Rowe, “Performance of a heat recovery ventilator coupled with an air-to-air heat pump for residential suites in Canadian cities,” *Journal of Building Engineering*, vol. 21, pp. 343–354, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.job.2018.10.025.
- [32] M. Modera, “Characterizing the performance of residential air distribution systems,” *Energy Build*, vol. 20, pp. 65–75, 1993.
- [33] Per Dyfvelsten, “Energistatistik för småhus,” *Energimyndigheten*, May 11, 2022. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus/?currentTab=0> (accessed May 04, 2023).

- [34] Maria Haegermark, Alexander Gerdin, and Åsa Wahlström, "Energieffektivisering av typsmåhus," Göteborg, Feb. 2023.
- [35] Y. Svensson, "Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2017:6."
- [36] F. McQuiston, J. Parker, and J. Spitler, *Heating, Ventilating, and Air Conditioning Analysis and Design*, Sixth. John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [37] Swegon, "Swegon Luftburna Klimatsystem," 2007. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/air-diffusers/general/_sv/teknik_luftburna.pdf (accessed Jul. 04, 2023).
- [38] CIT Energy Management AB, "Totalmetodiken - Handbok för genomförande och kvalitetssäkring," 2017. [Online]. Available: www.totalconcept.info
- [39] Unique Heating & Air Conditioning, "Has Your HVAC Ductwork Reached The End Of Its Lifespan?" <https://uniquehvac.com/has-your-hvac-ductwork-reached-the-end-of-its-lifespan/> (accessed Jul. 13, 2023).
- [40] FEBY, "FEBY Kravspecifikation för Passivhus," 2009.
- [41] Panasonic, "Panasonic PACi NX Adaptiv kanalansluten Inverter+." chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.panasonicproclub.com/uploads/SE/catalogues/Produktblad%20PACi%20NX%20ADAPTIV%20ENHET%20PF3%2022%20LR.pdf (accessed Jul. 05, 2023).
- [42] Panasonic, "Panasonic Multi-system Z." chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.panasonicproclub.com/uploads/SE/catalogues/06%20SV%208P%20RAC%20MULTI%20Z%20041220.pdf (accessed Jul. 06, 2023).

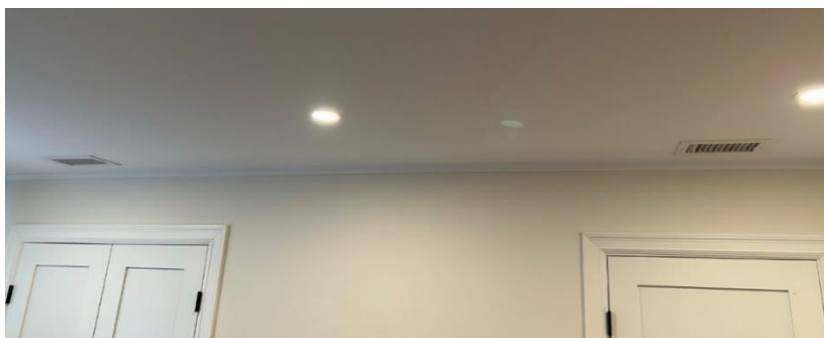
Bilaga 1: Fallstudie av befintligt hus

Installation av en luft-luftvärmepump med kanalsystem i ett befintligt hus

I denna bilaga följer ett exempel av en renovering av ett befintligt hus där en multisplit luft-luftvärmepump installerades. Huset ligger i Sleepy Hollow, New York och är byggt 1950. Det är 195 m² stort med 6 rum och kök plus en enrumslägenhet i källaren. Huset består av två hopbyggda delar och har därför en vind för nedervåningen och en vind för övervåningen. Vindarna har båda ca 50 cm i takhöjd inock, i vilka en kanalansluten luftbehandlare vardera har installerats. I lägenheten i källaren installerades en vägghängd minisplit luftbehandlare. Arbetet utfördes av en certifierad HVAC entreprenör, Sanroz Heating and Cooling, och installationen kostade ca \$16,000 inklusive arbete och material.

