

Final report

1.1 Project details

Project title	Energy efficient ventilation with optimized damper
Project identification	64012-0261
Name of the programme which has funded the project	EUDP
Project managing company/institution	Leanvent, Nimbusvej 5, DK-2670 Greve
Project partners	DTU byg, Brovej, bygn 118 Kgs. Lyngby
CVR	33594488
Date for submission	31-03-2013

1.2 Short description of project objective and results

With LeanVent damper and pressure control, the installations in ventilations systems have shown great possibility for reducing of the energy consumption to ventilation fans. The market for ventilation should be guaranteed a product with very small pressure drop, low use of energy and a low noise level.

Further development and optimization of LeanVent damper should make the product better and give opportunity for volunteer's optimization of production of a larger number. The goal was to reduce the number of components by 50%. This should make the product more competitive and ensure the dissemination of the product.

The damper should be made more available to installers and users, and there have to be developed an entirely new user interface with intuitive functions and user guides. This should ease up starts and changing of parameters and avoid claims for expert assistance in setting up and commissioning.

Further development and optimization of LeanVent damper should lead to the patenting of the measure and regulating principles.

Surveying and Mapping of computational models for how the damper performs should make it possible to calculation of energy consumptions, for the purpose to install the damper in the simulation tools for demand-driven ventilation.

Developing Optimizer (DSPR Dynamic Static Pressure Reset) regulation. By using this advanced management, it was possible to implement energy savings, while complying with all requirements for air quality and climate in future buildings.

Installation and implementation of demonstration projects should demonstrate potential savings from full-scale ventilation system.

Identify and prepare LeanVent drop dampers for the European market.

LeanVent damper and Optimizer regulation has been fully developed and tested, and in June 2014 the damper and regulation become patented in the United States, China and Europe.

There are initiated new development of the next generation of dampers.

The dampers are through measured and thus prepared for sizing curves and calculations

logarithmic Danmarks Tekniske Universitet (will be mentioned as DTU in the rapport) has, tested and developed a model for calculating of the dampers in the program Simulink

The user interface on the dampers have been optimized, and there are prepared quick guides in several languages.

There is drafted business plans for the dissemination of the dampers in Europe

There is conducted demonstration projects and data locking, to confirming the potential for energy savings.

Projektets mål og resultater

Projektet tog udgangspunkt i en viden om at installation af LeanVent spjældet i ventilationssystemer ville kunne gøre det muligt at reducere energitab. Markedet for ventilation skulle sikres et produkt med meget lave tryktab, energitab og støjniveau.

En videreudvikling og optimering af Leanvent spjæld skulle forbedre produktet, og give mulighed for optimering af produktionen med henblik på salg af et større antal. Målet var at reducere antal af indgående komponenter med 50%. Dette skulle gøre produktet mere konkurrencedygtigt og sikre udbredelse af produktet.

Spjældet skulle gøres mere tilgængeligt for installatører og brugere, og der skulle derfor fokuseres på et helt nyt brugerinterface med intuitive menuer og vejledninger. Dette skulle sikre let opsætning af parametre og undgå krav om ekspert bistand ved opsætning og indregulering.

Videreudvikling og optimering af Leanvent spjæld skulle føre til patentering af måle og reguleringsprincipper.

Måling og kortlægning af beregningsmodeller for Reguleringsspjæld skulle udføres for at muliggøre en beregning af energitab og bane vejen for produktets udbredelse via simuleringstværværktøjer for behovsdrevet ventilation.

Udvikling af Optimizer (DSPR - Dynamic Static Pressure Reset) regulering . Ved anvendelse af denne avanceret styring var det muligt at gennemfører energibesparelser, samtidig med overholde alle krav til luftkvaliteten og indeklime i fremtidens byggerier.

Installation og gennemførelse af demonstrations projekter skulle eftervise mulige besparelse i fuldskala ventilations system.

Kortlægge og klargøre Leanvent dråbespjæld til det Europæiske marked ved internationale kontakter og optimering af brugerinterface.

LeanVent spjældet og Optimizer regulering er blevet færdigudviklet og testet. Patent er hjemtaget i USA, Kina og Europa i juni 2014.

Der er igangsat ny udvikling af næste generation af spjæld.

Spjældene er gennemmålt og der er således udarbejdet dimensioneringskurver og beregningslogaritmer

DTU har udviklet, testet og opstillet en beregningsmodel for spjældene i programmet Simulink

Brugerinterfacet på spjældene er optimeret og der er udarbejdet quickguides på flere sprog

Der er udarbejdet business planer for udbredelse og salg af spjældene i Europa

Der er gennemført demonstrationsprojekter som efterviser potentialet for energibesparelse.

