

Förstudie

Test och verifiering av decentraliserade ventilationssystem

Utarbetad av

Sanna Börjeson, Anthesis samt Andreas Nyberg och Jennifer Mörck, Aktea

Granskad av

Agneta Persson, Anthesis

Stockholm, 2020-12-30

Innehållsförteckning

DEFINITIONER OCH CENTRALA BEGREPP	3
SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING.....	7
1.1 BAKGRUND.....	7
1.2 DECENTRALISERADE VENTILATIONSSYSTEM MED KERAMISK VÄRMEÅTERVINNING	7
1.3 SYFTE OCH MÅL.....	8
1.4 ARBETSGRUPP.....	9
2 GENOMFÖRANDE	10
2.2 AVGRÄNSNINGAR	10
3 OMVÄRLDSUNDERSÖKNING	11
3.1 STANDARDER FÖR UTVÄRDERING AV VENTILATIONSSYSTEMS PRESTANDA	11
3.2 TIDIGARE STUDIER AV DECENTRALISERADE VENTILATIONSSYSTEM	18
4 MARKNADSANALYS	23
5 METODER FÖR TEST OCH VERIFIERING AV SYSTEMENS PRESTANDA	26
5.1 FÖRSLAGET ANGREPPSÄTT FÖR ATT TESTA SYSTEMENS PRESTANDA	27
6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE.....	29
6.1 FÖRSLAG FÖR FORTSATT ARBETE OCH UTVECKLING	30
7 REFERENSER.....	31

Definitioner och centrala begrepp

Specifik fläkteffekt: Specifik fläkt effekt (Specific fan power) för ett ventilationsaggregat är den eleffekt som fläktarna använder per kubikmeter behandlad luft, kW/(m³/s).

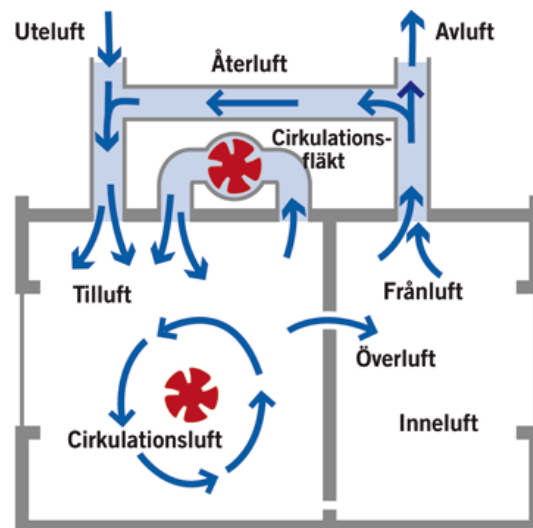
Värmeåtervinningseffekt: Med värmeåtervinningseffekt avses hur mycket av värmen från frånluften som återvinns till tilluften. Enlighet standarden EN 13141-8: 2014, beräknas värmeåtervinningseffekten för decentraliserade ventilationssystem:

Där t_{cykel} är tiden för varje driftscykel,

θ_{22} är tilluftstemperaturen (°C)

θ_{21} är utomhustemperaturen (°C)

θ_{11} är inomhustemperaturen (°C)



Figur 1: Illustration av över olika ventilationsbegrepp. Källa: Arbetsmiljöverket.

Uteluft: Luft som hämtas in från utemiljön, före att det har passerat ventilationsaggregatet.

Tilluft: Luft som tillförs i bostaden, efter att det har passerat ventilationsaggregatet.

Frånluft: Luft som leds ut från bostaden, före det har passerat ett ventilationsaggregat.

Avluft: Luft som leds ut från bostaden, efter att det har passerat ett ventilationsaggregat.

Återluft: Frånluft som återförs till tilluften.

Säsongseffektivitet: Säsongseffektivitet mäter energieffektiviteten hos värme- och ventilationssystem över en period av ett år med hänsyn till olika energibehov och variationer i utomhustemperaturer. Säsongseffektiviteten används för att ge ett mer realistiskt värde över hur systemet presterar över tid och inte bara visa testresultatet vid toppbelastning/nominell effektivitet.

Heating degree days (HDD): HDD står för Heating Degree Days och anger geografiskt plats specifika uppvärmningsgraddagar.

Skorstenseffekt (eng stack effekt): Temperaturskillnad mellan inomhusluft och utomhusluft medför en skillnad i densitet mellan dessa luftmassor. Denna skillnad skapar i sin tur en tryckskillnad och genererar ett luftflöde.

Vindtryck: Tryckskillnaden skapad av vind är beroende på vindriktningen och vindhastigheten. Vinden orsakar ett övertryck på lovartsida och ett undertryck på läsida.

Sammanfattning

I flera studier och aktiviteter som har genomförts inom ramen för koordineringen av nätverket BeSmå har det konstaterats att det finns ett starkt behov av nya energieffektiva värme- och ventilationssystem som är kostnadseffektiva, lättinstallerade och anpassade för befintliga småhus.

Decentraliserade ventilationssystem med värmeåtervinning (även kallat decentraliserade system med FTX) kan vara ett sätt att skapa en bättre ventilation i befintliga bostäder. Decentraliserade system kräver ingen kanaldragning, vilket förenklar installation och underhåll av systemet. De senaste åren har en stor utveckling skett på marknaden för decentraliserade enheterna. Flera studier har bekräftat att decentraliserade ventilationssystem leder till en bättre luftkvalitet och ger en ökad termisk komfort (Manz et al, 2000). Däremot har systemens värmeåtervinningsgrad, som ofta anges vara upp emot 85 procent, också ifrågasatts (Zemitis & Bogdanovics, 2020). Det har dock gjorts få studier över vilken potential denna typ av system har i ett nordiskt klimat.

Syftet med denna förstudie har varit att undersöka och föreslå metoder för att testa, verifiera och utveckla decentraliserade ventilationssystem för ett nordiskt klimat. En sådan utvärdering kan utgöra grunden för ett fortsatt arbete med att denna alternativa FTX-lösning. Studien har genomförts i tre delmoment: Omvärldsbevakning, marknadsanalys samt metoder för test och verifiering av systemens prestanda. Denna förstudie har visat att decentraliserade ventilationssystem kan ha stor potential som ett energi- och kostnadseffektivt ventilationsalternativ i de fall där en FTX-lösning med kanaldragning är tekniskt svårt att installera eller olämpligt av andra skäl. Samtidigt tycks utvecklingen av marknaden för decentraliserade ventilationssystem ha gått snabbare än vad lagar och förordningar hunnit med. Det finns idag inget universellt standardiserat sätt att utvärdera decentraliserade ventilationssystem, vilket får som följd att leverantörerna hänvisar till olika standarder när de redovisar systemens prestanda.

Även i den akademiska forskning som finns redovisad har systemen utvärderats på olika sätt till följd av att forskarna hittills inte har kunnat enas om en gemensam metodik. I denna förstudie har tre forskningsstudier av decentraliserade ventilationssystem granskats. Gällande systemens värmeåtervinning redovisas resultat mellan 63 och 80 procent. En rimlig bedömning är därmed att systemen, under normala driftförhållanden, kan åstadkomma en värmeåtervinning på cirka 70 procent.

På den svenska marknaden har sju typer av decentraliserade ventilationssystem med keramisk återvinning identifierats. Det ska dock noteras att flera av dessa systemtyper har importerats av flera företag, som med lite olika utformningar och under olika produktnamn säljer produkterna i Sverige. I kontakterna med importörerna av systemen har det framgått att det sällan genomförs några ytterligare (avancerade) tester och verifieringar av systemen när systemen tas in på den svenska marknaden, de tester som har gjorts av systemen har således huvudsakligen utförts av tyska underleverantörer. I litteraturen och i kontakt med leverantörer av systemen har det framkommit att systemens utmaningar främst gäller deras ljudnivåer, vilka kan upplevas som störande. Systemens höga ljudnivåer kan få som konsekvens att användarna minskar luftflödet i enheterna, vilket motverkar syftet med installationen.

Ett resultat av denna förstudie är ett förslag till metodik för att testa och verifiera de decentraliserade systemens prestanda i ett nordiskt klimat. Genom att initiera ett BeSmå- projekt för praktisk testning av systemen kan det klargöras hur väl systemen fungerar drift, där hänsyn tas till bostadens ventilationsbalans. Andra centrala frågor som bör utredas i ett fortsatt arbete är om dessa system klarar att förse ett småhus med hela dess ventilationsbehov, systemens ljudnivåer samt risker för ökad fuktbelastning i småhusens byggnadskonstruktion.