Luftbehandlare zon 1 övervåning och nedervåning

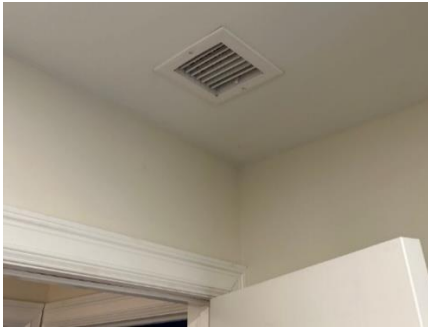
På övervåningen förses de två sovrummen och badrummet med tilluft via kanaler från den kanalanslutna luftbehandlaren på vinden. Sovrum 1 har två tilluftsventiler och sovrum 2 och badrummet har en tilluftsventil vardera. Tilluftskanalerna till nedervåningens kök och vardagsrum är dragna från övervåningens luftbehandlare på vinden genom garderoberna i sovrum 1.



Figur 13: Tilluftsventiler sovrum 1, övervåning.



Figur 14: Tilluftsventil sovrum 2, övervåning.



Figur 15: Tilluftsventil badrum på övervåningen.



Figur 16: Inbyggd garderob i sovrum 1 på övervåningen i vilken kanaldragning från vind till nedervåningens vardagsrum gjorts.



Figur 17: Kanaldragning från vind genom inbyggd garderob till nedervånings vardagsrum.



Figur 18: Kanaldragning från vind genom inbyggd garderob till nedervånings vardagsrum.



Figur 19: Tilluftsventil vardagsrum.

Övervåningens två sovrum och badrum är indelade i samma zon som nedervåningens vardagsrum och kök. Detta innebär att övervåningen måste värmas och kylas samtidigt som vardagsrum och kök, även om någon inte vistas på övervåningen. Av denna anledning hade ytterligare en till zonindelning mellan övervåning och nedervåning från samma luftbehandlare varit fördelaktigt.

I sovrum 2 på övervåningen har väggen förlängts ca 20–25 cm för täcka kanalerna som är dragna från vind till tilluftsventilen i köket på nedervåningen.



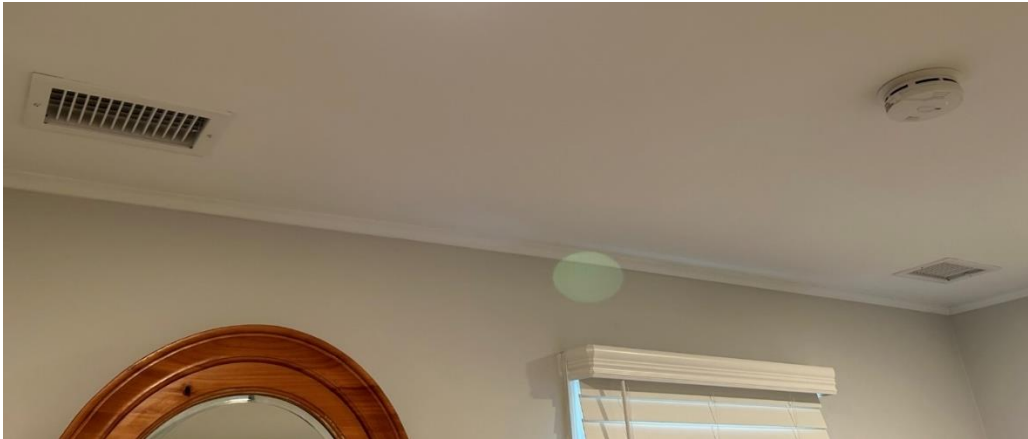
Figur 20: Den utbyggda väggen i sovrum 2 på övervåningen förlängdes med ca 20–25 cm för att gömma kanaldragning från vind via våning 2 till underliggande kök. Kanaldragningen utfördes av kontrakterad HVAC entreprenör, medan snickeriarbetet utfördes av husägaren själv i samband med renoveringen.