Projektet er gennemført i samarbejde med:

DTU byg
Brovej, bygn 118
DK-2800 Kgs Lyngby
CVR 30 06 045

LS Control A/S
Industrivej 12, Gelsted
DK-4160 Herlufmagle
CVR 15 28 82 05

Claurik Aps
Humlevej 35,DK-7800 Skive
CVR 33 69 96

Parlock A/S
Nimbusvej 5, DK-2670 Greve
CVR 11 56 73 4

1.3 Executive summary

Kravet til ventilation i bygninger og krav til forbedret indeklima har medført at energiforbruget i bygninger er eksploderet over en årrække 1985 - 1999. Det var i starten således at omkring 1/3 af energiforbruget i industrien kunne hidføres til ventilationen. Der har derfor været stor opmærksomhed på energibesparelser her.

I starten havde branchen stort fokus på varmegenvinding og lovgivningen fulgte op med stramninger og krav i bygningsreglementet.

Der kom således regler for energiforbrug til opvarmning, hvor mekanisk ventilation og varmegenvinding gav de første store gevinster. Senere har bygningsreglementerne fulgt op med regler for hvor meget energi der måtte bruges for at flytte luften rundt i ventilationssystemerne. Disse stramninger har betydet at der er kommet krav til energieffektivisering af de komponenter der blev anvendt i ventilationssystemerne. Kravene er også blevet udmøntet i EU via Eco design og Energiklasser

Ideen bag Leanvent's dråbespjæld var således også at energieffektiviserer et indblæsningsspjæld, men også at minimere tryktabet i kanalsystemet. Projektet har dog yderligere brudt med traditionelle metoder omkring trykstyring af ventilationssystemerne. For at opnå yderligere energi besparelser har projektet således arbejdet med styringer som regulerer dynamisk afhængig af behovet og belastningen ud fra tanken om at spare energi og samtidig undgå at gå på kompromis med indeklimaet og luftkvaliteten.

Disse resultater opnås ved en kombination af mindre modstand gennem spjæld, mindre luftstøj som ville kræve en ekstra lyd-dæmper og styringer som er behovsstyret.

1.4 Project objectives

Med Leanvent's dråbespjæld er det være muligt at reducere tryktab og det heraf afledte energitab i ventilation systemerne. Dråbespjældet kombineret med sensorer og styringer kan bane vejen for bedre indeklima uden at øge energiforbruget, og vil ved varierende ventilationsbehov give maksimal reduktion i energiforbruget til ventilationen.

Leanvent's løsninger viser vejen til nye intelligente løsninger i ventilationsbranchen og vil givet inspirere markedet til at tænke i nye løsningsmodeller. Når markedet har taget metoder og produkter til sig vil det være muligt at ventilere med lavere energiforbrug. Dette vil betyde et fald i energiforbruget til ventilation

En væsentlig del af projektet var en optimering af produktet, målet var at reducere antallet af komponenter i spjældet med omkring 50% med det formål at reducere kostpris med 50 %.

Denne del af projektet lykkedes kun delvist, i det vi kun nåede i mål med en reduktion på 20% af komponenterne og 15 % af kostprisen.

Udviklingen blev baseret på at få samlet en produktion i Vietnam hvor der var gode samarbejdspartnere og værktøjsudgifterne kunne holdes inden for budgettet. Spjældene var tidligere blevet fremstillet i Kina hos diverse underleverandører.

Der opstod undervejs problemer med de forskellige produktionsmetoder idet metal-komponenterne fra Kina ikke umiddelbart kunne overføres til produktionen i Vietnam, hvor ekspertisen lå på støbninger i plast. Derfor blev det besluttet at arbejde med en mellemløsning hvor komponenter blev transporteret fra Kina til Vietnam.

Der lå dog store udgifter på transport og indfortoldning i mellem de 2 lande hvilket havde afgørende indflydelse på den endelige kostpris på produktet. Desuden var der problemer med test og indlæsning af software i styringer, i det de ikke havde den fornødne knowhow. I virksomheden i Vietnam de kunne kopiere, men viste ikke hvordan og hvorfor så selv ved små problemer gik de i stå.

Vi nåede derfor ikke i mål idet vi måtte konkludere at hvis oversøisk produktion skal lykkes så er det nødvendigt selv at være tilstede og styre kvaliteten og løse de problemer der vil opstå.

I 2014 måtte vi konkludere at vi var nået så langt som vi kunne med produktet.