Det finns flera utmaningar för decentraliserade ventilationssystem som kräver en fortsatt teknikutveckling om de ska nå en bred acceptans bland ägare av befintliga småhus. De viktigaste är sannolikt systemens energiprestanda, luftomsättning, ljudnivå och gestaltning. En metod som kan vara lämplig att använda i det fortsatta utvecklingsarbetet är teknikupphandling. Ett förslag är därför att tillskjuta medel för att genomföra en förstudie om hur en teknikupphandling av decentraliserade ventilationssystem anpassade för ett nordiskt klimat skulle kunna utformas och genomföras.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

BeSmå är ett nätverk med Energimyndigheten som initiativtagare. Arbetet i BeSmå samfinansieras mellan Energimyndigheten och nätverkets medlemmar. BeSmå syftar till att bidra till omställningen till ett hållbart energisystem genom att påskynda realiseringen av energieffektiviseringsåtgärder i småhus.

Under våren 2020 genomfördes inom ramen för koordineringen av BeSmå en inledande undersökning om hur resultaten av BeSmås teknikutvecklingsprojekt för kombinerade värme- och ventilationssystem för nya energieffektiva småhus kan anpassas eller utvecklas till behoven i det befintliga småhusbeståndet. BeSmås inledande studie bekräftade ett starkt behov av att energieffektiviserande insatser riktas mot den befintliga bebyggelsen och att det finns en stor lönsam potential för energieffektivisering. Energieffektivisering i befintliga småhus gynnar de enskilda småhusägarna, samtidigt som det innebär en stor samhällsekonomisk vinst. Studien visade att ett för småhusägarna ofta betydande hinder för att realisera den energieffektiviseringspotential som finns för värme- och ventilationssystem är den höga investeringskostnad som det i dagsläget innebär att installera ett nytt värme- och ventilationssystem. Dessa energieffektiviseringsåtgärder behöver därför ofta ske i samband med större renovering.

Utöver ett behov av energieffektiviseringsåtgärder i det befintliga bostadsbeståndet visar flera tidigare studier och kartläggningar att en stor andel av det befintliga svenska småhusbeståndet är underventilerade, dvs har lägre luftomsättning än vad som anges i Boverkets byggregler. Boverkets rapport Energi i bebyggelsen som redogör för resultaten av projektet BETSI (2008–2010) fann att 80 procent av småhusen vid tiden för den studiens genomförande hade en lägre luftomsättning än BBR-kravet på 0,35 l/s, m². Samma studie uppger att den genomsnittliga luftomsättningen i det befintliga småhusbeståndet var 0,23 l/s, m².

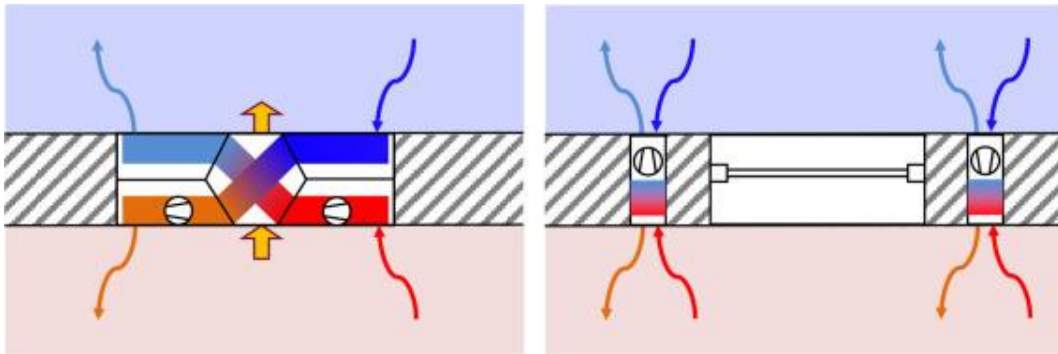
Således finns ett stort behov av nya lättinstallerade, energieffektiva värme- och ventilationssystem som kan användas som ett alternativ eller komplement till befintliga småhus i de fall där kanaldragnig är för kostsam eller olämplig av annat skäl.

1.2 Decentraliserade ventilationssystem med keramisk värmeåtervinning

Decentraliserade ventilationssystem med värmeåtervinning (även kallat decentraliserade system med FTX) kan vara ett sätt att skapa en väl fungerande ventilation i befintliga småhus. Jämfört med centraliserade system kräver de decentraliserade systemen ingen kanaldragnig, vilket förenklar installation och underhåll av systemet. De senaste åren har en stor utveckling skett på marknaden för de decentraliserade enheterna. Särskilt starkt fäste har tekniken i Tyskland, där det under 2017 såldes 179 000 ventilationsenheter, vilket var en ökning på 21 procent jämfört med året innan (Auerswald m.fl., 2020).

Flera studier har bekräftat att decentraliserade ventilationssystem leder till en bättre luftkvaliteten och ger en ökad termisk komfort (Manz et al, 2000). Däremot har systemens värmeväxlingsgrad, som av tillverkarna ofta anges vara upp mot 85 procent, också ifrågasatts (Zemitis & Bogdanovics, 2020). Systemens energiprestanda och vilka faktorer som påverkar systemens värmeåtervinningsgrad i verkliga förhållanden redovisas vidare i kapitel 2.

En annan utmaning för tekniken är att systemens ljudnivåer ofta är en orsak till missnöje hos användarna. Till skillnad från centraliserade system sitter enheterna direkt i väggen och kan därför inte placeras på en mer avskild plats på det sätt som centraliserade ventilationssystem kan placeras. Det är också ovanligt att de decentraliserade systemen installeras med ljuddämpande enheter. Tillverkarna anger i regel att ljudtrycksnivån för decentraliserade system är relativt lågt - från cirka 30 dB till 43 dB på 1 meters avstånd. En förklaring till att ljudnivån ändå kan uppfattas som störande för användaren är att ventilationen sker i cykler vilket gör att ljudprofilen förändras kontinuerligt (Zemitis & Bogdanovics, 2020).



Figur 2: Decentraliserade ventilationssystem med motströmsvärmväxlare (vänster) och parvis växeldrift (höger). Källa: Coydon m.fl. (2015).

1.2.1 Decentraliserade ventilationsenheter med motströmsvärmväxlare

I en regenerativ motströmsvärmväxlare sker inflödet av tilluft och frånluft samtidigt genom två separata delar av enheten. Värmen från frånluften lagras i den keramiska värmväxlaren för att sedan avges till tilluften när flödet växlar håll. Eftersom samma volym luft tillförs och avges via enheten hålls trycket neutralt i rummet.

1.2.2 Decentraliserade ventilationsenheter med växelvis drift (push-pull enheter)

Decentraliserade ventilationssystem med växelvis drift består av en enhet som placeras direkt i ytterväggen med en inbyggd fläkt som ändrar flödesriktning mellan ett tillufts- och frånluftsläge. Värme från rumsluften i frånluftsläget återvinns för uppvärmning av den tilluften via ett keramiskt material som ackumulerar värme med energin från den varma inomhusluften. Under den efterföljande tilluftscykeln frigörs denna energi tillbaka till den inkommande utomhusluften. För att erhålla balanserade luftflöden i förhållande till rummet krävs minst två enheter som fungerar växelvis i motsatta riktningar. De två luftflödena kan antingen integreras i ett hölje (en kompakt enhet) eller installeras som två separata enheter som är kopplade till varandra (två singelenheter). I det senare fallet kan enheterna också placeras i olika rum.

1.3 Syfte och mål

Denna förstudie har syftat till att undersöka och föreslå metoder för att testa, verifiera och utveckla decentraliserade ventilationssystem som utan några större insatser kan installeras i det befintliga småhusbeståndet. En sådan utvärdering ska kunna utgöra grunden för ett fortsatt arbete med att denna alternativa FTX-lösning.

Målet med förstudien är att bidra till en ökad realisering av energieffektiva åtgärder som samtidigt bidrar till en god ventilation i den befintliga småhussektorn. Målet har också varit att ta fram förslag

på vidare åtgärder som bör genomföras för att skapa energi- och kostnadseffektiva ventilationslösningar i det svenska småhusbeståndet.

1.4 Arbetsgrupp

Förstudien har genomförts av Sanna Börjesson och Agneta Persson, Anthesis, samt Andreas Nyberg och Jennifer Mörck, Aktea. Energimyndighetens ansvariga handläggare har varit Tomas Lennartsson. Diskussioner har även förts med Tomas Berggren och Dag Lundblad på Energimyndigheten.

2 Genomförande

Förstudien har genomförts i de tre delmomenten Omvärldsbevakning, Marknadsanalys samt Metoder för test och verifiering av systemens prestanda. Förstudien har genomförts med avsikten att samtliga moment ska genomföras marknadsnära och skapas en god förankring med de aktörer, från både näringsliv och akademi, som bör involveras i ett fortsatt arbete. I ett tidigt skede inleddes därför en dialog med bl.a. Högskolan Dalarna och RISE samt tillverkare av decentraliserade ventilationssystem. Dessa har bistått med information under arbetets gång.

2.1.1 Omvärldsundersökning avseende vilka decentraliserade ventilationssystem som finns och studier och tester som tidigare har gjorts

Det indelande momentet av förstudien var att genom litteraturstudier kartlägga vilka tester som har gjorts av systemen internationellt. Omvärldsbevakningen syftade även att få en förståelse för vilka metoder för verifiering som har använts i internationella sammanhang, och hur dessa metoder förhåller sig till svensk standard. Sist ämnade detta delmoment att identifiera vilka utmaningar som tidigare har förelegat med decentraliserade system, gällande såväl teknik som de metoder som används vid utvärdering av tekniken.