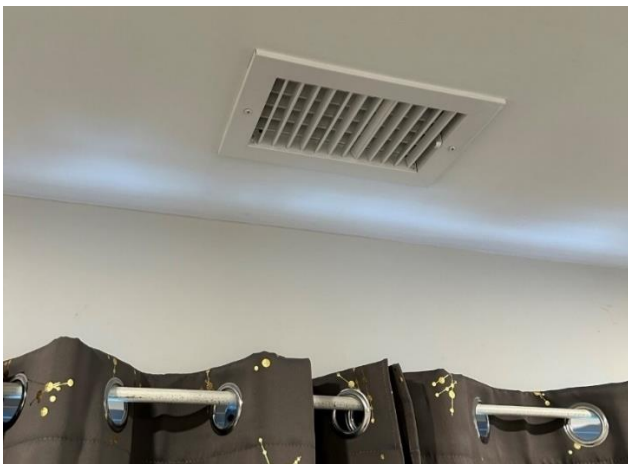
Figur 21: Tilluftsventil kök, nedervåning.

Luftbehandlare zon 2 nedervåning

På nedervåningen förses sovrum 3 och 4, allrum och badrum med tilluft via kanalsystemet från den kanalanslutna luftbehandlaren placerad på nedervåningens vind.



Figur 22: Tilluftsventiler sovrums 3, nedervåning.



Figur 23: Tilluftsventil sovrums 4, nedervåning.



Figur 24: Tilluftsventil allrum, nedervåning.



Figur 25: Tilluftsventil badrum 2, nedervåning.

Kanaldragning och installation av kanalansluten inredel på nedervåningens vind



Figur 26: Kanalansluten luftbehandlare på nedervåningens vind.

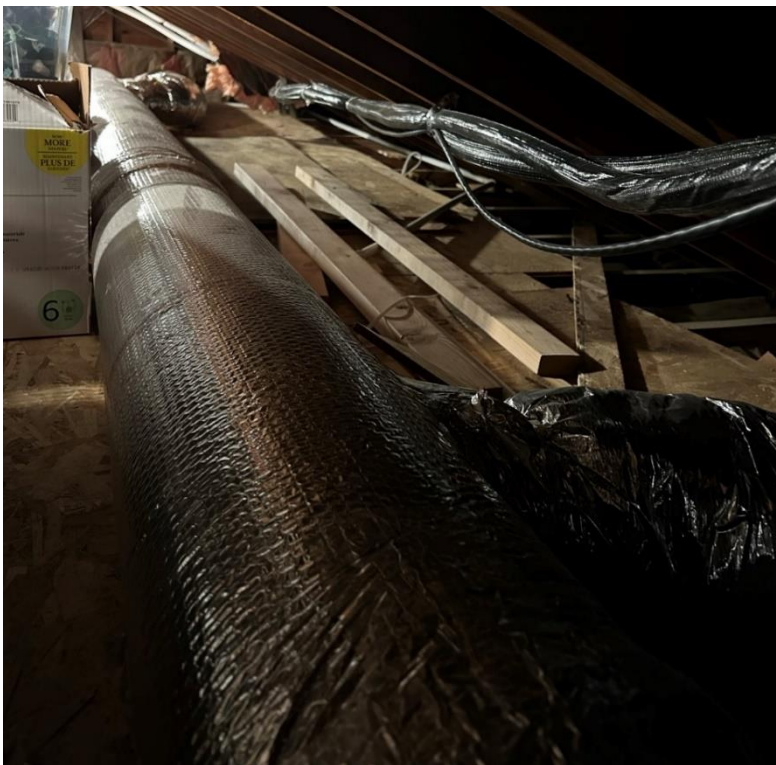


Figur 27: Frånluftskanal dragning på vinden.



Figur 28: Frånluftsgaller i tak, korridor utanför sovrum 3 och 4.

Tilluftskanaler



Figur 29: Huvudkanal tilluft.



Figur 30: Förgreningar till de olika rummen.



Figur 31: Förgreningar till de olika rummen.

Lägenhet i källaren



Figur 32: Inomhusdel i lägenheten i husets källare.

Kondensröret från inomhusdelen kopplades på tvättmaskinen placerad på andra sidan väggen och på så sätt kunde en kondenspump undvikas.