Beslutningen blev at vi ville færdiggøre produktet som det var med test og dokumentation vel vidende at vi ikke kunne nå de ønskede markedsandele i det produktprisen stadig var for høj. Dette sikrede dog at vi stadig kunne bearbejde markedet i Danmark og fastholde vores position inden for lavenergiprodukter. Samtidig med denne beslutning valgte vi parallelt at starte forfra, med en ny udvikling af spjældet baseret på den læring vi havde opnået.

Vi ønskede

- At fastholde designet med dråben som er fundamentet i energibesparelsen
- En produktion i Danmark eller Europa, så vi kunne styre denne.
- Et produkt der kunne det nødvendige, no more no less
- En helt enkelt konstruktion baseret på behovet inden for komfortventilation.
- Enklere styring med simple elektroniske komponenter
- En enkelt montage
- Forberedt for DSPR styring
- Et produkt som var forberedt og velegnet til eksport
- Mulighed for lisens produktion i andre lande

Det næste år kørte projektet derfor videre i de 2 spor

Leanvent spjældt ud på markedet samtidig med færdigudvikling af DSPR styringen. Denne styring vil i fremtiden skulle anvendes både på det eksisterende spjæld og det fremtidige, "next generation" spjæld.

Spjældet er i alle størrelser og alle konfigurationer blev gennemmålt i eget laboratorie. Der er på baggrund af dette udarbejdet katalogmateriale, salgs brochure og installationsvejledninger på dansk og engelsk.

Alle børnesygdomme blev elimineret og spjældene blev leveret og installeret på en del skoler, boliger og sygehuse i Danmark.

Der blev udført en del testprojekter hvor vi installerede optimerer på alle indblæsningsspjældene. Det har på baggrund af dette vist sig nødvendigt med tilpasninger i styringen for at kunne kommunikere med forskellige fabrikater af ventilationsaggregater.

Spjæld og optimerer er klar til markedet og er blev solgt ind til en del energirenoverings projekter og byggerier hvor bygherre har stillet krav omkring lavt energiforbrug i ventilationssystemerne.

Vi var dog stadig udfordret af prisen som stadig ligger i overkanten af hvad markedet vil betale. Samtidig har vi det seneste års tid set en faldende interesse for at energioptimere, måske på grund af den faldende oliepris som gør branchen usikre på om det nu også er nødvendigt. Hvor efter investeringerne bliver prioriteret på andre poster end ventilationen.

Hvis der f.eks. er solpaneler, jordvarme eller vindenergi vil man jo kunne producere en del af energiforbruget selv.

Der er stadig et marked for lavenergispjæld men det kommer ikke op i en størrelse hvor det kan drive en produktion på dette produkt alene. Det var derfor naturligt for Leanvent at søge samarbejde med eller salg til et større ventilationsfirma.

Udvikling af nyt spjæld baseret på de ønsker vi havde opstillet.

Det viste sig hurtigt at en ny start var det helt rigtige. Baseret på den store viden vi havde opsamlet i fase 1 af projektet.

Vi tog udgangspunkt i hvad er minimumskravene til regulering. Det viste sig at vores reguleringssoftware var udviklet som knopskydning og havde mange funktioner som aldrig blev brugt. Målingerne over spjældene var baseret på en teknologi som siden var blevet forbedret.

Ved at skære ind til benet og bygge op omkring det helt basale kunne vi reducere motorkraften til $\frac{1}{4}$. Dette betød at vi kunne anvende en ny type motor som kunne arbejde med en direkte bevægelse i stedet for vi tidligere havde haft en mekanisme med en spindel der roterede.

Ved så gennemgribende teknologi spring var det nødvendigt med mange tests. Vi udførte bl.a. udmattelsestest af motorer med belastning, og med mange stop starter for at sikre at vi kunne leve op til en forventet levetid på min 15 år ved normal drift. Vi udførte også test ved højere temperaturer.

Da vi havde konstruktionen og ideen på plads fik vi fremstillet prototyper ved anvendelse af SLS (standard linear solid) modeller. Vi nåede i gennem 3 varianter før vi ramte den endelige model.

Disse prototyper blev testet for den lufttekniske og reguleringstekniske funktion. Disse resultater blev sammenholdt med vores eksisterende spjæld, og vi kunne konstatere at reguleringsteknisk og tryktabs forholdene kunne fastholde samme høje niveau.