2.1.2 Identifiering av system

I detta moment kartlades de decentraliserade ventilationssystem som finns på den svenska marknaden. Systemen har dels identifierats genom sökningar på internet, dels genom att tillverkare/leverantörer har informerat om sina branschkollegor. Kartläggningen resulterade i att sju olika modeller av decentraliserade ventilationssystem identifierades på den svenska marknaden.

Kontakt har tagits med samtliga leverantörer/importörer som säljer de identifierade sju systemen i Sverige för att ta del av deras erfarenheter av systemens funktion och få kännedom om vilka tester som har genomförts av dessa system.

2.1.3 Metoder för test och verifiering av systemens prestanda

I det sista momentet presenteras vilka metoder för tester och verifiering som kan vara aktuella att använda för att studera systemens prestanda. Metodbeskrivningen bygger på de slutsatser som dragits under omvärldsbevakningen och i kontakt med leverantörer av systemen. Därtill har tre exempelberäkningar genomförts för att identifiera vilka aspekter som är centrala att belysa, parametrar som bör studeras samt vilken metod som är bäst lämpad.

2.2 Avgränsningar

Det finns flera olika tekniker som går under benämningen decentraliserade ventilationssystem. I denna studie avses i första hand decentraliserade ventilationssystem med keramisk värmeåtervinning, vilka beskrivs i kapitel 1.2.

Med systemens energiprestanda menas i denna rapport systemens värmeväxlingseffekt. Andra centrala aspekter som studien omfattar är systemens luftflöde, effektbehov och ljudnivå.

3 Omvärldsundersökning

3.1 Standarder för utvärdering av ventilationssystemens prestanda

Genom litteraturstudier och genom kontakt med leverantörer av systemen har en rad olika standarder för utvärdering av systemens prestanda kunnat kartläggas. I kontakt med leverantörer har merparten hänvisat till att tester genomförs enligt DIBt- metodiken. Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) är det officiella godkännandeorganet för byggteknikprodukter. För att få sälja ventilationsutrustning på den tyska marknaden måste utrustningen utvärderas av ett erkänt testcenter i enlighet med DIBt-testmetoder.

Tester enligt den gamla tyska testnormen LÜ-A nr 20 godkänns fortfarande av DIBt för såväl centraliserade som decentraliserade ventilationsenheter. Men från och med den 2020-01-26 för centraliserade system respektive den 2021-06-30 för decentraliserade godkänns enbart de nya tyska teststandarderna.

I

besmå

Innovationskluster för energieffektiva småhus

Tabell 1 har identifierade standarder som har använts vid tidigare studier/tester av decentraliserade ventilationssystem sammanställts. Både produktstandarder och provningsstandarder med provningsmetoder för olika komponenter har använts vid genomförandet av tester av tillverkare och forskare.

besmå

*Innovationskluster för
energieffektiva småhus*

Tabell 1 redovisar även förstudiens bedömning av respektive testmetods lämplighet vid test av decentraliserade ventilationssystem.

besmÅ

Innovationskluster för energieffektiva småhus

Tabell 1: Standarder som har använts vid testning av decentraliserade system, samt en bedömning över dess lämplighet.

Energieffektivitet	Beskrivning	Lämplighet
EN 13141-7	Luftbehandling - Funktionsprovning av komponenter/produkter för bostadsventilation - Del 7: Från- och tilluftsaggregat (inkl. värmeåtervinning) för mekaniska ventilationssystem i enfamiljsbostäder.	Ej lämplig: Standarden avser endast kanalansluten ventilation.
EN 13141-8	Luftbehandling - Funktionsprovning av komponenter/produkter för bostadsventilation - Del 8: Funktionsprovning av komponenter för ej kanalansluten mekanisk till- och frånluftsventilation (inkl. värmeåtervinning) för mekaniska ventilationssystem avsedda för enskilda rum	Delvis lämplig: Denna standard är anpassad efter den växeldrift som tillämpas med decentraliserade enheter. Standarden tar dock inte hänsyn till att fläktar i flera rum alternerar med varandra.
EN 13053	Luftbehandling - Luftbehandlingsaggregat - Klassificering av och bestämning av prestanda för aggregat, aggregatdelar och komponenter	Ej lämplig: Standarden är inte avsedd för bostadsventilation.
DIBt: LÜ-A 20	DIBt Lü-A Nr 20 ersätts av DIBt Lü-A Nr 21 och DIBt Lü-A Nr 22	-
DIBt: LÜ-A 21	DIBt Lü-A Nr 21 bygger på EN 13141-7	Ej lämplig: Denna standard bygger på EN 13141-7 som avser kanalansluten ventilation och därav bedöms standarden inte vara applicerbar på decentraliserad ventilation.
DIBt: LÜ-A 22	DIBt Lü-A Nr 22 bygger på EN 13141-8	Delvis lämplig: Bygger på EN 13141-8.
DIN EN 308	Värmeväxlare - Värmeåtervinningsaggregat - Provningsmetoder för prestationsstandard	Delvis lämplig: Applicerbar som provningsstandard för värmeåtervinningen. Dock inte anpassad för decentraliserade system.
DIN V 4701-10:2003-08	Energieffektivitet för värme- och ventilationssystem i byggnader - Del 10: Uppvärmning, tappvarmvatten, ventilation	-
DIN EN ISO 5801:2012-11	Fläktar - Kapacitetsprovning med standardiserade luftvägar. Standarden specificerar förfaranden för bestämning av prestanda för alla typer av fläktar utom de som enbart är konstruerade för luftcirkulation, t.ex. takfläktar och bordsfläktar.	Delvis lämplig: Applicerbar som provningsstandard för fläktarna. Dock inte anpassad för decentraliserade system.

SS EN 16798-3:2018	Ventilation för lokalbyggnader (ej bostäder) Del 3: - Funktionskrav på ventilations- och luftkonditioneringssystem. Denna europeiska standard gäller utformning, energiprestanda för byggnader och implementering av ventilations-, luftkonditionerings- och rumskonditioneringssystem för icke-bostadshus som är föremål för mänsklig beläggning, exklusive tillämpningar som industriella processer.	<i>Ej lämplig:</i> Standarden är inte avsedd för bostadsventilation.
--------------------	--	--

Ventilations-effektivitet	Beskrivning	Lämplighet
EN 13779	Luftbehandling - Funktionskrav på ventilations- och luftkonditioneringssystem. SS-EN 16798-1:2019 hänvisar till denna standard för att utvärdera ventilationseffektiviteten.	<i>Ej lämplig:</i> Standarden är upphävd och ersätts av EN 16798-3:2018
SS-EN ISO 16000-26:2012	Inomhusluft - Del 26: Provtagningsstrategi för koldioxid (CO ₂) (ISO 16000-26:2012)	<i>Ej lämplig:</i> Det är vanligen inte relevant med provtagning av koldioxid i en bostad eftersom personlasten normalt är låga.
SS-ISO 16000-8:2008	Inomhusluft - Del 8; Bestämning av luftens lokala medelåldrar i byggnader för karaktärisering av ventilationsförhållandena	<i>Delvis lämplig:</i> Applicerbar som provningsstandard för luftutbytet. Dock inte anpassad för decentraliserade system.

Komfort	Beskrivning	Lämplighet
Ashrae 55	Ashrae 55 specificerar förhållanden för acceptabla termiska miljöer och är avsedd för användning vid design, drift och idrifttagning av byggnader och andra ockuperade utrymmen.	<i>Ej lämplig:</i> Standarden kräver ingen utvärdering av komfort i befintliga byggnader dock erbjuder den en riktlinje för hur en sådan utvärdering kan utföras.
DIN EN ISO 7730:2005	Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort	<i>Ej lämplig:</i> Ej applicerbar som provningsstandard, dock kan standarden appliceras vid fälttester på systemen för att bedöma den termiska komforten.
SS-EN 16798-1:2019 (ersätter DIN EN 15251)	Byggnaders energiprestanda - Ventilation för byggnader - Del 1: Indataparametrar för inomhusmiljö för konstruktion och bestämning av byggnaders energiprestanda gällande luftkvalitet, termiskt klimat, belysning och akustik, ej bostadshus	<i>Ej lämplig:</i> Standarden är inte avsedd för bostadsventilation.