Kondensor utomhus

Värmepumpens kondensor är placerad intill huset på utsidan och till den är de två luftbehandlarna och den vägghängda minisplit inomhusdelen kopplade. De vita plaströren som sticker fram är kondensvattenledningarna från respektive kanalanslutningen inredel på vindarna.



Figur 33: Kondensor utomhus.

Bilaga 2: Utkast på kravspecifikation för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad

Allmänt

Kravspecifikationens syfte är att utgöra stöd vid upphandling av en systemlösning för luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad som energieffektiviseringsåtgärd i befintligt småhus med direktverkande el. Den ger förslag på lämpliga kravområden och parametrar med tillhörande krav och hur de verifieras, vilka bör ingå vid projektering och upphandling av denna typ av systemlösning. Den kan också användas som en checklista för beställaren för att tillsammans med entreprenör gå igenom aspekter att beakta vid projektering och installation. Generellt är det viktigt att initialt göra en jämförelse mellan de alternativ som finns för att energieffektivisera uppvärmningssystemet i ett befintligt hus med direktverkande el och beakta aspekter så som övergripande kostnader, lönsamhet, teknik och estetiska konsekvenser, för att den mest optimala lösningen skall väljas. Till exempel kan det vara relevant att göra en jämförelse med konvertering till ett vattenburet värmesystem och installation av en luft-vattenvärmepump, innan en systemlösning med en luft-luftvärmepump med hög täckningsgrad väljs.

Omfattning

Vid installation av en luft-luftvärmepump i ett småhus når den vanligtvis inte mer än ca 50% av bostadens yta, vilket motsvarar dess täckningsgrad. För att uppnå en högre täckningsgrad än 50% kan en värmepumpslösning installeras där upp till fem multisplitenheter inomhus kopplas till en kondensator utomhus. Det finns fyra olika typer av inomhusenheter på marknaden: väggmonterad, golvmonterad, takkassett eller kanalansluten. De olika inomhusenheterna går att kombinera enligt preferens, och i denna kravspecifikation särskiljs två olika kombinationer av inomhusenheter, kallade systemlösning 1 och 2:

- Systemlösning 1: kanalanslutet värmepumpssystem. Använder en kanalansluten inomhusenhet med tillhörande kanalsystem i vilken luften distribueras till husets olika rum.
- Systemlösning 2: multisplit-värmepumpssystem. Innebär en kombination av inomhusenheterna väggmonterad, golvmonterad eller takkassett. Exkluderar den kanalanslutna inomhusenheten och eliminerar därmed behovet av ett kanalsystem för luftdistribution.

Kravområde	Parameter	Krav	Verifiering Kontroll av ritning och beskrivning av lösning för kravuppfyllnad
Systemlösning: kanalanslutet värmepumps- system	Energieffektivitet		
	Täckningsgrad		
Systemlösning: multisplit- värmepumps- system	Energieffektivitet		
	Täckningsgrad		
Kompressor, utomhusenhet	Variabel kapacitet / VRF	Steglös inverterstyrning	
	SCOP	Skall vara beräknad baserat på nordiskt klimat	
		Inkludera mall/standard för hur SCOP beräkning görs i en bilaga	
	Livslängd	Min XX år	
	Garanti	Min XX år	
	Installation	Stadig och säker installation	
		Gränsvärden för buller och vibrationer utomhus får inte överskridas	
		Uppsamling eller avledning av kondensvatten skall säkerställas	
	Lägsta utetemperatur, värmedrift	Min XX °C	
	Köldmedia	Val av köldmedia enligt F- gasförordningen	
	Köldmediarör, dragning	Dragning av köldmediarör skall ej göras synligt i bostaden	
		Skarvar på köldmedierör skall beläggas utomhus för att minimera risker vid ev. läckage	
		Dragning skall göras så att de inte av misstag går att borra i	
		Avstånd mellan ute- och inomhusenheterna skall beaktas så att maximal tillåten	