Vi opstillede herefter en plan for gennemførelse af den endelige udvikling og konstruktion af det nye spjæld. Her viste det sig at vores økonomi ikke kunne bære nye værktøjer og nyudvikling af styringer. Det var derfor naturligt at forsøge at finde nye veje til at forbedre økonomien.

Vi udarbejdede en ny buisenes plan og valgte at satse på licensaftaler, idet vi skønnede at de store internationale virksomheder kunne bære værktøjsomkostningerne og at de samtidig havde de internationale salgskanaler på plads. Der blev udarbejdet en teaser som blev sendt til de 5 største på verdensmarkedet. Her fik vi tilbagemeldinger fra de 2. Det lykkedes dog ikke at få en aftale på plads.

Herefter blev det besluttet at sætte udviklingsprojektet på pause og forsøge at få solgt virksomheden ind i et større ventilationsfirma. Også her blev der udarbejdet et materiale som blev sendt til 3 danske og 2 internationale firmaer. I slutningen af 2015 blev der aftalt et salg af Leanvent til Parlock som er et mellemstort Dansk handelsfirma som opererer indenfor ventilationsbranchen. Parlock valgte at starte projektet op igen og fortsætte frem mod en løsning. I Parlock regi har man valgt at starte med udvikling af elektronikken i det den mekaniske del af projektet ligger klar.

Produktet vil kunne være salgsklar 2017 - 2018

1.5 Project results and dissemination of results

Leanvent har videreudviklet det eksisterende spjæld og reduceret kostprisen for at kunne få produktet ud på markedet.

Denne udvikling er blevet gennemført og der er etableret en produktion baseret på denne udvikling.

Leanvent har opbygget eget laboratorium og har således selv kunnet teste produkterne i de forskellige størrelser og forskellige arbejdssituationer. Som resultat af projektet foreligger der de nødvendige data som danner det matematiske grundlag for reguleringskarakteristikken. Der er desuden udarbejdet den nødvendige dokumentation (kurver og diagrammer) med henblik på udvælgelse og dimensionering.

Der er også blevet arbejdet med et forbedret interface hvilket har resulteret i hurtigere og enklere installation. Der er i den forbindelse udarbejdet installationsmateriale på både dansk og engelsk og salgsmateriale på Dansk Engelsk Tysk og Fransk. Leanvent spjæld og DSPR regulering er blevet installeret på Nyrup Skole som demonstrationsprojekt. Projektet danner baggrund for DTU's overvågning og analyse af data.

Leanvent har gennemført endnu et udviklingsprojekt hvor der ses meget lovende resultater. Dette projekt er endnu ikke sat i produktion men vil kunne være klar i løbet af 2017-2018. Alle de mekaniske konstruktioner ligger klar og alle lufttekniske test er udført. Der mangler dog stadig udvikling af elektronikken. En videreudvikling vil naturligt kunne tage udgangspunkt i materialet. DTU har udviklet et generelt værktøj som kan simulere styringssignaler og -respons og trykdistribution ud fra konkrete motor- og spjældkarakteristikker. Da ventilationssystemet optimeres ved at det nødvendige tryk kun akkurat stilles til rådighed af ventilatoren, vil reaktionshastigheden på driftsændringer være af betydning for systemets performance. Med værktøjet simuleres sy-

stemet i realtid, hvilket gør det muligt at simulere tryk-optimerede ventilationssystemer, så kapacitet og reaktionstiden kan designes til opgaven.

DTU har modificeret og omprogrammeret en testopstilling således at værktøjet kunne testes med udgangspunkt i eksperimentelle data.

DTU har overvåget og analyseret data fra demonstrationsprojektet. DTU har etableret energimålere og logninger og har medvirket til at udrede fejl. CTS-leverandøren og kommunens netværk har undervejs haft langvarige og gentagne udfald, som DTU kun har kunnet påpege, når de opstod. Samtidig blev hele skolens ventilationsanlæg omfattet af en syn- og skønssag, som i vidt omfang har umuliggjort fejludredning og -udbedring.

Af disse årsager er mængden af analysérbart data ganske lille, og de foreløbige resultater fra demonstrationsprojektet indikerer da også utroværdige tal. Mere og bedre data er derfor en forudsætning for at kunne konkludere endeligt på systemets performance samt størrelsen af en evt. energibesparelse. Idet logningerne gemmes i meget lang tid er det DTU's håb at opsamlet projektdata over tid kan anvendes til at dokumentere en væsentlig energibesparelse ved tryk-optimerede ventilationssystemer.

DTU har også lavet en analyse af hvordan ventilationssystemet kan fungere sammen med en Smart Grid dagsorden, hvor systemet skal kunne levere tilstrækkeligt med luft, men under hensyntagen til svingende energipriser.