EN 13142	Luftbehandling - Komponenter/produkter för bostadsventilation - Denna europeiska standard specificerar och klassificerar komponentens/produktens prestanda som kan vara nödvändiga för konstruktion och dimensionering av bostadsventilationssystem för att ge de förutbestämda komfortförhållandena för temperatur, lufthastighet, fuktighet, hygien och ljud i den upptagna zonen.	Delvis lämplig: Applicerbar som provningsstandard. Dock inte anpassad för decentraliserade system.
----------	---	---

Övrigt	Beskrivning	Lämplighet
DIN 1946-6	Allmänna krav, krav på design, konstruktion, idrifttagning och överlämning samt underhåll.	Delvis lämplig: Applicerbar inom angivna områden. Dock inte anpassad för decentraliserade system.

besmå

Innovationskluster för energieffektiva småhus

Det finns varken någon svensk standard eller standarder på internationell eller global nivå som helt omfattar denna typ av produkt och den ventilationslösning som decentraliserad ventilation är. En standard för denna produkt bör omfatta ej kanalansluten ventilation för enfamiljsbostäder. Den av de standarder som har identifierats som är mest applicerbar för testning av ventilationslösningens prestanda är 13141–8, som är den enda standarden som är särskilt anpassad efter decentraliserade system (system utan kanaldragnig). Denna standard gäller även som svensk standard, och går här under betäckningen SS-EN 13141–8:2014. Det ska dock påpekas att standarden är utvecklad för bedömning av enheter avsedda för enskilda rum, och därmed beaktar standarden inte hela systemlösningen. Eftersom fläktarna arbetar i par och alternerar mellan varandra är det av vikt att hela systemet studeras för att kunna verifiera enheternas totala funktion.

Forskningsorganisationen RISE är ackrediterad för provning enligt Svensk/Europeisk standard SS-EN 13141–8:2014 för decentraliserade ventilationssystem. Testresultaten är sekretessbelagda, men enligt uppgifter som förstudieteamet har tagit del av är produkternas prestanda ofta sämre än vad tillverkare och importörer uppger. I vissa fall hänvisar leverantörerna av systemen till mindre seriösa tester utförda på universitet och högskolor, men som inte har genomförts enligt gällande standard eller med kalibrerad mätutrustning. En annan problematik är att tillverkare av utrustningen har låtit studenter eller examensarbetare utvärdera produkten. I dessa fall finns en risk att utvecklaren av produkten har stort inflytande över hur testningen ska genomföras gällande såväl metodik som hur mätdata ska utvärderas/tolkas. Vanliga fel är att systemen testas med kraftigt obalanserade luftflöden, med väldigt låga luftflöden eller med en hög återcirkulation av luft.

Roulet et al (2001) diskuterar också en problematik med återcirkulation till följd av ”kortslutningar” vid mätning av decentraliserade systems värmeåtervinningsgrad. Kortslutningar innebär att en del av frånluften återcirkuleras och går tillbaka in i rummet med tilluften. Det ger en högre värmeåtervinningsgrad, men minskar luftombytet. Kortslutningar kan även ske åt motsatt håll, dvs orsaka att den tillförda uteluften går direkt ut med frånluften, vilket minskar tilluftsflödet.

Flera studier diskuterar att de konventionella metoder som idag används för att bestämma värmeåtervinningseffektiviteten hos decentraliserade ventilationssystem inte är tillräckliga för att beskriva ventilationssystemens verkliga prestanda. Coydon m.fl. (2015) menar att de decentraliserade systemens verkningsgrad ofta är överskattade eftersom hänsyn inte tas till värmeåtervinningen given vid olika driftsförhållanden såsom byggnadsskalets värmegenomgångstal, köldbryggor samt temperaturgradienter vid drift.

Zemitis & Bogdanovics (2020) redovisar i den nyligen publicerade artikeln *Heat recovery efficiency of local decentralized ventilation devices* en diskussion om att tillverkare av decentraliserade system ofta anger den nominella energieffektiviteten som ett mått på systemens energiprestanda. Den nominella energieffektiviteten för ett decentraliserat system beräknas utifrån standarden EN 13141–8: 2014. Mätningen av den nominella effekten ska enligt standarden genomföras med en inomhustemperatur på 20°C och utetemperatur på +7°C, men det krävs inte att systemen testas för olika temperaturdifferenser. Flera studier, däribland Zemitis & Bogdanovics (2020) menar att den faktiska energiprestandan påverkas väsentligt av de tryckskillnader som orsakas av vindlast och skorstenseffekter under torra kalla vinterdagar.

Coydon m.fl. (2015) har också synpunkter på EN 13141–8: 2014 metodiken. För att bestämma värmeåtervinningseffektiviteten hänvisar metodiken till EN 308. Dessa beräkningar tar dock inte

hänsyn till fläktarnas effektbehov. Därmed menar Coydon m.fl. (2015) att det finns en risk att tester av ventilationsenheter med högre eleffektbehov redovisar en högre värmeåtervinningseffektivitet än testresultaten för mer effektiva enheter med lägre effektbehov. EN 13053-metodiken är den enda standarden som ger en anpassad kombination av värmeåtervinningsprestanda i förhållande till fläktarnas eleffekt (Kaup, 2010).

Coydon m.fl. (2015) har också ifrågasatt *DIBt-metoden*. Metodiken utvärderar energiprestanda utifrån entalpiskillnader och inte temperaturskillnadsförhållandet, men syftet är att metoden ska ta hänsyn till effekterna av fuktåtervinningen. Coydon m.fl. (2015) menar dock att fuktåtervinning i regel endast leder till en förbättring av komforten och sällan till energibesparingar, och därför bör denna metod införa en ytterligare indikator för energiprestanda.

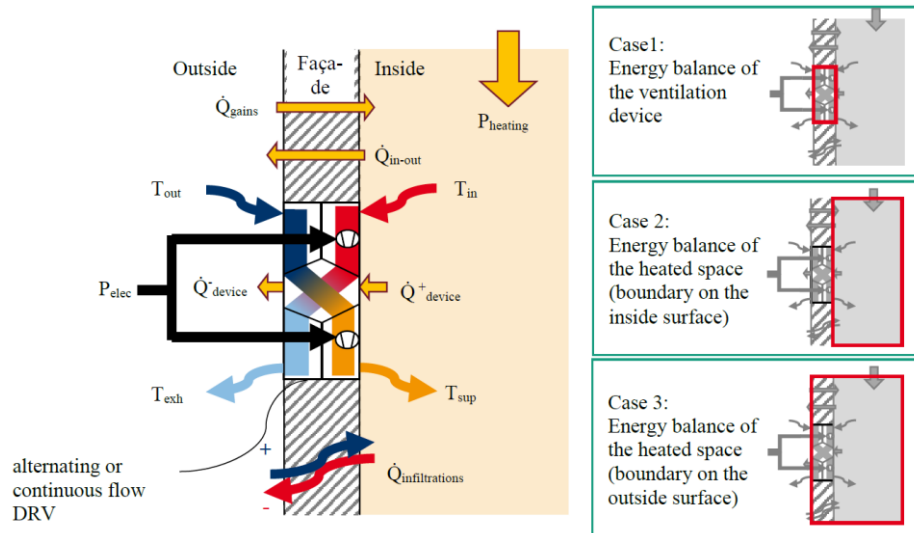
En ytterligare utmaning gällande verifiering av energiprestanda hos decentraliserade ventilationssystem med parvis växeldrift är hur temperaturskillnaderna vid ventilationssystemens in- och utlopp ska mätas. Systemen arbetar parvis mellan tillufts- och frånluftsläge, där växlingen sker regelbundet, exempelvis var 70:e sekund. Processen är tidsvariant och testning under såväl stationära förhållanden som vid drift är svår att genomföra till följd av att temperaturskillnader, vid inlopp och utlopp, samt luftflöden varierar signifikant. Genom att använda sensorer med snabb svarstid strävade Coydon m.fl. (2015) efter att mäta temperatur och luftflödet vid växlingen. Resultatet blev att erhållna mätvärden, trots användningen av ny teknik, varierade och temperaturvariationerna i erhållna mätdata låg på ca 2°C. De snabba växlingarna mellan tillufts- och frånluftsläge orsakade även stora variationer vid mätning av luftflödet med mätosäkerheter som uppskattades uppgå till 1,4 l/s.

3.2 Tidigare studier av decentraliserade ventilationssystem

Beroende på vilken standard som används vid mätningar av decentraliserade systems värmeåtervinningsgrad erhålls olika mätvärden för systemens energiprestanda. Med målet att den beräknade värmeåtervinningsgraden mer exakt ska representera de faktiska energibesparingar som de decentraliserade ventilationssystemen ger presenterar Coydon m.fl. (2015) en kalorimetrisk utvärderingsmetod.

Två decentraliserade ventilationssystem med låg ljudnivå och lågt effektbehov utvärderades. Den ena enheten var utrustad med en motströmsvärmeväxlare, medan det andra systemet bestod av en regenerativ värmeväxlare med parvis växeldrift. Testen genomfördes i en klimatkammare. Metodiken beskrivs i detalj i artikeln *Energy performance of facade integrated decentralised ventilationsystems*, men tar bland annat hänsyn till följande parametrar som påverkar erhållna effektvärden, vilka också visualiseras i Figur 3:

- obalanser mellan tillufts- och frånluftslöden
- interna och externa luft- och värmeläckage
- ventilationssystemets effektförbrukning
- vindlaster på fasaden



Figur 3: Energi och luftflöden som karakteriserar fasadintegrerade decentraliserade ventilationssystem med värmeåtervinning. Figuren visar även olika systemgränningar med hänsyn till energibalanser (Coydon m.fl. 2015, s. 38).