		längd och höjd på köldmedierör ej överskrids	
Ytterligare krav för multisplit-värmepumpssystem			
Inomhusenhet	Livslängd	XX år	
	Garanti	XX år	
	Eleffekt fläkt	Skall redovisas	
	Fläkt	Steglös inverterstyrning	
	Max ljudalstring	Riktvärden för buller inomhus i bostadens olika rum från fläktar får inte överskridas	
	Placering	Får ej inskränka på bostadens tillgänglighet	
	Estetik	Synlig inomhusenhet ska ha en design som kan accepteras av boende	
	Kondensdränering	Säkerställa att kondensdränering görs vid installation	
		Kondensdränering skall inkludera ett larm för att säkerställa att avledningen fungerar	
		Kondensdränering måste ha fall alt. pump	
Ytterligare krav för kanalanslutet värmepumpssystem			
Inomhusenhet	Externt statiskt tryck, fläkt	Skall redovisas	
	Eleffekt, fläkt	Får ej leda till att max tillåten SFP överskrids för systemet	
	Inblåsnings-temperatur	Skall redovisas	
	Luftflöde, fläkt	Skall kunna tillgodose bostadens uppvärmningsbehov vid dimensionerande utetillstånd vinter	
		Ljudalstring från fläkt vid olika luftflöden skall redovisas	
	Placering	Enhetens dimensioner skall redovisas för att säkerställa att den ryms på avsedd plats	
		Placering av enhet skall väljas så att arbetsutrymme för service kan säkerställas	
	Kondensdränering	Säkerställa att kondensdränering görs vid installation	

	Om cirkulära kanaler används	Inkludera plenumbox med cirkulära utlopp	
Kanaler	Tryckfall	Kanalernas storlek skall väljas så att maximalt tryckfall per meter ej överskrids	
	Lufthastighet	Kanalernas storlek skall väljas så att maximal lufthastighet ej överskrids	
	Täthet	Cirkulära kanaler, klass XX Rektangulära kanaler, klass XX	
	Teknisk isolering	Kanalerna skall isoleras alt. kan färdigisolerade flexkanaler användas	
		Tjocklek min XX mm	
	Estetik och placering	Får ej inskränka på bostadens tillgänglighet	
		Kanaldragning från vind till våningsplan 1 skall i första hand göras via kattvind, inbyggda garderober, klädkammare och liknande utrymmen där kanalerna ej görs synliga från bostaden	
		Mellanbjälklag kan nyttjas för kanaldragning i tak på våningsplan 1, dock skall håltagning i bjälklag undvikas	
		Kanaldragning som görs synligt i bostadens skall täckas bakom permanent inbyggnad med tex. gipsskivor	
Tilluftsgaller /don	Ljudalstring	Storlek och utformning ska vara anpassad så att riktvärden för buller inomhus i bostadens olika rum ej överskridas	
	Tryckfall	Galler eller don skall väljas så att fläktens maximala externa statiska tryck ej överskrids	
	Placering	Skall placeras så att textilier så som gardiner ej påverkas av luftens hastighet	

	Drag	Val och placering av galler/don skall göras så att drag ej upplevs i vistelsezonen ¹	
	Temperaturgradient vistelsezon	Val av galler/don skall göras så att uppvärmd luft ej stannar i taket utan når bostadens vistelsezon samt fram till fasaden	
	Estetik	Galler/don ska ha en design som kan accepteras av boende	
Frånluftsgaller /don	Placering	Skall placeras så att kortslutning ej uppstår mellan till- och frånluft	
	Tillgänglighet	Om filter placeras bakom frånluftsgaller/don skall enkel nedmontering av säkerställas för filterbyte	
Spjäll för zonstyrning	Zonstyrning	Skall nyttjas så att temperatur i vardera zon/rum kan kontrolleras individuellt	
	Placering spjäll	Skall placeras så att åtkomst för reparation är möjlig	
	Styrning	Varje spjäll skall kunna styras individuellt	
Luftfiltrering (valfritt)	Placering och tillgänglighet filter	Skall placeras så att filtret enkelt kan bytas ut	
	Max tryckfall	Filter skall väljas så att dess tryckfall ej leder till att fläktens maximala externa statiska tryck överskrids	

¹ Vistelsezon enligt Boverkets definition



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Byggföretagen, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