Leanvent har deltaget i følgende fag messer

- ISH messe i Frankfurt 2013 og 2015
- Nord byg i Stockholm, 2014
- Energiforum 2013 og 2014
- Aalborg Clima 2016

Leanvent har besøgt ventilationsrådgiverene i Danmark

- Leanvent har holdet oplæg omkring projektet i Dansk Ingeniørforening IDA, og på undervisningsinstitutioner EUC
- Leanvent har afholdt undervisning i eget testlaboratorie for rådgivere i ventilationsbranchen, ventilationsentreprenører, driftspersonale og andet fagpersonale fra ventilationsbranchen
- LeanVent har i samarbejde med kunder deltaget i mange energiprojekter rundt i Danmark
- Her kan nævnes, Ryesgade i samarbejde med Exhausto, Værnedamsvej/Gammelkongevej- HH ventilation? SBI.
- Demonstrationsprojekt i samarbejde med DTU byg på Nyrup Skole i Kalundborg

DTU har deltaget i konferencen:

- Nordic Symposium on Building Physics 2014 med følgende to papers:
 - Koulani et al: Simulation of static pressure reset control in comfort ventilation, NSB 2014
 - Koulani et al.: Optimized damper control of pressure and airflow in ventilation systems, NSB 2014

1.6 Utilization of project results

Lean Vent har leveret ind til mange byggerier i Danmark og markedet anerkender at produktet er det bedste på markedet. Det er dog stadig forbundet med vanskeligheder at få produktet udbredt, idet det ikke helt rammer markedsprisen.

Der er forsøgt med internationale samarbejder, ligesom det har været forsøgt at få licens aftaler med store internationale virksomheder.

Resultaterne fra demonstrationsprojektet vil kunne hjælpe, ligesom artikler i nationale og internationale tidsskrifter vil give mulighed for øget kendskab.

LeanVent er i slutningen af 2015 blevet solgt til Parlock. Parlock er en mellemstor ventilations virksomhed, og har som følge af et bredere produktprogram bedre muligheder for at få et specialprodukt frem.

Parlock har valgt at viderefører udviklingen af spjældet, og vil på sigt kunne vækste på dette område og blive en større Dansk eksportvirksomhed.

1.7 Data fra demonstrationsprojektet logges og gemmes løbende og kan frit tilgås af DTU og Parlock. Der er derfor stadig mulighed for at lave en analyse, som dokumenterer fordelene ved tryk-optimeret ventilation. Project conclusion and perspective

Det er muligt at reducere energiforbruget i ventilationssystemer med anvendelse af LeanVent spjæld. Spjældene har deres største berettigelse i ventilationssystemer hvor man også ønsker kontrol over luftkvaliteten.

Næste skridt i denne retning ville være at indbygge en avanceret censor i udsugnings-spjældene. Denne ville kunne aflæse den aktuelle luftkvalitet i lokalet, her tænkes på CO₂ indhold, partikel forurening, lugt, fugt røg eller andet uønsket indhold. Ved at ind-

bygge funktionen i spjældet kan man undgå placering af censorer i selve lokalet. Dette vil spare penge på komponenterne og montering af disse. det kunne blot tilknyttes en bevægelse censor som aktiverede funktionen samtidig med lyset.

Spjældet vil også kunne indgå i røg og brandsikrings systemer idet man i dag skal have 2 uafhængige systemer for at leve op til kravene.

Hvis man også udbyggede optimeren så denne fik et hukommelseskort ville denne styring kunne fungere som et lille CTS system. Dette kunne have en berettigelse i mindre bygningskomplekser med en enkelt ventilationsanlæg. Dette vil kunne kobles til internettet hvorved brugeren kunne overvåge og sikre optimal drift. Dette vil også kunne indgå i større sammenhænge.

Annex

DTU:

http://orbit.dtu.dk/ws/files/102674641/Koulani_Simulation_of_static_pressure_reset_control_in_comfort_ventilation_2014.pdf

http://orbit.dtu.dk/ws/files/102497489/Koulani_Optimized_damper_control_of_pressure_and_airflow_in_ventilation_systems_2014_pub.pdf

<http://findit.dtu.dk/en/catalog/2261002861>

<http://findit.dtu.dk/en/catalog/2243953581>

http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:135311/datastreams/file_0c44db62-72bd-4571-9000-faaf84ac0a11/content

LEANVENT: Bilag medsendt, Testbeskrivelse af Leanvent Spjæld