Testen genomfördes med en inomhustemperatur på 24°C och en utomhustemperatur på -5°C. I samtliga test var fläktarna inställda på maximal hastighet. Resultaten visade att enheten utrustad med motströmsvärmväxlare hade en värmeåtervinningseffektivitet mellan 64,6 och 70,0 procent beroende på vilken standard som beräkningarna utgått ifrån. Den kalorimetriska metoden gav värdet 69,1 procent. Enheten med parvis växeldrift uppmätte en värmeåtervinningsgrad mellan 72,8 och 80,2 procent enligt befintliga standarder. Med den kalorimetriska metoden erhöles det lägre värdet 64,4 procent. Resultaten sammanställs i tabell X.

Tabell 2: Sammanställning av testresultat för standarderna EN 308, EN 13053, PHI-metoden, samt simulerad värmeåtervinningseffekt i Köpenhamn, Aten och Strasbourg. Källa: Coydon m.fl. (2015).

	Värmeväxlingseffekt [%], Parvis värmeväxling	Värmeväxlingseffekt [%], Motströmsvärmväxling
EN 308	80,2	70,0
EN 13053	77,1	67,2
Kalorimetrisk metod	63,4	69,1

Att den kalometriskiska metoden uppmätte en relativt sett lägre värmeåtervinningseffekt för enheterna med parvis växeldrift förklarades av att köldbryggor uppstod runt aggregatet, och att dessa försämrar aggregatets faktiska prestanda. Vidare redovisades två orsaker till att värmeåtervinningsgraden blir högre för EN 308-metodiken jämfört med EN 13053-metodiken. Baserat på standarden EN 308 bestäms värmeåtervinningen på enhetens tilluftssidan, medan EN 13053-metodiken i beräkningarna utgår från avluftssidan. Således blir värmeåtervinningsgraden högre i första fallet eftersom uteluften värms mer än vad frånluften kyls. Därtill är värmeåtervinningsgraden relativt lägre för EN13053 och för den kalorimetriska metoden eftersom dessa beräkningsmetoder tar hänsyn till systemens effektbehov.

För att analysera de decentraliserade systemens energiprestanda i olika väderförhållanden över ett år, simulerades klimatet för Aten, Strasbourg och Köpenhamn och säsongseffektiviteten beräknades. I beräkningarna användes data för Heating Degree Days (HDD), som är ett mått för hur mycket en

bostad behöver värmas under ett år. Säsongseffektiviteten användes för att ge ett mer realistiskt värde över hur systemen presterar över tid. Resultaten framgår av Figur 3.

Tabell 3: Resultat för simulerad värmeåtervinningseffekt i Köpenhamn, Aten och Strasbourg. Källa: Coydon m.fl. (2015).

	HDD	Värmeväxlingseffekt [%], Parvis värmeväxling	Värmeväxlingseffekt [%], Motströmsvärmeväxling
Köpenhamn, säsongseffektivitet	4242	63,9	69,3
Aten, säsongseffektivitet	3670	52,1	57,4
Strasbourg, säsongseffektivitet	1932	62,1	67,8

Som framgår av Figur 3 erhöles lägre värden för värmeåtervinningsgraden när mätningarna simulerades över längre perioder och tog hänsyn till vädervariationer. Resultaten visade även att systemen har en högre effektivitet i ett svalare klimat.

3.2.1 Decentraliserade ventilationssystem känslighet för tryckskillnader

För att undersöka hur värmeåtervinningsgraden hos decentraliserade ventilationssystem påverkas av tryckskillnader studerade Zemitis & Bogdanovics (2020) en enhet med parvis värmeväxling i en klimatkammare medan olika utomhustemperaturer och tryckskillnader simuleras. Enligt de tekniska specifikationerna växlade enheten mellan till- och frånluftsventilation var 70:e sekund, hade ett maximalt luftflöde på 7 l/s, en eleffekt på 13 W och en nominell värmeåtervinning på 85 procent.

Först genomfördes en långtidsmätning (2 timmar) över hur enheten presterar utan tryckskillnad mellan fasadens insida och utsida. Utomhustemperaturen sattes till 2°C och inomhustemperaturen till 19°C. Resultaten visade att den genomsnittliga värmeåtervinningseffektiviteten uppgick till 72 procent, vilket var lägre än det värde som tillverkaren angav i den tekniska specifikationen. Under tilluftscykeln första sex sekunder (efter att enheten växlat från frånluftsläge till tilluftsläge), uppmättes dock en värmeåtervinningsgrad på 85 procent, vilket överensstämmer med tillverkarens tekniska specifikation. Värmeåtervinningsgraden minskade därefter för att i slutet av tilluftscykeln uppgå till 57 procent.

I det andra testet genomfördes korttidsmätningar (sju minuter per mätning) med varierande utomhustemperaturer mellan -2°C och 7°C och tryckskillnader som ökade stegvis från 0 till 50 Pa. I Tabell 4 redovisas studiens testresultat, som visar att den genomsnittliga värmeåtervinningseffektiviteten minskar med en ökad tryckskillnad. Ett högre tryck på fasadens utsida gör att en ökad mängd luft passerar genom ventilationssystemet, utan att luften hinner värmas upp av den keramiska värmeackumulatören. När tryckskillnaden ökade från 0 till 50 Pa ökades tillufthastigheten (uppmätt på inomhussidan) från 0,41 till 1,06 m/s. Utöver en sämre värmeåtervinningseffekt resulterar den ökade luftinströmningen i en försämrad termisk komfort eftersom kalldrag uppstår vid donet.

Tabell 4: Sammanställning över beräknad värmeväxlingsåtervinningsgrad med hänsyn till utomhustemperatur och tryckskillnader. Den rödmarkerade raden visar resultaten från långtidsmätningen, medan de övriga resultaten uppmättes under korttidsmätningar. Källa: Zemitis & Bogdanovics (2020).

Tryckskillnad [Pa]	Utomhustemperatur; °C			Genomsnittlig värmeåtervinning; [%]
	+7	+2	-2	
ΔPa				%
0		73 %		73 %
5	63 %	66 %	61 %	63 %
10	45 %	50 %	51 %	49 %
15	23 %	30 %	33 %	29 %
20	26 %	16 %	17 %	20 %
30	7 %	20 %	13 %	13 %
40	14 %	9 %	N/A	12 %
50	12 %	8 %	N/A	10 %

I verklig miljö beror tryckskillnaden på fasadens form, storlek och geografiskt läge. En studie som mätte tryckskillnaderna mot fasaden i 36 flerfamiljshus fann att tryckskillnaden under stora delar av året uppgick till 10–20 Pa (Leivo m.fl. 2015). Enligt Zemitis & Bogdanovics (2020) beräkningar motsvarar det en värmeåtervinningseffektivitet mellan 20 och 50 procent.

3.2.2 Fälttester av 60 decentraliserade system

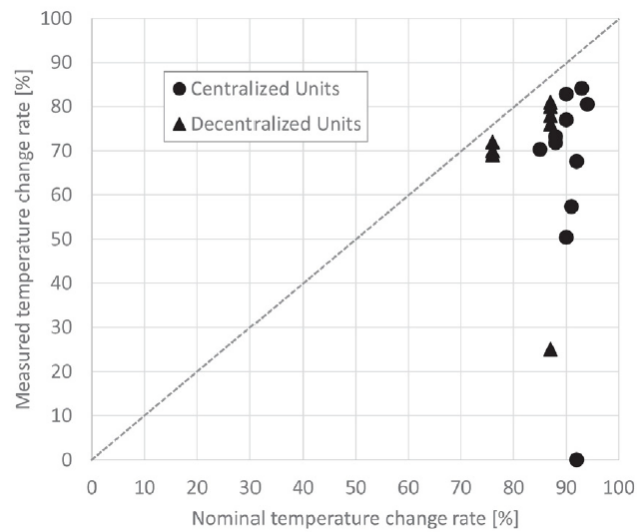
Bland de tidigare forskningsstudier som har genomförts avseende decentraliserade system, är en stor majoritet genomförda i laboratoriemiljö. Merzkirch m.fl. (2016) hör till undantaget. Under uppvärmningssäsongen 2013–2014 genomförde de fälttester med 20 centraliserade och 60 decentraliserade mekaniska ventilationssystem för småhus och flerbostadshus. Syftet var att mäta systemens faktiska energiprestanda i verklig miljö. De aspekter som studerades var: till- och frånluftflöden, återcirkulationsflöden, systemens känslighet för tryckskillnader, specifik fläkeffekt samt värmeåtervinningseffektivitet. Fälttesterna genomfördes i Luxemburg under dagar med låga vindhastigheter och med en utomhustemperatur mellan 0°C och 4°C och inomhustemperaturer mellan 20°C och 22 °C. De decentraliserade systemen bestod av fyra olika typer. Två av systemen bestod av enheter med parvis växeldrift och två system var försedda med enheter med motströmsvärmeväxling. I Tabell 5 sammanfattas några av studiens resultat.

Tabell 5: Sammanställt resultat av fälttester. Källa Merzkirch m.fl. (2016).

Ventilation system	Tilluftflöde	Värmeväxlingseffekt (uppmätt)	Värmeväxlingseffekt (nominell)	Specifik fläkeffekt
A (parvisa)	7,7 ± 1.5	0.76 ± 0,01	0,87	0,225 ± 0,01
B (parvisa)	7,7 ± 1,2	0,76 ± 0,01	0,91	0,215 ± 0,01
C (motströms)	8.8 ± 0,5	0,7 ± 0,2	0,76	0,2 ± 0,01
D (motströms)	9,7 ± 0,6	0,68 ± 0,25	0,87	0,245 ± 0,02

Värmeåtervinningseffektiviteten för de decentraliserade systemen uppmättes till $0,7 \pm 0,17$. Skillnaderna mellan tillverkarens nominella värmeåtervinningseffektivitet och den uppmätta

effektiviteten visas i Figur 4. Av resultaten framgår att energieffektiviteten under faktiska driftsförhållanden i samtliga fall är lägre än de nominella värden som anges av tillverkarna.



Figur 4: Uppmätt värmeväxlingsgrad jämfört med den nominell verkningsgrad. Källa: Merzkirch m.fl. (2016).

I likhet med Zemitis & Bogdanovics (2020) undersökte Merzkirch m.fl. (2016) de decentraliserade systemens tryckkänslighet genom att undertryckssätta inomhusmiljön med ett differenstryck på 10 Pa. Även detta försök visade att tryckskillnaden ledde till ett kraftigt ökat tilluftsflöde och följaktligen en minskad värmeåtervinningseffekt.

4 Marknadsanalys

Denna förstudie har identifierat sju olika typer av decentraliserade ventilationssystem med keramisk återvinning som säljs på den svenska marknaden. Det ska dock noteras att flera av enheterna har importerats av flera olika företag, som med lite olika utformningar och under olika produktnamn säljer produkterna i Sverige.

Av systemens tekniska specifikationer framgår att värmeåtervinningen hos samtliga system är hög. Flexit redovisar en värmeåtervinningsgrad mellan 70 och 80 procent och Blauberg (som säljs i Sverige av NIBE) anger en effektivitet som kan uppgå till 93 procent. Majoriteten av leverantörerna redovisar en effekt som ligger däremellan för sina system, se Tabell 6. Effektbehovet hos systemen är lågt, det ligger i regel på 1–5 W. Systemens luftflöden är oftast reglerbara i 3–5 valbara driftlägen. Den reella värmeåtervinningsgraden, effektbehovet och ljudnivån beror i sin tur av enhetens luftflöde. Det lägsta luftflödet hos de identifierade systemen ligger omkring 3 l/s och det högsta närmare 15 l/s. Systemens ljudnivå uppgår till omkring 30–40 dBA.¹ Av Tabell 6 framgår även vilka testmetoder de olika systemen har utvärderats med. I samtliga fall utom två har testerna genomförts i enlighet med den tyska DIBt-metodiken. Fyra av aggregaten uppfyller kraven för EN 13141–8.

I kontakterna med importörerna av systemen har det framgått att det när systemen tas in på den svenska marknaden sällan genomförs några ytterligare (avancerade) tester och verifieringar av systemen. De värden som sålunda redovisas för de svenska konsumenterna är resultaten av de tester som har gjorts av tillverkarna av systemen (huvudsakligen tyska). Däremot uppger flera av de leverantörer som kontaktats att de följer upp sin försäljning och tar hänsyn till kundernas erfarenheter. Leverantörerna har i de flesta fall sålt systemen på svenska marknaden i ett par år. Enligt leverantörerna är synpunkterna från kunderna främst positiva, med undantag av en del anmärkningar gällande systemens ljudnivå.

Denna förstudie har välkomnats av de leverantörer som har kontaktats. En majoritet av dem upplever att det finns ett behov av att kunna redovisa jämförbara värden gällande decentraliserade ventilationssystemers värmeåtervinningseffekt. Flera av de representanter som har intervjuats upplever att det finns andra aktörer i branschen som anger felaktiga uppgifter eller hänvisar till utvärderingar av systemen som inte har skett på ett seriöst sätt. Samtidigt har det i intervjuerna framgått att det råder stor brist på kunskap om hur systemen har blivit testade och i vilka förhållande de tekniska specifikationerna tagits fram. Flera av de intervjuade leverantörerna har behövt återkomma med information om testning efter att de har ställt frågan till tillverkaren av systemet. De testresultat som sedan kommit förstudiens arbetsgrupp tillhanda har varit av varierande kvalitet. I intervjuerna har det även framkommit synpunkter att det inte är självklart vilka standarder eller metoder som systemen bör utvärderas mot, vilket också lett till att mer omfattande tester av de decentraliserade ventilationssystemens prestanda inte har genomförts när produkterna lanserats i Sverige.

¹ dBA står för A-vägd ljudtrycksnivå och beskriver ljudets frekvenser sammanvägt för att få ett samlat värde, ett hörselanpassat mått. A-vägningen dämpar låga frekvenser och förstärker medelhöga. Metoden används bland annat för olika slags buller.

Tabell 6: Identifierade system som säljs på svenska marknaden.

Tillverkare/ Leverantör	Modell/ Produktnamn	Teknisk data	Testmetod	Källor
GetAir/ Bosch, Klimatfabriken Säljs av på svenska marknaden (i lite olika utformningar) av bland annat Klimatfabriken och Bosch	Klimat kx Smart Fan Get Air Smart Fan Bosch Vent 2000 D	Värmeåtervinning %: ≤83 % Effektförbrukning W: 0,8-4 W Luftflöde (l/s): 5-12,8 l/s Temperaturdriftsområde (°C): -20 °C -60°C Ljudtrycknivå, 1 m 11 - 33 dBA Teknik Parvis värmeväxling <i>*Gäller för Get Air Smart Fan. Avvikelse kan förekomma hos leverantörens egna anpassningar av systemet.</i>	EN 13141-8 DIN V 4701-10 DIBt: LÜ-A 20	GetAir (2020), <i>Technische Daten Technical data SmartFan</i>
Flexit	Roomie Dual	Värmeåtervinning %: 70 - 80% Effektförbrukning W: 2,9 - 6,8 W Luftflöde (l/s): 2,8 - 8,3 l/s Temperaturdriftsområde (°C): -25- 50 °C Ljudtrycknivå, 3m dBA 20-39 dBA Teknik Parvis värmeväxling, Rumsventilation		Flexit (2020), <i>Rumsventilator Roomie Dual Tekniska data</i>
Blauberg/ NIBE Säljs på svenska marknaden av NIBE.	Vento Expert A50-1 Pro NIBE DVC 10	Värmeåtervinning %: ≤93 % Värmeåtervinning_medel_DIBt 78,70% Effektförbrukning W: 3.61-5.20 W Luftflöde (l/s): 4-14 l/s Temperaturdriftsområde (°C): -20 - 40 °C Ljudtrycknivå, 1 meter dBA: 20-30 dBA Ljudtrycknivå, 3 meter dBA: 11-21 dBA Teknik Parvis värmeväxling <i>*Gäller för Vento Expert A50-1 Pro. Avvikelse kan förekomma hos leverantörens egna anpassningar av systemet.</i>	DIBt: LÜ-A 20 EN 13141-8	Blauberg (2020), <i>Blauberg Vento Expert A50-1 S10 Pro</i>

Helios/ Metro Therm Säljs på svenska marknaden av Merto therm.	EcoVent Verso Helios KWL EC 45	Värmeåtervinning %: ≤88% Effektförbrukning W: 1.6-4.5 W Luftflöde (l/s): 3,9 -12,5 l/s Temperaturdriftsområde (°C): -12 - 40 °C Ljudtrycknivå, 1 meter dBA: Ljudtrycknivå, 3 meter dBA: 14-34 dB (A) Teknik Parvis värmväxling	DIBt: LÜ-A 20 DIN 1946-6	Helios (2020), <i>KWL® EcoVent Verso</i>
Lunos Säljs på den svenska marknaden av Energy Building.	Lunos E2	Värmeåtervinning %: ≤85 % Effektförbrukning W: 2.8 - 6.6 W Luftflöde (l/s): 5-11l/s Ljudtrycknivå, 1 m 21-41 dBA Ljudtrycknivå, 3 m 12-32 dBA Teknik Parvis värmväxling	DIBt: LÜ-A 20 EN 13141-8	Lunos (2020), <i>Technisches Infoblatt Lüftung mit Wärmeück</i>
Smartvent	Smart 1	Värmeåtervinning %: 85% Effektförbrukning W: Luftflöde (l/s): 6-15 l/s Verkningsgrad Temperaturdriftsområde Ljudtrycksnivå: 23- 42 dBA Teknik Motströmsvärmväxling	EN 308	Smartvent (2020), <i>Ventilationsenhet smart1 Produktblad</i>
inVENTer / Energy Building Säljs på svenska marknaden (i lite olika utformningar) av bland annat av Energy Building	iV Smart+	Värmeåtervinning %: 87% Effektförbrukning W: 1-3 W Luftflöde (l/s): 4,7 -16 l/s Temperaturdriftsområde (°C): -20 - 50 °C Ljudtrycksnivå: 23- 42 dBA Teknik Parvis värmväxling <i>*Gäller för iV Smart+ . Avvikelser kan förekomma hos leverantörens egna anpassningar av systemet.</i>	DIBt: LÜ-A 22.2-1 EN 13141-8:2014	inVENTer (2020), <i>inVENTer Smart+</i>

5 Metoder för test och verifiering av systemens prestanda

För att avgöra vilka parametrar som testningen och verifiering av systemen bör ta i beaktande har tre exempelberäkningar som studerar återvunnen effekt vid olika driftlägen genomförts.

Tabell 7: Indata för tre exempelfall, notera att endast värmeåtervinningsgraden varierar i de olika fallen.

Indata	Fall 1	Fall 2	Fall 3
Dimensionerande vinterutetemperatur, DUT_v	-16 °C	-16 °C	-16 °C
Inomhustemperatur (T_{inne})	22 °C	22 °C	22 °C
Värmeåtervinning (η)	80 %	65 %	50 %
Luftombyte (q)	7 l/s	7 l/s	7 l/s
Cykeltid T_{cykel}	70 s	70 s	70 s

Återvinningsgrad bestäms av:

$$T_{\text{återvunnen}} = \Delta T * \eta,$$

där ΔT ges av

$$\Delta T = DUT_v - T_{inne}.$$

Återvunnen effekt bestäms av:

$$P_{\text{återvunnen}} = \rho * \Delta T * q,$$

där $\rho \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$ vid 20°C

Luftflöde per cykel bestäms genom:

$$q_{\text{cykel}} = q * T_{\text{cykel}}.$$

Resultaten av de nominella beräkningarna redovisas i Tabell 8.

Tabell 8: Resultat för de nominella beräkningarna för tre exempel.

Resultat av nominella beräkningar	Fall 1	Fall 2	Fall 3
$T_{\text{återvunnen}}$	30,4 °C	24,7 °C	19 °C
$P_{\text{återvunnen}}$	0,26 kW	0,21 kW	0,16 kW
q_{cykel}	490 liter	490 liter	490 liter

Fläktmotoreffekten för de enheter som utvärderas är ca 5 W. De ovanstående beräkningarna visar att effekten från värmeåtervinningen motsvarar ett betydligt högre värde. Att jämföra värmeåtervinningsprestanda i förhållande till fläktarnas elektriska effekt är således en metod som är något bättre anpassad för större ventilationsaggregat än för mindre.

Vidare visar resultaten att luftflödet per cykel är 490 l dvs 0,49 m³. Ett ”normalrum” har en volym på 25–30 m³. Två viktiga frågeställningar blir därför:

- Har fläkten tillräcklig trycksuppsättning för att hela rummet ska få en omblandning av luften?
- Kommer det bli en ”dödzon” mellan rummen som inte kommer att byta luft med tanke på hur fläktarna arbetar växelvis med tilluft och frånluft?

5.1 Förslaget angreppssätt för att testa systemens prestanda

Det behövs en evidensbaserad undersökning av hur decentraliserade ventilationssystem fungerar i ett nordiskt klimat. För att kunna göra testerna av olika system på ett standardiserat sätt förslår vi att produkterna testas i laboratorium kompletterat med simulering av nordiskt klimat. Det är också lämpligt att testa produkterna i ett standardiserat verkligt fall med nordiskt klimat för att jämföra laboratorieresultaten med resultaten i verkliga småhus.

Baserat på tidigare studiers resultat (se kapitel 3) samt med de nominella exempelberäkningarna ovan bör följande faktorer hos de decentraliserade ventilationsenheterna studeras vidare vid testning och verifiering:

- Kapacitet (luftflöde och temperaturverkningsgrad) vid olika tryckförhållanden mot ytterväggsgallret
- Funktion vid igensatta filter
- Kastlängd på luften vid olika fläktlägen och luftens omblandning i rummet
- Funktion vid påmonterad ljudkåpa
- Ljudnivå

Testerna bör utföras i laboratorium med anpassade utrustning för att säkerställa att korrekta förutsättningar finns för att mäta ljud, temperatur och tryck.

5.1.1 *Test av enhetens kapacitet vid ett visst tryck mot ytterväggsgallret*

Flöde: Mätning av luftflöde möjliggörs genom att ansluta en ventilationskanal på trycksidan av enheten och därmed skapa en mätsträcka. Mätningar ska göras vid olika driftsfall där man simulerar olika högt tryck mot ytterväggsgallret.

Temperaturverkningsgrad: Genom att simulera olika spann av uteluftstemperaturer samt även mäta temperatur på avluft respektive tilluft/frånluft, kan temperaturverkningsgraden beräknas vid olika driftsfall. Denna test bör genomföras upprepade gånger men med olika utetemperatur och tryck mot ytterväggsgallret. Först ska enheten gå i frånluftsläge i 70 sekunder, sedan ska fläktriktningen vändas i 70 sekunder. Uppmätning av temperaturer görs före och efter värmeväxlaren med tidsintervall om exempelvis 10 sekunder.

Beräkningen av temperaturverkningsgrad ska således baseras på differensen av temperaturerna på tilluft/frånluft samt uteluft/avluft. Notera att när fläktens riktning ändras så ändras tilluft till frånluft och uteluft ändras till avluft. Det är av avgörande vikt att hela testcykeln loggas eftersom effektiviteten med stor sannolikhet avtar under dessa 70 sekunder.

5.1.2 *Funktion vid igensatta filter*

Motsvarande test som ovan ska göras med ansluten kanal för att mäta luftflöde men med olika försmutsade filter. Förslaget är att mätningen sker med rent filter, medelsmutsigt filter respektive smutsigt filter. På detta sätt verifieras hur systemets funktion påverkas av filtrets medsmutsningsgrad.

5.1.3 *Kastlängd på luften vid olika fläktlägen och luftens omblandning i rummet*

För att avgöra luftens kastlängd vid olika fläktlägen samt att analysera luftens omblandning i rummet föreslås att färgad rök tillförs med tilluften. Detta ger en bedömning av vad som ventilationsmässigt sker under de 70 sekunder som fläkten arbetar i tilluftsläge.

5.1.4 Funktion vid påmonterad ljudkåpa

Ytterligare ett test som bör genomföras är att tillföra färgad rök för att se hur den decentraliserade ventilationen fungerar vid påmonterad ljudkåpa.

5.1.5 Test av ljudnivå

De decentraliserade ventilationssystemen måste också testas med avseende på ljudnivå. Denna test föreslås ske på samma sätt som i dagsläget används vid ljudtest av tilluftsdon, dvs normaldämpat rum 4 dB (10 m² ekvivalent ljud-absorptionsarea). Testresultaten ska presenteras i dB(A).

6 Slutsatser och förslag till fortsatt arbete

Det finns ett stort intresse för decentraliserade ventilationssystem för befintliga småhus hos både näringslivet och akademien. Aktörerna är överens om att det finns ett stort behov av ventilationslösningar som på ett kostnadseffektivt sätt kan ge en förbättrad, energieffektiv ventilation med hög termisk komfort i befintliga småhus, och att det behövs en utveckling av system som är anpassade till ett nordiskt klimat. Frågan är inte minst aktuell nu när Covid19-pandemin har förändrat många levnadsmönster. Allt fler människor spenderar en större andel tid i sina hem, vilket också ställer högre krav på en god ventilation i hemmamiljöer.

Denna förstudie har bekräftat att decentraliserade ventilationssystem kan ha potential att vara ett energi- och kostnadseffektivt ventilationsalternativ i de fall där FTX-lösningar med kanaldragning är tekniskt svårt att installera, är för kostsamt eller är olämpligt av andra skäl. Samtidigt förefaller utvecklingen av marknaden för decentraliserade ventilationssystem ha gått snabbare än vad lagar och förordningar hunnit med. Det finns i dagsläget ingen gemensam standardiserad metod för utvärdering av decentraliserade ventilationssystem, vilket har lett till att leverantörerna hänvisar till olika mätmetoder vid redovisning av sina enheters prestanda. Denna förstudie har kommit fram till att den mest applicerbara standarden för testning av ventilationslösningars prestanda är den europeiska standarden EN 13141-8:2014, som är den enda standard som är särskilt anpassad efter decentraliserade system. En viktig svaghet med denna standard är dock att den är utvecklad för bedömning av enheter avsedda för enskilda rum och därmed tar hänsyn till hela systemlösningen.

Även i den akademiska forskning som har identifierats i förstudiens litteraturstudie har systemen utvärderats på olika sätt, detta på grund av att forskarna inte har kunnat enas om en gemensam metodik. Istället har de gjort flera egna försök att ta fram en utvärderingsmetod som sammanfaller *bättre* med hur systemen presterar i reella förhållanden. Vid mätning av decentraliserade ventilationssystem under normala driftsförhållanden har Coydon erhållit en värmeåtervinningsgrad mellan 63 och 80 procent beroende på vilket system som studeras (motströmsvärmeväxlare eller enheter med parvis värmeväxling) och metod som använts. Vid långtidsmätningar av systemen har Zemitis & Bogdanovics fastställt en genomsnittlig värmeåtervinningsgrad på 73 procent. I en omfattande fältstudie av decentraliserade ventilationssystem genomförd av Merzkirch m.fl. erhöles värmeåtervinningsgrader mellan 68 och 76 procent. En rimlig bedömning är därför att systemen under ”normala” driftsförhållanden kan uppnå en värmeåtervinningsgrad på cirka 70 procent. Resultaten från samtliga av de här nämnda studierna ligger väsentligt under de värmeåtervinningsgrader som tillverkare och leverantörer uppger.

Tabell 9: Sammanställning av studieresultat från Coydon m.fl. (2015), Zemitis & Bogdanovics (2020) samt Merzkirch m.fl. (2016).

Författare	Värmeåtervinningsgrad
Coydon m.fl. (2015)	63,4–80,2 %
Zemitis & Bogdanovics (2020)	73%
Merzkirch m.fl. (2016)	68–76 %

Såväl i litteraturen som i kontakt med leverantörer av decentraliserade ventilationssystem har det framkommit att systemens ljudnivåer kan upplevas som störande av de boende. Det kan finnas behov av att genomföra ljudstudier i fält, där även hänsyn tas till användarnas uppfattningar av systemen och

deras brukarbeteenden. I de fall när de decentraliserade ventilationssystemen alstrar höga ljudnivåer finns risk att användarna minskar luftflödet i enheterna, vilket motverkar syftet med installationen.

6.1 Förslag för fortsatt arbete och utveckling

I förstudien har det identifierats flera områden där decentraliserade ventilationssystem behöver studeras vidare, det finns också behov av en teknikutveckling för att systemen ska vara en attraktiv lösning för befintliga småhus i ett nordiskt klimat. Genom att initiera ett projekt där de decentraliserade systemen genomgående utvärderas baserat på den metodik som presenteras i kapitel 5.1 kan det klargöras hur systemen fungerar i verklig drift, där hänsyn tas till bostadens ventilationsbalans. Andra centrala frågor som ett fortsatt projekt bör utreda är om den här typen av system kan förse ett småhus med hela dess ventilationsbehov, kartläggning av systemens ljudnivåer samt risker för ökad fuktbelastning i småhusens byggnadskonstruktion. Ett fortsatt arbete med att utforma den föreslagna verifieringsmetodiken behövs.

Ytterligare en aspekt som behöver analyseras vidare är huruvida systemen lever upp till gällande BBR-krav för nybyggnad/ombyggnad. En byggnad omfattas av den BBR-version som gällde då byggnaden uppfördes, men vid ombyggnad kan de nya installationerna omfattas av de byggregler som gäller vid tidpunkten för installationen. Därtill måste det klargöras om de decentraliserade ventilationssystemen omfattas av EUs energidirektiv om effektivitet på värmeväxling i luftbehandlingsaggregat som ställer krav på en värmeåtervinningsgrad på 73 procent.

Det är av avgörande betydelse att projektet genomförs i nära samverkan med både akademi och näringsliv. De Leverantörsrepresentanter som förstudiens arbetsteam har samtalat med har välkomnat förstudien och det finns goda möjligheter för att inkludera aktörer från den svenska marknaden för decentraliserade ventilationssystem i ett framtida projekt. Intresse har även visats från Högskolan Dalarna som bedriver en stor forskningsverksamhet gällande ventilationssystem.

En utmaning för de decentraliserade ventilationssystem som kräver en fortsatt teknikutveckling är systemens ljudnivå. För att nå en ökad acceptans för och användning av energieffektiva ventilationsenheter i det befintliga småhusbeståndet är det avgörande att systemens ljudnivå kan reduceras utan att det leder till ett betydande reducerat luftflöde. Ett problem med de decentraliserade systemen är att det inte finns någon möjlighet att installera systemen i ett utrymme som inte störs av höga ljudnivåer (som till exempel källare och vind) eftersom systemen installeras i fasaden. Det kan finnas behov att utveckla alternativa lösningar som till exempel installeras på fasadens utsida och som inte kräver en komplex installation. Aggregat som placeras på fasadens utsida skulle med hög sannolikhet ge en minskad ljudproblematik, men innebär samtidigt andra utmaningar som t.ex. gestaltning och väderbeständighet. I en tidigare BeSmå-studie konstaterades det att design och gestaltning är en avgörande faktor för småhusägares investeringsvilja.² Om ett ventilationsaggregat som placeras på fasadens utsida inte kan installeras på ett estetiskt tilltalande sätt så kommer småhusägares acceptans för och vilja att satsa på denna typ av lösning inte inträffa.

En metod som kan vara lämplig att använda i det fortsatta utvecklingsarbetet är teknikupphandling. Ett förslag är därför att tillskjuta medel för att genomföra en förstudie om hur en teknikupphandling av decentraliserade ventilationssystem anpassade för ett nordiskt klimat skulle kunna utformas och genomföras.

² Sanna Börjeson, Kristina Landfors och Agneta Persson (2020), Inledande studie-Kombinerade värme- och ventilationssystem för befintliga småhus

7 Referenser

- Auerswald, S., Pflug, T., Engelmann, P., Carbonare, N., Bongs, C. & Henning, H.-M (2020). A holistic evaluation method for decentralized ventilation systems, 13
- Blauberg (2020), Blauberg Vento Expert A50-1 S10 Pro, Tillgängligt på <https://blaubergventilatoren.de/en/series/vento-expert-a50-1-s10-pro#tabs5919>, Hämtad 2020-12-17
- C.A. Roulet, et al (2001)., Real heat recovery with air handling units, *Energy Build.* 495–502.
- Coydon, F., Herkel, S., Kuber, T., Pfafferott, J. & Himmelsbach, S (2015). *Energy performance of façade integrated decentralised ventilation systems.* *Energy and Buildings*, 107 172–180. doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.015.
- Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL), 2020. Allgemein bauaufsichtliche Zulassungen des DIBt. Tillgängligt på <https://tzwl.de/hersteller/40-bauartzulassungspruefungen-fuer-das-dibt>, Hämtad 2020-12-17
- Flexit (2020), Rumsventilator Roomie Dual Tekniske data, Tillgängligt på https://www.flexit.no/sv/produkter/rumsventilator/rumsventilator_roomie_dual/rumsventilator_roomie_dual/, Hämtad 2020-12-17
- G. Burkert, (2010). *Welcher Wärmebereitstellungsgrad ist der Richtige? Bauen + Energie*, pp. 52-54 Tillgänglig på: <http://www.der-energie-coach.net/veroeffentlichungen.html>
- GetAir (2020), Technische Daten Technical data SmartFan, Tillgängligt på https://www.getair.eu/wp-content/uploads/2017/03/Technische-Daten_SmartFan.pdf
- H. Manz, et al. Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery. *Energy Build.*, 31 (1) (2000), pp. 37-47
- Helios (2020), KWL® EcoVent Verso, Tillgängligt på <https://www.heliosventilatoren.de/de/component/jdownloads/send/64-catalogues-in-english-language/800-ecovent-verso>, Hämtad 2020-12-17
- inVENTer (2020), inVENTer Smart+, Tillgängligt på <https://www.inventer.eu/products/ventilation-units/iv-smart-plus/>, Hämtad 2020-12-17
- Leivo, V., Kiviste, M., Aaltonen, A., Turunen, M. & Haverinen-Shaughnessy, U. (2015). Air Pressure Difference between Indoor and Outdoor or Staircase in Multi-family Buildings with Exhaust Ventilation System in Finland. *Energy Procedia*, 78 1218–1223. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.188.
- Lunos (2020), Technisches Infoblatt Lüftung mit Wärmeückgewinnung- e2, Tillgängligt på https://www.lunos.de/files/Downloads/Technische%20Datenbl%C3%A4tter/TechInfo_e2_E254.pdf, Hämtad 2020-12-17
- Manz, H., Huber, H., Schälín, A., Weber, A., Ferrazzini, M., Studer, M (2000). Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery. 2000. No. 1(31).
- Smartvent (2020), Ventilationsenhet smart1 Produktblad, Tillgängligt på <https://smartvent.se/wp-content/uploads/2016/06/Smart-1-Datablad.pdf>, Hämtad 2020-12-17
- Zemitis, J. & Bogdanovics, R (2020). Heat recovery efficiency of local decentralized ventilation device at various pressure differences. pdf, doi:10.18720/MCE.94.10.